

CHUYÊN ĐỀ HSG

VẬT LÝ 11

HK1

Mục lục

Chuyên đề 1: ĐIỆN TÍCH. ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG.....	6
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	6
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	6
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	7
❶. LỰC TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC ĐIỆN TÍCH	7
❷. SỰ CÂN BẰNG CỦA ĐIỆN TÍCH.....	8
D. GIẢI CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	9
E. BÀI TẬP TỰ LUYỆN	21
F. GIẢI BÀI TẬP TỰ LUYỆN	22
Chuyên đề 2: ĐIỆN TRƯỜNG.....	26
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	26
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	27
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	29
❶. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG DO MỘT ĐIỆN TÍCH ĐIỂM GÂY RA	29
❷. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG DO NHIỀU ĐIỆN TÍCH ĐIỂM GÂY RA.....	30
❸. ĐIỆN TÍCH CÂN BẰNG TRONG ĐIỆN TRƯỜNG	31
❹. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG DO VẬT DẪN MANG ĐIỆN CÓ KÍCH THƯỚC TẠO RA	31
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	32
E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN	45
F. GIẢI BÀI TẬP ÔN LUYỆN	46
Chuyên đề 3: ĐIỆN THẾ VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ.....	49
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	49
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	51
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	53
❶. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN. ĐIỆN THẾ VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ.....	53
❷. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN	55
❸. LIÊN HỆ GIỮA CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ	55
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	56
E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN	70
F. BÀI GIẢI	71
Chuyên đề 4: TỤ ĐIỆN. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG.....	78
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	78
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	79
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	82

❶. ĐIỆN DUNG, ĐIỆN TÍCH, HIỆU ĐIỆN THẾ, NĂNG LƯỢNG CỦA TỤ ĐIỆN .	82
❷. GHÉP CÁC TỤ ĐIỆN	83
❸. CHUYỂN ĐỘNG CỦA ĐIỆN TÍCH TRONG ĐIỆN TRƯỜNG	89
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG.	90
E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN	121
F. GIẢI BÀI TẬP ÔN LUYỆN	124
Chuyên đề 5: DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI – ĐIỆN TRỞ ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH CHỈ CÓ ĐIỆN TRỞ.....	135
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	135
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	137
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	139
❶ ĐẠİ CƯƠNG VỀ DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI	139
❷ ĐIỆN TRỞ TƯƠNG ĐƯƠNG	139
❸ ĐOẠN MẠCH NỐI TIẾP, SONG SONG	141
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	144
E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN	166
F. GIẢI BÀI TẬP ÔN LUYỆN	167
Chuyên đề 6: MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ. MẠCH CẦU CÓ TỤ ĐIỆN	173
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	173
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	173
C. CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	175
❶. MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ	175
❷. MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ CÓ TỤ ĐIỆN	176
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	177
Chuyên đề 7: ĐIỆN TRỞ PHỤ TRONG CÁC DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN	188
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC.	188
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	189
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	189
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	191
Chuyên đề 8: ĐỊNH LUẬT ÔM CHO TOÀN MẠCH – ĐỊNH LUẬT ÔM TỔNG QUÁT	199
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC.	199
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	200
C. CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	203
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	214
E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN	258

F. GIẢI BÀI TẬP ÔN LUYỆN	262
Chuyên đề 9: ĐIỆN NĂNG. CÔNG SUẤT ĐIỆN. ĐỊNH LUẬT JUN – LENXO'	281
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	281
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	282
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	283
❶. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA DỤNG CỤ CHỈ TỎA NHIỆT	283
❷. CÔNG, CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN ĐIỆN VÀ MÁY THU ĐIỆN.....	286
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	293
Chuyên đề 10: MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN	334
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	334
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	334
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	335
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	337
Chuyên đề 11: DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI. CÁC HIỆN TƯỢNG NHIỆT ĐIỆN VÀ SIÊU DẪN	342
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	342
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP.	343
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	344
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	346
Chuyên đề 12: DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG: CHẤT ĐIỆN PHÂN, CHÂN KHÔNG, CHẤT KHÍ VÀ CHẤT BÁN DẪN	352
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	352
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP	355
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	359
❶. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN	359
❷. DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG.....	361
❸. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ	361
❹. DÒNG ĐIỆN TRONG BÁN DẪN	362
D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	365
Chuyên đề 13: MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TỔNG QUÁT.....	383
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	383
B. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	386
C. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG	388
Chuyên đề 14: MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐẶC BIỆT GIẢI CÁC BÀI TOÁN VỀ MẠCH ĐIỆN	392
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC	393

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG.....	395
C. GIẢI	395

Chuyên đề 1: ĐIỆN TÍCH. ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. ĐIỆN TÍCH. ĐỊNH LUẬT CU-LÔNG

① **Điện tích:** Có hai loại điện tích: điện tích dương và điện tích âm. Các điện tích cùng loại thì đẩy nhau, các điện tích khác loại thì hút nhau.

② **Định luật Cu-lông:** Lực tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên tỉ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với khoảng cách giữa chúng.

$$F = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (1.1)$$

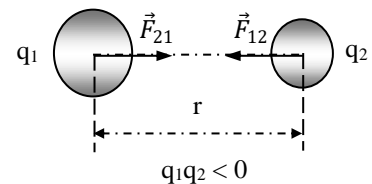
$$+ k = 9 \cdot 10^9 (\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2).$$

+ ϵ là hằng số điện môi của môi trường ($\epsilon = 1$: chân không hoặc không khí).

+ r là khoảng cách giữa hai điện tích q_1, q_2 .

🔍 **Chú ý:** Định luật Cu-lông được áp dụng cho:

- hai điện tích điểm.
- hai quả cầu tích điện phân bố đều.



II. ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN ĐIỆN TÍCH

① **Hệ cô lập về điện:** Hệ cô lập về điện là hệ gồm các vật không trao đổi điện tích với các vật khác bên ngoài hệ.

② **Định luật bảo toàn điện tích:** Trong một hệ cô lập về điện, tổng các điện tích được bảo toàn:

$$q_1 + q_2 + \dots = \text{const} \quad (1.2)$$

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

☑ VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Khi áp dụng định luật Cu-lông về sự tương tác giữa các điện tích đứng yên cần chú ý:

- + Điều kiện áp dụng: hai điện tích điểm hoặc hai quả cầu tích điện phân bố đều.
- + Các hiện tượng thực tế thường gặp:

- Cho hai quả cầu nhỏ dẫn điện như nhau đã nhiễm điện tiếp xúc nhau hoặc nối với nhau bằng đoạn dây dẫn rồi tách rời ra thì tổng điện tích sẽ chia đều cho hai quả cầu: $q_1' = q_2' = \frac{q_1 + q_2}{2}$

- Khi chạm tay vào một quả cầu nhỏ dẫn điện đã tích điện thì quả cầu sẽ mất điện tích và trở thành trung hòa.

- Khi một điện tích điểm q chịu tác dụng của nhiều lực tác dụng $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$ do các điện tích điểm q_1, q_2, \dots gây ra thì hợp lực tác dụng lên q là: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$

- Để xác định độ lớn của hợp lực \vec{F} ta có thể dựa vào:

+ Định lí hàm cosin: $F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha$ (α là góc hợp bởi \vec{F}_1 và \vec{F}_2). Nếu:

- \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cùng chiều thì: $F = F_1 + F_2$ ($\alpha = 0, \cos\alpha = 1$).
- \vec{F}_1 và \vec{F}_2 ngược chiều thì: $F = |F_1 - F_2|$ ($\alpha = \pi, \cos\alpha = -1$).
- \vec{F}_1 và \vec{F}_2 vuông góc thì: $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ ($\alpha = 90^\circ, \cos\alpha = 0$).

• \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cùng độ lớn ($F_1 = F_2$) thì: $F = 2F_1 \cos \frac{\alpha}{2}$.

+ Phương pháp hình chiếu: $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

($F_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots$; $F_y = F_{1y} + F_{2y} + \dots$)

- Khi một điện tích q đứng yên thì hợp lực tác dụng lên q sẽ bằng $\vec{0}$: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$

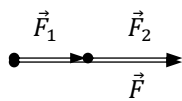
- Các lực tác dụng lên điện tích q thường gặp là:

+ Trọng lực: $\vec{P} = m\vec{g}$ (luôn hướng xuống).

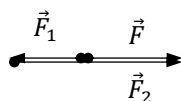
+ Lực tĩnh điện: $F = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$ (lực hút nếu q_1 và q_2 trái dấu; lực đẩy nếu q_1 và q_2 cùng dấu).

+ Lực căng dây T.

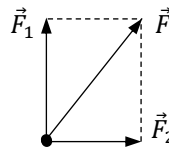
+ Lực đàn hồi của lò xo: $F = k \cdot \Delta l = k(l - l_0)$.



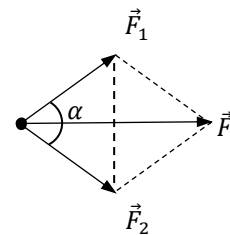
Cùng chiều



Ngược chiều



Vuông góc



Cùng độ lớn

☑ VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶ Với dạng bài tập về **lực tương tác giữa các điện tích**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Tương tác giữa hai điện tích: Áp dụng định luật Cu-lông: $F = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$.

+ Tương tác giữa nhiều điện tích: Áp dụng định luật Cu-lông và quy tắc tìm hợp lực: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$

- Một số chú ý:

+ Các điều kiện áp dụng định luật Cu-lông ở mục **Về kiến thức và kĩ năng**.

+ Các hiện tượng thực tế thường gặp ở mục **Về kiến thức và kĩ năng**.

+ Số electron thừa, thiếu ở mỗi vật: $n = \frac{|q|}{e}$, $|q|$ là điện tích của vật.

❷ Với dạng bài tập về **sự cân bằng của điện tích**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng điều kiện cân bằng của vật: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$.

- Một số chú ý:

+ Các lực tác dụng thường gặp ở mục **Về kiến thức và kĩ năng**.

+ Có thể sử dụng phương pháp hình chiếu hoặc định lí hàm số cosin như ở mục **Về kiến thức và kĩ năng**.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

❶. LỰC TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC ĐIỆN TÍCH

Bài 1. Hai quả cầu kim loại nhỏ hoàn toàn giống nhau, mang điện tích dương q_1, q_2 đặt trong chân không cách nhau một khoảng r thì đẩy nhau với một lực F . Cho hai quả cầu tiếp xúc với nhau rồi đặt chúng trong một chất điện môi lỏng, cũng cách nhau một khoảng r thì lực đẩy giữa chúng cũng bằng F . Xác định biểu thức tính hằng số điện môi của chất lỏng.

(Trích Đề thi TSDH Tổng hợp TP. HCM, năm học 1995-1996)

Bài 2: Hạt bụi trong không khí ở cách nhau một đoạn $R = 3 \text{ cm}$, mỗi hạt mang điện tích $q = -9,6 \cdot 10^{-13} \text{ C}$.

- Tính lực tĩnh điện giữa hai hạt.
- Tính số electron dư trong mỗi hạt bụi, biết điện tích mỗi electron là $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Bài 3: Mỗi prôtôn có khối lượng $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, điện tích $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Hỏi lực đẩy Culông giữa hai prôtôn lớn hơn lực hấp dẫn giữa chúng bao nhiêu lần?

Bài 4: Hai vật nhỏ giống nhau, mỗi vật thừa một electron. Tìm khối lượng mỗi vật để lực tĩnh điện bằng lực hấp dẫn.

Bài 5: Electron quay quanh hạt nhân nguyên tử hiđrô theo quỹ đạo tròn với bán kính $R = 5 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.

- Tính độ lớn lực hướng tâm đặt lên electron.
- Tính vận tốc và tần số chuyển động của electron.

Coi electron và hạt nhân trong nguyên tử hiđrô tương tác theo định luật tĩnh điện.

Bài 6: Hai vật nhỏ mang điện tích đặt trong không khí cách nhau đoạn $R = 1 \text{ m}$, đẩy nhau bằng lực $F = 1,8 \text{ N}$. Điện tích tổng cộng của hai vật là $Q = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$. Tính điện tích mỗi vật.

Bài 7: Hai quả cầu kim loại nhỏ như nhau mang các điện tích q_1, q_2 đặt trong không khí cách nhau $R = 2 \text{ cm}$, đẩy nhau bằng lực $F = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ N}$. Cho hai quả cầu tiếp xúc nhau rồi lại đưa về vị trí cũ, chúng đẩy nhau bằng lực $F' = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ N}$. Tính q_1, q_2 .

Bài 8: Ba điện tích điểm $q_1 = -10^{-7} \text{ C}$, $q_2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $q_3 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ lần lượt đặt tại A, B, C trong không khí, $AB = 5 \text{ cm}$, $AC = 4 \text{ cm}$, $BC = 1 \text{ cm}$. Tính lực tác dụng lên mỗi điện tích.

Bài 9: Ba điện tích điểm $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $q_2 = -4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $q_3 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ đặt trong không khí tại ba đỉnh ABC của một tam giác đều, cạnh $a = 2 \text{ cm}$. Xác định vector lực tác dụng lên q_3 .

Bài 10: Ba điện tích điểm $q_1 = 27 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $q_2 = 64 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $q_3 = -10^{-7} \text{ C}$ đặt trong không khí tại ba đỉnh tam giác ABC vuông góc tại C. Cho $AC = 30 \text{ cm}$, $BC = 40 \text{ cm}$. Xác định vector lực tác dụng lên q_3 .

Bài 11: Tại ba đỉnh tam giác đều cạnh $a = 6 \text{ cm}$ trong không khí có đặt ba điện tích $q_1 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, $q_2 = q_3 = -8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$. Xác định lực tác dụng lên $q_0 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ tại tâm tam giác.

Bài 12: Hai điện tích $q_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $q_2 = -12,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ đặt tại A, B trong không khí, $AB = 4 \text{ cm}$. Xác định lực tác dụng lên $q_3 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ đặt tại C với $CA \perp AB$ và $CA = 3 \text{ cm}$.

Bài 13: Bốn điện tích q giống nhau đặt ở 4 đỉnh tứ diện đều cạnh a . Tìm lực tác dụng lên mỗi điện tích.

Bài 14: Hình lập phương ABCD, A'B'C'D' cạnh $a = 6 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ đặt trong chân không. Xác định lực tác dụng lên mỗi điện tích, nếu:

- Có 2 điện tích $q_1 = q_2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ tại A, C; 2 điện tích $q_3 = q_4 = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ tại B' và D'.
- Có 4 điện tích $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ và 4 điện tích $-q$ đặt xen kẽ nhau ở 8 đỉnh của hình lập phương.

2. SỰ CÂN BẰNG CỦA ĐIỆN TÍCH

Bài 15: Hai điện tích $q_1 = -2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $q_2 = 1,8 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ đặt trong không khí tại A và B, $AB = l = 8 \text{ cm}$. Một điện tích q_3 đặt tại C. Hỏi:

- C ở đâu để q_3 nằm cân bằng?
- Dấu và độ lớn của q_3 để q_1, q_2 cũng cân bằng.

Bài 16: Tại ba đỉnh tam giác đều, người ta đặt 3 điện tích giống nhau $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6 \cdot 10^{-7} \text{C}$. Phải đặt điện tích thứ tư q_0 ở đâu, là bao nhiêu để hệ cân bằng?

Bài 17: Ở mỗi đỉnh hình vuông cạnh a có đặt điện tích $Q = 10^{-8} \text{C}$. Xác định dấu, độ lớn điện tích q đặt ở tâm hình vuông để cả hệ điện tích cân bằng?

Bài 18: Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau mỗi quả có điện tích q khối lượng $m = 10 \text{g}$, treo bởi hai dây cùng chiều dài $l = 30 \text{cm}$ vào cùng một điểm. Giữ quả cầu I cố định theo phương thẳng đứng, dây treo quả cầu II sẽ lệch góc $\alpha = 60^\circ$ so với phương thẳng đứng. Cho $g = 10 (\text{m/s}^2)$. Tìm q ?

Bài 19: Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau treo vào một điểm bởi hai dây $l = 20 \text{cm}$. Truyền cho hai quả cầu điện tích tổng cộng $Q = 8 \cdot 10^{-7} \text{C}$, chúng đẩy nhau, các dây treo hợp thành góc $2\alpha = 90^\circ$. Cho $g = 10 (\text{m/s}^2)$.

- Tìm khối lượng mỗi quả cầu.
- Truyền thêm cho một quả cầu điện tích q' , hai quả cầu vẫn đẩy nhau nhưng góc giữa hai dây treo giảm còn 60° . Tính q' .

Bài 20: Hai quả cầu nhỏ bằng kim loại giống nhau treo trên hai dây dài vào cùng một điểm, được tích điện bằng nhau và cách nhau đoạn $a = 5 \text{cm}$. Chạm nhẹ tay vào một quả cầu. Tính khoảng cách của chúng sau đó.

Bài 21: Hai quả cầu nhỏ giống nhau khối lượng riêng D_1 được treo bằng hai dây nhẹ cùng chiều dài vào cùng một điểm. Cho 2 quả cầu nhiễm điện giống nhau, chúng đẩy nhau và các dây treo hợp góc α_1 . Nhúng hệ vào chất điện môi lỏng có khối lượng riêng D_2 , góc giữa 2 dây treo là $\alpha_2 < \alpha_1$.

- Tính ε của điện môi theo $D_1, D_2, \alpha_1, \alpha_2$.
- Định D_1 để $\alpha_1 = \alpha_2$.

Bài 22: Hai điện tích $q_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{C}$ và $q_2 = -8 \cdot 10^{-8} \text{C}$ đặt tại A và B trong không khí, $AB = 8 \text{cm}$. Một điện tích q_3 đặt ở C. Hỏi:

- C ở đâu để q_3 cân bằng? Khi q_3 cân bằng, q_3 phải có dấu như thế nào để cân bằng này là cân bằng bền? không bền?
- Dấu và độ lớn của q_3 để hệ cân bằng? Khi hệ cân bằng, thì cân bằng của hệ là bền hay không bền?

Bài 23: Có 3 quả cầu cùng khối lượng $m = 10 \text{g}$ treo bằng 3 sợi dây mảnh cùng chiều dài $l = 5 \text{cm}$ vào cùng một điểm O. Khi tích cho mỗi quả cầu điện tích q , chúng đẩy nhau, cách nhau đoạn $a = 3\sqrt{3} \text{cm}$. Tìm q ? Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Bài 24: Một vòng dây bán kính $R = 5 \text{cm}$ tích điện Q phân bố đều trên vòng, vòng đặt trong mặt phẳng thẳng đứng. Quả cầu nhỏ $m = 1 \text{g}$ tích điện $q = Q$ được treo bằng một dây mảnh cách điện vào điểm cao nhất của vòng dây. Khi cân bằng, quả cầu nằm trên trục của vòng dây. Chiều dài của dây treo quả cầu là $l = 7,2 \text{cm}$, tính Q .

D. GIẢI CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1:

- Áp dụng định luật Cu-lông cho hai quả cầu mang điện:

+ Đặt trong chân không: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ (1)

+ Đặt trong điện môi: $F' = \frac{k q'_1 q'_2}{\varepsilon r^2}$ (2)

Với: $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$ (cho hai quả cầu tiếp xúc rồi tác ra xa nhau).

- Từ (2): $F' = \frac{k (q_1 + q_2)^2}{\varepsilon r^2}$ (2')

- Theo đề: $F = F' \Leftrightarrow k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{k (q_1 + q_2)^2}{\varepsilon r^2}$.

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{(q_1 + q_2)^2}{4q_1 q_2} = 1 + \frac{(q_1 - q_2)^2}{4q_1 q_2}.$$

Vậy: Biểu thức tính hằng số điện môi của chất lỏng là $\varepsilon = 1 + \frac{(q_1 - q_2)^2}{4q_1 q_2}$.

Khi $q_1 = q_2$ thì $\varepsilon = 1$: điện môi là chân không.

Bài 2:

a) Lực tĩnh điện giữa hai hạt

Ta có: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2} = k \frac{q^2}{R^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(-9,6 \cdot 10^{-13})^2}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 9,216 \cdot 10^{-12} \text{ C}$

Vậy: Lực tĩnh điện giữa hai hạt là $F = 9,216 \cdot 10^{-12} \text{ C}$

b) Số electron dư trong mỗi hạt bụi

Ta có: $n_e = \frac{|q|}{e} = \frac{|-9,6 \cdot 10^{-13}|}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6 \cdot 10^6$.

Vậy: Số electron dư trong mỗi hạt bụi là $n_e = 6 \cdot 10^6$.

Bài 3:

- Lực đẩy Cu-lông giữa hai prôtôn là: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2} = k \frac{q^2}{R^2}$.

- Lực hấp dẫn giữa hai prôtôn là: $F' = G \frac{|m_1 m_2|}{R^2} = G \frac{m^2}{R^2}$.

$$\Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{G}{k} \cdot \left(\frac{m}{q}\right)^2 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11}}{9 \cdot 10^9} \cdot \left(\frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{1,6 \cdot 10^{-19}}\right)^2 = 1,35 \cdot 10^{36}$$

Vậy: Lực đẩy Cu-lông giữa hai prôtôn lớn hơn lực hấp dẫn giữa chúng $1,35 \cdot 10^{36}$ lần.

Bài 4:

- Lực tĩnh điện giữa hai vật là: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2} = k \frac{q^2}{R^2}$.

- Lực hấp dẫn giữa hai vật là: $F' = G \frac{|m_1 m_2|}{R^2} = G \frac{m^2}{R^2}$.

- Để $F = F'$ thì: $k \frac{q^2}{R^2} = G \frac{m^2}{R^2}$

$$\Rightarrow m = |q| \cdot \sqrt{\frac{k}{G}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9}{6,67 \cdot 10^{-11}}} = 1,86 \cdot 10^{-9} \text{ kg}.$$

Vậy: Để lực tĩnh điện bằng lực hấp dẫn thì khối lượng của mỗi vật phải là $m = 1,86 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$.

Bài 5:

a) Độ lớn lực hướng tâm đặt lên electron

Vì lực hướng tâm trong chuyển động tròn của electron quanh hạt nhân chính là lực tĩnh điện nên:

$$F_{ht} = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|(-1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}|}{(5 \cdot 10^{-11})^2} = 9,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

Vậy: Độ lớn lực hướng tâm đặt lên electron là: $F_{ht} = 9,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$.

b) Vận tốc và tần số chuyển động của electron

$$\text{Ta có: } F_{ht} = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{F_{ht} \cdot R}{m}} = \sqrt{\frac{9,2 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^{-11}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 2,25 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

$$\text{và } n = \frac{v}{2\pi R} = \frac{2,25 \cdot 10^6}{2,3 \cdot 14,5 \cdot 10^{-11}} \approx 0,71 \cdot 10^{16} / \text{s.}$$

Vậy: Vận tốc và tần số chuyển động của electron là $F_{ht} \approx 2,25 \cdot 10^6 (\text{m/s})$ và $n \approx 0,71 \cdot 10^{16} / \text{s}$.

Bài 6:

- Theo định luật Cu-lông, ta có: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2}$

$$\Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{FR^2}{k} = \frac{1,8 \cdot 1^2}{9 \cdot 10^9} = 2 \cdot 10^{-10} \quad (1)$$

- Mặt khác: $|q_1 + q_2| = Q = 3 \cdot 10^{-5} \quad (2)$

- Vì hai điện tích đẩy nhau nên q_1 và q_2 cùng dấu và cùng dương (suy ra từ đề bài). Do đó:

$$q_1 q_2 = 2 \cdot 10^{-10} \quad (1')$$

$$q_1 + q_2 = 3 \cdot 10^{-5} \quad (2')$$

- Giải hệ (1') và (2') ta được: $q_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ và $q_2 = 10^{-5} \text{ C}$ hoặc $q_1 = 10^{-5} \text{ C}$ và $q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

Vậy: Điện tích mỗi vật là: $q_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ và $q_2 = 10^{-5} \text{ C}$ hoặc $q_1 = 10^{-5} \text{ C}$ và $q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

Bài 7:

- Khi hai quả cầu chưa tiếp xúc, ta có: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2}$

$$\Rightarrow |q_1 q_2| = \frac{FR^2}{k} = \frac{2,7 \cdot 10^{-4} \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2}{9 \cdot 10^9} = 12 \cdot 10^{-8}$$

$$\Rightarrow q_1 q_2 = 12 \cdot 10^{-8} \quad (1) \text{ (hai quả cầu đẩy nhau)}$$

- Khi cho hai quả cầu tiếp xúc nhau rồi tách ra xa nhau thì: $F' = k \frac{|q'_1 q'_2|}{R^2}$ với: $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$

$$\Rightarrow F' = k \frac{\left(\frac{q_1 + q_2}{2}\right)^2}{R^2} \Rightarrow (q_1 + q_2) = \pm 2R \sqrt{\frac{F'}{k}} = \pm 2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{3,6 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^9}}$$

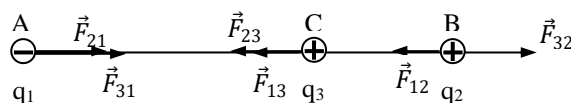
$$\Rightarrow (q_1 + q_2) = \pm 8 \cdot 10^{-9} \quad (2)$$

- Giải hệ (1) và (2) ta được: $q_1 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $q_2 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$; $q_1 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ hoặc $q_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$; $q_1 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

Vậy: Điện tích của các quả cầu khi chưa tiếp xúc nhau là: $q_1 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $q_2 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$; $q_1 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ hoặc $q_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$; $q_1 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

Bài 8:

Ta có: $AB = 5 \text{ cm}$, $AC = 4 \text{ cm}$, $BC = 1 \text{ cm} \Rightarrow AB = AC + CB \Rightarrow C$ nằm trong đoạn AB .



- Lực tác dụng lên q_1 : $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} \Rightarrow F_1 = F_{21} + F_{31}$ (\vec{F}_{21} ; \vec{F}_{31} cùng chiều)

$$\Rightarrow F_1 = k \frac{|q_2 q_1|}{AB^2} + k \frac{|q_3 q_1|}{AC^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{|5 \cdot 10^{-8} \cdot (-10^{-7})|}{(5 \cdot 10^{-2})^2} + \frac{|4 \cdot 10^{-8} \cdot (-10^{-7})|}{(4 \cdot 10^{-2})^2} \right) = 4,05 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Lực tác dụng lên q_2 : $\vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} \Rightarrow F_2 = |F_{12} - F_{32}|$ ($\vec{F}_{12}; \vec{F}_{32}$ ngược chiều)

$$\Rightarrow F_2 = k \left| \frac{|q_1 q_2|}{AB^2} - \frac{|q_3 q_2|}{BC^2} \right| = 9 \cdot 10^9 \cdot \left| \frac{|(-10^{-7}) \cdot 5 \cdot 10^{-8}|}{(5 \cdot 10^{-2})^2} - \frac{|4 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^{-8}|}{(10^{-2})^2} \right| = 16,2 \cdot 10^{-2} \text{N}$$

- Lực tác dụng lên q_3 : $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_3 = F_{13} + F_{23}$ ($\vec{F}_{13}; \vec{F}_{23}$ cùng chiều)

$$\Rightarrow F_3 = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} + k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{|(-10^{-7}) \cdot 4 \cdot 10^{-8}|}{(4 \cdot 10^{-2})^2} + \frac{|5 \cdot 10^{-8} \cdot 4 \cdot 10^{-8}|}{(10^{-2})^2} \right) = 20,25 \cdot 10^{-2} \text{N}$$

Bài 9:

Ta có: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$, với $F_{13} = k \frac{|q_1 q_3|}{a^2}$; $F_{23} = k \frac{|q_2 q_3|}{a^2}$

Vì $|q_1| = |q_2| \Rightarrow F_{13} = F_{23}$ và $\alpha = (\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 120^\circ$

$$\Rightarrow F_3 = F_{13} = F_{23} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|4 \cdot 10^{-8} \cdot 5 \cdot 10^{-8}|}{(2 \cdot 10^{-2})^2} = 45 \cdot 10^{-3} \text{N}$$

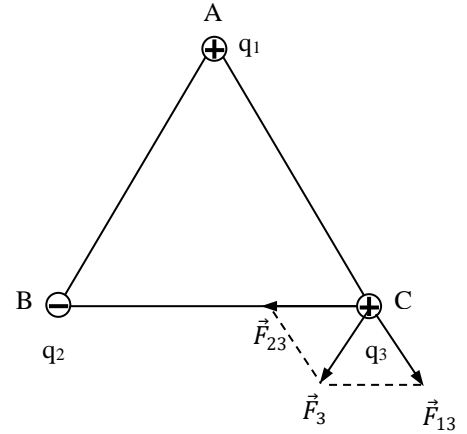
Vậy: Vector lực tác dụng lên q_3 có:

+ Điểm đặt: tại C.

+ Phương: song song với AB.

+ Chiều: từ A đến B.

+ Độ lớn: $F_3 = 45 \cdot 10^{-3} \text{N}$.



Bài 10:

Ta có: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$, với: $\alpha = (\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 90^\circ$

$$F_{13} = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|27 \cdot 10^{-8} \cdot (-10^{-7})|}{(3 \cdot 10^{-1})^2} = 27 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|64 \cdot 10^{-8} \cdot (-10^{-7})|}{(4 \cdot 10^{-1})^2} = 36 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

$$\Rightarrow F_3 = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} = \sqrt{(27 \cdot 10^{-4})^2 + (36 \cdot 10^{-4})^2} = 45 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

Vậy: Vector lực tác dụng lên q_3 có:

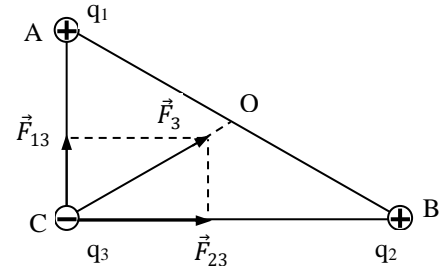
+ điểm đặt: tại C.

+ Phương: CO (O là trung điểm AB).

$$(\tan \angle OCB = \frac{F_{13}}{F_{23}} = \frac{AC}{BC})$$

+ Chiều: từ C đến O.

+ Độ lớn: $F_3 = 45 \cdot 10^{-4} \text{N}$.



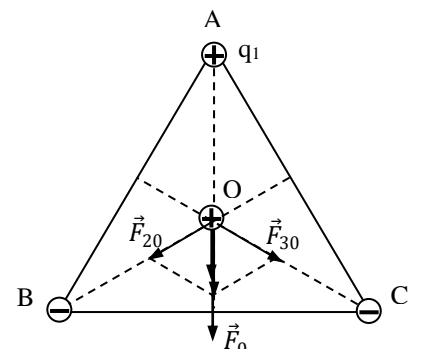
Bài 11:

Ta có: $\vec{F}_0 = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{23}$, với $F_{10} = k \frac{|q_1 q_0|}{b^2}$; $F_{20} = k \frac{|q_2 q_0|}{b^2}$; $F_{30} = k \frac{|q_3 q_0|}{b^2}$.

với $F_{20} = F_{30}$ (vì $q_2 = q_3$); $b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3}$ và $\alpha = (\vec{F}_{20}, \vec{F}_{30}) = 120^\circ$

$$\Rightarrow F_{23} = 2F_{20} \cos \frac{\alpha}{2} = 2k \frac{|q_2 q_0|}{b^2} \cdot \cos 60^\circ = F_{20}$$

$$\text{Hay } F_{23} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|q_2 \cdot q_0|}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{3}\right)^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|(-8 \cdot 10^{-9}) \cdot 8 \cdot 10^{-9}|}{\left(\frac{6 \cdot 10^{-2} \sqrt{3}}{3}\right)^2} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{N}$$



$$\text{và } F_{10} = k \frac{|q_1 q_0|}{b^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|q_1 \cdot q_0|}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{3}\right)^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|6 \cdot 10^{-9} \cdot 8 \cdot 10^{-9}|}{\left(\frac{6 \cdot 10^{-2} \sqrt{3}}{3}\right)^2} = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

$$\Rightarrow F_0 = 3,6 \cdot 10^{-4} + 4,8 \cdot 10^{-4} = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

Vậy: Vector lực tác dụng lên q_0 có:

+ Điểm đặt: tại O.

+ Phương: vuông góc với BC.

+ Chiều: từ A đến BC.

+ Độ lớn: $F_0 = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{N}$.

Bài 12:

$$\text{Ta có: } \vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_3 = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

với: $BC = \sqrt{AC^2 + AB^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{cm}$; Ox nằm ngang, Oy thẳng đứng.

$$F_{13} = k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|4 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-9}|}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 8 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{|(-12,5 \cdot 10^{-8}) \cdot 2 \cdot 10^{-9}|}{(5 \cdot 10^{-2})^2} = 9 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

$$F_x = F_{13(x)} + F_{23(x)} = 0 + F_{23} \cdot \cos B = F_{23} \cdot \frac{AB}{BC} = 9 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{4}{5} = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

$$F_y = F_{13(y)} + F_{23(y)} = F_{13} - F_{23} \cdot \sin B = F_{13} - F_{23} \cdot \frac{AC}{BC} = 8 \cdot 10^{-4} - 9 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{3}{5} =$$

$$2,6 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

$$\Rightarrow F_3 = \sqrt{(7,2 \cdot 10^{-4})^2 + (2,6 \cdot 10^{-4})^2} = 7,65 \cdot 10^{-4} \text{N}$$

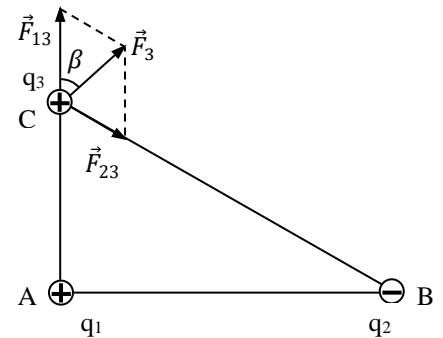
Vậy: Vector lực tác dụng lên q_3 có:

+ Điểm đặt: tại C.

+ Phương: hợp với AC một góc β : $\cos \beta = \frac{F_{13}^2 + F_3^2 - F_{23}^2}{2F_{13}F_3}$

$$\Rightarrow \cos \beta = \frac{(8 \cdot 10^{-4})^2 + (7,65 \cdot 10^{-4})^2 - (9 \cdot 10^{-4})^2}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-4} \cdot 7,65 \cdot 10^{-4}} \approx 0,34 \Rightarrow \beta \approx 70^\circ$$

+ Độ lớn: $F_3 = 7,65 \cdot 10^{-4} \text{N}$.



Bài 13:

Do tính đối xứng nên ta chỉ cần khảo sát một điện tích bất kì, chẳng hạn điện tích tại D trên hình vẽ.

Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_{23}$, với: $F_1 = F_2 = F_3 = k \frac{q^2}{a^2}$.

- Vì $F_2 = F_3$; $\widehat{BDC} = 60^\circ \Rightarrow F_{23} = 2F_2 \cos 30^\circ = 2k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} k \frac{q^2}{a^2}$ và \vec{F}_{23} nằm trên đường cao HD.

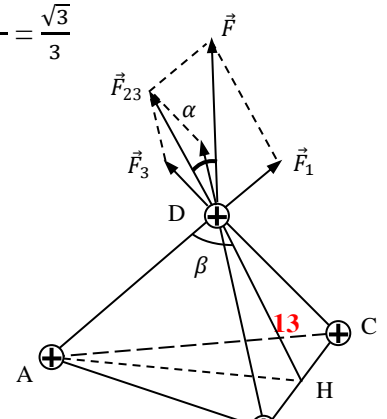
$$\text{và } F^2 = F_1^2 + F_{23}^2 + 2F_1 F_{23} \cos \beta, \text{ với: } \cos \beta = \frac{AD^2 + HD^2 - AH^2}{2 \cdot AD \cdot HD} = \frac{a^2 + \left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 - \left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2}{2a \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\Rightarrow F^2 = \left(k \frac{q^2}{a^2}\right)^2 + \left(\sqrt{3} k \frac{q^2}{a^2}\right)^2 - 2k \frac{q^2}{a^2} \cdot \sqrt{3} k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} = 6 \left(k \frac{q^2}{a^2}\right)^2$$

$$\text{Hay } F = \sqrt{6} k \frac{q^2}{a^2}$$

Vậy: Lực tác dụng lên mỗi điện tích có:

Trần Văn Hậu (Alo + Zalo: 0942.481.600)



+ Điểm đặt: tại các điện tích.

+ Phương: hợp với mặt tứ diện một góc α : $\cos\alpha = \frac{F_1^2 - F^2 - F_{23}^2}{2FF_{23}}$

$$\Rightarrow \cos\alpha = \frac{\left(k\frac{q^2}{a^2}\right)^2 - \left(\sqrt{6}k\frac{q^2}{a^2}\right)^2 - \left(\sqrt{3}k\frac{q^2}{a^2}\right)^2}{2\sqrt{6}k\frac{q^2}{a^2} \cdot \sqrt{3}k\frac{q^2}{a^2}} = -\frac{2\sqrt{2}}{3} \Rightarrow \alpha = 160^\circ 30'$$

+ Độ lớn: $F = \sqrt{6}k\frac{q^2}{a^2}$.

Bài 14:

a) Ta có: $|q_1| = |q_2| = |q_3| = |q_4| = |q|$

- Đối với q_1 : $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41}$, với: $F_{21} = F_{31} = F_{41} = k\frac{q^2}{(a\sqrt{2})^2} = k\frac{q^2}{2a^2}$.

$$F_{21(x)} = F_{21(y)} = -F_{21}\cos 45^\circ = -k\frac{q^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2}$$

$$F_{31(x)} = F_{31(z)} = F_{31}\cos 45^\circ = k\frac{q^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2}$$

$$F_{41(y)} = F_{41(z)} = F_{41}\cos 45^\circ = k\frac{q^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_{1x} = F_{21(x)} + F_{31(x)} = -\frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} = 0$$

$$F_{1y} = F_{21(y)} + F_{41(y)} = -\frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} = 0$$

$$F_{1z} = F_{31(z)} + F_{41(z)} = \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_1 = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2 + F_{1z}^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}k\frac{q^2}{a^2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(6 \cdot 10^{-10})^2} \approx 0,45 \cdot 10^{-9} \text{N}$$

- Tương tự đối với các điện tích q_2, q_3 và q_4 .

Vậy: Độ lớn lực tác dụng lên mỗi điện tích là $F \approx 0,45 \cdot 10^{-9} \text{N}$.

b) Ta có: $|q_1| = |q_2| = |q_3| = |q_4| = |q'_1| = |q'_2| = |q'_3| = |q'_4| = |q|$

- Đối với q_1 : $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41} + \vec{F}_{1'1} + \vec{F}_{2'1} + \vec{F}_{3'1} + \vec{F}_{4'1}$

$$\text{với: } F_{21} = F_{41} = F_{1'1} = k\frac{q^2}{a^2}; F_{3'1} = k\frac{q^2}{(a\sqrt{3})^2} = k\frac{q^2}{3a^2}$$

$$F_{2'1} = F_{31} = F_{4'1} = k\frac{q^2}{(a\sqrt{2})^2} = k\frac{q^2}{2a^2}$$

$$F_{21(x)} = F_{21} = k\frac{q^2}{a^2}; F_{21(y)} = 0; F_{21(z)} = 0$$

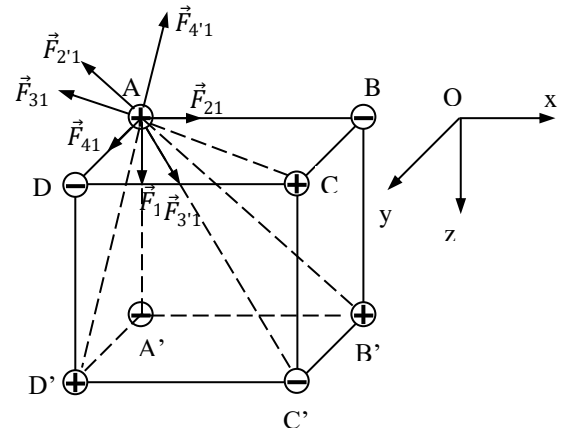
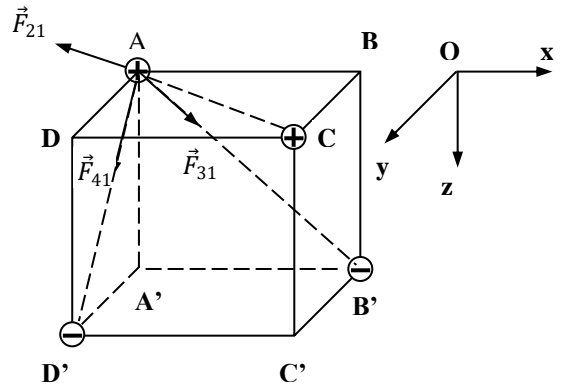
$$F_{31(x)} = F_{31(y)} = -F_{31}\cos 45^\circ = -k\frac{q^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2}; F_{31(z)} = 0$$

$$F_{41(x)} = 0; F_{41(y)} = F_{41} = k\frac{q^2}{a^2}; F_{41(z)} = 0$$

$$F_{1'1(x)} = 0; F_{1'1(y)} = 0; F_{1'1(z)} = F_{1'1} = k\frac{q^2}{a^2}$$

$$F_{2'1(x)} = F_{2'1(z)} = -F_{2'1}\cos 45^\circ = -k\frac{q^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2}; F_{2'1(y)} = 0$$

$$F_{3'1(x)} = F_{3'1(y)} = F_{3'1(z)} = F_{3'1}\cos A'AC' = k\frac{q^2}{3a^2} \cdot \frac{a}{a\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{9}k\frac{q^2}{a^2}$$



$$F_{4'1(x)} = 0; F_{4'1(y)} = F_{4'1(z)} = -F_{4'1} \cos 45^\circ = -k \frac{q^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\sqrt{2}}{4} \cdot k \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_{1x} = F_{21(x)} + F_{31(x)} + F_{41(x)} + F_{1'1(x)} + F_{2'1(x)} + F_{3'1(x)} + F_{4'1(x)}$$

$$F_{1x} = k \frac{q^2}{a^2} + (-\frac{\sqrt{2}}{4} \cdot k \frac{q^2}{a^2}) + 0 + 0 + (-\frac{\sqrt{2}}{4} \cdot k \frac{q^2}{a^2}) + \frac{\sqrt{3}}{9} \cdot k \frac{q^2}{a^2} + 0 = (1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}) k \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_{1y} = F_{21(y)} + F_{31(y)} + F_{41(y)} + F_{1'1(y)} + F_{2'1(y)} + F_{3'1(y)} + F_{4'1(y)}$$

$$F_{1y} = 0 + (-\frac{\sqrt{2}}{4} \cdot k \frac{q^2}{a^2}) + k \frac{q^2}{a^2} + 0 + 0 + \frac{\sqrt{3}}{9} \cdot k \frac{q^2}{a^2} + (-\frac{\sqrt{2}}{4} \cdot k \frac{q^2}{a^2}) = (1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}) k \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_{1z} = F_{21(z)} + F_{31(z)} + F_{41(z)} + F_{1'1(z)} + F_{2'1(z)} + F_{3'1(z)} + F_{4'1(z)}$$

$$F_{1z} = 0 + 0 + 0 + (k \frac{q^2}{a^2}) + (-\frac{\sqrt{2}}{4} \cdot k \frac{q^2}{a^2}) + \frac{\sqrt{3}}{9} \cdot k \frac{q^2}{a^2} + (-\frac{\sqrt{2}}{4} \cdot k \frac{q^2}{a^2}) = (1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}) k \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_1^2 = F_{1x}^2 + F_{1y}^2 + F_{1z}^2 = [(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}) k \frac{q^2}{a^2}]^2 + [(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}) k \frac{q^2}{a^2}]^2 + [(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}) k \frac{q^2}{a^2}]^2$$

$$\Rightarrow F_1^2 = 3[(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}) k \frac{q^2}{a^2}]^2$$

$$\Rightarrow F_1 = \sqrt{3} \cdot [(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}) k \frac{q^2}{a^2}] = (\sqrt{3} - \sqrt{1,5} + \frac{1}{3}) k \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_1 = (\sqrt{3} - \sqrt{1,5} + \frac{1}{3}) \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(6 \cdot 10^{-10})^2} \approx 0,54 \cdot 10^{-9} \text{N}$$

- Tương tự cho các điện tích khác.

Vậy: Độ lớn của lực điện tác dụng lên mỗi điện tích là $F \approx 0,54 \cdot 10^{-9} \text{N}$.

Bài 15:

a) Vị trí của C để q_3 nằm cân bằng

- Các lực điện tác dụng lên q_3 : $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$.

- Để q_3 nằm cân bằng thì: $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$ cùng phương, ngược chiều và cùng độ

$$\text{lớn: } F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2}.$$

$$\Rightarrow \left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \left(\frac{AC}{BC} \right)^2 = \frac{2}{18} = \frac{1}{9} < 1$$

Từ đó:

+ C nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.

$$+ BC = 3AC = 3(BC - AB) \Rightarrow BC = \frac{3}{2}AB = \frac{3}{2} \cdot 8 = 12 \text{cm và } AC = \frac{1}{3} \cdot 12 = 4 \text{cm}.$$

Vậy: Phải đặt q_3 tại C, với $AC = 4 \text{cm}$; $BC = 12 \text{cm}$ thì q_3 sẽ nằm cân bằng.

b) Dấu và độ lớn của q_3 để q_1, q_2 cũng cân bằng

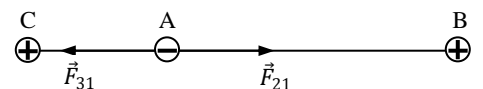
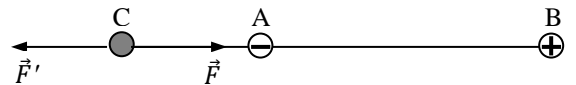
- Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì: $\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0}$ và $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = \vec{0} \Rightarrow F_{21} = F_{31}$ và $F_{12} = F_{32}$.

$$\Rightarrow k \frac{|q_2 q_1|}{AB^2} = k \frac{|q_3 q_1|}{AC^2} \text{ và } k \frac{|q_1 q_2|}{AB^2} = k \frac{|q_3 q_2|}{BC^2}$$

$$\Rightarrow |q_3| = |q_2| \left(\frac{AC}{AB} \right)^2 = |1,8 \cdot 10^{-7}| \left(\frac{4}{8} \right)^2 = 0,45 \cdot 10^{-7} \text{C}$$

- Vì $q_1 < 0$; $q_2 > 0 \Rightarrow q_3 > 0$: $q_3 = 0,45 \cdot 10^{-7} \text{C}$.

Vậy: Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì $q_3 = +0,45 \cdot 10^{-7} \text{C}$.



Bài 16:

- Các lực điện tác dụng vào q_0 : \vec{F}_{10} , \vec{F}_{20} và \vec{F}_{30} . Để q_0 cân bằng thì:

$$\vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} = \vec{0}$$

Vì $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6.10^{-7}C \Rightarrow q_0$ nằm ở tâm tam giác ABC.

- Vì tính đối xứng của hệ nên để hệ cân bằng ta chỉ cần xét thêm điều kiện cân bằng của một trong ba điện tích kia, chẳng hạn q_3 . Để q_3 cân bằng thì: \vec{F}_{03}

$$+ \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0}$$

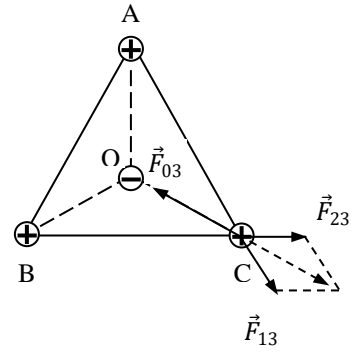
$$\Rightarrow F_{03} = F'_{3} = 2F_{13}\cos 30^\circ = 2k \frac{|q_1 q_3|}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}k \frac{|q_1 q_3|}{a^2} \quad (F_{13} = F_{23} = k \frac{|q_1 q_3|}{a^2})$$

$$\Leftrightarrow 3k \frac{|q_0 q_3|}{a^2} = \sqrt{3}k \frac{|q_1 q_3|}{a^2} \quad (F_{03} = k \frac{|q_0 q_3|}{OC^2}; \quad OC = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3})$$

$$\Rightarrow |q_0| = \frac{\sqrt{3}}{3} q_1 = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 6.10^{-7} = 3,46.10^{-7}C$$

- Vì $q_1, q_2, q_3 > 0$ nên $q_0 < 0$.

Vậy: Để hệ cân bằng thì phải đặt q_0 tại tâm tam giác và $q_0 = -3,46.10^{-7}C$.



Bài 17:

- Vì điện tích ở các đỉnh hình vuông như nhau nên điện tích q đặt ở tâm hình vuông luôn cân bằng.

- Vì hệ có tính đối xứng nên chỉ cần xét điều kiện cân bằng của một trong các điện tích còn lại, chẳng hạn điện tích đặt ở D.

- Để điện tích đặt ở D nằm cân bằng thì: $\vec{F}_{14} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{34} + \vec{F}_q = \vec{0}$

$$\Rightarrow F'_{4} + F_{24} = F_q \quad (\vec{F}_{14} + \vec{F}_{34} = \vec{F}'_{4})$$

$$\text{với } F_{14} = F_{34} = k \frac{Q^2}{a^2} \Rightarrow F'_{4} = 2F_{14}\cos 45^\circ = 2k \frac{Q^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}k \frac{Q^2}{a^2}$$

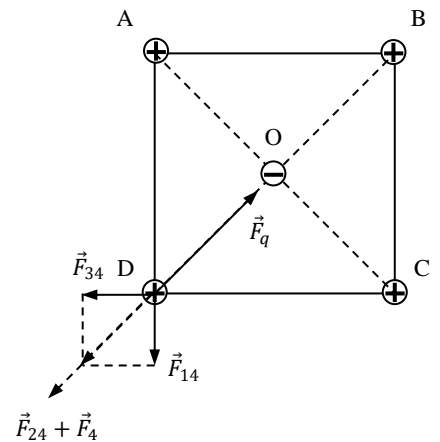
$$\text{và } F_{24} = k \frac{Q^2}{(a\sqrt{2})^2} = k \frac{Q^2}{2a^2}; \quad F_q = k \frac{|Qq|}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} = 2k \frac{|Qq|}{a^2}$$

$$\Rightarrow (\sqrt{2} + \frac{1}{2}) k \frac{Q^2}{a^2} = 2k \frac{|Qq|}{a^2}$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{|Q|}{4} (2\sqrt{2} + 1)$$

- Để Q ở D nằm cân bằng thì $q < 0 \Rightarrow q = -\frac{Q}{4} (2\sqrt{2} + 1)$.

Vậy: Để cả hệ cân bằng thì $q = -\frac{Q}{4} (2\sqrt{2} + 1)$.



Bài 18:

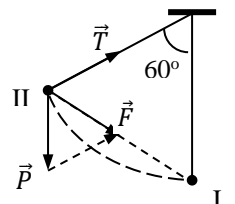
- Các lực tác dụng lên quả cầu II: trọng lực \vec{P} , lực căng dây \vec{T} và lực điện \vec{F} .

- Quả cầu II nằm cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$.

- Tam giác lực “gạch gạch” là tam giác đều nên: $F = P$.

$$\text{Hay } k \frac{q^2}{l^2} = mg \Rightarrow q = l \cdot \sqrt{\frac{mg}{k}} = 3.10^{-1} \cdot \sqrt{\frac{10^{-2} \cdot 10}{9.10^9}} = 10^{-6}C.$$

Vậy: Điện tích $q = 10^{-6}C$.



Bài 19:

a) Khối lượng mỗi quả cầu

Ta có: Khối lượng mỗi quả cầu là m ; điện tích mỗi quả cầu là $q = \frac{Q}{2} = \frac{8 \cdot 10^{-7}}{2} = 4 \cdot 10^{-7} \text{C}$.

- Các lực tác dụng lên một quả cầu: trọng lực \vec{P} , lực căng dây \vec{T} và lực điện \vec{F} .

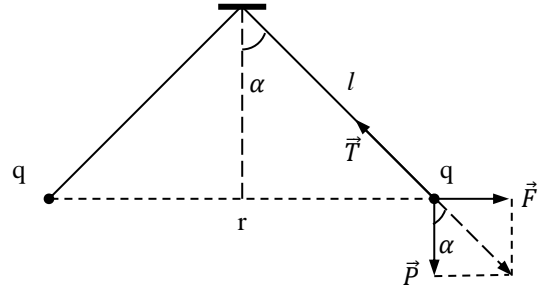
- Quả cầu nằm cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$.

- Suy ra: $F = P \tan \alpha \Leftrightarrow k \frac{q^2}{r^2} = mg \cdot \tan 45^\circ$ ($r = l\sqrt{2}$)

$$\Rightarrow m = \frac{kq^2}{(l\sqrt{2})^2 \cdot \tan 45^\circ} = \frac{kq^2}{2l^2 g \cdot \tan 45^\circ}$$

$$\Rightarrow m = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (4 \cdot 10^{-7})^2}{2 \cdot (2 \cdot 10^{-1})^2 \cdot 10 \cdot 1} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{kg} = 1,8 \text{g}.$$

Vậy: Khối lượng của mỗi quả cầu là $m = 1,8 \text{g}$.



b) Điện tích truyền thêm cho một quả cầu

- Khi truyền cho một quả cầu điện tích q' thì góc giữa hai quả cầu giảm nên

$q' < 0$. Vì hai quả cầu vẫn đẩy nhau nên $(q + q') > 0$.

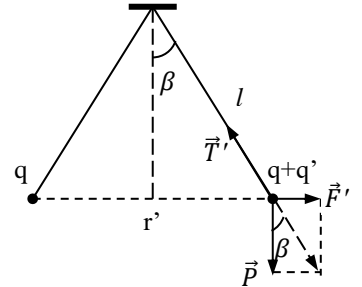
- Điện tích của quả cầu được truyền thêm điện tích là $(q + q')$.

- Tương tự câu a, ta có: $F' = P \tan \alpha' \Leftrightarrow k \frac{|q \cdot (q + q')|}{r'^2} = mg \cdot \tan 30^\circ$ ($r' = l$)

$$\Rightarrow |q + q'| = \frac{mg \cdot \tan 30^\circ \cdot l^2}{kq} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot (2 \cdot 10^{-1})^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-7}} = 1,15 \cdot 10^{-7} \text{C}$$

Vì $q > 0$; $q' < 0$ nên: $q' = 1,15 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7} = -2,85 \cdot 10^{-7} \text{C}$.

Vậy: Điện tích truyền thêm cho một quả cầu là $q' = -2,85 \cdot 10^{-7} \text{C}$.



Bài 20:

Gọi q, m là điện tích ban đầu và khối lượng của mỗi quả cầu.

- Trước khi chạm tay vào một quả cầu, điều kiện cân bằng của một quả cầu cho: $\tan \alpha = \frac{F}{P} \approx \frac{a}{2l}$ ($F = k \frac{q^2}{a^2}$;

$P = mg$)

$$\Rightarrow \frac{kq^2}{a^2 mg} \approx \frac{a}{2l} \Rightarrow a^3 \approx \frac{2kq^2 l}{mg} \quad (1)$$

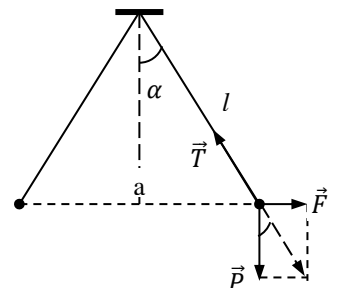
- Khi chạm tay vào một quả cầu, quả cầu đó sẽ mất hết điện tích, lực điện giữa hai quả cầu không còn nữa, hai quả cầu sẽ chạm vào nhau và điện tích lại được phân bố đều cho hai quả cầu ($q' = \frac{q}{2}$), hai quả cầu lại đẩy nhau và khoảng cách giữa chúng là a' . Tương tự, từ điều kiện cân bằng của một quả cầu lúc này ta suy

$$\text{ra: } a'^3 \approx \frac{2kq'^2 l}{mg}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{a'}{a}\right)^3 \approx \left(\frac{q'}{q}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow a' = \frac{a}{\sqrt[3]{4}} = \frac{5}{\sqrt[3]{4}} \approx 3,15 \text{cm}$$

Vậy: Khoảng cách giữa hai quả cầu sau khi chạm tay là $a' \approx 3,15 \text{cm}$.



Bài 21:

a) Tính ε của điện môi theo $D_1, D_2, \alpha_1, \alpha_2$

- Trong không khí:

+ Các lực tác dụng vào một quả cầu: trọng lực \vec{P} , lực căng dây \vec{T}_1 và lực điện \vec{F}_1 .

+ Điều kiện cân bằng của một quả cầu cho: $F_1 = P \tan \frac{\alpha_1}{2}$.

$$\Rightarrow k \frac{q^2}{(2l \sin \frac{\alpha_1}{2})^2} = mg \tan \frac{\alpha_1}{2} \quad (1)$$

- Trong điện môi ε :

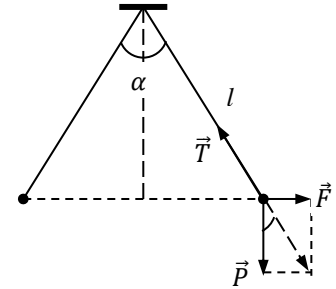
+ Các lực tác dụng vào một quả cầu: trọng lực \vec{P} , lực căng dây \vec{T}_2 , lực điện \vec{F}_2 và lực đẩy Ac-si-met \vec{F}_A .

+ Điều kiện cân bằng của một quả cầu cho: $F_2 = (P - F_A) \tan \frac{\alpha_2}{2}$.

$$\Rightarrow k \frac{q^2}{\varepsilon (2l \sin \frac{\alpha_2}{2})^2} = (D_1 - D_2) V g \tan \frac{\alpha_2}{2} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\varepsilon \frac{\sin^2 \frac{\alpha_2}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha_1}{2}} = \frac{D_1}{D_1 - D_2} \cdot \frac{\tan \frac{\alpha_1}{2}}{\tan \frac{\alpha_2}{2}}$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{D_1}{D_1 - D_2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha_1}{2} \tan \frac{\alpha_1}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha_2}{2} \tan \frac{\alpha_2}{2}}$$



Vậy: Giá trị của ε theo $D_1, D_2, \alpha_1, \alpha_2$ là $\varepsilon = \frac{D_1}{D_1 - D_2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{\alpha_1}{2} \tan \frac{\alpha_1}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha_2}{2} \tan \frac{\alpha_2}{2}}$

b) Định D_1 để $\alpha_1 = \alpha_2$

Khi $\alpha_1 = \alpha_2$ thì $\varepsilon = \frac{D_1}{D_1 - D_2} \Rightarrow D_1 = \frac{\varepsilon D_2}{\varepsilon - 1}$.

Vậy: Giá trị của D_1 để $\alpha_1 = \alpha_2$ là $D_1 = \frac{\varepsilon D_2}{\varepsilon - 1}$.

Bài 22:

a) Vị trí của C để q_3 nằm cân bằng và dạng cân bằng

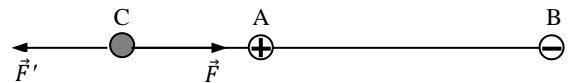
- Vị trí của C

+ Các lực điện tác dụng lên q_3 : $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$.

+ Để q_3 nằm cân bằng thì: $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$ cùng phương, ngược chiều và cùng độ

lớn: $F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{AC^2} = k \frac{|q_2 q_3|}{BC^2}$.

$$\Rightarrow \left| \frac{q_1}{q_2} \right| = \left(\frac{AC}{BC} \right)^2 = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} < 1$$



Từ đó:

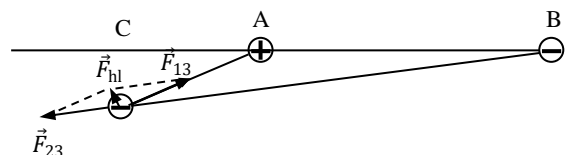
• C nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.

• $BC = 2AC = 2(BC - AB) \Rightarrow BC = 2AB = 2.8 = 16\text{cm}$ và $AC = \frac{1}{2}.16 = 8\text{cm}$.

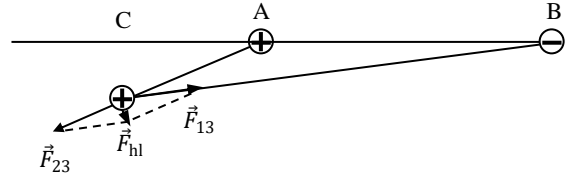
- Dạng cân bằng:

+ Nếu $q_3 < 0$: Khi đưa q_3 lệch khỏi vị trí cân bằng thì hợp

lực $(\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23})$ sẽ có xu hướng đưa q_3 trở về vị trí cân bằng cũ nên đây là cân bằng bền.



+ Nếu $q_3 > 0$: Khi đưa q_3 lệch khỏi vị trí cân bằng thì hợp lực $(\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23})$ sẽ có xu hướng đưa q_3 ra xa vị trí cân bằng cũ nên đây là cân bằng không bền.



Vậy: Phải đặt q_3 tại C, với $AC = 8\text{cm}$; $BC = 16\text{cm}$ thì q_3 sẽ nằm cân bằng và cân bằng đó là cân bằng bền hay không bền tùy thuộc vào dấu của q_3 .

b) Dấu và độ lớn của q_3 để q_1, q_2 cũng cân bằng, dạng cân bằng của hệ

- Dấu và độ lớn của q_3 để hệ cân bằng

+ Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì: $\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0}$ và $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = \vec{0} \Rightarrow F_{21} = F_{31}$ và $F_{12} = F_{32}$.

$$\Rightarrow k \frac{|q_2 q_1|}{AB^2} = k \frac{|q_3 q_1|}{AC^2} \text{ và } k \frac{|q_1 q_2|}{AB^2} = k \frac{|q_3 q_2|}{BC^2}$$

$$\Rightarrow |q_3| = |q_2| \left(\frac{AC}{AB} \right)^2 = |(-8.10^{-8})| \left(\frac{8}{16} \right)^2 = 8.10^{-8} \text{C}$$

$$+ \text{Vì } q_1 > 0; q_2 < 0 \Rightarrow q_3 < 0: q_3 = -8.10^{-8} \text{C}.$$

- Dạng cân bằng của hệ: Khi $q_3 < 0$, cân bằng của q_3, q_1, q_2 đều là cân bằng bền nên cân bằng của hệ là cân bằng bền.

Vậy: Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì $q_3 = -8.10^{-8} \text{C}$ và cân bằng của hệ là cân bằng bền.

Bài 23:

Khi ba quả cầu cách nhau một đoạn $a \Rightarrow$ hệ cân bằng. Vì hệ đối xứng nên chỉ cần xét một quả cầu, chẳng hạn quả cầu tại C.

- Với quả cầu tại C:

+ Các lực tác dụng lên quả cầu: các lực điện $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$; trọng lực \vec{P}_3 và lực căng dây \vec{T}_3 .

+ Quả cầu cân bằng nên: $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{P}_3 + \vec{T}_3 = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}'_3 + \vec{P}_3 + \vec{T}_3 = \vec{0}$

$$\Rightarrow F'_3 = P_3 \tan \alpha, \text{ với } P_3 = mg; F'_3 = 2F_{13} \cos 30^\circ = 2k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} k \frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow \sqrt{3} k \frac{q^2}{a^2} = mg \cdot \tan \alpha \quad (1)$$

- Tam giác OGC cho: $\tan \alpha = \frac{GC}{GO}$

$$\text{với: } GC = \frac{2}{3} CK = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3}; GO = \sqrt{OC^2 - GC^2} = \sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}$$

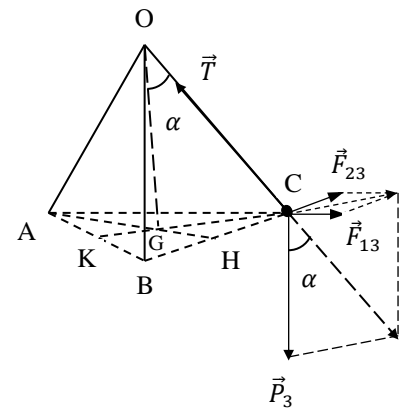
$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{a\sqrt{3}}{3\sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\sqrt{3} k \frac{q^2}{mga^2} = \frac{a\sqrt{3}}{3\sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}}$

$$\Rightarrow |q| = a \sqrt{\frac{mga}{3k\sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}}} = 3\sqrt{3} \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{0,01 \cdot 10 \cdot 3\sqrt{3} \cdot 10^{-2}}{3 \cdot 9 \cdot 10^9 \sqrt{(5 \cdot 10^{-2})^2 - \frac{(3\sqrt{3} \cdot 10^{-2})^2}{3}}}}$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{\sqrt[4]{3^3}}{2} \cdot 10^{-7} = 1,14 \cdot 10^{-7} \text{C}$$

Vậy: Điện tích của mỗi quả cầu là $q = \pm 1,14 \cdot 10^{-7} \text{C}$.

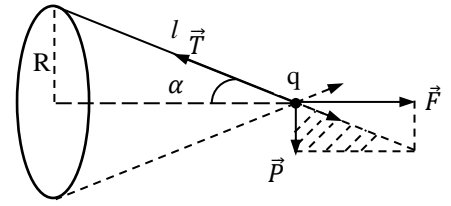


Bài 24:

- Các lực tác dụng lên quả cầu: trọng lực \vec{P} ; lực điện \vec{F} ; lực căng dây \vec{T} .

- Quả cầu nằm cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$.

- Tam giác lực “gạch gạch” cho: $F = \frac{P}{\tan \alpha}$, với: $\vec{F} = \Sigma d\vec{F}$ (tổng các lực điện của các phần tử nhỏ của vòng dây tác dụng lên q)



$$P = mg; F = \Sigma dF \cdot \cos \alpha = \frac{kq}{l^2} \Sigma dQ \cdot \cos \alpha = \frac{kQ^2}{l^2} \cdot \cos \alpha \quad (q = Q)$$

$$\Rightarrow \frac{kQ^2}{l^2} \cdot \cos \alpha = \frac{mg}{\tan \alpha}$$

$$\text{Hay } \frac{kQ^2}{l^2} = \frac{mg}{\sin \alpha} = \frac{mgl}{R} \quad (\sin \alpha = \frac{R}{l})$$

$$\Rightarrow |Q| = l \sqrt{\frac{mgl}{kR}} = 7,2 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{10^{-3} \cdot 10 \cdot 7,2 \cdot 10^{-2}}{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}} = 9 \cdot 10^{-8} \text{C}.$$

Vậy: Điện tích của vòng dây là $Q = \pm 9 \cdot 10^{-8} \text{C}$.

E. BÀI TẬP TỰ LUYỆN

Bài 1. Hai điện tích điểm bằng nhau đặt trong chân không, cách nhau đoạn $R = 4\text{cm}$. Lực đẩy tĩnh điện giữa chúng là $F = 10^{-5}\text{N}$.

a) Tìm độ lớn mỗi điện tích.

b) Tìm khoảng cách R_1 giữa chúng để lực đẩy tĩnh điện là $F_1 = 2,5 \cdot 10^{-6}\text{N}$.

Bài 2. Ba điện tích điểm $q_1 = q_2 = q_3 = q = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ đặt trong chân không tại ba đỉnh tam giác đều cạnh $a = 16\text{cm}$. Xác định lực tác dụng lên điện tích q_3 .

Bài 3. Có 6 điện tích q bằng nhau đặt trong không khí tại 6 đỉnh lục giác đều cạnh a . Tìm lực tác dụng lên mỗi điện tích.

Bài 4. Hai quả cầu nhỏ tích điện có khối lượng và điện tích lần lượt là $m_1 = m$; $q_1 = +q$; $m_2 = 4m$; $q_2 = +2q$ được đặt cách nhau một đoạn a . Ban đầu quả cầu 2 đứng yên và quả cầu 1 chuyển động hướng thẳng về phía quả cầu 2 với vận tốc v_0 .

a) Tính khoảng cách cực tiểu giữa hai quả cầu. Xét trường hợp $a = \infty$.

b) Tính vận tốc của hai quả cầu khi chúng cách xa nhau vô cùng. Bỏ qua tác dụng của trọng trường.

Bài 5. Ba quả cầu nhỏ khối lượng lần lượt m , M và m mang điện tích giống nhau Q . Quả cầu giữa (khối lượng M) nối với các quả cầu kia bằng một sợi dây mảnh, cách điện có cùng chiều dài l . Hệ thống trên được đặt trên một mặt bàn nhẵn nằm ngang. Quả cầu M được truyền với vận tốc v_0 theo hướng vuông góc với sợi dây.

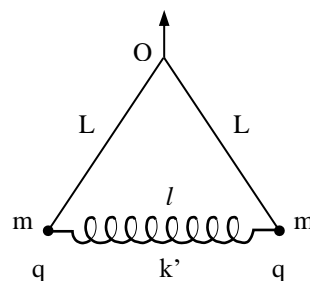
a) Tính khoảng cách ngắn nhất của các quả cầu trong quá trình chuyển động?

b) Tính vận tốc các quả cầu ở thời điểm cả ba quả cầu lại thẳng hàng.

(Trích Tạp chí Lượng tử - Nga)

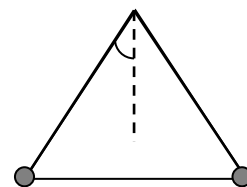
Bài 6. Hai quả cầu nhỏ cùng khối lượng m , được tích điện giống nhau q . Chúng được nối với nhau bằng một lò xo nhẹ cách điện, chiều dài tự nhiên của lò xo là l_0 , độ cứng k' . Một sợi chỉ, cách điện, mảnh, nhẹ không dẫn, có chiều dài $2L$, mỗi đầu dây chỉ được gắn với một quả cầu. Cho điểm giữa O của sợi dây chỉ chuyển động thẳng đứng hướng lên với gia tốc \vec{a} , có độ lớn bằng $\frac{g}{2}$ (g gia tốc rơi tự do).

Lò xo có chiều dài l ($2L > l > l_0$) như hình vẽ. Xác định giá trị của q .



Bài 7. Ba quả cầu nhỏ tích điện như nhau, mỗi quả có khối lượng m và điện tích q , được nối với nhau bằng các đoạn dây không dẫn chiều dài l . Ban đầu chúng nằm cân bằng trên mặt bàn nhẵn nằm ngang và tạo thành một tam giác đều. Sau đó người cắt một trong các đoạn dây nối. Hãy xác định vận tốc của mỗi quả cầu tại thời điểm chúng nằm trên cùng một đường thẳng. Xem bán kính của các quả cầu là nhỏ so với chiều dài đoạn dây nối chúng.

Bài 8. Hai quả cầu nhỏ tích điện giống nhau được nối với nhau bằng một dây nhẹ cách điện, không dẫn, dài $l = 5\text{cm}$. Treo hai quả cầu vào điểm O bằng hai dây nhẹ, cách điện, cùng chiều dài l . Khi hệ cân bằng, dây nối hai quả cầu bị đứt và chúng bắt đầu chuyển động với gia tốc $a = 40(\text{m/s}^2)$. Lấy $g = 10(\text{m/s}^2)$. Tính vận tốc của các quả cầu khi chúng ở trên cùng một mức ngang với điểm treo O .



F. GIẢI BÀI TẬP TỰ LUYỆN

Bài 1:

a) Độ lớn mỗi điện tích

- Vì:

+ Hai điện tích đẩy nhau nên q_1 và q_2 cùng dấu.

+ Hai điện tích bằng nhau nên: $q_1 = q_2$.

- Theo định luật Cu-lông: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2} = k \frac{q^2}{R^2}$

$$\Rightarrow |q| = R \sqrt{\frac{F}{k}} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{10^{-5}}{9 \cdot 10^9}} \approx 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

Vậy: Độ lớn của mỗi điện tích là $|q_1| = |q_2| = |q| \approx 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$

b) Khoảng cách R_1 giữa chúng để lực đẩy tĩnh điện là $F_1 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ N}$

- Với khoảng cách R : $F = k \frac{q^2}{R^2}$ (1)

- Với khoảng cách R_1 : $F' = k \frac{q^2}{R_1^2}$ (2)

$$\Rightarrow \text{Suy ra: } R_1 = R \cdot \sqrt{\frac{F}{F_1}} = 4 \cdot \sqrt{\frac{10^{-5}}{2,5 \cdot 10^{-6}}} = 8 \text{ cm.}$$

Vậy: Để lực đẩy tĩnh điện giữa hai điện tích là $F_1 = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ thì khoảng cách giữa chúng là $R_1 = 8 \text{ cm}$.

Bài 2:

Ta có: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$, với $F_{13} = k \frac{|q_1 q_3|}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2}$; $F_{23} = k \frac{|q_2 q_3|}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2}$

$$\Rightarrow F_{13} = F_{23} \text{ và } \alpha = (\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 60^\circ$$

$$\Rightarrow F_3 = 2F_{13} \cos \frac{\alpha}{2} = 2k \frac{q^2}{a^2} \cdot \cos 30^\circ$$

$$\Rightarrow F_3 = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(16 \cdot 10^{-2})^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 15,6 \cdot 10^{-27} \text{ N}$$

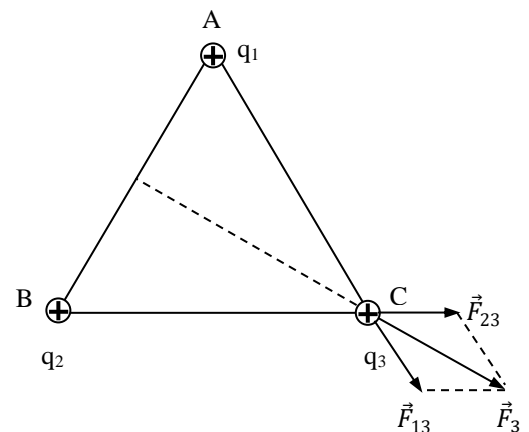
Vậy: Vector lực tác dụng lên q_3 có:

+ điểm đặt: tại C.

+ phương: vuông góc với AB.

+ chiều: ra xa AB.

+ độ lớn: $F_3 = 15,6 \cdot 10^{-27} \text{ N}$.



Bài 4:

Do tính đối xứng nên ta chỉ cần khảo sát một điện tích bất kì, chẳng hạn điện tích tại B trên hình vẽ.

Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 + \vec{F}_6$, với:

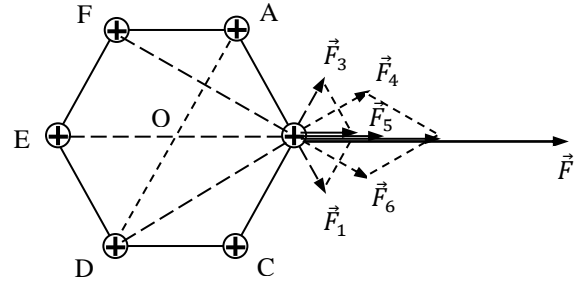
$$F_1 = F_3 = k \frac{q^2}{a^2}; \alpha = 120^\circ \Rightarrow F_{13} = F_1 = F_3 = k \frac{q^2}{a^2} \quad (1)$$

$$F_5 = k \frac{q^2}{c^2} = k \frac{q^2}{(2a)^2} = k \frac{q^2}{4a^2} \quad (c = 2a) \quad (2)$$

$$F_4 = F_6 = k \frac{q^2}{b^2} = k \frac{q^2}{3a^2}; b^2 = (2a)^2 - a^2 = 3a^2; \beta = 60^\circ$$

$$\Rightarrow F_{46} = 2F_4 \cos 30^\circ = 2k \frac{q^2}{3a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = k \frac{\sqrt{3}q^2}{3a^2} \quad (3)$$

$$\Rightarrow F = F_{13} + F_5 + F_{46} = k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{4a^2} + k \frac{\sqrt{3}q^2}{3a^2} = k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{(15+4\sqrt{3})}{12}$$



Vậy: Lực tác dụng lên mỗi điện tích có:

+ điểm đặt: tại các điện tích.

+ phương: đường thẳng nối điện tích và tâm lục giác.

+ chiều: từ tâm lục giác ra.

+ độ lớn: $F = k \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{(15+4\sqrt{3})}{12}$.

Bài 4:

a) Khoảng cách cực tiểu giữa hai quả cầu

- Vì có cùng điện tích nên quả cầu 2 đẩy quả cầu 1 chuyển động cùng chiều. Khi khoảng cách giữa hai quả cầu cực tiểu, chúng có cùng vận tốc \vec{u} cùng chiều với \vec{v}_0 .

- Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ hai quả cầu, ta được: $mv_0 = (4m + m)u \Rightarrow u = \frac{v_0}{5} \quad (1)$

- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng, ta được: $\frac{1}{2}mv_0^2 + k \frac{2q^2}{a} = \frac{1}{2}5mu^2 + k \frac{2q^2}{r_{\min}} \quad (2)$

- Từ (1) và (2): $r_{\min} = \frac{a}{1 + \frac{mv_0^2 a}{5kq^2}} \quad (3)$

- Xét trường hợp $a = \infty$, ta được: $r_{\min} = \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{mv_0^2}{5kq^2}} = \frac{5kq^2}{mv_0^2} \quad (4)$

Vậy: Khoảng cách cực tiểu giữa hai quả cầu là $r_{\min} = \frac{a}{1 + \frac{mv_0^2 a}{5kq^2}}$ và khi $a = \infty$ thì $r_{\min} = \frac{5kq^2}{mv_0^2}$.

b) Vận tốc của hai quả cầu khi chúng cách xa nhau vô cùng

- Áp dụng định luật bảo toàn động lượng, ta được: $mv_0 = mu_1 + 4mu_2 \Rightarrow u_1 = v_0 - 4u_2 \quad (5)$

- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng, ta được: $\frac{1}{2}mv_0^2 + k \frac{2q^2}{a} = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}4mu_2^2 \quad (6)$

- Từ (5) và (6): $5mu_2^2 - 2mv_0u_2 - \frac{kq^2}{a} = 0$.

$$\Rightarrow \Delta' = m^2v_0^2 + \frac{5mkq^2}{a} \quad (7)$$

- Thay (4) vào (7), ta được: $\Delta' = m^2v_0^2(1 + \frac{r_{\min}}{a})$.

$$\Rightarrow u_2 = \frac{v_0}{5} \pm \frac{v_0}{5} \sqrt{1 + \frac{r_{\min}}{a}} = \frac{v_0}{5} \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{r_{\min}}{a}} \right)$$

- Vì u_2 cùng dấu với v_0 nên: $u_2 = \frac{v_0}{5} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{r_{\min}}{a}} \right)$ (8)

- Thay (8) vào (5) ta được: $u_1 = \frac{v_0}{5} \left(1 - 4 \sqrt{1 + \frac{r_{\min}}{a}} \right)$ (9)

- Từ (9) ta thấy, u_1 trái dấu với v_0 (quả cầu 1 bị bật trở lại).

- Nếu $a = \infty$ thì $u_2 = \frac{2v_0}{5}$; $u_1 = -\frac{3v_0}{5}$.

Vậy: Vận tốc của hai quả cầu khi chúng cách xa nhau vô cùng là $u_2 = \frac{2v_0}{5}$; $u_1 = -\frac{3v_0}{5}$.

Bài 5:

a) Khoảng cách ngắn nhất của các quả cầu trong quá trình chuyển động

- Tại thời điểm các quả cầu nhỏ gần nhất thì vận tốc các quả cầu là bằng nhau. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng, ta có: $Mv_0 = (M + 2m)v \Rightarrow \frac{Mv_0}{M + 2m}$ (1)

- Vì khoảng cách giữa quả cầu M và các quả cầu m không đổi nên chỉ có thế năng tương tác của hệ hai quả cầu m là thay đổi

- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: $W_1 = W_2$.

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} Mv_0^2 + 2k \frac{Q^2}{l} + k \frac{Q^2}{2l} = \frac{1}{2} (M + 2m)v^2 + 2k \frac{Q^2}{l} + k \frac{Q^2}{x}$$

$$\Leftrightarrow k \frac{Q^2}{x} - k \frac{Q^2}{2l} = \frac{1}{2} Mv_0^2 - \frac{1}{2} (M + 2m)v^2$$
 (2)

- Thay v từ (1) vào (2) ta được: $x = \frac{1}{\frac{1}{2l} + \frac{Mmv_0^2}{kQ^2(M + 2m)}}$

Vậy: Khoảng cách ngắn nhất của các quả cầu trong quá trình chuyển động là $x = \frac{1}{\frac{1}{2l} + \frac{Mmv_0^2}{kQ^2(M + 2m)}}$.

b) Vận tốc các quả cầu M ở thời điểm cả ba quả cầu lại thẳng hàng

Tại các thời điểm ba quả cầu lại thẳng hàng, thế năng tương tác của hệ là như nhau.

- Theo định luật bảo toàn động lượng, ta có: $Mv_0 = mu_1 + 2mu_2$ (3)

- Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $\frac{1}{2} Mv_0^2 = \frac{1}{2} Mu_1^2 + 2 \frac{1}{2} mu_2^2$ (4)

- Từ (3): $u_2 = \frac{M(v_0 - u_1)}{2m}$

- Thay vào (4) ta được: $(M^2 + 2mM)u_1^2 - 2M^2v_0u_1 + M^2v_0^2 - 2mMu_1^2 = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} u_1 = v_0; u_2 = 0 \\ u_1 = v_0 \left(\frac{\frac{M}{2m} - 1}{\frac{M}{2m} + 1} \right); u_2 = v_0 \left(\frac{2}{1 + \frac{2m}{M}} \right) \end{cases}$$

Bài 6:

Vì hệ có tính đối xứng nên ta chỉ cần xét một quả cầu, chẳng hạn quả cầu bên phải (hình vẽ):

- Các lực tác dụng lên quả cầu: trọng lực \vec{P} ; lực điện \vec{F} ; lực đàn hồi \vec{F}_1 ; lực quán tính \vec{F}_q ; lực căng dây \vec{T} .

- Quả cầu nằm cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{F} + \vec{F}_1 + \vec{F}_q + \vec{T} = \vec{0}$ (1)

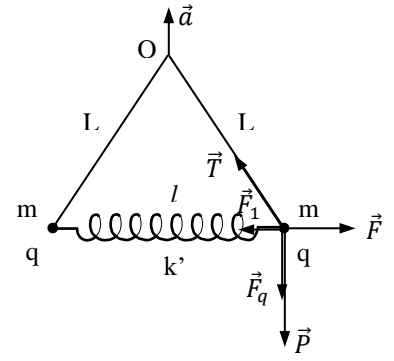
- Từ (1) suy ra: $F - F_1 = (P + F_q)\tan\alpha$ (2)

$$\Rightarrow k \frac{q^2}{l^2} - k'(l - l_0) = (mg + m\frac{g}{2}) \cdot \frac{l}{2\sqrt{L^2 - (\frac{l}{2})^2}}$$

$$\Rightarrow k \frac{q^2}{l^2} = \frac{3}{2}mg \cdot \frac{l}{\sqrt{4L^2 - l^2}} + k'(l - l_0)$$

$$\Rightarrow |q| = l \sqrt{\frac{1}{2k} \left(\frac{3mgl}{\sqrt{4L^2 - l^2}} + 2k'(l - l_0) \right)}$$

Vậy: Điện tích của mỗi quả cầu là $|q| = l \sqrt{\frac{1}{2k} \left(\frac{3mgl}{\sqrt{4L^2 - l^2}} + 2k'(l - l_0) \right)}$.



Bài 7:

- Ban đầu các quả cầu 1, 2, 3 nằm tại các đỉnh tam giác đều cạnh l , có khối tâm G (giao điểm ba đường cao).

Vì các quả cầu nằm yên nên năng lượng toàn phần của hệ chỉ là thế năng tĩnh điện:

$$W_0 = 3 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l} \text{ Và: } \vec{p}_0 = \vec{0}$$

- Trên mặt bàn nằm ngang hệ chỉ có nội lực tương tác giữa các quả cầu nên khối tâm G của hệ luôn đứng yên.

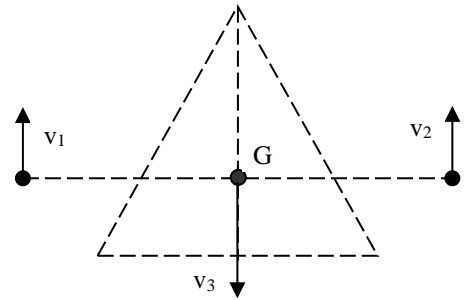
Giả sử sợi dây nối giữa quả cầu 1 và 2 bị đứt, do tương tác tĩnh điện ba quả cầu chuyển động. Khi ba quả cầu nằm trên cùng một đường thẳng, quả cầu 3 đóng vai trò khối tâm của hệ, khi đó quả cầu 3 ở vị trí G, có vận tốc \vec{v}_3 (hình vẽ). Do tính đối xứng nên vận tốc của các quả cầu còn lại

là \vec{v}_1 và \vec{v}_2 sẽ có độ lớn như nhau và cùng hướng. Áp dụng định luật bảo toàn động lượng cho hệ, ta được:

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 + m\vec{v}_3 = \vec{0}$$

$$\Leftrightarrow \vec{v}_3 = -(\vec{v}_1 + \vec{v}_2)$$

$$\text{Và } \vec{v}_1 = \vec{v}_2 = -\frac{\vec{v}_3}{2}$$



- Năng lượng của hệ khi đó là: $W = W_d + W_t$.

$$\Leftrightarrow W = \left(\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + \frac{mv_3^2}{2} \right) + \left(\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l} + \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 l} \right)$$

$$\Leftrightarrow W = 3mv_1^2 + \frac{5q^2}{8\pi\epsilon_0 l}$$

- Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $W_0 = W$.

$$\Leftrightarrow \frac{3q^2}{4\pi\epsilon_0 l} = 3mv_1^2 + \frac{5q^2}{8\pi\epsilon_0 l}$$

$$\Rightarrow v_1 = v_2 = \frac{q}{2\sqrt{6\pi\epsilon_0 ml}}; v_3 = \frac{q}{\sqrt{6\pi\epsilon_0 ml}}$$

Vậy: Vận tốc của mỗi quả cầu tại thời điểm chúng nằm trên cùng một đường thẳng là $v_1 = v_2 = \frac{q}{2\sqrt{6\pi\epsilon_0 ml}}; v_3 =$

$$\frac{q}{\sqrt{6\pi\epsilon_0 ml}}.$$

Bài 8:

- Xét chuyển động của một trong hai quả cầu ngay lúc đứt dây: $v_0 = 0$. Ta có:

+ Gia tốc hướng tâm: $a_{ht} = \frac{v_0^2}{l} = 0$.

+ Gia tốc toàn phần: $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_{ht} = \vec{a}_{ht} \Rightarrow \vec{a}_{ht} \perp \vec{T}$

- Theo định luật II Niu-ton, ta có: $\vec{F} + \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$

- Chiếu hệ thức trên lên phương tiếp tuyến, ta được:

$$F = \frac{2}{\sqrt{3}} m \left(a + \frac{g}{2} \right)$$

- Mặt khác, ngay lúc dây đứt: $F = k \frac{q^2}{\ell^2}$.

$$\Rightarrow q^2 = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{m \ell^2}{k} \left(a + \frac{g}{2} \right) \quad (1)$$

- Chọn gốc thế năng trọng trường tại vị trí ban đầu của hai quả cầu. Ta có:

+ Năng lượng của hệ ngay lúc đứt: $W_0 = k \frac{q^2}{\ell}$.

+ Năng lượng của hệ hai quả cầu lúc ở độ cao ngang điểm treo: $W = 2 \frac{mv^2}{2} + \frac{kq^2}{2\ell} + 2mgh$; $h = \frac{\ell\sqrt{3}}{2}$

$$\Rightarrow W = mv^2 + \frac{kq^2}{2\ell} + mg\ell\sqrt{3}$$

- Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W = W_0$.

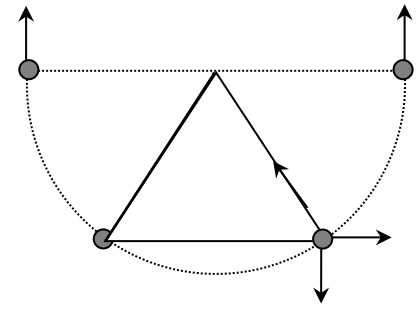
$$\Leftrightarrow \frac{kq^2}{2\ell} = mv^2 - mg\ell\sqrt{3}$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{kq^2}{2m\ell} - g\ell\sqrt{3} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) ta được: $v^2 = \frac{\ell}{\sqrt{3}} \left(a + \frac{g}{2} \right) - g\ell\sqrt{3} = \sqrt{3}\ell \left(\frac{2a-5g}{6} \right)$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\sqrt{3}\ell \left(\frac{2a-5g}{6} \right)} = \sqrt{\sqrt{3} \cdot 0,05 \left(\frac{2 \cdot 40 - 5 \cdot 10}{6} \right)} = 0,66 \text{ m/s}.$$

Vậy: Vận tốc của các quả cầu khi chúng ở trên cùng một mức ngang với điểm treo O là $v = 0,66 \text{ (m/s)}$.



Chuyên đề 2: ĐIỆN TRƯỜNG

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. ĐIỆN TRƯỜNG

① **Điện trường:** Điện trường sinh ra bởi điện tích Q là vùng không gian tồn tại xung quanh điện tích Q và tác dụng lực điện lên điện tích khác đặt trong nó.

② **Cường độ điện trường:** Cường độ điện trường do điện tích điểm Q gây ra tại điểm M cách Q một đoạn r có:

+ Điểm đặt: Tại M.

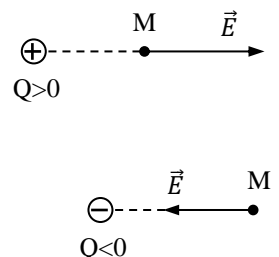
+ Phương: Đường thẳng nối Q và M.

+ Chiều: Hướng ra xa Q nếu $Q > 0$; hướng về Q nếu $Q < 0$.

+ Độ lớn: $E = k \cdot \frac{|Q|}{\epsilon \cdot r^2}$

(2.1)

($k = 9 \cdot 10^9 \text{ (Nm}^2/\text{C}^2)$; ϵ : hằng số điện môi).



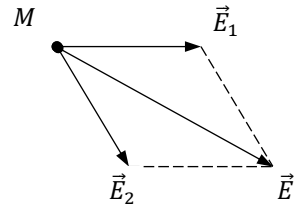
③ **Mối quan hệ giữa cường độ điện trường lực điện trường:** Khi đặt điện tích thử q trong điện trường \vec{E} thì q sẽ chịu tác dụng của lực điện trường \vec{F} , với:

+ Chiều: $q > 0$: \vec{F} , \vec{E} cùng chiều; $q < 0$: \vec{F} , \vec{E} ngược chiều.

+ Độ lớn: $F = |q|E$ (2.2)

④ **Nguyên lý chồng chất điện trường:** Nếu trong không gian có nhiều điện tích điểm Q_1, Q_2, \dots thì điện trường tổng hợp do các điện tích này gây ra tại điểm M cách Q_1, Q_2, \dots lần lượt là r_1, r_2, \dots là:

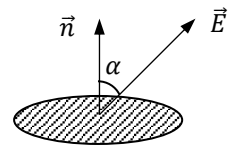
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots \quad (2.3)$$



II. ĐỊNH LÍ OSTROGRADSKI - GAUSS

① **Điện thông:** Điện thông (thông lượng điện trường) qua diện tích S là đại lượng xác định bởi: $\Phi = ES \cdot \cos \alpha$ (2.4)

(α là góc hợp bởi vector \vec{E} và pháp tuyến \vec{n} của diện tích S)

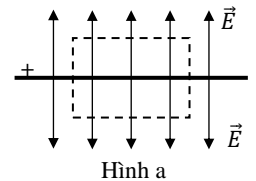


② **Định lý Ostrogradski – Gauss:** Điện thông qua mặt kín có giá trị bằng tổng đại số các điện tích có mặt bên trong mặt đó chia cho ϵ_0 : $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i = 4\pi k \sum q_i$ (2.5)

③ **Một số áp dụng định lý Ostrogradski – Gauss:**

- Cường độ điện trường gây ra bởi một mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều (hình a):

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}, \quad \sigma = \frac{q}{S} \text{ là mật độ điện tích mặt}$$

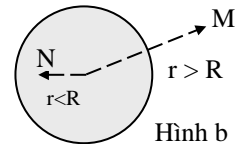


Hình a

- Cường độ điện trường gây ra bởi một quả cầu bán kính R tích điện đều (hình b):

$$+ \text{ Bên trong quả cầu } (r < R): E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qr}{R^3}.$$

$$+ \text{ Bên ngoài quả cầu } (r > R): E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}.$$

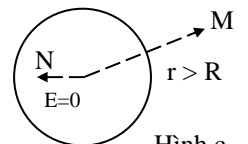


Hình b

- Cường độ điện trường gây ra bởi một mặt cầu bán kính R tích điện đều (hình c):

$$+ \text{ Bên trong quả cầu } (r < R): E = 0.$$

$$+ \text{ Bên ngoài quả cầu } (r > R): E = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad \sigma = \frac{q}{4\pi R^2} \text{ là mật độ điện tích mặt.}$$

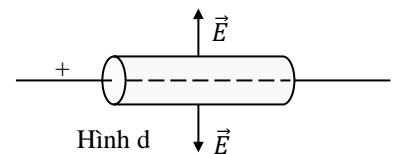


Hình c

- Cường độ điện trường gây bởi một dây thẳng dài vô hạn tích điện đều

$$(\text{hình d}): E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}, \quad \lambda = \frac{q}{l} \text{ là mật độ điện tích dài.}$$

$$(\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ (C}^2/\text{N.m}^2\text{)}: \text{ hằng số điện)}$$



Hình d

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

☑ VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Cần phân biệt giữa yêu cầu “tính” và “xác định” cường độ điện trường: tính (tính độ lớn), xác định (cả điểm đặt, phương, chiều và độ lớn).

- Khi biểu diễn vector cường độ điện trường do một điện tích điểm gây ra cần chú ý đến dấu của điện tích: $Q > 0$ (\vec{E} hướng xa Q), $Q < 0$ (\vec{E} hướng về Q). Công thức tính cường độ điện trường do điện tích điểm gây ra

cũng được dùng để tính cường độ điện trường do một quả cầu tích điện phân bố đều gây ra với r là khoảng cách từ tâm quả cầu đến điểm ta xét.

- Trường hợp có nhiều điện tích điểm Q_1, Q_2, \dots gây ra tại điểm M các cường độ điện trường $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots$. thì ta dùng nguyên lý chồng chất điện trường để xác định cường độ điện trường tổng hợp tại M. Để tính độ lớn cường độ điện trường tổng hợp tại M cần chú ý các trường hợp đặc biệt sau:

+ Nếu \vec{E}_1, \vec{E}_2 cùng chiều thì $E = E_1 + E_2$.

+ Nếu \vec{E}_1, \vec{E}_2 ngược chiều thì $E = |E_1 - E_2|$.

+ Nếu \vec{E}_1, \vec{E}_2 vuông góc thì $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$.

+ Nếu $(\vec{E}_1, \vec{E}_2) = \alpha$ và $E_1 = E_2$ thì $E = 2E_1 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$.

- Trường hợp điện tích nằm cân bằng trong điện trường thì từ điều kiện cân bằng về lực: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$; ta có thể dựa vào phương pháp “tam giác lực”, phương pháp hình chiếu như đã dùng ở **Chuyên đề 1: Điện tích. Định luật Cu-lông** để xác định các đại lượng cần tìm theo các đại lượng đã cho.

- Đối với những vật có kích thước (có hình dạng đặc biệt), để tính cường độ điện trường do vật đó gây ra ta có thể dùng một trong hai cách sau:

❶ **Cách 1:** Phương pháp vi phân:

- Chia vật thành nhiều vật rất nhỏ, mỗi vật nhỏ đó được coi như một điện tích điểm.
- Cường độ điện trường do vật gây ra là tổng hợp của cường độ điện trường do nhiều vật rất nhỏ (điện tích điểm) gây ra: $\vec{E} = \Sigma \Delta \vec{E}_i$

- Từ tính đối xứng của vật ta xác định được hướng và độ lớn của \vec{E} .

❷ **Cách 2:** Phương pháp dùng định lí O-G:

- Tính điện thông: $\Phi = ES \cdot \cos \alpha$ (α là góc hợp bởi hướng của \vec{E} và hướng pháp tuyến \vec{n} của S).
- Dùng định lí O-G: $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma q_i = 4\pi k \Sigma q_i$.

☑ VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶ Với dạng bài tập về **cường độ điện trường gây bởi một điện tích điểm**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng công thức:

+ Cường độ điện trường do điện tích điểm Q gây ra tại M: $E = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|Q|}{r^2}$ (r là khoảng cách từ điện tích điểm Q đến điểm ta xét)

+ Lực điện trường tác dụng lên điện tích q: $F = |q|E$.

- Một số chú ý:

+ Phân biệt giữa “xác định” và “tính” như mục **Về kiến thức và kỹ năng** ở trên.

+ Công thức $E = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{|Q|}{r^2}$ có thể áp dụng cho hình cầu tích điện phân bố đều như đã nói ở mục **Về kiến thức**

và kỹ năng ở trên.

+ Về điểm đặt, phương và chiều của \vec{E} do điện tích Q gây ra tại điểm M : điểm đặt tại M , phương là đường thẳng nối Q và M , chiều hướng ra xa Q nếu $Q > 0$ và hướng về Q nếu $Q < 0$.

+ Về điểm đặt, phương và chiều của \vec{F} do điện trường \vec{E} tác dụng lên điện tích q đặt tại điểm N : điểm đặt tại N , cùng phương với \vec{E} , cùng chiều với \vec{E} nếu $q > 0$ và ngược chiều với \vec{E} nếu $q < 0$.

❷ Với dạng bài tập về **cường độ điện trường gây bởi nhiều điện tích điểm**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Công thức tính cường độ điện trường do một điện tích điểm gây ra.

+ Nguyên lý chồng chất điện trường: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$

- Một số chú ý: Tương tự như cách xác định hợp lực ở **Chuyên đề 1: Điện tích. Định luật Cu-lông**, bằng một trong các phương pháp (dùng định lý hàm số cosin hoặc phương pháp hình chiếu) ta có thể tính được độ lớn cường độ điện trường tổng hợp E do nhiều điện tích điểm gây ra.

❸ Với dạng bài tập về **điện tích cân bằng trong điện trường**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng điều kiện cân bằng của điện tích: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$.

- Một số chú ý:

+ Các loại lực thường gặp như lực điện: $F = |q|E$; trọng lực: $P = mg$; lực căng dây; lực đẩy Ac-si-met: $F_A = DVg \dots$

+ Từ điều kiện cân bằng ta có thể dùng *phương pháp hình chiếu* ($F_x = 0$; $F_y = 0$) hoặc *phương pháp tam giác lực* để xác định điều kiện hoặc các đại lượng liên quan.

❹ Với dạng bài tập về **cường độ điện trường do vật dẫn tích điện có kích thước tạo ra**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng định lý Ostrogradski - Gauss: $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i = 4\pi k \sum q_i$.

- Một số chú ý:

+ Chọn mặt Gauss thích hợp.

+ Sử dụng công thức định lý Ostrogradski – Gauss cho từng trường hợp đặc biệt đã biết: *mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều; hình cầu tích điện đều; mặt cầu tích điện đều; dây dẫn thẳng dài vô hạn tích điện đều,...*

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG DO MỘT ĐIỆN TÍCH ĐIỂM GÂY RA

Bài 1. Một quả cầu nhỏ mang điện tích $q = 10^{-5}C$ đặt trong không khí.

a) Tính độ lớn cường độ điện trường tại điểm M cách quả cầu một đoạn $R_1 = 10cm$.

b) Nhúng cả hệ trong môi trường có hằng số điện môi $\epsilon = 9$. Tính khoảng cách MN trên đường qua tâm O của quả cầu để cường độ điện trường tại điểm N trong môi trường trên cũng có độ lớn bằng cường độ điện trường tại điểm M khi đặt trong không khí.

Bài 2. Prôtôn được đặt vào điện trường đều $E = 1,7.10^6(V/m)$.

a) Tính gia tốc của prôtôn, biết $m_p = 1,7.10^{-27}kg$.

b) Tính vận tốc prôtôn sau khi đi được đoạn đường $20cm$ (vận tốc đầu bằng 0).

Bài 3. Electron đang chuyển động với vận tốc $v_0 = 4.10^6$ (m/s) thì đi vào một điện trường đều, cường độ điện trường $E = 910$ (V/m), \vec{v}_0 cùng chiều đường sức điện trường. Tính gia tốc và quãng đường electron chuyển động chậm dần đều cùng chiều đường sức. Mô tả chuyển động của electron sau đó.

2. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG DO NHIỀU ĐIỆN TÍCH ĐIỂM GÂY RA

Bài 4. Cho hai điện tích $q_1 = 4.10^{-10}$ C, $q_2 = -4.10^{-10}$ C đặt ở A, B trong không khí, $AB = a = 2$ cm. Xác định vector cường độ điện trường \vec{E} tại:

- a) H, trung điểm AB.
- b) M cách A 1cm, cách B 3cm.
- c) N hợp với A, B thành tam giác đều.

Bài 5. Cho hai điện tích $q_1 = q_2 = 4.10^{-10}$ C đặt ở A, B trong không khí, $AB = a = 2$ cm. Xác định vector cường độ điện trường \vec{E} tại:

- a) H, trung điểm AB.
- b) M cách A 1cm, cách B 3cm.
- c) N hợp với A, B thành tam giác đều.

Bài 6. Hai điện tích $q_1 = 8.10^{-8}$ C, $q_2 = -8.10^{-8}$ C đặt tại A, B trong không khí, $AB = 4$ cm. Tìm vector cường độ điện trường tại C trên trung trực AB, cách AB một đoạn 2cm, suy ra lực tác dụng lên $q = 2.10^{-9}$ C đặt ở C.

Bài 7. Hai điện tích $q_1 = -10^{-8}$ C, $q_2 = 10^{-8}$ C đặt tại A, B trong không khí, $AB = 6$ cm. Xác định vector \vec{E} tại M trên trung trực AB, cách AB = 4cm.

Bài 8. Tại 3 đỉnh tam giác ABC vuông tại A cạnh $a = 50$ cm, $b = 40$ cm, $c = 30$ cm. Ta đặt các điện tích $q_1 = q_2 = q_3 = 10^{-9}$ C. Xác định E tại H, H là chân đường cao kẻ từ A.

Bài 9. Cho bốn điện tích cùng độ lớn q đặt tại bốn đỉnh hình vuông cạnh a. Tìm E tại tâm O hình vuông trong trường hợp bốn điện tích lần lượt có dấu sau:

- a) + + + +.
- b) + - - -.
- c) + - - +.

Bài 10. Tại ba đỉnh A, B, C của hình vuông ABCD cạnh a đặt 3 điện tích q giống nhau ($q > 0$). Tính E tại:

- a) Tâm O hình vuông.
- b) Đỉnh D.

Bài 11. Tại ba đỉnh ABC của tứ diện đều SABC cạnh a trong chân không có ba điện tích điểm q giống nhau ($q < 0$). Tính độ lớn cường độ điện trường tại đỉnh S của tứ diện. Xác định hướng của cường độ điện trường này.

Bài 12. Hình lập phương ABCDA'B'C'D' cạnh a trong chân không. Hai điện tích $q_1 = q_2 = q > 0$ đặt ở A, C; hai điện tích $q_3 = q_4 = -q$ đặt ở B', D'. Tính độ lớn cường độ điện trường tại tâm O hình lập phương.

Bài 13. Cho hai điện tích điểm q_1 và q_2 đặt ở A, B trong không khí, $AB = 100$ cm. Tìm điểm C tại đó cường độ điện trường tổng hợp bằng 0 với:

- a) $q_1 = 36.10^{-6}$ C; $q_2 = 4.10^{-6}$ C.

b) $q_1 = -36.10^{-6}\text{C}$; $q_2 = 4.10^{-6}\text{C}$.

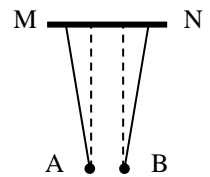
Bài 14. Cho hai điện tích q_1, q_2 đặt tại A và B, $AB = 2\text{cm}$. Biết $q_1 + q_2 = 7.10^{-8}\text{C}$ và điểm C cách q_1 6cm, cách q_2 8cm có cường độ điện trường $E = 0$. Tìm q_1, q_2 .

Bài 15. Cho hình vuông ABCD, tại A và C đặt các điện tích $q_1 = q_3 = q$. Hỏi phải đặt ở B điện tích bao nhiêu để cường độ điện trường ở D bằng 0?

3. ĐIỆN TÍCH CÂN BẰNG TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

Bài 16. Một hòn bi nhỏ bằng kim loại được đặt trong dầu. Bi có thể tích $V = 10\text{mm}^3$, khối lượng $m = 9.10^{-5}\text{kg}$. Dầu có khối lượng riêng $D = 800(\text{kg/m}^3)$. Tất cả được đặt trong một điện trường đều, \vec{E} hướng thẳng đứng từ trên xuống, $E = 4,1.10^5(\text{V/m})$. Tìm điện tích của bi để nó cân bằng lơ lửng trong dầu. Cho $g = 10(\text{m/s}^2)$.

Bài 17. Hai quả cầu nhỏ A và B mang những điện tích lần lượt -2.10^{-9}C và 2.10^{-9}C được treo ở đầu hai sợi dây tơ cách điện dài bằng nhau. Hai điểm treo dây M và N cách nhau 2cm; khi cân bằng, vị trí các dây treo có dạng như hình vẽ. Hỏi để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng người ta phải dùng một điện trường đều có hướng nào và độ lớn bao nhiêu?



4. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG DO VẬT DẪN MANG ĐIỆN CÓ KÍCH THƯỚC TẠO RA

Bài 18. Quả cầu bằng kim loại, bán kính $R = 5\text{cm}$ được tích điện dương q , phân bố đều. Ta đặt $\sigma = \frac{q}{S}$ là mật độ điện mặt (S : diện tích mặt cầu). Cho $\sigma = 8,84.10^{-5}(\text{C/m}^2)$. Hãy tính độ lớn của cường độ điện trường tại điểm cách bề mặt quả cầu đoạn 5cm.

Bài 19. Cho điện tích điểm dương $q = 1\text{nC}$.

a) Đặt điện tích q tại tâm hình lập phương cạnh $a = 10\text{cm}$. Tính điện thông qua từng mặt của hình lập phương đó. Nếu bên ngoài hình lập phương còn có các điện tích khác thì điện thông qua từng mặt hình lập phương và qua toàn bộ hình lập phương có thay đổi không?

b) Đặt điện tích q tại một đỉnh của hình lập phương nói trên. Tính điện thông qua từng mặt của hình lập phương.

(Trích Đề thi chọn học sinh giỏi Quốc gia, 1999-2000)

Bài 20. Đặt điện tích q tại tâm O của một vỏ kim loại hình cầu cô lập và trung hòa điện.

a) Xác định cường độ điện trường tại các điểm trong phần rỗng và bên ngoài vỏ cầu. Chứng tỏ rằng cường độ điện trường \vec{E} có các giá trị phù hợp tương ứng tại các điểm ở gần mặt trong và mặt ngoài của vỏ cầu. Cho biết cường độ điện trường ở gần mặt một vật dẫn tích điện có phương vuông góc với mặt vật dẫn và có độ lớn $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$, với σ là mật độ điện tích mặt tại vị trí khảo sát trên vật dẫn.

b) Một điện tích q_1 đặt bên ngoài vỏ quả cầu chịu tác dụng một lực F_1 do sự có mặt của điện tích q bên trong vỏ cầu. Khi đó điện tích q có chịu tác dụng lực điện do sự có mặt của q_1 hay không? Hãy bình luận kết quả thu được.

c) Lực \vec{F}_1 có cường độ lớn hay nhỏ hơn so với khi không có mặt vỏ cầu?

d) Bây giờ thay đổi điện tích q_1 bằng điện tích $q_2 = 2q_1$ (vẫn giữ nguyên vị trí đối với vỏ quả cầu). Khi đó lực tác dụng lên q_2 có bằng $2F_1$ không? Kết quả thu được có gì mâu thuẫn với khái niệm điện trường, với nguyên lý chồng chất hay không?

(Trích Đề thi chọn học sinh giỏi Quốc gia, năm học 1999-2000)

Bài 21. Tính cường độ điện trường gây bởi 2 mặt phẳng rộng vô hạn:

- Đặt song song, mật độ điện mặt $\sigma > 0$ và $-\sigma$.
- Hợp với nhau góc α và có cùng mật độ điện mặt $\sigma > 0$.

Bài 22. Một bản phẳng rộng vô hạn được tích điện và đặt vào một điện trường đều. Biết cường độ điện trường tổng hợp ở bên trái và bên phải của bản là \vec{E}_1, \vec{E}_2 hướng vuông góc với bản, độ lớn E_1 và E_2 . Hãy tính mật độ điện mặt σ của bản và lực điện tác dụng lên một đơn vị diện tích của bản.

Bài 23. Tính cường độ điện trường gây bởi một dây thẳng dài vô hạn tích điện đều (mật độ điện dài λ) tại điểm cách dây đoạn r .

Bài 24. Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt song song trong không khí cách nhau đoạn a , tích điện cùng dấu với mật độ điện dài λ .

- Xác định \vec{E} tại một điểm trong mặt phẳng đối xứng giữa hai dây, cách mặt phẳng chứa hai dây đoạn h .
- Tính h để E cực đại và tính giá trị cực đại này.

Bài 25. Quả cầu bán kính R tích điện đều với mật độ điện khối ρ và đặt trong không khí. Tính cường độ điện trường tại điểm cách tâm quả cầu đoạn r (trong và ngoài quả cầu).

Bài 26. Bên trong một quả cầu mang điện với mật độ điện khối ρ có một lỗ hổng hình cầu. Xác định điện trường tại một điểm bất kì của lỗ hổng trong trường hợp:

- Lỗ hổng có cùng tâm với quả cầu.
- Tâm O_1 của quả cầu cách tâm O_2 của lỗ hổng một khoảng d .

Bài 27. Một vỏ cầu bán kính trong R_1 , bán kính ngoài R_2 mang điện tích Q phân bố đều theo thể tích. Tính cường độ điện trường tại nơi cách tâm quả cầu đoạn r .

D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1:

a) Cường độ điện trường tại điểm M

$$\text{Ta có: } E_M = \frac{kq}{OM^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-5}}{(10^{-1})^2} = 9 \cdot 10^6 \text{ (V/m)}.$$

Vậy: Cường độ điện trường tại điểm M cách O một đoạn $R = 10\text{cm}$ là $E_M = 9 \cdot 10^6 \text{ (V/m)}$.

b) Khoảng cách MN

$$\text{Ta có: } E_N = \frac{kq}{\varepsilon \cdot ON^2}.$$

$$\text{Để } E_N = E_M \Leftrightarrow \frac{kq}{OM^2} = \frac{kq}{\varepsilon \cdot ON^2}.$$

$$\Rightarrow ON = \frac{OM}{\sqrt{\varepsilon}} = \frac{10}{\sqrt{9}} = 3,33\text{cm}$$

$$\Rightarrow MN = OM - ON = 10 - 3,33 = 6,67\text{cm}$$

Vậy: Đề cương độ điện trường tại điểm N trong môi trường trên cũng có độ lớn bằng cường độ điện trường tại điểm M khi đặt trong không khí thì $MN = 6,67\text{cm}$.

Bài 2:

a) Gia tốc của prôtôn: Bỏ qua trọng lực tác dụng vào prôtôn, gia tốc của prôtôn là:

$$a = \frac{F}{m_p} = \frac{|q|E}{m_p} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,7 \cdot 10^6}{1,7 \cdot 10^{-27}} = 1,6 \cdot 10^{14} (\text{m/s}^2)$$

Vậy: Gia tốc của prôtôn trong điện trường là $a = 1,6 \cdot 10^{14} (\text{m/s}^2)$.

b) Vận tốc prôtôn sau khi đi được đoạn đường 20cm

$$\text{Ta có: } v^2 - v_0^2 = 2as \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + 2as} = \sqrt{0^2 + 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{14} \cdot 0,2} = 8 \cdot 10^6 (\text{m/s}).$$

Vậy: Vận tốc prôtôn sau khi đi được đoạn đường 20cm là $v = 8 \cdot 10^6 (\text{m/s})$.

Bài 3:

- Vì electron mang điện tích âm nên lực điện trường \vec{F} tác dụng lên electron sẽ ngược chiều với chiều điện trường \vec{E} nghĩa là ngược chiều với chiều chuyển động của electron nên electron sẽ chuyển động chậm dần đều, cùng chiều với chiều đường sức điện trường với gia tốc:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{-eE}{m} = \frac{(-1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot 910}{9,1 \cdot 10^{-31}} = -1,6 \cdot 10^{14} (\text{m/s}^2) \text{ và quãng đường: } s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - (4 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{14})} = 0,05\text{m} = 5\text{cm}$$

- Sau khi dừng lại, dưới tác dụng của lực điện trường, electron sẽ thu gia tốc a' ($a' = -a = 1,6 \cdot 10^{14} (\text{m/s}^2)$) và chuyển động nhanh dần đều theo chiều ngược lại (ngược chiều với điện trường).

Bài 4:

a) Vector cường độ điện trường tại trung điểm H của AB

$$\text{Ta có: } \vec{E}_H = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

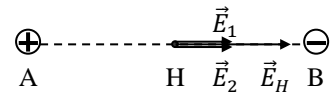
Vì \vec{E}_1 cùng chiều với \vec{E}_2 nên $E_H = E_1 + E_2$.

$$\text{với } E_1 = k \frac{|q_1|}{AH^2}; E_2 = k \frac{|q_2|}{BH^2}; AH = BH = \frac{AB}{2} = \frac{a}{2} = \frac{2}{2} = 1\text{cm} = 10^{-2}\text{m}$$

$$\Rightarrow E_H = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 72 \cdot 10^3 \text{ V/m}$$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại H có:

- + Điểm đặt: tại H.
- + Phương: đường thẳng AB.
- + Chiều: từ A đến B (cùng chiều với \vec{E}_1 và \vec{E}_2).
- + Độ lớn: $E_H = 72 \cdot 10^3 (\text{V/m})$.



b) Vector cường độ điện trường tại điểm M

$$\text{Ta có: } \vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

- Vì $AM = AB + BM \Rightarrow M$ nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.

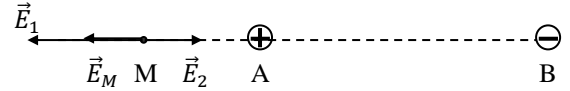
- Vì \vec{E}_1 ngược chiều với \vec{E}_2 nên $E_M = |E_1 - E_2|$

$$\text{Với } E_1 = k \frac{|q_1|}{AM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 36 \cdot 10^3 (\text{V/m}) \text{ và } E_2 = k \frac{|q_2|}{BM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 4 \cdot 10^3 (\text{V/m}).$$

$$\Rightarrow E_M = |36 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^3| = 32 \cdot 10^3 (\text{V/m}).$$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại M có:

- + Điểm đặt: tại M.
- + Phương: đường thẳng AB.
- + Chiều: hướng ra xa A (cùng chiều với \vec{E}_1 do $E_1 > E_2$).
- + Độ lớn: $E_M = 32 \cdot 10^3 (\text{V/m})$.



c) Vector cường độ điện trường tại điểm N

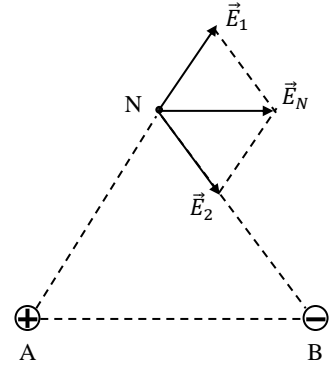
$$\text{Ta có: } \vec{E}_N = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$\text{Vì } |q_1| = |q_2|; NA = NB = a; \alpha = 120^\circ \Rightarrow E_N = E_1 = E_2 = k \frac{|q_1|}{a^2}$$

$$\Rightarrow E_N = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(2 \cdot 10^{-2})^2} = 9 \cdot 10^3 (\text{V/m})$$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại N có:

- + Điểm đặt: tại N.
- + Phương: đường thẳng AB.
- + Chiều: từ A đến B.
- + Độ lớn: $E_N = 9 \cdot 10^3 (\text{V/m})$.



Bài 5:

a) Vector cường độ điện trường tại trung điểm H của AB

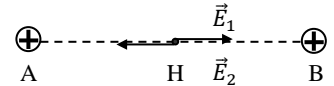
$$\text{Ta có: } \vec{E}_H = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$\text{Vì } \vec{E}_1 \text{ ngược chiều với } \vec{E}_2 \text{ nên } E_H = |E_1 - E_2|.$$

$$\text{với } E_1 = k \frac{|q_1|}{AH^2}; E_2 = k \frac{|q_2|}{BH^2}; AH = BH = \frac{AB}{2} = \frac{a}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$\Rightarrow E_H = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} - 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 0$$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại H có độ lớn bằng 0.



b) Vector cường độ điện trường tại điểm M

$$\text{Ta có: } \vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

- Vì $AM = AB + BM \Rightarrow M$ nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.

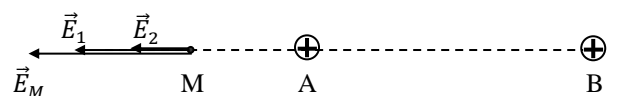
- Vì \vec{E}_1 cùng chiều với \vec{E}_2 nên $E_M = E_1 + E_2$.

$$\text{với } E_1 = k \frac{|q_1|}{AM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 36 \cdot 10^3 (\text{V/m}) \text{ và } E_2 = k \frac{|q_2|}{BM^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 4 \cdot 10^3 (\text{V/m}).$$

$$\Rightarrow E_M = 36 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3 = 40 \cdot 10^3 (\text{V/m}).$$

Vậy: Vector cường độ điện trường tại M có:

- + Điểm đặt: tại M.
- + Phương: đường thẳng AB.
- + Chiều: hướng ra xa A.
- + Độ lớn: $E_M = 40 \cdot 10^3 (\text{V/m})$.



c) Vector cường độ điện trường tại điểm N

Ta có: $\vec{E}_N = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $|q_1| = |q_2|$; $NA = NB = a$; $\alpha = 60^\circ$

$\Rightarrow E_N = 2E_1 \cos 30^\circ = 2k \frac{|q_1|}{a^2} \cos 30^\circ$

$\Rightarrow E_N = 2.9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-10}}{(2 \cdot 10^{-2})^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 15,6 \cdot 10^3 (\text{V/m})$

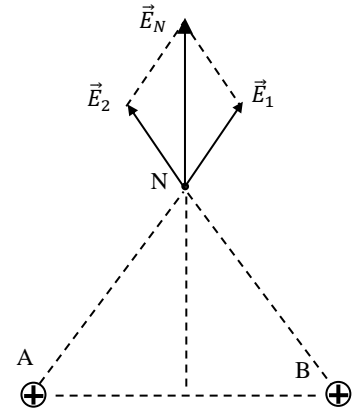
Vậy: Vector cường độ điện trường tại N có:

+ Điểm đặt: tại N.

+ Phương: vuông góc với AB.

+ Chiều: hướng ra xa AB.

+ Độ lớn: $E_N \approx 15,6 \cdot 10^3 (\text{V/m})$.



Bài 6:

- Vector cường độ điện trường tại điểm C

Ta có: $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $|q_1| = |q_2|$; $CA = CB = \sqrt{CH^2 + AH^2}$; $\cos \frac{\alpha}{2} = \cos A = \frac{AH}{CA} = \frac{AH}{\sqrt{CH^2 + AH^2}}$

$\Rightarrow E_C = 2E_1 \cos \frac{\alpha}{2} = 2k \frac{|q_1|}{(CH^2 + AH^2)} \cdot \frac{AH}{\sqrt{CH^2 + AH^2}}$

$\Rightarrow E_C = 2.9 \cdot 10^9 \frac{8 \cdot 10^{-8}}{[(2 \cdot 10^{-2})^2 + (2 \cdot 10^{-2})^2]} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{(2 \cdot 10^{-2})^2 + (2 \cdot 10^{-2})^2}} = 9\sqrt{2} \cdot 10^5 (\text{V/m})$

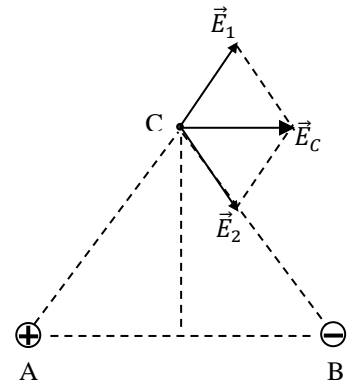
Vậy: Vector cường độ điện trường tại C có:

+ Điểm đặt: tại C.

+ Phương: song song với AB.

+ Chiều: từ A đến B.

+ Độ lớn: $E_C = 9\sqrt{2} \cdot 10^5 (\text{V/m})$.



- Độ lớn lực tác dụng lên q đặt tại C: $F_C = |q|E_C = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 9\sqrt{2} \cdot 10^5 \approx 25,4 \cdot 10^{-4} \text{N}$.

Vậy: Lực tác dụng lên điện tích q đặt tại C có:

+ Điểm đặt: tại C.

+ Phương: song song với AB.

+ Chiều: cùng chiều với \vec{E}_C (do $q > 0$).

+ Độ lớn: $F_C \approx 25,4 \cdot 10^{-4} \text{N}$.

Bài 7:

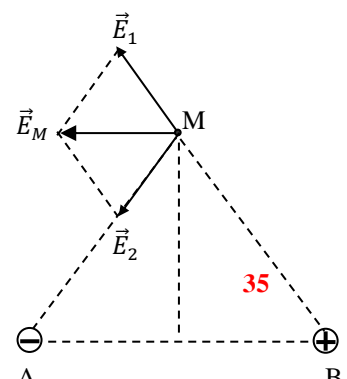
Ta có: $MA = MB = \sqrt{AH^2 + HM^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \text{cm}$.

Vì $|q_1| = |q_2| = |q| = 10^{-8} \text{C}$; $\cos \alpha = \frac{AH}{MA} = \frac{3}{5}$ nên $E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{MA^2}$

$\Rightarrow E_M = 2E_1 \cos \alpha = 2.9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-8}}{(5 \cdot 10^{-2})^2} \cdot \frac{3}{5} = 0,432 \cdot 10^5 (\text{V/m})$.

Vậy: Cường độ điện trường tại điểm M có:

Trần Văn Hậu (Alo + Zalo: 0942.481.600)



+ Điểm đặt: tại M.

+ Phương: song song với AB.

+ Chiều: từ B đến A.

+ Độ lớn: $E_M = 0,432.10^5 (V/m)$.

Bài 8:

Ta có: $CH = b \cdot \cos C = b \cdot \frac{b}{a} = \frac{b^2}{a} = \frac{40^2}{50} = 32 \text{ cm}$.

$BH = a - HC = 50 - 32 = 18 \text{ cm}$.

$AH = \sqrt{HB \cdot HC} = \sqrt{32 \cdot 18} = 24 \text{ cm}$.

- Độ lớn của cường độ điện trường tại H: $\vec{E}_H = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_1 + \vec{E}_{23}$.

- Vì $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_{23} \Rightarrow E_H = \sqrt{E_1^2 + E_{23}^2} = \sqrt{E_1^2 + (E_2 - E_3)^2}$.

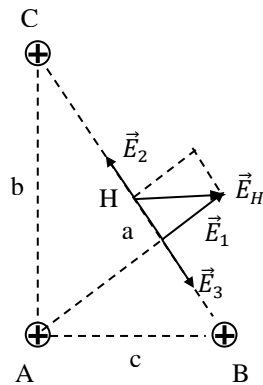
Với: $E_1 = k \frac{|q_1|}{AH^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9}}{(24 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{9 \cdot 10^4}{576} (V/m)$.

$E_2 = k \frac{|q_2|}{BH^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9}}{(18 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{10^4}{36} (V/m)$.

$E_3 = k \frac{|q_3|}{CH^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9}}{(32 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{9 \cdot 10^4}{1024} (V/m)$.

$\Rightarrow E_H = \sqrt{\left(\frac{9 \cdot 10^4}{576}\right)^2 + \left(\frac{10^4}{36} - \frac{9 \cdot 10^4}{1024}\right)^2} = 246 (V/m)$.

Vậy: Độ lớn cường độ điện trường tại H là $E_H = 246 \text{ V/m}$.



Bài 9:

a) + + + +.

b) + - - -.

c) + - - +.

Hướng giải

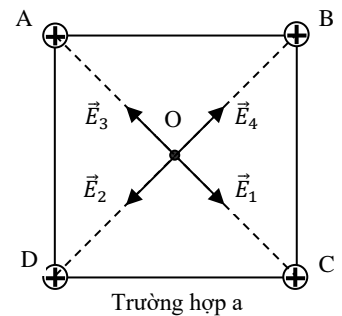
Vì $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$; $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = \frac{a\sqrt{2}}{2}$ nên $E_1 = E_2 = E_3 = E_4$.

a) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + + + +:

$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24}$$

$$\Rightarrow E_O = 0$$

Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + + + + thì $E_O = 0$.

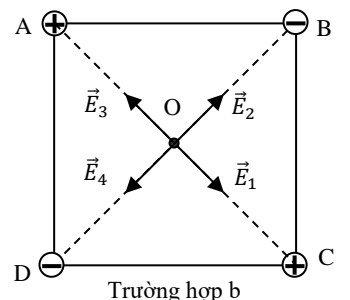


b) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + - - -:

$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24}$$

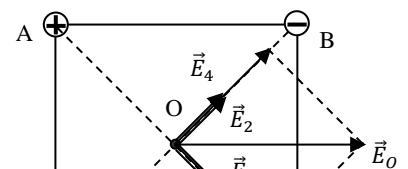
$$\Rightarrow E_O = 0$$

Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + - - - thì $E_O = 0$.



c) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + - - +:

Trần Văn Hậu (Alo + Zalo: 0942.481.600)



$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24}$$

$$\Rightarrow E_O = 2E_{13}\cos 45^\circ = 2.2E_1\cos 45^\circ = 4k \frac{q}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 4\sqrt{2} \frac{kq}{a^2}.$$

Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + - + thì $E_O = 4\sqrt{2} \frac{kq}{a^2}$.

Bài 10:

a) Cường độ điện trường tại tâm O:

- Vì $q_1 = q_2 = q_3 = q$; $r_1 = r_2 = r_3 = \frac{a\sqrt{2}}{2}$ nên $E_1 = E_2 = E_3$.

$$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$$

- Vì \vec{E}_1 và \vec{E}_3 ngược chiều nên $\vec{E}_{13} = \vec{0}$ nên $E_O = E_2$.

$$\Rightarrow E_O = k \frac{q}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \frac{2kq}{a^2}.$$

Vậy: Cường độ điện trường tại tâm O là $E_O = \frac{2kq}{a^2}$.

b) Cường độ điện trường tại đỉnh D

$$\text{Ta có: } \vec{E}_D = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$$

- Vì $r_1 = r_3 = a$; $r_2 = a\sqrt{2}$ nên $E_1 = E_3 = k \frac{q}{a^2}$; $E_2 = k \frac{q}{2a^2}$.

- Mặt khác, vì \vec{E}_1 và \vec{E}_3 vuông góc nhau nên: $E_{13} = E_1\sqrt{2} = k \frac{\sqrt{2}q}{a^2}$

- Vì \vec{E}_{13} và \vec{E}_2 cùng chiều nên: $E_D = E_{13} + E_2$

$$\Rightarrow E_D = k \frac{\sqrt{2}q}{a^2} + k \frac{q}{2a^2} = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) \frac{kq}{a^2}.$$

Vậy: Cường độ điện trường tại đỉnh D là $E_D = \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2}\right) \frac{kq}{a^2}$.

Bài 11:

$$\text{Ta có: } \vec{E}_S = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_1 + \vec{E}_{23}.$$

- Vì $q_1 = q_2 = q_3 = q < 0$; $r_1 = r_2 = r_3 = a$ nên $E_1 = E_2 = E_3 = k \frac{|q|}{a^2}$.

- Vì $\alpha = (\vec{E}_2, \vec{E}_3) = 60^\circ$ nên $E_{23} = 2E_2\cos 30^\circ = 2k \frac{|q|}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}k \frac{|q|}{a^2}$ và \vec{E}_{23} nằm trên đường cao SH của tam giác SBC.

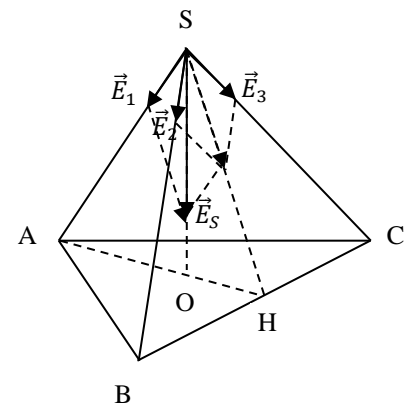
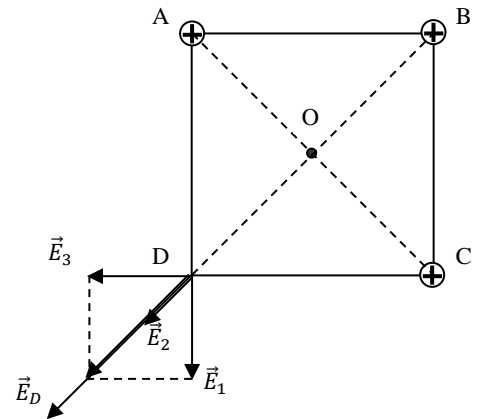
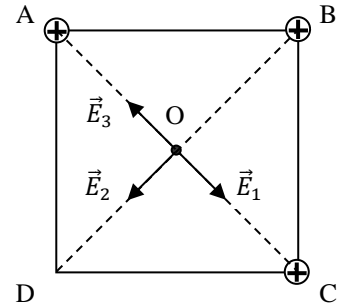
$$\text{Suy ra: } E_S^2 = E_1^2 + E_{23}^2 + 2E_1E_{23}\cos\beta, \text{ với } \cos\beta = \frac{SH^2 + SA^2 - AH^2}{2SA \cdot SH}.$$

$$\Rightarrow \cos\beta = \frac{\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 + a^2 - \left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2}{2a \cdot \left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\Rightarrow E_S^2 = \left(k \frac{|q|}{a^2}\right)^2 + \left(\sqrt{3}k \frac{|q|}{a^2}\right)^2 + 2 \cdot \left(k \frac{|q|}{a^2}\right) \cdot \left(\sqrt{3}k \frac{|q|}{a^2}\right) \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} = 6\left(k \frac{|q|}{a^2}\right)^2$$

$$\Rightarrow E_S = \sqrt{6} \frac{k|q|}{a^2} \text{ và } \vec{E}_S \text{ hướng về tâm tam giác ABC.}$$

Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại đỉnh S của tứ diện có:



+ Độ lớn: $E_S = \sqrt{6} \frac{k|q|}{a^2}$.

+ Hướng: từ S đến O (bạn đọc tự chứng minh!).

Bài 12:

Ta có: $\vec{E}_O = \vec{E}_A + \vec{E}_C + \vec{E}_{B'} + \vec{E}_{D'} = \vec{E}_{AC} + \vec{E}_{B'D'}$

với $AC' = A'C = \sqrt{AA'^2 + A'C'^2} = \sqrt{a^2 + (a\sqrt{2})^2} = a\sqrt{3}$

$\Rightarrow AO = CO = B'O = D'O = \frac{AC'}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{2}$

- Vì $|q_1| = |q_2| = |q_3| = |q_4| = q > 0$; $AO = CO = B'O = D'O$; $\cos\alpha_1 =$

$$\cos\alpha_2 = \frac{CC'}{CA'} = \frac{a}{a\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

Nên $E_A = E_C = E_{B'} = E_{D'} = k \frac{|q|}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{k|q|}{a^2}$

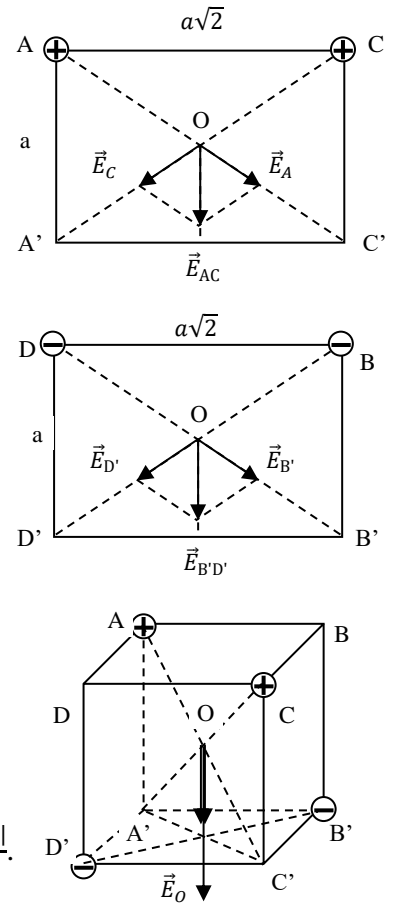
$\Rightarrow E_{AC} = 2E_A \cos\alpha_1 = 2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{k|q|}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{8\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{k|q|}{a^2}$

và $E_{B'D'} = 2E_{B'} \cos\alpha_2 = 2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{k|q|}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{8\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{k|q|}{a^2}$

- Vì \vec{E}_{AC} cùng chiều với $\vec{E}_{B'D'}$ nên $E_O = E_{AC} + E_{B'D'}$

$\Rightarrow E_O = \frac{8\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{k|q|}{a^2} + \frac{8\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{k|q|}{a^2} = \frac{16\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{k|q|}{a^2}$

Vậy: Độ lớn cường độ điện trường tại tâm O hình lập phương là $E_O = \frac{16\sqrt{3}}{9} \cdot \frac{k|q|}{a^2}$.



Bài 13:

a) Khi $q_1 = 36 \cdot 10^{-6} \text{C}$; $q_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{C}$

Ta có: $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Để $\vec{E}_C = \vec{0} \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$, suy ra:

+ C nằm trong đoạn AB (vì q_1, q_2 cùng dấu).

$$+ E_1 = E_2 \Leftrightarrow k \frac{|q_1|}{AC^2} = k \frac{|q_2|}{BC^2}.$$

$$\Rightarrow \frac{AC}{BC} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \sqrt{\frac{36 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-6}}} = 3 \quad (1)$$

$$\text{và } AC + BC = AB = 100 \text{cm} \quad (2)$$

$$\Rightarrow AC = 75 \text{cm và } BC = 25 \text{cm}$$

Vậy: Khi $q_1 = 36 \cdot 10^{-6} \text{C}$; $q_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{C}$, để $\vec{E}_C = \vec{0}$ thì $AC = 75 \text{cm}$ và $BC = 25 \text{cm}$.

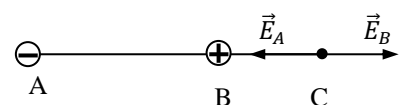
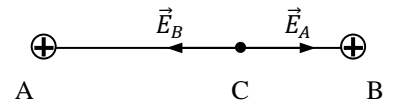
b) Khi $q_1 = -36 \cdot 10^{-6} \text{C}$; $q_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{C}$

Ta có: $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Để $\vec{E}_C = \vec{0} \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$, suy ra:

+ C nằm ngoài đoạn AB, về phía B (vì q_1, q_2 trái dấu; $|q_1| > |q_2|$).

$$+ E_1 = E_2 \Leftrightarrow k \frac{|q_1|}{AC^2} = k \frac{|q_2|}{BC^2}.$$

$$\Rightarrow \frac{AC}{BC} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} = \sqrt{\frac{36 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-6}}} = 3 \quad (3)$$



và $AC - BC = AB = 100\text{cm}$

(4)

$\Rightarrow AC = 150\text{cm}$ và $BC = 50\text{cm}$

Vậy: Khi $q_1 = -36 \cdot 10^{-6}\text{C}$; $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$, để $\vec{E}_C = \vec{0}$ thì $AC = 150\text{cm}$ và $BC = 50\text{cm}$.

Bài 14:

Ta có:

+ $AB + BC = AC \Rightarrow C$ nằm ngoài đoạn AB nên q_1 và q_2 trái dấu.

+ $BC > AC \Rightarrow |q_2| > |q_1|$.

Vì $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0} \Rightarrow E_1 = E_2 \Leftrightarrow k \frac{|q_1|}{AC^2} = k \frac{|q_2|}{BC^2}$

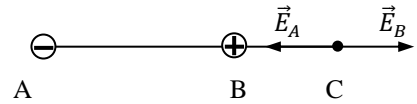
$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{BC^2}{AC^2} = \frac{8^2}{6^2} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$$

$$\Rightarrow q_2 = -\frac{16}{9} q_1$$

và $q_1 + q_2 = 7 \cdot 10^{-8}\text{C}$

$\Rightarrow q_1 = -9 \cdot 10^{-8}\text{C}$ và $q_2 = 16 \cdot 10^{-8}\text{C}$.

Vậy: Giá trị các điện tích q_1, q_2 là $q_1 = -9 \cdot 10^{-8}\text{C}$ và $q_2 = 16 \cdot 10^{-8}\text{C}$.



Bài 51:

- Cường độ điện trường do q_1, q_3 gây ra tại D là: $\vec{E}_{13} = \vec{E}_1 + \vec{E}_3$.

Vì $q_1 = q_3 = q$; $AD = CD = a$ nên $E_{13} = 2E_1 \cos 45^\circ$.

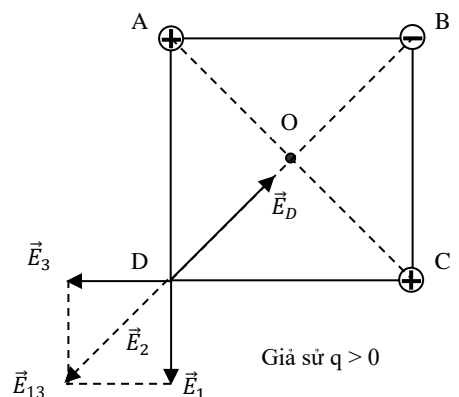
$$\Rightarrow E_{13} = 2k \frac{|q|}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}k \frac{|q|}{a^2}$$

- Để $E_D = 0$ thì phải đặt tại B điện tích q' sao cho $E_2 = E_{13}$.

$$\Rightarrow k \frac{|q|}{BD^2} = \sqrt{2}k \frac{|q|}{a^2}$$

$$\Rightarrow k \frac{|q'|}{(a\sqrt{2})^2} = \sqrt{2}k \frac{|q|}{a^2}$$

$$\Rightarrow |q'| = 2\sqrt{2}|q| \Rightarrow q' = -2\sqrt{2}q.$$



Vậy: Phải đặt ở B điện tích $q' = -2\sqrt{2}q$ để cường độ điện trường ở D bằng 0.

Bài 16:

- Các lực tác dụng lên hòn bi:

+ Trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$ (hướng xuống).

+ Lực đẩy Ac-si-met $\vec{F}_A = -DV\vec{g}$ (hướng lên).

+ Lực điện trường: $\vec{F} = q\vec{E}$ (hướng xuống nếu $q > 0$; hướng lên nếu $q < 0$).

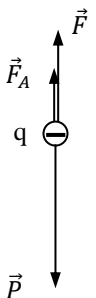
- Hòn bi nằm cân bằng (lơ lửng) khi: $\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P}' + \vec{F} = \vec{0}$

- Vì $P > F_A$ nên $P' = P - F_A \Rightarrow \vec{F}$ phải hướng lên $\Rightarrow q < 0$ và $F = P - F_A$.

$$\Rightarrow |q|E = mg - DVg$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{mg - DVg}{E} = \frac{9 \cdot 10^{-5} \cdot 10 - 800 \cdot 10^{-8} \cdot 10}{4 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^{-9}\text{C}$$

Vì $q < 0$ nên $q = -2 \cdot 10^{-9}\text{C}$.



Vậy: Điện tích của bi để nó cân bằng lơ lửng trong dầu là $q = -2.10^{-9}C$.

Bài 17:

- Để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng cần phải tác dụng lực điện trường ngược chiều với lực tĩnh điện và cùng độ lớn với lực tĩnh điện: $F' = F$.

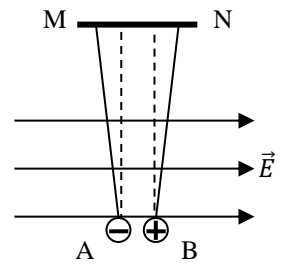
- Với quả cầu A: $|q|E = k \frac{q^2}{AB^2}$

$$\Rightarrow E = k \frac{|q|}{AB^2} = k \frac{|q|}{MN^2} = 9.10^9 \cdot \frac{2.10^{-9}}{(2.10^{-2})^2} = 4,5.10^4 (V/m).$$

và vì $q_1 < 0$ nên \vec{E} ngược chiều với \vec{F}' nghĩa là cùng chiều với \vec{F} (hướng từ trái sang phải).

- Với quả cầu B: Tương tự.

Vậy: Để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng cần phải dùng một điện trường đều có hướng từ trái sang phải và có độ lớn $E = 4,5.10^4 (V/m)$.



Bài 18:

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S' đồng tâm với quả cầu, bán kính $r = 10cm$.

- Điện thông qua mặt S' là: $N = ES' \cdot \cos \alpha = ES' = E.4\pi r^2$.

- Theo định lí O-G ta có: $N = 4\pi k \sum q_i = 4\pi k \sigma S = 4\pi k \sigma.4\pi R^2 = 16\pi^2 R^2 k \sigma$.

$$\Rightarrow E.4\pi r^2 = 16\pi^2 R^2 k \sigma \Rightarrow E = 4\pi k \left(\frac{R}{r}\right)^2 \sigma$$

$$\Rightarrow E = 4.3,14.9.10^9 \cdot \left(\frac{5}{10}\right)^2 \cdot 8,85.10^{-5} = 2,5.10^6 (V/m).$$

Vậy: Độ lớn của cường độ điện trường tại điểm cách bề mặt quả cầu đoạn 5cm là $E = 2,6.10^6 (V/m)$.

Bài 19:

a) Điện thông qua từng mặt của hình lập phương

Gọi Φ_1 là điện thông qua một mặt của hình lập phương.

Điện thông qua 6 mặt của hình lập phương là: $\Phi = 6\Phi_1$

-Áp dụng định lí Ôt-trô-grat-xki – Gau-xơ (O-G), ta được:

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow \Phi_1 = \frac{q}{6\epsilon_0} = \frac{10^{-9}}{6.8,9.10^{-12}} = 18,83 (V.m)$$

- Nếu có các điện tích khác bên ngoài hình lập phương thì các điện tích này sẽ làm thay đổi điện thông qua các mặt khác nhau của hình lập phương. Điện thông qua toàn bộ hình lập phương bây giờ vẫn chỉ bằng điện thông qua một mặt kín có chứa q mà thôi, nghĩa là điện thông qua toàn bộ hình lập phương vẫn là:

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{10^{-9}}{8,9.10^{-12}} = 118 (V.m)$$

Vậy: Điện thông qua từng mặt của hình lập phương là $\Phi_1 = 18,83 (V.m)$; khi bên ngoài hình lập phương còn có các điện tích khác thì điện thông qua từng mặt hình lập phương sẽ thay đổi nhưng điện thông qua toàn bộ hình lập phương vẫn như cũ.

b) Điện thông qua từng mặt của hình lập phương khi đặt điện tích q tại một đỉnh

Giả sử điện tích q được đặt tại đỉnh A, lúc đó 3 mặt hình lập phương có chứa đỉnh A sẽ có điện thông bằng 0. Vì tính đối xứng nên điện thông qua 3 mặt còn lại có giá trị bằng nhau và bằng Φ_2 . Để tính Φ_2 ta xét hình lập phương lớn, tâm A, cạnh $2a$, khi đó q nằm tại tâm hình lập phương lớn có diện tích $4a^2$ nên điện thông qua mỗi mặt hình lập phương lớn sẽ là Φ_2 . Vì tính đối xứng nên điện thông qua toàn bộ hình lập phương lớn sẽ bằng: $\Phi = 24\Phi_2 = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow \Phi_2 = \frac{q}{24\epsilon_0} = \frac{10^{-9}}{24 \cdot 8,9 \cdot 10^{-12}} = 4,7(\text{V.m})$

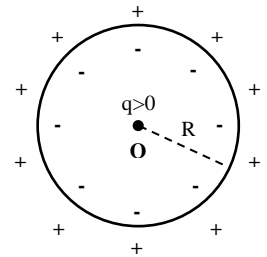
Vậy: Điện thông qua từng mặt của hình lập phương khi đặt điện tích q tại một đỉnh là $\Phi_2 = 4,7(\text{V.m})$.

Bài 20:

a) Cường độ điện trường tại các điểm trong phần rỗng và bên ngoài vỏ cầu

- Khi đặt điện tích q tại tâm O của một vỏ kim loại hình cầu cô lập và trung hòa điện thì :

- + Do hiện tượng hưởng ứng toàn phần nên mặt trong vỏ cầu mang điện tích $-q$.
- + Do vỏ cầu trung hòa điện nên mặt ngoài vỏ cầu mang điện tích $+q$.



- Tại những điểm bên trong vỏ cầu: $E_0 = 0$ vì nếu $E_0 \neq 0$ thì cường độ điện trường này sẽ làm cho các điện tích tự do bên trong vật chuyển động và tạo nên dòng điện.

- Tại những điểm ở phần rỗng, sát mặt trong vỏ cầu: $E_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q}{4\pi R^2 \epsilon_0}$.

- Tại những điểm bên ngoài vỏ cầu ($R_1 > R$): $E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{q}{4\pi R_1^2 \epsilon_0}$.

Vậy: Cường độ điện trường tại các điểm trong phần rỗng và bên ngoài vỏ cầu là $E_0 = 0$ và $E_1 = \frac{q}{4\pi R^2 \epsilon_0}$ và $E_2 = \frac{q}{4\pi R_1^2 \epsilon_0}$.

b) Khi có điện tích q_1 đặt bên ngoài vỏ quả cầu

Khi có điện tích q_1 đặt bên ngoài vỏ quả cầu thì điện tích q đặt tại tâm O vẫn không chịu tác dụng của lực điện nào. Lực tương tác điện xuất hiện là giữa q_1 và các điện tích phân bố ở mặt ngoài vỏ cầu. Điều này hoàn toàn phù hợp với định luật III Niu-ton.

c) Độ lớn của lực \vec{F}_1 so với khi không có mặt vỏ cầu

- Vì $q > 0$ nên nếu $q_1 > 0$ thì lực tương tác giữa chúng là lực đẩy còn nếu $q_1 < 0$ thì lực tương tác giữa chúng là lực hút.

- Khi có mặt vỏ cầu, lực đẩy sẽ yếu hơn so với khi không có mặt vỏ cầu; khi có mặt vỏ cầu, lực hút sẽ mạnh hơn so với khi không có mặt vỏ cầu.

d) Trường hợp thay đổi điện tích q_1 bằng điện tích $q_2 = 2q_1$

- Khi thay đổi điện tích q_1 bằng điện tích $q_2 = 2q_1$ thì điện tích trên mặt ngoài vỏ cầu sẽ được phân bố lại, lực điện tác dụng lên q_2 có thay đổi so với trường hợp của q_1 nhưng không bằng $2F_1$.

- Điều này hoàn toàn không mâu thuẫn với khái niệm điện trường vì hệ điện tích tạo ra điện trường đã được phân bố lại, vì vậy điện trường đã thay đổi, lực tác dụng lên q_2 sẽ thay đổi. Điều này cũng không mâu thuẫn so với nguyên lý chồng chất điện trường vì nguyên lý đó được áp dụng cho hệ điện tích được giữ cố định tại vị trí của chúng chứ không phải cho những vị trí mới được bố trí lại do có sự dịch chuyển các điện tích.

Bài 21:

a) Trường hợp hai mặt phẳng đặt song song

- Với một mặt phẳng: Chọn mặt Gauss là hình trụ có đường sinh vuông góc với đáy, hai đáy hình tròn có diện tích S và cách đều bản phẳng đoạn h.

+ Điện thông qua mặt Gauss: $\Phi = \Sigma E_1 \Delta S \cos \alpha_2 = 2E_1 S$.

+ Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma q_i$

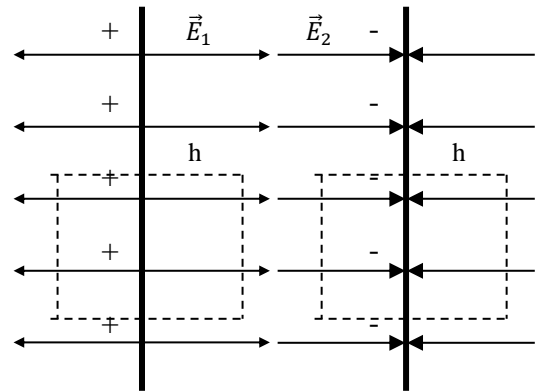
$$\Rightarrow 2E_1 S = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma \sigma \Delta S = \frac{1}{\epsilon_0} \sigma \cdot 2S$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = E_2$$

- Với hai mặt phẳng: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$:

+ Bên trong hai mặt phẳng: \vec{E}_1 và \vec{E}_2 cùng chiều nên $E = E_1 + E_2 = 2\frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$.

+ Bên ngoài hai mặt phẳng: \vec{E}_1 và \vec{E}_2 ngược chiều nên $E = E_1 - E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = 0$.

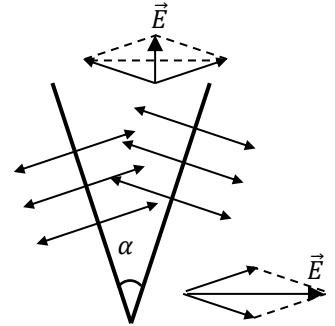


b) Trường hợp hai mặt phẳng hợp với nhau góc α

Vì $E_1 = E_2$ nên:

+ Bên trong hai mặt phẳng: $E = 2E_1 \sin \frac{\alpha}{2} = 2\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \sin \frac{\alpha}{2}$.

+ Bên ngoài hai mặt phẳng: $E = 2E_1 \cos \frac{\alpha}{2} = 2\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cos \frac{\alpha}{2}$.



Bài 22:

a) Mật độ điện mặt của bản phẳng

Chọn mặt Gauss là hình trụ có đường sinh vuông góc với đáy, hai đáy hình tròn có diện tích S và cách đều bản phẳng đoạn h.

- Điện thông qua mặt Gauss: $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$.

+ Phần điện thông qua mặt bên: $\Phi_1 = \Sigma E_1 \Delta S \cos \alpha_1 = 0$ (vì $\cos \alpha_1 = 0$).

+ Phần điện thông qua hai đáy: $\Phi_2 = \Sigma E \Delta S \cos \alpha_2 = E_1 S + E_2 S = (E_1 + E_2) S$.

$$\Rightarrow \Phi = (E_1 + E_2) S$$

- Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma q_i$

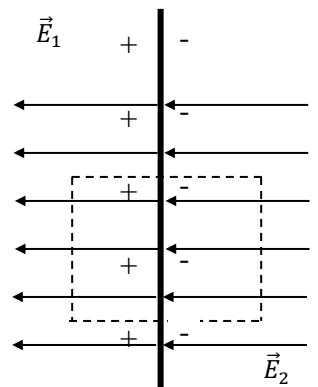
$$\Rightarrow (E_1 + E_2) S = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma \sigma \Delta S = \frac{\sigma S}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow \sigma = \epsilon_0 (E_1 + E_2)$$

Vậy: Mật độ điện mặt σ của bản là $\sigma = \epsilon_0 (E_1 + E_2)$.

b) Lực điện tác dụng lên một đơn vị diện tích của bản

Ta có: $\vec{F}' = \vec{F}'_1 + \vec{F}'_2$, với $F'_1 = \sigma E_1 = \epsilon_0 (E_1 + E_2) E_1$, $F'_2 = \sigma E_2 = \epsilon_0 (E_1 + E_2) E_2$.



Vì \vec{F}'_1 ngược chiều với \vec{F}'_2 nên $F' = |F_1 - F_2|$.

$$\Rightarrow F' = |\varepsilon_0(E_1 + E_2)E_1 - \varepsilon_0(E_1 + E_2)E_2| = \frac{1}{2}\varepsilon_0|E_1^2 - E_2^2|.$$

Vậy: Lực điện tác dụng lên một đơn vị diện tích của bản là $F' = \frac{1}{2}\varepsilon_0|E_1^2 - E_2^2|$.

Bài 23:

Chọn mặt Gauss là hình trụ đồng trục với dây, hai đáy hình tròn có bán kính r , chiều cao l .

- Điện thông qua mặt Gauss: $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$.

+ Phần điện thông qua hai đáy: $\Phi_1 = \Sigma E_1 \Delta S \cos \alpha_1 = 0$ (vì $\cos \alpha_1 = 0$).

+ Phần điện thông qua mặt bên: $\Phi_2 = \Sigma E \Delta S \cos \alpha_2 = ES = E.2\pi r l$.

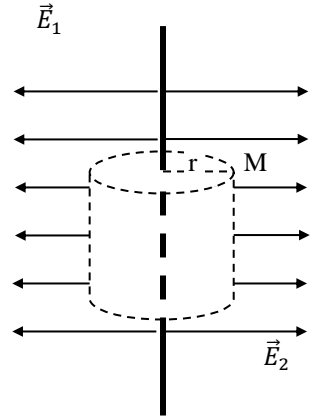
$$\Rightarrow \Phi = E.2\pi r l$$

- Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = \frac{1}{\varepsilon_0} \Sigma q_i$

$$\Rightarrow E.2\pi r l = \frac{1}{\varepsilon_0} \Sigma q_i = \frac{\lambda l}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi \varepsilon_0 r}$$

Vậy: Cường độ điện trường gây bởi một dây thẳng dài vô hạn tích điện đều là $E = \frac{\lambda}{2\pi \varepsilon_0 r}$.



Bài 24:

a) Cường độ điện trường tại một điểm trong mặt phẳng đối xứng giữa hai dây

Chọn hai mặt Gauss là hai hình trụ trục là các dây dẫn, hai đáy các hình trụ là hình tròn có bán kính r , chiều cao l .

$$\text{Vì } \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda; r_1 = r_2 = r = \sqrt{h^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{h^2 + \frac{a^2}{4}}$$

nên $E_1 = E_2 = E = \frac{\lambda}{2\pi \varepsilon_0 r}$ (tương tự các bài trên)

$$\Rightarrow E = 2E_1 \cos \alpha = 2 \cdot \frac{\lambda}{2\pi \varepsilon_0 r} \cdot \frac{h}{r} = \frac{\lambda h}{\pi \varepsilon_0 r^2}$$

$$\Rightarrow E = \frac{\lambda}{\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{h}{\left(h^2 + \frac{a^2}{4}\right)}$$

Vậy: Cường độ điện trường tại một điểm trong mặt phẳng đối xứng giữa hai dây, cách mặt phẳng chứa hai dây đoạn h là

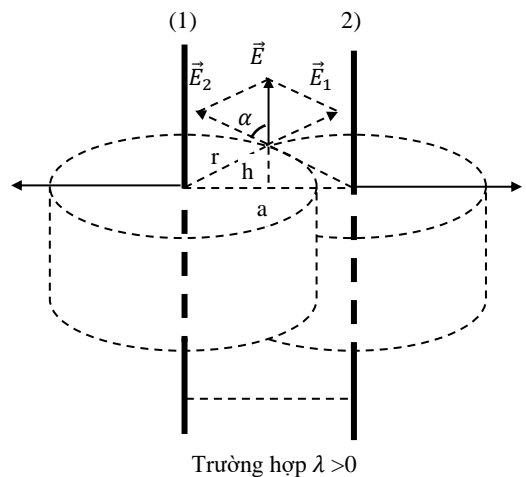
$$E = \frac{\lambda}{\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{h}{\left(h^2 + \frac{a^2}{4}\right)}$$

b) Giá trị của h để E cực đại

$$\text{Từ } E = \frac{\lambda}{\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{h}{\left(h^2 + \frac{a^2}{4}\right)} = \frac{\lambda}{\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{\left(h + \frac{a^2}{4h}\right)}$$

$$\Rightarrow E = E_{\max} \text{ khi } M = \left(h + \frac{a^2}{4h}\right)_{\min} \Rightarrow h = \frac{a}{2}.$$

$$\text{và } E_{\max} = \frac{\lambda}{\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{\left(\frac{a}{2} + \frac{a^2}{4 \cdot \frac{a}{2}}\right)} = \frac{\lambda}{\pi \varepsilon_0 a}.$$



Trường hợp $\lambda > 0$

Vậy: Giá trị của h để E cực đại là $h = \frac{a}{2}$ và $E_{\max} = \frac{\lambda}{\pi \epsilon_0 a}$.

Bài 25:

Ta có:

- + Đường sức điện trường là những đường thẳng hướng dọc theo bán kính quả cầu.
- + Độ lớn cường độ điện trường tại các điểm nằm trên cùng mặt cầu có giá trị như nhau.

Chọn mặt Gauss là mặt cầu đồng tâm với quả cầu tích điện:

- Điểm M nằm bên trong quả cầu: $r_1 < R$:

+ Điện thông qua mặt cầu S_1 (bán kính r_1) là: $\Phi = ES_1 = E \cdot 4\pi r_1^2$.

+ Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma q_i$

$$\Rightarrow E \cdot 4\pi r_1^2 = \frac{\rho V}{\epsilon_0} = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi r_1^3}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{\rho r_1}{3\epsilon_0}$$

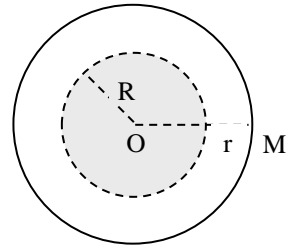
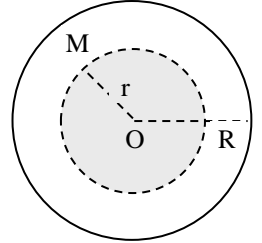
- Điểm M nằm bên ngoài quả cầu: $r_2 \geq R$:

+ Điện thông qua mặt cầu S_2 (bán kính r_2) là: $\Phi = ES_2 = E \cdot 4\pi r_2^2$.

+ Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma q_i$

$$\Rightarrow E \cdot 4\pi r_2^2 = \frac{\rho V}{\epsilon_0} = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0 r_2^2}$$



Vậy: Cường độ điện trường tại điểm cách tâm quả cầu đoạn r khi $r < R$ là $E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$; khi $r \geq R$ là $E = \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0 r^2}$.

Bài 26:

a) Trường hợp lỗ hổng có cùng tâm với quả cầu

- Gọi \vec{E}_1 là cường độ điện trường do quả cầu đặc (không có lỗ hổng), mật độ điện khối ρ gây ra tại điểm M; \vec{E}_2 là cường độ điện trường do quả cầu đặc (có kích thước bằng lỗ hổng), mật độ điện khối $-\rho$ gây ra tại điểm M. Theo nguyên lí chồng chất điện trường, ta có: $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

- Theo kết quả bài trên, ta có: $\vec{E}_1 = \frac{\rho r}{3\epsilon_0} \cdot \vec{r}$; $\vec{E}_2 = \frac{-\rho r}{3\epsilon_0} \vec{r}$

$$\Rightarrow \vec{E}_M = \frac{\rho r}{3\epsilon_0} \cdot \vec{r} + \frac{-\rho r}{3\epsilon_0} \cdot \vec{r} = \vec{0} \quad (r \text{ là khoảng cách từ hai tâm chung } O_1, O_2 \text{ đến điểm M})$$

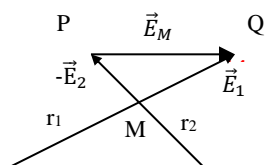
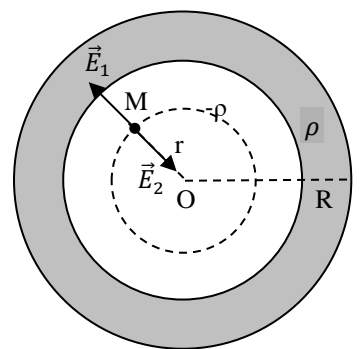
điểm M)

Vậy: Khi $O_1 \equiv O_2$ thì $\vec{E}_M = \vec{0}$.

b) Trường hợp tâm O_1 của quả cầu cách tâm O_2 của lỗ hổng một khoảng d

- Tương tự, ta có: $\vec{E}_1 = \frac{\rho r_1}{3\epsilon_0} \cdot \vec{r}_1$; $\vec{E}_2 = \frac{-\rho r_2}{3\epsilon_0} \cdot \vec{r}_2$ ($\vec{r}_1 = \overrightarrow{O_1M}$; $\vec{r}_2 = \overrightarrow{O_2M}$)

và $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$



- Vì $E_1 \sim r_1$; $E_2 \sim r_2 \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{O_1M}{O_2M}$

\Rightarrow Hai tam giác O_1O_2M và MPQ đồng dạng, từ đó:

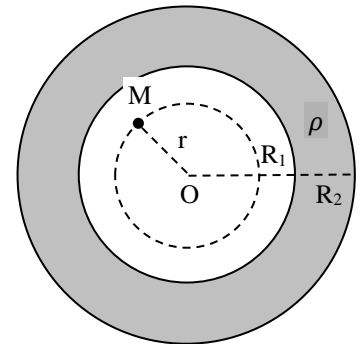
$$\frac{E_M}{d} = \frac{E_1}{r_1} = \frac{\rho}{3\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E_M = \frac{\rho d}{3\epsilon_0} \text{ hay } \vec{E}_M = \frac{\rho d}{3\epsilon_0} \cdot \vec{d} \quad (\vec{d} = \overrightarrow{O_1O_2})$$

Vậy: Khi tâm O_1 của quả cầu cách tâm O_2 của lỗ hổng một khoảng d thì \vec{E}_M có chiều từ O_1 đến O_2 và có độ lớn $E_M = \frac{\rho d}{3\epsilon_0}$.

Bài 27:

- Thể tích vỏ cầu là: $V = V_2 - V_1 = \frac{4}{3}\pi(R_2^3 - R_1^3)$.
- Mật độ điện tích khối của vỏ cầu là: $\rho = \frac{Q}{V} = \frac{3Q}{4\pi(R_2^3 - R_1^3)}$.
- Tại điểm bên trong quả cầu ($r < R_1$): $E = 0$ (xem bài 2.25).
- Tại điểm bên ngoài vỏ cầu ($r > R_2$): $E = \frac{\rho R_2^3}{3\epsilon_0 r^2}$.
- Tại điểm trong vỏ cầu ($R_1 < r < R_2$): $E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$.



E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN

Bài 1: Hai điện tích $q_1 = q > 0$ và $q_2 = -q$ đặt tại A, B trong không khí. Cho $AB = 2a$.

- a) Xác định cường độ điện trường \vec{E}_M tại M trên trung trực của AB, cách AB đoạn h .
- b) Xác định h để E_M đạt cực đại. Tính giá trị cực đại này.

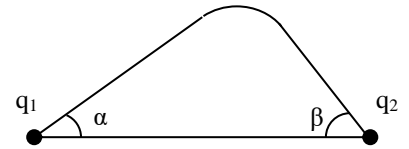
Bài 2: Một bản phẳng rất lớn đặt thẳng đứng, tích điện đều với mật độ điện mặt σ .

- a) Xác định \vec{E} do mặt phẳng gây ra tại điểm cách mặt phẳng đoạn h . Nêu đặc điểm của điện trường này.
- b) Một quả cầu nhỏ khối lượng m điện tích q cùng dấu với mặt phẳng, được treo vào một điểm cố định gần mặt phẳng bằng dây nhẹ không dẫn, chiều dài l . Coi q không ảnh hưởng đến sự phân bố điện tích trên mặt phẳng và khi cân bằng dây treo nghiêng góc α với phương thẳng đứng. Tính q .

Bài 3: Một quả cầu khối lượng m , mang điện tích q được buộc vào một sợi chỉ cách điện. Đầu còn lại của sợi chỉ được buộc vào điểm cao nhất của một vòng dây có bán kính R đặt trong một mặt phẳng thẳng đứng. Vòng dây được làm bằng một dây dẫn cứng có bán kính nhỏ không đáng kể. Vòng dây được tích một điện tích Q cùng dấu với điện tích q và phân bố đều. Hãy xác định chiều dài l của sợi dây treo để sau khi bị đẩy lệch, quả cầu sẽ nằm trên trục của vòng dây.

Đầu tiên hãy giải bài toán dưới dạng tổng quát, sau đó thực hiện phép tính với các số liệu: $Q = q = 9 \cdot 10^{-8} \text{C}$; $R = 5 \text{ cm}$; $m = 1 \text{ g}$; $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{(F/m)}$. Bỏ qua khối lượng của dây treo.

Bài 4: Trong một điện trường tạo bởi một điện tích điểm $+q_1$ và một điện tích điểm $-q_2$ có một đường sức xuất phát từ $+q_1$ hợp với đoạn thẳng nối hai điện tích một góc α . Hãy tính góc β mà đường sức đó hợp với đoạn thẳng tại $-q_2$.



Bài 5: Hai quả cầu kim loại nhỏ, có khối lượng $m = 100\text{g}$ và $M = 200\text{g}$ mang điện tích $q = -10^{-6}\text{C}$ và $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$, được đặt trên mặt phẳng nằm ngang nhẵn, dọc theo đường sức của một điện trường đều, cách nhau một khoảng $d = 1\text{cm}$. Biết rằng khi buông ra hai quả cầu đó chuyển động với khoảng cách giữa chúng vẫn bằng 1cm . Hãy xác định chiều của đường sức và độ lớn của cường độ điện trường. Bỏ qua mọi ma sát.

Bài 6: Một quả cầu rắn kim loại có bán kính 2cm mang điện tích tổng cộng $-Q$. Không khí xung quanh quả cầu sẽ bị tác động bởi một điện trường. Khi điện trường đặt vào vượt quá $3 \cdot 10^6 (\text{V/m})$ thì phân tử không khí sẽ bị ion hóa, khi đó sẽ xuất hiện tia lửa điện và ta gọi là sự đánh thủng. Có thể sử dụng tính chất đối xứng cầu để giải bài toán này mặc dù thực tế khi có tia lửa điện thì tính đối xứng cầu sẽ bị phá vỡ.

- Vẽ các đường sức của điện trường xung quanh quả cầu và chỉ rõ sự phân bố điện tích trên quả cầu.
- Điện tích nhỏ nhất mà quả cầu phải có để có thể đánh thủng không khí gần bề mặt của nó.
- Để ion hóa một phân tử không khí thì cần một năng lượng $1,6 \cdot 10^{-18}\text{J}$. Xét một electron ở sát bề mặt quả cầu mang điện tích nhỏ nhất như ở câu b. Electron phải đi được quãng đường bằng bao nhiêu để thu được năng lượng bằng năng lượng ion hóa một phân tử không khí? Bình thường một electron chỉ đi được 10^{-6}m trước khi va chạm với một phân tử không khí. Hỏi có hay không xảy ra sự ion hóa các phân tử không khí ở xa bề mặt quả cầu do các electron được gia tốc gây ra?
- Xác định điện thế trên bề mặt quả cầu khi xảy ra sự đánh thủng.

F. GIẢI BÀI TẬP ÔN LUYỆN

Bài 1:

a) Cường độ điện trường \vec{E}_M tại M trên trung trực của AB

Ta có: $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $|q_1| = |q_2| = q$; $AM = BM$ nên $E_1 = E_2 = k \frac{q}{AM^2} = k \frac{q}{a^2 + h^2}$; $\cos \alpha = \cos A = \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}}$.

$$\Rightarrow E_M = 2E_1 \cos \alpha = 2k \frac{q}{a^2 + h^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}} = 2 \frac{kqa}{(a^2 + h^2)^{3/2}}$$

Vậy: Cường độ điện trường \vec{E}_M tại M trên trung trực của AB có:

+ điểm đặt: tại M.

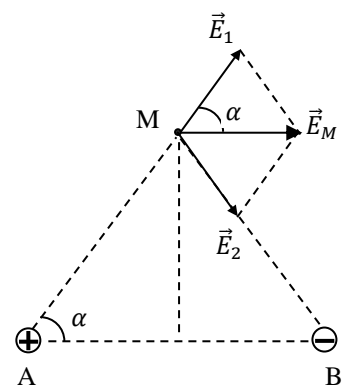
+ phương: song song với AB.

+ chiều: từ A đến B.

+ độ lớn: $E_M = 2 \frac{kqa}{(a^2 + h^2)^{3/2}}$.

b) Giá trị của h để E_M đạt cực đại

Từ $E_M = 2 \frac{kqa}{(a^2 + h^2)^{3/2}}$ suy ra E_M cực đại khi $h = 0$ và $E_{M(\max)} = \frac{2kq}{a^2}$.



Vậy: Để E_M cực đại thì $h = 0$ và $E_{M(\max)} = \frac{2kq}{a^2}$.

Bài 2:

a) Cường độ điện trường do bản phẳng gây ra

Chọn mặt Gauss là hình trụ có đường sinh vuông góc với đáy, hai đáy hình tròn có diện tích S và cách đều bản phẳng đoạn h .

- Điện thông qua mặt Gauss: $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$.

+ Phần điện thông qua mặt bên: $\Phi_1 = \Sigma E_1 \Delta S \cos \alpha_1 = 0$ (vì $\cos \alpha_1 = 0$).

+ Phần điện thông qua hai đáy: $\Phi_2 = \Sigma E_2 \Delta S \cos \alpha_2 = 2ES$.

$$\Rightarrow \Phi = 2ES$$

- Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma q_i$

$$\Rightarrow 2ES = \frac{1}{\epsilon_0} \Sigma \sigma \Delta S = \frac{1}{\epsilon_0} \sigma \cdot 2S$$

$$\Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Vậy: Cường độ điện trường do mặt phẳng gây ra tại điểm cách mặt phẳng đoạn h :

+ là điện trường đều, có hướng vuông góc với với bản phẳng, có độ lớn $E =$

$$\frac{\sigma}{2\epsilon_0}.$$

+ không phụ thuộc vào khoảng cách từ điểm ta xét đến bản phẳng.

b) Tính điện tích q

- Các lực tác dụng lên q : trọng lực \vec{P} , lực điện trường \vec{F} , lực căng dây \vec{T} .

- Tam giác lực cho: $\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{|q|E}{mg} = \frac{|q|\sigma}{2mg\epsilon_0}$

$$\Rightarrow |q| = \frac{2mg\epsilon_0 \cdot \tan \alpha}{\sigma}$$

Vậy: Độ lớn của điện tích q là $|q| = \frac{2mg\epsilon_0 \cdot \tan \alpha}{\sigma}$.

Bài 3:

Giả sử quả cầu m nằm tại điểm M trên trục của vòng dây, các điện tích q và Q đều dương.

- Cường độ điện trường do vòng dây gây ra tại M có:

+ Phương: trục OM ; chiều: hướng xa O .

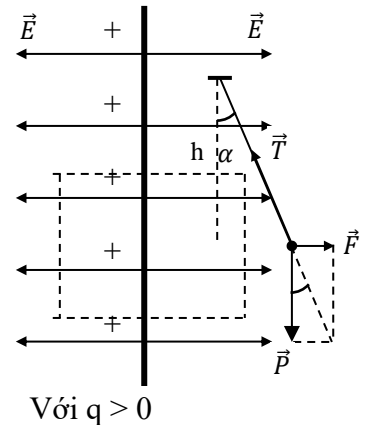
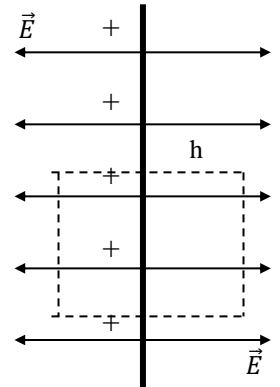
+ Độ lớn: $E = \Sigma \Delta E_n$.

$(\Delta E_n = 2\Delta E \cos \alpha; \Delta E = k \frac{\Delta q}{(R^2 + h^2)} = k \frac{\lambda \Delta s}{(R^2 + h^2)}; k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}; \lambda = \frac{q}{2\pi R}$: mật độ điện tích dài; Δs : phần tử vòng dây;

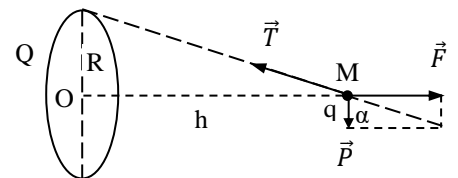
$$\cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}}).$$

$$\Rightarrow E = k \frac{\lambda h}{(R^2 + h^2)^{3/2}} (\Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots) = k \frac{\lambda h}{(R^2 + h^2)^{3/2}} \cdot 2\pi R = k \frac{|Q|h}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

$$\Leftrightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|Q|h}{l^3} \Rightarrow l = \sqrt[3]{\frac{|Q|h}{4\pi\epsilon_0 E}}$$



Với $q > 0$



- Vì quả cầu m nằm cân bằng dưới tác dụng của 3 lực: trọng lực P, lực điện trường $F = |q|E$ và lực căng dây T nên:

$$\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{h}{R} \Rightarrow \frac{|q|E}{mg} = \frac{h}{R}.$$

- Từ đó: $l = \sqrt[3]{\frac{|Q|h}{4\pi\epsilon_0 E}} = \sqrt[3]{\frac{|Q||q|R}{4\pi\epsilon_0 mg}}.$

- Áp dụng bằng số: $l = \sqrt[3]{\frac{9.10^{-8}.9.10^{-8}.5.10^{-2}}{4.3.14.8.9.10^{-12}.10^{-3}.10}} = 7.2.10^{-2}m = 7,2cm.$

Vậy: Chiều dài l của sợi dây treo để sau khi bị đẩy lệch, quả cầu sẽ nằm trên trục của vòng dây là $l = 7,2cm$.

Bài 4:

- Tại những điểm rất gần mỗi điện tích, các đường sức đi ra (đi vào) được phân bố đều đặn trong khoảng không gian rất gần các điện tích đó.

Gọi N_1 là số đường sức đi ra khỏi q_1 ; số đường sức đi ra khỏi q_1 trong phạm vi hình nón với góc ở đỉnh 2α là N_1' . Vì mật độ đường sức phân bố đều nên: $\frac{N_1'}{N_1} = \frac{S_1'}{S_1} = \frac{2\pi R.R(1-\cos\alpha)}{4\pi R^2} = \frac{1-\cos\alpha}{2}$ (1)

Tương tự, gọi N_2 là số đường sức đi vào q_2 ; số đường sức đi vào q_2 trong phạm vi hình nón với góc ở đỉnh 2β là N_2' . Ta có: $\frac{N_2'}{N_2} = \frac{1-\cos\beta}{2}$ (2)

- Mặt khác, vì các đường sức không cắt nhau nên: $N_1' = N_2'$ (3)

- Từ (1), (2) và (3) ta được: $\frac{N_2}{N_1} = \frac{1-\cos\alpha}{1-\cos\beta} = \frac{2\sin^2\frac{\alpha}{2}}{2\sin^2\frac{\beta}{2}} = \left(\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\sin\frac{\beta}{2}}\right)^2$

- Mặt khác: $\frac{N_2}{N_1} = \frac{q_2}{q_1} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \left(\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\sin\frac{\beta}{2}}\right)^2.$

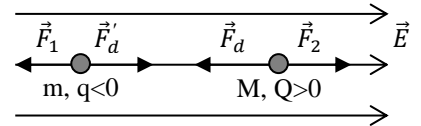
- Từ đó: $\sin\frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \cdot \sin\frac{\alpha}{2}$ (4)

(4) chỉ có nghĩa khi $\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \sin\frac{\alpha}{2} \leq 1$. Nếu $\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} \sin\frac{\alpha}{2} > 1$ thì các đường sức từ q_1 sẽ đi ra xa vô cùng và không đến được $-q_2$.

Bài 5:

- Ta có:

+ Lực hút tĩnh điện giữa hai quả cầu: $\vec{F}_d = -\vec{F}_d'$ luôn luôn có cường độ bằng nhau.



+ Lực điện trường tác dụng lên điện tích Q là $\vec{F}_2 = Q\vec{E}$ (hướng theo chiều đường sức).

+ Lực điện trường tác dụng lên điện tích q là $\vec{F}_1 = q\vec{E}$ (hướng ngược chiều đường sức).

- Vì $Q > |q|$ nên $F_2 > F_1$, do đó muốn cho khoảng cách giữa hai quả cầu giữ nguyên không đổi trong quá trình chuyển động thì ta phải có: $F_2 > F_d > F_1$. Đồng thời các hợp lực tác dụng lên quả cầu phải theo cùng một chiều. Như vậy có nghĩa là đường sức phải có chiều từ quả cầu m đến quả cầu M như trên hình vẽ.

- Để khoảng cách giữa chúng là không đổi trong quá trình chuyển động thì hai quả cầu phải có cùng gia tốc để chúng đi được các quãng đường bằng nhau trong cùng một khoảng thời gian:

$$a_1 = a_2 \Leftrightarrow \frac{F_d - F_1}{m} = \frac{F_2 - F_d}{M}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{m} \left(\frac{kqQ}{d^2} - qE \right) = \frac{1}{M} \left(QE - \frac{kQq}{d^2} \right)$$

$$\Rightarrow E = \frac{kqQ(M+m)}{d^2(mQ+Mq)} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot (0,2 + 0,1)}{(10^{-2})^2 (0,1 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 10^{-6})} \approx 1,35 \cdot 10^5 (\text{V/m})$$

Vậy: Độ lớn của cường độ điện trường là $E = 1,35 \cdot 10^5 (\text{V/m})$.

Bài 6:

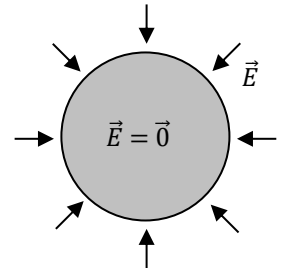
a) Vẽ các đường sức của điện trường xung quanh quả cầu

- Vì các điện tích chỉ phân bố trên bề mặt quả cầu nên:

+ Bên trong quả cầu: $E = 0$.

+ Bên ngoài quả cầu: Điện trường giống như do điện tích điểm $-Q$ đặt tại tâm quả cầu gây ra.

- Sự phân bố điện tích trên quả cầu và đường sức điện trường như hình vẽ.



b) Điện tích nhỏ nhất mà quả cầu phải có để có thể đánh thủng không khí gần bề mặt của nó

Cường độ điện trường ở sát bề mặt quả cầu: $E = \frac{-kQ}{r^2}$.

$$\Rightarrow Q = \frac{Er^2}{-k} = -\frac{3 \cdot 10^6 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2}{9 \cdot 10^9} = -1,33 \cdot 10^{-7} \text{C}$$

Vậy: Điện tích nhỏ nhất mà quả cầu phải có để có thể đánh thủng không khí gần bề mặt của nó là $Q = -1,33 \cdot 10^{-7} \text{C}$.

c) Quãng đường electron phải đi được để thu được năng lượng bằng năng lượng ion hóa một phân tử không khí

- Thế năng của electron ở sát bề mặt quả cầu là: $W_r = eV = e \frac{kQ}{r}$.

- Thế năng của electron ở khoảng cách R tính từ tâm quả cầu là: $W_R = e \frac{kQ}{R}$.

$$\Rightarrow A = W_R - W_r \Leftrightarrow ekQ \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right) = A$$

$$\Leftrightarrow 1,6 \cdot 10^{-18} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (-1,33 \cdot 10^{-7}) \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{0,02} \right)$$

$$\Rightarrow R = 2,000334 \text{cm}; d = R - r = 3,34 \cdot 10^{-6} \text{m}.$$

Vậy: Để thu được năng lượng bằng năng lượng ion hóa một phân tử không khí thì electron phải đi được một quãng đường $d = 3,34 \cdot 10^{-6} \text{m}$. Lúc đó, electron sẽ va chạm với phân tử không khí trước khi thu được năng lượng đủ lớn để ion hóa không khí.

d) Điện thế trên bề mặt quả cầu khi xảy ra sự đánh thủng

$$\text{Ta có: } V = \frac{-kQ}{r} = \frac{-9 \cdot 10^9 \cdot 1,33 \cdot 10^{-7}}{0,02} = -60000 \text{V}.$$

Vậy: Điện thế trên bề mặt quả cầu khi xảy ra sự đánh thủng là $V = -60000 \text{V}$.

Chuyên đề 3: ĐIỆN THẾ VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN

① Công của lực điện: $A = qEd$ (3.1)

(d là độ dài hình chiếu của đường đi lên một đường sức bất kì).

② **Chú ý:** Lực điện là *lực thế* nên công của lực điện không phụ thuộc vào hình dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vào vị trí điểm đầu và điểm cuối của đường đi.

II. ĐIỆN THẾ. HIỆU ĐIỆN THẾ

① **Điện thế:** Điện thế tại điểm M trong điện trường đặc trưng cho điện trường về mặt dự trữ năng lượng và được đo bằng thương số giữa công để đưa một điện tích q từ điểm M ra xa vô cực và điện tích q :

$$V_M = \frac{A_{M\infty}}{q} \quad (3.2)$$

② **Hiệu điện thế:** Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường đặc trưng cho khả năng thực hiện công của điện trường giữa hai điểm đó và được đo bằng thương số giữa công của lực điện làm di chuyển một điện tích q từ điểm M đến điểm N và độ lớn của điện tích q :

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q} \quad (3.3)$$

③ Điện thế gây ra bởi các điện tích điểm

- Điện thế gây ra bởi một điện tích điểm Q : $V = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}$ (3.4)

($V_\infty = 0$; r là khoảng cách từ điện tích điểm Q đến điểm ta xét)

- Điện thế gây ra bởi hệ điện tích điểm Q_1, Q_2, \dots : Gọi V_1, V_2, \dots là điện thế do các điện tích Q_1, Q_2, \dots gây ra tại điểm M trong điện trường. Điện thế toàn phần do hệ điện tích trên gây ra tại M là:

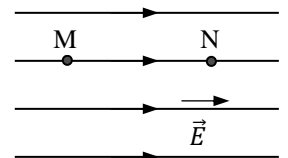
$$V = V_1 + V_2 + \dots = \sum V_i \quad (3.5)$$

Hệ thức trên là nội dung của *nguyên lý chồng chất điện thế*.

④ Liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế

$$U_{MN} = Ed \quad (3.6)$$

M, N là hai điểm trên cùng một đường sức; \vec{E} là cường độ điện trường của điện trường đều; d là khoảng cách giữa hai điểm dọc theo một đường sức có hiệu điện thế là U .



III. THẾ NĂNG TĨNH ĐIỆN

① **Thế năng của điện tích q :** Thế năng của điện tích q đặt tại điểm M trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi đặt điện tích q tại M :

$$W_t = qV \quad (3.7)$$

② Thế năng tương tác của hệ điện tích q_1, q_2, \dots

$$W_t = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2 + \dots) \quad (3.8)$$

IV. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

① **Điện trường ở vật dẫn:** Điện trường ở vật dẫn cân bằng điện có các đặc điểm sau:

- Bên trong vật dẫn: $E = 0$.
- Trên mặt vật dẫn: Vector \vec{E} vuông góc với mặt vật dẫn và bằng $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$.

② Điện thế vật dẫn: $V = k \frac{Q}{R}$ (3.9)

(R là bán kính vật dẫn hình cầu)

③ Sự phân bố điện tích ở vật nhiễm điện: Khi vật dẫn bị nhiễm điện, điện tích chỉ phân bố không đều trên mặt ngoài của vật dẫn.

V. LƯỢNG CỰC ĐIỆN

1-Định nghĩa: Lượng cực điện là một hệ hai điện tích có độ lớn bằng nhau nhưng trái dấu, đặt cách nhau một khoảng rất nhỏ so với khoảng cách từ lượng cực đến điểm ta xét.

2-Đặc điểm

- Điện trường gây ra bởi lượng cực điện (hình a, b):

+ Tại điểm M nằm trên trục của lượng cực điện: $\vec{E}_M = -k \frac{q\vec{l}}{r^3}$ (3.10)

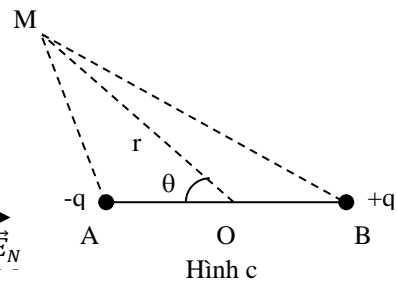
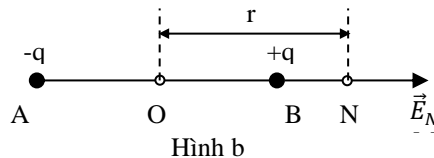
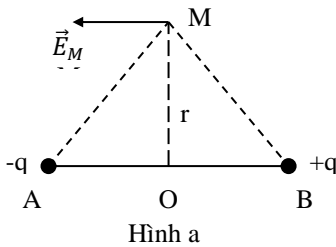
(\vec{l} là vector có độ dài từ -q đến +q; r là khoảng cách từ M đến lượng cực điện).

+ Tại điểm N nằm trên trục của lượng cực điện: $\vec{E}_N = -k \frac{2q\vec{l}}{r^3}$ (3.11)

(r là khoảng cách từ N đến trung điểm của lượng cực điện).

- Điện thế gây ra bởi lượng cực điện (hình c): $V_M = k \frac{ql \cos \theta}{r^2}$ (3.12)

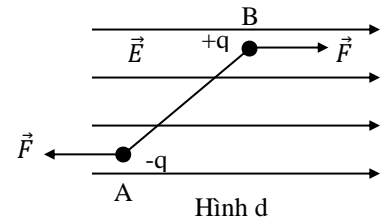
(θ là góc giữa OM và AB; r = OM).



- Thế năng của lượng cực điện trong điện trường (hình d):

$W_t = -q l E \cos \alpha$ (3.13)

(α là góc hợp bởi hướng của \vec{l} (từ -q đến +q) và hướng của \vec{E})



VI. HIỆN TƯỢNG HƯỞNG ỨNG TĨNH ĐIỆN

① Hiện tượng hưởng ứng toàn phần: Xảy ra khi toàn bộ đường sức xuất phát từ vật này đều kết thúc ở vật kia (vật này bao kín vật kia), lúc đó điện tích hưởng ứng xuất hiện sẽ có độ lớn bằng điện tích của vật gây ra hiện tượng: $|q'| = |q|$.

② Hiện tượng hưởng ứng một phần: Xảy ra khi chỉ có một phần đường sức xuất phát từ vật này đều kết thúc ở vật kia (vật này bao kín vật kia), lúc đó điện tích hưởng ứng xuất hiện sẽ có độ lớn nhỏ hơn điện tích của vật gây ra hiện tượng: $|q'| < |q|$.

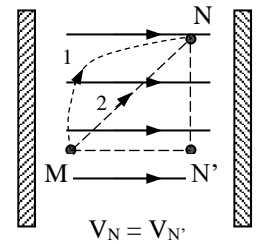
B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

☑ VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Công thức tính điện thế gây ra bởi một điện tích điểm ($V = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}$) cũng được áp dụng cho quả cầu tích điện phân bố đều với r là khoảng cách từ tâm quả cầu đến điểm ta xét.

- Lực điện trường là lực thế nên công của lực điện trường không phụ thuộc vào dạng quỹ đạo di chuyển của điện tích mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo: $A = qU$.



- Mối quan hệ giữa công của lực ngoài A' và công của lực điện trường A : $A' = -A = -qU$.

- Đối với vật dẫn cân bằng điện cần chú ý:

+ Vật dẫn là vật đẳng thế: Các điểm bên trong và trên mặt vật dẫn có cùng điện thế.

+ Điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài vật dẫn, tập trung ở những chỗ lồi và nhọn.

- Thế năng tương tác của hệ điện tích điểm: Với hệ gồm các điện tích điểm q_1, q_2, \dots , thế năng của hệ là:

$$W = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2 + \dots) = \frac{1}{2} \sum q_i V_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

($V_i = \frac{kq_1}{\epsilon r_{1i}} + \frac{kq_2}{\epsilon r_{2i}} + \dots$ là điện thế tại điểm đặt q_i do các điện tích khác của hệ gây ra)

+ Trường hợp hệ 2 điện tích: $W = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2)$, với $V_1 = \frac{kq_2}{\epsilon r_{21}}, V_2 = \frac{kq_1}{\epsilon r_{12}}$

+ Trường hợp hệ 3 điện tích: $W = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2 + q_3 V_3)$.

Với: $V_1 = \frac{kq_2}{\epsilon r_{21}} + \frac{kq_3}{\epsilon r_{31}}, V_2 = \frac{kq_1}{\epsilon r_{12}} + \frac{kq_3}{\epsilon r_{32}}, V_3 = \frac{kq_1}{\epsilon r_{13}} + \frac{kq_2}{\epsilon r_{23}}$.

☑ VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶ Với dạng bài tập về **công của lực điện tác dụng khi điện tích di chuyển, điện thế vào hiệu điện thế**.

Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Điện thế gây bởi một điện tích điểm Q : $V = \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{Q}{r}$.

($V_\infty = 0$; r là khoảng cách từ điện tích điểm Q đến điểm ta xét)

+ Điện thế gây ra bởi hệ điện tích điểm Q_1, Q_2, \dots : $V = V_1 + V_2 + \dots = \sum V_i$.

(V_1, V_2, \dots là điện thế do các điện tích Q_1, Q_2, \dots gây ra tại điểm ta xét)

+ Công của lực điện trường: $A = qU$; công của lực ngoài: $A' = -A$.

- Một số chú ý:

+ Lực điện là lực thế nên công của nó không phụ thuộc vào dạng đường đi mà chỉ phụ thuộc vào các điểm đầu và cuối của đường đi.

+ Ta có thể viết: $A = qU = q \int_d^E$ (d là hình chiếu của đường đi lên một đường sức bất kì).

+ Có thể kết hợp thêm định lý động năng: $\Delta W_d = A$.

+ Các hằng số và đơn vị: Khối lượng và điện tích của electron là $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$, $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$; các đơn vị công, năng lượng: $1 \text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J}$.

❷ Với dạng bài tập về **vật dẫn cân bằng điện**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các đặc điểm về vật dẫn cân bằng điện:

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- + Vật dẫn là vật đẳng thế và $V = k \frac{Q}{R}$, R là bán kính vật dẫn hình cầu (*thường gặp*).
- + Điện tích chỉ phân bố không đều ở mặt ngoài vật dẫn, tập trung tại các *chỗ lõm* và *nhọn*.
- + Điện trường bên trong vật dẫn: $E = 0$; điện trường trên mặt vật dẫn luôn vuông góc với mặt vật dẫn qua điểm đó.

- Sử dụng các công thức:

- + Định luật bảo toàn điện tích *cho hệ cô lập* về điện: $\Sigma q = \text{const}$ hay $\Sigma q_t = \Sigma q_s$.
- + Điện lượng dịch chuyển: $\Delta q = |q - q'|$ (đối với *một vật*).

- Một số chú ý: Trên bề mặt vật dẫn luôn chịu tác dụng của một áp suất tĩnh điện:

$$p = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}, \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} (\text{C}^2/\text{kg} \cdot \text{m}^2): \text{hằng số điện}; E: \text{cường độ điện trường}.$$

❸ Với dạng bài tập về *mối liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế*. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Với điện trường đều: $E = \frac{U}{d}$ (d là khoảng cách *hình chiếu* trên một đường sức giữa hai điểm ta xét).

+ Với điện trường không đều:

- Xác định mặt đẳng thế (quỹ tích những điểm có cùng điện thế).
- Sử dụng hệ thức: $E = -\frac{\Delta V}{\Delta n}$, \vec{n} là vector pháp tuyến với mặt đẳng thế, hướng về điện thế giảm.

- Một số chú ý: \vec{E} luôn hướng từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN. ĐIỆN THẾ VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ

Bài 1: Hiệu điện thế giữa hai điểm M, N trong điện trường $U_{MN} = 100\text{V}$.

- Tính công của lực điện trường khi một electron di chuyển từ M đến N.
- Tính công cần thiết để di chuyển electron từ M đến N.

Bài 2: Để di chuyển $q = 10^{-4}\text{C}$ từ rất xa vào điểm M của điện trường, cần thực hiện công $A' = 5 \cdot 10^{-5}\text{J}$. Tìm điện thế ở M (gốc điện thế ở ∞).

Bài 3: Khi bay qua 2 điểm M và N trong điện trường, electron tăng tốc, động năng tăng thêm 250eV ($1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$).

Bài 4: Electron chuyển động không vận tốc đầu từ A đến B trong điện trường đều, $U_{BA} = 45,5\text{V}$. Tìm vận tốc electron tại B.

Bài 5: Electron chuyển động quanh nhân nguyên tử hiđrô theo quỹ đạo tròn bán kính $R = 5 \cdot 10^{-9}\text{cm}$.

- Tính điện thế tại một điểm trên quỹ đạo electron.
- Khi electron chuyển động, điện trường của hạt nhân có sinh ra công không? Tại sao?

Bài 6: Điện tích $Q = 5 \cdot 10^{-9}\text{C}$ đặt ở O trong không khí.

- Cần thực hiện A'_1 bao nhiêu để đưa $q = 4 \cdot 10^{-8}\text{C}$ từ M cách Q đoạn $r_1 = 40\text{cm}$ đến N (cách Q đoạn $r_2 = 25\text{cm}$).
- Cần thực hiện công A'_2 bao nhiêu để đưa q từ M chuyển động chậm ra xa vô cùng ($r_3 = \infty$).

Bài 7: Tính thế năng của hệ thống hai điện tích điểm q_1, q_2 cách nhau khoảng r trong chân không.

Bài 8: Hai điện tích $q_1 = 2.10^{-6}\text{C}$, $q_2 = -3.10^{-6}\text{C}$ cách nhau 20cm trong không khí. Di chuyển hai điện tích để chúng cách nhau 50cm. Năng lượng của hệ hai điện tích tăng hay giảm. Tính độ biến thiên năng lượng của hệ.

Bài 9: Có thể tích điện cho vào một vật dẫn cô lập đến một điện thế tối đa là bao nhiêu khi chiếu vào vật một chùm tia electron, bay với vận tốc v ? Khối lượng m và điện tích e của electron coi như đã hết.

Bài 10: Electron ở cách proton đoạn $r = 5,2.10^{-9}\text{cm}$. Muốn electron thoát khỏi sức hút proton nó cần có vận tốc tối thiểu là bao nhiêu?

Bài 11: Trong nguyên tử hiđrô, electron chuyển động quanh hạt nhân theo quỹ đạo tròn bán kính $R = 5.10^{-9}\text{cm}$. Tính năng lượng cần cung cấp để ion hóa nguyên tử hiđrô (đưa electron ra xa vô cực).

Bài 12: Hai electron ban đầu ở rất xa nhau, chuyển động lại gần nhau. Tính khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng trong các trường hợp sau:

- Electron I được giữ cố định, electron II bay đến electron I với vận tốc đầu v_0 .
- Hai electron tự do, chuyển động về phía nhau với cùng vận tốc đầu v_0 .
- Hai electron tự do, ban đầu electron I đứng yên, electron II bay đến electron I với vận tốc đầu v_0 .

Bài 13: Quả cầu nhỏ khối lượng m mang điện tích $+q$ trượt không ma sát với $v_0 = 0$ từ đỉnh B có độ cao h của mặt phẳng nghiêng BC (góc nghiêng α). Tại đỉnh góc vuông A của tam giác ABC có một điện tích $-q$. Tính vận tốc quả cầu khi đến C. Định α để quả cầu có thể đến được C.

Bài 14: Hai điện tích $q_1 = 5.10^{-6}\text{C}$ và $q_2 = 2.10^{-6}\text{C}$ đặt tại 2 đỉnh A, D của hình chữ nhật ABCD, $AB = a = 30\text{cm}$, $AD = b = 40\text{cm}$. Tính:

- Điện thế tại B, C.
- Công của điện trường khi $q = 10^{-9}\text{C}$ di chuyển từ B đến C.

Bài 15: Hai điện tích $q_1 = 10^{-8}\text{C}$, $q_2 = -5.10^{-8}\text{C}$ đặt cách nhau 12cm trong không khí. Tính điện thế tại điểm có cường độ điện trường bằng 0:

Bài 16: Hai điện tích $q_1 = 3.10^{-8}\text{C}$, $q_2 = -5.10^{-8}\text{C}$ đặt tại A, B trong không khí, $AB = 8\text{cm}$. Tìm những điểm có điện thế bằng 0:

- Trên AB.
- Trên đường vuông góc với AB tại A.

Bài 17: Hai điện tích điểm q và $-nq$ ($n > 1$) đặt tại A, B cách nhau đoạn a . Chứng minh rằng mặt có điện thế bằng 0 là mặt cầu. Tính bán kính R của mặt cầu và vị trí tâm O của mặt cầu. Áp dụng với $n = 2$, $q = 6\text{cm}$.
đoạn AB, cách A đoạn $OO' = \frac{a}{n^2 - 1}$.

Bài 18: Tại 3 đỉnh tam giác đều ABC cạnh $a = 6\sqrt{3}\text{cm}$ trong không khí, lần lượt đặt 3 điện tích điểm $q_1 = -10^{-8}\text{C}$, $q_2 = q_3 = 10^{-8}\text{C}$. Tính:

- Điện thế tại tâm O và tại trung điểm M của cạnh AB.
- Công cần để di chuyển điện tích $q = -10^{-9}\text{C}$ từ O đến M.

Bài 19: Tại 4 đỉnh ABCD của hình vuông cạnh $a = 20\text{cm}$ đặt lần lượt ba điện tích âm, một điện tích dương, độ lớn 7.10^{-8}C trong không khí. Tính điện thế tại tâm hình vuông. Lấy $\sqrt{2} \approx 1,4$.

Bài 20: Ba điện tích điểm $q_1 = q_2 = q_3 = q = 10^{-8}\text{C}$ ban đầu ở rất xa nhau. Tính công cần thực hiện để đưa 3 điện tích đến 3 đỉnh của tam giác đều ABC cạnh $a = 3\text{cm}$ đặt trong không khí.

Bài 21: Chứng minh rằng thế năng của hệ n điện tích điểm trong không khí là $W_t = \sum_{i,j}^n k \cdot \frac{q_i q_j}{r_{ij}}$ (với $i < j$).

Bài 22: Ba electron ban đầu đứng yên ở ba đỉnh tam giác đều cạnh a , sau đó chúng chuyển động do lực tương tác tĩnh điện. Tìm vận tốc cực đại mỗi electron đạt được.

Bài 23: Hai điện tích $+9q$ và $-q$ được giữ chặt tại A, B trong chân không, $AB = a$. Một hạt khối lượng m , điện tích q chuyển động dọc theo đường AB như hình bên. Tìm vận tốc của m khi ở rất xa A, B để nó có thể chuyển động đến B.

Bài 24: Hai hạt prôtôn và hai hạt pôzitron ban đầu nằm yên xen kẽ nhau ở các đỉnh của một hình vuông, sau đó bay ra xa nhau. Biết tỉ số khối lượng của chúng $\frac{M}{m} = 2000$, còn điện tích thì giống nhau. Coi rằng khi bắt đầu chuyển động tự do, các hạt pôzitron sẽ bay ra xa vô cực rất nhanh, sau đó các prôtôn mới tách xa nhau. Tính tỉ số vận tốc pôzitron và prôtôn khi đã bay xa nhau vô cực.

Bài 25: Vòng dây tròn bán kính R tích điện đều với điện tích Q . Tính điện thế tại M trên trục vòng dây, cách tâm một đoạn h .

Bài 26: Vòng dây bán kính R tích điện Q phân bố đều, đặt trong không khí. Điện tích điểm q cùng dấu với Q từ A trên trục vòng chuyển động đến tâm B của vòng, $AB = d$. Tìm vận tốc nhỏ nhất của q tại A để q vượt qua được vòng dây. Khối lượng q là m .

2. VẬT DẪN CÂN BẰNG ĐIỆN

Bài 27: Hai quả cầu kim loại nhỏ có bán kính $R_1 = 3R_2$ đặt cách nhau đoạn $r = 2\text{cm}$ trong không khí, hút nhau bằng lực $F = 27 \cdot 10^{-3}\text{N}$. Nối hai quả cầu bằng dây dẫn. Khi bỏ dây nối chúng đẩy nhau bằng lực $F' = 6,75 \cdot 10^{-3}\text{N}$. Tìm điện tích lúc đầu của các quả cầu.

Bài 28: Có n giọt thủy ngân hình cầu giống nhau được tích điện, điện thế bề mặt mỗi quả cầu là V_0 . Nhập các giọt này thành một giọt hình cầu lớn. Tìm điện thế trên mặt giọt lớn này.

3. LIÊN HỆ GIỮA CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ

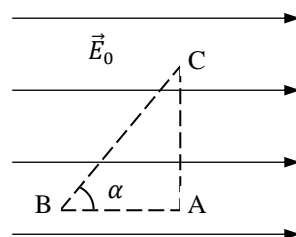
Bài 29: Tam giác ABC vuông tại A được đặt trong điện trường đều \vec{E}_0 , $\alpha = \angle ABC$

$= 60^\circ$; $AB \parallel \vec{E}_0$. Biết $BC = 6\text{cm}$, $U_{BC} = 120\text{V}$.

a) Tìm U_{AC} , U_{BA} và cường độ điện trường E_0 .

b) Đặt thêm ở C điện tích điểm $q = 9 \cdot 10^{-10}\text{C}$.

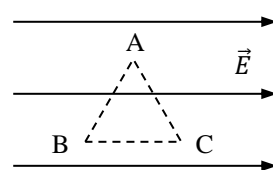
Tìm cường độ điện trường tổng hợp ở A.



Bài 30: Điện tích $q = 10^{-8}\text{C}$ di chuyển dọc theo các cạnh của tam giác đều ABC cạnh

$a = 10\text{cm}$ trong điện trường đều cường độ điện trường là: $E = 300(\text{V/m})$, $\vec{E} \parallel BC$.

Tính công của lực điện trường khi q di chuyển trên mỗi cạnh tam giác.



Bài 31: Mặt phẳng điện tích S tích điện q phân bố đều. hai tấm kim loại có cùng

diện tích S đặt 2 bên mặt q cách mặt q những đoạn nhỏ l_1, l_2 . Tìm hiệu điện thế giữa 2 tấm kim loại.

Bài 32: Hai mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều trái dấu nhau, mật độ điện mặt $\pm\sigma$. Chọn gốc điện thế ở bản tích điện âm, trục Ox hướng vuông góc từ bản âm sang bản dương. Tìm điện thế tại một điểm trong khoảng giữa hai bản.

Bài 33: Hai bản kim loại phẳng đặt song song cách nhau $d = 10\text{cm}$ được tích điện trái dấu và cùng độ lớn. Một thanh điện môi chiều dài $l = 1\text{cm}$ nằm dọc theo một đường sức, hai đầu thanh có 2 điện tích điểm cùng độ lớn $q = 10^{-11}\text{C}$ nhưng trái dấu. Khi quay thanh góc 90° quanh trục qua một điểm trên thanh để thanh vuông góc với đường sức, cần thực hiện công $A' = 3 \cdot 10^{-10}\text{J}$. Tính hiệu điện thế giữa 2 bản kim loại.

Bài 34: Một vật dẫn tích điện phân bố đều trên bề mặt với mật độ điện mặt σ . Tính cường độ điện trường tại một điểm ở sát mặt ngoài của vật dẫn.

Bài 35: Một quả cầu kim loại bán kính R được tích điện q phân bố đều trên bề mặt. Tính điện thế tại một điểm cách tâm quả cầu đoạn r .

Bài 36: Quả cầu bán kính R tích điện đều với mật độ điện khối ρ . Tính điện thế tại điểm cách tâm quả cầu một đoạn r .

D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1

a) Công của lực điện trường

Ta có: $A = qU_{MN} = -1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100 = -1,6 \cdot 10^{-17}\text{ J}$.

Vậy: Công của lực điện trường khi một electron di chuyển từ M đến N là $A = -1,6 \cdot 10^{-17}\text{ J}$.

b) Công cần thiết để di chuyển electron từ M đến N: $A' = -A = 1,6 \cdot 10^{-17}\text{ J}$.

Bài 2

Ta có: Công cần thực hiện: $A' = -A = -q(V_\infty - V_M) = -10^{-4}(0 - V_M) = 5 \cdot 10^{-5}\text{ J}$

$$\Rightarrow V_M = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{10^{-4}} = 0,5\text{ V}$$

Vậy: Điện thế ở điểm M là $V_M = 0,5\text{V}$.

Bài 3

Ta có: Công của lực điện trường là $A = q \cdot U_{AB} = \Delta W_d$

$$\Rightarrow U_{MN} = \frac{\Delta W_d}{q} = \frac{250 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} = -250\text{ V}.$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường là $U_{MN} = -250\text{V}$.

Bài 4

Ta có: Công của lực điện trường: $A = qU_{AB} = \Delta W_d = \frac{mv_B^2}{2}$ ($U_{AB} = -U_{BA} = -45,5\text{V}$)

$$\Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2qU_{AB}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (-45,5)}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 4 \cdot 10^6 (\text{m/s}).$$

Vậy: Vận tốc của electron tại B là $v_B = 4 \cdot 10^6 (\text{m/s})$.

Bài 5

a) Điện thế tại một điểm trên quỹ đạo electron

Ta có: $V = \frac{kq}{\epsilon.r} = \frac{9.10^9 . 1,6.10^{-19}}{5.10^{-11}} = 28,8 \text{ V}$

Vậy: Điện thế tại một điểm trên quỹ đạo của electron là $V = 28,8 \text{ V}$.

b) Điện trường của hạt nhân có sinh công không?

Khi electron chuyển động, điện trường của hạt nhân không sinh vì electron chuyển động theo một quỹ đạo khép kín.

Bài 6

a) Công đưa q từ M đến N

-Ta có:

+ Điện thế tại điểm M: $V_M = k \frac{Q}{\epsilon.r_1} = \frac{9.10^9 . 5.10^{-9}}{0,4} = 112,5 \text{ V}$

+ Điện thế tại điểm N: $V_N = k \frac{Q}{\epsilon.r_2} = \frac{9.10^9 . 5.10^{-9}}{0,25} = 180 \text{ V}$

- Công cần thực hiện để đưa q từ M đến N: $A'_1 = -A = -q.U_{MN} = -q(V_M - V_N)$

$\Rightarrow A'_1 = -4.10^{-8}(112,5 - 180) = 2,7.10^{-6} \text{ J}$.

Vậy: Công cần thực hiện để đưa q từ M đến N là $A'_1 = 2,7.10^{-6} \text{ J}$.

b) Công cần thực hiện để đưa q từ M ra vô cùng

Ta có: $V_\infty = 0$

$\Rightarrow A'_2 = -A = -qU_{M\infty} = -q(V_M - V_\infty) = -qV_M$

$A'_2 = -4.10^{-8}.112,5 = -4,5.10^{-6} \text{ J}$.

Vậy: Công cần thực hiện để đưa q từ M ra vô cùng là $A'_2 = -4,5.10^{-6} \text{ J}$.

Bài 7

Ta có:

+ Điện thế do q_1 gây ra: $V = k \frac{q_1}{r}$

+ Thế năng của hệ điện tích q_1, q_2 : $W = q_2 V = \frac{kq_1 q_2}{r}$.

Vậy: Thế năng của hệ điện tích q_1, q_2 là $W = \frac{kq_1 q_2}{r}$.

* *Chú ý:* Có thể dùng công thức tính thế năng của hệ 2 điện tích:

$W = \frac{1}{2} (q_1 V_1 + q_2 V_2)$, với $V_1 = \frac{kq_2}{\epsilon r_{21}}, V_2 = \frac{kq_1}{\epsilon r_{12}}$ nên $W = \frac{1}{2} (q_1 . \frac{kq_2}{\epsilon r_{21}} + q_2 . \frac{kq_1}{\epsilon r_{12}}) = \frac{kq_1 q_2}{r} (\epsilon = 1)$.

Bài 8:

- Thế năng ban đầu của hệ hai điện tích: $W_1 = \frac{kq_1 q_2}{r_1} = \frac{9.10^9 . 2.10^{-6} . (-3.10^{-6})}{0,2} = -0,27 \text{ J}$

- Thế năng lúc sau của hệ hai điện tích: $W_2 = \frac{kq_1 q_2}{r_2} = \frac{9.10^9 . 2.10^{-6} . (-3.10^{-6})}{0,5} = -0,108 \text{ J}$

- Độ biến thiên năng lượng của hệ: $\Delta W = W_2 - W_1 = -0,108 + 0,27 = 0,162 \text{ J} > 0$: năng lượng của hệ tăng.

Vậy: Khi di chuyển hai điện tích ra xa nhau thì năng lượng của hệ tăng.

Bài 9:

Công cần thực hiện để tích điện cho vật dẫn: $A' = -A = -qV = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$

$$\Rightarrow -qV = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow V_{\max} = \frac{mv^2}{-2q} = \frac{mv^2}{2e} \text{ (khi } v_0 = 0).$$

Vậy: Có thể tích điện cho vật dẫn cô lập đến điện thế tối đa là $V = \frac{mv^2}{2e}$.

Bài 10:

- Công của điện trường tác dụng lên electron: $A = qV = e \frac{ke}{r} = \frac{ke^2}{r}$

- Để electron thoát khỏi sức hút proton thì: $W_d \geq A \Rightarrow \frac{mv^2}{2} \geq \frac{ke^2}{r} \Rightarrow v \geq \sqrt{\frac{2ke^2}{mr}}$

$$v \geq \sqrt{\frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5,2 \cdot 10^{-11}}} = 3,2 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}.$$

Vậy: Để electron thoát khỏi sức hút proton thì electron phải có vận tốc tối thiểu là $v = 3,2 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$.

Bài 11:

- Electron chuyển động xung quanh hạt nhân theo quỹ đạo tròn dưới tác dụng của lực hướng tâm, lực này

chính là lực Cu-lông: $F = k \frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$

- Động năng của electron: $W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \frac{ke^2}{mr} = \frac{ke^2}{2r}$

- Thế năng của electron: $W_t = qV = -e \frac{ke}{r} = -\frac{ke^2}{r}$

- Năng lượng toàn phần của electron: $W = W_d + W_t = -\frac{ke^2}{2r} < 0$

- Năng lượng cần thiết để ion hóa nguyên tử hydro: $W' = -W = \frac{ke^2}{2r}$

$$\Rightarrow W' = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-11}} = 2,3 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 14,4 \text{ eV}.$$

Vậy: Năng lượng cần thiết để ion hóa nguyên tử hydro là $W' = 14,4 \text{ eV}$.

Bài 12:

Chọn gốc thế năng ở ∞ ($V_\infty = 0$)

a) Khi electron I được giữ cố định, electron II bay đến với vận tốc đầu v_0

- Năng lượng của hệ lúc đầu là động năng của electron II: $W_{\text{đầu}} = \frac{mv_0^2}{2}$

- Năng lượng của hệ lúc sau (khi dừng lại) là thế năng tương tác tĩnh điện tạo nên do sự có mặt của electron này trong điện trường tạo bởi electron kia: $W_{\text{sau}} = -e \cdot \left(\frac{-ke}{r}\right) = \frac{ke^2}{r}$

- Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_{\text{đầu}} = W_{\text{sau}}$

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{ke^2}{r} \Rightarrow r = \frac{2ke^2}{mv_0^2}$$

Vậy: Khi electron I được giữ cố định, electron II bay đến với vận tốc đầu v_0 thì khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng là $r = \frac{2ke^2}{mv_0^2}$.

b) Khi hai electron tự do chuyển động về phía nhau

- Năng lượng của hệ lúc đầu là động năng của hai electron: $W_{\text{đầu}} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = mv_0^2$

- Năng lượng của hệ lúc sau: $W_{\text{sau}} = \frac{ke^2}{r}$

- Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_{\text{đầu}} = W_{\text{sau}} \Rightarrow mv_0^2 = \frac{ke^2}{r} \Rightarrow r = \frac{ke^2}{mv_0^2}$

Vậy: Khi hai electron tự do chuyển động về phía nhau, khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng là $r = \frac{ke^2}{mv_0^2}$.

c) Khi hai electron tự do, ban đầu electron I đứng yên, electron II chuyển động về phía electron I

- Năng lượng của hệ lúc đầu bằng động năng của electron II: $W_{\text{đầu}} = \frac{mv_0^2}{2}$.

- Năng lượng của hệ lúc sau: $W_{\text{sau}} = \frac{mv^2}{2} + \frac{ke^2}{r} + \frac{mv^2}{2} = mv^2 + \frac{ke^2}{r}$

- Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_{\text{đầu}} = W_{\text{sau}} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{ke^2}{r} + mv^2$

- Theo định luật bảo toàn động lượng: $m \vec{v}_0 = m \vec{v} + m \vec{v} \Rightarrow v = \frac{v_0}{2}$

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{ke^2}{r} + m \frac{v_0^2}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{4} = \frac{ke^2}{r} \Rightarrow r = \frac{4ke^2}{mv_0^2}$$

Vậy: Khi hai electron tự do, ban đầu electron I đứng yên, electron II chuyển động về phía electron I, khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng là $r = \frac{4ke^2}{mv_0^2}$.

Bài 13:

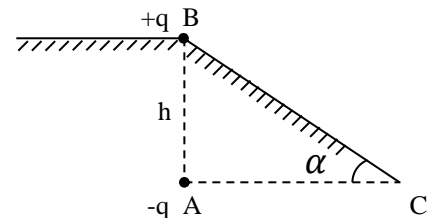
- Chọn mốc thế năng hấp dẫn ở chân mặt phẳng nghiêng; mốc thế năng điện ở vô cùng.

- Năng lượng của điện tích +q gồm có:

+ Động năng: $\frac{mv^2}{2}$

+ Thế năng hấp dẫn: mgz

+ Thế năng điện: $\frac{k(-q).q}{r} = -\frac{kq^2}{r}$



- Năng lượng của +q khi ở B: $W_B = 0 + mgh + \frac{-kq^2}{h}$ (1)

- Năng lượng của +q khi ở C: $W_C = \frac{1}{2}mv^2 + 0 + \frac{-kq^2}{AC}$ (2)

- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng cho hệ kín (điện tích +q, điện tích -q và Trái Đất): $W_B = W_C$

$$\Leftrightarrow mgh - \frac{kq^2}{h} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{kq^2}{AC}$$

$$\Rightarrow v^2 = 2 \left[gh - \frac{kq^2}{m} \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{AC} \right) \right]$$

Với $AC = \frac{h}{\tan \alpha} \Rightarrow v^2 = 2 \left[gh - \frac{kq^2}{mh} (1 - \tan \alpha) \right]$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \left[gh - (1 - \tan \alpha) \frac{kq^2}{mh} \right]}$$

- Để quả cầu m đến được C thì: $gh - (1 - \tan \alpha) \frac{kq^2}{mh} \geq 0$

$$\Rightarrow \tan \alpha \geq 1 - \frac{mgh^2}{kq^2}$$

Vậy: Vận tốc của quả cầu khi đến C là $v = \sqrt{2 \left[gh - (1 - \tan \alpha) \frac{kq^2}{mh} \right]}$, để quả cầu đến được C thì góc α phải thỏa $\tan \alpha \geq 1 - \frac{mgh^2}{kq^2}$.

Bài 14:

Ta có: $BD = \sqrt{AB^2 + AD^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ cm}$

a) Điện thế tại B và C

- Điện thế tại B: $V_B = \frac{kq_1}{AB} + \frac{kq_2}{BD}$

$$\Rightarrow V_B = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,3} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,5} = 1,86 \cdot 10^5 \text{ V.}$$

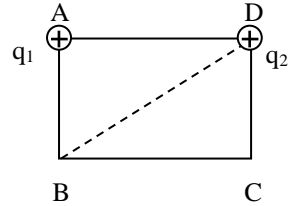
- Điện thế tại C: $V_C = \frac{kq_1}{AC} + \frac{kq_2}{DC}$

$$\Rightarrow V_C = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}{0,5} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,3} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ V}$$

b) Công của điện trường khi điện tích di chuyển từ B đến C

$$\text{Ta có: } A = q(V_B - V_C) = 10^{-9} \cdot (1,86 \cdot 10^5 - 1,5 \cdot 10^5) = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ J.}$$

Vậy: Công của điện trường khi điện tích q di chuyển từ B đến C là $A = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ J}$.



Bài 15:

- Vì q_1, q_2 cùng dấu nên điểm có cường độ điện trường bằng 0 nằm giữa q_1, q_2 .

- Gọi C là điểm có cường độ điện trường bằng 0, ta có: $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$$\Leftrightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2 \Leftrightarrow E_1 = E_2$$

$$\Leftrightarrow k \frac{q_1}{AC^2} = k \frac{q_2}{BC^2} \Leftrightarrow \frac{10^{-8}}{AC^2} = \frac{4 \cdot 10^{-8}}{(0,12 - AC)^2}$$

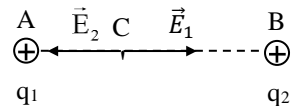
$$\Leftrightarrow \frac{(0,12 - AC)^2}{AC^2} = 4 \Leftrightarrow \frac{0,12 - AC}{AC} = 2$$

$$\Rightarrow AC = 0,04 \text{ m; } BC = 0,12 - 0,04 = 0,08 \text{ m}$$

- Điện thế tại điểm C: $V_C = \frac{kq_1}{AC} + \frac{kq_2}{BC}$

$$\Rightarrow V_C = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-8}}{0,04} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-8}}{0,08} = 6750 \text{ V.}$$

Vậy: Điện thế tại điểm có cường độ điện trường bằng 0 là $V_C = 6750 \text{ V}$.



Bài 16:

a) Những điểm có điện thế bằng 0 trên AB

Gọi M là điểm có điện thế bằng 0 trên AB, ta có: $V_M = \frac{kq_1}{AM} + \frac{kq_2}{BM} = 0$

$$\Rightarrow \frac{3 \cdot 10^{-8}}{AM} = \frac{5 \cdot 10^{-8}}{BM} \Leftrightarrow \frac{AM}{BM} = 0,6$$

$$\Rightarrow AM = 0,6BM \quad (BM > AM)$$

+ Nếu M nằm giữa A, B thì: $AM_1 + BM_1 = AB = 8$

$$\Leftrightarrow 1,6BM_1 = 8 \Rightarrow BM_1 = 5 \text{ cm và } AM_1 = 0,6.5 = 3 \text{ cm.}$$

+ Nếu M nằm ngoài A, B thì: $BM_2 - AM_2 = AB = 8$

$$\Leftrightarrow BM_2 - 0,6BM_2 = 8 \Rightarrow BM_2 = 20 \text{ cm và } AM_2 = 0,6.20 = 12 \text{ cm.}$$

Vậy: Có hai điểm có điện thế bằng 0 nên trên AB là M_1 và M_2 với $AM_1 = 3 \text{ cm}$, $BM_1 = 5 \text{ cm}$; $AM_2 = 12 \text{ cm}$, $BM_2 = 20 \text{ cm}$.

b) Những điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A

Gọi P là điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A:

$$V_P = \frac{kq_1}{AP} + \frac{kq_2}{PB} = 0$$

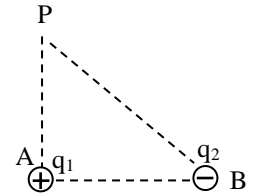
$$\Leftrightarrow \frac{3.10^{-8}}{AP} = \frac{5.10^{-8}}{BP} \Leftrightarrow AP = 0,6BP$$

$$\text{Mặt khác: } BP^2 - PA^2 = AB^2 = 64$$

$$\Rightarrow BP^2 - 0,36BP^2 = 64 \Rightarrow BP^2 = 100$$

$$\Rightarrow BP = 10 \text{ cm và } AP = 6 \text{ cm.}$$

Vậy: Điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A là P với $BP = 10 \text{ cm}$ và $AP = 6 \text{ cm}$.



Bài 17:

- Điện thế do q gây ra tại khoảng cách r_1 : $V_1 = \frac{kq}{r_1}$

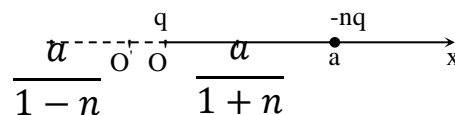
- Điện thế do $(-nq)$ gây ra tại khoảng cách r_2 : $V_2 = \frac{-nkq}{r_2}$

- Gọi M là điểm có điện thế bằng 0, ta có: $V_M = \frac{kq}{r_1} - \frac{nkq}{r_2} = 0$

$$\Leftrightarrow \frac{kq}{r_1} = \frac{nkq}{r_2} \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = n \quad (1)$$

- Chọn gốc tọa độ O của trục Ox tại vị trí đặt điện tích q thì điện tích $(-nq)$ có tọa độ a nên điểm M có tọa độ x, ta có: $r_1 = |x|$; $r_2 = |x - a|$.

$$\Rightarrow \frac{|x-a|}{|x|} = n$$



- Có ba trường hợp:

$$+ x < 0: \frac{-(x-a)}{-x} = n \Rightarrow x = \frac{a}{1-n} \quad (2)$$

$$+ 0 < x < a: \frac{-(x-a)}{x} = n \Rightarrow x = \frac{a}{1+n} \quad (3)$$

$$+ a < x: \frac{x-a}{x} = n \Rightarrow x = \frac{a}{1-n} < 0 \quad (\text{vô lý}).$$

- Kết hợp (1), (2), (3), ta thấy mặt có điện thế bằng 0 là mặt cầu mà đường kính cắt trục Ox tại hai điểm có tọa độ $\frac{a}{1+n}$ và $\frac{a}{1-n}$; có đường kính là: $d = \frac{a}{n+1} + \frac{a}{n-1} = \frac{2na}{n^2-1}$ hay có bán kính: $R = \frac{d}{2} = \frac{na}{n^2-1}$

- Gọi O' là vị trí tâm của mặt cầu, ta có: $OO' = R - \left| \frac{a}{1-n} \right| = \frac{na}{n^2-1} - \frac{a}{n-1} = \frac{a}{n^2-1}$

- Áp dụng: Với $n = 2$, $a = 6 \text{ cm}$ thì: $R = \frac{2.6}{2^2-1} = 4 \text{ cm}$; $OO' = \frac{6}{2^2-1} = 2 \text{ cm}$.

Vậy: Mặt có điện thế bằng 0 là mặt cầu có bán kính $R = \frac{na}{n^2-1}$, tâm O' nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, cách A đoạn $OO' = \frac{a}{n^2-1}$.

Bài 18:

a) Điện thế tại tâm O và tại trung điểm M của AB

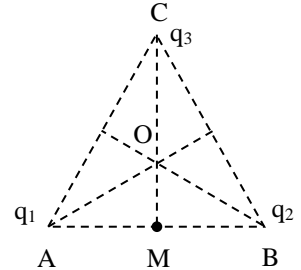
- Điện thế tại tâm O: $V_O = \frac{kq_1}{AO} + \frac{kq_2}{BO} + \frac{kq_3}{CO} = \frac{k}{AO} (q_1 + q_2 + q_3)$

Vì $AO = BO = CO = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3} = \frac{0,06\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{3} = 0,06 \text{ m}$

$\Rightarrow V_O = \frac{9 \cdot 10^9}{0,06} \cdot (-10^{-8} + 10^{-8} + 10^{-8}) = 1500 \text{ V}$

- Điện thế tại trung điểm M của cạnh AB: $V_M = \frac{kq_1}{AM} + \frac{kq_2}{BM} + \frac{kq_3}{CM} = k \left(\frac{q_1}{AM} + \frac{q_2}{BM} + \frac{q_3}{CM} \right)$

$\Rightarrow V_M = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{-10^{-8}}{0,03\sqrt{3}} + \frac{10^{-8}}{0,03\sqrt{3}} + \frac{10^{-8}}{\frac{0,06 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}}{2}} \right) = 1000 \text{ V}.$



b) Công cần để di chuyển q từ O đến M

Ta có: $A' = -A = -q \cdot (V_O - V_M) = +10^{-9} \cdot (1500 - 1000) = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$

Vậy: Công cần để di chuyển q từ O đến M là $A' = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$

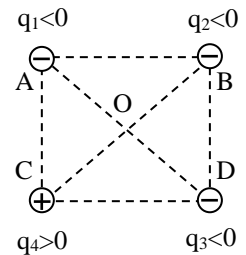
Bài 19:

Tại tâm hình vuông: $V_O = \frac{kq_1}{AO} + \frac{kq_2}{BO} + \frac{kq_3}{CO} + \frac{kq_4}{DO}$

Vì: $AO = BO = CO = DO = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{0,2\sqrt{2}}{2} = 0,1\sqrt{2} \text{ m}$

$\Rightarrow V_O = \frac{9 \cdot 10^9}{0,1\sqrt{2}} \cdot (-q - q - q + q) = -\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 10^{-8}}{0,1\sqrt{2}} = -9000 \text{ V}.$

Vậy: Điện thế tại tâm hình vuông là $V_O = -9000 \text{ V}.$



Bài 20:

Chọn gốc điện thế tại vô cùng: $V_\infty = 0$. Giả sử ban đầu q_1 đứng yên ở A.

- Công cần thực hiện để đưa điện tích q_2 từ ∞ đến đỉnh B của tam giác:

$A_2 = k \frac{q_1 q_2}{a^2} = k \frac{q^2}{a^2} \quad (1)$

- Công cần thực hiện để đưa điện tích q_3 từ ∞ đến đỉnh C của tam giác:

$A_3 = q_3 V_3 = q V_3$

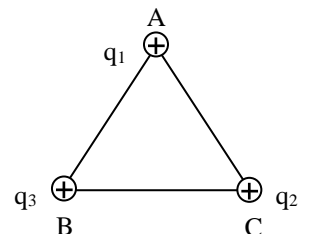
với: $V_3 = V_1 + V_2 = \frac{kq_1}{a} + \frac{kq_2}{a} = \frac{2kq}{a}$

$\Rightarrow A_3 = \frac{2kq^2}{a} \quad (2)$

- Công cần thực hiện để đưa cả ba điện tích trên đến ba đỉnh A, B và C của tam giác là:

$A = A_2 + A_3 = \frac{kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{a} = \frac{3kq^2}{a} = \frac{3 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (10^{-8})^2}{3 \cdot 10^{-2}} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

Vậy: Công cần thực hiện để đưa 3 điện tích đến 3 đỉnh của tam giác đều là: $A = 9 \cdot 10^{-5} \text{ J}.$



Bài 21:

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Công của lực tác dụng lên vật trong trường lực thế bằng độ giảm thế năng của vật đó trong trường lực, công mà lực điện trường thực hiện khi một điện tích q dịch chuyển từ A tới B là: $A_{AB} = W_A - W_B$ (W_A, W_B là thế năng của điện tích q tại các vị trí A và B).

Ta có: $W_A = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r_A} + C$; $W_B = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r_B} + C$ (C là hằng số tùy ý).

- Thế năng của một điện tích q_1 đặt trong điện trường của điện tích điểm q_2 và cách điện tích này một đoạn r là: $W = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon \cdot r} + C$

- Thế năng của hệ n điện tích điểm trong không khí: $W = \sum_{i,j}^n k \frac{q_i q_j}{r_{ij}} + C$ (với $i < j$).

- Chọn gốc thế năng ở vô cùng: $C = W_\infty = 0$

$$W = \sum_{i,j}^n k \frac{q_i q_j}{r_{ij}} \quad (i < j)$$

Vậy: Thế năng của hệ n điện tích điểm trong không khí là $W = \sum_{i,j}^n k \frac{q_i q_j}{r_{ij}} \quad (i < j)$.

Bài 22:

- Tương tự bài trên, công lực điện trường để đưa cả ba electron ra xa nhau ($W_d = W_{d\max}$; $W_t = 0$ nên $v = v_{\max}$) là: $A' = -A = -\frac{3ke^2}{a}$

- Mặt khác: $\Delta W'_d = A = \frac{3ke^2}{a}$

- Vì ba electron hoàn toàn bình đẳng nhau nên $\Delta W'_d = 3W_d = \frac{3ke^2}{a}$ ($v_0 = 0 \Rightarrow W_{0d} = 0$)

$$\Rightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{ke^2}{a} \Rightarrow v = v_{\max} = e \sqrt{\frac{2k}{ma}}$$

Vậy: Vận tốc cực đại mà mỗi electron đạt được là $v_{\max} = e \sqrt{\frac{2k}{ma}}$.

Bài 23:

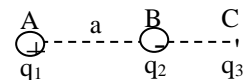
Gọi $q_1 = 9q$; $q_2 = -q$; $q_3 = q$ là điện tích chuyển động dọc theo AB: q_3 chịu tác dụng của lực đẩy \vec{F}_{13} của q_1 , lực hút \vec{F}_{23} của q_2 .

- Xét tại điểm C cách B khoảng x , khi đó ta có: $F_{13} = k \frac{|q_1 q_3|}{(a+x)^2}$; $F_{23} = k \frac{|q_2 q_3|}{x^2}$

$$+ \text{ Khi } F_{13} > F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1 q_3|}{(a+x)^2} > k \frac{|q_2 q_3|}{x^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{9q^2}{(a+x)^2} > \frac{q^2}{x^2} \Rightarrow \frac{3}{a+x} > \frac{1}{x}$$

$$\Rightarrow 2x > a \Rightarrow x > \frac{a}{2}$$



Vì $F_{13} > F_{23}$ nên lực tổng hợp tác dụng lên q_3 là lực đẩy, do đó khi q_3 cách B một đoạn $x > \frac{a}{2}$ thì q_3 sẽ chuyển động chậm dần.

+ Khi $F_{13} = F_{23} \Rightarrow x = x_0 = \frac{a}{2}$: lực tổng hợp tác dụng lên q_3 bằng 0.

+ Khi $F_{13} < F_{23} \Rightarrow x < \frac{a}{2}$: lực tổng hợp tác dụng lên q_3 là lực hút.

Như vậy, vận tốc ban đầu v_0 tối thiểu của hạt là ứng với vận tốc v_C của hạt tại C bằng 0 ($v_C = 0$).

- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng:

+ Ở xa vô cùng hạt chỉ có động năng: $W_d = \frac{1}{2}mv_0^2$

+ Tại C, vì $v_C = 0$ nên hạt chỉ có thế năng điện trường của q_1, q_2 : $W_t = (k \frac{q_1}{a+x_0} + k \frac{q_2}{x_0})q_3$

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_d = W_C \Leftrightarrow \frac{mv_0^2}{2} = (k \frac{q_1}{a+x_0} + k \frac{q_2}{x_0})q_3$

$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{2kq_3}{m} (\frac{q_1}{a+x_0} + \frac{q_2}{x_0}) = \frac{2kq}{m} (\frac{9q}{a+\frac{a}{2}} + \frac{-q}{\frac{a}{2}})$$

$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{2kq^2}{m} (\frac{9}{1,5a} - \frac{1}{0,5a}) = \frac{2kq^2}{m} \cdot \frac{6}{1,5a} = \frac{8kq^2}{ma}$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{8kq^2}{ma}}$$

Vậy: Vận tốc tối thiểu của m khi ở rất xa A để có thể chuyển động đến B là $v_0 = \sqrt{\frac{8kq^2}{ma}}$ hay $v_0 \geq \sqrt{\frac{8kq^2}{ma}}$.

Bài 24:

**Nhận xét:* Ban đầu, lực tác dụng lên các hạt có độ lớn bằng nhau nhưng $\frac{M}{m} = 2000$ nên các hạt pôzitrôn có gia tốc lớn hơn gia tốc các hạt prôtôn 2000 lần. Do đó, các hạt pôzitrôn sẽ đi ra xa vô cực rất nhanh sau đó các hạt prôtôn sẽ tách ra do tương tác giữa chúng với nhau. Vì thế ta có thể coi rằng khi các pôzitrôn dịch chuyển thì các prôtôn đứng yên.

- Nếu không có các hạt prôtôn thì thế năng tương tác giữa các hạt pôzitrôn là: $W = eV = \frac{ke^2}{a\sqrt{2}}$

- Điện thế do mỗi hạt prôtôn gây ra tại vị trí mỗi hạt pôzitrôn là: $V' = \frac{ke}{a}$

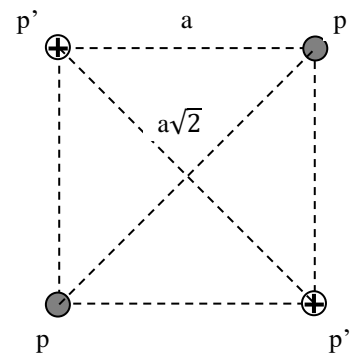
- Thế năng toàn phần của các hạt pôzitrôn là: $W_0 = W + 2eV' + 2eV' = \frac{ke^2}{a\sqrt{2}} + \frac{4ke^2}{a}$

$$\Rightarrow W_0 = \frac{ke^2}{a} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + 4 \right)$$

- Khi các hạt pôzitrôn chuyển động ra rất xa nhau, toàn bộ thế năng này chuyển thành động năng của chúng: $W_0 = W_d$.

$$\Leftrightarrow \frac{ke^2}{a} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + 4 \right) = 2 \frac{mv^2}{2} = mv^2$$

(1)



- Thế năng ban đầu của các hạt prôtôn là: $W' = \frac{ke^2}{a\sqrt{2}}$.

- Khi các hạt prôtôn chuyển động ra rất xa nhau, toàn bộ thế năng này chuyển thành động năng của chúng: $W' = W'_d$.

$$\Leftrightarrow \frac{ke^2}{a\sqrt{2}} = 2 \frac{Mv'^2}{2} = Mv'^2$$

(2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $\left(\frac{v}{v'} \right)^2 = \frac{M}{m} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + 4 \right) \cdot \sqrt{2} = \frac{M}{m} \cdot (1 + 4\sqrt{2})$

$$\Rightarrow \left(\frac{v}{v'} \right) = \sqrt{\frac{M}{m} \cdot (1 + 4\sqrt{2})} = \sqrt{2000 \cdot (1 + 4\sqrt{2})} \approx 115.$$

Vậy: Tỉ số vận tốc của pôzitrôn và prôtôn khi đã bay xa nhau ra vô cực là $\left(\frac{v}{v'} \right) \approx 115$.

Bài 25:

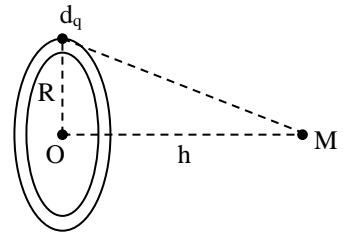
- Chia vòng dây thành những đoạn vô cùng nhỏ d_l mang điện tích d_q coi như điện tích điểm. Điện thế tại M trên trục vòng dây do d_q gây ra: $d_V = k \frac{d_q}{\epsilon \sqrt{R^2 + h^2}}$

- Điện thế tổng cộng do vòng dây gây ra tại M:

$$V = \sum d_V = \frac{k}{\epsilon \sqrt{R^2 + h^2}} \sum d_q \text{ với } \sum d_q = Q$$

$$\Rightarrow V = \frac{kQ}{\epsilon \sqrt{R^2 + h^2}} = \frac{Q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 \sqrt{R^2 + h^2}}$$

Vậy: Điện thế do vòng dây gây ra tại M là $V = \frac{Q}{4\pi \epsilon \epsilon_0 \sqrt{R^2 + h^2}}$.



Bài 26:

Ta có: Vận tốc nhỏ nhất của q tại A để q vượt qua vòng dây tương ứng vận tốc ở B của q sẽ bằng 0.

- Năng lượng của q tại A: $W_A = k \frac{Qq}{\sqrt{R^2 + d^2}} + \frac{mv_0^2}{2}$

- Năng lượng của q tại B: $W_B = k \frac{Qq}{R}$ (vì $h = 0$; $v_B = 0$)

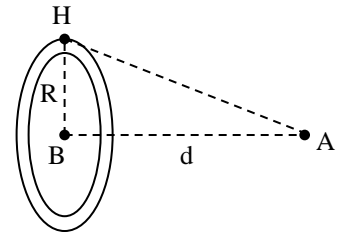
- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: $W_A = W_B$

$$\Leftrightarrow k \frac{Qq}{\sqrt{R^2 + d^2}} + \frac{mv_0^2}{2} = k \frac{Qq}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = kQq \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right)$$

$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{2kQq}{m} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right) \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2kQq}{m} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right)}$$

Vậy: Vận tốc nhỏ nhất của q tại A để q vượt qua được vòng dây là $v_0 = \sqrt{\frac{2kQq}{m} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \right)}$.



Bài 27:

- Gọi điện thế của mỗi quả cầu lúc ban đầu là V_1, V_2 . Ta có: $V_1 = k \frac{q_1}{R_1}$; $V_2 = k \frac{q_2}{R_2}$

- Vì $V_1 \neq V_2$ nên khi nối hai quả cầu bằng dây dẫn, các điện tích sẽ di chuyển từ quả cầu này sang quả cầu kia cho tới khi điện thế hai quả cầu bằng nhau.

- Gọi điện tích và điện thế của các quả cầu sau khi nối dây là: q'_1, q'_2, V'_1, V'_2 . Ta có: $V'_1 = V'_2 \Leftrightarrow k \frac{q'_1}{R_1} = k \frac{q'_2}{R_2}$

$$\Rightarrow \frac{q'_1}{q'_2} = \frac{R_1}{R_2} = 3$$

- Lực hút ban đầu của hai quả cầu: $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \Rightarrow q_1 q_2 = -\frac{F \cdot r^2}{k} = -\frac{27 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02^2}{9 \cdot 10^9} = -1,2 \cdot 10^{-15}$ (1)

- Lực đẩy lúc sau của hai quả cầu: $F' = k \frac{|q'_1 q'_2|}{r^2}$

$$\Rightarrow q'_1 q'_2 = -\frac{F' \cdot r^2}{k} = -\frac{6,75 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02^2}{9 \cdot 10^9} = 3 \cdot 10^{-16}$$

- Mà $q'_1 = 3q'_2 \Rightarrow 3q'^2_2 = 3 \cdot 10^{-16}$

$$\Rightarrow q'_2 = 10^{-8} C; q'_1 = 3 \cdot 10^{-8} C$$

- Theo định luật bảo toàn điện tích: $q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2 = 4 \cdot 10^{-8} C$

$$\Rightarrow q_2 = 4 \cdot 10^{-8} - q_1$$

(2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $q_1^2 - 4.10^{-8}q_1 - 1,2.10^{-15} = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} q_1 = 6.10^{-8}C; q_2 = -2.10^{-8}C \\ q_1 = -6.10^{-8}C; q_2 = 2.10^{-8}C \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} q_1 = -2.10^{-8}C; q_2 = 6.10^{-8}C \\ q_1 = 2.10^{-8}C; q_2 = -6.10^{-8}C \end{cases}$$

Bài 28:

-Điện thế bề mặt của một giọt thủy ngân nhỏ (bán kính r) là: $V_0 = \frac{kq}{r}$.

-Điện thế bề mặt của giọt thủy ngân lớn (bán kính R) là: $V = \frac{kq}{R}$.

-Mặt khác, thể tích của giọt thủy ngân lớn bằng thể tích của n giọt thủy ngân nhỏ nên: $\frac{4}{3}\pi R^3 = n \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$

$$\Rightarrow R = r\sqrt[3]{n}$$

$$\text{Do đó: } V = \frac{kq}{r\sqrt[3]{n}} = \sqrt[3]{n^2} \cdot \frac{kq}{r} = \sqrt[3]{n^2} V_0.$$

Vậy: Điện thế trên mặt giọt thủy ngân lớn là $V = \sqrt[3]{n^2} V_0$.

Bài 29:

a) Tính U_{AC} , U_{BA} và E_0

- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, C: $U_{AC} = qE_0 \cdot AC' = 0$

(AC' là hình chiếu của AC lên phương của đường sức).

- Hiệu điện thế giữa hai điểm B, A: $U_{BA} = qE_0 \cdot B'A' = U_{BC} = 120V$

- Cường độ điện trường E_0 : $E_0 = \frac{U_{BC}}{B'C'} = \frac{120}{BA}$ (với $\cos\alpha = \frac{BA}{BC} \Rightarrow BA = BC\cos\alpha$)

$$\Rightarrow E_0 = \frac{120}{BC \cdot \cos\alpha} = \frac{120}{0,06 \cdot \cos 60^\circ} = \frac{120}{0,06 \cdot 0,5} = 4000 \text{ (V/m)}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm AC là $U_{AC} = 0$; hiệu điện thế giữa hai điểm BA là $U_{BA} = 120V$; cường độ điện trường $E_0 = 4000(V/m)$.

b) Cường độ điện trường tổng hợp tại A

- Cường độ điện trường do q gây ra ở A: $E_1 = \frac{kq}{AC^2} = \frac{kq}{(BC\sin\alpha)^2}$

$$E_1 = \frac{9.10^9 \cdot 9.10^{-10}}{(0,06 \cdot \sin 60^\circ)^2} = \frac{9.10^9 \cdot 9.10^{-10}}{(0,06 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2})^2} = 3000 \text{ (V/m)}$$

-Cường độ điện trường tổng hợp ở A: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_0$

$$\text{Vì } \vec{E}_1 \perp \vec{E}_0 \Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_0^2} = \sqrt{3000^2 + 4000^2} = 5000 \text{ (V/m)}.$$

Vậy: Cường độ điện trường tổng hợp tại A là $E = 5000(V/m)$.

Bài 30:

- Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh AB của tam giác:

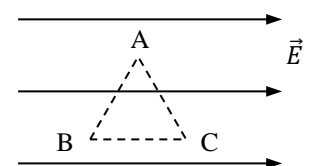
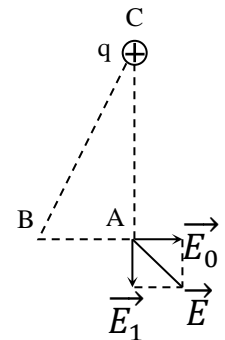
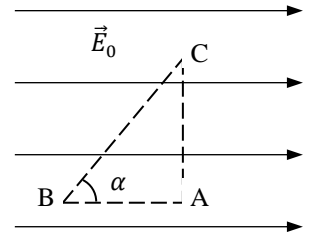
$$A_{AB} = -qE \cdot AB' = -qE \cdot \frac{a}{2} = -10^{-8} \cdot 300 \cdot \frac{0,1}{2} = -1,5.10^{-7} \text{ J}$$

- Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh BC của tam giác:

$$A_{BC} = qE \cdot BC = 10^{-8} \cdot 300 \cdot 0,1 = 3.10^{-7} \text{ J}$$

- Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh CA của tam giác:

$$A_{CA} = -qE \cdot AC = A_{AB} = -1,5.10^{-7} \text{ J}.$$

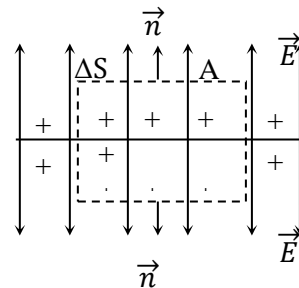


Bài 31:

- Trước hết cần xác định cường độ điện trường gây bởi một mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều đặt trong chân không.

+ Gọi $\sigma = \frac{q}{S}$ là mật độ điện mặt của mặt phẳng tích điện (giả sử $\sigma > 0$). Do tính chất phân bố điện tích trên mặt phẳng, ta thấy mặt phẳng tích điện chia không gian làm hai nửa đối xứng nhau.

Vì mặt phẳng vô hạn, nên bất kì đường thẳng nào vuông góc với mặt phẳng cũng đều là trục đối xứng của hệ điện tích. Do đó, các vectơ cường độ điện trường tại mọi điểm bên ngoài mặt phẳng đều song song với nhau và vuông góc với mặt phẳng có độ lớn bằng nhau, hướng ra xa mặt phẳng nếu $\sigma > 0$ (mặt phẳng tích điện dương) và hướng về phía mặt phẳng nếu $\sigma < 0$ (mặt phẳng tích điện âm). Như vậy ở mỗi nửa không gian hai bên mặt phẳng tích điện, điện trường là đều.



+ Để xác định cường độ điện trường do mặt phẳng tích điện gây ra tại A cách mặt phẳng một khoảng h, ta chọn mặt kín S là một hình trụ (biểu diễn bằng đường nét đứt trên hình vẽ) có đường sinh vuông góc với mặt phẳng, hai đáy song song (đáy trên chứa điểm A) cách mặt phẳng một khoảng h và có diện tích ΔS . Chọn chiều dương của pháp tuyến \vec{n} hướng ra ngoài mặt S. Vì pháp tuyến của mặt xung quanh hình trụ vuông góc đường sức nên $\alpha = 90^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0$, điện thông qua mặt xung quanh bằng 0. Điện thông toàn phần qua mặt S chỉ còn bằng điện thông qua hai đáy và có giá trị: $\Phi = 2E \Delta S \cdot \cos \alpha = 2E \Delta S$

+ Điện tích q ở bên trong mặt ΔS là điện tích có trên phần mặt phẳng có diện tích ΔS giới hạn bởi mặt trụ: $q = \sigma \cdot \Delta S$.

+ Áp dụng định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = 2E \Delta S = \frac{\sigma \Delta S}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

+ Điện thế do mặt phẳng tích điện q gây ra tại tâm kim loại cách mặt q đoạn l_1, l_2 là:

$$V_1 = Ex = \frac{\sigma \cdot l_1}{2\epsilon_0}; \quad V_2 = Ex = \frac{\sigma \cdot l_2}{2\epsilon_0}$$

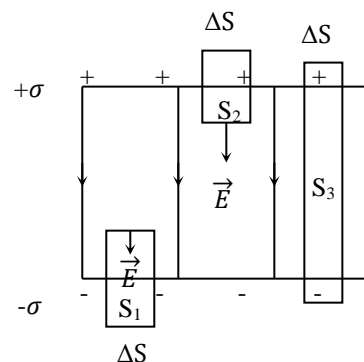
- Hiệu điện thế giữa hai tấm kim loại: $U_{12} = V_1 - V_2 = \frac{\sigma(l_1 - l_2)}{2\epsilon_0} = \frac{q(l_1 - l_2)}{2\epsilon_0 S}$.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai tấm kim loại là $U_{12} = \frac{q(l_1 - l_2)}{2\epsilon_0 S}$.

Bài 32:

- Áp dụng kết quả tìm được ở phần cường độ điện trường do một mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều gây ra, ta vận dụng định lí Ostrogradski – Gauss cho hệ hai mặt phẳng tích điện. Vì điện tích phân bố đều trên hai mặt phẳng nên dễ dàng nhận xét rằng cường độ điện trường gây bởi từng mặt và bởi cả hai mặt có phương vuông góc với các mặt. Mặt khác, cường độ điện trường có độ lớn như nhau tại các điểm cách đều mặt phẳng.

Ngoài ra, ở trong khoảng giữa hai mặt phẳng, vectơ \vec{E} có chiều từ mặt phẳng tích điện dương sang mặt phẳng tích điện âm. Chọn mặt kín S là mặt trụ, có hai đáy song song diện tích ΔS cách đều mặt phẳng và mặt xung quanh hình trụ vuông góc với mặt phẳng.



CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

+ Điện thông N qua toàn bộ mặt S chỉ còn bằng điện thông qua hai mặt đáy. Đối với mặt kín S_3 thì tổng đại số các điện tích bên trong mặt kín là: $\sum q = \sigma \Delta S + (-\sigma \Delta S) = 0$

+ Áp dụng định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow 2E \cdot \Delta S = 0 \Rightarrow E = 0$

Như vậy, cường độ điện trường tại mọi điểm trong khoảng không gian bên ngoài hệ hai mặt phẳng (ở cả hai phía của hệ) bằng 0: $\vec{E} = \vec{0}$.

+ Đối với các mặt kín S_1, S_2 thì điện tích q ở bên trong mặt kín có độ lớn $q = \sigma \Delta S$ và $\Phi = E \cdot \Delta S$. Do đó:

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow E \cdot \Delta S = \frac{\sigma \Delta S}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

- Điện thế tại một điểm trong khoảng giữa hai bản: $V = Ex = \frac{\sigma}{\epsilon_0} x$

Vậy: Điện thế tại một điểm trong khoảng giữa hai bản là $V = Ex = \frac{\sigma}{\epsilon_0} x$.

Bài 33:

- Từ kết quả các bài trên, cường độ điện trường giữa hai bản kim loại phẳng tích điện trái dấu với mật độ điện mặt $\pm \sigma$ là: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = 4\pi k\sigma$.

- Lực điện tác dụng vào mỗi quả cầu có độ lớn: $F = qE = q \cdot 4\pi k\sigma$.

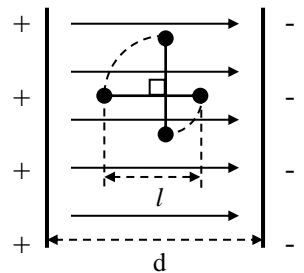
- Khi quay thanh một góc 90° quanh một trục qua một điểm bất kì trên thanh một góc 90° thì đầu kia chuyển động dọc theo đường sức so với đầu này của thanh một đoạn $s = l$ nên công phải thực hiện là:

$$A' = Fs = q \cdot 4\pi k\sigma l$$

- Hiệu điện thế giữa hai bản kim loại là: $U = Ed$

$$\Rightarrow U = 4\pi k\sigma \cdot d = \frac{\Lambda' d}{ql} = \frac{3 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{-1}}{10^{-11} \cdot 10^{-2}} = 300 \text{ V}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản kim loại là $U = 300 \text{ V}$.



Bài 34:

- Điện thông qua mặt kín S : $\Phi = \sum_S E \Delta S \cdot \cos \alpha = ES$

- Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $\Phi = \frac{1}{\epsilon \epsilon_0} \cdot \sum q_i = \frac{1}{\epsilon \epsilon_0} \cdot \sum \sigma dS = \frac{\sigma S}{\epsilon \epsilon_0} \Rightarrow ES = \frac{\sigma S}{\epsilon \epsilon_0}$

$$\Rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \text{ (trong chân không } \epsilon = 1)$$

Vậy: Cường độ điện trường tại một điểm sát mặt vật dẫn là $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$.

Bài 35:

Trước hết cần xác định cường độ điện trường gây bởi mặt cầu kim loại tâm O , bán kính R , tích điện $q > 0$.

- Điểm A_1 bên ngoài mặt cầu cách tâm O một khoảng $r > R$.

+ Xét mặt cầu S_1 , tâm O , bán kính r chứa điểm A_1 . Vì lý do đối xứng tại mọi điểm trên S_1 vectơ cường độ điện trường \vec{E} đều vuông góc với S_1 (tức là có phương trùng với bán kính), có độ lớn bằng nhau, hướng ra xa tâm O nếu $\sigma > 0$, hướng về phía tâm O nếu $\sigma < 0$.

+ Điện thông qua mặt kín S_1 : $\Phi = 4\pi r^2 E$

+ Theo định lý Ostrogradski - Gauss: $\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} \Leftrightarrow 4\pi r^2 E = \frac{q}{\epsilon_0}$

$$\Rightarrow E = \frac{q}{4\pi r^2 \epsilon_0} = \frac{kq}{r^2}$$

+ Điện thế tại A_1 : $V_{A1} = Er = \frac{kq}{r}$.

- Điểm A_2 bên trong mặt cầu tích điện cách tâm O một khoảng $r' < R$: Vì quả cầu là vật đẳng thế nên điện thế tại một điểm bên trong quả cầu bằng điện thế tại một điểm trên mặt quả cầu: $r' = R$.

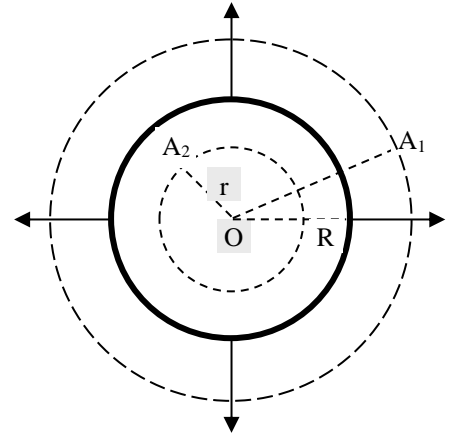
+ Xét mặt cầu S_2 , tâm O , bán kính $r' = R$ chứa điểm A' .

+ Điện thông qua mặt kín S_2 : $\Phi = 4\pi R^2 E$

+ Áp dụng định lý Ostrogradski - Gauss: $\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow 4\pi R^2 E = \frac{q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{q}{4\pi R^2 \epsilon_0} = \frac{kq}{R^2}$

+ Điện thế tại A' : $V_{A'} = ER = \frac{kq}{R}$.

Vậy: Với $r < R$: $V_{A2} = V_{A'} = \frac{kq}{R}$; $r \geq R$: $V_{A1} = \frac{kq}{r}$.



Bài 36:

Vì sự phân bố điện tích có tính đối xứng cầu nên đường sức điện trường là những đường thẳng trùng với phương bán kính, hướng ra xa tâm O của khối cầu nếu $S > 0$, hoặc hướng về tâm O nếu $S < 0$. Hơn nữa, tại các điểm cách đều tâm O , cường độ điện trường có giá trị như nhau. Chọn mặt kín S là mặt cầu đồng tâm với khối cầu và chứa điểm khảo sát.

- Điểm A_1 , ở bên ngoài khối cầu tích điện cách tâm O một khoảng $r > R$: Xét mặt cầu S_1 , tâm O , bán kính r chứa điểm A_1 :

+ Điện thông qua mặt S_1 : $\Phi = E \cdot \Delta S = 4\pi \cdot r^2 E$

+ Theo định lý Ostrogradski - Gauss: $\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} \Leftrightarrow 4\pi r^2 E = \rho \frac{4\pi R^3}{3}$

$$\Rightarrow E = \frac{\rho R^3}{3r^2 \epsilon_0}$$

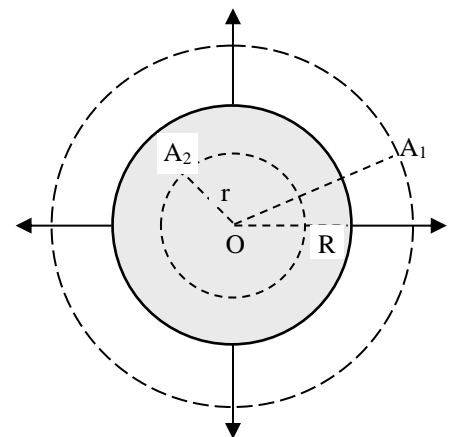
+ Điện thế tại A_1 : $V = Er = \frac{\rho R^3}{3r \epsilon_0}$.

- Điểm A_2 ở bên trong khối cầu cách tâm O một khoảng $r' < R$.

+ Điện thông bên trong mặt cầu S_2 : $\Phi = E \cdot \Delta S = E \cdot 4\pi r'^2$

+ Theo định lý Ostrogradski - Gauss: $\Phi = \frac{q}{\epsilon_0} \Leftrightarrow 4\pi r'^2 E = \rho \frac{4\pi r'^3}{3\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\rho r'}{3\epsilon_0}$

+ Điện thế tại A_2 : $V = Er' = \frac{\rho r'^2}{3\epsilon_0}$



Vậy: Với $r > R$ thì $V = \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0}$; với $r = R$ thì $V = \frac{\rho R^2}{3\epsilon_0}$; với $r < R$ thì $V = \frac{\rho r^2}{3\epsilon_0}$.

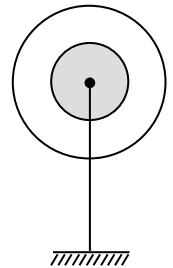
E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN

Bài 1: Một hình vuông ABCD có cạnh $a\sqrt{2}$, có tâm ở O. Tại mỗi đỉnh của hình vuông ta đặt cố định một điện tích $+q$.

- Xác định điện thế do các điện tích ở đỉnh gây ra tại tâm O hình vuông.
- Chứng minh rằng điểm O là vị trí cân bằng bền của một điện tích điểm thử $Q = +q$ trong mặt phẳng của hình vuông và là vị trí cân bằng không bền theo trục đi qua tâm O và vuông góc với mặt phẳng của hình vuông.

(Trích Đề thi học sinh giỏi Quốc gia, Năm 2001)

Bài 2: Trong một vỏ cầu kim loại mỏng, bán kính $R = 20\text{cm}$ có một hình cầu kim loại đồng tâm, bán kính $r = 10\text{cm}$, nối với đất bằng một dây dẫn rất dài đi qua một lỗ của vỏ cầu. Vỏ cầu được truyền điện tích $Q = 10^{-8}\text{C}$. Tính điện thế của nó và điện dung của hệ thống vật dẫn tạo thành. Vẽ sơ đồ điện tương đương.

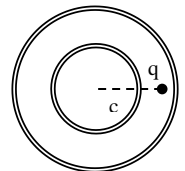


(Trích Đề thi Olympic Quốc tế, Liên Xô - 1970)

Bài 3: Hai bản kim loại đặt nằm ngang, song song với nhau, cách nhau một khoảng $d = 1\text{cm}$, được nối với nguồn điện có hiệu điện thế $U = 1\text{kV}$. Ở đúng giữa khoảng cách hai bản có một giọt thủy ngân nhỏ tích điện nằm lơ lửng. Đột nhiên hiệu điện thế của nguồn giảm xuống còn bằng $U' = 995\text{V}$. Hỏi sau bao lâu giọt thủy ngân rơi xuống đến bản dưới. Lấy $g = 10(\text{m/s}^2)$.

(Trích Đề thi TSDH Tổng hợp Hà Nội, năm học 1990-1991)

Bài 4: Giữa hai quả cầu đồng tâm không tích điện bằng kim loại có các bán kính là a và b có một điện tích điểm q ở trên khoảng cách c tính từ tâm các quả cầu (hình vẽ). Điện tích nào chạy theo một dây dẫn mảnh nếu nó nối ngắn mạch hai quả cầu.

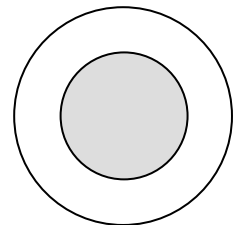


(Trích “Tập chí Lượng tử - Liên Xô”)

Bài 5: Một quả cầu dẫn điện nhưng không được tích điện có bán kính R được đặt vào điện trường của điện tích điểm Q nằm cách tâm quả cầu một khoảng L . Xác định điện thế của quả cầu, cho $V_\infty = 0$.

(Trích “Tập chí Lượng tử - Liên Xô”)

Bài 6: Một quả cầu kim loại có bán kính R_1 được tích điện đến điện thế V_1 . Một mặt cầu dẫn điện nhưng không được tích điện, thành mỏng và có bán kính R_2 bao quanh quả cầu trên một cách đối xứng (hình vẽ). Tính điện thế của quả cầu trong hai trường hợp:



- Mặt cầu được nối đất.
- Mặt cầu và quả cầu được nối với nhau bằng một dây dẫn.

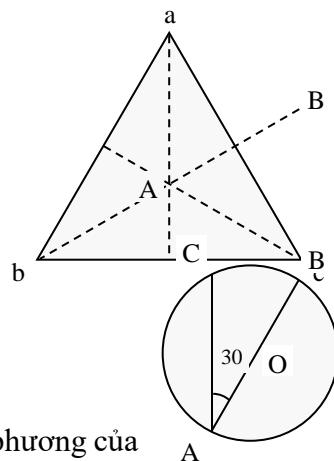
(Trích “Tập chí Lượng tử - Liên Xô”)

Bài 7: Ba thanh mảnh cách điện dài bằng nhau và nối với nhau thành một tam giác đều. Gọi A là trọng tâm tam giác và B là điểm đối xứng với A qua cạnh ac . Ba thanh được tích điện có điện tích được phân bố đều dọc

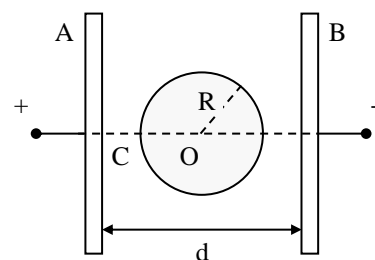
theo các thanh. Điện thế đo được tại các điểm A và B là V_A và V_B . Bỏ thanh ac đi nhưng điện tích hai thanh còn lại được giữ không đổi. Tính điện thế tại các điểm A và B khi đó.

Bài 8: Trong điện trường đều cường độ E ta đặt một vòng tròn tâm O, đường kính $AB = 2R$. Tại điểm A trên mặt phẳng đường tròn có một quả cầu nhỏ tích điện dương q được phóng ra với vận tốc không đổi và khi đến C thì vận tốc này lớn nhất. Biết $\widehat{CAB} = 30^\circ$. Bỏ qua trọng lực và sức cản không khí.

- Tính góc θ giữa phương của điện trường và đường kính AB.
- Nếu quả cầu nhỏ tại điểm A được phóng ra với vận tốc ban đầu thẳng góc với phương của điện trường và có thể chuyển động đến điểm C thì động năng ban đầu của nó phải bằng bao nhiêu?



Bài 9: Hai bản kim loại song song A và B đặt thẳng đứng, cách nhau một khoảng d và được nối với nguồn điện có hiệu điện thế không đổi U . Một vỏ cầu kim loại bán kính R đặt giữa hai bản kim loại nói trên, tâm vỏ cầu cách đều hai bản. C là một điểm trên vỏ cầu và ở gần bản A nhất. Tính hiệu điện thế giữa bản A và điểm C.



Bài 10: Một electron có năng lượng eU_0 chuyển động trong không gian giữa hai mặt trụ đồng trục có bán kính R_1 và R_2 với $R_2 > R_1$. Biết phương vận tốc của electron lúc đầu vuông góc với mặt phẳng chứa trục hai hình trụ. Hỏi với một hiệu điện thế U giữa hai mặt trụ là bao nhiêu thì electron có thể chuyển động tròn đều.

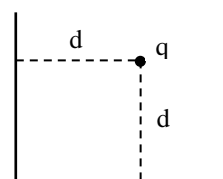
Bài 11: Hai mặt cầu kim loại đồng tâm có bán kính R và $3R$. Ở cách tâm của hai mặt cầu một khoảng $2R$ có một điện tích Q . Dùng dây dẫn nối hai mặt cầu, sau đó nối mặt cầu ngoài với đất, biết điện trở các dây nối có giá trị lớn. Tính điện lượng chuyển qua các dây dẫn và tổng nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở các dây nối trong thời gian dài.

Bài 12: Cho hai nửa mặt phẳng dẫn điện vô hạn tạo thành góc vuông (hình vẽ).

- Dịch chuyển một điện tích q từ vô cực đến vị trí nằm yên cách mỗi mặt một đoạn d . Tính công thực hiện để dịch chuyển điện tích này.

- Khi q nằm cách mỗi mặt một đoạn d thì các mặt bị thay đổi từ chỗ là mặt dẫn điện thành mặt điện môi. Tính công thực hiện để đưa điện tích q ra xa vô cực.

- Xác định thế năng của hệ điện tích trên các mặt phẳng điện môi.



(Trích Đề thi Olympic, Mỹ, Năm 2000)

F. BÀI GIẢI

Bài 1:

- Điện thế tại O

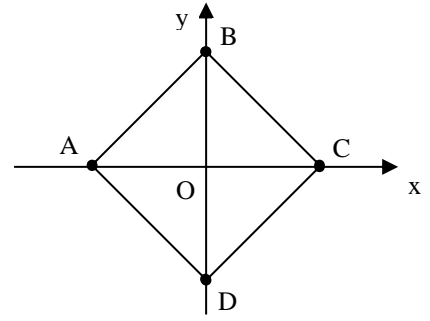
Chọn hệ trục tọa độ Oxy và gắn các điện tích trên các trục tọa độ như

hình vẽ.

Ta có: $V_O = V_A + V_B + V_C + V_D$.

$$\text{Với } V_A = V_B = V_C = V_D = \frac{kq}{OA} = \frac{kq}{\frac{a\sqrt{2}\cdot\sqrt{2}}{2}} = \frac{kq}{a}.$$

$$\Rightarrow V_O = 4 \frac{kq}{a}$$



Vậy: Điện thế do các điện tích ở đỉnh gây ra tại tâm O hình vuông là $V_O = 4 \frac{kq}{a}$.

b) Chứng minh rằng điểm O là vị trí cân bằng bền của điện tích Q và là vị trí cân bằng không bền theo trục đi qua tâm O và vuông góc với mặt phẳng của hình vuông

- Xét điểm M(x, y) nằm gần O ($x, y \ll a$). Ta có:

$$+ \text{Điện thế tại A: } V_A = \frac{kq}{\sqrt{(a-x)^2+y^2}} = \frac{kq}{a} \left(1 + \frac{2x}{a} + \frac{x^2+y^2}{a^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

Vì $x, y \ll a$ nên áp dụng công thức gần đúng: $(1 + \varepsilon)^n \approx 1 + n\varepsilon + \frac{n(n-1)}{2!} \varepsilon^2$ ta được:

$$V_A \approx \frac{kq}{a} \left(1 - \frac{x}{a} - \frac{x^2+y^2}{2a^2} + \frac{3}{2} \cdot \frac{x^2}{a^2} \right)$$

+ Tương tự, tính được điện thế tại các điểm B, C và D.

+ Điện thế tại điểm M: $V_M = V_A + V_B + V_C + V_D$.

$$\Leftrightarrow V_M = \frac{kq}{a} \left(4 + \frac{x^2+y^2}{a^2} \right) = V_O + \frac{kqr^2}{a^3}, r = \sqrt{x^2+y^2} = OM$$

+ Thế năng của điện tích Q tại M: $W_M = qV_M = qV_O + \frac{kq^2r^2}{a^3}$.

+ Tại điểm O, $r = 0$: $W = W_{\min}$ và hợp lực tác dụng lên Q bằng 0 nên O là vị trí cân bằng bền.

- Xét điểm N(0, 0, z) trên trục Oz đi qua O và vuông góc với mặt phẳng Oxy. Ta có:

$$+ \text{Điện thế tại điểm N: } V_N = V_A + V_B + V_C + V_D = 4 \frac{kq}{\sqrt{a^2+z^2}}.$$

+ Thế năng của điện tích Q tại N: $W_N = qV_N = 4 \frac{kq^2}{\sqrt{a^2+z^2}}$.

+ Tại điểm O, $z = 0$: $W = W_{\max}$ và hợp lực tác dụng lên Q bằng 0 nên O là vị trí cân bằng không bền.

Vậy: Điểm O là vị trí cân bằng bền của điện tích Q và là vị trí cân bằng không bền theo trục đi qua tâm O và vuông góc với mặt phẳng của hình vuông.

Bài 2:

Gọi q là điện tích cảm ứng trên hình cầu nhỏ. Bỏ qua sự nhiễu nhỏ do dây dẫn gây ra, điện thế của vỏ cầu lớn

$$\text{là: } V_1 = \frac{q+Q}{4\pi R\epsilon_0}.$$

- Điện thế trên mặt trong vỏ cầu lớn là: $\varphi_1 = \frac{q}{4\pi R\epsilon_0}$.

- Điện thế trên mặt ngoài quả cầu nhỏ là: $\varphi_2 = \frac{q}{4\pi r\epsilon_0}$.

- Hiệu điện thế giữa hai mặt cầu là: $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{q}{4\pi r\epsilon_0} - \frac{q}{4\pi R\epsilon_0} = \left(\frac{q}{r} - \frac{q}{R} \right) \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$.

- Điện thế của quả cầu nhỏ: $V_2 = V_1 + \Delta\varphi = \frac{q+Q}{4\pi R\epsilon_0} + \left(\frac{q}{r} - \frac{q}{R} \right) \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$.

$$\Leftrightarrow V_2 = \left(\frac{Q}{R} - \frac{q}{r} \right) \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \left(\frac{rQ + Rq}{rR} \right) \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.$$

- Vì quả cầu nhỏ nối đất nên: $V_2 = 0 \Rightarrow q = -\frac{r}{R}Q$ và $V_1 = \frac{\frac{r}{R}Q + Q}{4\pi R\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q(R-r)}{R^2}.$

$$\Leftrightarrow V_1 = \frac{1}{4.3,14.8,9.10^{-12}} \cdot \frac{10^{-8}(0,2 - 0,1)}{0,2^2} = 225V.$$

- Điện dung của hệ thống vật dẫn: $C = \frac{Q}{V_1} = \frac{10^{-8}}{225} = 44.10^{-12}F = 44pF.$

- Sơ đồ điện tương đương: Hệ thống tương đương với hai tụ mắc song song: C_1 là tụ điện gồm hai quả cầu; C_2 là tụ điện gồm bản quả cầu lớn và bản kia nối đất. Do đó, có thể giải lại bài toán

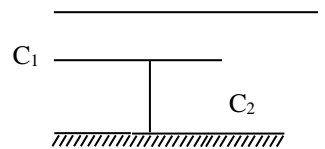
như sau:

+ Điện dung của một quả cầu bán kính R đối với đất ở xa là: $C_2 = 4\pi\epsilon_0 R.$

+ Điện dung của hai hình cầu, với hình cầu ở trong nối với đất là: $C_1 = 4\pi\epsilon_0 \frac{Rr}{R-r}.$

+ Điện dung tương đương của hệ thống là: $C = C_1 + C_2 = 4\pi\epsilon_0 \frac{Rr}{R-r} + 4\pi\epsilon_0 R = 4\pi\epsilon_0 \frac{R^2}{R-r}.$

+ Điện thế của quả cầu lớn là: $V_1 = \frac{Q}{C} = \frac{Q(R-r)}{4\pi\epsilon_0 R^2}.$



Bài 3

- Ban đầu, giọt thủy ngân nằm lơ lửng (cân bằng) nên: $P = F_d \Leftrightarrow mg = |q|E = |q|\frac{U}{d}$ (1)

- Khi hiệu điện thế giữa hai bản giảm xuống, hợp lực tác dụng vào giọt thủy ngân gây cho giọt thủy ngân một

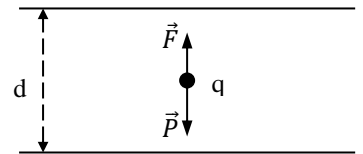
gia tốc: $a = \frac{P - F'}{m} = \frac{mg - |q|\frac{U'}{d}}{m} = g - \frac{|q|}{m} \cdot \frac{U'}{d}$ (2)

- Từ (1) và (2): $a = g \left(1 - \frac{U'}{U} \right) = 10 \left(1 - \frac{995}{1000} \right) = 0,05(m/s^2).$

- Quãng đường chuyển động của giọt thủy ngân: $s = \frac{d}{2} = \frac{1}{2}at^2.$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a}} = \sqrt{\frac{0,01}{0,05}} = 0,447s$$

Vậy: Sau thời gian $t = 0,447s$ thì giọt thủy ngân chạm đến bản dưới.



Bài 4:

- Ban đầu, quả cầu nhỏ chưa được tích điện. Khi nối ngắn mạch hai quả cầu thì:

+ trên quả cầu nhỏ xuất hiện điện tích q_1 được phân bố không đều trên bề mặt ngoài của nó.

+ trên quả cầu lớn xuất hiện điện tích q_2 được phân bố không đều trên bề mặt trong của nó.

+ đường sức điện trường do điện tích q gây ra sẽ kết thúc trên quả cầu nhỏ và trên bề mặt trong của quả cầu lớn và: $q = -(q_1 + q_2)$

- Vì các đường sức này không xuyên qua quả cầu lớn ra ngoài và điện tích trên bề mặt ngoài quả cầu lớn được phân bố đều nên không tạo ra trường bên trong quả cầu. Khi nối các quả cầu bằng dây dẫn làm cân bằng các điện thế bên ngoài và trong các quả cầu thì điện thế của quả cầu lớn bằng 0. Từ đó, điện thế ở tâm của các quả

cầu cũng bằng 0, do đó: $V_1 + V_2 + V_3 = 0 \Leftrightarrow \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 b} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 c} = 0$

- Thay $q_2 = -(q + q_1)$ ta được: $\frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{-(q+q_1)}{4\pi\epsilon_0 b} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 c} = 0.$

$$\Rightarrow q_1 = -q \frac{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}}, q_2 = -q \frac{\frac{1}{a} - \frac{1}{c}}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}}$$

- Như vậy, giá trị điện tích q_1, q_2 của các quả cầu không phụ thuộc vào các điện tích ban đầu của các quả cầu và chỉ được xác định bởi giá trị của điện tích q và các kích thước của hệ. Toàn bộ điện tích “dư thừa” được phân bố bên ngoài của quả cầu lớn và xác định điện thế của dây dẫn xét về toàn bộ. Khi điện tích q chuyển động (khi thay đổi c), các giá trị của q_1, q_2 và $q_{\text{ngoài}}$ có thể thay đổi do đó có thể thay đổi cả trường từ bên ngoài còn trường bên trong quả cầu lớn không phụ thuộc vào giá trị và phân bố của các điện tích ngoài.

Bài 5:

- Khi đặt quả cầu dẫn điện nhưng không được tích điện trong điện trường của điện tích điểm Q , quả cầu dẫn sẽ làm thay đổi cấu trúc điện trường của điện tích điểm; do hiện tượng cảm ứng tĩnh điện các điện tích tự do trên bề mặt quả cầu sẽ được phân bố lại sao cho điện trường tổng cộng bên trong quả cầu bằng 0.

- Điện thế ở tâm quả cầu: $V_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 L} + \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i \Delta S_i}{4\pi\epsilon_0 R}$.

(ΔS_i là yếu tố diện tích nhỏ của bề mặt quả cầu; σ_i là mật độ điện tích mặt của mặt ngoài quả cầu)

- Vì quả cầu không được tích điện nên: $\sigma_i = 0$, do đó: $V_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 L}$.

Vậy: Điện thế của quả cầu là $V_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 L}$.

Bài 6:

a) Trường hợp mặt cầu được nối đất

- Điện thế quả cầu trước khi mặt cầu được nối đất: $V_1 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_1}$.

$$\Rightarrow Q_1 = 4\pi\epsilon_0 R_1 V_1$$

- Khi mặt cầu được nối đất, điện thế mặt cầu là $V_0 = 0$. Gọi Q_2 là điện tích đi từ Trái Đất lên mặt cầu sau khi nối đất, ta có: $V_0 = \frac{R_1}{R_2} V_1 + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2} = 0$

$$\Rightarrow Q_2 = -4\pi\epsilon_0 R_1 V_1 = -Q_1$$

- Như vậy, điện trường bên ngoài vỏ cầu sẽ bằng 0. Quả cầu và mặt cầu giống như một tụ điện cầu được tích điện. Điện thế của quả cầu là:

$$V_2 = V_1 + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2} = V_1 - \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_2} = V_1 \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)$$

Vậy: Khi mặt cầu được nối đất thì điện thế của quả cầu là $V_2 = V_1 \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right)$.

b) Trường hợp mặt cầu và quả cầu được nối với nhau bằng một dây dẫn

- Khi mặt cầu và quả cầu được nối với nhau bằng một dây dẫn thì điện thế của chúng sẽ bằng nhau, nghĩa là điện trường giữa quả cầu và mặt cầu bằng 0. Do đó, điện tích của quả cầu bằng 0 còn điện tích của mặt cầu bằng điện tích của quả cầu: $Q_1 = Q_3$.

$$\text{Điện thế của quả cầu là: } V_3 = \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0 R_2} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_2} = \frac{R_1}{R_2} V_1$$

Vậy: Khi mặt cầu và quả cầu được nối với nhau bằng một dây dẫn thì điện thế của quả cầu là $V_3 = \frac{R_1}{R_2} V_1$.

Bài 7:

- Vì ba thanh ab, ac, bc có điện tích phân bố đối xứng nên:

+ Điện thế do mỗi thanh gây ra tại điểm A có giá trị như nhau, giả sử bằng V_1 . Do đó: $V_A = 3V_1$ (1)

+ Điện thế do hai thanh ab và bc gây ra tại B có giá trị như nhau, giả sử bằng V_2 ; điện thế do thanh ac gây ra tại B cũng bằng V_1 . Do đó: $V_B = V_1 + 2V_2$ (2)

- Từ (1) và (2): $V_1 = \frac{V_A}{3}$; $V_2 = \frac{3V_B - V_A}{6}$.

- Sau khi bỏ thanh ac, điện thế tại hai điểm A và B là: $V'_A = V_A - V_1 = \frac{2}{3}V_A$; $V'_B = V_B - V_1 = V_B - \frac{1}{3}V_A$

Vậy: Điện thế tại hai điểm A và B sau khi bỏ thanh ac là: $V'_A = \frac{2}{3}V_A$; $V'_B = V_B - \frac{1}{3}V_A$.

Bài 8:

* Nhận xét:

- Vì vận tốc của quả cầu theo các phương là như nhau nhưng khi quả cầu đi đến điểm C thì vận tốc của nó lớn nhất nên tiếp tuyến với đường tròn tại C là đường đẳng thế. Từ đó ta có thể xác định được phương của điện trường và thấy rằng chuyển động của quả cầu theo phương vuông góc với điện trường là chuyển động ném ngang.

- Vì bài toán có yếu tố đối xứng nên ta có thể dùng phương pháp đối xứng để phán đoán phương của điện trường, từ đó xác định được góc θ .

a) Góc θ giữa phương của điện trường và đường kính AB

- Vì quả cầu mang điện dương được phóng ra từ A và khi đến C thì vận tốc (động năng) mới lớn nhất: $W_{d(max)} = qU_{AC} \Rightarrow U_{AC} = U_{max}$. Từ đó:

+ V_C có giá trị nhỏ nhất so với tất cả các điểm nằm trên đường tròn.

+ C nằm trên đường đẳng thế là tiếp tuyến với đường tròn tại C.

Do đó, điện trường sẽ có phương song song với OC (vuông góc với đường đẳng thế qua C) và có chiều từ O đến C.

- Góc θ giữa phương của điện trường và đường kính AB là $\theta = 2.30^\circ = 60^\circ$.

Vậy: Góc θ giữa phương của điện trường và đường kính AB là $\theta = 60^\circ$.

b) Trường hợp quả cầu được phóng ra từ A vuông góc với phương điện trường

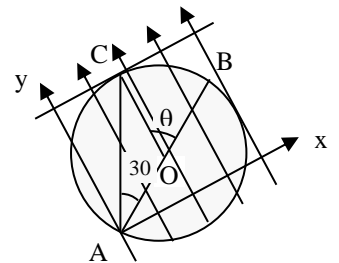
Chọn hệ tọa độ xOy như hình vẽ. Chuyển động của quả cầu trong hệ tọa độ này là chuyển động ném ngang

nên: $x = v_0 t$; $y = \frac{1}{2}at^2$; $a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$ (1)

- Khi quả cầu đến C thì: $x = R\cos 30^\circ$; $y = R(1 + \cos 60^\circ)$ (2)

- Từ các hệ thức ở (1) và (2) ta được: $v_0 = \sqrt{\frac{RqE}{4m}}$ và $W_d = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{RqE}{8}$.

Vậy: Để quả cầu có thể đến được C khi quả cầu được phóng ra từ A vuông góc với phương điện trường thì động ban đầu của nó phải là $W_d = \frac{RqE}{8}$.



Bài 9:

- Khi chưa đặt vỏ cầu kim loại vào giữa hai bản kim loại A và B: điện trường giữa hai bản là điện trường đều.

- Khi đặt vỏ cầu kim loại vào giữa hai bản kim loại A và B:

+ vỏ cầu kim loại sau khi cân bằng điện trở thành vật đẳng thế.

+ điện trường giữa hai bản là điện trường không đều.

+ không thể áp dụng công thức tính hiệu điện thế giữa A và C: $U_{AC} = Ed_{AC}$.

- Để tính hiệu điện thế giữa A và C ta áp dụng tính đối xứng của điện trường qua tâm O của vỏ cầu kim loại.

Ta có:

$$U_{AO} = U_{OB}; U_{AO} + U_{OB} = U \Rightarrow U_{AO} = U_{OB} = \frac{U}{2}$$

$V_C = V_O$ (vỏ cầu là vật đẳng thế)

$$\Rightarrow U_{AC} = \frac{U}{2}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa bản A và điểm C là $U_{AC} = \frac{U}{2}$.

Bài 10:

Gọi r là bán kính quỹ đạo của electron. Ta có:

$$E_M = \frac{2\lambda}{4\pi\epsilon_0 r}, \lambda \text{ là mật độ dài của mặt trụ}$$

- Muốn electron chuyển động tròn đều thì lực điện trường phải là lực hướng tâm: $\frac{2\lambda e}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{mv^2}{r}$ (1)

- Mặt khác, năng lượng của electron bằng động năng của nó: $eU_0 = \frac{mv^2}{2}$ (2)

- Từ (1) và (2): $eU_0 = \frac{\lambda e}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow \lambda = 4\pi\epsilon_0 U_0$.

- Hiệu điện thế U giữa hai mặt trụ: $U = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\lambda \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r}$

$$\Leftrightarrow U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\lambda \ln \frac{R_2}{R_1} = 2U_0 \ln \frac{R_2}{R_1}$$

Vậy: Để electron có thể chuyển động tròn đều thì hiệu điện thế giữa hai mặt trụ phải là $U = 2U_0 \ln \frac{R_2}{R_1}$.

Bài 12:

- Xét quá trình hai mặt cầu được nối với nhau bởi sợi dây dẫn có điện trở lớn. Giả sử tại một thời điểm nào đó (khi hệ thống chưa ổn định) điện lượng chuyển qua dây dẫn là q (điện lượng chuyển từ mặt cầu trong ra mặt cầu ngoài) thì điện thế ở tâm mặt cầu (cũng là điện thế trên mặt cầu trong) là:

$$V_1 = k \frac{-q}{R} = k \frac{Q}{2R} + k \frac{q}{3R}$$

- Vì $-q + q + Q = Q$ nên điện thế ở mặt cầu ngoài là: $V_2 = k \frac{Q}{3R}$.

- Hiệu điện thế giữa mặt cầu trong và mặt cầu ngoài là: $U_{12} = V_1 - V_2 = \frac{1}{6} k \frac{Q}{R} - \frac{2}{3} k \frac{q}{R} = \frac{1}{6} k \frac{Q - 4q}{R}$

- Điện tích dịch chuyển cho đến khi $U_{12} = 0$ nên lượng điện tích dịch chuyển qua dây dẫn nối hai mặt cầu trong quá trình này là: $q_0 = \frac{Q}{4}$.

- Vì U_{12} phụ thuộc bậc nhất đối với q nên giá trị trung bình của U_{12} là: $\overline{U}_{12} = \frac{1}{12} k \frac{Q}{R}$

- Nhiệt lượng tỏa ra trong quá trình này là: $W_1 = \frac{1}{12} k \frac{Q}{R} \frac{Q}{4} = \frac{1}{48} k \frac{Q^2}{R}$.

- Xét quá trình mặt cầu ngoài nối đất (hai mặt cầu vẫn nối với nhau). Giả sử tại một thời điểm nào đó điện lượng chuyển qua dây dẫn xuống đất là q' và điện tích trên hai mặt cầu lúc này là q_1 và q_2 . Ta có:

+ Điện thế ở tâm mặt cầu là: $V'_1 = k\frac{q_1}{R} + k\frac{q_2}{3R} + k\frac{Q}{2R}$.

+ Điện thế ở mặt cầu ngoài là: $V'_2 = k\frac{q_1 + q_2 + Q}{3R}$ (với $q_1 + q_2 = -q'$)

+ Cân bằng điện xảy ra khi: $V'_1 = V'_2 = 0 \Rightarrow q_1 = -\frac{Q}{4}$ và $q_2 = -q' + \frac{Q}{4}$

- Khi nối quả cầu hai với đất, chỉ có sự dịch chuyển điện tích của mặt cầu 2 với đất khi cân bằng điện $q' = Q$. Vì điện thế mặt cầu hai giảm tuyến tính với q' từ giá trị $k\frac{Q}{3R}$ về 0 nên giá trị trung bình của hiệu điện thế giữa mặt cầu ngoài với đất là: $\bar{U} = k\frac{Q}{6R}$.

- Nhiệt lượng tỏa ra trong dây nối đất là: $W_2 = \frac{1}{6}k\frac{Q^2}{R}$.

- Nhiệt lượng tỏa ra trong cả quá trình là: $W = W_1 + W_2 = \frac{1}{48}k\frac{Q^2}{R} + \frac{1}{6}k\frac{Q^2}{R} = \frac{9}{48}k\frac{Q^2}{R}$.

Vậy: Tổng nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở các dây nối trong thời gian dài là $W = \frac{9}{48}k\frac{Q^2}{R}$.

Bài 13:

(Trích Đề thi Olympic, Mỹ, Năm 2000)

Hướng giải

a) Công thức hiện để dịch chuyển điện tích từ vô cực đến vị trí nằm yên cách mỗi mặt một đoạn d

- Tưởng tượng thêm 3 điện tích ảnh q để tạo thành hệ 4 điện tích đặt tại 4 đỉnh của hình vuông (hình vẽ). Điện trường do hệ điện tích này tạo ra có hướng vuông góc với hai mặt phẳng.

- Thế năng của hệ điện tích: $W_1 = 4\left(\frac{-q^2}{2d}\right) + 2\left(\frac{q^2}{2\sqrt{2}d}\right)$.

- Thế năng của điện tích q và điện tích âm xuất hiện trên bề mặt vật dẫn là $\frac{W_1}{4}$. Do đó, công để đưa điện tích lại gần là: $\Delta W_1 = \frac{W_1}{4} = \left(\frac{-q^2}{2d}\right) + \left(\frac{q^2}{\sqrt{2}d}\right) = \frac{q^2}{d}\left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{4\sqrt{2}}\right)$

Vậy: Công thức hiện để dịch chuyển điện tích từ vô cực đến vị trí nằm yên cách mỗi mặt một đoạn d là $A_1 = \frac{q^2}{d}\left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{4\sqrt{2}}\right)$.

b) Công thức hiện để đưa điện tích q từ khoảng cách d ra xa vô cực

Khi điện tích q chuyển động ra xa mặt phẳng cách điện thì điều này giống như có sự tương tác giữa điện tích q với ba điện tích ảnh. Do đó, công đó bằng công để tách điện tích q ra khỏi ba điện tích ảnh, nghĩa là:

$$\Delta W_2 = 2\left(\frac{-q^2}{2d}\right) - \left(\frac{q^2}{2\sqrt{2}d}\right) = \frac{q^2}{d}\left(1 - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$$

Vậy: Công thức hiện để đưa điện tích q từ khoảng cách d ra xa vô cực là $A_2 = \frac{q^2}{d}\left(1 - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$.

c) Thế năng của hệ điện tích trên các mặt phẳng điện môi

Ta có: $W = \Delta W_1 + \Delta W_2 = \frac{q^2}{d}\left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{4\sqrt{2}}\right) + \frac{q^2}{d}\left(1 - \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) = \frac{q^2}{d}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4\sqrt{2}}\right)$.

Vậy: Thế năng của hệ điện tích trên các mặt phẳng điện môi là $W = \frac{q^2}{d}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4\sqrt{2}}\right)$.

Chuyên đề 4: TỤ ĐIỆN. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. TỤ ĐIỆN

①. **Định nghĩa:** Tụ điện là một hệ gồm hai vật dẫn đặt cách điện (điện môi hoặc chân không) với nhau, mỗi vật dẫn được gọi là một bản tụ điện. Mỗi tụ điện có hai bản: bản dương và bản âm.

②. **Điện dung của tụ điện**

- Định nghĩa: Điện dung của tụ điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện: $C = \frac{Q}{U}$ (4.1)

($Q = |Q| = |Q'|$ là điện tích tụ điện; U là hiệu điện thế giữa hai bản tụ)

(Với vật dẫn cô lập: $C = \frac{Q}{V}$, nếu là quả cầu cô lập thì $C = \frac{\epsilon R}{k}$; V là điện thế của vật dẫn; Q là điện tích của vật dẫn).

- Điện dung của một số loại tụ điện thường gặp

+ Tụ điện phẳng (hình a): $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ (4.2)

(S là diện tích phần đối diện giữa hai bản tụ; d là khoảng cách giữa hai bản tụ).

+ Tụ điện cầu (hình b): $C = \frac{\epsilon R_1 R_2}{4\pi k (R_2 - R_1)}$ (4.3)

(R_1, R_2 là bán kính trong và ngoài của tụ điện cầu).

+ Tụ điện trụ (hình c): $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ (4.4)

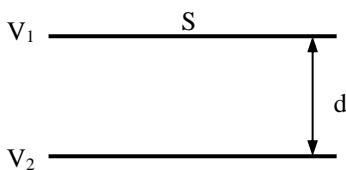
($S_1 \approx S_2 \approx S = 2\pi R l$ là diện tích của mỗi bản tụ điện)

+ Tụ điện xoay (hình d): $C = \frac{(n-1)S}{4\pi k d}$ (4.5)

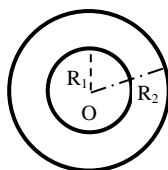
Với:

+ n là số lá tụ, S là diện tích phần đối diện giữa các lá tụ, d là khoảng cách giữa hai lá tụ sát nhau.

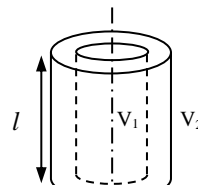
+ Khi tụ xoay, S thay đổi nên C thay đổi: $C_{\max} = \frac{(n-1)S_{\max}}{4\pi k d}$; $C_{\min} = \frac{(n-1)S_{\min}}{4\pi k d}$ (4.6)



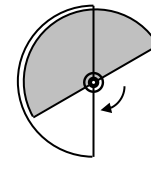
Hình a



Hình b



Hình c



Hình d

③. **Ghép các tụ điện**

a) **Ghép song song:** Ghép các bản cùng tên của các tụ lại với nhau

$$U_b = U_1 = U_2 = \dots; Q_b = Q_1 + Q_2 + \dots; C_b = C_1 + C_2 + \dots \quad (4.7)$$

b) **Ghép nối tiếp:** Ghép liên tiếp bản âm của tụ này với bản dương của tụ kế tiếp.

$$U_b = U_1 + U_2 + \dots; Q_b = Q_1 = Q_2 = \dots; \frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \quad (4.8)$$

c) **Ghép hỗn tạp:** Vừa ghép nối tiếp vừa ghép song song.

II. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRƯỜNG

①. Năng lượng của tụ điện: $W = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$ (4.9)

②. Năng lượng điện trường

- Năng lượng điện trường: Năng lượng của tụ điện chính là năng lượng điện trường bên trong tụ điện.

- Mật độ năng lượng điện trường: Trong không gian giữa hai bản tụ có điện trường nên có thể nói năng lượng của tụ điện là năng lượng điện trường. Gọi $V = Sd$ là thể tích vùng không gian giữa hai bản tụ thì mật

độ năng lượng điện trường là: $w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \cdot \frac{CU^2}{Sd}$. (4.10)

Với tụ điện phẳng: $w = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{\epsilon S}{4\pi k d} (Ed)^2}{Sd} = \frac{\epsilon E^2}{8\pi k}$ (4.11)

☞ **Chú ý:** $1\mu F = 10^{-6}F$; $1nF = 10^{-9}F$; $1pF = 10^{-12}F$.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

☞ VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

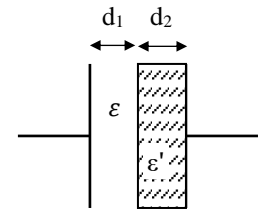
- Khi khảo sát một tụ điện cần chú ý:

+ loại tụ điện: phẳng, cầu, xoay,...; môi trường giữa hai bản tụ điện (ϵ).

+ đổi đơn vị hợp pháp: đơn vị của Q ra (C); đơn vị của U ra (V); đơn vị của C ra (F).

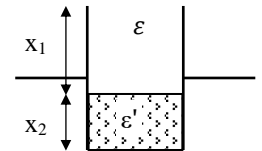
+ các dữ kiện: nối tụ vào nguồn: $U = \text{const}$; ngắt tụ khỏi nguồn: $Q = \text{const}$.

+ đặt vào tụ một tấm điện môi ϵ' (hình a): hệ gồm 2 tụ ghép nối tiếp: tụ 1 (ϵ, d_1); tụ 2 (ϵ', d_2), với $d_1 + d_2 = d$.



Hình a

+ nhúng tụ vào chất điện môi ϵ' (hình b): hệ gồm 2 tụ ghép song song: tụ 1 (ϵ, x_1); tụ 2 (ϵ', x_2), với $x_1 + x_2 = x$.



Hình b

- Với các bài toán ghép tụ cần chú ý:

+ Khi ghép các tụ chưa tích điện trước:

• Ghép song song: $U_b = U_1 = U_2 = \dots$; $Q_b = Q_1 + Q_2 + \dots$; $C_b = C_1 + C_2 + \dots$

• Ghép nối tiếp: $U_b = U_1 + U_2 + \dots$; $Q_b = Q_1 = Q_2 = \dots$; $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

+ Khi ghép các tụ đã tích điện trước:

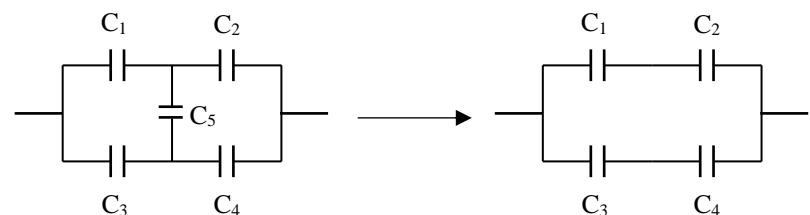
• Ghép song song: $U_b = U_1 = U_2 = \dots$; $C_b = C_1 + C_2 + \dots$

• Ghép nối tiếp: $U_b = U_1 + U_2 + \dots$; $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

• Định luật bảo toàn điện tích cho hệ cô lập: $\sum Q_i = \text{const}$.

+ Với mạch tụ cầu cân bằng ($\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$):

Mạch tương đương $[(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)]$.



- Nếu mạch gồm tụ điện, nguồn điện, điện trở mắc với nhau thì:

+ Nếu trong mạch có dòng điện thì khi giải cần:

• Tính cường độ dòng điện trong các đoạn mạch.

• Tính hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch chứa tụ điện (bằng các định luật Ôm).

- Suy ra điện tích trên từng tụ điện.
- + Nếu trong mạch không có dòng điện thì khi giải cần:
 - Viết phương trình điện tích cho từng đoạn mạch.
 - Viết phương trình điện tích cho các bản tụ nối với một nút mạch.
 - Suy ra hiệu điện thế, điện tích trên từng tụ điện.
- Để xác định lượng điện tích di chuyển qua một đoạn mạch cần:
 - + Xác định tổng điện tích trên các bản tụ nối với một đầu của đoạn mạch lúc đầu: Q .
 - + Xác định tổng điện tích trên các bản tụ nối với đầu nối trên của đoạn mạch lúc sau: Q' .
 - + Suy ra lượng điện tích qua đoạn mạch trên: $\Delta Q = |Q' - Q|$.
- Cần chú ý đến giới hạn hoạt động của tụ điện khi xác định hiệu điện thế cực đại đặt vào tụ hoặc tính điện trường đánh thủng của tụ: $U_{gh} = E_{gh}d$. Với bộ tụ thì $(U_b)_{gh} = \min\{(U_{gh})_i\}$.
- Năng lượng của bộ tụ bằng tổng năng lượng của các tụ ghép thành bộ: $W_b = \sum W_i = W_1 + W_2 + \dots$
- Trong điện trường của tụ điện, các điện tích thường chuyển động theo quỹ đạo là đường cong nên để giải các bài toán về chuyển động của các điện tích ta thường sử dụng “*Phương pháp tọa độ*” bằng cách:
 - + Phân tích chuyển động của điện tích thành hai chuyển động thành phần đơn giản trên hai trục tọa độ Ox , Oy .
 - + Khảo sát chuyển động riêng rẽ của điện tích trên hai trục tọa độ đó.
 - + Phối hợp các chuyển động thành phần thành chuyển động thực của điện tích.

Chú ý: Các lực thường gặp: trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$; lực điện $\vec{F} = q\vec{E}$;...

- Khi điện tích nằm cân bằng trong điện trường của tụ điện ta cũng dựa vào điều kiện cân bằng đã biết để giải quyết các yêu cầu của bài toán loại này: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{0}$

☛. VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶. Với dạng bài tập về ***tính điện dung, điện tích, hiệu điện thế và năng lượng của tụ điện.***

Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:
 - + Điện dung của tụ điện:
 - Công thức định nghĩa: $C = \frac{Q}{U}$, $Q = |Q| = |Q'|$ là điện tích tụ điện; U là hiệu điện thế giữa hai bản tụ.
 - Công thức tính điện dung của một số loại tụ điện thường gặp
 - * Tụ phẳng: $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$, S là diện tích phần đối diện giữa hai bản tụ; d là khoảng cách giữa hai bản tụ.
 - * Tụ cầu: $C = \frac{\epsilon R_1 R_2}{4\pi k (R_2 - R_1)}$, R_1 và R_2 là bán kính trong và ngoài của tụ điện cầu.
 - * Tụ trụ: $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$, $S_1 \approx S_2 \approx S = 2\pi R l$ là diện tích của mỗi bản tụ điện, l là chiều cao phần mặt trụ đối diện.
 - * Tụ xoay: $C = \frac{(n-1)S}{4\pi k d}$; $C_{\max} = \frac{(n-1)S_{\max}}{4\pi k d}$; $C_{\min} = \frac{(n-1)S_{\min}}{4\pi k d}$.
- (n là số lá tụ, S là diện tích phần đối diện giữa các lá tụ, d là khoảng cách giữa hai lá tụ sát nhau).
- * Vật dẫn cô lập: $C = \frac{Q}{V}$; quả cầu cô lập thì $C = \frac{\epsilon R}{k}$, V là điện thế của vật dẫn và Q là điện tích của vật dẫn.

+ Điện tích của tụ điện: $Q = CU$.

+ Hiệu điện thế của tụ điện: $U = \frac{Q}{C} = Ed$, d là khoảng cách giữa hai bản tụ điện.

+ Năng lượng của tụ điện (năng lượng điện trường): $W = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$.

+ Mật độ năng lượng điện trường: $w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \cdot \frac{CU^2}{Sd}$.

$$w = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{\epsilon S}{4\pi k d} (Ed)^2}{Sd} = \frac{\epsilon E^2}{8\pi k} \text{ (tụ phẳng)}$$

- Một số chú ý:

+ Đơn vị hệ SI: Điện dung (F): $1\mu F = 10^{-6}F$; $1nF = 10^{-9}F$; $1pF = 10^{-12}F$; diện tích (m^2), khoảng cách (m);...

+ Các điều kiện của bài toán: nối tụ vào nguồn ($U = \text{const}$); ngắt tụ khỏi nguồn ($Q = \text{const}$).

2. Với dạng bài tập về **ghép các tụ điện**.

Phương pháp giải là:

- Kiểm tra điều kiện của bài toán: ghép các tụ điện *chưa tích điện* trước hay ghép các tụ điện *đã tích điện* trước; tụ có đặt thêm tấm điện môi hay được nhúng vào chất điện môi; tụ cầu cân bằng hay không?.

- Sử dụng các công thức:

+ Trường hợp ghép các tụ điện *chưa tích điện* trước:

• Ghép song song: $U_b = U_1 = U_2 = \dots$; $Q_b = Q_1 + Q_2 + \dots$; $C_b = C_1 + C_2 + \dots$

• Ghép nối tiếp: $U_b = U_1 + U_2 + \dots$; $Q_b = Q_1 = Q_2 = \dots$; $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

+ Trường hợp ghép các tụ điện *đã tích điện* trước:

• Ghép song song: $U_b = U_1 = U_2 = \dots$; $C_b = C_1 + C_2 + \dots$

• Ghép nối tiếp: $U_b = U_1 + U_2 + \dots$; $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

• Định luật bảo toàn điện tích cho hệ cô lập: $\Sigma Q_i = \text{const}$.

• Điện lượng dịch chuyển qua đoạn mạch: $\Delta Q = |\Sigma Q_2 - \Sigma Q_1|$.

(ΣQ_1 là tổng đại số điện tích trên các bản tụ nối với một đầu của đoạn mạch *lúc đầu*; ΣQ_2 là tổng đại số điện tích trên các bản tụ nối với một đầu của đoạn mạch *lúc sau*).

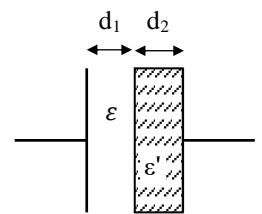
+ Trường hợp đặt tấm điện môi vào tụ hoặc nhúng tụ vào chất điện môi thì:

* Đặt vào tụ một tấm điện môi ϵ' : hệ tương đương với hai tụ ghép nối tiếp: tụ 1 (ϵ , d_1); tụ 2 (ϵ' , d_2), với $d_1 + d_2 = d$: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$; $C_1 = \frac{\epsilon S}{4\pi k d_1}$, $C_2 = \frac{\epsilon' S}{4\pi k d_2}$.

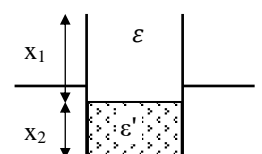
* Nhúng tụ vào chất điện môi ϵ' : hệ tương đương với hai tụ ghép song song: tụ 1 (ϵ , x_1); tụ 2 (ϵ' , x_2), với $x_1 + x_2 = x$: $C = C_1 + C_2$; $C_1 = \frac{\epsilon S_1}{4\pi k d}$, $C_2 = \frac{\epsilon' S_2}{4\pi k d}$.

+ Tụ cầu cân bằng: Vẽ lại mạch điện và khảo sát (đã nói ở mục *Về kiến thức và kĩ năng ở trên*).

- Một số chú ý:



Hình a



Hình b

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- + Với các mạch tụ ghép hỗn hợp khi giải cần viết lại sơ đồ mạch tụ (gồm các đoạn tụ ghép nối tiếp và song song) và sử dụng các công thức về bộ tụ ghép nối tiếp và song song.
- + Với các mạch tụ ghép với nguồn điện, điện trở thì tùy theo trường hợp trong mạch có dòng điện hay không ta vận dụng cách giải đã nói ở mục *Về kiến thức và kỹ năng* ở trên.
- + Chú ý đến giới hạn hoạt động của tụ điện (đã nói ở mục *Về kiến thức và kỹ năng* ở trên).

9. Với dạng bài tập về *chuyển động của điện tích trong điện trường đều*.

Phương pháp giải là:

- Thực hiện các bước:
 - + Xác định các lực tác dụng lên điện tích. Các lực thường gặp là trọng lực ($P = mg$); lực điện trường ($F = |q|E$); lực đẩy Ac-si-met ($F_A = DVg$); ...
 - + Sử dụng các công thức *động lực học* (định luật II Niu-tơn: $a = \frac{F_{hl}}{m}$), công thức *động học* ($v = v_0 + at$; $v^2 - v_0^2 = 2as$; $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$; $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$ để giải bài toán.
- Một số chú ý:
 - + Hướng của lực điện trường: \vec{F} cùng hướng với \vec{E} nếu $q > 0$, \vec{F} ngược hướng với \vec{E} nếu $q < 0$; hướng của \vec{E} giữa hai bản cực: từ bản (+) sang bản (-).
 - + Trường hợp hợp lực \vec{F}_{hl} không cùng hướng với \vec{v}_0 thì phải phân tích chuyển động của điện tích làm hai chuyển động thành phần theo hai trục Ox, Oy thích hợp và khảo sát như chuyển động của vật bị *ném xiên* (phương pháp tọa độ).
 - + Có thể sử dụng định lý động năng để giải bài toán về *chuyển động của điện tích trong điện trường*.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG.

1. ĐIỆN DUNG, ĐIỆN TÍCH, HIỆU ĐIỆN THẾ, NĂNG LƯỢNG CỦA TỤ ĐIỆN

Bài 1. Tụ phẳng có các bản hình tròn bán kính 10cm khoảng cách và hiệu điện thế hai bản là 1cm, 108V. Giữa 2 bản là không khí. Tìm điện tích tụ điện.

Bài 2. Quả cầu điện dung $C = 50\text{pF}$ tích điện ở hiệu điện thế $U = 180\text{V}$. Tính điện tích và bán kính quả cầu.

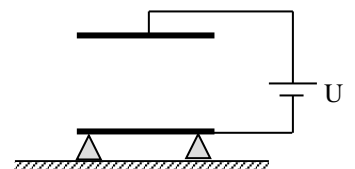
Bài 3. Quả cầu điện dung $C_1 = 0,2\mu\text{F}$ tích điện $Q = 5 \cdot 10^{-7}\text{C}$. Nối quả cầu này với một quả cầu ở xa không tích điện, điện dung $C_2 = 0,3\mu\text{F}$ bằng dây dẫn mảnh. Tính điện tích mỗi quả cầu sau khi nối.

Bài 4. Tụ phẳng không khí điện dung $C = 2\text{pF}$ được tích điện ở hiệu điện thế $U = 600\text{V}$.

- Tính điện tích Q của tụ.
- Ngắt tụ khỏi nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2. Tính C_1 , Q_1 , U_1 của tụ.
- Vẫn nối tụ với nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2 lần. Tính C_2 , Q_2 , U_2 của tụ.

Bài 5. Một tụ điện cầu được cấu tạo bởi một quả cầu bán kính R_1 và vỏ cầu bán kính R_2 ($R_1 < R_2$). Tính điện dung của tụ.

Bài 6. Tụ phẳng không khí, điện tích mỗi bản S , khoảng cách d nối với nguồn U . bản trên của tụ được giữ cố định, bản dưới có bề dày h , khối lượng riêng D đặt trên đế cách điện. Biết bản tụ dưới không nén lên đế. Tính U .



Bài 7. Tụ điện không khí $d = 5\text{mm}$, $S = 100\text{cm}^2$, nhiệt lượng tỏa ra khi tụ phóng điện là $4,19 \cdot 10^{-3}\text{J}$. Tìm hiệu điện thế nạp.

Bài 8. Một quả cầu kim loại bán kính $R = 10\text{cm}$ tích điện đến hiệu điện thế 8000V . Tính mật độ năng lượng điện trường ở sát mặt quả cầu.

Bài 9. Việc hàn mối dây đồng được thực hiện bằng một xung phóng điện của tụ $C = 1000\mu\text{F}$ được tích điện đến $U = 1500\text{V}$. Thời gian phát xung $t = 2\mu\text{s}$, hiệu suất thiết bị $H = 4\%$. Tính công suất hiệu dụng trung bình của mỗi xung điện.

Bài 10. Tụ phẳng không khí được tích điện rồi ngắt khỏi nguồn. Hỏi năng lượng tụ thay đổi thế nào khi nhúng tụ vào điện môi lỏng.

Bài 11. Tụ phẳng không khí $C = 10^{-10}\text{F}$ được tích điện đến hiệu điện thế $U = 100\text{V}$ rồi ngắt khỏi nguồn. Tính công cần thực hiện để tăng khoảng cách hai bản tụ lên gấp đôi?

Bài 12. Tụ phẳng có $S = 200\text{cm}^2$, điện môi là bản thủy tinh dày $d = 1\text{mm}$, $\varepsilon = 5$, tích điện với $U = 300\text{V}$. Rút bản thủy tinh khỏi tụ. Tính độ biến thiên năng lượng của tụ và công cần thực hiện. Công này dùng để làm gì? Xét khi rút bản thủy tinh khỏi tụ.

a) Tụ vẫn nối với nguồn.

b) Ngắt tụ khỏi nguồn.

Bài 13. Tụ phẳng khi có diện tích bản S , khoảng cách 2 bản là x , nối với nguồn U không đổi.

a) Năng lượng tụ thay đổi ra sao khi x tăng.

b) Tính công suất cần để tách các bản theo x . Biết vận tốc các bản tách xa nhau là v .

c) Cơ năng cần thiết và độ biến thiên năng lượng của tụ đã biến thành dạng năng lượng nào?

2. GHÉP CÁC TỤ ĐIỆN

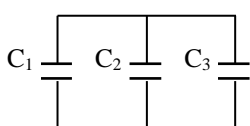
Bài 14. Tính điện dung tương đương, điện tích và hiệu điện thế trong mỗi tụ trong các trường hợp sau:

a) $C_1 = 2\mu\text{F}$, $C_2 = 4\mu\text{F}$, $C_3 = 6\mu\text{F}$; $U = 100\text{V}$.

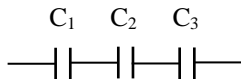
b) $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 1,5\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$; $U = 120\text{V}$.

c) $C_1 = 0,2\mu\text{F}$, $C_2 = 1\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$; $U = 12\text{V}$.

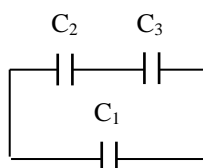
d) $C_1 = C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 1\mu\text{F}$; $U = 10\text{V}$.



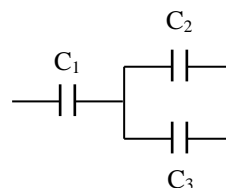
Hình a



Hình b



Hình c

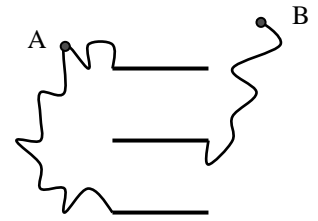


Hình d

Bài 15. Hai tụ không khí phẳng $C_1 = 0,2\mu\text{F}$, $C_2 = 0,4\mu\text{F}$ mắc song song. Bộ tụ được tích điện đến hiệu điện thế $U = 450\text{V}$ rồi ngắt khỏi nguồn. Sau đó lấp đầy khoảng giữa hai bản C_2 bằng điện môi $\varepsilon = 2$. Tính hiệu điện thế bộ tụ và điện tích mỗi tụ.

Bài 16. Hai tụ không khí phẳng có $C_1 = 2C_2$, mắc nối tiếp vào nguồn U không đổi. Cường độ điện trường trong C_1 thay đổi bao nhiêu lần nếu nhúng C_2 vào chất điện môi có $\varepsilon = 2$?

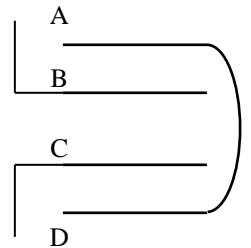
Bài 17. Ba tấm kim loại phẳng giống nhau đặt song song và nối như hình. Diện tích mỗi bản $S = 100\text{cm}^2$, khoảng cách giữa hai bản liên tiếp $d = 0,5\text{cm}$. Nối A, B với nguồn $U = 100\text{V}$.



- Tìm điện dung của bộ tụ và điện tích trên mỗi tấm kim loại.
- Ngắt A, B khỏi nguồn. Dịch chuyển bản b theo phương vuông góc với bản một đoạn x .

Tính hiệu điện thế giữa A, B theo x . Áp dụng khi $x = d/2$.

Bài 18. Bốn tấm kim loại phẳng giống nhau đặt song song như hình vẽ. Khoảng cách $BD = 2AB = 2DE$. Nối A, E với nhau rồi nối B, D với nguồn $U = 12\text{V}$, kế đó ngắt nguồn đi. Tìm hiệu điện thế giữa B, D nếu sau đó:



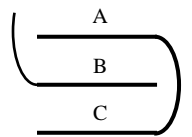
- Nối A với B
- Không nối A, B nhưng lấp đầy khoảng giữa B, D bằng điện môi có $\epsilon = 3$.

Bài 19. Tụ phẳng không khí $C = 2\text{pF}$. Nhúng chìm một nửa tụ vào điện môi lỏng $\epsilon = 3$.

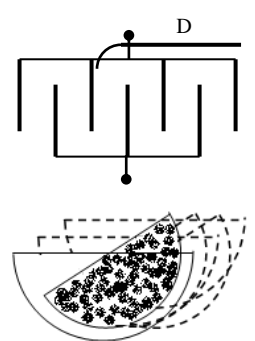
Tìm điện dung nếu khi nhúng, các bản đặt:

- Thẳng đứng.
- Nằm ngang.

Bài 20. Bốn tấm kim loại phẳng hình tròn đường kính $D = 12\text{cm}$ đặt song song cách đều, khoảng cách giữa 2 tấm liên tiếp $d = 1\text{mm}$. Nối 2 tấm A với D rồi nối B, E với nguồn $U = 20\text{V}$. Tính điện dung của bộ tụ và điện tích của mỗi tấm.



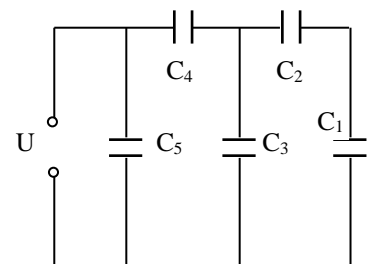
Bài 21. Tụ xoay gồm n tấm hình bán nguyệt đường kính $D = 12\text{cm}$, khoảng cách giữa 2 tấm liên tiếp $d = 0,5\text{mm}$. Phần đối diện giữa bản cố định và bản di chuyển có dạng hình quạt với góc ở tâm là α ($0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$).



- Biết điện dung cực đại của tụ là 1500pF . Tính n .
- Tụ được nối với hiệu điện thế $U = 500\text{V}$ và ở vị trí $\alpha = 120^\circ$. Tính điện tích của tụ.
- Sau đó ngắt tụ khỏi nguồn và thay đổi α . Định α để có sự phóng điện giữa hai bản. Biết điện trường giới hạn của không khí là $3 \cdot 10^6 (\text{V/m})$.

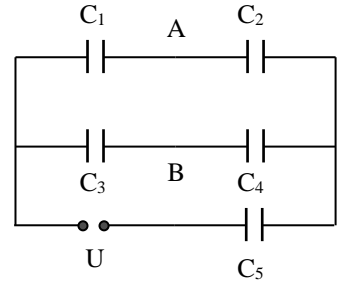
Bài 22. Cho một số tụ điện điện dung $C_0 = 3\mu\text{F}$. Nếu cách mắc dùng ít tụ nhất để có điện dung $5\mu\text{F}$. Vẽ sơ đồ cách mắc này.

Bài 23. Cho bộ tụ điện như hình vẽ. Tính điện dung bộ tụ, hiệu điện thế và điện tích mỗi tụ, cho $C_1 = C_3 = C_5 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 4\mu\text{F}$, $C_4 = 12\mu\text{F}$, $U = 30\text{V}$.

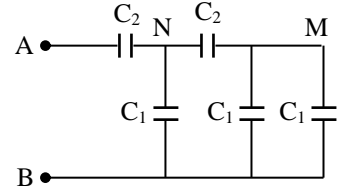


Bài 24. Trong hình dưới: $C_1 = 3\mu\text{F}$, $C_2 = 6\mu\text{F}$, $C_3 = C_4 = 4\mu\text{F}$, $C_5 = 8\mu\text{F}$, $U = 900\text{V}$.

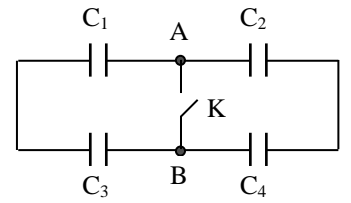
Tính hiệu điện thế giữa A, B.



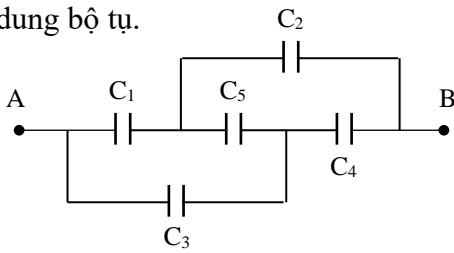
Bài 25. Cho bộ tụ điện như hình dưới, $C_2 = 2C_1$, $U_{AB} = 16\text{V}$. Tính U_{MB} .



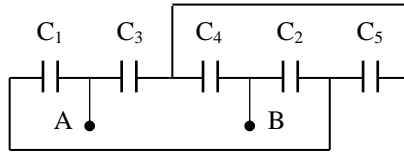
Bài 26. Cho bộ tụ mắc như hình bên. Chứng minh rằng nếu có $\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$ thì khi K mở hay K đóng, điện dung của bộ tụ không đổi.



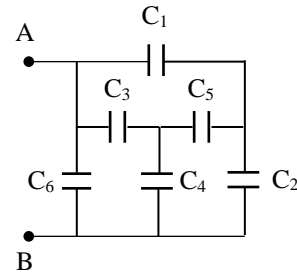
Bài 27. Trong các hình dưới: $C_1 = C_4 = C_5 = 2\mu\text{F}$, $C_2 = 1\mu\text{F}$, $C_3 = 4\mu\text{F}$. Tính điện dung bộ tụ.



Hình 1

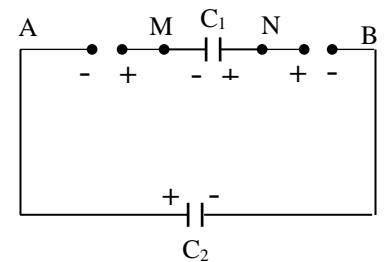


Hình 2

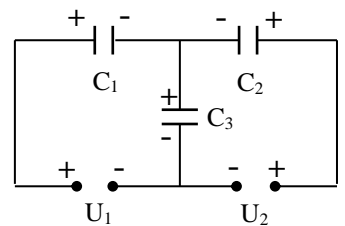


Hình 3

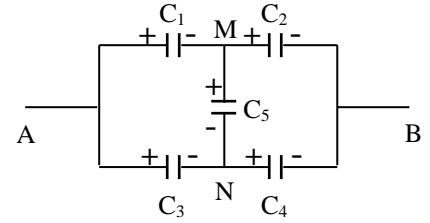
Bài 28. Cho mạch điện như hình vẽ, nguồn $U_{MA} = 3\text{V}$, $U_{NB} = 8\text{V}$, tụ $C_1 = 2\mu\text{F}$, $C_2 = 3\mu\text{F}$. Tính hiệu điện thế của mỗi tụ.



Bài 29. Cho mạch điện như hình vẽ: $C_1 = 12\mu\text{F}$, $C_2 = 10\mu\text{F}$, $C_3 = 5\mu\text{F}$, $U_1 = 18\text{V}$, $U_2 = 10\text{V}$. Tính Q mỗi tụ.



Bài 30. Cho bộ tụ như hình vẽ: $C_1 = C_2 = 6\mu\text{F}$, $C_3 = 2\mu\text{F}$, $C_4 = C_5 = 4\mu\text{F}$, $U_{AB} = 18\text{V}$. Tính điện tích mỗi tụ và điện dung bộ tụ.

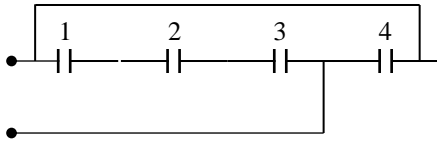


Bài 31. Tụ phẳng không khí, diện tích mỗi bản S , khoảng cách 2 bản d , tích điện đến hiệu điện thế U rồi ngắt khỏi nguồn. Các bản tụ đặt thẳng đứng. Đồ điện môi có hằng số điện môi ϵ vào ngập nửa tụ điện.

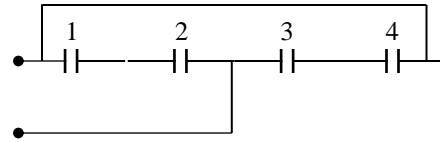
- Tính điện dung của tụ.
- Tính mật độ điện tích ở mỗi phần trên mặt bản.
- Tính cường độ điện trường trong khoảng giữa hai bản ở phần không khí và phần điện môi.
- Tính độ biến thiên năng lượng của tụ.

Bài 32. Bộ 4 tụ giống nhau ghép theo hai cách như hình vẽ.

- Cách nào có điện dung lớn hơn.
- Nếu điện dung tụ khác nhau chúng phải có liên hệ thế nào để $C_A = C_B$.

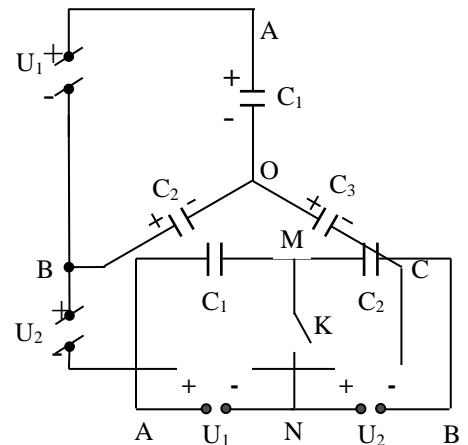


Cách A

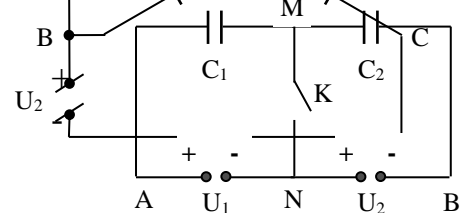


Cách B

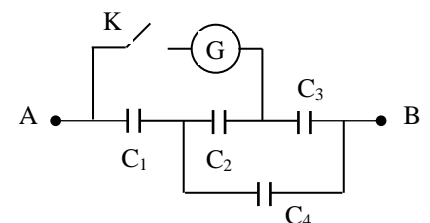
Bài 33. Ba tụ điện như nhau được mắc vào mạch như hình vẽ, cho biết: $U_1 = 3\text{V}$, $U_2 = 4,5\text{V}$. Hãy tìm các hiệu điện thế: U_{AO} , U_{BO} và U_{CO} .



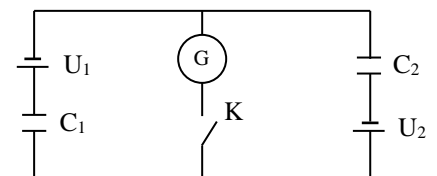
Bài 34. Cho mạch điện như hình vẽ. $U_1 = 10\text{V}$, $U_2 = 20\text{V}$, $C_1 = 0,1\mu\text{F}$, $C_2 = 0,2\mu\text{F}$. Tính số electron chạy qua khóa K khi K đóng.



Bài 35. Trên hình vẽ: $U_{AB} = 2\text{V}$ (không đổi). $C_1 = C_2 = C_4 = 6\mu\text{F}$, $C_3 = 4\mu\text{F}$. Tính điện tích các tụ và điện lượng di chuyển qua điện kế G khi đóng K.



Bài 36. Hình vẽ: $U_1 = 10\text{V}$, $U_2 = 20\text{V}$, $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$. Tính điện lượng qua G khi đóng K.



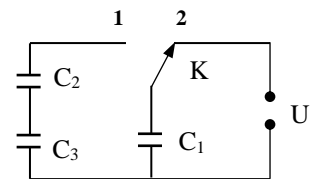
Bài 37. Hai tụ điện $C_1 = 3\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$ được tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 300\text{V}$, $U_2 = 200\text{V}$. Sau đó ngắt tụ khỏi nguồn và nối từng bản mỗi tụ với nhau. Tính hiệu điện thế bộ tụ, điện tích mỗi tụ và điện lượng qua dây nối nếu:

- Nối bản âm C_1 với bản dương C_2 .
- Nối bản âm của hai tụ với nhau.
- Nối các bản cùng dấu với nhau.
- Nối các bản trái dấu với nhau.

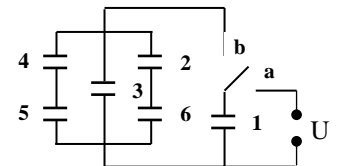
Bài 38. Tụ $C_1 = 2\mu\text{F}$ tích điện đến hiệu điện thế 60V , sau đó ngắt khỏi nguồn và nối song song với tụ C_2 chưa tích điện. Hiệu điện thế bộ tụ sau đó là 40V . Tính C_2 và điện tích mỗi tụ.

Bài 39. Cho 3 tụ $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$, $U = 110\text{V}$ (hình bên).

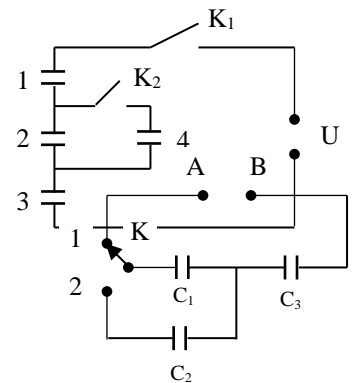
- Ban đầu K ở vị trí (1), tìm Q_1
- Đảo K sang vị trí (2). Tìm Q , U của mỗi tụ.



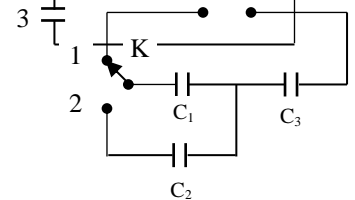
Bài 40. Cho mạch điện như hình vẽ. Các tụ có điện dung C giống nhau, nguồn có hiệu điện thế U . Tìm điện tích mỗi tụ khi khóa K chuyển từ a sang b.



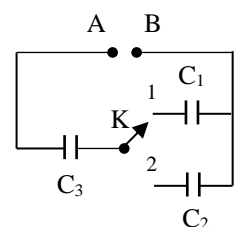
Bài 41. Cho mạch điện như hình vẽ. Các tụ có điện dung giống nhau, nguồn $U = 9\text{V}$. Ban đầu K_2 mở, K_1 đóng. Sau đó mở K_1 và đóng K_2 . Tìm hiệu điện thế mỗi tụ.



Bài 42. Trong hình bên: $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 5\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$, $U_{AB} = 120\text{V}$. Tính U mỗi tụ khi khóa K chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2.

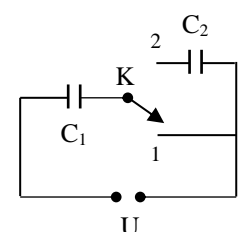


Bài 43. Trong hình bên: $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$, $U_{AB} = 120\text{V}$. Tính U mỗi tụ khi K chuyển từ 1 sang 2.

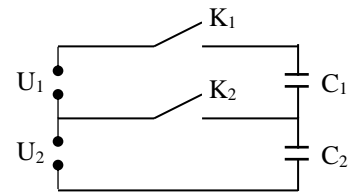


Bài 44. Trong hình bên: $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, nguồn $U = 9\text{V}$. Tính hiệu điện thế mỗi tụ nếu:

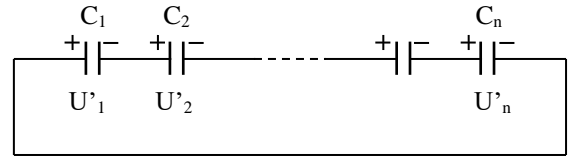
- Ban đầu K ở vị trí 1 sau đó chuyển sang 2.
- Ban đầu K ở vị trí 2 sau đó chuyển sang 1 rồi lại chuyển về vị trí 2.



Bài 45. Hai tụ C_1, C_2 mắc như hình vẽ. Ban đầu K_1 mở, K_2 đóng. Sau đó mở K_2 rồi đóng K_1 . Tính hiệu điện thế mỗi tụ.



Bài 46. Các tụ C_1, C_2, \dots, C_n được tích điện đến cùng hiệu điện thế U . Sau đó mắc nối tiếp các tụ thành mạch kín, các bản tích điện trái dấu nối với nhau. Tính hiệu điện thế hai đầu mỗi tụ.



Bài 47. Hai tụ $C_1 = 5 \cdot 10^{-10} \text{F}$, $C_2 = 15 \cdot 10^{-10} \text{F}$ mắc nối tiếp, khoảng giữa 2 bản mỗi tụ lấp đầy điện môi có chiều dày $d = 2 \text{mm}$ và điện trường giới hạn 1800 (V/mm) . Hỏi bộ tụ chịu được hiệu điện thế giới hạn bao nhiêu?

Bài 48. Ba tụ $C_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{F}$; $C_2 = 4 \cdot 10^{-9} \text{F}$, $C_3 = 6 \cdot 10^{-9} \text{F}$ mắc nối tiếp. Hiệu điện thế giới hạn của mỗi tụ là 500V . Hỏi bộ tụ có chịu được hiệu điện thế 1100V không?

Bài 49. Tụ phẳng không khí $d = 1,5 \text{cm}$ nối với nguồn $U = 39 \text{kV}$ (không đổi).

- Tụ có hư không nếu biết điện trường giới hạn của không khí là 30 (kV/cm) ?
- Sau đó đặt tấm thủy tinh có $\epsilon = 7$, $l = 0,3 \text{cm}$ và điện trường giới hạn 100 (kV/cm) vào khoảng giữa, song song với hai bản tụ. Tụ có hỏng không?

Bài 50. Ba tụ $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $C_2 = 2 \mu\text{F}$, $C_3 = 3 \mu\text{F}$ có hiệu điện thế giới hạn $U_1 = 1000 \text{V}$, $U_2 = 200 \text{V}$, $U_3 = 500 \text{V}$ mắc thành bộ. Cách mắc nào có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lớn nhất? Tính điện dung và hiệu điện thế giới hạn bộ tụ lúc này?

Bài 51. Tụ phẳng không khí có các bản chữ nhật cách nhau đoạn d . Mép dưới các bản chạm vào mặt điện môi lỏng ϵ có khối lượng riêng D . Nối tụ với nguồn U , điện môi dâng lên đoạn H giữa hai bản. Bỏ qua hiện tượng mao dẫn. Tính H .

Bài 52. Có hai tụ điện phẳng giống nhau: một tụ có điện môi là không khí và có điện dung $C_0 = 100 \mu\text{F}$. Người ta tích điện cho tụ này đến hiệu điện thế $U_0 = 60 \text{V}$, tụ thứ hai có điện môi, mà hằng số điện môi phụ thuộc vào hiệu điện thế U giữa hai bản tụ của nó theo quy luật $\epsilon = \alpha U$ với $\alpha = 0,1 \text{ (V}^{-1})$. Tụ thứ hai ban đầu không tích điện. Ta mắc song song hai tụ này với nhau.

- Hỏi hiệu điện thế trên mỗi tụ bằng bao nhiêu?
- Tính độ biến thiên năng lượng của hệ tụ. Nhận xét và giải thích.

Bài 53. Năm tụ giống nhau, mỗi tụ $C = 0,2 \mu\text{F}$ mắc nối tiếp. Bộ tụ được tích điện, thu năng lượng $2 \cdot 10^{-4} \text{J}$. Tính hiệu điện thế mỗi tụ.

Bài 54. Tụ phẳng không khí $C = 6 \mu\text{F}$ được tích điện đến hiệu điện thế $U = 600 \text{V}$ rồi ngắt khỏi nguồn.

- Nhúng tụ vào điện môi lỏng ($\epsilon = 4$) ngập $2/3$ diện tích mỗi bản. Tính hiệu điện thế của tụ.
- Tính công cần thiết để nhấc tụ điện ra khỏi điện môi. Bỏ qua trọng lượng tụ.

Bài 55. Hai tụ $C_1 = 2 \mu\text{F}$, $C_2 = 0,5 \mu\text{F}$ tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 100 \text{V}$, $U_2 = 50 \text{V}$ rồi ngắt khỏi nguồn. Nối các bản khác dấu của 2 tụ với nhau. Tính năng lượng của tia lửa điện phát ra.

Bài 56. Hai tụ $C_1 = 600\text{pF}$, $C_2 = 1000\text{pF}$ được mắc nối tiếp vào nguồn $U = 20\text{kV}$ rồi ngắt khỏi nguồn. Nối các bản cùng dấu của hai tụ với nhau. Tính năng lượng của tia lửa điện nảy ra.

3. CHUYÊN ĐỘNG CỦA ĐIỆN TÍCH TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

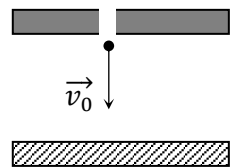
Bài 57. Hạt bụi $m = 1\text{g}$ mang điện tích $q = -10^{-6}\text{C}$ nằm cân bằng trong điện trường của tụ phẳng có các bản tụ nằm ngang, $d = 2\text{cm}$. Cho $g = 10(\text{m/s}^2)$.

a) Tính hiệu điện thế U của tụ điện.

b) Điện tích hạt bụi giảm đi 20%. Phải thay đổi U thế nào để hạt bụi vẫn cân bằng.

Bài 58. Tụ phẳng có các bản nằm ngang, $d = 1\text{cm}$, $U = 1000\text{V}$. Một giọt thủy ngân mang điện tích q nằm cân bằng ngay giữa hai bản. Đột nhiên U giảm bớt 4V. Hỏi sau bao lâu giọt thủy ngân rơi chạm bản dưới? Cho $g = 10(\text{m/s}^2)$.

Bài 59. Một electron bay vào trong điện trường của một tụ phẳng theo phương song song với các đường sức với $v_0 = 8 \cdot 10^6(\text{m/s})$. Tìm U giữa hai bản tụ để electron không tới được bản đối diện. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



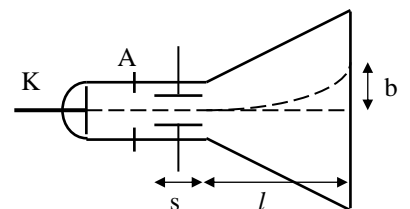
Bài 60. Tụ phẳng $d = 4\text{cm}$ được tích điện. Một electron bắt đầu chuyển động từ bản âm sang bản dương, đồng thời một proton cũng bắt đầu chuyển động ngược lại từ bản dương. Hỏi chúng gặp nhau cách bản dương một khoảng bao nhiêu? Biết $m_p = 1840m_e$. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

Bài 61. Electron bay vào một tụ phẳng với $v_0 = 3,2 \cdot 10^7(\text{m/s})$ theo phương song song với các bản. Khi ra khỏi tụ, electron bị lệch theo phương vuông góc với các bản đoạn $h = 6\text{mm}$. Các bản dài $l = 6\text{cm}$ cách nhau $d = 3\text{cm}$. Tính U giữa hai bản tụ.

Bài 62. Sau khi được tăng tốc bởi hiệu điện thế $U_0 = 100\text{V}$, một electron bay vào chính giữa hai bản tụ phẳng theo phương song song với hai bản. Hai bản có chiều dài $l = 10\text{cm}$, khoảng cách $d = 1\text{cm}$. Tìm U giữa hai bản để electron không ra được khỏi tụ.

Bài 63. Electron mang năng lượng $W_0 = 1500\text{eV}$ bay vào một tụ phẳng theo hướng song song với hai bản. Hai bản dài $l = 5\text{cm}$, cách nhau $d = 1\text{cm}$. Tính U giữa hai bản để electron bay khỏi tụ điện theo phương hợp với các bản một góc $\alpha = 11^\circ$ ($\tan 11^\circ \approx 0,2$).

Bài 64. Electron thoát ra từ K, được tăng tốc bởi một điện trường đều giữa A và K rồi đi vào một tụ phẳng theo phương song song với hai bản như hình vẽ. Biết $s = 6\text{cm}$, $d = 1,8\text{cm}$; $l = 15\text{cm}$, $b = 2,1\text{cm}$; U của tụ 50V . Tính vận tốc electron khi bắt đầu đi vào tụ, và hiệu điện thế U_0 giữa K và A. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

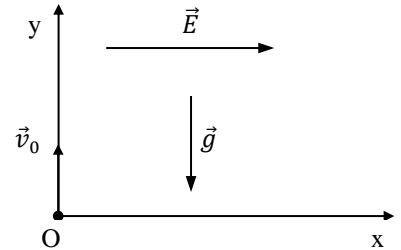


Bài 65. Electron bay vào một tụ phẳng với vận tốc \vec{v}_0 qua một lỗ nhỏ ở bản dương, hợp với bản góc α . Các bản có khoảng cách d , hiệu điện thế U . Bỏ qua trọng lực. Hỏi electron có thể cách bản tụ âm một khoảng ngắn nhất là bao nhiêu?

Bài 66. Hạt bụi $m = 0,01\text{g}$ mang điện tích $q = 10^{-5}\text{C}$ đặt vào điện trường đều \vec{E} nằm ngang, hạt bụi chuyển động với $v_0 = 0$, sau $t = 4\text{s}$ đạt vận tốc $v = 50(\text{m/s})$. Cho $g = 10(\text{m/s}^2)$, có kể đến tác dụng của trọng lực. Tìm E .

Bài 67. Hai bản kim loại A và B được đặt song song, cách nhau khoảng d và có những điện tích đối nhau. Ở ngay giữa hai bản và cách đều hai bản có một giọt dầu tích điện (P). Khi hai bản ở vị trí nằm ngang thì giọt dầu có cân bằng; Nếu người ta đặt cho hai bản kim loại nằm nghiêng góc 60° so với mặt phẳng ngang như hình vẽ thì sau một lúc giọt dầu sẽ tới va chạm với một bản kim loại. Tính vận tốc của giọt dầu khi va chạm nói trên xảy ra.

Bài 68. Truyền cho một quả cầu nhỏ có khối lượng m , mang điện tích q ($q > 0$) vận tốc đầu \vec{v}_0 thẳng đứng hướng lên. Quả cầu nằm trong điện trường đều nằm ngang, có cường độ điện trường \vec{E} . Bỏ qua sức cản của không khí và sự phụ thuộc gia tốc rơi tự do vào độ cao. Hãy viết phương trình quỹ đạo của quả cầu và xác định vận tốc cực tiểu của nó trong quá trình chuyển động.



D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG.

Bài 1.

- Diện tích phần đối diện của hai bản tụ là: $S = \pi R^2 = \pi \cdot 0,1^2 = 0,01\pi \text{ (m}^2\text{)}$
 - Điện dung của tụ điện phẳng là: $C = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d} = \frac{1 \cdot 0,01 \cdot \pi}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 0,01} = 2,78 \cdot 10^{-11} \text{ F}$
 - Điện tích của tụ điện là: $Q = CU = 2,78 \cdot 10^{-11} \cdot 108 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.
- Vậy: Điện tích của tụ điện là $Q = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

Bài 2.

- Điện tích của quả cầu: $Q = CU = 50 \cdot 10^{-12} \cdot 180 = 9 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.
- Khi quả cầu được tích điện Q , điện tích sẽ phân bố đều trên bề mặt quả cầu. Điện thế của quả cầu là:

$$V = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{\epsilon R} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{9 \cdot 10^{-9}}{R} = \frac{81}{R}$$
- Điện dung của quả cầu là: $C = \frac{Q}{V} \Rightarrow V = \frac{Q}{C} = U$

$$\Rightarrow \frac{81}{R} = 180 \Rightarrow R = 0,45 \text{ m} = 45 \text{ cm}.$$

Vậy: Điện tích và bán kính của quả cầu là $Q = 9 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $R = 45 \text{ cm}$.

Bài 3.

- Sau khi nối, hai quả cầu có cùng điện thế V và điện tích trên hai quả cầu lần lượt là: $Q_1 = C_1 V$; $Q_2 = C_2 V$.
- Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q_1 + Q_2 = Q \Rightarrow (C_1 + C_2)V = Q \Rightarrow V = \frac{Q}{C_1 + C_2}$
- Điện tích của mỗi quả cầu sau khi nối là: $Q_1 = C_1 V = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot Q = \frac{0,2}{0,2 + 0,3} \cdot 5 \cdot 10^{-7} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

$$Q_2 = C_2 V = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot Q = \frac{0,3}{0,2 + 0,3} \cdot 5 \cdot 10^{-7} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

Bài 4.

a) Điện tích Q của tụ

Ta có: $Q = CU = 2 \cdot 10^{-12} \cdot 600 = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

Vậy: Điện tích của tụ điện là $Q = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

b) Khi ngắt tụ khỏi nguồn: Khi ngắt tụ khỏi nguồn thì điện tích không đổi nên:

$$Q_1 = Q = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

- Điện dung của tụ điện: $C_1 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 2d} = \frac{C}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-12}}{2} = 10^{-12} \text{ F} = 1 \text{ pF}$

- Hiệu điện thế của tụ điện: $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1,2 \cdot 10^{-9}}{10^{-12}} = 1200 \text{ V}$.

Vậy: Khi ngắt tụ khỏi nguồn và đưa hai bản tụ ra xa gấp đôi thì điện tích của tụ là $Q_1 = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ điện dung của tụ là $C_1 = 1 \text{ pF}$ và hiệu điện thế của tụ là $U_1 = 1200 \text{ V}$.

c) Khi vẫn nối tụ với nguồn điện: Khi vẫn nối tụ với nguồn thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ không đổi:

$$U_2 = U = 600 \text{ V}$$

- Điện dung của tụ: $C_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 2d} = \frac{C}{2} = 10^{-12} \text{ F} = 1 \text{ pF}$

- Điện tích của tụ: $Q_2 = C_2 U_2 = 10^{-12} \cdot 600 = 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

Vậy: Khi vẫn nối tụ với nguồn điện và đưa hai bản ra xa gấp đôi thì điện tích của tụ là $Q_2 = 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ điện dung của tụ là $C_2 = 1 \text{ pF}$ và hiệu điện thế của tụ là $U_2 = 600 \text{ V}$.

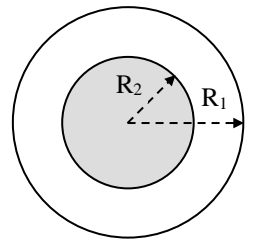
Bài 5.

Ta có: Hai bản tụ điện là hai mặt cầu kim loại đồng tâm bán kính R_1, R_2 .

- Điện thế của mỗi bản: $V_1 = k \frac{Q}{\epsilon R_1}; V_2 = k \frac{Q}{\epsilon R_2}$

- Hiệu điện thế giữa hai bản: $U = V_1 - V_2 = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

- Điện dung của tụ điện cầu là: $C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon}{k \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)} = \frac{\epsilon R_1 R_2}{k(R_2 - R_1)} = \frac{4\pi \epsilon \epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$ (với $k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$)



(Trong chân không hoặc không khí: $\epsilon = 1$ nên $C = \frac{4\pi \epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$).

Bài 6.

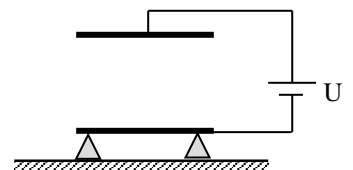
- Bản tụ dưới không nén lên để tức là trọng lượng của bản tụ đã cân bằng với lực điện trường:

$P = F \Leftrightarrow mg = qE$ với $E = \frac{q}{2\epsilon \epsilon_0 S}$ là cường độ điện trường do một bản tụ gây ra.

$$\Leftrightarrow DShg = \frac{q^2}{2\epsilon \epsilon_0 S}$$

$$\Leftrightarrow DShg = \left(\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \right)^2 \cdot \frac{U^2}{2\epsilon \epsilon_0 S} \Rightarrow U = d \sqrt{\frac{2Dhg}{\epsilon \epsilon_0}}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là $U = d \sqrt{\frac{2Dhg}{\epsilon \epsilon_0}}$.



Bài 7.

Nhiệt lượng tỏa ra khi tụ phóng điện: $Q = \frac{CU^2}{2}$

$$\Rightarrow U^2 = \frac{2Q}{C} = \frac{2Q}{\epsilon S} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d = \frac{2 \cdot 4,19 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow U = 21700 \text{ V} = 21,7 \text{ kV}.$$

Vậy: Hiệu điện thế nạp của tụ là $U = 21,7 \text{ kV}$.

Bài 8.

- Điện thế của quả cầu: $V = \frac{kq}{\epsilon R}$.

$$\Rightarrow q = \frac{V \cdot \epsilon R}{k} = \frac{8000 \cdot 0,1}{9 \cdot 10^9} = 8,9 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

- Năng lượng điện trường: $W = \frac{q^2}{8 \cdot \pi \cdot \epsilon \epsilon_0 R}$.

- Mật độ năng lượng điện trường: $w = \frac{W}{S} = \frac{q^2}{8 \pi \epsilon \epsilon_0 R \cdot 4 \pi R^2}$

$$\Rightarrow w = \frac{(8,9 \cdot 10^{-8})^2}{8 \pi \frac{1}{9 \cdot 10^9} \cdot 4 \pi \cdot 0,1^3} = 0,028 \text{ (J/m}^2\text{)}.$$

Vậy: Mật độ năng lượng điện trường ở sát mặt quả cầu là $w = 0,028 \text{ (J/m}^2\text{)}$.

Bài 9.

- Năng lượng của tụ C: $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{1000 \cdot 10^{-6} \cdot 1500^2}{2} = 1125 \text{ J}.$

- Hiệu suất của thiết bị: $H = \frac{P_t}{W} = 0,04 \Rightarrow P = \frac{W \cdot 0,04}{t} = \frac{0,04 \cdot 1125}{2 \cdot 10^{-6}} = 2,25 \cdot 10^7 \text{ W}.$

Vậy: Công suất hiệu dụng trung bình của mỗi xung điện là $P = 2,25 \cdot 10^7 \text{ W}.$

Bài 10.

- Năng lượng ban đầu của tụ điện: $W_1 = \frac{Q^2}{2C_1}.$

- Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn, điện tích trên tụ không đổi, nhúng tụ vào điện môi lỏng có $\epsilon = 2$ thì $C_2 = 2C_1$

nên tụ điện có năng lượng: $W_2 = \frac{Q^2}{2C_2} = \frac{W_1}{2}$

Vậy: Năng lượng của tụ giảm đi 2 lần.

Bài 11.

- Năng lượng của tụ điện: $W_1 = \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{10^{-10} \cdot 100^2}{2} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$

- Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn, điện tích của tụ không đổi: $Q = C_1 U = 10^{-10} \cdot 100 = 10^{-8} \text{ C}$

- Khi tăng khoảng cách của hai bản tụ lên gấp đôi thì: $C_2 = \frac{C_1}{2}.$

- Năng lượng lúc sau của tụ điện: $W_2 = \frac{Q^2}{2C_2} = \frac{Q^2}{2 \frac{C_1}{2}} = 2W_1$

- Công cần thực hiện là: $A = W_2 - W_1 = W_1 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$

Vậy: Công cần thực hiện để tăng khoảng cách giữa hai bản tụ lên gấp đôi là $A = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$

Bài 12.

Gọi điện dung của tụ điện khi có tấm thủy tinh là C và khi không có tấm thủy tinh là C_0 thì: $C = \epsilon C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

a) Khi tụ vẫn nối với nguồn

- Năng lượng của tụ điện khi mắc vào nguồn là: $W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \epsilon C_0 U^2.$

- Năng lượng của tụ điện sau khi bản thủy tinh đã được rút ra hết là: $W' = \frac{1}{2} C_0 U^2.$

- Độ biến thiên năng lượng của tụ: $\Delta W = W' - W$

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{U^2}{2} (C_0 - C) = \frac{1}{2} (1 - \epsilon) C_0 U^2 = \frac{(1 - \epsilon) \epsilon_0 S U^2}{2d}$$

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{(1 - 5) \cdot 200 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \pi \cdot 9 \cdot 10^9} = -318 \cdot 10^{-7} \text{ J}.$$

- Khi rút tấm thủy tinh ra khỏi tụ điện, ta cần thực hiện một công. Khi tụ điện nối với nguồn, công A dùng để rút tấm thủy tinh có giá trị bằng độ biến thiên năng lượng của hệ tụ điện - nguồn. Một phần công này làm thay đổi năng lượng của tụ điện một lượng: $\Delta W = \frac{1}{2}(1 - \varepsilon)C_0 U^2$

- Khi tấm thủy tinh được rút ra khỏi tụ điện, điện dung của tụ điện giảm đi, do đó với cùng hiệu điện thế U, điện tích của tụ điện giảm đi. Một phần điện tích ΔQ đã dịch chuyển ngược chiều nguồn điện. Công dịch chuyển các điện tích này bằng: $\Delta W' = -\Delta Q \cdot U = -\Delta C \cdot U^2 = U^2 C_0 (\varepsilon - 1)$

$$\text{Do đó: } A = \Delta W + \Delta W' = \frac{1}{2}(1 - \varepsilon)C_0 U^2 + U^2 C_0 (\varepsilon - 1) = \frac{1}{2}(\varepsilon - 1)C_0 U^2 = 318 \cdot 10^{-7} \text{ J.}$$

Vậy: Độ biến thiên năng lượng và công cần thực hiện trong trường hợp này là $\Delta W = -318 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ và $A = 318 \cdot 10^{-7} \text{ J}$.

b) Khi ngắt tụ khỏi nguồn

$$\text{- Năng lượng của tụ điện được tích điện khi có tấm thủy tinh là: } W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{\varepsilon C_0}$$

- Sau khi ngắt tụ điện khỏi nguồn, điện tích trên các bản tụ giữ nguyên không đổi. Năng lượng của tụ điện sau khi bản thủy tinh đã được rút ra hết: $W' = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C_0}$

$$\text{- Độ biến thiên năng lượng của tụ điện: } \Delta W = W' - W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_0} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) = \frac{\varepsilon(\varepsilon - 1)C_0 U^2}{2} = \frac{(\varepsilon - 1)\varepsilon_0 \varepsilon S U^2}{2d}$$

$$\Delta W = \frac{(5-1) \cdot 5 \cdot 200 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 1590 \cdot 10^{-7} \text{ J}$$

- Khi tụ điện được ngắt khỏi nguồn, công để rút tấm thủy tinh chỉ bằng độ biến thiên năng lượng của tụ điện: $A' = \Delta W = 1590 \cdot 10^{-7} \text{ J}$.

Vậy: Độ biến thiên năng lượng và công cần thực hiện trong trường hợp này là $\Delta W = A' = 1590 \cdot 10^{-7} \text{ J}$.

Bài 13.

a) Sự thay đổi năng lượng của tụ khi x tăng: Gọi x là khoảng cách ban đầu giữa hai bản; x' là khoảng cách lúc sau giữa hai bản. Ta có: $\Delta x = x' - x > 0$.

$$\text{- Độ biến thiên năng lượng của tụ điện: } \Delta W = W' - W = \frac{C U^2}{2} - \frac{C U^2}{2}$$

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{U^2}{2} \left(\frac{\varepsilon_0 S}{x'} - \frac{\varepsilon_0 S}{x} \right) = \frac{U^2 \varepsilon_0 S}{2xx'} (x - x') = - \frac{U^2 \varepsilon_0 S}{2xx'} \cdot \Delta x < 0.$$

Vậy: Khi x tăng thì năng lượng của tụ điện giảm.

b) Công suất cần để tách các bản tụ

$$\text{Ta có: } P = \frac{A}{\Delta t} = - \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{U^2 \varepsilon_0 S}{2xx'} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \frac{U^2 \varepsilon_0 S}{2x^2} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow P \approx \frac{U^2 \varepsilon_0 S}{2x^2} \cdot v$$

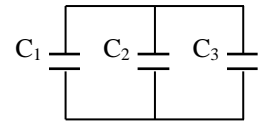
Vậy: Công suất cần để tách các bản tụ theo x là $P \approx \frac{U^2 \varepsilon_0 S}{2x^2} \cdot v$, với $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ là vận tốc các bản khi tách ra xa nhau.

c) Công cơ học và phần năng lượng được giải phóng khỏi tụ điện đã biến thành công để đưa các điện tích về nguồn. Toàn bộ phần năng lượng nói trên biến thành nhiệt năng và hóa năng.

Bài 14.

a) Ba tụ ghép song song:

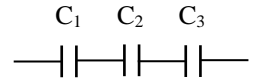
- Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 4 + 6 = 12 \mu\text{F}$.
- Hiệu điện thế mỗi tụ: $U_1 = U_2 = U_3 = U = 100 \text{ V}$.
- Điện tích tụ C_1 : $Q_1 = C_1 U_1 = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.
- Điện tích tụ C_2 : $Q_2 = C_2 U_2 = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.
- Điện tích tụ C_3 : $Q_3 = C_3 U_3 = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.



Hình a

b) Ba tụ ghép nối tiếp:

- Điện dung tương đương của bộ tụ: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$
 $\Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1,5} + \frac{1}{3} = 2 \Rightarrow C = 0,5 \mu\text{F}$
- Điện tích của mỗi tụ: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q = CU = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- Hiệu điện thế của tụ C_1 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{10^{-6}} = 60 \text{ V}$
- Hiệu điện thế của tụ C_2 : $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{1,5 \cdot 10^{-6}} = 40 \text{ V}$
- Hiệu điện thế của tụ C_3 : $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} = 20 \text{ V}$.



Hình b

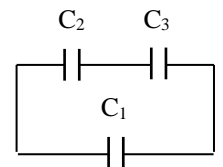
c) Hai tụ C_2, C_3 mắc nối tiếp nhau và mắc song song với tụ C_1 :

Ta có: $C_{23} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} = \frac{1 \cdot 3}{1 + 3} = 0,75 \mu\text{F}$

- Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = C_1 + C_{23} = 0,25 + 0,75 = 1 \mu\text{F}$
- Hiệu điện thế của tụ C_1 : $U_1 = U_{23} = U = 120 \text{ V}$.
- Điện tích của tụ C_1 : $Q_1 = C_1 U_1 = 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- Điện tích của tụ C_2 và C_3 : $Q_{23} = C_{23} U_{23} = 0,75 \cdot 10^{-6} \cdot 120 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

$\Rightarrow Q_2 = Q_3 = Q_{23} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

- Hiệu điện thế của tụ C_2 : $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{9 \cdot 10^{-5}}{10^{-6}} = 90 \text{ V}$
- Hiệu điện thế của tụ C_3 : $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{9 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} = 30 \text{ V}$.

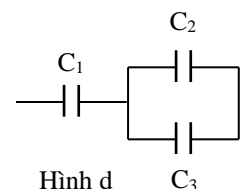


Hình c

d) Hai tụ C_2, C_3 mắc song song và mắc nối tiếp với tụ C_1 :

Ta có: $C_{23} = C_2 + C_3 = 2 + 1 = 3 \mu\text{F}$

- Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = \frac{C_1 C_{23}}{C_1 + C_{23}} = \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = 1,2 \mu\text{F}$
- Điện tích của tụ C_1 : $Q_1 = Q_{23} = Q = CU = 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- Hiệu điện thế của tụ C_1 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1,2 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-6}} = 6 \text{ V}$.
- Hiệu điện thế của tụ C_2, C_3 : $U_2 = U_3 = U_{23} = \frac{Q_{23}}{C_{23}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} = 4 \text{ V}$.
- Điện tích của tụ C_2 : $Q_2 = C_2 U_2 = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 0,8 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- Điện tích của tụ C_3 : $Q_3 = C_3 U_3 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 0,4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.



Hình d

Bài 15.

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Điện dung của bộ tụ trước khi ngắt khỏi nguồn: $C = C_1 + C_2 = 0,2 + 0,4 = 0,6 \mu\text{F}$
- Điện tích của bộ tụ: $Q = CU = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 450 = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- Điện dung của tụ C_2 sau khi lấp đầy điện môi: $C'_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d} = \epsilon C_2 = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \mu\text{F}$
- Điện dung của bộ tụ sau khi lấp đầy C_2 bằng điện môi: $C' = C_1 + C_2 = 0,2 + 0,8 = 1 \mu\text{F}$
- Ngắt tụ ra khỏi nguồn thì điện tích không đổi: $Q' = Q = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- Hiệu điện thế của bộ tụ sau khi ngắt khỏi nguồn: $U' = \frac{Q'}{C'} = \frac{2,7 \cdot 10^{-4}}{10^{-6}} = 270 \text{ V}$
- Điện tích của tụ C_1 : $Q'_1 = C_1 U'_1 = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 270 = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$
- Điện tích của tụ C_2 : $Q'_2 = C_2 U'_2 = 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 270 = 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ C}$

Vậy: Hiệu điện thế bộ tụ và điện tích mỗi tụ sau khi ngắt ra khỏi nguồn là $U' = 270 \text{ V}$; $Q'_1 = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ và $Q'_2 = 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

Bài 16.

- Điện dung ban đầu của bộ tụ: $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2C_2 C_2}{2C_2 + C_2} = \frac{2C_2}{3}$
- Điện tích ban đầu của bộ tụ: $Q = CU = \frac{2}{3} C_2 U$
- Hiệu điện thế của tụ C_1 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{\frac{2}{3} C_2 U}{2C_2} = \frac{U}{3}$
- Nếu nhúng C_2 vào chất điện môi có $\epsilon = 2 \Rightarrow C'_2 = 2C_2$:
 - + Điện dung sau khi nhúng của bộ tụ: $C' = \frac{C_1 \cdot C'_2}{C_1 + C'_2} = \frac{2C_2 \cdot 2C_2}{2C_2 + 2C_2} = C_2$
 - + Điện tích sau khi nhúng của bộ tụ: $Q' = C'U = C_2 U$
 - + Hiệu điện thế của tụ C_1 sau khi nhúng: $U'_1 = \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{C_2 U}{2C_2} = \frac{U}{2}$
 - + Do đó: $\frac{U'_1}{U_1} = \frac{3}{2} = 1,5$
- Mà $E = \frac{U}{d} \Rightarrow \frac{U'_1}{U_1} = \frac{E'_1}{E_1} = 1,5$.

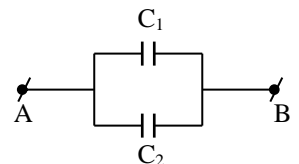
Vậy: Cường độ điện trường trong tụ C_1 tăng 1,5 lần.

Bài 17.

- Hệ được xem gồm hai tụ C_1 và C_2 ghép song song nhau.

- Điện dung của mỗi tụ: $C_1 = C_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot d}$

$$\Leftrightarrow C_1 = C_2 = \frac{100 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}} \approx 1,77 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$



a) Điện dung của bộ tụ và điện tích trên mỗi tấm kim loại

- Điện dung của bộ tụ: $C = C_1 + C_2 = 1,77 \cdot 10^{-11} \cdot 2 = 3,54 \cdot 10^{-11} \text{ F}$.
- Hiệu điện thế mỗi tụ là: $U_1 = U_2 = U = 100 \text{ V}$.
- Điện tích của mỗi tụ: $Q_1 = Q_2 = C_1 U_1 = 1,77 \cdot 10^{-11} \cdot 100 = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.
- Điện tích trên tấm kim loại A: $Q_A = Q_1 + Q_2 = 1,77 \cdot 10^{-9} \cdot 2 = 3,54 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.
- Điện tích trên tấm kim loại B: $Q_B = Q_1 = Q_2 = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

Vậy: Điện dung của bộ tụ là $C = 3,54 \cdot 10^{-11} \text{ F}$; điện tích trên các tấm kim loại là $Q_A = 3,54 \cdot 10^{-9} \text{ C}$; $Q_B = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

b) Khi ngắt A, B ra khỏi nguồn điện: Ngắt A, B ra khỏi nguồn thì điện tích không đổi:

$$Q' = Q = CU = \frac{2\varepsilon SU}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$$

$$\text{- Điện dung của mỗi tụ: } C'_1 = \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi (d+x)}; C'_2 = \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi (d-x)}$$

$$\text{- Điện dung của bộ tụ: } C' = C'_1 + C'_2$$

$$\Rightarrow C' = \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi (d+x)} + \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi (d-x)} = \frac{\varepsilon S \cdot 2d}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi (d^2 - x^2)}$$

$$\text{- Hiệu điện thế của bộ tụ: } U' = \frac{Q'}{C'} = \frac{2\varepsilon SU}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d \cdot \varepsilon S \cdot 2d} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi (d^2 - x^2) \Rightarrow U' = \frac{U \cdot (d^2 - x^2)}{d^2}$$

$$\text{- Khi } x = \frac{d}{2} \Rightarrow U' = \frac{U \cdot (d^2 - \frac{d^2}{4})}{d^2} = \frac{3}{4} U = \frac{3}{4} 100 = 75 \text{ V.}$$

$$\text{Vậy: Hiệu điện thế giữa A và B theo x là } U' = \frac{U \cdot (d^2 - x^2)}{d^2}.$$

Bài 18.

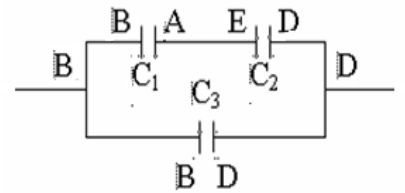
- Hệ thống 4 bản kim loại trên tương đương mạch tụ như hình vẽ:

$$\text{- Điện dung của tụ } C_1, C_2: C_1 = C_2 = \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = C_0$$

$$\text{- Điện dung của tụ } C_3: C_3 = \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 2d} = \frac{C_0}{2}$$

$$\text{- Điện dung tương đương của bộ tụ: } C = C_{12} + C_3 = \frac{C_0}{2} + \frac{C_0}{2} = C_0$$

$$\text{- Điện tích của cả bộ tụ: } Q = CU = C_0 U$$



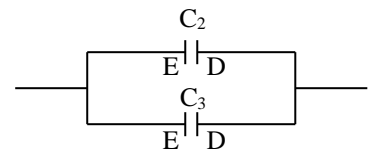
a) Khi nối A với B: Khi nối A, B bằng dây dẫn thì có sự phân bố lại điện tích như hình vẽ:

$$\text{- Theo định luật bảo toàn điện tích: } Q' = Q$$

$$\Leftrightarrow (C_0 + \frac{C_0}{2})U_1 = C_0 U$$

$$\Leftrightarrow 1,5C_0 U_1 = C_0 U \Rightarrow U_1 = \frac{U}{1,5} = \frac{12}{1,5} = 8 \text{ V} = U_{BD}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa B và D khi nối A với B là $U_{BD} = 8 \text{ V}$.



b) Khi lấp đầy giữa B và D bằng điện môi: Khi lấp đầy khoảng giữa B, D điện môi có $\varepsilon = 3$:

$$\text{- Điện dung của tụ } C_3: C'_3 = \frac{3C_0}{2} = 1,5C_0.$$

$$\text{- Điện dung của bộ tụ: } C = C_{12} + C'_3 = \frac{C_0}{2} + 1,5C_0 = 2C_0.$$

$$\text{- Theo định luật bảo toàn điện tích: } Q' = Q \Leftrightarrow 2C_0 U_1 = C_0 U$$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{U}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ V} = U_{BD}.$$

Vậy: Khi lấp đầy giữa B và D bằng điện môi thì hiệu điện thế giữa B và D là $U_{BD} = 6 \text{ V}$.

Bài 19.

Ta có: Điện dung ban đầu của tụ: $C = \frac{\varepsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = 2 \text{ pF}$

a) Khi các bản đặt thẳng đứng, hệ được xem gồm 2 tụ C_1 và C_2 mắc song song:

- Điện dung của tụ C_1 : $C_1 = \frac{\epsilon_0 \frac{S}{2}}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{C}{2}$

- Điện dung của tụ C_2 : $C_2 = \frac{\epsilon_0 \frac{S}{2}}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{\epsilon C}{2}$

- Điện dung của bộ tụ:

$$C_a = \frac{C}{2} + \frac{\epsilon C}{2} = \left(\frac{1+\epsilon}{2}\right)C = \left(\frac{1+3}{2}\right) \cdot 2 = 4 \text{ pF.}$$

Vậy: Khi các bản tụ đặt thẳng đứng thì điện dung của tụ là $C_a = 4 \text{ pF}$.

b) Khi các bản đặt nằm ngang, hệ được xem gồm 2 tụ C_1 và C_2 mắc nối tiếp.

- Điện dung của tụ C_1 : $C_1 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \frac{d}{2}} = 2C$.

- Điện dung của tụ C_2 : $C_2 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \frac{d}{2}} = 2\epsilon C$.

- Điện dung của bộ tụ: $C_b = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2C \cdot 2\epsilon C}{2C + 2\epsilon C} = \frac{2\epsilon}{1+\epsilon} \cdot C = \frac{2 \cdot 3}{1+3} \cdot 2 = 3 \text{ pF.}$

Vậy: Khi các bản tụ đặt nằm ngang thì điện dung của tụ là $C_b = 3 \text{ pF}$.

Bài 20.

- Hệ thống 4 tấm kim loại trên tương đương mạch tụ như hình vẽ:

- Điện dung của mỗi tụ: $C_1 = C_2 = C_3 = C_0 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$

$$\Rightarrow C_0 = \frac{\pi R^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{0,06^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 10^{-10} \text{ F.}$$

- Điện dung của bộ tụ: $C = \frac{C_{12} \cdot C_3}{C_{12} + C_3} = \frac{2C_0 \cdot C_0}{2C_0 + C_0} = \frac{2}{3} C_0 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-10} \text{ F.}$

- Điện tích của bộ tụ: $Q = CU = \frac{2}{3} \cdot 10^{-10} \cdot 20 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C.}$

$$\Rightarrow Q_{12} = Q_3 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

- Hiệu điện thế hai đầu bộ tụ C_1, C_2 : $U_1 = U_2 = U_{12} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = \frac{\frac{4}{3} \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 10^{-10}} = \frac{20}{3} \text{ V}$

- Điện tích của các tụ C_1, C_2 : $Q_1 = Q_2 = C_1 U_1 = 10^{-10} \cdot \frac{20}{3} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C.}$

- Điện tích trên mỗi tấm:

+Tấm A: $Q_1 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$; tấm B: $Q_1 + Q_2 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C.}$

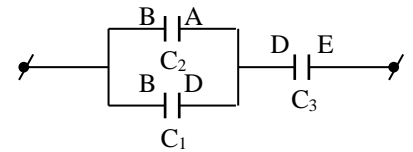
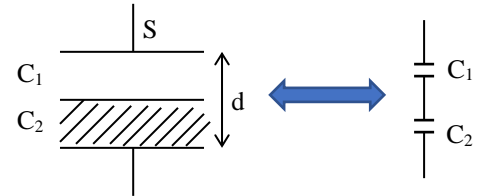
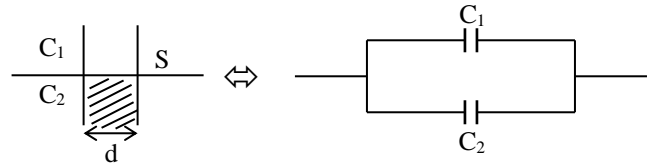
+Tấm D: $Q_2 + Q_3 = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$; tấm E: $Q_3 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C.}$

Vậy: Điện dung của bộ tụ là $C = \frac{2}{3} \cdot 10^{-10} \text{ F}$; điện tích của mỗi tấm kim loại là $Q_A = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$; $Q_B = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$; $Q_D = \frac{4}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$ và $Q_E = \frac{2}{3} \cdot 10^{-9} \text{ C}$.

Bài 21.

- Diện tích phần đối diện của mỗi bản: $S = \frac{1}{2} \pi R^2 \cdot \frac{\alpha}{180^\circ}$ (α tính bằng độ)

- Hai bản đối diện tạo nên tụ điện có điện dung: $C_1 = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{\frac{1}{2} \pi R^2 \cdot \frac{\alpha}{180^\circ}}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$ với: $R = 0,06 \text{ m}$; $d = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$.



$$\Rightarrow C_1 = \frac{\frac{1}{2}\pi \cdot 0,06^2 \cdot \frac{\alpha}{180^0}}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 5 \cdot 10^{-4}} = \frac{\alpha}{18} \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

- Tụ gồm n bản tương đương ($n - 1$) tụ C_1 ghép song song nên điện dung của tụ xoay là:

$$C = (n - 1)C_1 = \frac{(n-1) \alpha \cdot 10^{-11}}{18}$$

a) Tính n

- Điện dung cực đại của tụ là 1500 pF khi $\alpha = 180^0$.

$$\Rightarrow 1500 \cdot 10^{-12} = \frac{(n-1) \cdot 180^0 \cdot 10^{-11}}{18} \Rightarrow n - 1 = 15 \Rightarrow n = 16.$$

Vậy: Tụ xoay có $n = 16$ tấm hình bán nguyệt.

b) Điện tích của tụ điện

$$\text{- Khi } \alpha = 120^0 \Rightarrow C = \frac{15 \cdot 120^0 \cdot 10^{-11}}{18} = 10^{-9} \text{ F.}$$

$$\text{- Điện tích của tụ: } Q = CU = 10^{-9} \cdot 500 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ C.}$$

c) Giá trị của α để có sự phóng điện giữa hai bản tụ

$$\text{- Hiệu điện thế giới hạn của hai bản tụ: } U_{gh} = E_{gh}d = 3 \cdot 10^5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-4} = 1,5 \cdot 10^2 = 15 \text{ V}$$

$$\text{- Khi ngắt tụ khỏi nguồn thì } Q = \text{const. Điện tích của một tụ: } q = \frac{Q}{15} = \frac{5 \cdot 10^{-7}}{15} = \frac{10^{-7}}{3} \text{ C}$$

$$\Rightarrow U = \frac{q}{C_1} \leq U_{gh}$$

$$\Rightarrow \frac{10^{-7}}{3 \cdot \frac{\alpha \cdot 10^{-11}}{18}} \leq 15 \Rightarrow \alpha \geq 40^0.$$

Vậy: Để có sự phóng điện giữa hai bản tụ điện thì $\alpha \geq 40^0$.

Bài 22.

- Bộ tụ có điện dung $5 \mu\text{F} > C_0 \Rightarrow C_0$ mắc song song với C_1 :

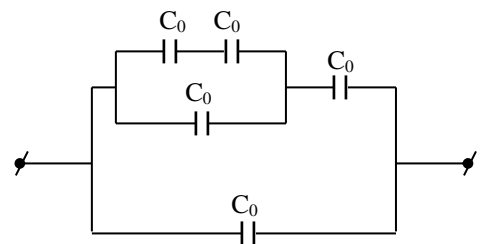
$$\Rightarrow C_1 = 5 - 3 = 2 \mu\text{F}$$

- $C_1 = 2 \mu\text{F} < C_0 \Rightarrow C_1$ gồm C_0 mắc nối tiếp với C_2 :

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_0} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6} \Rightarrow C_2 = 6 \mu\text{F}$$

- $C_2 = 6 \mu\text{F} = C_0 + C_0 \Rightarrow C_2$ gồm C_0 mắc song song với C_0 .

Vậy: Phải dùng ít nhất 5 tụ C_0 và mắc như sau: $[(C_0 \text{ nt } C_0) // C_0] \text{ nt } C_0$ (hình vẽ).



Bài 23.

$$\text{- Điện dung tương đương của } C_1, C_2: C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1,4}{1+4} = 0,8 \mu\text{F}$$

$$\text{- Điện dung tương đương của } C_1, C_2, C_3: C_{123} = C_{12} + C_3 = 0,8 + 1 = 1,8 \mu\text{F}$$

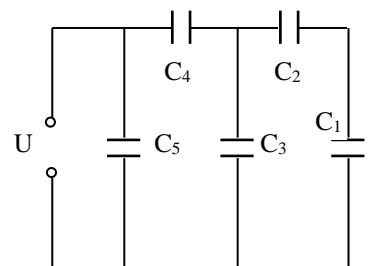
$$\text{- Điện dung tương đương của } C_1, C_2, C_3, C_4: C_{1234} = \frac{C_{123} \cdot C_4}{C_{123} + C_4} = \frac{1,8 \cdot 1,2}{1,8 + 1,2} =$$

$$0,72 \mu\text{F}$$

$$\text{- Điện dung tương đương của bộ tụ: } C = C_{1234} + C_5 = 0,72 + 1 = 1,72 \mu\text{F}$$

$$\text{- Hiệu điện thế hai đầu tụ } C_5: U_5 = U = 30 \text{ V.}$$

$$\text{- Điện tích tụ } C_5: Q_5 = C_5 U_5 = 10^{-6} \cdot 30 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C.}$$



CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Điện tích tụ C_{1234} : $Q_{1234} = C_{1234}U = 0,72 \cdot 10^{-6} \cdot 30 = 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- Điện tích tụ C_4 : $Q_4 = Q_{123} = Q_{1234} = 2,16 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_4 : $U_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{2,16 \cdot 10^{-5}}{1,2 \cdot 10^{-6}} = 18 \text{ V}$.
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3 và C_{12} : $U_3 = U_{12} = U_{123} = \frac{Q_{123}}{C_{123}} = \frac{2,16 \cdot 10^{-5}}{1,8 \cdot 10^{-6}} = 12 \text{ V}$.
- Điện tích tụ C_3 : $Q_3 = C_3 U_3 = 10^{-6} \cdot 12 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- Điện tích tụ C_1, C_2 : $Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12} U_{12} = 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 12 = 9,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$.
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{9,6 \cdot 10^{-6}}{10^{-6}} = 9,6 \text{ V}$.
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2 : $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{9,6 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-6}} = 2,4 \text{ V}$.

Bài 24.

- Sơ đồ mạch tụ: $[(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)] \text{ nt } C_5$.
- Hiệu điện thế giữa hai điểm AB: $U_{AB} = -U_1 + U_3$.

- Ta có: $C_{12} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \mu\text{F}$

$C_{34} = \frac{C_3 \cdot C_4}{C_3 + C_4} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 2 \mu\text{F}$

$C_{1234} = C_{12} + C_{34} = 2 + 2 = 4 \mu\text{F}$

- Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = \frac{C_{1234} \cdot C_5}{C_{1234} + C_5} = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = \frac{8}{3} \mu\text{F}$

- Điện tích của bộ tụ: $Q = CU = \frac{8}{3} \cdot 10^{-6} \cdot 900 = 24 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

$\Rightarrow Q_5 = Q_{1234} = Q = 24 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 và C_2 : $U_{12} = U_{34} = U_{1234} = \frac{Q_{1234}}{C_{1234}} = \frac{24 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-6}} = 600 \text{ V}$

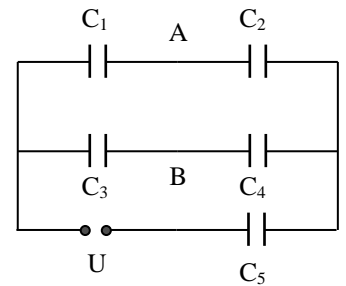
- Điện tích của tụ C_1 và C_2 : $Q_{12} = C_{12} U_{12} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 600 = 12 \cdot 10^{-4} \text{ C}$; $Q_1 = Q_2 = Q_{12} = 12 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{12 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-6}} = 400 \text{ V}$.

- Điện tích của tụ C_3 và C_4 : $Q_{34} = C_{34} U_{34} = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 600 = 12 \cdot 10^{-4} \text{ C}$; $Q_3 = Q_4 = Q_{34} = 12 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3 : $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{12 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 10^{-6}} = 300 \text{ V}$.

- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B: $U_{AB} = -U_1 + U_3 = -400 + 300 = -100 \text{ V}$.



Bài 25.

- Sơ đồ mạch tụ: $\{[(C_1 // C_1) \text{ nt } C_2] // C_1\} \text{ nt } C_2$.

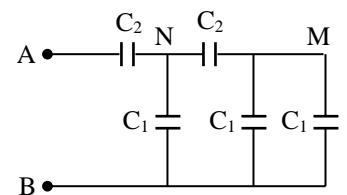
- Điện dung tương đương của đoạn mạch M, B: $C_{MB} = C_1 + C_1 = 2C_1$

- Điện dung tương đương của đoạn mạch NMB:

$C_{NMB} = \frac{C_2 \cdot C_{MB}}{C_2 + C_{MB}} = \frac{2C_1 \cdot 2C_1}{2C_1 + 2C_1} = C_1$

- Điện dung tương đương của đoạn mạch NB: $C_{NB} = C_{NMB} + C_1 = C_1 + C_1 = 2C_1$

- Điện dung tương đương của đoạn mạch AB: $C_{AB} = \frac{C_2 \cdot C_{NB}}{C_2 + C_{NB}} = \frac{2C_1 \cdot 2C_1}{2C_1 + 2C_1} = C_1$



- Điện tích của bộ tụ: $Q = C_{AB}U = C_1.16 = 16C_1$.

$$\Rightarrow Q_2 = Q_{NB} = 16C_1$$

- Hiệu điện thế giữa hai điểm N, B: $U_{NB} = \frac{Q_{NB}}{C_{NB}} = \frac{16C_1}{2C_1} = 8 \text{ V}$.

- Điện tích của đoạn mạch NMB: $Q_{NMB} = C_{NMB}.U_{NB} = C_1.8 = 8C_1$.

$$\Rightarrow Q_2 = Q_{MB} = Q_{NMB} = 8C_1$$

- Hiệu điện thế giữa hai điểm M, B: $U_{MB} = \frac{Q_{MB}}{C_{MB}} = \frac{8C_1}{2C_1} = 4 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm M, B là $U_{MB} = 4 \text{ V}$.

Bài 26.

- Khi K mở, sơ đồ mạch tụ: $(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)$

$$+ \text{ Ta có: } C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}; C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4}.$$

$$+ \text{ Điện dung tương đương của bộ tụ: } C = C_{12} + C_{34} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} \quad (1)$$

- Khi K đóng, sơ đồ mạch tụ: $(C_1 // C_3) \text{ nt } (C_2 // C_4)$

$$+ \text{ Ta có: } C_{13} = C_1 + C_3; C_{24} = C_2 + C_4.$$

$$+ \text{ Điện dung tương đương của bộ tụ: } C' = \frac{(C_1 + C_3)(C_2 + C_4)}{C_1 + C_3 + C_2 + C_4} \quad (2)$$

$$- \text{ Ta có: } \frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4} \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4} = A$$

$$\Rightarrow C_1 = AC_2; C_3 = AC_4 \quad (3)$$

- Thay (3) vào (1) và (2) ta được:

$$C = \frac{AC_2^2}{(A+1)C_2} + \frac{AC_4^2}{(A+1)C_4} = \frac{A}{A+1} (C_2 + C_4) \quad (4)$$

$$C' = \frac{A(C_2 + C_4)^2}{(A+1)(C_2 + C_4)} = \frac{A}{A+1} (C_2 + C_4) \quad (5)$$

- Từ (4), (5) suy ra $C = C'$.

Vậy: Khi K mở hay đóng, điện dung của bộ tụ luôn không đổi.

Bài 27.

a) Hình 1: Sơ đồ bộ tụ như sau:

$$- \text{ Ta có: } \frac{C_1}{C_3} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}; \frac{C_2}{C_4} = \frac{1}{2} \frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$$

- Vì $\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$ nên điện dung của bộ tụ không đổi khi bỏ tụ C_5 . Lúc đó

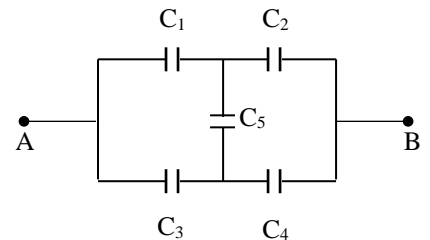
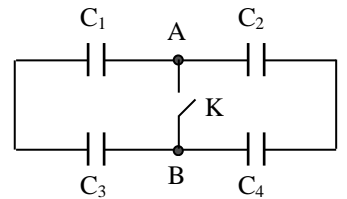
bộ tụ gồm: $(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4)$.

$$\text{Ta có: } C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2.1}{2+1} = \frac{2}{3} \mu\text{F}; C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{4.2}{4+2} = \frac{4}{3} \mu\text{F}.$$

$$- \text{ Điện dung tương đương của bộ tụ: } C = C_{12} + C_{34} = \frac{2}{3} + \frac{4}{3} = 2 \mu\text{F}.$$

b) Hình 2: Sơ đồ bộ tụ như sau: Hoàn toàn tương tự với hình 1 nên:

$$C = C_{12} + C_{34} = \frac{2}{3} + \frac{4}{3} = 2 \mu\text{F}.$$



c) Hình 3: Sơ đồ bộ tụ như sau:

- Ta có: $\frac{C_1}{C_3} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}; \frac{C_2}{C_4} = \frac{1}{2}$

$\Rightarrow \frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$

- Vì $\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$ nên điện dung của bộ tụ không đổi khi bỏ một tụ C_5 .

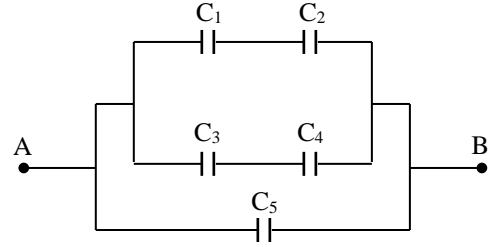
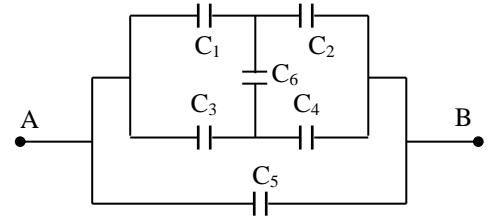
Mạch điện được vẽ lại: $(C_1 \text{ nt } C_2) // (C_3 \text{ nt } C_4) // C_5$.

- Ta có: $C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2 \cdot 1}{2 + 1} = \frac{2}{3} \mu\text{F}$.

$C_{34} = \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4} = \frac{4 \cdot 2}{4 + 2} = \frac{4}{3} \mu\text{F}$.

- Điện dung tương đương của bộ tụ:

$C = C_{12} + C_{34} + C_5 = \frac{2}{3} + \frac{4}{3} + 2 = 4 \mu\text{F}$.



Bài 28.

Giả sử sự phân bố điện tích trên các tụ như hình vẽ:

$q_1 = q_2 \Rightarrow C_1 U_{NM} = C_2 U_{AB}$

$\Rightarrow U_{AB} = \frac{C_1 U_{NM}}{C_2}$

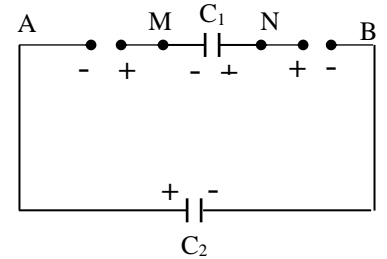
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 : $U_{NM} = U_{NB} + U_{BA} + U_{AM}$

$\Rightarrow U_{NM} = 8 - \frac{C_1 U_{NM}}{C_2} - 3 = 5 - \frac{2}{3} U_{NM}$

$\Rightarrow U_{NM} = 3 \text{ V}$

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2 : $U_{AB} = \frac{C_1 U_{NM}}{C_2} = \frac{2}{3} \cdot 3 = 2 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu mỗi tụ là $U_1 = 3 \text{ V}$ và $U_2 = 2 \text{ V}$.



Bài 29.

Giả sử sự phân bố điện tích trên các tụ như hình vẽ:

Ta có:
$$\begin{cases} q_1 + q_2 = q_3 & (1) \\ U_{C_1} + U_{C_3} = U_1 & (2) \\ U_{C_2} + U_{C_3} = U_2 & (3) \end{cases}$$

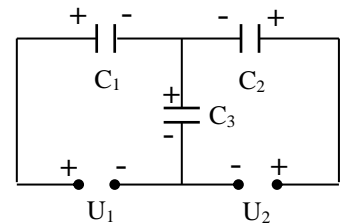
với $U_{C_1} = \frac{q_1}{C_1}; U_{C_2} = \frac{q_2}{C_2}; U_{C_3} = \frac{q_3}{C_3} = \frac{q_1 + q_2}{C_3}$ (4)

- Từ (2) và (3), ta có:
$$\begin{cases} \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_1 + q_2}{C_3} = U_1 \\ \frac{q_2}{C_2} + \frac{q_1 + q_2}{C_3} = U_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} q_1 \cdot \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_3} \right) = U_1 - \frac{q_2}{C_3} & (5) \\ \frac{q_1}{C_3} = U_2 - q_2 \cdot \left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) & (6) \end{cases}$$

- Lấy (5) : (6), ta được:
$$\frac{C_1 + C_3}{C_1} = \frac{U_1 - \frac{q_2}{C_3}}{U_2 - q_2 \cdot \frac{C_2 + C_3}{C_2 C_3}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2+5}{2} = \frac{18 - \frac{q_2}{5}}{10 - q_2 \cdot \frac{10+5}{10 \cdot 5}} \quad (q_2: \text{đơn vị tính là } \mu\text{C})$$

$$\Leftrightarrow 3,5 = \frac{18 - \frac{q_2}{5}}{10 - 0,3q_2} \Rightarrow q_2 = \frac{17}{0,85} = 20 \mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$



- Từ (5), ta có: $q_1 \cdot \frac{2+5}{2.5} = 18 - \frac{20}{5}$

$\Rightarrow q_1 = 20 \mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}; q_3 = q_1 + q_2 = 40 \mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}.$

Vậy: Điện tích của mỗi tụ là $q_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}; q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}; q_3 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}.$

Bài 30.

Giả sử điện tích trên các bản tụ được phân bố như hình vẽ:

Ta có: $-q_1 + q_2 + q_5 = 0(1)$

$-q_3 + q_4 - q_5 = 0 \quad (2)$

$U_{AM} + U_{MB} = U_{AB} \Leftrightarrow \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2} = U_{AB}$

$\Rightarrow \frac{q_1}{6} + \frac{q_2}{6} = 18 \Rightarrow q_1 + q_2 = 108 \mu\text{C} \quad (3)$

$U_{AN} + U_{NB} = U_{AB} \Leftrightarrow \frac{q_3}{C_3} + \frac{q_4}{C_4} = U_{AB}$

$\Rightarrow \frac{q_3}{2} + \frac{q_4}{4} = 18 \Rightarrow 2q_3 + q_4 = 72 \mu\text{C} \quad (4)$

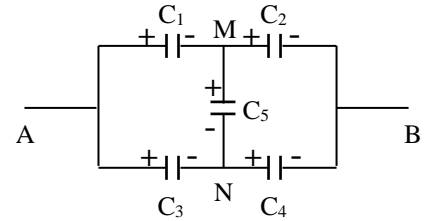
$U_{AM} + U_{MN} = U_{AN} \Leftrightarrow \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_5}{C_5} = \frac{q_3}{C_3}$

$\Rightarrow \frac{q_1}{6} + \frac{q_5}{4} = \frac{q_3}{2} \Rightarrow q_1 + 1,5q_5 = 3q_3 \quad (5)$

- Từ (1), (2), (3), (4) và (5) ta được:

$$\begin{cases} -q_1 + q_2 + q_5 = 0 \\ -q_3 + q_4 - q_5 = 0 \\ q_1 + q_2 = 108 \\ 2q_3 + q_4 = 72 \\ q_1 - 3q_3 + 1,5q_5 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 57 \mu\text{C} \\ q_2 = 51 \mu\text{C} \\ q_3 = 22 \mu\text{C} \\ q_4 = 28 \mu\text{C} \\ q_5 = 6 \mu\text{C} \end{cases}$$

- Điện dung của bộ tụ: $C = \frac{Q}{U} = \frac{q_1 + q_3}{U} = \frac{57 + 22}{18} = \frac{79}{18} \mu\text{F}.$



Bài 31.

- Hệ được xem gồm hai tụ $C_1 // C_2$:

a) Điện dung của bộ tụ:

- Ta có:

+ Điện dung của tụ C_1 : $C_1 = \frac{\epsilon_0 \cdot \frac{S}{2}}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{2d}$

+ Điện dung của tụ C_2 : $C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot \frac{S}{2}}{d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d}$

- Điện dung tương đương của bộ tụ: $C' = C_1 + C_2 =$

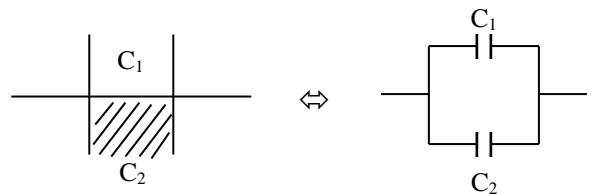
$\frac{\epsilon_0 S}{2d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d} = \frac{(1+\epsilon)\epsilon_0 S}{2d}.$

Vậy: Điện dung tương đương của bộ tụ là: $C' = \frac{(1+\epsilon)\epsilon_0 S}{2d}.$

b) Mật độ điện tích ở mỗi phần trên mặt bản

- Ban đầu, khi nối tụ với nguồn: $Q = CU = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot U.$

- Lúc sau, khi ngắt tụ khỏi nguồn: $Q' = C'U' = \frac{(1+\epsilon)\epsilon_0 S}{2d} \cdot U'.$



- Vì $Q' = Q$ nên $\frac{\varepsilon_0 S}{d} \cdot U = \frac{(1+\varepsilon)\varepsilon_0 S}{2d} \cdot U' \Rightarrow U' = \frac{2U}{1+\varepsilon}$.

- Với phần tụ “không khí”: $U' = \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{\sigma_1 \cdot \frac{S}{2}}{\frac{\varepsilon_0 S}{2d}} = \frac{\sigma_1 d}{\varepsilon_0}$

$\Rightarrow \sigma_1 = \frac{\varepsilon_0}{d} U' = \frac{\varepsilon_0}{d} \cdot \frac{2U}{1+\varepsilon} = \frac{2\varepsilon_0 U}{(1+\varepsilon)d}$.

- Với phần tụ “điện môi”: $U' = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{\sigma_2 \cdot \frac{S}{2}}{\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2d}} = \frac{\sigma_2 d}{\varepsilon\varepsilon_0}$

$\Rightarrow \sigma_2 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{d} U' = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{d} \cdot \frac{2U}{1+\varepsilon} = \frac{2\varepsilon\varepsilon_0 U}{(1+\varepsilon)d}$.

Vậy: Mật độ điện tích ở mỗi phần trên mặt bản là $\sigma_1 = \frac{2\varepsilon_0 U}{(1+\varepsilon)d}$ và $\sigma_2 = \frac{2\varepsilon\varepsilon_0 U}{(1+\varepsilon)d}$.

c) Cường độ điện trường trong khoảng giữa hai bản ở phần không khí và phần điện môi

Ta có: $E' = \frac{U'}{d} = \frac{2U}{(1+\varepsilon)d}$.

Vậy: Cường độ điện trường trong khoảng giữa hai bản ở phần không khí và phần điện môi là $E' = \frac{2U}{(1+\varepsilon)d}$.

d) Độ biến thiên năng lượng của tụ

-Ta có:

+ Năng lượng của tụ sau khi ngắt khỏi nguồn: $W' = \frac{1}{2} C' U'^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{(1+\varepsilon)\varepsilon_0 S}{2d} \cdot \left(\frac{2U}{1+\varepsilon}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 S \cdot 2U^2}{d(1+\varepsilon)}$

+ Năng lượng của tụ khi còn nối với nguồn: $W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 S}{d} \cdot U^2$

- Độ biến thiên năng lượng của tụ là: $\Delta W = W' - W$

$\Rightarrow \Delta W = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 S \cdot 2U^2}{d(1+\varepsilon)} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 S}{d} \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 S U^2}{d} \left(\frac{2}{1+\varepsilon} - 1\right)$

$\Rightarrow \Delta W = \frac{\varepsilon_0 S U^2 (1-\varepsilon)}{2d(1+\varepsilon)}$

Vậy: Độ biến thiên năng lượng của tụ là: $\Delta W = \frac{\varepsilon_0 S U^2 (1-\varepsilon)}{2d(1+\varepsilon)}$.

Bài 32.

a) Xác định cách mắc bộ tụ

- Cách A:

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2, C_3 : $C_{123} = \frac{C}{3}$.

+ Điện dung tương đương của bộ tụ: $C_A = C_{123} + C_4 = \frac{C}{3} + C = \frac{4}{3}C$.

- Cách B:

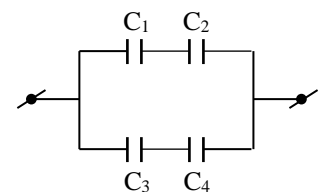
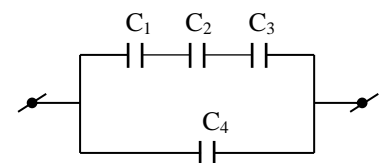
+ Điện dung tương đương của C_1, C_2 : $C_{12} = \frac{C}{2}$.

+ Điện dung tương đương của C_3, C_4 : $C_{34} = \frac{C}{2}$.

+ Điện dung tương đương của bộ tụ: $C_B = C_{12} + C_{34} = \frac{C}{2} + \frac{C}{2} = C$.

Vậy: Cách ghép A bộ tụ có điện dung lớn hơn.

b) Hệ thức giữa điện dung các tụ điện để $C_A = C_B$



Ta có: $C_A = C_B \Leftrightarrow C_4 + \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3 C_4}{C_3 + C_4}$

$\Rightarrow C_4 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ (C_3 bất kì).

Vậy: Để $C_A = C_B$ thì giữa điện dung của các tụ điện phải thỏa hệ thức $C_4 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ (C_3 bất kì).

Bài 33.

Giả sử sự phân bố điện tích trên các tụ như hình vẽ.

- Ta có: $-q_1 - q_2 + q_3 = 0$ (1)

$U_{AO} + U_{OB} = U_1$

$\frac{q_1}{C_1} - \frac{q_2}{C_2} = U_1 \Rightarrow q_1 - q_2 = 3C$.

(2)

$U_{BO} + U_{OC} = U_2$

$\frac{q_2}{C_2} + \frac{q_3}{C_3} = U_2 \Rightarrow q_2 + q_3 = 4,5C$.

$\Rightarrow q_2 + q_1 + q_2 = 4,5C$.

$\Rightarrow q_1 + 2q_2 = 4,5C$.

- Từ (2) suy ra: $2q_1 - 2q_2 = 6C$

- Từ (3) suy ra: $q_1 + 2q_2 = 4,5C$

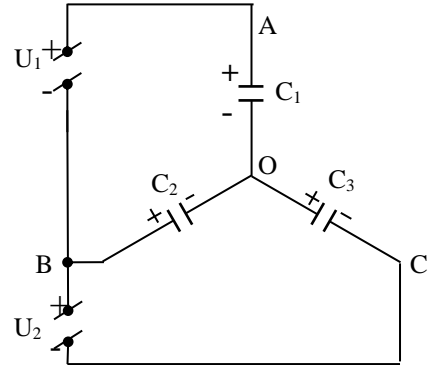
$\Rightarrow 3q_1 = 10,5C; q_1 = 3,5C$

- Hiệu điện thế hai điểm A, O: $U_{AO} = \frac{q_1}{C} = 3,5 \text{ V}$.

- Hiệu điện thế hai điểm B, O: $U_{BO} = -U_{OB} = -(U_1 - U_{AO}) = -(3 - 3,5) = 0,5 \text{ V}$.

- Hiệu điện thế hai điểm C, O: $U_{CO} = -U_{OC} = -(U_2 - U_{BO}) = -(4,5 - 0,5) = -4 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế giữa các điểm A, O; B, O và C, O lần lượt là $U_{AO} = 3,5 \text{ V}$; $U_{BO} = 0,5 \text{ V}$; $U_{CO} = -4 \text{ V}$.



(3)

Bài 34.

- Khi K mở: C_1 mắc nối tiếp với C_2 :

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2 : $C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,1 \cdot 0,2}{0,1 + 0,2} = \frac{2}{30} \mu\text{F}$

+ Điện tích trên mỗi tụ: $Q_1 = Q_2 = Q = C_{12}(U_1 + U_2) = \frac{2}{30} \cdot 30 = 2 \mu\text{C}$

+ Hiệu điện thế trên tụ C_1, C_2 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{2}{0,1} = 20 \text{ V}$; $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ V}$.

- Khi K đóng, C_1 nối với nguồn U_1 , C_2 nối với nguồn U_2 . Lúc này các tụ có điện tích Q'_1, Q'_2 (giả sử dấu của các bản tụ như cũ):

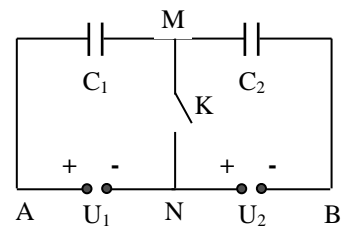
$Q'_1 = C_1 U_1 = 0,1 \cdot 10 = 1 \mu\text{C}$; $Q'_2 = C_2 U_2 = 0,2 \cdot 20 = 4 \mu\text{C}$

- Trước khi đóng K, điện tích tại M: $Q_M = Q_2 - Q_1 = 2 - 2 = 0$.

- Sau khi đóng K, điện tích tại M: $Q'_M = Q'_2 - Q'_1 = 4 - 1 = 3 \mu\text{C}$.

- Điện lượng qua khóa K: $\Delta Q = Q'_M - Q_M = 3 \mu\text{C}$.

- Số electron chạy qua khóa K: $N = \frac{\Delta Q}{e} = \frac{3 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,875 \cdot 10^{13}$.



Vậy: Số electron chạy qua khóa K khi K đóng là $N = 1,875 \cdot 10^{13}$.

Bài 35.

- Khi K đóng, mạch tụ như sau: $[(C_1 // C_2) \text{ nt } C_4] // C_3$:

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2 : $C_{12} = C_1 + C_2 = 6 + 6 = 12 \mu\text{F}$

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2, C_4 : $C_{124} = \frac{C_{12} \cdot C_4}{C_{12} + C_4} = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = 4 \mu\text{F}$

+ Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = C_{124} + C_3 = 4 + 4 = 8 \mu\text{F}$

+ Điện tích của tụ C_3 : $Q_3 = C_3 U_{AB} = 4 \cdot 2 = 8 \mu\text{C}$.

+ Điện tích của tụ C_4 : $Q_4 = Q_{12} = Q_{124} = C_{124} \cdot U_{AB} = 4 \cdot 2 = 8 \mu\text{C}$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1, C_2 : $U_1 = U_2 = U_{12} = \frac{Q_{12}}{C_{12}} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3} \text{ V}$.

+ Điện tích của tụ C_1 : $Q_1 = C_1 U_1 = 6 \cdot \frac{2}{3} = 4 \mu\text{C}$.

+ Điện tích của tụ C_2 : $Q_2 = C_2 U_2 = 6 \cdot \frac{2}{3} = 4 \mu\text{C}$.

+ Điện lượng di chuyển qua điện kế G: $\Delta Q = Q_2 + Q_3 - 0 = 4 + 8 = 12 \mu\text{C}$.

Vậy: Điện lượng di chuyển qua điện kế G khi K đóng là $\Delta Q = 12 \mu\text{C}$.

Bài 36.

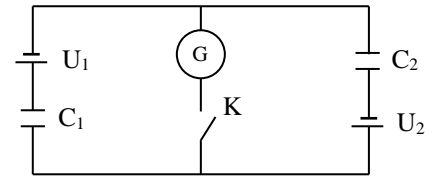
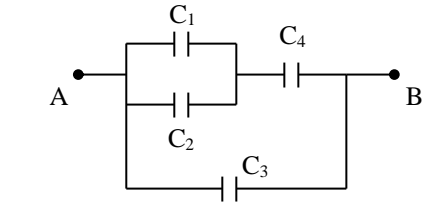
- Khi K mở, điện tích các bản trên của các tụ là: $Q_1 = Q_2 = 0$.

- Khi K đóng, điện tích các bản trên của các tụ là: $Q'_1 = C_1 U_1$; $Q'_2 = C_2 U_2$

- Điện lượng qua G khi K đóng là: $\Delta q = (Q'_1 + Q'_2) - (Q_1 + Q_2)$

$\Rightarrow \Delta Q = (C_1 U_1 + C_2 U_2) = 10^{-6} \cdot 10 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

Vậy: Khi K đóng, điện lượng qua điện kế G là $\Delta Q = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.



Bài 37.

Ta có: Điện tích ban đầu của mỗi tụ:

$Q_1 = C_1 U_1 = 3 \cdot 300 = 900 \mu\text{C} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

$Q_2 = C_2 U_2 = 2 \cdot 200 = 400 \mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

a) Khi nối bản âm C_1 với bản dương C_2

Vì mạch không kín nên không có sự di chuyển điện tích: $\Delta Q = 0$.

$\Rightarrow Q'_1 = Q_1 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ C}$; $Q'_2 = Q_2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

và $U = U_1 + U_2 = 300 + 200 = 500 \text{ V}$.

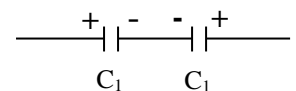
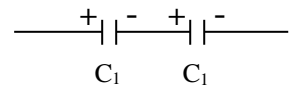
Vậy: Khi nối bản âm C_1 với bản dương C_2 , hiệu điện thế bộ tụ là $U = 500 \text{ V}$; điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ và $Q'_2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$; điện lượng qua dây nối là $\Delta Q = 0$.

b) Khi nối bản âm của hai tụ với nhau

Vì mạch không kín nên không có sự di chuyển điện tích: $\Delta Q = 0$.

$\Rightarrow Q'_1 = Q_1 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ C}$; $Q'_2 = Q_2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$.

và $U = U_1 - U_2 = 300 - 200 = 100 \text{ V}$.



Vậy: Khi nối bản âm hai tụ với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là $U = 100V$; điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 9.10^{-4}C$ và $Q'_2 = 4.10^{-4}C$; điện lượng qua dây nối là $\Delta Q = 0$.

c) Khi nối các bản cùng dấu với nhau

- Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q'_1 + Q'_2 = Q_1 + Q_2 = 9.10^{-4} + 4.10^{-4} = 13.10^{-4} C$

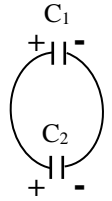
- Mà $U'_1 = U'_2 \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1+Q'_2}{C_1+C_2} = \frac{13.10^{-4}}{5.10^{-6}} = 260$

$\Rightarrow Q'_1 = 260.C_1 = 260.3.10^{-6} = 7,8.10^{-4} C$

và $Q'_2 = 260.C_2 = 260.2.10^{-6} = 5,2.10^{-4} C$.

- Hiệu điện thế bộ tụ: $U = U'_1 = U'_2 = 260 V$.

- Điện lượng chạy qua dây nối: $\Delta Q = Q_1 - Q'_1 = 9.10^{-4} - 7,8.10^{-4} = 1,2.10^{-4} C$.



Vậy: Khi nối các bản cùng dấu với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là $U = 260V$; điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 7,8.10^{-4}C$ và $Q'_2 = 5,2.10^{-4}C$; điện lượng qua dây nối là $\Delta Q = 1,2.10^{-4}C$.

d) Khi nối các bản trái dấu với nhau

- Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q'_1 + Q'_2 = Q_1 - Q_2 = 9.10^{-4} - 4.10^{-4} = 5.10^{-4} C$

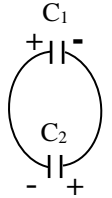
- Mà $U'_1 = U'_2 \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1+Q'_2}{C_1+C_2} = \frac{5.10^{-4}}{5.10^{-6}} = 100$

$\Rightarrow Q'_1 = 100.C_1 = 100.3.10^{-6} = 3.10^{-4} C$

và $Q'_2 = 100.C_2 = 100.2.10^{-6} = 2.10^{-4} C$.

- Hiệu điện thế bộ tụ: $U = U'_1 = U'_2 = 100 V$.

- Điện lượng chạy qua dây nối: $\Delta Q = Q_1 - Q'_1 = 9.10^{-4} - 3.10^{-4} = 6.10^{-4} C$.



Vậy: Khi nối các bản cùng dấu với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là $U = 100V$; điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 3.10^{-4}C$ và $Q'_2 = 2.10^{-4}C$; điện lượng qua dây nối là $\Delta Q = 6.10^{-4}C$.

Bài 38.

- Điện tích ban đầu của tụ C_1 : $Q_1 = C_1U = 2.60 = 120\mu C$.

- Khi nối C_1 song song với C_2 , theo định luật bảo toàn điện tích: $Q'_1 + Q'_2 = Q_1$

- Mà $U'_1 = U'_2 = 40V \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1+Q'_2}{C_1+C_2} = \frac{Q_1}{C_1+C_2} = 40$

$\Rightarrow \frac{120}{2+C_2} = 40 \Rightarrow C_2 = \frac{120}{40} - 2 = 1 \mu F$.

- Điện tích lúc sau của tụ C_1 : $Q'_1 = 40C_1 = 40.2 = 80 \mu C = 8.10^{-5} C$.

- Điện tích lúc sau của tụ C_2 : $Q'_2 = 40C_2 = 40.1 = 40 \mu C = 4.10^{-5} C$.

Vậy: Điện tích của mỗi tụ khi mắc song song nhau là $Q'_1 = 8.10^{-5}C$ và $Q'_2 = 4.10^{-5}C$; điện dung $C_2 = 1\mu F$.

Bài 39.

a) Khi K ở vị trí (1):

Điện tích của tụ C_1 : $Q_1 = C_1 U = 1.110 = 110 \mu C = 1,1 \cdot 10^{-4} C$.

Vậy: Khi K ở vị trí (1) thì $Q_1 = 1,1 \cdot 10^{-4} C$.

b) Khi K ở vị trí (2), có sự phân bố lại điện tích.

- Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q'_1 + Q'_{23} = Q_1$ ($Q'_2 = Q'_3 = Q'_{23}$).

- Mà $U'_1 = U'_{23} \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_{23}}{C_{23}} = \frac{Q'_1 + Q'_{23}}{C_1 + C_{23}} = \frac{Q_1}{C_1 + C_{23}} = \frac{110}{1 + \frac{2 \cdot 3}{2+3}} = 50$.

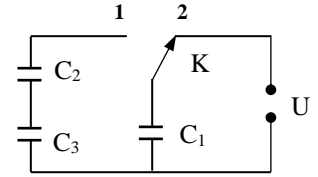
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 : $U'_1 = 50 V$.

- Điện tích của tụ C_1 : $Q'_1 = 50 C_1 = 50 \cdot 1 = 50 \mu C = 5 \cdot 10^{-5} C$.

- Điện tích của tụ C_2, C_3 : $Q'_2 = Q'_3 = Q'_{23} = 50 C_{23} = 50 \cdot 1,2 = 60 \mu C = 6 \cdot 10^{-5} C$.

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2, C_3 : $U'_2 = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{60}{2} = 30 V$; $U'_3 = \frac{Q'_3}{C_3} = \frac{60}{3} = 20 V$.

Vậy: Khi K ở vị trí (2) thì $Q'_1 = 5 \cdot 10^{-5} C$, $U'_1 = 50 V$; $Q'_2 = Q'_3 = 6 \cdot 10^{-5} C$, $U'_2 = 30 V$ và $U'_3 = 20 V$.



Bài 40.

- Khi khóa K ở vị trí a: Điện tích trên tụ C_1 : $Q = C_1 U = CU$.

- Khi khóa K ở vị trí b, sẽ có sự phân bố lại điện tích, giả sử sự phân bố điện tích trên các tụ như hình vẽ.

+ Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q$

+ Mặt khác: $U_1 = U_{26} = U_3 = U_{45}$

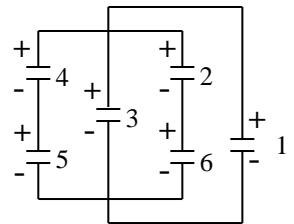
$$\Leftrightarrow \frac{Q_1}{C} = \frac{Q_{26}}{\frac{C}{2}} = \frac{Q_3}{C} = \frac{Q_{45}}{\frac{C}{2}} = \frac{Q_1 + Q_{26} + Q_3 + Q_{45}}{C + \frac{C}{2} + C + \frac{C}{2}} = \frac{Q}{3C} = \frac{U}{3}$$

+ Điện tích tụ C_1 : $Q_1 = \frac{CU}{3}$.

+ Điện tích tụ C_3 : $Q_3 = \frac{CU}{3}$.

+ Điện tích tụ C_2, C_6 : $Q_2 = Q_6 = Q_{26} = \frac{CU}{6}$.

+ Điện tích tụ C_4, C_5 : $Q_4 = Q_5 = Q_{45} = \frac{CU}{6}$.



Vậy: Điện tích của mỗi tụ là: $Q_1 = Q_3 = \frac{CU}{3}$; $Q_2 = Q_4 = Q_5 = Q_6 = \frac{CU}{6}$.

Bài 41.

- Khi K_2 mở, K_1 đóng, mạch tụ như sau: [C_1 nt C_2 nt C_3]:

+ Điện dung của bộ tụ: $C_b = \frac{C}{3}$.

+ Điện tích của tụ C_1, C_2, C_3 : $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_{123} = C_{123} \cdot U = \frac{C}{3} \cdot U = 3C$.

- Khi K_2 mở, K_1 đóng, mạch tụ như sau: [C_1 nt ($C_2 // C_4$) nt C_3]:

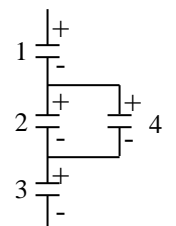
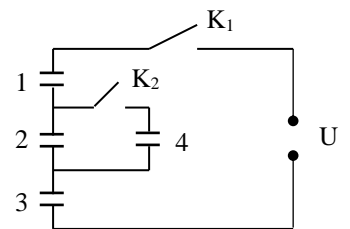
+ Ta có: $Q'_1 = Q_1 = 3C$; $Q'_3 = Q_3 = 3C$.

+ Theo định luật bảo toàn điện tích: $-Q'_1 + Q'_2 + Q'_4 = -Q_1 + Q_2 = 0$

$$\Rightarrow -Q'_2 - Q'_4 + Q'_3 = -Q_2 + Q_3 = 0$$

+ Mặt khác: $U'_2 = U'_4 \Leftrightarrow \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_4}{C_4} = \frac{Q'_2 + Q'_4}{C_2 + C_4} = \frac{Q'_1}{2C} = \frac{3C}{2C} = 1,5 V$

$$\Rightarrow U'_1 = U'_3 = \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{3C}{C} = 3 V$$



Vậy: Hiệu điện thế mỗi tụ là: $U'_1 = U'_3 = 3 \text{ V}$; $U'_2 = U'_4 = 1,5 \text{ V}$.

Bài 42.

- Khi K ở vị trí (1): C_1 mắc nối tiếp với C_3 :

+ Điện dung tương đương của C_1 và C_3 : $C_{13} = \frac{C_1 C_3}{C_1 + C_3} = \frac{1.3}{1+3} = 0,75 \mu\text{F}$

+ Điện tích hai đầu tụ C_1, C_3 : $Q_1 = Q_3 = Q_{13} = C_{13}.U = 0,75.120 = 90 \mu\text{C}$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{90}{1} = 90 \text{ V}$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3 : $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{90}{3} = 30 \text{ V}$.

- Khi K ở vị trí (2), có sự phân bố lại điện tích:

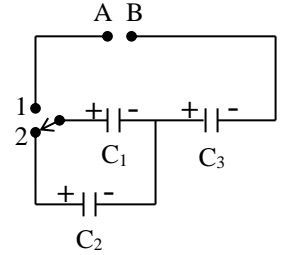
+ Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q'_3 = Q_3 \Rightarrow U'_3 = U_3 = 30 \text{ V}$

$-Q'_1 + Q'_3 - Q'_2 = -Q_1 + Q_3 = 0$

- Mặt khác: $U'_1 = U'_2$

$\Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q'_3}{6.10^{-6}} = \frac{90}{6} = 15 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế của mỗi tụ khi khóa K chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2 là: $U'_1 = U'_2 = 15 \text{ V}$; $U'_3 = 30 \text{ V}$.



Bài 43.

- Khi K ở vị trí 1, mạch tụ gồm: C_1 mắc nối tiếp với C_3 :

+ Điện dung tương đương của C_1 và C_3 : $C_{13} = \frac{C_1 C_3}{C_1 + C_3} = \frac{1.3}{1+3} = 0,75 \mu\text{F}$

+ Điện tích trên mỗi tụ C_1, C_3 : $Q_1 = Q_3 = Q_{13} = C_{13}.U = 0,75.120 = 90 \mu\text{C}$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{90}{1} = 90 \text{ V}$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3 : $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{90}{3} = 30 \text{ V}$.

- Khi K ở vị trí 2: $U'_1 = U_1 = 90 \text{ V}$.

+ Theo định luật bảo toàn điện tích, ta có: $-Q'_3 + Q'_2 = -Q_3 \Rightarrow Q'_3 = Q'_2 + Q_3$

+ Mặt khác: $U'_3 + U'_2 = U \Leftrightarrow \frac{Q'_3}{C_3} + \frac{Q'_2}{C_2} = U \Leftrightarrow \frac{Q'_2 + Q_3}{C_3} + \frac{Q'_2}{C_2} = U$

$\Leftrightarrow Q'_2 \left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right) = U - \frac{Q_3}{C_3}$

$\Rightarrow Q'_2 = \frac{U - \frac{Q_3}{C_3}}{\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{120 - \frac{90}{3}}{\frac{1}{1} + \frac{1}{3}} = 108 \mu\text{C}$

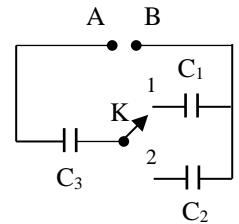
+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2 : $U'_2 = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{108}{2} = 54 \text{ V}$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3 : $U'_3 = U - U'_2 = 120 - 54 = 66 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế của mỗi tụ là: $U'_1 = 90 \text{ V}$; $U'_2 = 54 \text{ V}$; $U'_3 = 66 \text{ V}$.

Bài 44.

a) Khi K chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2:



- Khi K ở vị trí 1: Điện tích tụ C_1 : $Q_1 = C_1 U = 1,9 = 9 \mu C$.

- Khi K chuyển sang vị trí 2:

+ Theo định luật bảo toàn điện tích: $-Q'_1 + Q'_2 = -Q_1 \Rightarrow Q'_2 = Q'_1 - Q_1$

+ Mặt khác: $U'_1 + U'_2 = U$.

$$\Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} + \frac{Q'_2}{C_2} = U \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} + \frac{Q'_1 - Q_1}{C_2} = U$$

$$\Leftrightarrow Q'_1 \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) = U + \frac{Q_1}{C_2}$$

$$\Rightarrow Q'_1 = \frac{U + \frac{Q_1}{C_2}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{9 + \frac{9}{2}}{1 + \frac{1}{2}} = 9 \mu C.$$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 : $U'_1 = \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{9}{1} = 9 V$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2 : $U'_2 = U - U'_1 = 9 - 9 = 0$.

Vậy: Khi K chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2 thì hiệu điện thế mỗi tụ là $U'_1 = 9 V$; $U'_2 = 0$.

b) Khi K chuyển từ vị trí 2 sang vị trí 1:

- Khi K ở vị trí 2, mạch tụ gồm: C_1 mắc nối tiếp với C_2 .

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2 : $C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1 \cdot 2}{1 + 2} = \frac{2}{3} \mu F$.

+ Điện tích của tụ C_1, C_2 : $Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12} U = \frac{2}{3} \cdot 9 = 6 \mu C$.

+ Hiệu điện thế của tụ C_1, C_2 : $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{6}{1} = 6 V$; $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{6}{2} = 3 V$.

- Khi K chuyển sang vị trí 1: $U'_2 = U_2 = 3 V$; $Q'_2 = Q_2 = 6 \mu C$; $Q'_1 = C_1 U = 9 \mu C$.

- Khi K chuyển lại về vị trí 2:

+ Theo định luật bảo toàn điện tích: $-Q''_1 + Q''_2 = -Q'_1 + Q'_2 = -9 + 6 = -3 \mu C$.

$$\Rightarrow Q''_2 = Q''_1 - 3$$

+ Mặt khác: $U''_1 + U''_2 = U$

$$\Leftrightarrow \frac{Q''_1}{C_1} + \frac{Q''_2}{C_2} = U \Leftrightarrow \frac{Q''_1}{C_1} + \frac{Q''_1 - 3}{C_2} = U$$

$$\Leftrightarrow Q''_1 \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) = U + \frac{3}{C_2}$$

$$\Rightarrow Q''_1 = \frac{U + \frac{3}{C_2}}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{9 + \frac{3}{2}}{1 + \frac{1}{2}} = 7 \mu C.$$

+ Hiệu điện thế của tụ C_1 : $U''_1 = \frac{Q''_1}{C_1} = \frac{7}{1} = 7 V$.

+ Hiệu điện thế của tụ C_2 : $U''_2 = U - U''_1 = 9 - 7 = 2 V$.

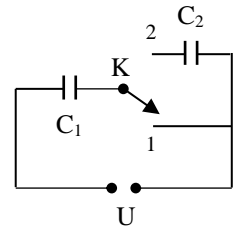
Vậy: Khi K chuyển từ vị trí 2 sang vị trí 1 thì hiệu điện thế mỗi tụ là $U''_1 = 7 V$; $U''_2 = 2 V$.

Bài 45.

- Khi K_1 mở, K_2 đóng: Điện tích của tụ C_2 : $Q_2 = C_2 U_2$.

- Khi K_1 đóng, K_2 mở:

+ Theo định luật bảo toàn điện tích: $-Q'_1 + Q'_2 = +Q_2 \Rightarrow Q'_2 = Q'_1 + Q_2 = Q'_1 + C_2 U_2$



+ Mặt khác: $U'_1 + U'_2 = U_1 + U_2$.

$$\Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} + \frac{Q'_2}{C_2} = U_1 + U_2 \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} + \frac{Q'_1 + C_2 U_2}{C_2} = U_1 + U_2$$

$$\Leftrightarrow Q'_1 \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) = U_1$$

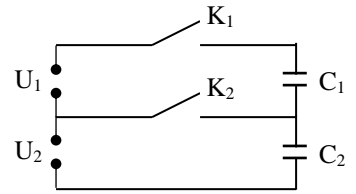
$$\Rightarrow Q'_1 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} U_1$$

+ Hiệu điện thế của tụ C_1 : $U'_1 = \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{C_2 U_1}{C_1 + C_2}$.

+ Hiệu điện thế của tụ C_2 : $U'_2 = U_1 + U_2 - \frac{C_2 U_1}{C_1 + C_2} = \frac{C_1(U_1 + U_2) + C_2(U_1 + U_2) - C_2 U_1}{C_1 + C_2}$

$$\Rightarrow U'_2 = \frac{C_2 U_2 + C_1(U_1 + U_2)}{C_1 + C_2}.$$

Vậy: Hiệu điện thế mỗi tụ là $U'_1 = \frac{C_2 U_1}{C_1 + C_2}$ và $U'_2 = \frac{C_2 U_2 + C_1(U_1 + U_2)}{C_1 + C_2}$.



Bài 46.

- Điện tích của các tụ điện khi được tích điện đến hiệu điện thế

U:

$$Q_1 = C_1 U; Q_2 = C_2 U; \dots; Q_{n-1} = C_{n-1} U; Q_n = C_n U.$$

- Điện tích của các tụ điện sau khi được nối với nhau:

$$Q'_1 = C_1 U'_1; Q'_2 = C_2 U'_2; \dots; Q'_{n-1} = C_{n-1} U'_{n-1}; Q'_n = C_n U'_n.$$

- Áp dụng định luật bảo toàn điện tích cho các điểm nối các bản tụ điện kế nhau:

$$+ \text{ bản âm tụ 1 với bản dương tụ 2 (điểm 1): } -Q'_1 + Q'_2 = -Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

$$+ \text{ bản âm tụ 2 với bản dương tụ 3 (điểm 2): } -Q'_2 + Q'_3 = -Q_2 + Q_3 \quad (2)$$

...

$$+ \text{ bản âm tụ (n-1) với bản dương tụ n (điểm n-1): } -Q'_{n-1} + Q'_n = -Q_{n-1} + Q_n \quad (n-1)$$

$$\text{hay } -C_1 U'_1 + C_2 U'_2 = -C_1 U + C_2 U \quad (1')$$

$$-C_2 U'_2 + C_3 U'_3 = -C_2 U + C_3 U \quad (2')$$

...

$$-C_{n-1} U'_{n-1} + C_n U'_n = -C_{n-1} U + C_n U \quad (n'-1)$$

- Trước hết ta tính U'_1 :

$$+ \text{ Từ (1')} \text{ suy ra: } U'_2 = \frac{-C_1 U + C_2 U + C_1 U'_1}{C_2} = U - \frac{C_1}{C_2} (U - U'_1) \quad (1'')$$

$$+ \text{ Từ (2')} \text{ suy ra: } U'_3 = \frac{-C_2 U + C_3 U + C_2 U'_2}{C_3} = U - \frac{C_2}{C_3} (U - U'_2)$$

$$\Rightarrow U'_3 = U - \frac{C_2}{C_3} \left[U - \left(U - \frac{C_1}{C_2} (U - U'_1) \right) \right] = U - \frac{C_1}{C_3} (U - U'_1) \quad (2'')$$

$$+ \text{ Tương tự: } U'_n = U - \frac{C_1}{C_n} (U - U'_1) \quad (n''-1)$$

$$+ \text{ Mặt khác: } U'_1 + U'_2 + \dots + U'_n = 0$$

$$\Rightarrow U'_1 + U - \frac{C_1}{C_2} (U - U'_1) + U - \frac{C_1}{C_3} (U - U'_1) + \dots + U - \frac{C_1}{C_n} (U - U'_1) = 0$$

$$\Rightarrow nU - C_1(U - U'_1) \left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \right] = 0$$



$$\Leftrightarrow nU - C_1(U - U'_1) \frac{1}{C_0} = 0$$

$$\Leftrightarrow nUC_0 - C_1(U - U'_1) = 0$$

$$\Rightarrow U'_1 = U - \frac{nC_0}{C_1} U = (1 - \frac{nC_0}{C_1})U$$

- Tương tự: $U'_2 = (1 - \frac{nC_0}{C_2})U$

- Tổng quát: $U'_i = (1 - \frac{nC_0}{C_i})U$

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu tụ điện thứ i là: $U'_i = (1 - \frac{nC_0}{C_i})U$, với $i = 1 \div n$ và C_0 là điện dung tương đương của bộ tụ ghép nối tiếp.

Bài 47.

- Hiệu điện thế tối đa đặt vào hai đầu mỗi tụ: $U_{gh} = E_{gh}d = 1800 \cdot 2 = 3600V$

- Khi hai tụ mắc nối tiếp thì: $Q_1 = Q_2 \Rightarrow C_1U_1 = C_2U_2$.

- Vì $C_1 < C_2 \Rightarrow U_1 > U_2$.

- Nếu $U_2 = U_{gh} \Rightarrow U_1 > U_{gh}$: Tụ 1 sẽ bị đánh thủng nên $U_1 = U_{gh} = 3600V$:

$$U_2 = \frac{C_1U_1}{C_2} = \frac{5 \cdot 10^{-10} \cdot 3600}{15 \cdot 10^{-10}} = 1200 V$$

Vậy: Hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = U_1 + U_2 = 3600 + 1200 = 4800V$.

Bài 48.

- Khi mắc 3 tụ nối tiếp: $Q_1 = Q_2 = Q_3$.

$$\Leftrightarrow C_1U_1 = C_2U_2 = C_3U_3$$

- Vì $C_1 < C_2 < C_3 \Rightarrow U_1 > U_2 > U_3$ nên : $U_1 = U_{gh} = 500 V$

$$U_2 = \frac{C_1U_1}{C_2} = \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 500}{4 \cdot 10^{-9}} = 250 V$$

$$U_3 = \frac{C_1U_1}{C_3} = \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 500}{6 \cdot 10^{-9}} = 166,67 V$$

- Hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 500 + 250 + 166,67 = 916,67V < 1100V.$$

Vậy: Bộ tụ không thể chịu được hiệu điện thế tối đa 1100V.

Bài 49.

- Điện trường giữa hai bản tụ là: $E = \frac{U}{d} = \frac{39}{1,5} = 26 (kV/cm)$.

a) Trường hợp điện trường giới hạn bằng 30(kV/cm): Vì $E < E_{gh}$ nên tụ không bị hỏng.

b) Trường hợp điện trường giới hạn bằng 100(kV/cm): Khi có tấm thủy tinh, điện dung của tụ tăng lên, điện tích ở các bản tụ tăng lên làm cho điện trường trong khoảng không khí cũng tăng lên.

Gọi E_1 là cường độ điện trường trong phần không khí; E_2 là cường độ điện trường trong phần thủy tinh. Ta có:

$$U = E_1(d - l) + E_2l \text{ và } E_2 = \frac{E_1}{\epsilon}$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{U}{d - l + \frac{l}{\epsilon}} = \frac{39}{1,2 + \frac{0,3}{7}} = 31,4 (kV/cm)$$

Vì $E_1 > E_{gh} = 30(\text{kV/cm})$ nên không khí bị đâm xuyên và trở nên dẫn điện, khi đó hiệu điện thế U của nguồn đặt trực tiếp vào tấm thủy tinh, điện trường trong tấm thủy tinh là:

$$E'_2 = \frac{U}{l} = \frac{39}{0,3} = 130 (\text{kV/cm}) > E_{gh} = 100(\text{kV/cm}) \text{ nên thủy tinh bị đâm xuyên, tụ điện bị hư.}$$

Bài 50.

Với ba tụ C_1, C_2, C_3 thì sẽ có 4 cách mắc:

a) *Cách 1:* [C_1 nt C_2 nt C_3]: Ta có:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 \Leftrightarrow C_1 U_1 = C_2 U_2 = C_3 U_3$$

$$U_1 + U_2 + U_3 = U \Leftrightarrow U_1 + \frac{C_1 U_1}{C_2} + \frac{C_1 U_1}{C_3} = U$$

$$\text{Từ đó: } U_1 = \frac{U}{1 + \frac{C_1}{C_2} + \frac{C_1}{C_3}} = \frac{6}{11} U \leq 1000$$

$$\Rightarrow U \leq \frac{5500}{3} \approx 1833 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{C_1 U_1}{C_2} = \frac{1 \cdot \frac{6}{11} U}{2} = \frac{6}{22} U \leq 200$$

$$\Rightarrow U \leq \frac{2200}{3} \approx 733 \text{ V}$$

$$U_3 = \frac{C_1 U_1}{C_3} = \frac{1 \cdot \frac{6}{11} U}{3} = \frac{6}{33} U \leq 500$$

$$\Rightarrow U \leq 2750 \text{ V}$$

Vậy: Trường hợp này hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = 733 \text{ V}$.

b) *Cách 2:* [$C_1 // C_2 // C_3$]: Ta có: $U_1 = U_2 = U_3 \Rightarrow U_{gh} = 200 \text{ V}$.

Vậy: Trường hợp này hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = 200 \text{ V}$.

c) *Cách 3:* [$(C_1 // C_2)$ nt C_3]: Ta có: $U_1 = U_2 \Rightarrow U_{gh12} = 200 \text{ V}$.

và: $Q_{12} = Q_3$

$$\Rightarrow \begin{cases} (C_1 + C_2) \cdot U_{12} = C_3 U_3 \\ U_{12} + U_3 = U \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow U_{12} + \frac{(C_1 + C_2) U_{12}}{C_3} = U$$

$$\Rightarrow U_{12} = \frac{C_3 U}{C_1 + C_2 + C_3} = 0,5 U \leq 200 \text{ V}; U \leq 400 \text{ V}.$$

$$\text{Mặt khác: } U_3 = \frac{(C_1 + C_2) \cdot 0,5 U}{C_3} = 0,5 U \leq 500 \text{ V}.$$

$$\Rightarrow U \leq 1000 \text{ V}.$$

Vậy: Trường hợp này hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = 400 \text{ V}$.

d) *Cách 4:* [C_1 nt $(C_2 // C_3)$]: Ta có: $U_2 = U_3 \Rightarrow U_{gh23} = 200 \text{ V}$.

và: $Q_1 = Q_{23} \Leftrightarrow C_1 U_1 = (C_2 + C_3) U_{23}$

$$\text{Mà } U_1 + U_{23} = U$$

$$\Leftrightarrow U_1 + \frac{C_1 U_1}{C_2 + C_3} = U \Leftrightarrow U_1 = \frac{(C_2 + C_3) U}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{5U}{6} \leq 1000$$

$$\Rightarrow U \leq 1200 \text{ V}.$$

$$\text{và } U_{23} = \frac{C_1 \cdot \frac{5}{6}U}{C_2 + C_3} = \frac{U}{6} \leq 200$$

$$\Rightarrow U \leq 1200 \text{ V}$$

Vậy: Trường hợp này hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = 1200\text{V}$.

- So sánh 4 cách mắc, ta thấy cách mắc thứ 4 là có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là lớn nhất và bằng 1200V.

$$\text{Điện dung của bộ tụ trong trường hợp này là: } C = \frac{C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{1 \cdot (2 + 3)}{1 + 2 + 3} = \frac{5}{6} \mu\text{F}$$

Vậy: Cách mắc có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lớn nhất là cách mắc $[C_1 \text{ nt } (C_2 // C_3)]$, lúc đó $U_{gh} = 1200 \text{ V}$ và $C = \frac{5}{6} \mu\text{F}$.

Bài 51.

- Khi tụ điện đã được tích điện và được đặt chạm vào chất lỏng điện môi, nó có xu hướng hút điện môi vào giữa hai bản, vì vậy năng lượng của hệ giảm đi.

- Công của lực điện trường kéo điện môi lỏng vào trong tụ điện biến thành thế năng vào cột điện môi trong trọng trường. Công này bằng độ biến thiên năng lượng của hệ tụ điện - nguồn: $A = \frac{U^2(C_2 - C_1)}{2}$

Với C_1, C_2 là điện dung của tụ điện trước và sau khi có cột điện môi với chiều cao H . Ta có thể coi tụ điện sau khi điện môi dâng lên như gồm hai tụ điện mắc song song: một tụ điện không khí có chiều cao $(h - H)$, một tụ điện có điện môi lỏng có chiều cao H . Do đó:

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 l h}{d}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 l (h - H)}{d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 l H}{d} = \frac{\epsilon_0 l h}{d} + \frac{\epsilon_0 (\epsilon - 1) l H}{d} = C_1 + \frac{(\epsilon - 1) \epsilon_0 l H}{d}$$

$$\Rightarrow A = \frac{U^2}{2d} \epsilon_0 (\epsilon - 1) l H$$

- Trọng lượng của cột điện môi là: $P = mg = Dgd/H$.

- Thế năng W của cột điện môi trong trọng trường bằng trọng lượng của nó nhân với chiều cao khối tâm $\frac{H}{2}$:

$$W = P \cdot \frac{H}{2} = \frac{1}{2} Dg l d H^2.$$

$$\text{- Vì } A = W \Rightarrow H = \frac{(\epsilon - 1) \epsilon_0 U^2}{Dgd^2}.$$

Vậy: Độ cao của cột điện môi dâng lên giữa hai bản là $H = \frac{(\epsilon - 1) \epsilon_0 U^2}{Dgd^2}$.

Bài 52.

a) Hiệu điện thế trên mỗi tụ

- Điện tích ban đầu của tụ 1: $Q_1 = C_0 U_0 = 100 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ C}$.

- Khi hai tụ mắc song song với nhau: $Q'_1 + Q'_2 = Q_1; U'_1 = U'_2$

$$\Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1}{C_1 + C_2} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{10^{-4}(\epsilon + 1)} = \frac{60}{0,1 \cdot U'_2 + 1} = U'_2$$

$$60 = 0,1 U'^2_2 + U'_2 \Leftrightarrow 0,1 U'^2_2 + U'_2 - 60 = 0$$

$$\Rightarrow U'_{21} = 20 \text{ V}; U'_{22} = -30 \text{ V (loại)}.$$

Vậy: Hiệu điện thế trên mỗi tụ là $U'_1 = U'_2 = 20 \text{ V}$.

b) Độ biến thiên năng lượng của hệ tụ

- Năng lượng ban đầu của hệ tụ: $W_1 = \frac{C_0 U_0^2}{2} = \frac{10^{-4} \cdot 60^2}{2} = 0,18 \text{ J}$

- Năng lượng lúc sau của hệ tụ: $W_2 = \frac{C_1 U_1'^2}{2} + \frac{C_2 U_2'^2}{2} = \frac{10^{-4} \cdot 20^2}{2} + \frac{0,1 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \cdot 20^2}{2} = 0,06 \text{ J}$

- Độ biến thiên năng lượng của hệ tụ: $\Delta W = W_2 - W_1 = 0,06 - 0,18 = -12 \cdot 10^{-2} \text{ J} < 0$.

Vậy: Năng lượng của hệ tụ giảm.

Bài 53.

- Năng lượng mỗi tụ thu được: $W = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{5} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$.

- Mà $W = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow U = \sqrt{\frac{2W}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 10^{-6}}} = 20 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế của mỗi tụ là $U = 20 \text{ V}$.

Bài 54.

a) Hiệu điện thế của tụ khi ngắt khỏi nguồn và nhúng vào điện môi:

- Khi nhúng một phần tụ vào điện môi, tụ có thể được coi gồm hai phần tụ mắc song song: $C_1 // C_2$.

Ta có:

+ Điện dung của phần tụ không khí: $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{C}{3}$

+ Điện dung của phần tụ lấp đầy điện môi: $C_2 = \frac{\epsilon_r \frac{2}{3} S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{8C}{3}$

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2 : $C' = C_1 + C_2 = \frac{C}{3} + \frac{8C}{3} = 3C$

- Khi ngắt tụ khỏi nguồn thì điện tích của tụ không đổi: $Q' = Q \Leftrightarrow CU = C'U'$

$\Rightarrow U' = \frac{CU}{C'} = \frac{CU}{3C} = \frac{U}{3} = \frac{600}{3} = 200 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế của tụ khi ngắt khỏi nguồn và nhúng vào điện môi là $U' = 200 \text{ V}$.

b) Công để nhấc tụ ra khỏi điện môi

- Năng lượng của tụ không khí: $W_1 = \frac{CU^2}{2} = \frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 600^2}{2} = 1,08 \text{ J}$.

- Năng lượng của tụ sau khi nhúng vào điện môi: $W_2 = \frac{C'U'^2}{2} = \frac{3 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 200^2}{2} = 0,36 \text{ J}$

- Công cần thiết để nhấc tụ ra khỏi điện môi: $A = W_1 - W_2 = 1,08 - 0,36 = 0,72 \text{ J}$.

Vậy: Công để nhấc tụ ra khỏi điện môi là $A = 0,72 \text{ J}$.

Bài 55.

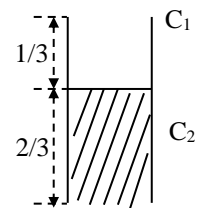
- Điện tích của tụ C_1 : $Q_1 = C_1 U_1 = 2 \cdot 100 = 200 \text{ } \mu\text{C}$.

- Điện tích của tụ C_2 : $Q_2 = C_2 U_2 = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ } \mu\text{C}$.

- Năng lượng ban đầu của hai tụ: $W_1 = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2}$

$\Rightarrow W_1 = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2}{2} + \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 50^2}{2} = 10,625 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.

- Khi nối các bản khác dấu của hai tụ với nhau, theo định luật bảo toàn điện tích, ta có: $Q'_1 + Q'_2 = Q_1 - Q_2$



- Mặt khác: $U'_1 = U'_2 \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1 - Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{200 - 25}{2 + 0,5} = 70 \text{ V}.$

- Năng lượng của hai tụ sau khi nối hai bản khác dấu với nhau: $W_2 = \frac{C_1 U_1'^2}{2} + \frac{C_2 U_2'^2}{2}$

Hay $W_2 = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 70^2}{2} + \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 70^2}{2} = 6,125 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

- Năng lượng của tia lửa điện phát ra: $\Delta W = W_1 - W_2 = 10,625 \cdot 10^{-3} - 6,125 \cdot 10^{-3} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$

Vậy: Năng lượng của tia lửa điện phát ra là $\Delta W = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$

Bài 56.

- Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{600 \cdot 1000}{600 + 1000} = 375 \text{ pF}.$

- Điện tích của tụ C_1, C_2 : $Q_1 = Q_2 = CU = 375 \cdot 10^{-12} \cdot 20000 = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}.$

- Năng lượng lúc đầu của hai tụ: $W_1 = \frac{Q_1^2}{2C_1} + \frac{Q_2^2}{2C_2}$

$\Rightarrow W_1 = \frac{(7,5 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 600 \cdot 10^{-12}} + \frac{(7,5 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 1000 \cdot 10^{-12}} = 0,075 \text{ J}$

- Khi nối các bản cùng dấu của hai tụ với nhau thì: $Q'_1 + Q'_2 = Q_1 + Q_2; U'_1 = U'_2$

$\Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{7,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2}{(600 + 1000) \cdot 10^{-12}} = 9375$

$\Rightarrow U'_1 = U'_2 = 9375 \text{ V}.$

- Năng lượng lúc sau của hai tụ: $W_2 = \frac{C_1 U_1'^2}{2} + \frac{C_2 U_2'^2}{2}$

$\Rightarrow W_2 = \frac{600 \cdot 10^{-12} \cdot 9375^2}{2} + \frac{1000 \cdot 10^{-12} \cdot 9375^2}{2} \approx 0,0703 \text{ J}$

- Năng lượng tia lửa điện phát ra: $\Delta W = W_1 - W_2 = 0,075 - 0,0703 = 0,0047 = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$

Vậy: Năng lượng của tia lửa điện phát ra là $\Delta W = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$

Bài 57.

a) Hiệu điện thế của tụ điện: Để hạt bụi nằm cân bằng trong điện trường thì: $P = F$

$\Leftrightarrow mg = qE = q \frac{U}{d}$

$\Rightarrow U = \frac{mgd}{q} = \frac{10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,02}{10^{-6}} = 200 \text{ V}.$

Vậy: Hiệu điện thế của tụ điện là $U = 200 \text{ V}.$

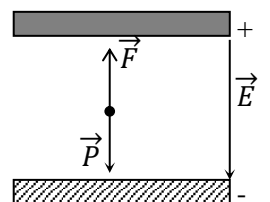
b) Phải thay đổi U thế nào để hạt bụi vẫn cân bằng?

- Khi điện tích hạt bụi giảm đi 20% thì: $q' = 0,8q.$

- Để hạt bụi nằm cân bằng thì: $P = F' \Leftrightarrow mg = q' \frac{U'}{d}$

$\Rightarrow U' = \frac{mgd}{q'} = \frac{10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,02}{0,8 \cdot 10^{-6}} \text{ V}.$

Vậy: Để hạt bụi vẫn nằm cân bằng thì phải tăng hiệu điện thế thêm $\Delta U = 250 - 200 = 50 \text{ V}.$



Bài 58.

- Để giọt thủy ngân nằm cân bằng trong điện trường thì: $P = F$.

$$\Leftrightarrow mg = q \frac{U}{d} \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{gd}{U} = \frac{10.0.01}{1000} = 10^{-4}$$

- Khi U giảm bớt 4V thì $U' = U - 4 = 1000 - 4 = 996$ V thì:

$$P - F' = ma \Leftrightarrow mg - q \frac{U'}{d} = ma$$

$$\Rightarrow a = g - \frac{qU'}{md}$$

- Khi giọt thủy ngân rơi chạm bản dưới thì quãng đường đi được là: $s = \frac{d}{2}$.

$$\text{Ta có: } s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{d}{2}}{g - \frac{qU'}{md}}} = \sqrt{\frac{d}{g - \frac{qU'}{md}}}$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{0,01}{10 - 10^{-4} \cdot \frac{996}{0,01}}} = 0,5 \text{ s.}$$

Vậy: Thời gian để giọt thủy ngân rơi chạm đến bản dưới là $t = 0,5$ s.

Bài 59.

- Để electron không tới được bản đối diện thì quãng đường electron chuyển động trong điện trường là $s \leq d$.

Khi electron dừng lại thì:

$$\frac{mv_0^2}{2} = Fs = qEs = q \frac{U}{d} s \Leftrightarrow \frac{mv_0^2}{2} = q \frac{U}{d} s$$

$$\Rightarrow U = \frac{mv_0^2 d}{2qs} \geq \frac{mv_0^2 d}{2qd} = \frac{mv_0^2}{2q}$$

$$U \geq \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (8 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 182 \text{ V}$$

Vậy: Để electron không đi đến được bản đối diện thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện phải là $U \geq 182$ V.

Bài 60.

- Bỏ qua tác dụng của trọng lực nên prôtôn và electron chỉ chịu tác dụng của lực điện trường:

$$F_1 = m_e a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{q_e E}{m_e}$$

$$F_2 = m_p a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{q_p E}{m_p}$$

- Gọi s là khoảng cách từ điểm gặp nhau tới bản dương thì quãng đường mà electron đi được là (d-s), quãng đường prôtôn đi là s. Ta có:

$$d - s = \frac{a_1 t^2}{2}; s = \frac{a_2 t^2}{2}$$

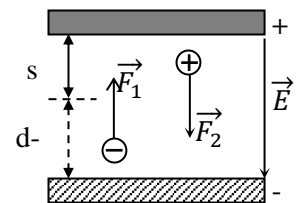
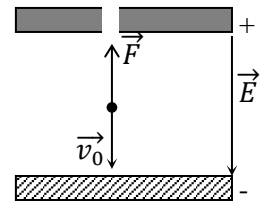
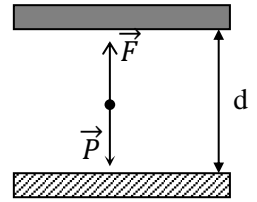
$$\Rightarrow \frac{d-s}{s} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{q_e}{q_p} \cdot \frac{m_p}{m_e} \quad (q_p = |q_e|)$$

$$\Rightarrow \frac{d}{s} - 1 = \frac{m_p}{m_e} = 1840$$

$$\Rightarrow s = \frac{d}{1841} = \frac{0,04}{1841} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ m.}$$

Vậy: Vị trí gặp nhau của hai hạt cách bản dương một khoảng $s = 2,2 \cdot 10^{-5}$ m.

Bài 61.

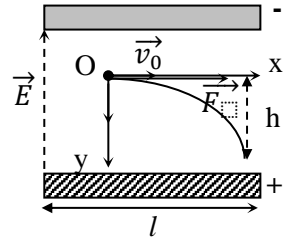


- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ. Chuyển động của electron trong điện trường được chia thành hai phần theo hai trục Ox và Oy:

+ Theo trục Ox: Electron chuyển động thẳng đều: $x = v_0 t$ (1)

+ Theo trục Oy: Electron chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường: $y = \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md} t^2$ (2)

với $a = \frac{F}{m} = \frac{eU}{md}$



- Khi ra khỏi bản thì quãng đường electron đi được theo trục Ox là $x = l$, theo trục Oy là $y = h$. Do đó:

+ Từ (1) suy ra: $t = \frac{l}{v_0}$. Thay giá trị của t vào (2) với chú ý $y = h$ ta được: $h = \frac{1}{2} \cdot \frac{eU}{md} \cdot \left(\frac{l}{v_0}\right)^2$

$$\Rightarrow U = \frac{2h v_0^2 md}{e l^2} = \frac{2 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot (3,2 \cdot 10^7)^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (6 \cdot 10^{-2})^2} = 582,4 \text{ V.}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là $U = 582,4 \text{ V}$.

Bài 62.

- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ. Chuyển động của electron trong điện trường được chia thành hai phần:

+ Theo trục Ox: Electron chuyển động thẳng đều: $x = v_0 t$.

+ Theo trục Oy: Electron chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường:

$$y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2} \quad (\text{với } a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}; x = vt)$$

$$\Rightarrow y = \frac{qUx^2}{2mdv_0^2}$$

- Vận tốc ban đầu của electron: $qU_0 = \frac{mv_0^2}{2}$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2qU_0}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 6 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

- Để electron không ra khỏi tụ thì: $y \geq \frac{d}{2} \Leftrightarrow \frac{qUx^2}{2mdv_0^2} \geq \frac{d}{2}$

$$\Rightarrow U \geq \frac{md^2 v_0^2}{qx^2} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,01^2 \cdot (6 \cdot 10^6)^2}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1^2} = 2,04 \text{ V}$$

Vậy: Để electron không ra được khỏi tụ thì $U \geq 2,04 \text{ V}$.

Bài 63.

- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ. Chuyển động của electron trong điện trường được chia thành hai phần:

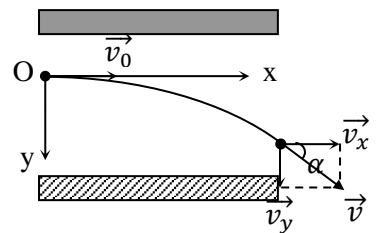
+ Theo trục Ox: Electron chuyển động thẳng đều: $x = v_0 t$; $v_x = v_0 = \text{const.}$

+ Theo trục Oy: Electron chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường: $y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2}$; $v_y = at$ (với $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$)

- Ta có:

$$+ \tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{a \cdot x}{v_0^2} = \frac{ax}{v_0^2} = \frac{qUx}{mdv_0^2} \quad (1)$$

$$+ W_0 = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2W_0}{m} \quad (2)$$



- Thay (2) vào (1), ta được: $\tan \alpha = \frac{qUx}{md \cdot \frac{2W_0}{m}} = \frac{qUx}{2dW_0}$

$$\Rightarrow U = \frac{2dW_0 \cdot \tan \alpha}{qx} = \frac{2 \cdot 0,01 \cdot 1500 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,2}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,05} = 120 \text{ V.}$$

Vậy: Để electron bay ra khỏi tụ theo phương hợp với các bản một góc 11° thì $U = 120 \text{ V}$.

Bài 64.

- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ.

+ Theo trục Ox: Electron chuyển động thẳng đều: $x = v_0 t$; $v_x = v_0 = \text{const.}$

+ Theo trục Oy: Electron chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường:

$$y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2}; v_y = at \text{ với } a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$$

- Khi electron ra khỏi tụ: $y = h_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qU}{md} \cdot \frac{s^2}{v_0^2}$; $v_y = \frac{qU}{md} \cdot \frac{s}{v_0}$

$$\text{Ta có: } \frac{h_2}{v_y} = \frac{l}{v_0} \Rightarrow h_2 = \frac{qUls}{mdv_0^2}$$

$$b = h_1 + h_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qUs}{mdv_0^2} (s + 2l)$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{qUs(s+2l)}{2mdb}} = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50 \cdot 0,06 \cdot (0,06 + 2 \cdot 0,15)}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot 2,1 \cdot 10^{-2}}} = 1,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

- Hiệu điện thế U_0 giữa K và A: $qU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\Rightarrow U_0 = \frac{mv_0^2}{2q} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (1,6 \cdot 10^7)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 728 \text{ V.}$$

Vậy: Vận tốc electron khi bắt đầu đi vào tụ là $v_0 = 1,6 \cdot 10^7 (\text{m/s})$; hiệu điện thế giữa K và A là $U_0 = 728 \text{ V}$.

Bài 65.

- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ.

+ Theo trục Ox: Electron chuyển động thẳng đều: $x = (v_0 \cos \alpha)t$; $v_x = v_0 \cos \alpha$

+ Theo trục Oy: Electron chuyển động chậm dần đều dưới tác dụng của lực điện trường:

$$y = (v_0 \sin \alpha)t + \frac{at^2}{2}; v_y = v_0 \sin \alpha + at \text{ với } a = -\frac{F}{m} = -\frac{qU}{md}$$

Gọi x là khoảng cách ngắn nhất mà electron có thể cách bản tụ âm, quãng đường

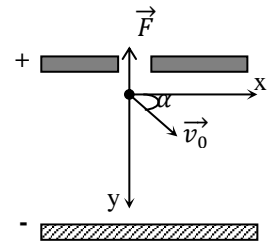
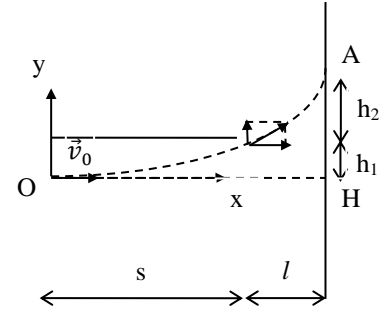
mà electron đi được là: $s = d - x$. Ta có: $v^2 - v_{0y}^2 = 2a(d - x)$

$$\Leftrightarrow 0 - v_0^2 \sin^2 \alpha = \frac{2qU}{md} (d - x)$$

$$\Rightarrow x = d - \frac{mv_0^2 \sin^2 \alpha}{2qU} = d \left(1 - \frac{mv_0^2 \sin^2 \alpha}{2eU} \right)$$

Vậy: Electron có thể cách bản tụ âm khoảng ngắn nhất là $x = d \left(1 - \frac{mv_0^2 \sin^2 \alpha}{2eU} \right)$.

Bài 66.



- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ.

+ Theo trục Ox: Hạt bụi chuyển động nhanh dần đều đều: $v_x = at = \frac{qE}{m}t$

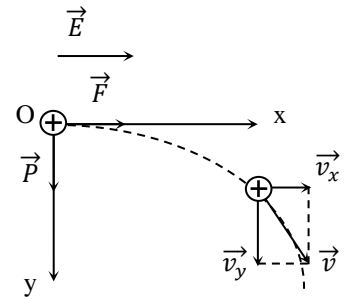
+ Theo trục Oy: Hạt bụi rơi tự do: $v_y = gt$

Ta có: $v^2 = v_x^2 + v_y^2$

$$\Rightarrow v_x = \sqrt{v^2 - v_y^2} = \sqrt{50^2 - (10.4)^2} = 30 \text{ m/s.}$$

- Cường độ điện trường: $E = \frac{mv_x}{qt} = \frac{0.01.10^{-3}.30}{10^{-5}.4} = 7,5 \text{ (V/m).}$

Vậy: Cường độ điện trường đặt vào điện tích là $E = 7,5 \text{ (V/m).}$



Bài 67.

- Khi hai bản ở vị trí nằm ngang thì giọt dầu cân bằng: $P = F \Leftrightarrow mg = qE$

- Khi hai bản nằm nghiêng góc 60° so với mặt phẳng ngang: Chọn hệ trục xOy như hình vẽ, phân tích chuyển động của giọt dầu thành hai thành phần theo hai trục Ox và Oy:

+ Theo trục Ox: $v_x = a_x t = (g \sin \alpha) t$

+ Theo trục Oy: $v_y = a_y t = \left(\frac{F}{m} + g \cos \alpha\right) t = g(1 + \cos \alpha) t$

$$\text{Và } y = \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{1}{2} g(1 + \cos \alpha) t^2$$

- Khi giọt dầu va chạm vào tấm kim loại thì quãng đường mà nó đi theo trục Oy là $y = \frac{d}{2}$.

$$\Leftrightarrow y = \frac{1}{2} g(1 + \cos \alpha) t^2 = \frac{d}{2}$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{g(1 + \cos \alpha)}}$$

- Vận tốc theo trục Ox: $v_x = g \sin \alpha \sqrt{\frac{d}{g(1 + \cos \alpha)}} = \sin \alpha \sqrt{\frac{gd}{(1 + \cos \alpha)}}$

- Vận tốc theo trục Oy: $v_y = g(1 + \cos \alpha) \sqrt{\frac{d}{g(1 + \cos \alpha)}} = \sqrt{(1 + \cos \alpha)gd}$

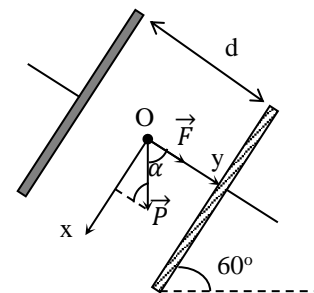
- Vận tốc của giọt dầu khi va chạm: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\left(\sin \alpha \sqrt{\frac{gd}{(1 + \cos \alpha)}}\right)^2 + \left(\sqrt{(1 + \cos \alpha)gd}\right)^2}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\sin^2 \alpha \cdot \frac{gd}{(1 + \cos \alpha)} + (1 + \cos \alpha)gd} = \sqrt{gd \left[\frac{\sin^2 \alpha + (1 + \cos \alpha)^2}{(1 + \cos \alpha)} \right]}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{gd \left[\frac{\sin^2 \alpha + 1 + \cos^2 \alpha + 2 \cos \alpha}{(1 + \cos \alpha)} \right]} = \sqrt{2gd}.$$

Vậy: Vận tốc của giọt dầu khi va chạm với một bản kim loại là $v = \sqrt{2gd}$.



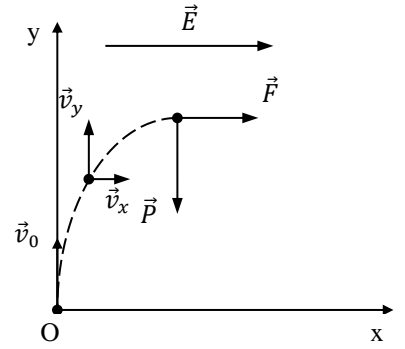
Bài 68.

- Chọn hệ tọa độ Oxy như hình vẽ, phân tích chuyển động của quả cầu thành hai thành phần:

+ Theo Ox: Quả cầu chuyển động nhanh dần đều do lực điện trường $F = qE$: $v_x = a_x t = \frac{F}{m} t = \frac{qE}{m} t$; $x = \frac{1}{2} a_x t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2$ (1)

+ Theo Oy: Quả cầu chuyển động chậm dần đều do trọng lực $P = mg$:

$$v_y = v_0 - a_y t = v_0 - gt; \quad y = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \quad (2)$$



- Từ (1) suy ra: $t = \sqrt{\frac{2mx}{qE}}$, thay giá trị t vào (2) ta được:

$$y = v_0 \sqrt{\frac{2mx}{qE}} - \frac{1}{2} g \left(\sqrt{\frac{2mx}{qE}} \right)^2 = v_0 \sqrt{\frac{2mx}{qE}} - \frac{1}{2} g \cdot \frac{2mx}{qE}$$

$$\Rightarrow y = v_0 \sqrt{\frac{2mx}{qE}} - \frac{mgx}{qE} \Leftrightarrow y + \frac{mgx}{qE} = v_0 \sqrt{\frac{2mx}{qE}}$$

$$\Leftrightarrow y^2 + \frac{2mgxy}{qE} + \left(\frac{mg}{qE} \right)^2 x^2 = \frac{2mxv_0^2}{qE}$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{mg}{qE} \right)^2 x^2 + y^2 + \frac{2m}{qE} (gy - v_0^2)x = 0 \quad (3)$$

- Vận tốc của quả cầu: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(\frac{qE}{m} \right)^2 t^2 + (v_0 - gt)^2}$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\left[\left(\frac{qE}{m} \right)^2 + g^2 \right] t^2 - 2gv_0 t + v_0^2} \quad (4)$$

$$\Rightarrow v^2 = \left[\left(\frac{qE}{m} \right)^2 + g^2 \right] t^2 - 2gv_0 t + v_0^2$$

$$\Rightarrow v_{\min} \Leftrightarrow v^2_{\min} \Rightarrow t = \frac{gv_0}{\left(\frac{qE}{m} \right)^2 + g^2}$$

- Thay giá trị t vào (4) ta được:

$$v_{\min} = \sqrt{\left[\left(\frac{qE}{m} \right)^2 + g^2 \right] \cdot \frac{g^2 v_0^2}{\left[\left(\frac{qE}{m} \right)^2 + g^2 \right]^2} - 2gv_0 \cdot \frac{gv_0}{\left[\left(\frac{qE}{m} \right)^2 + g^2 \right]} + v_0^2}$$

$$v_{\min} = \sqrt{-\frac{g^2 v_0^2}{\left[\left(\frac{qE}{m} \right)^2 + g^2 \right]} + v_0^2} = \frac{qE}{\sqrt{q^2 E^2 + m^2 g^2}} v_0$$

$$\Rightarrow v_{\min} = \frac{qE}{\sqrt{q^2 E^2 + m^2 g^2}} v_0$$

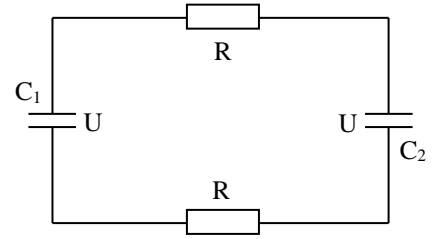
Vậy: Phương trình quỹ đạo của quả cầu là $\left(\frac{mg}{qE} \right)^2 x^2 + y^2 + \frac{2m}{qE} (gy - v_0^2)x = 0$; vận tốc cực tiểu của quả cầu

là $v_{\min} = \frac{qE}{\sqrt{q^2 E^2 + m^2 g^2}} v_0$ đạt được tại thời điểm $t = \frac{gv_0}{\left(\frac{qE}{m} \right)^2 + g^2}$.

E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN

Bài 1. Hai tụ điện phẳng không khí giống nhau có diện tích $S = 400\text{cm}^2$ và khoảng cách giữa các bản là $d_1 = 0,6\text{mm}$, được nối với nhau bằng hai điện trở $R = 12,5\text{ k}\Omega$ (hình vẽ).

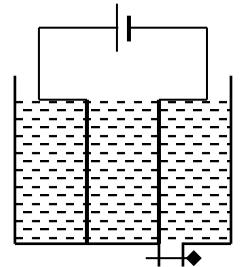
Hai bản của mỗi tụ điện được đưa ra cách nhau $d_2 = 1,8\text{mm}$ trong thời gian $t = 3\text{s}$ theo hai cách: lần đầu đồng thời tách xa các bản của cả hai tụ điện; lần sau, lần lượt tách hai bản của tụ điện này rồi tách hai bản của tụ điện kia. Biết hiệu điện thế giữa các bản của hai tụ điện lúc đầu là $U_0 = 500\text{V}$.
Hỏi trường hợp nào tốn nhiều công hơn và tốn bao nhiêu?



(Trích Đề thi chọn học sinh giỏi Quốc gia, 1988-1989)

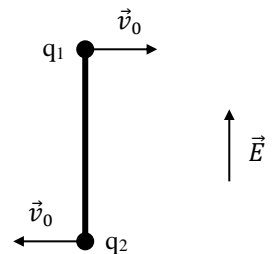
Bài 2. Một tụ điện phẳng có các bản hình vuông cạnh a , cách nhau một khoảng d được nhúng ngập trong bình đựng chất điện môi lỏng sao cho mép dưới của các bản tụ ở sát đáy bình. Bình có tiết diện ngang là S_1 và được đặt trên một mặt bàn nằm ngang. Hai bản tụ điện được nối với nguồn điện có suất điện động E không đổi, điện trở trong không đáng kể. Chất điện môi có hằng số điện môi ϵ và được coi như một chất lưu. Nhờ một lỗ có diện tích tiết diện ngang S_2 ở đáy bình, chất điện môi được tháo ra khỏi bình.

Bỏ qua điện trở của các dây nối, xác định sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong mạch vào thời gian và vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc đó. Lấy gốc thời gian khi mặt thoáng của chất điện môi ở ngang mép trên của các bản tụ điện. Cho gia tốc trọng trường là g .



Bài 3. Hai quả cầu kim loại nhỏ có cùng bán kính và cùng khối lượng $m = 2,5\text{g}$ được nối với nhau bằng một thanh điện môi cứng, dài $l = 5\text{cm}$, khối lượng không đáng kể. Tích điện cho hai quả cầu để chúng có điện tích $q_1 = 10^{-6}\text{C}$ và $q_2 = -10^{-6}\text{C}$ rồi đặt chúng vào trong điện trường có cường độ $E = 1000(\text{V/m})$ sao cho hướng cường độ điện trường \vec{E} trùng với hướng từ q_2 đến q_1 .

Truyền đồng thời cho hai quả cầu vận tốc $v_0 = 0,1(\text{m/s})$ (hình vẽ). Hỏi khi đó thanh quay đi một góc bằng bao nhiêu?



Bài 4. Một tụ điện phẳng có hai bản cực hình vuông, cạnh $a = 30\text{cm}$ đặt cách nhau một khoảng $d = 4\text{mm}$, nhúng trong một thùng dầu cách điện có hằng số điện môi $\epsilon = 2,4$. Hai bản cực được nối với hai cực của một nguồn điện có suất điện động $e = 24\text{V}$, điện trở trong không đáng kể qua một điện trở $R = 100\Omega$.

- Hai bản cực của tụ điện đặt thẳng đứng và chìm hoàn toàn trong dầu. Tính điện tích của tụ điện.
- Bằng một vòi ở đáy thùng dầu người ta tháo dầu chảy ra ngoài và mức dầu trong thùng hạ thấp dần đều với vận tốc $v = 5(\text{mm/s})$.

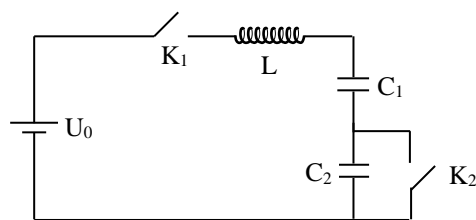
- Lấy gốc thời gian là lúc mức dầu chạm vào mép trên hai bản cực của tụ điện, viết công thức tính điện dung của tụ điện theo thời gian.

- Chứng minh rằng trong quá trình mức dầu hạ thấp, qua điện trở R và nguồn điện có một dòng điện. Xác định chiều và cường độ dòng điện đó.

c) Nếu ta bỏ nguồn điện trước khi tháo dầu thì điện tích và hiệu điện thế của tụ điện thay đổi như thế nào?

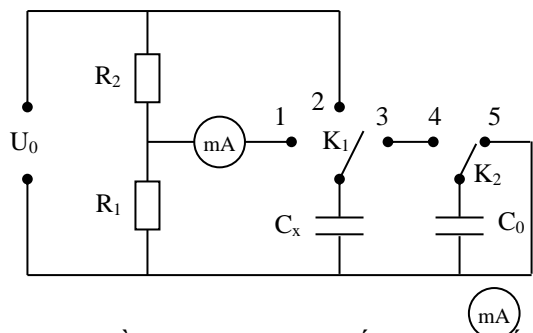
Bài 5. Một tụ điện được tích điện đến điện áp $U_0 = 100V$ và được mắc với một điện trở. Khi đó, sau một khoảng thời gian nào đó năng lượng $W_1 = 1J$ được giải phóng dưới dạng nhiệt và cũng sau một khoảng thời gian như thế sau đó năng lượng $W_2 = 0,3J$ được giải phóng. Xác định điện dung của tụ điện.

Bài 6. Trên sơ đồ mạch điện hình vẽ, người ta đóng khóa K_1 khi khóa K_2 đóng lại. Còn ở thời điểm khi điện tích trên tụ điện C_1 trở thành cực đại thì khóa K_2 được ngắt ra. Xác định điện tích cực đại trên tụ điện C_2 theo các thông số của các phần tử của mạch điện trên hình vẽ.



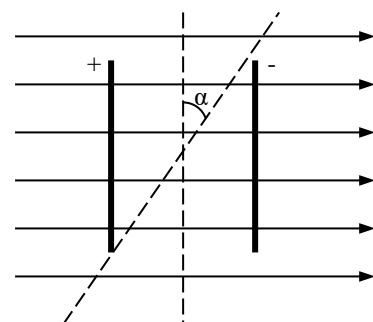
Bài 7. Để xác định điện dung của tụ điện C_x người ta sử dụng mạch điện như hình vẽ. Biết điện dung của tụ điện C_0 . Tụ C_0 nhờ khóa K_1 lúc đầu được nối với nguồn điện qua tiếp điểm 2, sau đó được nối với tiếp điểm 3. Trong lúc đó khóa K_2 luôn nằm ở vị trí 4. Tiếp theo tụ C_0 đã tích điện nhờ khóa K_2 sẽ phóng điện qua tiếp điểm 5.

Chuyển mạch K_2 giữa các tiếp điểm 4 và 5 được lặp lại 4 lần, sau đó khóa K_1 được nối với tiếp điểm 1. Miliampe kế khi đó chỉ số 0. Sau đó đổi vị trí các điện trở R_1 và R_2 toàn bộ quá trình được lặp lại. Lần này miliampe kế cũng chỉ số 0 khi chuyển mạch K_2 3 lần. Cho $C_0 = 100\mu F$, xác định C_x .



(Trích “Tập chí Lượng tử - Liên Xô”)

Bài 8. Đưa một tụ điện phẳng đã tích điện vào trong một vùng điện trường đồng nhất với cường độ có hướng như hình vẽ, khi đó cần thực hiện một công A_1 . Sau đó, quay tụ điện đi một góc α và khi đó cần thực hiện một công A_2 . Biết giá trị của góc α , hãy xác định tỉ số $\frac{A_2}{A_1}$. Cho rằng toàn bộ trường riêng của tụ điện là đồng nhất và tập trung bên trong thể tích của nó.

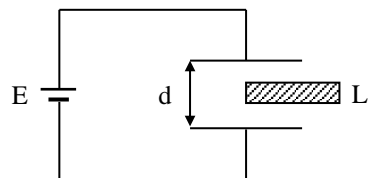


(Trích “Tập chí Lượng tử - Liên Xô”)

Bài 9. Hệ thống gồm 2N lưới kim loại giống nhau được đặt song song với nhau và cách đều nhau trong không khí. Khoảng cách giữa hai lưới kề nhau là d (d rất nhỏ so với kích thước của mỗi lưới). Mỗi lưới có diện tích S . Các lưới được tích điện theo thứ tự: $-Q; +Q; -Q; \dots; +Q$. Một electron chui vào hệ thống từ tấm lưới thứ nhất với vận tốc đầu \vec{v}_0 theo phương hợp với pháp tuyến của lưới thứ nhất một góc α . Khi bắt đầu ra khỏi hệ thống, electron có \vec{v} theo phương hợp với pháp tuyến của lưới thứ 2N một góc β . Bỏ qua tác dụng của trọng lực. Xác định v và β .

Bài 10. Một tụ điện phẳng không khí, diện tích mỗi bản bằng S , khoảng cách giữa chúng bằng d , được nối vào nguồn điện không đổi có suất điện động E . Một tấm kim loại có độ dày L ($L < d$) được đưa vào khoảng không gian giữa các bản tụ. Bỏ qua điện trở trong của nguồn.

a) Chứng minh rằng khi đưa tấm kim loại vào khoảng giữa hai bản tụ thì điện dung của tụ điện không phụ thuộc vào vị trí tương đối của tấm kim loại và bản tụ.



b) Tính công tối thiểu khi đưa tấm kim loại vào không gian giữa các bản tụ. Nêu nhận xét.

Bài 11. Cho hai tụ điện phẳng không khí, các bản hình tròn bằng kim loại có cùng đường kính. Tụ 1 có khoảng cách giữa hai bản là d , tụ 2 có khoảng cách giữa hai bản là $2d$. Tích điện cho mỗi tụ đến cùng hiệu điện thế U rồi ngắt khỏi nguồn. Sau đó đưa tụ 1 vào trong lòng của tụ 2 sao cho các bản song song nhau và hoàn toàn đối diện nhau. So sánh năng lượng của hệ tụ điện trước và sau khi đưa tụ 1 vào trong lòng tụ 2.

Bài 12. Hai bản của một tụ điện phẳng là hai tấm kim loại diện tích S , đặt cách nhau một khoảng d , mang điện tích $+q$ và $-q$. Khoảng không gian giữa hai bản là một khối điện môi có hằng số điện môi phụ thuộc vào tọa độ x theo hàm số $\varepsilon = \varepsilon(x)$ (trục x vuông góc với các bản); ở sát bản dương, hằng số điện môi có trị số ε_1 , còn ở sát bản âm nó có trị số $\varepsilon_2 < \varepsilon_1$

a) Tìm lượng điện tích phân cực tổng cộng bên trong khối điện môi.

b) Cho biết $\varepsilon(x)$ là hàm bậc nhất của x , hãy tìm hiệu điện thế đặt vào tụ điện và điện dung của tụ điện đó.

Áp dụng: $q = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{C}$, $\varepsilon_1 = 4$; $\varepsilon_2 = 10$; $d = 1,8 \text{cm}$; $S = 100 \text{cm}^2$

Bài 13. Một tụ điện có điện dung C được tích điện tới hiệu điện thế $U_0 = 100 \text{V}$ rồi mắc vào một điện trở. Sau một khoảng thời gian nào đó, có năng lượng $W_1 = 2 \text{J}$ được giải phóng dưới dạng nhiệt, rồi lại sau khoảng thời gian như thế, có năng lượng $W_2 = 0,4 \text{J}$ được giải phóng. Tính C ?

Bài 14. Hai bản của một tụ điện phẳng đặt nằm ngang và nối tắt với nhau. Diện tích của mỗi bản là S và khoảng cách giữa chúng bằng d . Trong không gian giữa hai bản, tại khoảng cách $\frac{d}{4}$ bên trên bản dưới, người ta đặt vào một tấm kim loại có cùng diện tích. Khối lượng và điện tích của tấm này là m và q . Hỏi phải truyền cho tấm kim loại một vận tốc cực tiểu bằng bao nhiêu theo hướng lên trên để trong quá trình chuyển động nó đạt được tới độ cao $\frac{d}{4}$ so với vị trí ban đầu của nó?

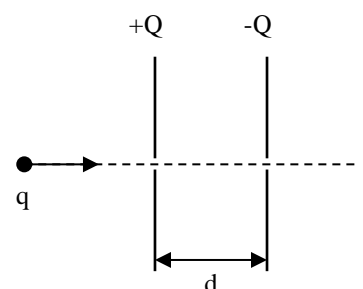
Bài 15. Một tụ điện phẳng có 2 bản cực hình vuông, cạnh $a = 30 \text{cm}$ đặt cách nhau một khoảng $d = 4 \text{mm}$, nhúng trong thùng dầu cách điện có hằng số điện môi $\varepsilon = 2,4$. Hai bản cực được nối với 2 cực của một nguồn điện có suất điện động $E = 24 \text{V}$, điện trở trong không đáng kể, qua một điện trở $R = 100 \Omega$.

a) Hai bản cực của tụ thẳng đứng, chìm hoàn toàn trong dầu. Tính điện tích của tụ điện.

b) Bằng một vòi ở đáy thùng dầu, người ta tháo cho dầu chảy ra ngoài và mức dầu trong thùng hạ thấp dần đều với tốc độ $v = 5 (\text{mm/s})$. Chọn gốc thời gian lúc mức dầu chạm mép trên hai bản cực của tụ. Viết công thức tính điện dung của tụ theo thời gian. Chứng minh rằng quá trình mức dầu hạ thấp xuống, qua điện trở R và nguồn điện E có một dòng điện. Xác định cường độ dòng điện ấy.

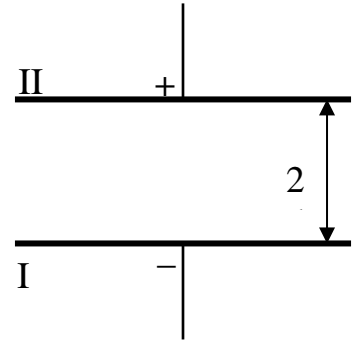
Bài 16. Tụ phẳng gồm hai bản mỏng tròn lớn bằng chất cách điện, mỗi bản có diện tích S , được giữ cố định trong không khí cách nhau một đoạn nhỏ d , tích điện tích $+Q$ và $-Q$ phân bố đều trên bề mặt. Ở tâm mỗi bản có khoét một lỗ nhỏ. Dọc theo đường thẳng qua hai lỗ, từ rất xa có một quả cầu rất nhỏ khối lượng m tích điện tích $+q$ chuyển động về phía bản tụ tích điện tích $+Q$ như hình vẽ.

a) Tìm vận tốc nhỏ nhất của quả cầu để nó có thể xuyên qua tụ điện.



b) Nếu vận tốc lúc đầu của quả cầu lớn gấp đôi vận tốc tối thiểu ở câu a thì khi ra khỏi tụ nó có vận tốc là bao nhiêu?

Bài 17. Hai bản của một tụ điện phẳng đặt trong không khí có cùng diện tích S , có thể chuyển động không ma sát dọc theo một sợi dây cách điện nằm ngang xuyên qua tâm của chúng. Một bản có khối lượng m , điện tích Q còn bản kia có khối lượng $2m$, điện tích $-2Q$. Ban đầu hai bản được giữ cách nhau một khoảng $2d$.



- Tìm độ lớn của cường độ điện trường bên trong tụ và bên ngoài tụ.
- Ở một thời điểm nào đó người ta thả nhẹ hai bản ra. Biết mật độ năng lượng điện trường tại một điểm là $\omega = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$. Hãy xác định vận tốc của mỗi bản khi chúng cách nhau một khoảng d .

(Trích Đề thi chọn học sinh giỏi Đồng bằng duyên hải Bắc bộ, 2015)

Bài 18. Một tụ điện phẳng có điện môi là không khí được đặt nằm ngang. Bản dưới giữ cố định, bản trên nối với lò xo có phương vuông góc với mặt bản. Diện tích mỗi bản cực là S , khoảng cách giữa hai bản cực là d_0 , tần số dao động của bản cực ở trên là ω_0 . Khi nối tụ điện với nguồn điện có hiệu điện thế U , xuất hiện vị trí cân bằng mới d_1 .

- Xác định độ cứng k của lò xo.
- Hiệu điện thế có giá trị lớn nhất là bao nhiêu để vị trí cân bằng cũ không thay đổi?

(Trích Đề thi Olympic, CHLB Đức, Năm 1981)

F. GIẢI BÀI TẬP ÔN LUYỆN

Bài 1.

Gọi C_0 và C là điện dung của mỗi tụ điện trước và sau khi tách các bản ra. Ta có:

$$C_0 = \frac{\epsilon S}{d_1} = \frac{8,9 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 5,9 \cdot 10^{-10} \text{F}$$

$$C = \frac{C_0}{3} = \frac{5,9 \cdot 10^{-10}}{3} = 1,96 \cdot 10^{-10} \text{F, vì } d_2 = 3d_1$$

- Khi đồng thời tách các bản của hai tụ điện thì trong quá trình tách, hiệu điện thế hai tụ điện luôn bằng nhau, vì vậy điện thế hai đầu mỗi điện trở là như nhau, không có sự di chuyển điện tích qua các điện trở. Công cần thiết để tách chỉ làm tăng năng lượng của bộ tụ điện:

$$A = \Delta W = 2 \left(\frac{Q_0^2}{2C} - \frac{Q_0^2}{2C_0} \right) = \frac{Q_0^2 (C_0 - C)}{CC_0} = \frac{2Q_0^2}{C_0} \quad (1)$$

($Q_0 = C_0 U_0 = 5,9 \cdot 10^{-10} \cdot 500 = 29,5 \cdot 10^{-8} \text{C}$ là điện tích ban đầu của mỗi tụ điện)

- Khi lần lượt tách hai bản của tụ điện C_1 rồi sau đó tách hai bản của tụ điện C_2 .

+ Tách hai bản của tụ điện C_1 trước: Gọi Q_1, Q_2, U_1, U_2 là điện tích và hiệu điện thế của mỗi tụ điện sau khi tách. Theo định luật bảo toàn điện tích, ta có: $Q_1 + Q_2 = Q_0 + Q_0 = 2Q_0$ Và $U_1 = U_2 \Leftrightarrow \frac{Q_1}{C} = \frac{Q_2}{C_0}$.

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{2Q_0 C}{C + C_0}; Q_2 = \frac{2Q_0 C_0}{C + C_0}$$

+ Điện lượng qua mỗi điện trở của mạch điện trong thời gian tách các bản của tụ điện C_1 là:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_0 = \frac{2Q_0 C_0}{C+C_0} - Q_0 = Q_0 \frac{C_0 - C}{C+C_0} = Q_0 \frac{3C-C}{C+3C} = \frac{Q_0}{2}.$$

+ Nhiệt lượng tỏa ra trên mỗi điện trở trong thời gian tách hai bản tụ điện C_1 : $q_R = RI^2 t = R \frac{\Delta Q^2}{t}$

+ Công cần thiết để tách hai bản của tụ điện C_1 là: $A_1 = 2q_R + \Delta W_1 + \Delta W_2$

($\Delta W_1, \Delta W_2$ là độ biến thiên năng lượng của hai tụ trong quá trình tách hai bản tụ C_1)

$$\Leftrightarrow A_1 = 2R \frac{\Delta Q^2}{t} + \left(\frac{Q_1^2}{2C} - \frac{Q_0^2}{2C_0} \right) + \left(\frac{Q_2^2}{2C_0} - \frac{Q_0^2}{2C_0} \right)$$

$$\Leftrightarrow A_1 = \frac{RQ_0^2}{2t} + \frac{Q_0^2}{2C_0} \quad (2)$$

- Sau đó, tiếp tục tách các bản của tụ điện C_2 thì điện tích của mỗi tụ lại có giá trị ban đầu Q_0 , nghĩa là qua mỗi điện trở cũng có thêm điện lượng $\Delta Q = \frac{Q_0}{2}$ như trên dịch chuyển qua. Tương tự, công cần thiết để tách hai bản

của tụ điện C_2 là: $A_2 = \frac{RQ_0^2}{2t} + \frac{3Q_0^2}{2C_0} \quad (3)$

- Công tổng cộng phải tốn trong cách tách thứ hai là: $A' = A_1 + A_2$.

$$\Leftrightarrow A' = \frac{RQ_0^2}{2t} + \frac{Q_0^2}{2C_0} + \frac{RQ_0^2}{2t} + \frac{3Q_0^2}{2C_0} = \frac{RQ_0^2}{t} + \frac{2Q_0^2}{C_0} \quad (4)$$

- So với cách tách thứ nhất thì $A' > A$ một lượng: $\Delta A = A' - A$.

$$\Leftrightarrow \Delta A = \frac{RQ_0^2}{t} + \frac{2Q_0^2}{C_0} - \frac{2Q_0^2}{C_0} = \frac{RQ_0^2}{t} = \frac{12,5 \cdot 10^3 \cdot (29,5 \cdot 10^{-8})^2}{3} = 3,63 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

Vậy: Trường hợp sau tốn nhiều công hơn và tốn nhiều hơn một lượng $\Delta A = 3,63 \cdot 10^{-10} \text{ J}$.

Bài 2.

- Áp dụng các phương trình của chất lưu lý tưởng khi chất điện môi trng bình có độ cao h:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad (1)$$

$$p_0 + \rho gh + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_0 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2): $v_1 = \sqrt{\frac{2gS_2^2}{S_1^2 - S_2^2}} h$.

- Đặt $A = \sqrt{\frac{2gS_2^2}{S_1^2 - S_2^2}} \Rightarrow v_1 = A\sqrt{h}$.

- Vì $v_1 = -\frac{dh}{dt} \Rightarrow dh = -A\sqrt{h} dt$.

$$\Rightarrow 2h^{\frac{1}{2}} = -At + C$$

- Tại $t = 0$, $h = a$ nên $C = 2\sqrt{a}$ và $h = \left(\sqrt{a} - \frac{1}{2} At \right)^2$.

- Điện dung của tụ điện tại thời điểm đang xét: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon h}{kd} + \frac{a}{kd} (a-h) = \frac{a^2}{kd} + \frac{ah}{kd} (\epsilon-1)$

- Điện tích của tụ điện tại thời điểm đó là: $q = CE = \frac{Ea^2}{kd} + \frac{Ea}{kd} (\epsilon-1) h$

- Theo thời gian, h giảm nên q giảm, tụ phóng điện về nguồn tạo ra dòng điện cường độ:

$$i = -\frac{dq}{dt} = -\frac{Ea(\epsilon-1)}{kd} \cdot \frac{dh}{dt} = \frac{Ea(\epsilon-1)}{kd} \left(A\sqrt{a} - \frac{1}{2} A^2 t \right)$$

$$\Leftrightarrow i = \frac{Ea(\epsilon-1)}{kd} \left(S_2 \sqrt{\frac{2ag}{S_1^2 - S_2^2}} - \frac{gS_2^2}{S_1^2 - S_2^2} t \right) = M + Nt, \text{ với } M, N = \text{const}$$

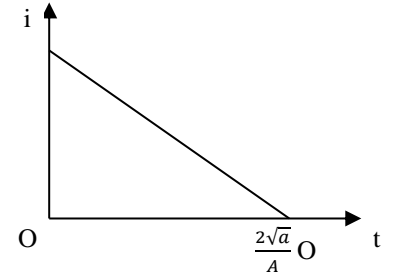
- Vì i giảm bậc nhất theo thời gian nên i có giá trị lớn nhất tại $t = 0$ (tụ điện bắt đầu phóng điện) và:

$$i_{\max} = \frac{Ea(\epsilon-1)S_2}{kd} \sqrt{\frac{2ag}{S_1^2 - S_2^2}} \text{ tại thời điểm } t = 0$$

$$\text{và } i = 0 \text{ tại thời điểm } t = \frac{2\sqrt{a}}{A}.$$

Vậy: Biểu thức biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng điện trong mạch

$$\text{vào thời gian là: } i = \frac{Ea(\epsilon-1)}{kd} \left(S_2 \sqrt{\frac{2ag}{S_1^2 - S_2^2}} - \frac{gS_2^2}{S_1^2 - S_2^2} t \right)$$



Bài 3.

Gọi O là khối tâm của hệ hai quả cầu và thanh điện môi, O nằm ở trung điểm của thanh điện môi.

- Ngẫu lực do điện trường tác dụng lên hệ làm hệ quay quanh khối tâm O. Theo định lý động năng, công do ngẫu lực thực hiện là A, với: $A = \Delta W_d$ (1)

$$\text{Với: } A = q_1 Ed + |q_2| Ed = 2qEd, \quad d = \frac{l}{2} (1 - \cos \alpha) \quad (2)$$

$$\text{Và } \Delta W_d = \left(\frac{1}{2} mv_1^2 - 0 \right) + \left(\frac{1}{2} mv_2^2 - 0 \right) = mv_0^2 \quad (3)$$

- Thay (2), (3) vào (1): $2qE \cdot \frac{l}{2} (1 - \cos \alpha) = mv_0^2 \Leftrightarrow qEl(1 - \cos \alpha) = mv_0^2$.

$$\Rightarrow \cos \alpha = 1 - \frac{mv_0^2}{qEl} = 1 - \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1^2}{10^{-6} \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

Vậy: Thanh quay đi một góc $\alpha = 60^\circ$.

Bài 4.

a) Điện tích của tụ điện

$$\text{- Điện dung của tụ điện: } C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd} = \frac{\epsilon a^2}{4\pi kd} = \frac{2,4 \cdot 0,3^2}{4,3 \cdot 14,9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 0,48 \cdot 10^{-9} \text{F}.$$

$$\text{- Điện tích của tụ điện: } Q = CU = 0,48 \cdot 10^{-9} \cdot 24 = 11,52 \cdot 10^{-9} \text{C}.$$

Vậy: Điện tích của tụ điện là $Q = 11,52 \cdot 10^{-9} \text{C}$.

b) Khi dùng vòi tháo dầu trong thùng ra ngoài

- Công thức tính điện dung của tụ điện theo thời gian

$$+ \text{ Điện dung của phần tụ không có dầu: } C_1 = \frac{S_1}{4\pi kd} = \frac{avt}{4\pi kd}.$$

$$+ \text{ Điện dung của phần tụ có dầu: } C_2 = \frac{\epsilon S_2}{4\pi kd} = \frac{\epsilon a(a - vt)}{4\pi kd}.$$

$$+ \text{ Điện dung toàn phần của tụ điện: } C' = C_1 + C_2 = \frac{avt}{4\pi kd} + \frac{\epsilon a(a - vt)}{4\pi kd}.$$

$$\Leftrightarrow C' = \frac{[\epsilon a^2 - (\epsilon - 1)avt]}{4\pi kd} = \left(\frac{\epsilon a^2}{4\pi kd} \right) \left[\frac{1 - (\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right] = C \left[\frac{1 - (\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right].$$

Vậy: Công thức tính điện dung của tụ điện theo thời gian là $C' = C \left[\frac{1 - (\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right]$.

- Chứng minh rằng trong quá trình mức dầu hạ thấp có dòng điện qua mạch

$$+ \text{ Điện tích của tụ điện ở thời điểm } t \text{ (} 0 < t < \frac{a}{v} \text{): } Q' = C'U = C \left[\frac{1 - (\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right] U = Q \left[\frac{1 - (\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right] < Q$$

+ Vì $Q' < Q$ nên điện tích của bản cực dương giảm, một lượng điện tích dương đã chuyển từ cực dương của tụ đến cực dương của nguồn điện ($\Delta Q = Q - Q' = \frac{Q(\epsilon - 1)\epsilon_0}{\epsilon a}$), trong mạch có một dòng điện có chiều từ cực dương sang cực âm của nguồn điện và có cường độ:

$$I = \frac{\Delta Q}{t} = \frac{Q(\epsilon - 1)v}{\epsilon a} = \frac{11,52 \cdot 10^{-9} \cdot (2,4 - 1) \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{2,4 \cdot 0,3} = 1,12 \cdot 10^{-10} \text{ A}$$

(Khi tụ điện hết dầu: $v = 0$ thì $I = 0$)

Vậy: Trong quá trình mức dầu hạ thấp, trong mạch có dòng điện đi qua với cường độ $I = 1,12 \cdot 10^{-10} \text{ A}$.

c) Trường hợp bỏ nguồn điện trước khi tháo dầu

- Khi ngắt nguồn điện khỏi tụ, điện tích của tụ điện vẫn là Q (bảo toàn điện tích).

- Điện dung của tụ điện là $C' < C$ nên hiệu điện thế hai bản tụ điện là $U' = \frac{Q}{C'} > U$ và: $U' = \frac{CU}{C'} = \frac{U}{1 - (\epsilon - 1)\epsilon_0}$

- Khi tháo hết dầu: $a = vt$ nên $U' = \epsilon U$.

Vậy: Nếu ta bỏ nguồn điện trước khi tháo dầu thì điện tích của tụ điện vẫn không đổi còn hiệu điện thế của tụ điện sẽ thay đổi và bằng $U' = \frac{U}{1 - (\epsilon - 1)\epsilon_0} < U$.

Bài 5.

Giả sử đến cuối khoảng thời gian đầu tiên, hiệu điện thế trên tụ điện giảm đến U_1 . Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $\frac{1}{2}CU_0^2 = W_1 + \frac{1}{2}CU_1^2$

$$\Rightarrow U_1 = U_0 \sqrt{1 - \frac{2W_1}{CU_0^2}} \quad (1)$$

Như vậy, nếu hiệu điện thế ban đầu trên tụ điện nhỏ hơn n lần so với U_0 thì cũng sau khoảng thời gian đó trên điện trở giải phóng một nhiệt lượng nhỏ hơn n^2 lần so với W_1 : $\frac{W_2}{W_1} = \frac{U_1^2}{U_0^2} \Rightarrow U_1 = U_0 \sqrt{\frac{W_2}{W_1}} \quad (2)$

(U_1 là hiệu điện thế ban đầu so với khoảng thời gian tiếp theo)

$$\text{Thay (2) vào (1) ta được: } U_0 \sqrt{\frac{W_2}{W_1}} = U_0 \sqrt{1 - \frac{2W_1}{CU_0^2}}$$

$$\Rightarrow C = \frac{2W_1}{U_0^2(1 - \frac{W_2}{W_1})} = \frac{2 \cdot 1}{100^2 \cdot (1 - \frac{0,3}{1})} = 285 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 285 \mu\text{F}$$

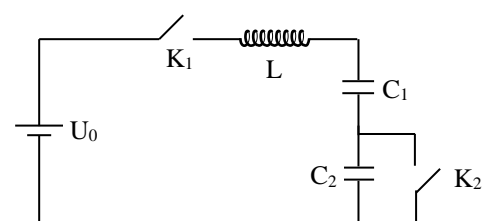
Vậy: Điện dung của tụ điện là $C = 285 \mu\text{F}$.

Bài 6.

- Khi đóng K_1 , tụ C_1 được nạp điện, điện tích của tụ C_2 bằng 0 do tụ C_2 bị ngắn mạch.

- Tại thời điểm điện tích của tụ điện C_1 đạt cực đại, dòng điện trong mạch bằng 0. Từ định luật bảo toàn năng lượng, ta có: Công của nguồn điện bằng năng lượng của tụ điện: $Q_{1\max}U_0 = \frac{Q_{1\max}^2}{2C_1} \Rightarrow Q_{1\max} = 2C_1U_0$

- Sau khi ngắt khóa K_2 , điện tích này bị “giam hãm” trên các bản của các tụ điện nối ngắn mạch với nhau. Giả sử sau một thời gian, sau khi ngắt khóa K_2 trên tụ C_2 xuất hiện điện tích Q_2 . Giả sử điện tích trên tụ điện C_1 tiếp tục tăng thì: $Q_1 = Q_{1\max} + Q_2$



CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng, ta được: $Q_{2\max}U_0 = \frac{(Q_{1\max} + Q_{2\max})^2}{2C_1} + \frac{Q_{2\max}^2}{2C_2} - \frac{Q_{1\max}^2}{2C_1}$

$$\Rightarrow Q_{2\max} = -\frac{2C_1C_2U_0}{C_1 + C_2}$$

- Dấu “-” chứng tỏ sự tăng của điện tích Q_1 là không đúng và do đó điện tích trên tụ điện C_1 sẽ giảm. Khi đó ở tấm trên của tụ điện C_2 sẽ lấy dấu “-” còn ở tấm dưới sẽ lấy dấu “+”.

Vậy: Điện tích cực đại trên tụ điện C_2 là $Q_{2\max} = -\frac{2C_1C_2U_0}{C_1 + C_2}$.

Bài 7.

- Khi đặt K_1 vào vị trí 2, hiệu điện thế của tụ điện C_x là U_0 ; sau 4 lần chuyển mạch K_2 , hiệu điện thế trên tụ điện là U_4 . Vì $I_a = 0$ nên ta có: $\frac{U_2}{R_2} = \frac{U_4}{R_1}$

$$+ \text{ Mặt khác: } U_2 = U_0 - U_4 \Rightarrow \frac{U_4}{U_0} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

- Lúc đầu, điện tích của tụ điện C_x là $q_x = C_x U_0$. Khi chuyển mạch lần đầu K_1 vào vị trí 3, điện tích này được phân bố giữa C_x và C_0

còn hiệu điện thế trên cả hai tụ là: $U_1 = \frac{q_x}{C_x + C_0} = \frac{C_x U_0}{C_x + C_0}$

- Khi chuyển mạch K_2 vào vị trí 5, tụ điện C_0 phóng điện hoàn toàn, còn trên tụ điện C_x điện tích còn lại là:

$$q_1 = C_x U_x = \frac{C_x^2 U_0}{C_x + C_0}$$

- Khi chuyển mạch lần thứ 2 vào vị trí 4, hiệu điện thế trên các tụ điện là: $U_2 = \frac{q_1}{C_x + C_0} = U_0 \left(\frac{C_x}{C_x + C_0} \right)^2$

- Sau khi chuyển mạch lần thứ tư vào vị trí 4, hiệu điện thế trên các tụ điện là: $U_4 = U_0 \left(\frac{C_x}{C_x + C_0} \right)^4$

- Đặt $\beta = \frac{C_x}{C_x + C_0}$, ta được: $\frac{U_4}{U_0} = \beta^4 \quad (2)$

- Khi đổi vị trí của các điện trở và lặp lại toàn bộ quá trình trên, tương tự ta có: $\frac{U_3}{U_0} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$

$$\text{Và } \frac{U_3}{U_0} = \beta^4 \quad (4)$$

(U_3 là hiệu điện thế trên tụ điện C_x sau 3 lần chuyển mạch K_2).

- Từ (1) và (3), ta được: $\frac{U_4}{U_0} + \frac{U_3}{U_0} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} + \frac{R_2}{R_1 + R_2}$.

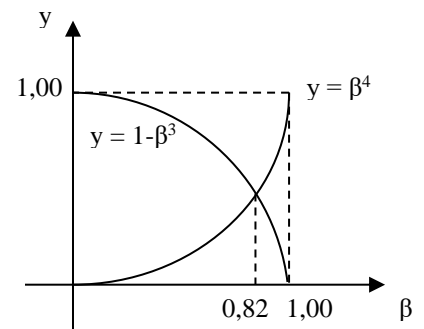
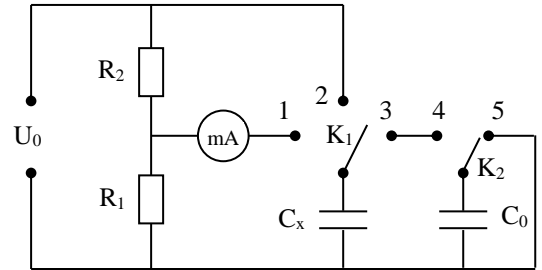
$$\Leftrightarrow \beta^4 + \beta^3 = 1$$

- Từ các đồ thị hai hàm số: $y = \beta^4$; $y = 1 - \beta^3$ ta xác định được: $\beta \approx 0,82$.

- Từ đó: $C_x = \frac{\beta}{1 - \beta} C_0 = \frac{0,82}{1 - 0,82} \cdot 100 = 450 \mu\text{F}$.

Vậy: Điện dung của tụ điện C_x khi $C_0 = 100 \mu\text{F}$ là $C_x = 450 \mu\text{F}$.

Bài 8.



Gọi W_0 là năng lượng của trường ngoài đồng nhất không có tụ điện; $W_t =$

$\frac{1}{2} \varepsilon_0 E_t^2 V$ là năng lượng riêng của tụ điện đã tích điện, V là thể tích của tụ điện.

- Trước khi đưa tụ điện vào trường ngoài, năng lượng toàn phần của hệ là:

$$W = W_0 + W_t$$

- Sau khi đưa tụ điện vào trường ngoài, năng lượng toàn phần của hệ là:

$$W_1 = (W_0 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V) + \frac{1}{2} \varepsilon_0 (E_0 + E_t)^2 V.$$

(\vec{E}_0 là vector cường độ điện trường ngoài; \vec{E}_t là vector cường độ điện trường do các điện tích trên các bản của tụ điện gây ra)

- Công thức hiện để đưa tụ điện vào trường ngoài:

$$A_1 = W_1 - W = (W_0 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V) + \frac{1}{2} \varepsilon_0 (E_0 + E_t)^2 V - (W_0 + \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_t^2 V)$$

$$\Leftrightarrow A_1 = W_0 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V + \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V + \varepsilon_0 E_0 E_t V + \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_t^2 V - W_0 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_t^2 V = \varepsilon_0 E_0 E_t V \quad (1)$$

- Năng lượng của hệ khi quay các bản của tụ điện đi một góc α là: $W_2 = (W_0 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V) + \frac{1}{2} \varepsilon_0 |\vec{E}_0 + \vec{E}_t|^2 V$

$$\Leftrightarrow W_2 = W_0 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V + \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V + \varepsilon_0 E_0 E_t V \cos \alpha + \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_t^2 V$$

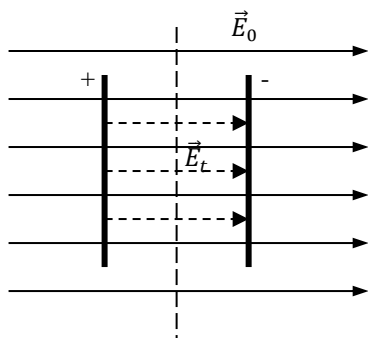
- Công thức hiện để quay các bản của tụ điện một góc α là:

$$A_2 = W_2 - W = W_0 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V + \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_0^2 V + \varepsilon_0 E_0 E_t V \cos \alpha + \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_t^2 V - (W_0 + \frac{1}{2} \varepsilon_0 E_t^2 V)$$

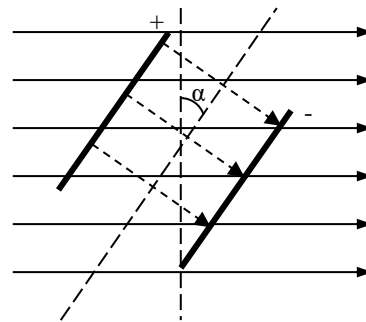
$$\Leftrightarrow A_2 = \varepsilon_0 E_0 E_t V (\cos \alpha - 1) \quad (2)$$

- Từ (1) và (2), ta được: $\frac{A_2}{A_1} = \cos \alpha - 1$.

Vậy: Tỉ số công thức hiện giữa hai trường hợp là $\frac{A_2}{A_1} = \cos \alpha - 1$.



Khi đưa tụ điện vào trường ngoài



Khi quay tụ điện một góc α

Bài 9.

- Vì cứ 2 lưới tạo thành 1 tụ nên có tất cả N tụ.

- Điện dung của mỗi tụ: $C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$, $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$.

- Hiệu điện thế của mỗi tụ: $U_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$.

- Hiệu điện thế giữa lưới $2N$ và lưới 1 là $U = NU_1 = N \frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$.

- Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $\frac{mv_0^2}{2} + eU = \frac{mv^2}{2}$.

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2eNQd}{\epsilon_0 Sm}}$$

- Đặt \vec{v}_x là thành phần song song với \vec{E} , \vec{v}_y là thành phần vuông góc với \vec{E} . Ta có: $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$

- Theo phương \vec{v}_y không có lực tác dụng nên: $v_0 \sin \alpha = v \sin \beta$.

$$\Rightarrow \sin \beta = \frac{v_0 \sin \alpha}{v}; \beta = \arcsin\left(\frac{v_0 \sin \alpha}{v}\right)$$

Vậy: Vận tốc electron khi ra khỏi hệ thống và góc hợp bởi phương chuyển động của electron và pháp tuyến

của lưới thứ 2N là $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2eNQd}{\epsilon_0 Sm}}$ và $\beta = \arcsin\left(\frac{v_0 \sin \alpha}{v}\right)$.

Bài 10.

a) Chứng minh khi đưa tấm kim loại vào khoảng giữa hai bản tụ thì điện dung của tụ điện không phụ thuộc vào vị trí tương đối của tấm kim loại và bản tụ

- Ở trạng thái ban đầu, ta có:

$$+ \text{Điện dung của tụ điện: } C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}.$$

$$+ \text{Điện tích của tụ điện: } Q_1 = C_1 E = \frac{\epsilon_0 S}{d} E.$$

$$+ \text{Năng lượng của tụ điện: } W_1 = \frac{E^2 C_1}{2} = \frac{\epsilon_0 S}{2d} E^2$$

- Sau khi đưa tấm kim loại vào khoảng giữa các bản tụ, điện dung sẽ thay đổi. Gọi x là độ rộng khe không khí giữa các bản trên của tấm kim loại. Khi đó hệ của chúng tương đương hai tụ điện phẳng mắc nối tiếp, khoảng cách giữa các bản của tụ điện là x và d - L - x.

$$+ \text{Điện dung của hệ: } C_2 = \frac{\frac{\epsilon_0 S}{x} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d-L-x}}{\frac{\epsilon_0 S}{x} + \frac{\epsilon_0 S}{d-L-x}} = \frac{\epsilon_0 S}{d-L}.$$

+ Vì C_2 không phụ thuộc vào x, tức là không phụ thuộc vào vị trí tương đối của tấm kim loại và bản tụ.

Vậy: Khi đưa tấm kim loại vào khoảng giữa hai bản tụ thì điện dung của tụ điện không phụ thuộc vào vị trí tương đối của tấm kim loại và bản tụ.

b) Công tối thiểu khi đưa tấm kim loại vào không gian giữa các bản tụ

- Điện tích trên bản tụ sau khi đưa tấm kim loại vào: $Q_2 = C_2 E = \frac{\epsilon_0 S}{d-L} E$

- Năng lượng của tụ điện lúc này: $W_2 = \frac{C_2}{2} = \frac{\epsilon_0 S}{2(d-L)} E^2$

- Công của nguồn sinh ra: $A_E = E(Q_2 - Q_1)$.

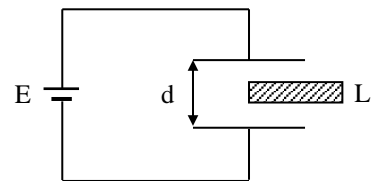
$$\Leftrightarrow A_E = \epsilon_0 S E^2 \left(\frac{1}{d-L} - \frac{1}{d} \right) = \frac{\epsilon_0 S E^2 L}{d(d-L)}$$

- Công cơ học cần thực hiện để đưa tấm kim loại vào: $A = \Delta W - A_E$.

$$\Leftrightarrow A = \frac{\epsilon_0 S E^2 L}{2d(d-L)} - \frac{\epsilon_0 S E^2 L}{d(d-L)} = -\frac{\epsilon_0 S E^2 L}{2d(d-L)}$$

- Nhận xét: Dấu trừ trong biểu thức này có nghĩa là khi đưa tấm kim loại vào thì nó sẽ bị hút vào tụ và ta phải thực hiện công âm.

Bài 11.



- Từ $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$, $q = CU$ và vì khoảng cách giữa hai bản của tụ 2 gấp đôi tụ 1 nên: $C_1 = 2C_2 = C \Rightarrow q_1 = 2q_2$

- Năng lượng tụ 1 và 2: $W_1 = \frac{q_1^2}{2C}$; $W_2 = \frac{q_2^2}{C} = \frac{q_1^2}{4C}$.

- Tổng năng lượng ban đầu của hệ: $W_0 = W_1 + W_2 = \frac{3q_1^2}{4C}$.

- Trường hợp 1: Đưa 2 bản cùng dấu gần nhau: Do hiện tượng hưởng ứng, hệ gồm 3 tụ:

+Tụ 1: Điện dung $C'_1 = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{x} = \frac{d}{x}C$; điện tích $q'_1 = q_2$.

+Tụ 2: Điện dung $C'_2 = C$; điện tích $q'_2 = 3q_2$.

+Tụ 3: Điện dung $C'_3 = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{(d-x)} = \frac{d}{d-x}C$; điện tích $q'_3 = q_2$.

+Năng lượng các tụ: $W'_1 = \frac{q_2^2}{2C'_1} = \frac{q_2^2 x}{2dC}$; $W'_2 = \frac{9q_2^2}{2C}$; $W'_3 = \frac{q_2^2}{2C'_3} = \frac{q_2^2 (d-x)}{2dC}$

+ Tổng năng lượng của hệ lúc sau: $W = W'_1 + W'_2 + W'_3$.

$$\Leftrightarrow W = \frac{q_2^2 x}{2dC} + \frac{9q_2^2}{2C} + \frac{q_2^2 (d-x)}{2dC} = \frac{5q_2^2}{C} = \frac{5q_1^2}{4C}.$$

$$\Rightarrow \frac{W}{W_0} = \frac{5}{3} > 1: \text{Năng lượng của hệ tăng lên.}$$

- Trường hợp 2: Đưa 2 bản trái dấu lại gần nhau: Hệ cũng gồm 3 tụ có cùng điện tích q_2 .

+ Năng lượng các tụ: $W'_1 = \frac{q_2^2}{2C'_1} = \frac{q_2^2 x}{2dC}$; $W'_2 = \frac{9q_2^2}{2C}$; $W'_3 = \frac{q_2^2}{2C'_3} = \frac{q_2^2 (d-x)}{2dC}$

+ Tổng năng lượng của hệ lúc sau: $W = W'_1 + W'_2 + W'_3 = \frac{q_1^2}{4C}$.

$$\Rightarrow \frac{W}{W_0} = \frac{1}{3} < 1: \text{Năng lượng của hệ giảm xuống.}$$

Vậy: Khi đưa 2 bản cùng dấu gần nhau thì năng lượng của hệ tăng lên; khi đưa 2 bản trái dấu lại gần nhau thì năng lượng của hệ giảm xuống.

Bài 12.

a) Lượng điện tích phân cực tổng cộng bên trong khối điện môi

- Điện trường tạo ra bởi hai bản tụ điện: $E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$.

- Lượng điện tích bên trong lớp điện môi : $dq = \rho dV = \rho S dx$ (ρ là mật độ khối của điện tích phân cực)

- Áp dụng định lí Ostrogradski-Gauxơ: $\epsilon_0 S dE = \rho S dx$

$$\Rightarrow \rho = \epsilon_0 \frac{dE}{dx} = \epsilon_0 \frac{d}{dx} \left(\frac{E_0}{\epsilon} \right) = \epsilon_0 E_0 \frac{d}{dx} \frac{1}{\epsilon(x)}$$

$$\Rightarrow \rho = - \frac{q}{\epsilon^2 S} \frac{d\epsilon}{dx}$$

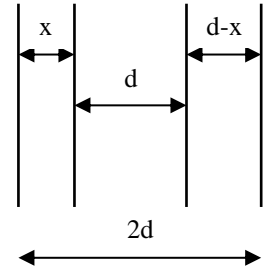
- Điện tích phân cực tổng cộng bên trong khối điện môi là:

$$q' = \int \rho dV = - \int \left(\frac{q}{\epsilon^2 S} \frac{d\epsilon}{dx} \right) S dx = -q \int_{\epsilon_1}^{\epsilon_2} \frac{d\epsilon}{\epsilon^2}$$

$$\Rightarrow q' = q \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 \epsilon_2}$$

Vậy: Lượng điện tích phân cực tổng cộng bên trong khối điện môi là $q' = q \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 \epsilon_2}$.

b) Hiệu điện thế đặt vào tụ điện và điện dung của tụ điện



- Vì $\varepsilon(x)$ là hàm bậc nhất của x nên $\varepsilon(x)$ có dạng: $\varepsilon(x) = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{d}x + \varepsilon_1$.

- Hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là: $V_1 - V_2 = -\int E dx$, với $E = \frac{E_0}{\varepsilon}$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \frac{q}{\varepsilon_0 S} \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} \frac{dx}{\varepsilon x} = \frac{qd}{\varepsilon_0 S(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} \ln\left(\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\right)$$

- Điện dung của tụ điện: $C = \frac{q}{V_1 - V_2} = \frac{\varepsilon_0 S(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{\ln\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}$

- Thay số, ta được: $V_1 - V_2 = \frac{3,2 \cdot 10^{-9} \cdot 1,8 \cdot 10^{-2}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot (10 - 4)} \ln\left(\frac{10}{4}\right) = 100V$

$$C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^{-4} (10 - 4)}{1,8 \cdot 10^{-2} \ln\frac{10}{4}} = 32 \cdot 10^{-6} F = 32 \mu F$$

Vậy: Hiệu điện thế đặt vào tụ điện và điện dung của tụ điện là $U = 100V$ và $C = 32 \mu F$.

Bài 13.

- Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có : $\begin{cases} \frac{1}{2}CU_0^2 = W_1 + \frac{1}{2}CU_1^2 & (1) \\ \frac{1}{2}CU_1^2 = W_2 + \frac{1}{2}CU_2^2 & (2) \end{cases} \Rightarrow \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_0^2 - U_1^2}{U_1^2 - U_2^2} \quad (3)$

- Vì cùng thời gian tỏa nhiệt nên giả sử nếu $U_1 = \frac{U_0}{n}$ thì $U_2 = \frac{U_1}{n} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1}{U_0} \quad (4)$

- Thay (4) vào (3), ta được: $U_1^2 = U_0^2 \frac{W_2}{W_1} \quad (5)$

- Thay (5) vào (1), ta được: $C = \frac{2W_1}{U_0^2(W_1 - W_2)}$.

- Thay số: $C = \frac{2 \cdot 2}{100^2(2 - 0,4)} = 2,5 \cdot 10^{-4} F = 250 \mu F$.

Vậy: Điện dung của tụ điện là $C = 250 \mu F$.

Bài 14.

- Lúc đầu hệ gồm hai tụ C_1 và C_2 mắc song song nên: $C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{3}{4}d} = \frac{4\varepsilon_0 S}{3d}$; $C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{1}{4}d} = \frac{4\varepsilon_0 S}{d}$

- Vì C_1 tích điện q_1 , C_2 tích điện q_2 , ta có: $q_1 + q_2 = q$

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} \Rightarrow q_1 = \frac{q}{4}; q_2 = \frac{3q}{4}$$

- Năng lượng lúc đầu của hệ: $W_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{q_1^2}{C_1} + \frac{q_2^2}{C_2}\right) = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{3q^2 d}{32\varepsilon_0 S}$

- Khi tấm kim loại lên được độ cao $\frac{d}{4}$ so với vị trí ban đầu. Lúc này hệ gồm hai tụ C'_1 , C'_2 mắc song song, ta

có: $C'_1 = C'_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{d}{2}} = \frac{2\varepsilon_0 S}{d}$ Và $q'_1 = q'_2 = \frac{q}{2}$

- Năng lượng của hệ lúc này: $W_2 = \frac{1}{4}mgd + \frac{1}{2}\left(\frac{q_1'^2}{C'_1} + \frac{q_2'^2}{C'_2}\right) + \frac{1}{2}mv^2$

$$\Leftrightarrow W_2 = \frac{1}{4}mgd + \frac{q^2 d}{8\varepsilon_0 S} + \frac{1}{2}mv^2$$

- Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_1 = W_2$.

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{3q^2 d}{32\varepsilon_0 S} = \frac{1}{4}mgd + \frac{q^2 d}{8\varepsilon_0 S} + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 \geq \frac{q^2d}{32\epsilon_0 S} + \frac{1}{4}mgd \Rightarrow v_0^2 \geq \frac{q^2d}{16m\epsilon_0 S} + \frac{gd}{2}$$

$$\Rightarrow v_{0(\min)} = \sqrt{\frac{q^2d}{16m\epsilon_0 S} + \frac{gd}{2}}$$

Vậy: Phải truyền cho tấm kim loại một vận tốc cực tiểu $v_{0(\min)} = \sqrt{\frac{q^2d}{16m\epsilon_0 S} + \frac{gd}{2}}$ theo hướng lên trên để trong quá trình chuyển động nó đạt được tới độ cao $\frac{d}{4}$ so với vị trí ban đầu của nó.

Bài 15.

a) Điện tích của tụ điện

$$\text{Ta có: } C = \frac{\epsilon a^2}{k4\pi d} = \frac{2,4.0,3^2}{9.10^9.4\pi.4.10^{-3}} = 0,48.10^{-9}\text{F}$$

$$\Rightarrow Q = CU = 0,48.10^{-9}.24 = 11,52.10^{-9}\text{C}$$

Vậy: Điện tích của tụ điện khi cả hai bản tụ nhúng chìm hoàn toàn trong dầu là $Q = 11,52.10^{-9}\text{C}$.

b) Công thức tính điện dung của tụ theo thời gian và cường độ dòng điện tạo ra

- Khi tháo cho dầu chảy ra ngoài:

$$+ \text{Phần tụ ra khỏi dầu có điện dung: } C_1 = \frac{S_1}{k4\pi d} = \frac{avt}{k4\pi d} = C \frac{vt}{\epsilon a}$$

$$+ \text{Phần tụ còn trong dầu có điện dung: } C_2 = \frac{\epsilon S_2}{k4\pi d} = \frac{\epsilon a(a - vt)}{k4\pi d}$$

$$\Leftrightarrow C_2 = \frac{\epsilon a^2}{k4\pi d} - \frac{\epsilon avt}{k4\pi d} = C - C \frac{vt}{a}$$

$$+ \text{Hai tụ coi như mắc song song: } C' = C_1 + C_2 = C \left[1 - \frac{(\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right]$$

- Điện tích của tụ ở thời điểm t ứng với $0 < t < \frac{a}{v}$

$$Q' = C'U = CU \left[1 - \frac{(\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right] = Q \left[1 - \frac{(\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right]$$

- Do $\epsilon > 1$ nên $C' < C$ và $Q' < Q$, điện tích bản dương giảm một lượng: $\Delta Q = Q - Q' = Q \frac{(\epsilon - 1)vt}{\epsilon a}$ chuyển đến cực dương của nguồn.

- Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{\Delta Q}{t} = \frac{Q(\epsilon - 1)v}{\epsilon a}$.

$$\Leftrightarrow I = \frac{11,52.10^{-9}.(2,4 - 1).5.10^{-3}}{2,4.0,3} = 1,12.10^{-10}\text{A}$$

Vậy: Công thức tính điện dung của tụ theo thời gian là $C' = C \left[1 - \frac{(\epsilon - 1)vt}{\epsilon a} \right]$ và cường độ dòng điện tạo ra là $I = 1,12.10^{-10}\text{A}$.

Bài 16.

a) Vận tốc nhỏ nhất của quả cầu để nó có thể xuyên qua tụ điện

- Vì các bản tụ bằng chất cách điện nên khi điện tích q di chuyển không làm phân bố lại điện tích trên các bản tụ.

- Chọn mức điện thế trên mặt phẳng đối xứng xx' như hình vẽ ($V_A = 0$). Điện thế tại M (trên bản $+Q$): $U_{MA} = V_M - V_A = E \frac{d}{2}$

$$\Rightarrow V_M = E \frac{d}{2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{d}{2}$$

($E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{\frac{Q}{S}}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$: cường độ điện trường đều giữa hai bản tụ phẳng)

- Để bay qua được lỗ M (tức là cũng bay được tới N) động năng của q ở rất xa phải thỏa mãn: $W_d \geq qV_M = \frac{Qqd}{2\epsilon_0 S}$

$$\Rightarrow W_{d(\min)} = \frac{1}{2}mv_{\min}^2 = \frac{Qqd}{2\epsilon_0 S}$$

$$\Rightarrow v_{\min} = \sqrt{\frac{Qqd}{\epsilon_0 mS}}$$

Vậy: Vận tốc nhỏ nhất của quả cầu để nó có thể xuyên qua tụ điện là $v_{\min} = \sqrt{\frac{Qqd}{\epsilon_0 mS}}$.

b) Vận tốc quả cầu lúc ra khỏi tụ

- Theo định lí động năng: $W_{dN} - W_{d0} = A_{\infty N}$.

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}mu^2 - \frac{1}{2}m(2v_{\min})^2 = q(V_{\infty} - V_N) = -qV_N \text{ (u là vận tốc của q tại N)}$$

$$\text{với: } U_{AN} = V_A - V_N = E \frac{d}{2} \Rightarrow V_N = -E \frac{d}{2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}mu^2 - \frac{1}{2}m(2v_{\min})^2 = qE \frac{d}{2} = \frac{Qqd}{2\epsilon_0 S}$$

$$\text{Mà: } \frac{1}{2}mv_{\min}^2 = \frac{Qqd}{2\epsilon_0 S} \Leftrightarrow \frac{1}{2}m(4v_{\min}^2) = 4 \frac{Qqd}{2\epsilon_0 S}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mu^2 = 5 \frac{Qqd}{2\epsilon_0 S} \Rightarrow u = \sqrt{\frac{5Qqd}{\epsilon_0 mS}}$$

Vậy: Vận tốc quả cầu lúc ra khỏi tụ khi vận tốc lúc đầu của quả cầu lớn gấp đôi vận tốc tối thiểu ở câu a là u

$$= \sqrt{\frac{5Qqd}{\epsilon_0 mS}}$$

Bài 17.

a) Độ lớn của cường độ điện trường bên trong tụ và bên ngoài tụ

- Cường độ điện trường do bản tích điện Q (bản 1) và bản tích điện $-2Q$ (bản 2) gây ra lần lượt là:

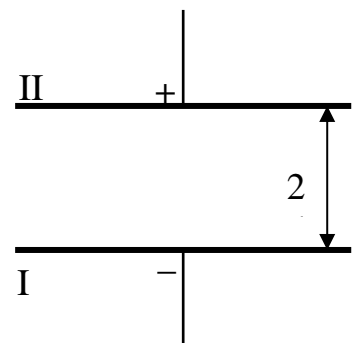
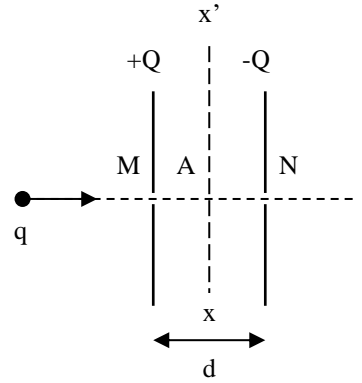
$$E_1 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \text{ và } E_2 = \frac{2Q}{2\epsilon_0 S}$$

- Cường độ điện trường bên trong tụ là: $E_t = E_1 + E_2 = \frac{3Q}{2\epsilon_0 S}$.

- Cường độ điện trường bên ngoài tụ là: $E_n = E_2 - E_1 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$.

Vậy: Độ lớn của cường độ điện trường bên trong tụ và bên ngoài tụ là $E_t =$

$$\frac{3Q}{2\epsilon_0 S} \text{ và } E_n = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}.$$



b) Xác định vận tốc của mỗi bản khi chúng cách nhau một khoảng d

Gọi v_1, v_2 lần lượt là vận tốc của bản 1, bản 2 khi chúng cách nhau một khoảng là d .

- Theo định luật bảo toàn động lượng, ta có: $mv_1 + 2mv_2 = 0 \Rightarrow v_1 = -2v_2$ (1)

- Khi hai bản cách nhau một khoảng d , so với ban đầu (hai bản cách nhau một khoảng $2d$):

+ Năng lượng điện trường bên trong tụ giảm đi một lượng: $-\Delta W_t = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_t^2 S d = \frac{9Q^2 d}{8\epsilon_0 S}$

+ Năng lượng điện trường bên ngoài tụ tăng thêm một lượng: $\Delta W_n = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_n^2 S d = \frac{Q^2 d}{8\epsilon_0 S}$

+ Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: $\Delta W = -\Delta W_t - \Delta W_n$.

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} mv_1^2 + \frac{1}{2} 2mv_2^2 = \frac{Q^2 d}{\epsilon_0 S} \Rightarrow v_1^2 + 2v_2^2 = \frac{2Q^2 d}{\epsilon_0 S m} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2), ta được: $v_1 = -2Q \sqrt{\frac{d}{3\epsilon_0 S m}}; v_2 = Q \sqrt{\frac{d}{3\epsilon_0 S m}}$

$$\text{hoặc } v_1 = 2Q \sqrt{\frac{d}{3\epsilon_0 S m}}; v_2 = -Q \sqrt{\frac{d}{3\epsilon_0 S m}}$$

Vậy: Vận tốc của mỗi bản khi chúng cách nhau một khoảng d là $v_1 = -2Q \sqrt{\frac{d}{3\epsilon_0 S m}}; v_2 = Q \sqrt{\frac{d}{3\epsilon_0 S m}}$ hoặc

$$v_1 = 2Q \sqrt{\frac{d}{3\epsilon_0 S m}}; v_2 = -Q \sqrt{\frac{d}{3\epsilon_0 S m}}.$$

Bài 18.

a) Độ cứng k của lò xo

- Khi đặt vào hiệu điện thế U , bản cực trên dao động do tác dụng của lực:

$$F = k(d - d_0) + \frac{1}{2} QE = -k(d_0 - d) + \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^2} \quad (1)$$

- Tại vị trí cân bằng: $d = d_1, F = 0$ nên: $-k(d_0 - d) + \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^2} = 0$.

$$\Rightarrow k = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2(d_0 - d_1)d_1^2} \quad (2)$$

Vậy: Độ cứng của lò xo là $k = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2(d_0 - d_1)d_1^2}$.

b) Giá trị lớn nhất của hiệu điện thế để vị trí cân bằng cũ không thay đổi

- Hiệu điện thế đạt giá trị cực đại khi: $\frac{dU}{dd_1} = 0$.

- Từ (2) ta được: $d_1 = \frac{2}{3} d_0$ và $U_{\max} = \sqrt{\frac{k}{\epsilon_0 S} \left(\frac{2}{3} d_0\right)^{\frac{3}{2}}}$.

Vậy: Giá trị lớn nhất của hiệu điện thế để vị trí cân bằng cũ không thay đổi là $U_{\max} = \sqrt{\frac{k}{\epsilon_0 S} \left(\frac{2}{3} d_0\right)^{\frac{3}{2}}}$.

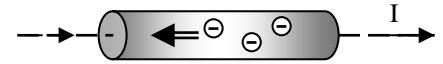
Chuyên đề 5: DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI – ĐIỆN TRỞ ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH CHỈ CÓ ĐIỆN TRỞ

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

❶ Dòng điện

- *Dòng điện* là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện. Chiều của dòng điện được quy ước là chiều chuyển động của các điện tích dương (ngược với chiều chuyển động của các electron trong kim loại).



- *Dòng điện không đổi* (một chiều) là dòng điện có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian.

❷ Cường độ dòng điện

- *Cường độ dòng điện* là đại lượng đặc trưng cho tính “mạnh”, “yếu” của dòng điện và được đo bằng điện lượng tải qua một tiết diện của dây dẫn trong một đơn vị thời gian:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (5.1)$$

- Với *dòng điện không đổi* thì: $I = \frac{q}{t} = \text{const.}$

❸ Đơn vị cường độ dòng điện. Đo cường độ dòng điện

- Trong hệ SI, đơn vị cường độ dòng điện là ampe (A). Ngoài ra, người ta cũng hay dùng các ước của ampe:

1 miliampe (mA) = 10^{-3} A; 1 microampe (μ A) = 10^{-6} A

- Để đo cường độ dòng điện người ta dùng ampe kế và mắc nối tiếp vào đoạn mạch cần đo cường độ dòng điện.

II. ĐIỆN TRỞ. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH ĐIỆN TRỞ

❶ Điện trở

- *Điện trở* của đoạn mạch là đại lượng đặc trưng cho khả năng cản trở dòng điện của đoạn mạch.

- *Điện trở của dây dẫn kim loại hình trụ*: $R = \rho \frac{l}{S}$ (5.2)

(ρ là điện trở suất; l là chiều dài; S là tiết diện).

- *Điện trở phụ thuộc vào nhiệt độ*: $R = R_0(1 + \alpha t)$ hay $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ (5.3)

(R_0 là điện trở dây dẫn ở 0°C ; R là điện trở dây dẫn ở $t^\circ\text{C}$; với kim loại $\rho > 0$, với chất điện phân $\rho < 0$).

❷ **Định luật Ôm cho đoạn mạch (điện trở):** $I = \frac{U}{R}$ (5.4)

❸ Ghép các điện trở

a) *Ghép nối tiếp*:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (5.5)$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (5.6)$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (5.7)$$

b) *Ghép song song*:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (5.8)$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (5.9)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (5.10)$$

🔍 **Chú ý:**

- Với đoạn mạch nối tiếp: $R > R_i$; $\frac{U_i}{U_j} = \frac{R_i}{R_j}$ (chia thế, tỉ lệ thuận).
- Với đoạn mạch song song: $R < R_i$; $\frac{I_i}{I_j} = \frac{R_j}{R_i}$ (chia dòng, tỉ lệ nghịch).

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Vì dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện nên để có dòng điện cần có: hạt mang điện và điện trường đặt vào. Dòng điện có thể xuất hiện trong các môi trường khác nhau như kim loại, chất điện phân, chất bán dẫn, chất khí ...; ở đây ta chỉ xét dòng điện không đổi một chiều trong các vật dẫn kim loại.

- Khi đo cường độ dòng điện bằng ampe kế cần chú ý đến sự phân cực của ampe kế: cực dương (+) của ampe kế được nối với nơi có điện thế cao và cực âm (-) của ampe kế được nối với nơi có điện thế thấp của đoạn mạch.

- Ngoài cường độ dòng điện, để đặc trưng cho dòng điện chạy trong môi trường bất kì cả về chiều và cường độ người ta còn dùng khái niệm mật độ dòng điện. Mật độ dòng điện là đại lượng có trị số bằng điện lượng chuyển qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với vận tốc của hạt mang điện trong một đơn vị thời gian:

$$i = \frac{I}{S} = q_0 n v \text{ (đại số); } \vec{i} = q_0 n \vec{v} \text{ (vector)}$$

(n là mật độ hạt mang điện; q_0 là điện tích của một hạt mang điện; \vec{v} là vận tốc của các hạt mang điện).

- Đối với các đoạn mạch điện trở phức tạp, để tính điện trở tương đương của đoạn mạch, ta sử dụng các quy tắc tính “Điện trở tương đương” sau:

+ Các quy tắc biến đổi tương đương:

* Quy tắc 1: Chập các nút có cùng điện thế (thường với đoạn mạch có $R = 0$) hoặc tách một nút thành nhiều nút có cùng điện thế.

* Quy tắc 2: Chập các nút đối xứng nhau qua một trục (mạch điện phẳng) hoặc một mặt phẳng (mạch điện không gian) qua đầu ra – vào của mạch điện (vì có cùng điện thế); tách một nút thành nhiều nút thì các nút này phải nằm đối xứng nhau qua một trục (mạch điện phẳng) hoặc một mặt phẳng (mạch điện không gian) qua đầu ra – vào của mạch điện.

* Quy tắc 3: Bỏ qua đoạn mạch không có dòng điện đi qua (đoạn mạch có điện trở rất lớn).

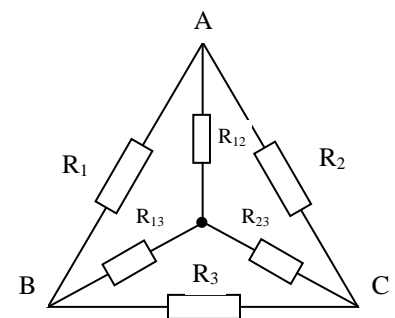
* Quy tắc 4: Biến đổi mạch hình tam giác thành mạch hình sao: Ta có:

$$\text{Đoạn mạch AB: } R_{12} + R_{13} = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

$$\text{Đoạn mạch AC: } R_{12} + R_{23} = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

$$\text{Đoạn mạch BC: } R_{13} + R_{23} = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

$$\text{Từ đó: } R_{12} + R_{13} + R_{23} = \frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$



$$\text{Và } \begin{cases} R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \\ R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \\ R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \end{cases}$$

* Quy tắc 5: Biến đổi mạch hình sao thành mạch hình tam giác:

Từ các biểu thức xác định R_{12} , R_{23} và R_{13} ở Quy tắc 4, ta được:

$$R_{12} + R_{13} = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{R_1(R_1 + R_2 + R_3 - R_1)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$\Leftrightarrow R_{12} + R_{13} = R_1 - \frac{R_1^2}{R_1 + R_2 + R_3} = R_1 - \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}}{\frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}}$$

$$\Leftrightarrow R_{12} + R_{13} = R_1 - \frac{R_{12} R_{13}}{R_{23}} \Rightarrow R_1 = R_{12} + R_{13} + \frac{R_{12} R_{13}}{R_{23}}$$

Tương tự, ta xác định được R_2 , R_3 . Cuối cùng:

$$\begin{cases} R_1 = R_{12} + R_{13} + \frac{R_{12} R_{13}}{R_{23}} \\ R_2 = R_{21} + R_{23} + \frac{R_{21} R_{23}}{R_{13}} \\ R_3 = R_{31} + R_{32} + \frac{R_{31} R_{32}}{R_{12}} \end{cases}$$

+ Các đoạn mạch có số điện trở vô cùng nhiều: Lúc này điện trở tương đương của mạch sẽ không phụ thuộc vào số lượng mắc xích nên có thể coi điện trở tương đương của cả mạch (n mắc xích) bằng điện trở tương đương của mạch gồm $(n-1)$ mắc xích: $R_n = R_{n-1}$, từ đó tính được R_n .

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶. Với dạng bài tập về **đại cương về dòng điện không đổi**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Cường độ dòng điện: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$; $I = \frac{q}{t} = \text{const}$ (dòng điện không đổi).

+ Mật độ dòng điện: $i = \frac{I}{S} = q_0 n v$.

+ Tại một nút mạch: $I_1 + I_2 + \dots = I_1' + I_2' + \dots$ ($I_{\text{vào}} = I_{\text{ra}}$).

+ Trên một đoạn mạch gồm nhiều đoạn mạch thành phần nối tiếp: $U = U_1 + U_2 + \dots$

(q là điện lượng qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong thời gian t ; n là mật độ hạt mang điện; q_0 là điện tích của một hạt mang điện; v là vận tốc trung bình của các hạt mang điện).

- Một số chú ý:

+ Đơn vị của các đại lượng: $q(\text{C})$; $t(\text{s})$; $i(\text{A/m}^2)$; $S(\text{m}^2)$; $v(\text{m/s})$; $n(\text{hạt/m}^3)$.

+ Trong kim loại, hạt mang điện là electron nên: $q_0 = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

❷. Với dạng bài tập về **điện trở tương đương của đoạn mạch**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Công thức định luật Ôm ($R = \frac{U}{I}$); công thức $R = \rho \frac{l}{S}$, công thức $R = R_0(1 + \alpha t)$.

(ρ là điện trở suất của chất làm vật dẫn; l , S là chiều dài và tiết diện dây dẫn hình trụ; R_0 là điện trở vật dẫn ở 0°C ; α là hệ số nhiệt điện trở).

+ Các quy tắc tính “Điện trở tương đương” đối với các mạch điện trở ghép với nhau:

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

* Ghép đơn giản: Dùng các công thức tính điện trở đoạn mạch nối tiếp, song song.

* Ghép phức tạp: Dùng các Quy tắc biến đổi tương đương ở mục *Về kiến thức và kỹ năng*.

- Một số chú ý:

+ Gọi R_1, R_2 là điện trở vật dẫn ở nhiệt độ t_1 và t_2 , một cách gần đúng, ta có:

$$R_2 \approx R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \text{ và } \rho_2 \approx \rho_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

+ Khi xác định phương án và số lượng điện trở cần mắc vào đoạn mạch, cần chú ý:

$R_{\text{đm}} > R_1, R_2, \dots$: mắc nối tiếp

$R_{\text{đm}} < R_1, R_2, \dots$: mắc song song

③. Với dạng bài tập về **đoạn mạch nối tiếp, song song**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Định luật Ôm: $I = \frac{U}{R}$.

+ Các tính chất của đoạn mạch nối tiếp, song song ở mục *Về kiến thức và kỹ năng*.

+ Các bài toán “chia thế” (đoạn mạch nối tiếp), “chia dòng” (đoạn mạch song song).

- Một số chú ý:

+ Với các đoạn mạch phức tạp, cần sử dụng các quy tắc “Điện trở tương đương” để vẽ lại mạch điện từ đó xác định cấu trúc của đoạn mạch.

+ Với đoạn mạch chứa tụ điện, khóa K hoặc vôn kế lý tưởng: dòng điện không qua được đoạn mạch đó.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

① ĐẠI CƯƠNG VỀ DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

Bài 1. Một dòng điện không đổi có $I = 4,8\text{A}$ chạy qua một dây kim loại tiết diện thẳng $S = 1\text{cm}^2$. Tính:

a) Số electron qua tiết diện thẳng của dây trong 1s.

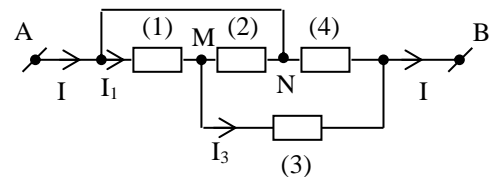
b) Vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của electron.

Biết mật độ electron tự do $n = 3 \cdot 10^{28}$ (hạt/ m^3).

Bài 2. Trong khoảng thời gian 10s, dòng điện qua dây dẫn tăng đều từ $I_1 = 1\text{A}$ đến $I_2 = 4\text{A}$. Tính cường độ dòng điện trung bình và điện lượng qua dây trong thời gian trên.

Bài 3. Tụ phẳng không khí có bản cực hình vuông cạnh $a = 20\text{cm}$, khoảng cách $d = 2\text{mm}$, nối với nguồn $U = 500\text{V}$. Đưa một tấm thủy tinh có chiều dày $d' = 2\text{mm}$, hằng số điện môi $\varepsilon = 9$ vào tụ với vận tốc không đổi $v = 10$ (cm/s). Tìm cường độ dòng điện trong mạch trong thời gian đưa tấm điện môi vào tụ. Cường độ này có thay đổi trong thời gian nói trên không?

Bài 4. Bốn vật dẫn được nối bằng các dây dẫn như hình vẽ. Biết $U_{AB} = 12\text{V}$; $U_{AM} = 8\text{V}$; $I = 6\text{A}$; $I_1 = 3\text{A}$; $I_3 = 5\text{A}$. Chiều của I, I_1, I_3 được cho như hình. Tìm cường độ dòng điện và hiệu điện thế trên mỗi vật dẫn còn lại. Cho biết các điểm trên cùng một dây dẫn sẽ có cùng điện thế.



② ĐIỆN TRỞ TƯƠNG ĐƯƠNG

Bài 5. Một tụ phẳng, chất điện môi giữa hai bản tụ có hằng số điện môi ε và điện trở suất ρ . Điện dung của tụ là C. Tính điện trở của điện môi giữa hai bản tụ.

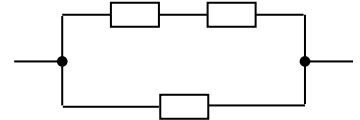
Bài 6. Hai dây dẫn, khi mắc nối tiếp có điện trở lớn gấp 6,25 lần khi mắc song song. Tính tỉ số điện trở của hai dây.

Bài 7. Dây dẫn có điện trở $R = 144\Omega$. Phải cắt dây ra bao nhiêu đoạn bằng nhau để khi mắc các đoạn đó song song nhau, điện trở tương đương là 4Ω .

Bài 8. Ba điện trở $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$. Hỏi có bao nhiêu cách mắc các điện trở này với nhau. Tìm điện trở tương đương trong mỗi trường hợp.

Bài 9. Có hai loại điện trở $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 5\Omega$. Hỏi phải cần mỗi loại mấy cái để khi ghép nối tiếp, chúng có điện trở tương đương là 55Ω .

Bài 10. Ba điện trở R_1 , R_2 , R_3 được mắc theo sơ đồ bên. Biết khi đổi chỗ các điện trở, ta có thể tạo được các mạch có điện trở $2,5\Omega$; 4Ω ; $4,5\Omega$.



Tính R_1 , R_2 , R_3 .

Bài 11. Tìm hệ số nhiệt điện trở của dây dẫn biết ở nhiệt độ $t_1 = 20^\circ\text{C}$, dây có điện trở $R_1 = 100\Omega$; ở nhiệt độ $t_2 = 2400^\circ\text{C}$, dây có điện trở $R_2 = 200\Omega$.

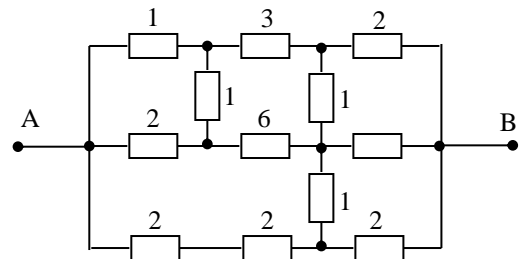
Bài 12. Hai dây dẫn có hệ số nhiệt điện trở α_1, α_2 , ở 0°C có điện trở R_{01} , R_{02} . Tìm hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây khi chúng mắc:

a) Nối tiếp.

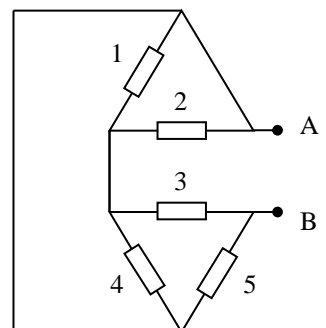
b) Song song.

Bài 13. Một thanh than ($\rho_1 = 4 \cdot 10^{-5}\Omega\text{m}$; $\alpha_1 = -0,8 \cdot 10^{-3}K^{-1}$) và một thanh sắt ($\rho_2 = 1,2 \cdot 10^{-6}\Omega\text{m}$; $\alpha_2 = 6 \cdot 10^{-3}K^{-1}$) cùng tiết diện, mắc nối tiếp. Tìm tỉ số chiều dài hai thanh để điện trở của mạch không phụ thuộc nhiệt độ.

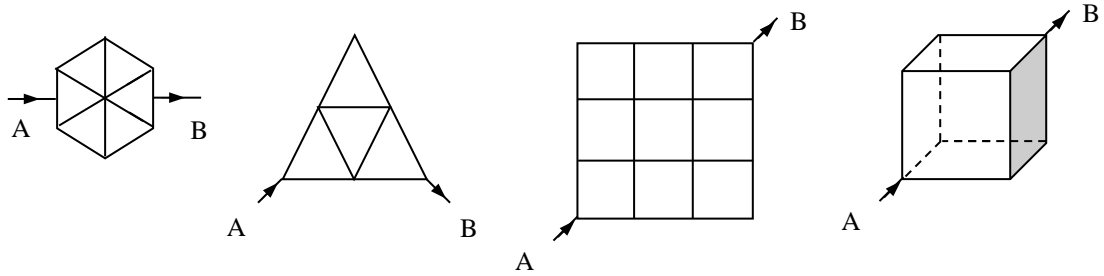
Bài 14. Có 12 điện trở được ghép thành mạch như hình vẽ. Các giá trị được cho bằng ôm (Ω). Tính điện trở tương đương của mạch điện.



Bài 15. Các điện trở trong mạch có sơ đồ như hình bên đều có cùng giá trị R . Tính điện trở giữa hai nút A và B.

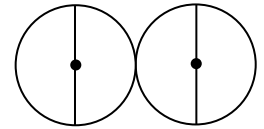


Bài 16. Cho mạch điện như các hình sau. Điện trở mỗi đoạn là r . Tìm



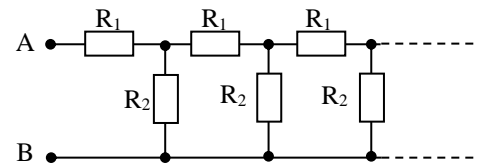
điện trở toàn mạch trong mỗi hình.

Bài 17. Cho mạch điện như hình, dây có tiết diện đều, điện trở của đoạn dây có chiều dài bằng bán kính vòng tròn là r . Dòng điện đi vào ở tâm một vòng tròn và đi ra ở tâm một vòng tròn khác. Tính điện trở của mạch.



Bài 18. Một mạch điện có 5 nút. Giữa hai nút bất kì nào cũng đều có mắc một điện trở r . Tính điện trở tương đương của mạch nếu dòng điện đi vào và đi ra tại hai nút bất kì. Xét trường hợp tổng quát mạch có N nút.

Bài 19. Cho mạch điện như hình bên $R_1 = 0,4\Omega$; $R_2 = 8\Omega$, số ô điện trở là vô tận.



Tìm điện trở tương đương của mạch.

Bài 20. Cho đoạn mạch gồm n điện trở $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = \frac{1}{2}\Omega$; $R_n = \frac{1}{n}\Omega$ mắc song song. Tìm điện trở tương đương của mạch.

③ ĐOẠN MẠCH NỐI TIẾP, SONG SONG

Bài 21. Cuộn dây đồng ($\rho = 1,75 \cdot 10^{-8}\Omega m$) có $n = 1000$ vòng, đường kính mỗi vòng là $d = 6cm$. Mật độ dòng điện cho phép qua cuộn dây $i = 2(A/mm^2)$. Tìm hiệu điện thế lớn nhất có thể đặt vào cuộn dây.

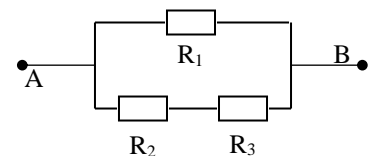
Bài 22. Đoạn mạch gồm 4 đoạn dây cùng độ dài, cùng làm bằng một chất, diện tích tiết diện: $S_1 = 1mm^2$; $S_2 = 2mm^2$; $S_3 = 3mm^2$; $S_4 = 4mm^2$. Bốn đoạn dây mắc nối tiếp vào nguồn $U = 100V$.

Tính hiệu điện thế trên mỗi đoạn dây.

Bài 23. Vôn kế V được mắc vào mạch điện có $U = 220V$. Khi mắc nối tiếp V với $R_1 = 15k\Omega$ thì V chỉ $U_1 = 70V$. Khi mắc nối tiếp V với R_2 thì V chỉ $U_2 = 20V$. Tính R_2 .

Bài 24. Hai điện trở R_1, R_2 mắc vào hiệu điện thế $U = 12V$. Lần đầu R_1, R_2 mắc song song, dòng điện mạch chính $I_s = 10A$. Lần sau R_1, R_2 mắc nối tiếp, dòng điện trong mạch $I_n = 2,4A$. Tìm R_1, R_2 .

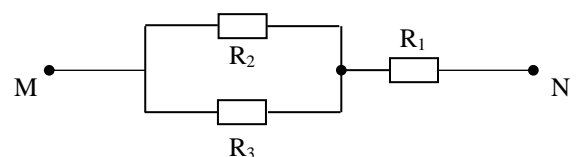
Bài 25. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 15\Omega$, $R_3 = 5\Omega$, cường độ qua mạch chính $I = 2A$.



Tìm cường độ dòng điện qua từng điện trở.

Bài 26. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết $U_{MN} = 18V$, cường độ qua R_2 là $I_2 = 2A$. Tìm:

- R_1 nếu $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 3\Omega$.
- R_3 nếu $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 1\Omega$.
- R_2 nếu $R_1 = 5\Omega$, $R_3 = 3\Omega$.



Bài 27. Hai điện trở $R_1 = 2000\Omega$, $R_2 = 3000\Omega$ mắc nối tiếp với nguồn $U = 180V$ (không đổi). Vôn kế V mắc song song với R_1 , chỉ $60V$. Tìm số chỉ của vôn kế đó khi mắc song song với R_2 .

Bài 28. Hai điện trở $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 4\Omega$ chịu được cường độ dòng điện tối đa là 1A và 1,2A. Hỏi bộ hai điện trở chịu được cường độ tối đa là bao nhiêu nếu chúng mắc:

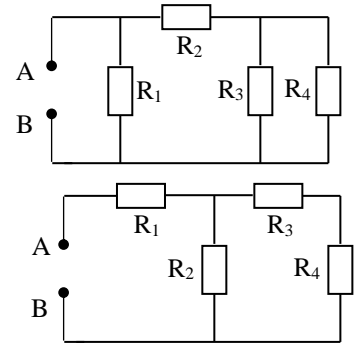
- Nối tiếp.
- Song song.

Bài 29. Cho đoạn mạch như hình vẽ: $R_1 = 36\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $R_4 = 30\Omega$, $U_{AB} = 54V$.

Tính cường độ dòng điện qua từng điện trở.

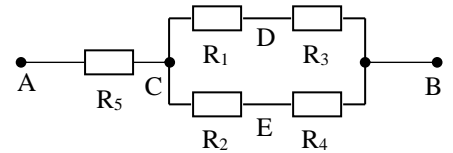
Bài 30. Cho đoạn mạch như hình vẽ: $R_1 = 22,5\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 5\Omega$, $R_4 = 15\Omega$, $U_{AB} = 12V$.

Tính điện trở tương đương của mạch và cường độ qua từng điện trở.



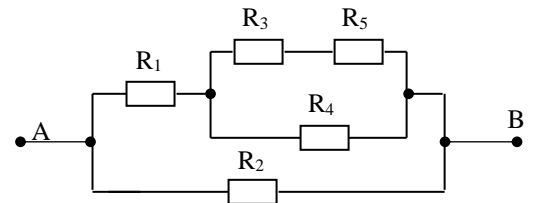
Bài 31. Cho đoạn mạch như hình vẽ: $R_1 = R_3 = 3\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_4 = 1\Omega$, $R_5 = 4\Omega$, cường độ qua mạch chính $I = 3A$. Tính:

- U_{AB} .
- Hiệu điện thế hai đầu mỗi điện trở.
- U_{AD} , U_{ED} .
- Nói D, E bằng tụ điện $C = 2\mu F$. Tính điện tích của tụ.



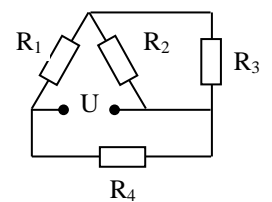
Bài 32. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_4 = 3\Omega$, $R_5 = 4\Omega$. Cường độ dòng điện qua R_3 là 0,5A.

Tính cường độ qua từng điện trở và U_{AB} .



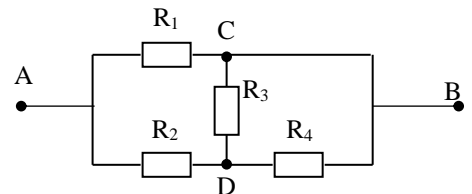
Bài 33. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 18\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 30\Omega$, cường độ qua nguồn $I = 0,5A$, hiệu điện thế hai đầu R_3 là $U_3 = 2,4V$.

Tính R_4 .



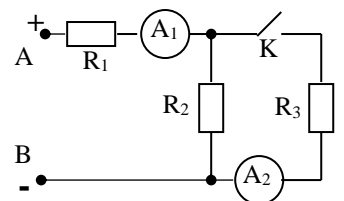
Bài 34. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 15\Omega$, $R_2 = R_3 = R_4 = 10\Omega$, dòng điện qua CB có cường độ là 3A.

Tính U_{AB} .



Bài 35. Cho mạch điện như hình vẽ, $U_{AB} = 6V$. Khi K mở, ampe kế A_1 chỉ 1,2A. Khi K đóng, ampe kế A_1 và A_2 lần lượt chỉ 1,4A; 0,5A. Bỏ qua điện trở ampe kế.

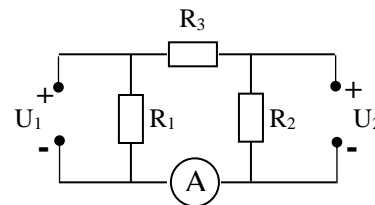
Tính R_1 , R_2 , R_3 .



Bài 36. Cho mạch điện như hình vẽ, nguồn $U_1 = 3,6V$, $U_2 = 2,4V$, điện trở

$$R_1 = 12\Omega, R_2 = 6\Omega, R_3 = 10\Omega.$$

Tính cường độ dòng điện qua ampe kế và mỗi nguồn. Biết điện trở ampe kế rất bé.

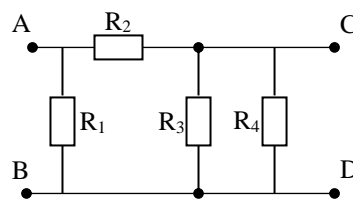


Bài 37. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_4 = R_2$.

- Nếu nối A, B với nguồn $U = 120V$ thì $I_3 = 2A$, $U_{CD} = 30V$.

- Nếu nối C, D với nguồn $U' = 120V$ thì $U'_{AB} = 20V$.

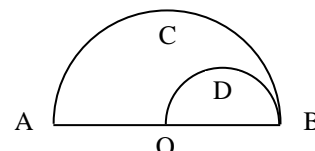
Tính R_1, R_2, R_3 .



Bài 38. Các đoạn dây đồng chất, tiết diện như nhau có dạng thẳng và bán nguyệt

được nối như hình vẽ. Dòng điện đi vào ở A và đi ra ở B.

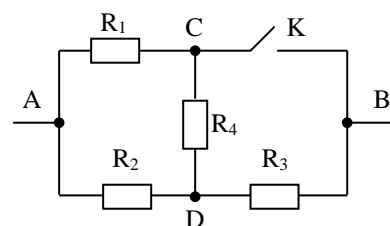
Tính tỉ số cường độ dòng điện qua hai đoạn dây bán nguyệt.



Bài 39. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = R_3 = 45\Omega$, $R_2 = 90\Omega$, $U_{AB} = 90V$.

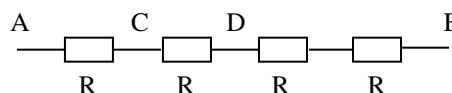
Khi K mở hoặc đóng, cường độ dòng điện qua R_4 là như nhau.

Tính R_4 và hiệu điện thế hai đầu R_4 .



Bài 40. Cho mạch điện như hình vẽ, $U_{AB} = 132V$, vôn kế V mắc vào

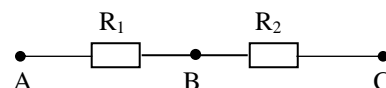
A, D chỉ 44 V. Hỏi số chỉ vôn kế đó khi mắc vào A, C.



Bài 41. Cho mạch điện như hình vẽ. Vôn kế (điện trở R_V); mắc vào A-C chỉ 24V; mắc vào A-B chỉ 12V, mắc vào B-C chỉ 8V. Coi U_{AC} không đổi.

a) Tìm U_{AC} , U_{AB} , U_{BC} khi không mắc vôn kế.

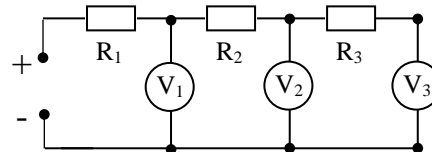
b) Tính R_1, R_2 . Biết $R_V = 6k\Omega$.



Bài 42. Cho mạch điện như hình, vôn kế V_1 chỉ 5V, V_3 chỉ 1V. Biết các

vôn kế giống nhau và $R_1 = R_2 = R_3$.

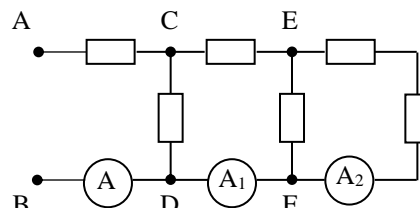
Tìm số chỉ của vôn kế V_2 .



Bài 43. Cho mạch điện như hình vẽ, ba ampe kế có điện trở như nhau.

Các điện trở thuần có giá trị R giống nhau. Ampe kế A_2 chỉ 0,2A. Ampe kế A_1 chỉ 0,8A.

Tìm số chỉ ampe kế A.



Bài 44. Nguồn hiệu điện thế U không đổi, một vôn kế và hai điện trở R_1

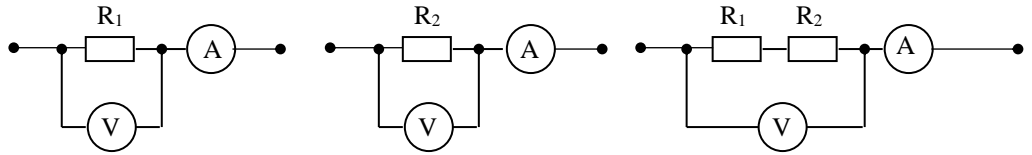
$= 300\Omega$, $R_2 = 225\Omega$ mắc vào nguồn.

a) R_1 nối tiếp R_2 , vôn kế mắc vào hai đầu R_1 chỉ 9,5V. Tìm số chỉ vôn kế nếu mắc vào hai đầu R_2 .

b) R_1 song song R_2 , cả hai mắc nối tiếp với vôn kế. Tìm số chỉ của vôn kế.

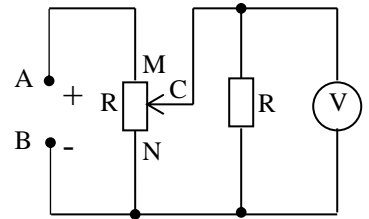
c) R_1, R_2 , vôn kế nối tiếp nhau, vôn kế chỉ 12V. Tìm số chỉ vôn kế khi R_1, R_2 , vôn kế mắc song song.

Bài 45. Hai điện trở R_1 , R_2 , ampe kế và vôn kế lần lượt mắc thành ba sơ đồ sau. Số chỉ vôn kế luôn là 180V, số chỉ ampe kế lần lượt là 0,6A; 0,9A; 0,5A. Tính R_1 , R_2 .

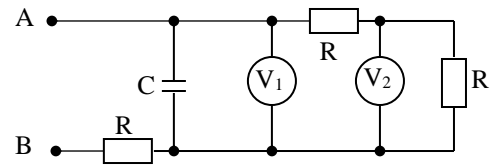


Bài 46. Dây dẫn có $S = 3,2\text{mm}^2$, $\rho = 2,5 \cdot 10^{-8}\Omega\text{m}$, có dòng điện $I = 4\text{A}$ đi qua. Tìm lực điện trường tác dụng lên mỗi electron tự do trong dây.

Bài 47. Cho mạch điện như hình vẽ. Điện trở $R_{MN} = R$. Ban đầu con chạy C tại trung điểm MN. Phải thay đổi vị trí con chạy C như thế nào để số chỉ vôn kế (V) không thay đổi khi tăng hiệu điện thế vào (U_{AB}) lên gấp đôi. Điện trở vôn kế R_V vô cùng lớn.

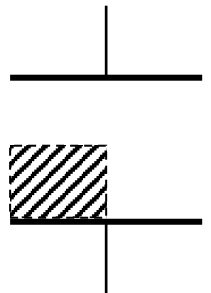


Bài 48. Cho mạch điện như hình bên. Ba điện trở R giống nhau, hai vôn kế có cùng điện trở R_V , một tụ điện phẳng C có các bản hình chữ nhật; điện trở các dây nối không đáng kể. Người ta đặt vào hai điểm A, B một hiệu điện thế một chiều $U_{AB} = 150\text{V}$ khi đó vôn kế V_2 chỉ 10V.



a) Tính điện tích trên mỗi bản tụ của tụ điện biết rằng điện dung của tụ là $C = 5 \cdot 10^{-4}\text{F}$.

b) Đặt một khối điện môi đồng chất hình hộp chữ nhật có diện tích đáy bằng $\frac{1}{2}$ diện tích của bản, có chiều cao bằng $\frac{1}{2}$ khoảng cách giữa hai bản, áp sát vào một trong hai bản như hình bên. Hỏi điện tích trên mỗi bản tăng gấp mấy lần, biết rằng hằng số điện môi $\epsilon = 2$.



D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

a) Số electron qua tiết diện thẳng của dây trong 1s

$$\text{Ta có: } I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$$

$$\Rightarrow n = \frac{It}{e} = \frac{4,8 \cdot 1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3 \cdot 10^{19}$$

Vậy: Số electron qua tiết diện thẳng của dây trong 1s là $n = 3 \cdot 10^{19}$.

b) Vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của electron

$$\text{Ta có: Mật độ dòng điện: } i = \frac{I}{S} = nqv$$

$$\Rightarrow v = \frac{I}{nqS} = \frac{4,8}{3 \cdot 10^{28} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-4}} = 10^{-5} \text{ (m/s)} = 0,01 \text{ (mm/s)}.$$

Vậy: Vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của electron là $v = 0,01 \text{ (mm/s)}$.

Bài 2.

$$\text{- Cường độ dòng điện trung bình: } I = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{1 + 4}{2} = 2,5 \text{ A}$$

$$\text{- Điện lượng qua dây trong thời gian trên: } q = It = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ C}.$$

Bài 3.

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Điện dung của tụ trước khi đưa tấm thủy tinh vào: $C = \frac{\epsilon S}{k \cdot 4\pi d} = \frac{S}{k \cdot 4\pi d} = \frac{a^2}{k \cdot 4\pi d}$.
- Điện dung của tụ khi đưa tấm thủy tinh có bề dày $d' = d$ vào: $C' = \frac{\epsilon' S}{k \cdot 4\pi d} = \frac{9S}{k \cdot 4\pi d} = \frac{9a^2}{k \cdot 4\pi d}$
- Quãng đường đưa tấm thủy tinh vào tụ: $s = a$.
- Thời gian đưa tấm thủy tinh vào tụ: $\Delta t = \frac{s}{v} = \frac{a}{v} = \frac{20}{10} = 2 \text{ s}$.
- Cường độ dòng điện trong mạch: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{U(C' - C)}{\Delta t}$

$$\Rightarrow I = \frac{U \cdot 8a^2}{k \cdot 4\pi d \cdot \Delta t} = \frac{8 \cdot 500 \cdot 0,2^2}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2} = 3,54 \cdot 10^{-7} \text{ A}.$$
- Vì tấm thủy tinh chuyển động đều nên I không đổi.

Vậy: Cường độ dòng điện trong mạch là $I = 3,54 \cdot 10^{-7} \text{ A} = \text{const}$.

Bài 4.

- Mạch điện được vẽ lại như sau:
- Theo tính chất của đoạn mạch nối tiếp, song song:

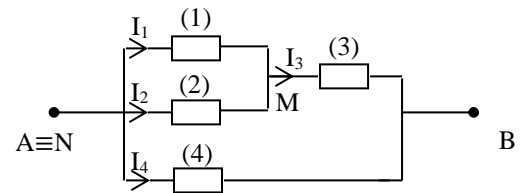
Ta có: $U_{AB} = 12 \text{ V}$; $U_{AM} = 8 \text{ V}$.

$I = 6 \text{ A}$; $I_1 = 3 \text{ A}$; $I_3 = 5 \text{ A}$.

$$\Rightarrow I_2 = I_3 - I_1 = 5 - 3 = 2 \text{ A}.$$

$$I_4 = I - I_3 = 6 - 5 = 1 \text{ A}.$$

$$U_{NM} = U_{AM} = 8 \text{ V}; U_{NB} = U_{AB} = 12 \text{ V}; U_{MB} = U_{AB} - U_{AM} = 12 - 8 = 4 \text{ V}.$$



Bài 5.

Ta có:

+ Điện trở của điện môi: $R = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$

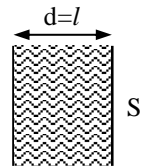
+ Điện dung của tụ phẳng: $C = \frac{\epsilon S}{k \cdot 4\pi d} \quad (2)$

+ Khoảng cách giữa 2 bản tụ điện bằng chiều dài điện trở của tụ điện: $d = l$.

- Từ (2) suy ra: $\frac{d}{S} = \frac{l}{S} = \frac{\epsilon}{4\pi k C} \quad (3)$

- Thế (3) vào (1), ta được: $R = \frac{\rho \epsilon}{4\pi k \cdot C} = \frac{\epsilon \epsilon_0 \rho}{C}$, với $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = \frac{10^{-9}}{36\pi}$.

Vậy: Điện trở của điện môi giữa hai bản tụ là $R = \frac{\epsilon \epsilon_0 \rho}{C}$.



Bài 6.

Ta có: $R_1 + R_2 = 6,25 \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow (R_1 + R_2)^2 - 6,25 R_1 R_2 = 0$

$$\Leftrightarrow R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2 - 6,25 R_1 R_2 = 0 \Leftrightarrow R_1^2 - 4,25 R_1 R_2 + R_2^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow (R_1 - 2,125 R_2)^2 = (1,875 R_2)^2 \Leftrightarrow R_1 - 2,125 R_2 = 1,875 R_2$$

$$\Rightarrow R_1 = 4 R_2 \quad (\text{loại giá trị âm})$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = 4.$$

Vậy: Tỉ số điện trở của hai dây là $\frac{R_1}{R_2} = 4$.

Bài 7.

- Điện trở của mỗi đoạn dây sau khi cắt là: $R_0 = \frac{R}{n}$.

- Điện trở tương đương của n đoạn dây giống nhau mắc song song là: $R_{td} = \frac{R_0}{n} = \frac{R}{n^2}$

$$\Rightarrow n = \sqrt{\frac{R}{R_{td}}} = \sqrt{\frac{144}{4}} = 6.$$

Vậy: Phải cắt dây dẫn thành 6 đoạn bằng nhau.

Bài 8.

Các cách mắc 3 điện trở R_1, R_2, R_3 là:

- [R_1 nt R_2 nt R_3]: $R_{td} = R_1 + R_2 + R_3 = 1 + 2 + 3 = 6\Omega$.

- [$R_1 // R_2 // R_3$]: $\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{11}{6} \Rightarrow R_{td} = \frac{6}{11} \approx 0,55\Omega$.

- [R_1 nt ($R_2 // R_3$)]: $R_{td} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 1 + \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = 2,2\Omega$.

- [$R_1 // (R_2$ nt $R_3)$]: $R_{td} = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1 \cdot (2 + 3)}{1 + 2 + 3} = \frac{5}{6} \approx 0,83\Omega$.

- [R_2 nt ($R_1 // R_3$)]: $R_{td} = R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 2 + \frac{1 \cdot 3}{1 + 3} = 2,75\Omega$.

- [$R_2 // (R_1$ nt $R_3)$]: $R_{td} = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_2 + R_1 + R_3} = \frac{2 \cdot (1 + 3)}{2 + 1 + 3} \approx 1,33\Omega$.

- [R_3 nt ($R_1 // R_2$)]: $R_{td} = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 3 + \frac{1 \cdot 2}{1 + 2} \approx 3,67\Omega$.

- [$R_3 // (R_1$ nt $R_2)$]: $R_{td} = \frac{R_3(R_1 + R_2)}{R_3 + R_1 + R_2} = \frac{3 \cdot (1 + 2)}{3 + 1 + 2} = 1,5\Omega$.

Vậy: Có 8 cách mắc 3 điện trở R_2, R_1, R_3 như trên.

Bài 9.

Gọi x là số điện trở R_1 , y là số điện trở R_2 cần dùng: x, y nguyên, dương..

- Điện trở tương đương khi hệ ghép nối tiếp: $R_{td} = 3x + 5y = 55$

$$\Rightarrow y = \frac{55 - 3x}{5} = 11 - 0,6x$$

- Vì y nguyên, dương nên: $11 - 0,6x \geq 0 \Rightarrow x \leq 18,3$.

$$+ x = 0 \Rightarrow y = 11$$

$$+ x = 5 \Rightarrow y = 8$$

$$+ x = 10 \Rightarrow y = 5$$

$$+ x = 15 \Rightarrow y = 2.$$

Vậy: Có 4 phương án chọn các điện trở R_1, R_2 để khi ghép nối tiếp điện trở tương đương của chúng là 55Ω gồm:

+ mạch gồm 11 điện trở R_2 ghép nối tiếp.

+ mạch gồm 5 điện trở R_1 và 8 điện trở R_2 ghép nối tiếp.

+ mạch gồm 10 điện trở R_1 và 5 điện trở R_2 ghép nối tiếp.

+ mạch gồm 15 điện trở R_1 và 2 điện trở R_2 ghép nối tiếp.

Bài 10.

Vì vai trò của R_1, R_2, R_3 như nhau nên giả sử các cách mắc có điện trở tương đương tương ứng là:

$$+ [(R_1 \text{ nt } R_2) // R_3]: R_{td} = \frac{(R_1 + R_2) \cdot R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 2,5 \quad (1)$$

$$+ [(R_1 \text{ nt } R_3) // R_2]: R_{td} = \frac{(R_1 + R_3) \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 4 \quad (2)$$

$$+ [(R_2 \text{ nt } R_3) // R_1]: R_{td} = \frac{(R_2 + R_3) \cdot R_1}{R_1 + R_2 + R_3} = 4,5 \quad (3)$$

$$\text{- Từ (1)} \Leftrightarrow R_1 R_3 + R_2 R_3 = 2,5(R_1 + R_2 + R_3) \quad (4)$$

$$\text{- Từ (2)} \Leftrightarrow R_1 R_2 + R_2 R_3 = 4(R_1 + R_2 + R_3) \quad (5)$$

$$\text{- Từ (3)} \Leftrightarrow R_1 R_2 + R_1 R_3 = 4,5(R_1 + R_2 + R_3) \quad (6)$$

$$\text{- Lấy (5) - (4)} \Rightarrow R_1 R_2 - R_1 R_3 = 1,5(R_1 + R_2 + R_3) \quad (7)$$

$$\text{- Lấy (7) + (6)} \Rightarrow 2R_1 R_2 = 6(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_1 R_2 = 3(R_1 + R_2 + R_3) \quad (8)$$

$$\text{- Thay (8) vào (5)} \Rightarrow R_2 R_3 = R_1 + R_2 + R_3 \quad (9)$$

$$\text{- Thay (8) vào (6)} \Rightarrow R_1 R_3 = 1,5(R_1 + R_2 + R_3) \quad (10)$$

$$\text{- Lấy (8) chia (9): } \frac{R_1}{R_3} = 3 \Rightarrow R_3 = \frac{R_1}{3} \quad (11)$$

$$\text{- Lấy (10) chia (9): } \frac{R_1}{R_2} = 1,5 \Rightarrow R_2 = \frac{R_1}{1,5} \quad (12)$$

$$\text{- Thay (11) và (12) vào (8), ta được: } R_1 \frac{R_1}{1,5} = 3(R_1 + \frac{R_1}{1,5} + \frac{R_1}{3})$$

$$\Rightarrow R_1 = 4,5 \cdot (1 + \frac{1}{1,5} + \frac{1}{3}) = 9\Omega; R_2 = \frac{R_1}{1,5} = \frac{9}{1,5} = 6\Omega; R_3 = \frac{R_1}{3} = \frac{9}{3} = 3\Omega.$$

Vậy: Giá trị của các điện trở là 3Ω ; 6Ω và 9Ω .

Bài 11.

$$\text{- Ở nhiệt độ } t_1: R_1 = R_0(1 + \alpha t_1) \Leftrightarrow 100 = R_0(1 + \alpha \cdot 20) \quad (1)$$

$$\text{- Ở nhiệt độ } t_2: R_2 = R_0(1 + \alpha t_2) \Leftrightarrow 200 = R_0(1 + \alpha \cdot 2400) \quad (2)$$

$$\text{- Lấy (2) chia (1) ta được: } 2 = \frac{1 + 2400\alpha}{1 + 20\alpha} \Leftrightarrow 2 + 40\alpha = 1 + 2400\alpha \Leftrightarrow 2360\alpha = 1$$

$$\Rightarrow \alpha = 4,24 \cdot 10^{-4} (\text{độ}^{-1}).$$

Vậy: Hệ số nhiệt điện trở của chất làm dây dẫn là $\alpha = 4,24 \cdot 10^{-4} (\text{độ}^{-1})$.

Bài 12.

$$\text{- Điện trở của hai dây dẫn ở nhiệt độ } t: R_1 = R_{01}(1 + \alpha_1 t); R_2 = R_{02}(1 + \alpha_2 t) \text{ (với } \alpha_1 t, \alpha_2 t \ll 1)$$

- Gọi R_0 là điện trở chung của hai dây dẫn ở 0°C ; α là hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây dẫn. Điện trở chung của hai dây dẫn ở nhiệt độ t là: $R = R_0(1 + \alpha t)$ (1)

a) Khi mắc nối tiếp:

$$R = R_1 + R_2 = R_{01}(1 + \alpha_1 t) + R_{02}(1 + \alpha_2 t)$$

$$\Rightarrow R = (R_{01} + R_{02}) + (R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2)t$$

$$\Rightarrow R = (R_{01} + R_{02}) \left[1 + \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}} t \right] \quad (2)$$

$$\text{- Từ (1) và (2) suy ra: } \alpha = \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}}.$$

b) Khi mắc song song:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_{01}(1+\alpha_1 t) \cdot R_{02}(1+\alpha_2 t)}{R_{01}(1+\alpha_1 t) + R_{02}(1+\alpha_2 t)}$$

$$\Rightarrow R = \frac{R_{01} \cdot R_{02} (1+\alpha_1 t)(1+\alpha_2 t)}{R_{01} + R_{02} + R_{01} \alpha_1 t + R_{02} \alpha_2 t} = \frac{R_{01} \cdot R_{02}}{R_{01} + R_{02}} \cdot \frac{(1+\alpha_1 t)(1+\alpha_2 t)}{1 + \frac{R_{01} \alpha_1 + R_{02} \alpha_2}{R_{01} + R_{02}} t}$$

- Với $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \ll 1$, ta có các công thức gần đúng: $(1 + \varepsilon_1)(1 + \varepsilon_2) \approx 1 + \varepsilon_1 + \varepsilon_2$; $\frac{1+\varepsilon_1}{1+\varepsilon_2} \approx 1 + \varepsilon_1 - \varepsilon_2$

Nên $(1 + \alpha_1 t)(1 + \alpha_2 t) \approx 1 + (\alpha_1 + \alpha_2)t$

$$\Rightarrow \frac{1 + (\alpha_1 + \alpha_2)t}{1 + \frac{R_{01} \alpha_1 + R_{02} \alpha_2}{R_{01} + R_{02}} t} \approx 1 + (\alpha_1 + \alpha_2 - \frac{R_{01} \alpha_1 + R_{02} \alpha_2}{R_{01} + R_{02}})t \approx 1 + \frac{R_{01} \alpha_2 + R_{02} \alpha_1}{R_{01} + R_{02}} t$$

$$\Rightarrow R = \frac{R_{01} \cdot R_{02}}{R_{01} + R_{02}} \left[1 + \frac{R_{01} \alpha_2 + R_{02} \alpha_1}{R_{01} + R_{02}} t \right] \quad (3)$$

- Từ (1) và (3) suy ra: $\alpha = \frac{R_{01} \alpha_2 + R_{02} \alpha_1}{R_{01} + R_{02}}$.

Vậy: Hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây khi chúng mắc nối tiếp là $\alpha = \frac{R_{01} \alpha_1 + R_{02} \alpha_2}{R_{01} + R_{02}}$; khi chúng mắc song

song là $\alpha = \frac{R_{01} \alpha_2 + R_{02} \alpha_1}{R_{01} + R_{02}}$.

Bài 13.

- Điện trở của thanh than và thanh sắt ở nhiệt độ t: $R_1 = R_{01}(1+\alpha_1 t)$; $R_2 = R_{02}(1+\alpha_2 t)$

- Khi hai thanh mắc nối tiếp thì điện trở tương đương của hai thanh là:

$$R = R_1 + R_2 = (R_{01} + R_{02}) + (R_{01} \alpha_1 + R_{02} \alpha_2)t$$

- Để R không phụ thuộc vào nhiệt độ thì: $(R_{01} \alpha_1 + R_{02} \alpha_2) = 0 \Leftrightarrow R_{01} \alpha_1 = -R_{02} \alpha_2$

$$\text{Mà: } R_{01} = \rho_1 \frac{l_1}{S}; R_{02} = \rho_2 \frac{l_2}{S}$$

$$\Rightarrow \rho_1 \frac{l_1}{S} \cdot \alpha_1 = -\rho_2 \frac{l_2}{S} \cdot \alpha_2$$

$$\Rightarrow \frac{l_1}{l_2} = -\frac{\rho_2 \alpha_2}{\rho_1 \alpha_1} = +\frac{1,2 \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-5} \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} = \frac{9}{400} \approx \frac{1}{44}$$

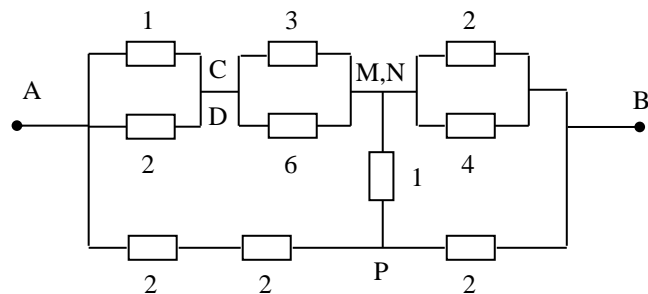
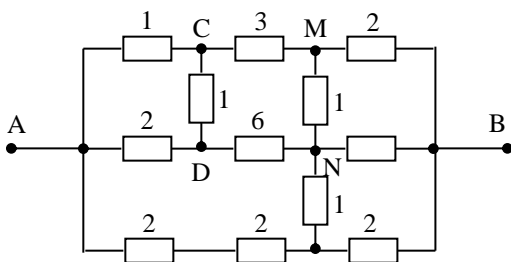
Vậy: Để điện trở của mạch không phụ thuộc vào nhiệt độ thì tỉ số chiều dài hai thanh phải bằng $\frac{l_1}{l_2} \approx \frac{1}{44}$.

Bài 14.

- Vì $1.6 = 2.3 \Rightarrow$ Mạch cầu cân bằng nên điểm C chập điểm D.

- Vì $3.4 = 2.6 \Rightarrow$ Mạch cầu cân bằng nên điểm M chập điểm N.

- Mạch điện được vẽ lại như sau:



$$\text{Ta có: } R_{AC} = \frac{1.2}{1+2} = \frac{2}{3} \Omega; R_{CM} = \frac{3.6}{3+6} = 2 \Omega.$$

$$R_{AM} = \frac{2}{3} + 2 = \frac{8}{3} \Omega; R_{MB} = \frac{2 \cdot 4}{2+4} = \frac{4}{3} \Omega.$$

$$R_{AP} = 2 + 2 = 4 \Omega.$$

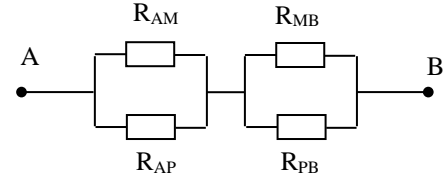
$$\Rightarrow R_{AM} \cdot R_{PB} = R_{AP} \cdot R_{MB} \Rightarrow \text{mạch cầu cân bằng.}$$

- Mạch điện được vẽ lại như sau:

$$\Rightarrow R_{AB} = \frac{R_{AM} \cdot R_{AP}}{R_{AM} + R_{AP}} + \frac{R_{MB} \cdot R_{PB}}{R_{MB} + R_{PB}}$$

$$\Rightarrow R_{AB} = \frac{\frac{8}{3} \cdot 4}{\frac{8}{3} + 4} + \frac{\frac{4}{3} \cdot 2}{\frac{4}{3} + 2} = 2,4 \Omega.$$

Vậy: Điện trở tương đương của mạch điện là $R_{AB} = 2,4 \Omega$.



Bài 15.

- Mạch điện được vẽ lại như sau:

- Điện trở tương đương của điện trở 1, 2, 4: R_{124}

$$= \frac{R}{3}$$

- Điện trở tương đương của điện trở 1, 2, 3, 4:

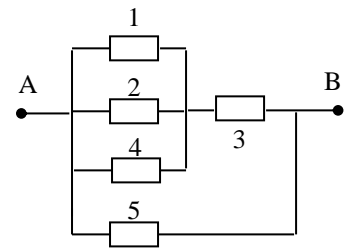
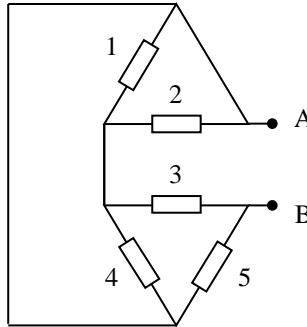
$$R_{1234} = \frac{R}{3} + R = \frac{4R}{3}$$

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: R_{AB}

$$= \frac{R_{1234} \cdot R_5}{R_{1234} + R_5}$$

$$\text{Hay } R_{AB} = \frac{\frac{4R}{3} \cdot R}{\frac{4R}{3} + R} = \frac{4R}{3} \cdot \frac{3}{7} = \frac{4R}{7}.$$

Vậy: Điện trở giữa hai nút A, B là $R_{AB} = \frac{4R}{7}$.



Bài 16.

a) Hình 1:

- Ta thấy AM và AH, MN và HK, NP và KQ, PB và QB, MO và HO, OP và OQ đối xứng với nhau qua trục quay Δ nên dòng điện qua các đoạn mạch đối xứng sẽ bằng nhau và có chiều như hình vẽ.

- Vì vậy ta có thể nhả nút O mà không làm thay đổi dòng điện qua các đoạn mạch:

- Vì điện trở mỗi đoạn bằng nhau nên đoạn mạch MNPO và HKQO là mạch cầu cân bằng nên cường độ dòng điện qua NO và KO bằng không.

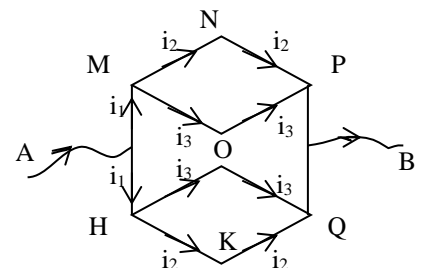
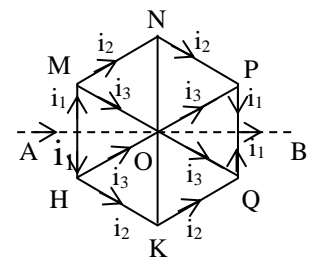
- Điện trở tương đương của đoạn mạch MP, HQ: $R_{MP} = R_{HQ} = \frac{2r}{2} = r$

- Điện trở tương đương của đoạn mạch ANB, AKB:

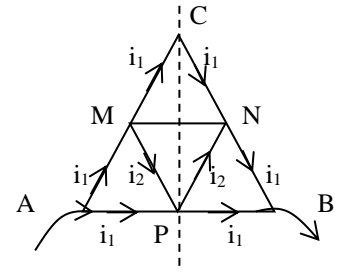
$$R_{ANB} = R_{AKB} = \frac{r}{2} + r + \frac{r}{2} = 2r$$

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = \frac{R_{ANB} \cdot R_{AKB}}{R_{ANB} + R_{AKB}} = \frac{2r}{2} = r$

b) Hình 2:



- Đoạn mạch CM và CN, MP và PN, NB và AM, AP và BP đối xứng nhau qua trục CP nên dòng điện qua các đoạn mạch đối xứng sẽ bằng nhau và có chiều như hình vẽ. Vì vậy ta có thể nhả nút P mà không làm thay đổi dòng điện qua các đoạn mạch.



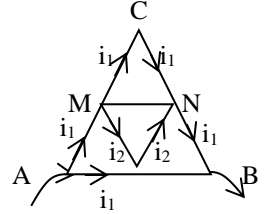
- Điện trở tương đương của đoạn mạch MCN:

$$\frac{1}{R_{MCN}} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{2r} \Rightarrow R_{MCN} = \frac{2r}{4} = \frac{r}{2}$$

-Điện trở tương đương của đoạn mạch ACB:

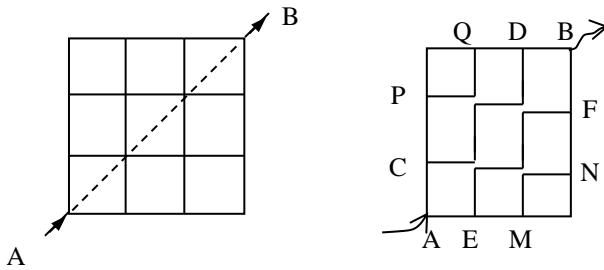
$$R_{ACB} = r + R_{MCN} + r = \frac{5r}{2} = 2,5r$$

-Điện trở tương đương của cả đoạn mạch AB: $R_{AB} = \frac{2,5r \cdot 2r}{2,5r + 2r} = \frac{10r}{9}$.



c) Hình 3:

- Vì lí do đối xứng, ta nhả các nút như hình vẽ:



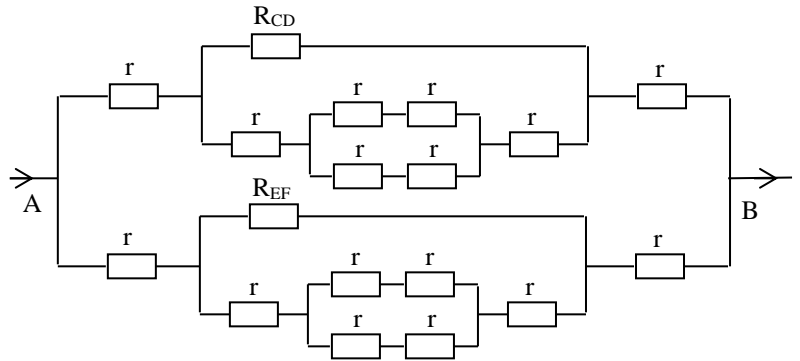
- Mạch điện sẽ tương đương:

+ Điện trở tương đương của đoạn CD:

$$R_{CD} = 4r.$$

+ Điện trở tương đương của nửa phía trên:

$$R_1 = r + \frac{R_{CD} \cdot 3r}{R_{CD} + 3r} + r = r + \frac{4r \cdot 3r}{4r + 3r} + r = \frac{26}{7}r$$



+ Điện trở tương đương của toàn mạch: $R_{AB} = \frac{26r}{7 \cdot 2} = \frac{13r}{7}$.

d) Hình 4:

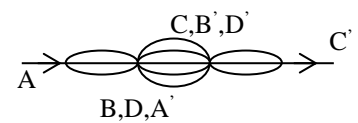
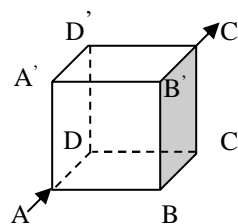
- Vì lí do đối xứng của mạch, ta chập các nút: B, D, A'; C, B', D'.

- Điện trở tương đương của đoạn AB: $R_{AB} = \frac{r}{3}$.

- Điện trở tương đương của đoạn BC: $R_{BC} = \frac{r}{6}$.

- Điện trở tương đương của toàn mạch: $R_{AC'} =$

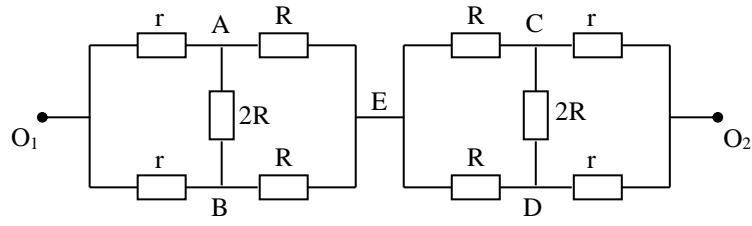
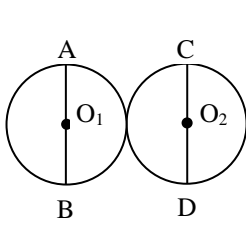
$$\frac{r}{3} + \frac{r}{6} + \frac{r}{3} = \frac{5r}{6}.$$



Bài 17.

Gọi r là điện trở của bán kính, R là điện trở của 1/4 đường tròn.

- Mạch điện được vẽ lại như sau:



- Đoạn mạch O_1E và EO_2 là mạch cầu cân bằng.

- Điện trở tương đương của các đoạn O_1E , EO_2 : $R_{O_1E} = R_{EO_2} = \frac{r+R}{2}$.

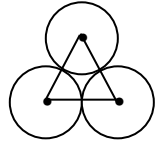
- Điện trở tương đương của đoạn O_1O_2 : $R_{O_1O_2} = R_{O_1E} + R_{EO_2} = 2 \frac{r+R}{2} = r + R$.

- Ta có: $R = \frac{2\pi r}{4} = 1,57r \Rightarrow R_{O_1O_2} = r + 1,57r = 2,57r$.

Vậy: Điện trở tương đương của mạch là $R_{O_1O_2} = 2,57r$.

✦ *Tương tự*, bạn đọc hãy tính điện trở của mạch điện sau khi dòng điện đi vào ở tâm một vòng tròn và đi ra ở tâm một vòng tròn khác.

(Kết quả: $R = 1,1r$).



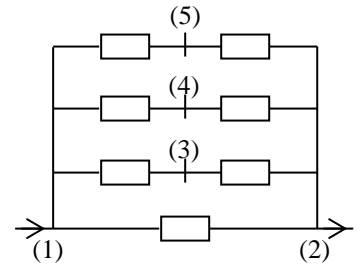
Bài 18.

Giả sử dòng điện vào nút 1 và ra nút 2:

- Khi giữa các cặp nút 3 và 4, 3 và 5, 4 và 5 có điện trở r thì cường độ dòng điện vẫn không qua các điện trở này vì cầu cân bằng. Mạch điện được vẽ lại như hình bên

- Điện trở tương đương của toàn mạch: $\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{\frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r}} = \frac{5}{2r} \Rightarrow R = \frac{2r}{5}$.

- Nếu mạch có N nút thì: $R = \frac{2r}{N}$.



Bài 19.

- Vì mạch điện dài vô hạn nên đoạn mạch từ CD trở đi tương đương với cả đoạn mạch AB.

- Gọi R là tương đương của đoạn mạch ($R = R_{AB} = R_{CD}$):

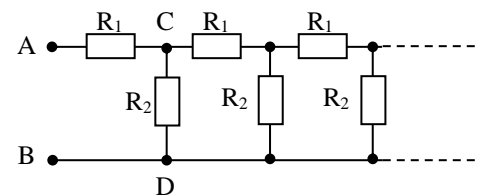
$$R = R_1 + \frac{R_2 R}{R_2 + R} = 0,4 + \frac{8R}{8+R}$$

$$\Leftrightarrow 8R + R^2 = 3,2 + 8,4R$$

$$\Leftrightarrow R^2 - 0,4R - 3,2 = 0$$

$$\Rightarrow R = 2\Omega; R' = -\frac{8}{5}\Omega \text{ (loại)}.$$

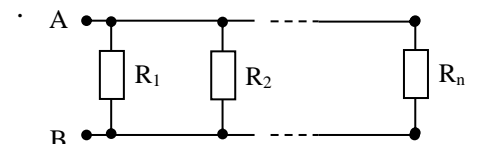
Vậy: Điện trở tương đương của mạch là $R = 2\Omega$.



Bài 20.

Ta có: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = 1 + 2 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$

$$\Rightarrow R = \frac{2}{n(n+1)}.$$



Vậy: Điện trở tương đương của mạch là $R = \frac{2}{n(n+1)}$.

Bài 21.

- Cường độ dòng điện cho phép qua cuộn dây: $I = iS = 2.10^6 \cdot \pi r^2$.
 - Điện trở của cuộn dây đồng: $R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{n\pi d}{S} = \rho \frac{n\pi d}{\pi r^2}$.
 - Hiệu điện thế lớn nhất đặt vào cuộn dây: $U_{\max} = IR = 2.10^6 \cdot \pi r^2 \cdot \rho \frac{n\pi d}{\pi r^2}$.
- $\Rightarrow U_{\max} = 2.10^6 \cdot 1,75 \cdot 10^{-8} \cdot 1000 \cdot \pi \cdot 0,06 \approx 6,6 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế lớn nhất có thể đặt vào cuộn dây là $U_{\max} \approx 6,6 \text{ V}$.

Bài 22.

- Điện trở của đoạn 1: $R_1 = \rho \frac{l}{S_1}$; điện trở của đoạn 2: $R_2 = \rho \frac{l}{S_2}$.
 - Điện trở của đoạn 3: $R_3 = \rho \frac{l}{S_3}$; điện trở của đoạn 4: $R_4 = \rho \frac{l}{S_4}$.
 - Điện trở tương đương của đoạn mạch: $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = \rho l \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} \right)$.
 - Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{U}{R} = \frac{U}{\rho l \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} \right)}$.
 - Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn 1: $U_1 = IR_1 = \frac{U}{\rho l \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} \right)} \cdot \frac{\rho l}{S_1} = \frac{U}{S_1 \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} \right)}$
- $\Rightarrow U_1 = \frac{100}{10^{-6} \cdot \left(\frac{1}{10^{-6}} + \frac{1}{2 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{3 \cdot 10^{-6}} + \frac{1}{4 \cdot 10^{-6}} \right)} = 48 \Omega$.
- Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn 2: $U_2 = IR_2 = \frac{U}{S_2 \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} \right)}$
- Vì $S_2 = 2S_1 \Rightarrow U_2 = \frac{U_1}{2} = \frac{48}{2} = 24 \text{ V}$.
- Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn 3: $U_3 = IR_3 = \frac{U}{S_3 \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} \right)} = \frac{U_1}{3} = \frac{48}{3} = 16 \text{ V}$.
 - Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn 4: $U_4 = IR_4 = \frac{U}{S_4 \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} \right)} = \frac{U_1}{4} = \frac{48}{4} = 12 \text{ V}$.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai đầu các đoạn dây là $U_1 = 48 \text{ V}$; $U_2 = 24 \text{ V}$; $U_3 = 16 \text{ V}$ và $U_4 = 12 \text{ V}$.

Bài 23.

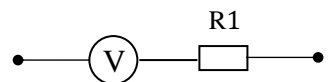
- Hiệu điện thế giữa hai đầu vôn kế khi mắc với R_1 : $U_{V_1} = I_1 R_V = \frac{U}{R_1 + R_V} \cdot R_V$
- $\Leftrightarrow 70 = \frac{220}{15000 + R_V} \cdot R_V \Rightarrow R_V = 7000 \Omega$.
- Hiệu điện thế giữa hai đầu vôn kế khi mắc với R_2 : $U_{V_2} = I_2 R_V = \frac{U}{R_2 + R_V} \cdot R_V$
- $\Rightarrow R_2 = \frac{U R_V}{U_{V_2}} - R_V = \frac{220 \cdot 7000}{20} - 7000 = 70000 \Omega = 70 \text{ k}\Omega$.

Vậy: Giá trị của R_2 là $R_2 = 70 \text{ k}\Omega$.

Bài 24.

- Điện trở tương đương của đoạn mạch khi:

$$+[R_1 // R_2]: R_s = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U}{I_s} \Rightarrow \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12}{10} = 1,2 \quad (1)$$



$$+[R_1 \text{ nt } R_2]: R_n = R_1 + R_2 = \frac{U}{I_n} \Rightarrow R_1 + R_2 = \frac{12}{2,4} = 5 \quad (2)$$

$$\text{- Thay (2) vào (1) ta được: } R_1 R_2 = 1,2.5 = 6 \quad (3)$$

$$\text{- Từ (2) suy ra: } R_2 = 5 - R_1 \quad (4)$$

$$\text{- Thay (4) vào (3) ta được: } R_1.(5 - R_1) = 6$$

$$\Leftrightarrow R_1^2 - 5R_1 + 6 = 0 \Rightarrow \begin{cases} R_1 = 3\Omega \\ R_1 = 2\Omega \end{cases}; \begin{cases} R_2 = 2\Omega \\ R_2 = 3\Omega \end{cases}$$

Vậy: Có hai giá trị của R_1 và R_2 là $(R_1 = 3\Omega; R_2 = 2\Omega)$ hoặc $(R_1 = 2\Omega; R_2 = 3\Omega)$.

Bài 25.

$$\text{- Điện trở tương đương của } R_2 \text{ và } R_3: R_{23} = R_2 + R_3 = 15 + 5 = 20\Omega.$$

$$\text{- Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: } R_{AB} = \frac{R_1 R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \frac{12.20}{12+20} = 7,5\Omega.$$

$$\text{- Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch AB: } U_{AB} = IR_{AB} = 2.7,5 = 15V.$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua điện trở } R_1: I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{15}{12} = 1,25A.$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua điện trở } R_2, R_3: I_2 = I_3 = \frac{U_{AB}}{R_{23}} = \frac{15}{20} = 0,75A.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua các điện trở là $I_1 = 1,25A; I_2 = I_3 = 0,75A$.

Bài 26.

a) Ta có:

$$+ \text{ Hiệu điện thế giữa hai đầu } R_2: U_2 = I_2 R_2 = 2.6 = 12V.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua } R_3: I_3 = \frac{U_2}{R_3} = \frac{12}{3} = 4A.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua } R_1: I_1 = I_2 + I_3 = 2 + 4 = 6A.$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế giữa hai đầu } R_1: U_1 = U_{MN} - U_2 = 18 - 12 = 6V.$$

$$+ \text{ Điện trở của } R_1: R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{6}{6} = 1\Omega.$$

b) Ta có:

$$+ \text{ Hiệu điện thế giữa hai đầu } R_2: U_2 = I_2 R_2 = 2.1 = 2V.$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế giữa hai đầu } R_1: U_1 = U_{MN} - U_2 = 18 - 2 = 16V.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua } R_1: I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{16}{3} A.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua } R_3: I_3 = I_1 - I_2 = \frac{16}{3} - 2 = \frac{10}{3} A.$$

$$+ \text{ Điện trở của } R_3: R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{2}{\frac{10}{3}} = 0,6\Omega.$$

c) Ta có:

$$+ \text{ Hiệu điện thế giữa hai đầu } R_2: U_2 = I_2 R_2 = 2R_2.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua } R_3: I_3 = \frac{U_2}{R_3} = \frac{2R_2}{3}.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua } R_1: I_1 = I_2 + I_3 = 2 + \frac{2R_2}{3}.$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế giữa hai đầu } R_1: U_1 = U - U_2 = I_1 R_1.$$

$$\Leftrightarrow 18 - 2R_2 = \left(2 + \frac{2R_2}{3}\right) \cdot 5 \Leftrightarrow 9 - R_2 = 5 + \frac{5R_2}{3}$$

$$\Leftrightarrow \frac{5R_2}{3} + R_2 = 4 \Rightarrow R_2 = 1,5\Omega.$$

Bài 27.

- Khi vôn kế mắc song song với R_1 :

+ Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{V1}}{R_1} = \frac{60}{2000} = 0,03A.$

+ Hiệu điện thế giữa hai đầu R_2 : $U_2 = U - U_{V1} = 180 - 60 = 120V.$

+ Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{120}{3000} = 0,04A.$

(Ta thấy $I_2 \neq I_1$ nên vôn kế có điện trở R_V hữu hạn).

+ Cường độ dòng điện qua R_V : $I_{V1} = I_2 - I_1 = 0,04 - 0,03 = 0,01A.$

+ Điện trở của vôn kế: $R_V = \frac{U_{V1}}{I_{V1}} = \frac{60}{0,01} = 6000\Omega.$

- Khi vôn kế mắc song song với R_2 :

+ Điện trở tương đương của toàn mạch:

$$R' = R_1 + \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V} = 2000 + \frac{3000 \cdot 6000}{3000 + 6000} = 4000\Omega$$

+ Cường độ dòng điện qua R_1 : $I'_1 = \frac{U}{R'} = \frac{180}{4000} = 0,045A.$

+ Hiệu điện thế giữa hai đầu R_2 : $U'_2 = U - U'_1 = 180 - 0,045 \cdot 2000 = 90V.$

Vậy: Số chỉ của vôn kế khi mắc song song với R_2 là $U'_2 = 90V.$

Bài 28.

a) Hai điện trở mắc nối tiếp

Khi R_1 mắc nối tiếp với R_2 : $\begin{cases} I \leq I_1 \\ I \leq I_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I \leq 1A \\ I \leq 1,2A \end{cases}.$

Vậy: Bộ hai điện trở mắc nối tiếp chịu được cường độ dòng điện tối đa là $I_{\max} = 1A.$

b) Hai điện trở mắc song song

- Khi R_1 mắc song song với R_2 : $I = I_1 + I_2 = I_1 + \frac{R_1 I_1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} I_1$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I = \frac{4}{6 + 4} I = 0,4I \leq 1 \quad (1)$$

$$\text{và } I_2 = I - I_1 = 0,6I \leq 1,2 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\begin{cases} I \leq 2,5A \\ I \leq 2A \end{cases}.$

Vậy: Bộ hai điện trở mắc song song chịu được cường độ dòng điện tối đa là $I_{\max} = 2A.$

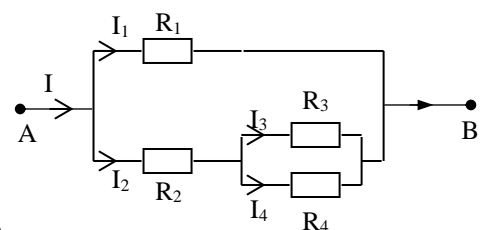
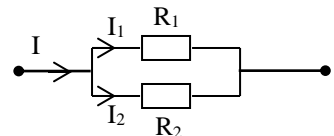
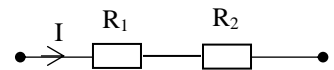
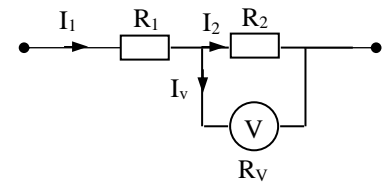
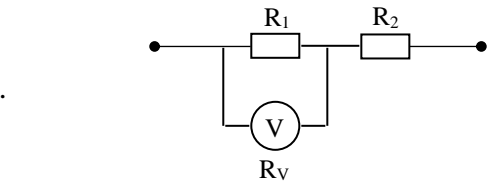
Bài 29.

Mạch điện được vẽ lại như sau:

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{54}{36} = 1,5A$

- Điện trở tương đương của R_3, R_4 : $R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12\Omega$

- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_{234}} = \frac{U_{AB}}{R_2 + R_{34}} = \frac{54}{12 + 12} = 2,25A.$



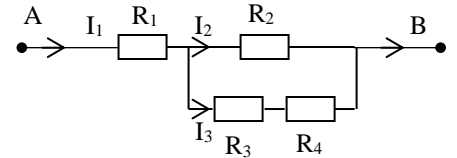
- Hiệu điện thế giữa hai đầu điện trở R_3 và R_4 là: $U_{34} = U_3 = U_4 = I_2 R_{34} = 2,25 \cdot 12 = 27V$
- Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{27}{20} = 1,35A$.
- Cường độ dòng điện qua R_4 : $I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{27}{30} = 0,9A$.

Vậy: Cường độ dòng điện qua các điện trở là $I_1 = 1,5A$; $I_2 = 2,25A$; $I_3 = 1,35A$ và $I_4 = 0,9A$.

Bài 30.

Mạch điện được vẽ lại như hình bên.

- Điện trở tương đương của R_3 và R_4 : $R_{34} = R_3 + R_4 = 5 + 15 = 20\Omega$
- Điện trở tương đương của R_2 , R_3 và R_4 : $R_{234} = \frac{R_2 R_{34}}{R_2 + R_{34}} = \frac{12 \cdot 20}{12 + 20} =$



$7,5\Omega$

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_1 + R_{234} = 22,5 + 7,5 = 30\Omega$
- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{12}{30} = 0,4A$.
- Hiệu điện thế giữa hai đầu R_2 : $U_2 = I_1 R_{234} = 0,4 \cdot 7,5 = 3V$.
- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{3}{12} = 0,25A$.
- Cường độ dòng điện qua R_3 , R_4 : $I_3 = I_4 = \frac{U_2}{R_{34}} = \frac{3}{20} = 0,15A$.

Vậy: Điện trở tương đương của mạch và cường độ dòng điện qua các điện trở là $R_{AB} = 30\Omega$; $I_1 = 0,4A$, $I_2 = 0,25A$, $I_3 = I_4 = 0,15A$.

Bài 31.

a) Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B:

- Điện trở tương đương của R_1 , R_3 : $R_{13} = R_1 + R_3 = 3 + 3 = 6\Omega$.
- Điện trở tương đương của R_2 , R_4 : $R_{24} = R_2 + R_4 = 2 + 1 = 3\Omega$.
- Điện trở tương đương của đoạn mạch CB: $R_{CB} = \frac{R_{13} \cdot R_{24}}{R_{13} + R_{24}} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2\Omega$.
- Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_5 + R_{CB} = 4 + 2 = 6\Omega$.
- Hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch AB: $U_{AB} = I R_{AB} = 3 \cdot 6 = 18V$.

b) Hiệu điện thế hai đầu mỗi điện trở

- Hiệu điện thế hai đầu R_5 : $U_5 = I R_5 = 3 \cdot 4 = 12V$.
- Hiệu điện thế hai đầu CB: $U_{CB} = I R_{CB} = 3 \cdot 2 = 6V$.
- Cường độ dòng điện qua R_1 , R_3 : $I_1 = I_3 = \frac{U_{CB}}{R_{13}} = \frac{6}{6} = 1A$.
- Hiệu điện thế hai đầu R_1 : $U_1 = I_1 R_1 = 1 \cdot 3 = 3V$.
- Hiệu điện thế hai đầu R_3 : $U_3 = I_3 R_3 = 1 \cdot 3 = 3V$.
- Cường độ dòng điện qua R_2 , R_4 : $I_2 = I_4 = \frac{U_{CB}}{R_{24}} = \frac{6}{3} = 2A$.
- Hiệu điện thế hai đầu R_2 : $U_2 = I_2 R_2 = 2 \cdot 2 = 4V$.
- Hiệu điện thế hai đầu R_4 : $U_4 = I_4 R_4 = 2 \cdot 1 = 2V$.

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu các điện trở là $U_1 = 3V$; $U_2 = 4V$; $U_3 = 3V$; $U_4 = 2V$ và $U_5 = 12V$.

c) Hiệu điện thế hai đầu các đoạn mạch A, D; E, D:

- Hiệu điện thế hai đầu A, D: $U_{AD} = U_{AC} + U_{CD} = U_5 + U_1 = 12 + 3 = 15V$.

- Hiệu điện thế hai đầu E, D: $U_{ED} = U_{EB} + U_{BD} = U_4 - U_3 = 2 - 3 = -1V$.

d) Điện tích của tụ điện

Ta có: $Q = CU = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 2 \cdot 10^{-6} C$.

Vậy: Điện tích của tụ điện là $Q = 2 \cdot 10^{-6} C$.

Bài 32.

- Điện trở tương đương của R_3, R_5 : $R_{35} = R_3 + R_5 = 2 + 4 = 6\Omega$.

- Hiệu điện thế hai đầu R_{35} : $U_{35} = U_4 = I_3 R_{35} = 0,5 \cdot 6 = 3V$.

- Cường độ dòng điện qua R_3, R_5 : $I_3 = I_5 = 0,5A$.

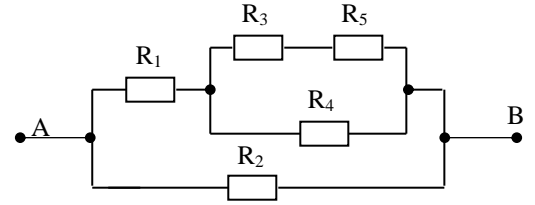
- Cường độ dòng điện qua R_4 : $I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{3}{3} = 1A$.

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = I_3 + I_4 = 0,5 + 1 = 1,5A$.

- Hiệu điện thế hai đầu R_1 : $U_1 = I_1 R_1 = 1,5 \cdot 10 = 15V$.

- Hiệu điện thế hai đầu AB: $U_{AB} = U_1 + U_{35} = 15 + 3 = 18V$.

- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{18}{6} = 3A$.



Vậy: Cường độ dòng điện qua từng điện trở và U_{AB} là $I_1 = 1,5A$, $I_2 = 3A$, $I_3 = I_5 = 0,5A$, $I_4 = 1A$ và $U_{AB} = 18V$.

Bài 33.

Mạch điện được vẽ lại như sau:

- Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{2,4}{30} = 0,08A$

- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_3}{R_2} = \frac{2,4}{20} = 0,12A$

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = I_2 + I_3 = 0,12 + 0,08 = 0,2A$.

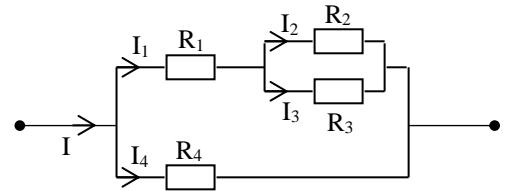
- Hiệu điện thế hai đầu R_1 : $U_1 = I_1 R_1 = 0,2 \cdot 18 = 3,6V$.

- Hiệu điện thế hai đầu cả đoạn mạch: $U = U_1 + U_3 = 3,6 + 2,4 = 6V$.

- Cường độ dòng điện qua R_4 : $I_4 = I - I_1 = 0,5 - 0,2 = 0,3A$.

$\Rightarrow R_4 = \frac{U_4}{I_4} = \frac{6}{0,3} = 20\Omega$.

Vậy: Giá trị điện trở $R_4 = 20\Omega$.



Bài 34.

Mạch điện được vẽ lại như hình bên.

- Áp dụng quy tắc nút mạng, tại C ta có:

$$I_{CB} = I_1 + I_3 = 3 \quad (1)$$

$$\text{mà: } I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{U_{AB}}{15} \quad (2)$$

- Hiệu điện thế hai đầu R_3 : $U_3 = I_3 R_3 = 10I_3$.

- Cường độ dòng điện qua R_4 : $I_4 = \frac{U_3}{R_4} = \frac{10I_3}{10} = I_3$.

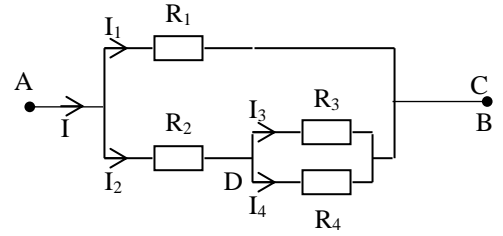
- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = I_3 + I_4 = 2I_3 = \frac{U_{AB}}{R_{234}}$.

- Điện trở tương đương của R_2, R_3, R_4 : $R_{234} = R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 10 + 5 = 15\Omega$.

$$\Rightarrow I_2 = 2I_3 = \frac{U_{AB}}{15} \Rightarrow I_3 = \frac{U_{AB}}{30} \quad (3)$$

- Thay (2) và (3) vào (1): $\frac{U_{AB}}{15} + \frac{U_{AB}}{30} = 3 \Rightarrow U_{AB} = 30V$.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là $U_{AB} = 30V$.



Bài 35.

- Khi K mở: Mạch điện gồm R_1 và R_2 mắc nối tiếp: $I_{A_1} = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_1 +$

$$R_2 = \frac{6}{1,2} = 5\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = 5 - R_1 \quad (1)$$

- Khi K đóng: Mạch điện gồm $[R_1 \text{ nt } (R_2 // R_3)]$: $I_{A_1} = I_{23} = \frac{U_3}{R_{23}} = \frac{I_{A_2} R_3}{R_{23}}$

$$\Rightarrow \frac{R_3}{R_{23}} = \frac{I_{A_1}}{I_{A_2}} = \frac{1,4}{0,5} = 2,8$$

$$\Rightarrow R_{23} = \frac{R_3}{2,8}$$

$$+ \text{ Mặt khác: } I_{A_1} = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_{23}} \Rightarrow R_1 + R_{23} = \frac{U_{AB}}{I_{A_1}} = \frac{6}{1,4} = \frac{30}{7}$$

$$\Rightarrow R_1 + \frac{R_3}{2,8} = \frac{30}{7} \Rightarrow R_3 = 12 - 2,8R_1 \quad (2)$$

+ Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{I_{A_2} R_3}{R_2} = I_{A_1} - I_{A_2} = 1,4 - 0,5 = 0,9A$.

$$\Rightarrow \frac{0,5R_3}{R_2} = 0,9 \Rightarrow \frac{R_3}{R_2} = 1,8 \quad (3)$$

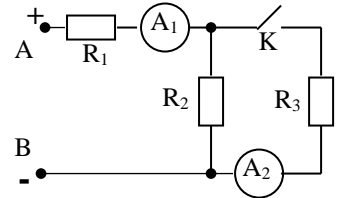
+Thay (1) và (2) vào (3), ta được: $12 - 2,8R_1 = 1,8(5 - R_1)$

$$\Rightarrow 2,8R_1 - 1,8R_1 = 12 - 1,8 \cdot 5 \Rightarrow R_1 = 3\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = 5 - R_1 = 5 - 3 = 2\Omega$$

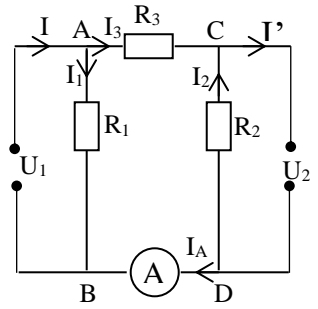
$$\text{và } R_3 = 12 - 2,8 \cdot 3 = 3,6\Omega$$

Bài 36.



Giả sử chiều dòng điện như hình vẽ:

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3,6}{12} = 0,3A$.
- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{2,4}{6} = 0,4A$.
- Hiệu điện thế hai đầu R_3 : $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 3,6 + 2,4 = 6V$.
- Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U_{AC}}{R_3} = \frac{6}{10} = 0,6A$.
- Cường độ dòng điện qua nguồn U_1 : $I = I_1 + I_3 = 0,3 + 0,6 = 0,9A$.
- Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I_A = I - I_1 = 0,9 - 0,3 = 0,6A$.
- Cường độ dòng điện qua nguồn U_2 : $I' = I_A + I_2 = 0,6 + 0,4 = 1A$.



Bài 37.

- Nếu nối A, B với nguồn U thì: $R_3 = \frac{U_{CD}}{I_3} = \frac{30}{2} = 15\Omega$.
- Cường độ dòng điện qua R_4 : $I_4 = \frac{U_{CD}}{R_4} = \frac{30}{R_2}$.
- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = I_3 + I_4 = 2 + \frac{30}{R_2}$.
- Điện trở tương đương của R_2, R_3, R_4 : $R_{234} = R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = R_2 + \frac{15R_2}{15 + R_2}$.
- Ta có: $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_{234}} \Leftrightarrow 2 + \frac{30}{R_2} = \frac{120}{R_2 + \frac{15R_2}{15 + R_2}}$

$$\Leftrightarrow \frac{(2R_2 + 30)}{R_2} \cdot \frac{(15R_2 + R_2^2 + 15R_2)}{15 + R_2} = 120$$

$$\Leftrightarrow \frac{(2R_2 + 30)(R_2 + 30)}{R_2 + 15} = 120$$

$$\Rightarrow R_2^2 - 15R_2 - 450 = 0$$

$$\Rightarrow R_2 = 30\Omega; R_2 = -15\Omega < 0 \text{ (loại)}.$$

- Nếu nối C, D với nguồn U' thì cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U'_{AB}}{R_1} = \frac{U'_{CD}}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow \frac{20}{R_1} = \frac{120}{R_1 + 30}$

$$\Leftrightarrow R_1 + 30 = 6R_1 \Rightarrow 5R_1 = 30 \Rightarrow R_1 = 6\Omega.$$

Vậy: Giá trị các điện trở là $R_1 = 6\Omega$; $R_2 = 30\Omega$; $R_3 = 15\Omega$.

Bài 38.

Mạch điện được vẽ lại như hình bên.

Ta có: $R_{OA} = R_{OB} = R$

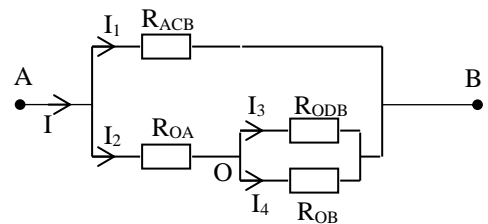
- Đặt $OB = d$, ta có:

$$+ R_{OB} \text{ có chiều dài là } d; R_{ODB} \text{ có chiều dài là } \frac{\pi d}{2} \Rightarrow$$

$$R_{ODB} = \frac{\pi R}{2}.$$

$$+ R_{ACB} \text{ có chiều dài là } \pi d \Rightarrow R_{ACB} = \pi R.$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U}{R_{ACB}} = \frac{U}{\pi R} \quad (1)$$



$$I_2 = \frac{U}{R_{AOB}} = \frac{U}{R_{AO} + \frac{R_{ODB} \cdot R_{OB}}{R_{ODB} + R_{OB}}}$$

$$U_{OB} = I_2 R_{OB}$$

$$I_3 = \frac{U_{OB}}{R_{ODB}} = \frac{U}{\left(R + \frac{\pi R}{2} + R\right) \cdot \frac{\pi R}{2} + R} \cdot \left(\frac{\pi R}{2} + R\right)$$

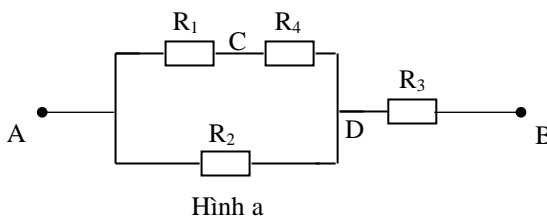
$$\Rightarrow I_3 = \frac{U}{R(\pi+1)} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2), ta có: $\frac{I_1}{I_3} = \frac{\pi+1}{\pi} = 1,318$.

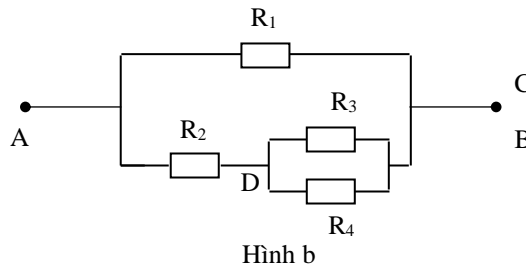
Vậy: Tỉ số cường độ dòng điện qua hai đoạn dây bán nguyệt là 1,318.

Bài 39.

- Khi K đóng, mạch điện được vẽ như hình a; khi K mở, mạch điện được vẽ như hình b:



Hình a



Hình b

- Khi K đóng, ta có:

$$I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2 + R_{34}}; U_{34} = I_2 R_{34}$$

$$I_4 = \frac{U_{34}}{R_4} = \frac{I_2 R_{34}}{R_4} = \frac{U_{AB} \cdot R_{34}}{(R_2 + R_{34}) R_4}$$

$$I_4 = \frac{90 \cdot \frac{45R_4}{45+R_4}}{R_4(90 + \frac{45R_4}{45+R_4})} = \frac{90}{3R_4 + 90} = \frac{30}{R_4 + 30} \quad (1)$$

- Khi K mở, ta có:

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3 + R_{124}}; U_{AD} = I_3 R_{124}$$

$$I_4 = \frac{U_{AD}}{R_{14}} = \frac{I_3 R_{124}}{R_{14}} = \frac{U_{AB} \cdot R_{124}}{R_{14}(R_3 + R_{124})}$$

$$I_4 = \frac{90 \cdot \frac{90(45+R_4)}{90+45+R_4}}{(45+R_4)(45 + \frac{90(45+R_4)}{90+45+R_4})} = \frac{90^2}{135R_4 + 10125} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2), ta có: $\frac{30}{R_4 + 30} = \frac{90^2}{135R_4 + 10125}$

$$\Leftrightarrow 90^2 R_4 + 243000 = 4050R_4 + 303750$$

$$\Leftrightarrow 4050R_4 = 60750 \Rightarrow R_4 = 15\Omega.$$

$$\Rightarrow I_4 = \frac{30}{15+30} = \frac{2}{3} A$$

- Hiệu điện thế hai đầu R_4 : $U_4 = I_4 R_4 = \frac{2}{3} \cdot 15 = 10V$.

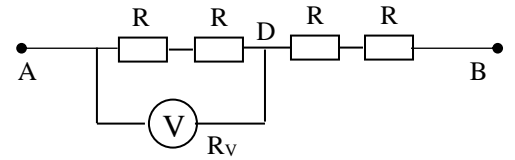
Vậy: Giá trị điện trở R_4 và hiệu điện thế hai đầu R_4 là $R_4 = 15\Omega$ và $U_4 = 10 V$.

Bài 40.

Nếu vôn kế có điện trở rất lớn thì: $U_{AD} = \frac{U_{AB}}{2} = 66V \neq 44V \Rightarrow$

vôn kế có điện trở R_V hữu hạn.

- Khi mắc vôn kế vào A, D:



+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AD: $R_{AD} = \frac{2RR_V}{2R+R_V}$

+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_{AD} + 2R = \frac{2RR_V}{2R+R_V} + 2R = \frac{4R^2 + 4R.R_V}{2R+R_V} = \frac{4R(R+R_V)}{2R+R_V}$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{132(2R+R_V)}{4R(R+R_V)}$

+ Hiệu điện thế hai đầu A, D: $U_{AD} = IR_{AD} = \frac{132(2R+R_V)}{4R(R+R_V)} \cdot \frac{2RR_V}{2R+R_V} = \frac{66R_V}{R+R_V}$

$\Leftrightarrow 44 = \frac{66R_V}{R+R_V} \Leftrightarrow 44R + 44R_V = 66R_V$

$\Rightarrow R_V = 2R.$

- Khi mắc vôn kế vào A, C:

+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AC:

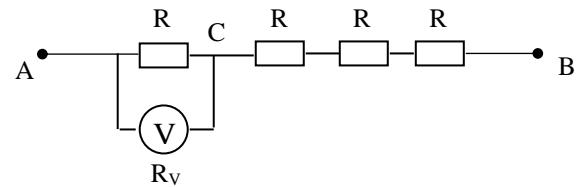
$R_{AC} = \frac{RR_V}{R+R_V} = \frac{R \cdot 2R}{R+2R} = \frac{2R}{3}$

+ Điện trở tương đương đoạn AB: $R_{AB} = R_{AC} + 3R =$

$\frac{2R}{3} + 3R = \frac{11R}{3}$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{132 \cdot 3}{11R} = \frac{36}{R}$

+ Hiệu điện thế hai đầu A, C: $U_{AC} = IR_{AC} = \frac{36}{R} \cdot \frac{2R}{3} = 24V.$



Vậy: Khi mắc vào A, C vôn kế chỉ 24V.

Bài 41.

a) Tính U_{AC} , U_{AB} , U_{BC} khi không mắc vôn kế: Coi U_{AC} không đổi nên khi không mắc vôn kế $U_{AC} = 24V.$

- Khi vôn kế mắc vào A, B:

+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AC: $R_{AC} = R_2 + \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V}.$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AC}}{R_{AC}}.$

+ Hiệu điện thế hai đầu A, B: $U_{AB} = IR_{AB} = \frac{U_{AC}}{R_2 + \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V}} \cdot \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V} = \frac{U_{AC} R_1 R_V}{R_1 R_2 + R_V (R_1 + R_2)}$

- Khi không mắc vôn kế vào A, B: $U'_{AB} = IR_1 = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2} \cdot R_1$

$\Rightarrow \frac{U_{AB}}{U'_{AB}} = \frac{R_V (R_1 + R_2)}{R_1 R_2 + R_V (R_1 + R_2)} \quad (1)$

- Khi vôn kế mắc vào B, C:

+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AC: $R_{AC} = R_1 + \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V}.$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AC}}{R_{AC}}.$

+ Hiệu điện thế hai đầu B, C: $U_{BC} = IR_{BC}.$

$$\Rightarrow U_{BC} = \frac{U_{AC}}{R_1 + \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V}} \cdot \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V} = \frac{U_{AC} R_2 R_V}{R_1 R_2 + R_V (R_1 + R_2)}$$

- Khi không mắc vôn kế vào B, C: $U'_{BC} = IR_2 = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2} R_2$

$$\Rightarrow \frac{U_{BC}}{U'_{BC}} = \frac{R_V (R_1 + R_2)}{R_1 R_2 + R_V (R_1 + R_2)} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{U_{AB}}{U'_{AB}} = \frac{U_{BC}}{U'_{BC}} \Leftrightarrow \frac{12}{U'_{AB}} = \frac{8}{U'_{BC}} \quad (3)$

- Mặt khác: $U'_{AB} + U'_{BC} = U_{AC} = 24 \Rightarrow U'_{BC} = 24 - U'_{AB} \quad (4)$

- Thay (4) vào (3), ta được: $\frac{12}{U'_{AB}} = \frac{8}{24 - U'_{AB}}$

$$\Rightarrow 288 - 12U'_{AB} = 8U'_{AB} \Rightarrow U'_{AB} = 14,4V.$$

- Hiệu điện thế hai đầu B, C khi không mắc vôn kế: $U'_{BC} = 24 - 14,4 = 9,6V$

Vậy: Khi không mắc vôn kế thì $U'_{AC} = 24V$, $U'_{AB} = 14,4V$ và $U'_{BC} = 9,6V$.

b) Giá trị R_1, R_2

$$\text{Ta có: } U'_{AB} = \frac{U_{AC} R_1}{R_1 + R_2} \Rightarrow 14,4 = \frac{24R_1}{R_1 + R_2} \quad (5)$$

$$U'_{BC} = \frac{U_{AC} R_2}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow 9,6 = \frac{24R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

$$\text{Lấy (5) chia (6), ta được: } \frac{R_1}{R_2} = 1,5 \Rightarrow R_1 = 1,5R_2$$

$$\Rightarrow U_{AB} = \frac{U_{AC} R_1 R_V}{R_1 R_2 + R_V (R_1 + R_2)}$$

$$\Leftrightarrow 12 = \frac{24 \cdot 1,5R_2 \cdot 6}{1,5R_2^2 + 6(1,5R_2 + R_2)} \Leftrightarrow 1 = \frac{18R_2}{1,5R_2^2 + 15R_2}$$

$$\Leftrightarrow 1,5R_2^2 + 15 = 18 \Rightarrow R_2 = 2k\Omega, R_1 = 3k\Omega.$$

Vậy: Giá trị các điện trở R_1, R_2 là $R_2 = 2k\Omega, R_1 = 3k\Omega$.

Bài 42.

Mạch điện được vẽ lại như sau:

- Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U_{V_3}}{R_V} = \frac{1}{R_V}$.

- Hiệu điện thế hai đầu D, B: $U_{V_2} = I_3(R + R_V) =$

$$\frac{R + R_V}{R_V} = \frac{R}{R_V} + 1 \quad (1)$$

- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_{V_1}}{R_{CDB}} = \frac{U_{V_1}}{R + R_{DB}}$

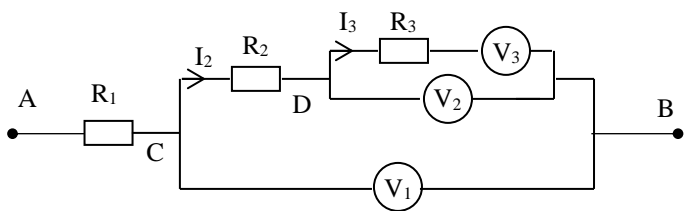
- Điện trở tương đương của mạch DB: $R_{DB} = \frac{R_V(R + R_V)}{R_V + R + R_V} = \frac{R_V(R + R_V)}{R + 2R_V}$.

$$\Rightarrow I_2 = \frac{5}{R + \frac{R_V(R + R_V)}{R + 2R_V}} = \frac{5}{R^2 + 3RR_V + R_V^2}$$

- Hiệu điện thế hai đầu C, B: $U_{V_2} = I_2 R_{DB} = \frac{5(2R + R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2} \cdot \frac{R_V(R + R_V)}{R + 2R_V} = \frac{5R_V(R + R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2} \quad (2)$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{R + R_V}{R_V} = \frac{5R_V(R + R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2}$

$$\Rightarrow R^2 + 3RR_V - 4R_V^2 = 0$$



$$\Rightarrow (R+R_V)^2 + RR_V - 5R_V^2 = 0$$

- Chia hai vế cho R_V^2 ta được: $\frac{(R+R_V)^2}{R_V^2} + \frac{R}{R_V} - 5 = 0$

$$\Leftrightarrow U_{V_2}^2 + U_{V_2} - 1 - 5 = 0 \Leftrightarrow U_{V_2}^2 + U_{V_2} - 6 = 0$$

$$\Rightarrow U_{V_2} = 2V; U_{V_2} = -3V \text{ (loại)}$$

Vậy: Vôn kế V_2 chỉ 2V.

Bài 43.

Mạch điện được vẽ lại như sau:

- Hiệu điện thế hai đầu E, F: $U_{EF} =$

$$I_2(2R + R_A)$$

- Cường độ dòng điện I_3 : $I_3 =$

$$\frac{U_{EF}}{R} = \frac{0,2(2R+R_A)}{R}$$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 + I_3 = 0,2 + \frac{0,2(2R+R_A)}{R} = 0,8$$

$$\Rightarrow \frac{2R+R_A}{R} = 3 \Rightarrow \frac{R_A}{R} = 1$$

- Hiệu điện thế hai đầu C, D: $U_{CD} = I_1(R+R_A+R_{EF})$

$$\Leftrightarrow U_{CD} = 0,8 \left[R + R_A + \frac{R(2R+R_A)}{3R+R_A} \right] = \frac{4R^2 + 4RR_A + 0,8R_A^2}{3R+R_A}$$

$$\Rightarrow I_4 = \frac{U_{CD}}{R} = \frac{4R^2 + 4RR_A + 0,8R_A^2}{R(3R+R_A)}$$

$$\Rightarrow I = I_1 + I_4 = 0,8 + \frac{4R^2 + 4RR_A + 0,8R_A^2}{R(3R+R_A)}$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{6,4R^2 + 4,8RR_A + 0,8R_A^2}{R(3R+R_A)} = 0,8 \frac{(8R^2 + 6RR_A + R_A^2)}{R(3R+R_A)}$$

$$\Leftrightarrow I = 0,8 \frac{(3R+R_A)^2 - R^2}{0,8R(3R+R_A)} = 0,8 \left(\frac{3R+R_A}{R} - \frac{R}{3R+R_A} \right)$$

$$\Rightarrow I = 0,8 \left(3 + 1 - \frac{1}{3+1} \right) = 3A.$$

Vậy: Ampe kế chỉ 3A.

Bài 44.

a) Số chỉ vôn kế khi mắc vào hai đầu R_2

- Nếu vôn kế mắc vào R_1 :

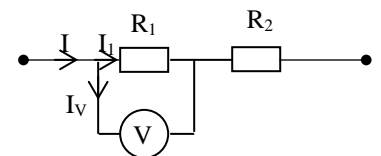
+ Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_V}{R_1} = \frac{9,5}{300} = \frac{19}{600} A.$

+ Cường độ dòng điện qua vôn kế: $I_V = \frac{U_V}{R_V}.$

+ Cường độ dòng điện qua R_2 : $I = I_1 + I_V = \frac{19}{600} + \frac{9,5}{R_V} = \frac{U}{\frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V} + R_2}.$

$$\Leftrightarrow \frac{19}{600} + \frac{19}{2R_V} = \frac{U}{\frac{300R_V}{300+R_V} + 225}$$

$$\Leftrightarrow \frac{19}{600} + \frac{19}{2R_V} = \frac{U(300+R_V)}{525R_V + 67500}$$



$$\Leftrightarrow \frac{19}{2} \left(\frac{1}{300} + \frac{1}{R_V} \right) = \frac{U(300+R_V)}{525R_V+67500}$$

$$\Leftrightarrow \frac{19}{600R_V} = \frac{U}{525R_V+67500} \quad (1)$$

- Nếu vôn kế mắc vào R_2 : Tương tự, ta có:

$$+ \text{Điện trở tương đương toàn mạch: } R = R_1 + \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V}.$$

$$+ \text{Cường độ dòng điện qua } R_1: I_1 = \frac{U}{R} = \frac{U}{300 + \frac{225R_V}{225 + R_V}}.$$

$$+ \text{Hiệu điện thế hai đầu } R_2: U_{V_2} = I_1 \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V}.$$

$$\Leftrightarrow U_{V_2} = \frac{U}{300 + \frac{225R_V}{225 + R_V}} \cdot \frac{225R_V}{225 + R_V}$$

$$\Leftrightarrow U_{V_2} = \frac{U}{525R_V + 67500} \cdot 225R_V$$

$$\Leftrightarrow U_{V_2} = \frac{19}{600R_V} \cdot 225R_V = 7,125V.$$

Vậy: Số chỉ vôn kế khi mắc vào hai đầu R_2 là 7,125V.

b) Số chỉ của vôn kế

$$- \text{Điện trở tương đương toàn mạch: } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_V = \frac{300 \cdot 225}{300 + 225} + R_V = \frac{900}{7} + R_V$$

$$- \text{Cường độ dòng điện qua vôn kế: } I = \frac{U}{R} = \frac{U}{\frac{900}{7} + R_V}.$$

$$- \text{Hiệu điện thế hai đầu vôn kế: } U_V = IR_V = \frac{UR_V}{\frac{900}{7} + R_V} \quad (2)$$

$$- \text{Từ (1) suy ra: } \frac{19}{600R_V} = \frac{U}{525(R_V + \frac{900}{7})} \Rightarrow \frac{U}{\frac{900}{7} + R_V} = \frac{9975}{600R_V} \quad (3)$$

$$- \text{Thay (3) vào (2), ta được: } U_V = R_V \frac{9975}{600R_V} = 16,625V.$$

Vậy: Số chỉ vôn kế là 16,625V.

c) Số chỉ vôn kế khi R_1, R_2 , vôn kế mắc song song

- Khi $[R_1 \text{ nt } R_2 \text{ nt } R_V]$:

$$+ \text{Cường độ dòng điện qua mạch: } I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_V} = \frac{U}{525 + R_V}$$

$$+ \text{Số chỉ của vôn kế: } U_V = IR_V = \frac{U}{525 + R_V} \cdot R_V = 12V \quad (4)$$

- Khi $[R_1 // R_2 // R_V]$: Số chỉ của vôn kế là U:

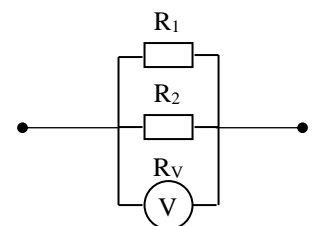
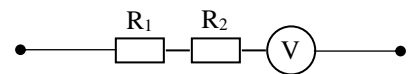
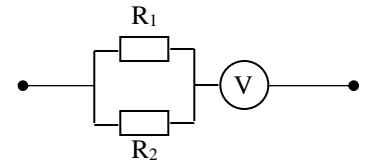
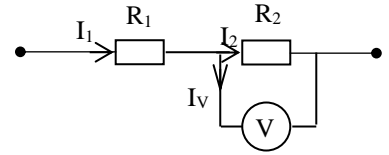
$$+ \text{Từ (3) suy ra: } U = \frac{4275}{2R_V} + \frac{9975}{600}.$$

$$\Rightarrow R_V = \frac{2137,5}{U - 16,625}$$

$$+ \text{Từ (4) suy ra: } \frac{U \cdot 2137,5}{(525 + \frac{2137,5}{U - 16,625})(U - 16,625)} = 12$$

$$\Leftrightarrow \frac{2137,5U}{525U - 6590,625} = 12 \Leftrightarrow 2137,5U = 6300U - 79087,5$$

$$\Rightarrow U = 19V.$$



Vậy: Vôn kế chỉ 19V.

Bài 45.

- Số chỉ của vôn kế lần lượt trong 3 trường hợp là: $U_V = I_1 R_{1V} = 0,6 \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V} = 180$

$$U_V = I_2 R_{2V} = 0,9 \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V} = 180$$

$$U_V = I_3 R_{12V} = 0,5 \frac{(R_1 + R_2) R_V}{R_1 + R_2 + R_V} = 180$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V} = 300 \\ \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V} = 200 \\ \frac{(R_1 + R_2) R_V}{R_1 + R_2 + R_V} = 360 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_V} = \frac{1}{300} \\ \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_V} = \frac{1}{200} \\ \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_V} = \frac{1}{360} \end{cases} \quad \begin{matrix} (1) \\ (2) \\ (3) \end{matrix}$$

- Lấy (2) - (1), ta được: $\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} = \frac{1}{200} - \frac{1}{300} = \frac{1}{600}$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{600} \Rightarrow R_2 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{600}}$$

- Lấy (1) - (3), ta được: $\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{300} - \frac{1}{360} = \frac{1}{1800}$

$$\Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1(R_1 + R_2)} = \frac{1}{1800}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{600}} = \frac{1}{1800} R_1 \left(R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{600}} \right)$$

$$\Leftrightarrow 1 = \frac{R_1}{1800} \left(2 + \frac{R_1}{600} \right) \Leftrightarrow 1800 = 2R_1 + \frac{R_1^2}{600}$$

$$\Leftrightarrow R_1^2 + 1200R_1 - 1080000 = 0 \Rightarrow R_1 = 600\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{1}{\frac{1}{600} + \frac{1}{600}} = 300\Omega.$$

Vậy: Giá trị các điện trở là $R_1 = 600\Omega$ và $R_2 = 300\Omega$.

Bài 46.

- Cường độ điện trường giữa hai đầu dây dẫn: $E = \frac{U}{d} = \frac{RI}{l} = \frac{I \rho \frac{l}{S}}{l} = \frac{I \rho}{S}$

$$\Rightarrow E = \frac{4,2 \cdot 5 \cdot 10^{-8}}{3,2 \cdot 10^{-6}} = 0,03125 \text{ (V/m)}.$$

- Lực điện trường tác dụng lên mỗi electron tự do: $F = eE = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,03125 = 5 \cdot 10^{-21} \text{ N}.$

Bài 47.

- Khi C ở giữa, mạch điện được vẽ lại như sau (hình vẽ):

- Điện trở tương đương đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_{MC} + \frac{R_{CN} R}{R_{CN} + R} = R - R_{CN} + \frac{R_{CN} R}{R_{CN} + R} = \frac{R^2 - R_{CN}^2 + R R_{CN}}{R + R_{CN}}$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{U(R + R_{CN})}{R^2 - R_{CN}^2 + R R_{CN}}$

- Hiệu điện thế hai đầu vôn kế: $U_V = \frac{U(R + R_{CN})}{R^2 - R_{CN}^2 + R R_{CN}} \cdot \frac{R R_{CN}}{R + R_{CN}} = \frac{U R R_{CN}}{R^2 - R_{CN}^2 + R R_{CN}}$

$$U_V = \frac{U}{\frac{R^2 - R_{CN}^2}{RR_{CN}} + 1} = \frac{U}{\frac{R}{R_{CN}} - \frac{R_{CN}}{R} + 1}$$

- Ban đầu: $R_{CN} = \frac{R}{2} \Rightarrow U_V = \frac{U}{2 \cdot \frac{1}{2} + 1} = 0,4U$

- Khi U tăng gấp đôi, U_V không đổi nên: $U_V = \frac{2U}{\frac{R}{R_{CN}} - \frac{R_{CN}}{R} + 1} = 0,4U$

- Đặt $\frac{R}{R_{CN}} = x \Rightarrow x - \frac{1}{x} + 1 = 5 \Leftrightarrow x^2 - 4x - 1 = 0$

$\Rightarrow x = 4,236 = \frac{R}{R_{CN}} \Rightarrow R_{CN} = 0,236R \approx (\sqrt{5}-2)R$

Vậy: Để số chỉ vôn kế không thay đổi khi tăng U_{AB} lên gấp đôi thì con chạy phải ở vị trí với $R_{CN} = (\sqrt{5}-2)R$.

Bài 480.

a) Điện tích trên mỗi bản tụ của tụ điện

- Điện trở tương đương của mạch DE: $R_{DE} = \frac{RR_V}{R+R_V}$

- Điện trở tương đương của mạch CE: $R_{CE} = R + \frac{RR_V}{R+R_V}$

- Điện trở tương đương của mạch CF: $R_{CF} = \frac{R_V(R + \frac{RR_V}{R+R_V})}{R_V + R + \frac{RR_V}{R+R_V}} = \frac{R_V R (R+2R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2}$

- Điện trở tương đương mạch AB: $R_{AB} = R + \frac{RR_V(R+2R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2} = \frac{R(R^2 + 4RR_V + 3R_V^2)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2}$

- Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{U(R^2 + 3RR_V + R_V^2)}{R(R^2 + 4RR_V + 3R_V^2)}$

- Số chỉ của vôn kế (1): $U_{V1} = IR_{CF} = \frac{U(R^2 + 3RR_V + R_V^2)}{R(R^2 + 4RR_V + 3R_V^2)} \cdot \frac{R_V R (R+2R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2} = \frac{UR_V(R+2R_V)}{R^2 + 4RR_V + 3R_V^2} \quad (1)$

$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{V1}}{R_{CE}} = \frac{UR_V(R+2R_V)}{R^2 + 4RR_V + 3R_V^2} \cdot \frac{1}{R + \frac{RR_V}{R+R_V}}$

$\Rightarrow I_2 = \frac{UR_V(R+2R_V)}{R^2 + 4RR_V + 3R_V^2} \cdot \frac{R+R_V}{R(R+2R_V)} = \frac{UR_V(R+R_V)}{R(R^2 + 4RR_V + 3R_V^2)}$

- Số chỉ của vôn kế (2): $U_{V2} = I_2 R_{DE} = \frac{UR_V(R+R_V)}{R(R^2 + 4RR_V + 3R_V^2)} \cdot \frac{RR_V}{R+R_V} = \frac{UR_V^2}{R^2 + 4RR_V + 3R_V^2}$

$\Leftrightarrow 10 = \frac{150R_V^2}{R^2 + 4RR_V + 3R_V^2}$

$\Leftrightarrow R^2 + 4RR_V + 3R_V^2 = 15R_V^2 \Leftrightarrow (R+2R_V)^2 = 16R_V^2$

$\Leftrightarrow R+2R_V = 4R_V \Rightarrow R = 2R_V$.

- Từ (1) suy ra: $U_{V1} = \frac{150R_V \cdot 4R_V}{15R_V^2} = 40V$.

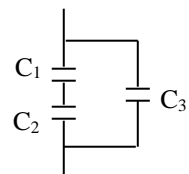
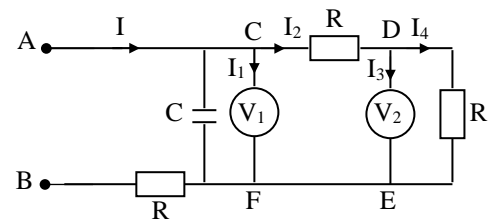
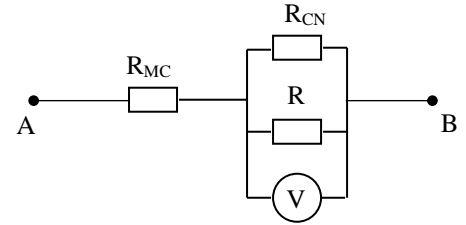
- Điện tích của tụ điện: $Q = CU = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 40 = 2 \cdot 10^{-2} C$.

b) Sự thay đổi điện tích trên mỗi bản của tụ điện

- Tụ được xem gồm 3 tụ C_1, C_2, C_3 được ghép như sau:

- Điện dung của tụ lúc chưa đưa điện môi vào: $C_0 = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d}$

$\Rightarrow C_1 = \frac{\epsilon_2 S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi \frac{d}{2}} = \frac{\epsilon S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = C_0$



$$C_2 = \frac{\epsilon'_2 S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{2S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = 2C_0$$

$$C_3 = \frac{\epsilon_2 S}{9 \cdot 10^9 \cdot 4\pi d} = \frac{C_0}{2}$$

-Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_3 = \frac{C_0 \cdot 2C_0}{C_0 + 2C_0} + \frac{C_0}{2} = \frac{7}{6} C_0$

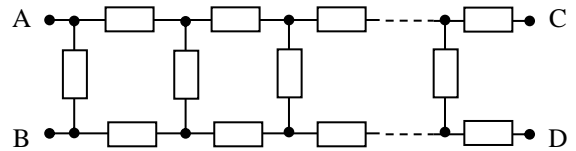
Mà: $Q = C_0 U$; $Q' = CU \Rightarrow \frac{Q'}{Q} = \frac{C}{C_0} = \frac{7}{6}$.

Vậy: Điện tích trên mỗi bản tụ điện tăng gấp $\frac{7}{6}$ lần.

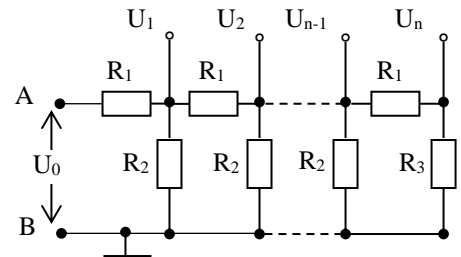
E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN

Bài 1. Có một số điện trở giống nhau, mỗi điện trở có giá trị $R = 12\Omega$. Tìm số điện trở ít nhất và cách mắc để có điện trở tương đương bằng $7,5\Omega$.

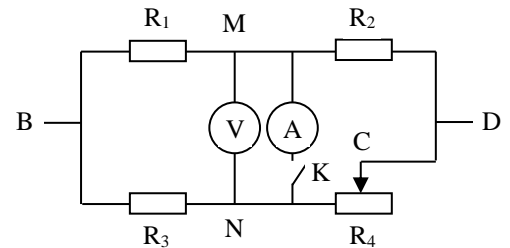
Bài 2. Mạch điện cấu tạo bằng các điện trở r như hình vẽ. Phải mắc thêm vào CD điện trở R bao nhiêu để điện trở tương đương của mạch AB không phụ thuộc vào số ô điện trở?



Bài 3. Cho mạch điện như hình vẽ: Nối A, B với nguồn hiệu điện thế U_0 . Tìm hệ thức liên hệ giữa R_1, R_2, R_3 để với số ô điện trở tùy ý, ta luôn có: $\frac{U_{i+1}}{U_i} = k = \text{const} (k > 1)$.



Bài 4. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = R_2 = 3\Omega$; $R_3 = 2\Omega$; R_4 là biến trở; K là khóa điện. Nguồn điện mắc vào hai đầu B, D có hiệu điện thế U không đổi. Ampe kế và vôn kế đều lý tưởng. Các dây nối có điện trở không đáng kể.



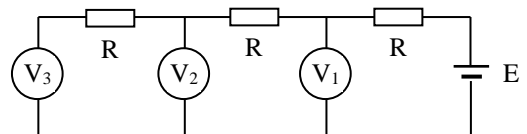
a) Ban đầu khóa K mở, $R_4 = 4\Omega$ thì vôn kế chỉ 1V.

-Xác định hiệu điện thế U của nguồn điện.

- Nếu đóng khóa K thì ampe kế và vôn kế chỉ bao nhiêu?

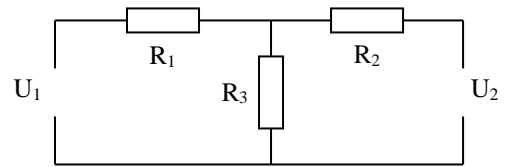
b) Đóng khóa K và di chuyển con chạy C của biến trở R_4 từ đầu bên trái sang đầu bên phải thì số chỉ của ampe kế I_A thay đổi như thế nào?

Bài 5. Mạch điện cho trên hình vẽ gồm các điện trở bằng nhau và các vôn kế giống nhau. Vôn kế thứ nhất chỉ $U_1 = 10V$, vôn kế thứ ba chỉ $U_3 = 8V$. Hỏi vôn kế thứ hai chỉ bao nhiêu?



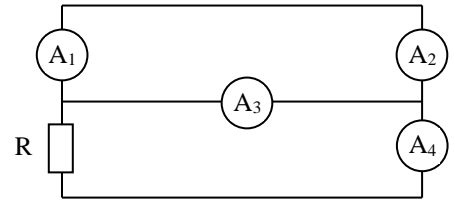
(Trích Đề thi học sinh giỏi toàn Liên bang Nga, lần thứ XI, Năm 1977)

Bài 6. Một mạch điện gồm các điện trở R_1, R_2, R_3 được nối với hai nguồn điện một chiều U_1, U_2 như hình vẽ. Hỏi với điều kiện nào thì cường độ dòng điện qua điện trở R_1 sẽ bằng 0?



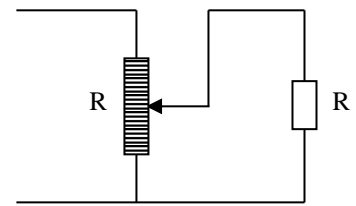
(Trích Đề thi học sinh giỏi toàn Liên bang Nga, lần thứ XIV, Năm 1980)

Bài 7. Bốn ampe kế giống hệt nhau mắc với một điện trở R như trên hình vẽ. Ampe kế A_1 chỉ dòng $I_1 = 2A$, ampe kế A_2 chỉ dòng $I_2 = 3A$. Hỏi dòng đi qua các ampe kế A_3, A_4 và điện trở bằng bao nhiêu? Tìm tỉ số $\frac{r}{R}$ với r là điện trở trong của ampe kế.



(Trích Đề thi học sinh giỏi toàn Liên bang Nga, lần thứ XIII, Năm 1979)

Bài 8. Để điều chỉnh hiệu điện thế trên tải, người ta chọn sơ đồ như hình vẽ. Điện trở của tải và của thế điện kế đều bằng R . Tải điện được mắc với nửa cuộn dây của thế điện kế. Hỏi phải thay đổi vị trí của con chạy như thế nào để cho hiệu điện thế trên tải vẫn như cũ nếu tăng hiệu điện thế ở lối vào của mạch lên gấp đôi?

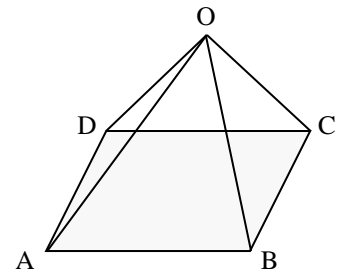


(Trích Đề thi học sinh giỏi toàn Liên bang Nga, lần thứ IX, Năm 1975)

Bài 9. Tám đoạn dây dẫn có cùng điện trở R được hàn lại thành hình tháp có đáy ABCD và đỉnh O (hình vẽ). Tính điện trở tương đương giữa các điểm:

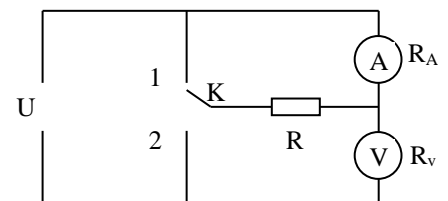
- a) A và C;
- b) A và B;
- c) A và O.

Biết hiệu điện thế A và O là $U = 7V$ và $R = 1\Omega$, tính các dòng điện trong các đoạn dây dẫn.



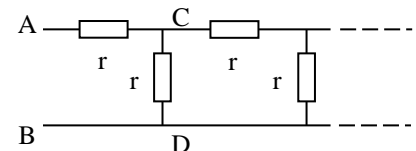
(Trích Đề thi chọn học sinh giỏi Quốc gia, năm học 1992-1993)

Bài 10. Trong mạch điện như hình bên, nguồn điện có hiệu điện thế U không đổi. Khi K đóng vào chốt 1 thì ampe kế chỉ $0,1A$, vôn kế chỉ $120V$. Khi K đóng vào chốt 2 thì ampe kế chỉ $0,4A$. Tính R, R_v .



(Trích Đề thi Olympic, Nga - 1986)

Bài 11. Hãy xác định điện trở tương đương của một mạch điện AB gồm các điện trở mắc theo sơ đồ như hình vẽ và kéo dài vô tận.



(Trích Đề thi Olympic Quốc tế, Balan - 1967)

Bài 12. Chuyển động của electron trong nguyên tử hidro tương đương với dòng điện hình tròn bán kính r . Hãy tính cường độ dòng điện này, biết khối lượng và điện tích của electron là m và e .

F. GIẢI BÀI TẬP ÔN LUYỆN

Bài 1.

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Để có điện trở $7,5\Omega$ phải mắc song song với điện trở 12Ω một điện trở X mà:

$$\frac{1}{X} + \frac{1}{12} = \frac{1}{7,5} \Rightarrow X = 20\Omega$$

- Để có điện trở 20Ω phải mắc nối tiếp với điện trở 12Ω một điện trở Y mà:

$$Y + 12 = 20 \Rightarrow Y = 8\Omega$$

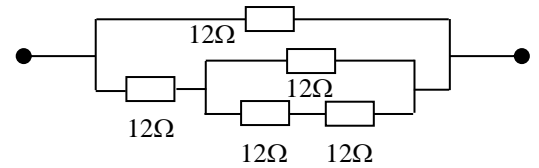
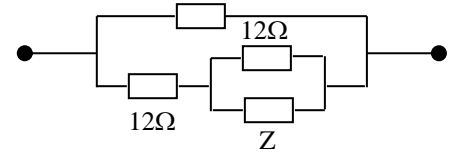
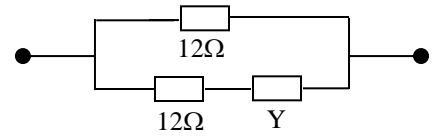
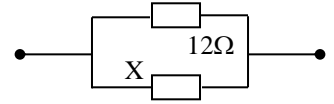
- Để có điện trở 8Ω phải mắc song song với điện trở 12Ω một điện trở Z

mà:

$$\frac{1}{Z} + \frac{1}{12} = \frac{1}{8} \Rightarrow Z = 24\Omega$$

- Để có điện trở 24Ω phải mắc nối tiếp với điện trở 12Ω một điện trở 12Ω nữa.

Vậy: Số điện trở tối thiểu là 5 điện trở và được mắc như sau:



Bài 2.

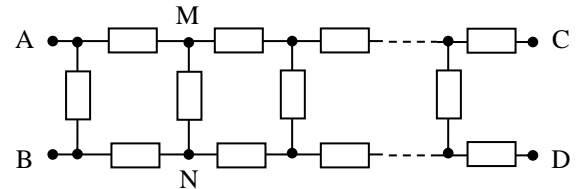
- Do mạch điện dài vô hạn nên đoạn mạch từ MN trở đi tương đương với cả đoạn mạch AB.

- Gọi R là điện trở tương đương của đoạn mạch:

$$R = \frac{(2r+R)r}{2r+R+r} = \frac{2r^2+Rr}{3r+R}$$

$$\Leftrightarrow R^2 + 2rR - 2r^2 = 0$$

$$\Rightarrow R = r(\sqrt{3} - 1); R = -r(\sqrt{3} + 1) < 0 \text{ (loại)}.$$



Vậy: Để R_{AB} không phụ thuộc vào số ô điện trở phải mắc thêm vào CD điện trở $R = r(\sqrt{3} - 1)$.

Bài 3.

- Hiệu điện thế hai đầu R_3 : $U_n = I_3 R_3$; $U_{n-1} = I_3(R_1 + R_3)$

$$\Rightarrow \frac{U_{n-1}}{U_n} = \frac{R_1 + R_3}{R_3} = \frac{R_1}{R_3} + 1 = k$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_3} = k - 1 \quad (1)$$

Mặt khác: $U_{n-1} = I_2 R_2 = I_3(R_1 + R_3) \Rightarrow I_3 = \frac{I_2 R_2}{R_1 + R_3}$

$$U_{n-2} = (I_2 + I_3)R_1 + I_2 R_2 = I_2(R_1 + R_2) + I_3 R_1$$

$$U_{n-2} = I_2(R_1 + R_2) + \frac{I_2 R_1 R_2}{R_1 + R_3} = \frac{I_2[(R_1 + R_2)(R_1 + R_3) + R_1 R_2]}{R_1 + R_3}$$

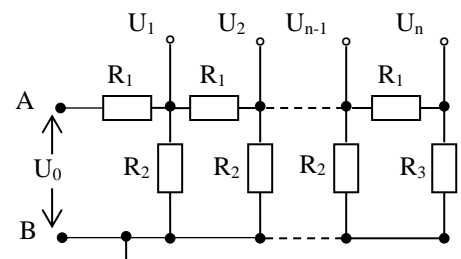
$$\Rightarrow \frac{U_{n-2}}{U_{n-1}} = \frac{(R_1 + R_2)(R_1 + R_3) + R_1 R_2}{R_2(R_1 + R_3)} = k$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} + 1 + \frac{R_1}{R_1 + R_3} = k$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} = k - 1 - \frac{1}{1 + \frac{1}{k-1}} = (k-1) - \frac{k-1}{k} = \frac{(k-1)^2}{k} \quad (2)$$

- Lấy (1) chia (2) ta được: $\frac{R_2}{R_3} = \frac{k}{k-1}$

Vậy: Để $\frac{u_{i-1}}{u_i} = k$ thì $\frac{R_1}{R_3} = k - 1$ và $\frac{R_2}{R_3} = \frac{k}{k-1}$.



Bài 4.

a) Hiệu điện thế U của nguồn điện; số chỉ ampe kế và vôn kế

- Khi khóa K mở, ta có: $R_{12} = R_1 + R_2 = 3 + 3 = 6\Omega$; $R_{34} = R_3 + R_4 = 2 + 4 = 6\Omega$.

$$\Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{U}{6}; U_1 = I_1 R_1 = 3 \frac{U}{6}; U_2 = I_2 R_3 = 2 \frac{U}{6}$$

Giả sử $V_M > V_N$, ta có: $U_{MN} = U_2 - U_1 = \frac{U}{3} - \frac{U}{2} = -\frac{U}{6}$.

$$\Rightarrow U_V = U_{NM} = \frac{U}{6}; U = 6U_V = 6 \cdot 1 = 6V$$

- Khi khóa K đóng, ta có:

+ Điện trở tương đương các đoạn mạch:

$$R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{3 \cdot 2}{3 + 2} = \frac{6}{5} = 1,2\Omega;$$

$$R_{24} = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} = \frac{3 \cdot 4}{3 + 4} = \frac{12}{7}\Omega$$

$$\Rightarrow R_{BD} = R_{13} + R_{24} = 1,2 + \frac{12}{7} = \frac{20,4}{7}\Omega$$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U}{R_{BD}} = \frac{6}{\frac{20,4}{7}} = \frac{42}{20,4} = \frac{21}{10,2} \approx 2,06A$

$$\Rightarrow U_{13} = U_1 = U_3 = IR_{13} = \frac{21}{10,2} \cdot 1,2 = 2,47V$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{2,47}{3} = 0,823A$$

$$U_{24} = U_2 = U_4 = IR_{24} = \frac{21}{10,2} \cdot \frac{12}{7} = 3,53V$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{3,53}{3} = 1,18A$$

Ta có: $I_2 > I_1 \Rightarrow I_A = I_2 - I_1 = 1,18 - 0,823 = 0,357A$

Vậy: Khi khóa K mở, hiệu điện thế U của nguồn điện là $U = 6V$; khi khóa K đóng, dòng điện qua ampe kế có chiều từ N đến M và có cường độ: $I_A = 0,357A$; vôn kế chỉ số 0.

b) Số chỉ của ampe kế I_A thay đổi như thế nào khi khóa K đóng và di chuyển con chạy C

- Khi đóng khóa K , ta có: $R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{3 \cdot 2}{3 + 2} = \frac{6}{5} = 1,2\Omega$.

$$\text{Đặt } NC = x \Rightarrow R_{24} = \frac{R_2 x}{R_2 + x} = \frac{3x}{3 + x}; R_{BD} = 1,2 + \frac{3x}{3 + x} = \frac{4,2x + 3,6}{3 + x}.$$

$$\Rightarrow I = \frac{U}{R_{BD}} = \frac{6}{\frac{4,2x + 3,6}{3 + x}} = \frac{6(3 + x)}{4,2x + 3,6}$$

$$U_{13} = IR_{13} = \frac{6(3 + x)}{4,2x + 3,6} \cdot 1,2 = \frac{7,2(3 + x)}{4,2x + 3,6}$$

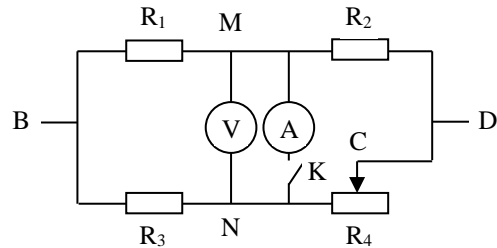
$$I_1 = \frac{U_{13}}{R_1} = \frac{\frac{7,2(3 + x)}{4,2x + 3,6}}{3} = \frac{2,4(3 + x)}{4,2x + 3,6}$$

$$U_{24} = IR_{24} = \frac{6(3 + x)}{4,2x + 3,6} \cdot \frac{3x}{3 + x} = \frac{18x}{4,2x + 3,6}$$

$$I_2 = \frac{U_{24}}{R_2} = \frac{\frac{18x}{4,2x + 3,6}}{3} = \frac{6x}{4,2x + 3,6}$$

- Xét hai trường hợp:

+ Trường hợp 1: Dòng điện chạy qua ampe kế có chiều từ M đến N , khi đó:



$$I_A = I_1 - I_2 = \frac{2,4(3+x)}{4,2x+3,6} - \frac{6x}{4,2x+3,6} = \frac{7,2-3,6x}{4,2x+3,6} \quad (1)$$

* Khi $x = 0 \Rightarrow I_A = 2A$.

* Khi x tăng thì $(7,2 - 3,6x)$ giảm; $(4,2x + 3,6)$ tăng do đó I_A giảm.

* Khi $x = 2 \rightarrow I_A = \frac{7,2-3,6 \cdot 2}{4,2 \cdot 2 + 3,6} = 0$

+ Trường hợp 2: Dòng điện chạy qua ampe kế có chiều từ N đến M, khi đó:

$$I_A = I_2 - I_1 = \frac{6x}{4,2x+3,6} - \frac{2,4(3+x)}{4,2x+3,6} = \frac{3,6x-7,2}{4,2x+3,6} \Rightarrow I_A = \frac{3,6-\frac{7,2}{x}}{4,2+\frac{3,6}{x}} \quad (2)$$

* Khi x tăng từ 2Ω trở lên thì $\frac{7,2}{x}$ và $\frac{3,6}{x}$ đều giảm do đó I_A tăng.

* Khi x rất lớn ($x = \infty$) thì $\frac{7,2}{x}$ và $\frac{3,6}{x}$ tiến tới 0. Do đó $I_A \approx 0,86A$ và cường độ dòng chạy qua điện trở R_4 rất nhỏ.

Bài 5.

Gọi r là điện trở của mỗi vôn kế, ta có:

$$U_3 = rI_3; U_2 = rI_2; U_1 = rI_1$$

Mặt khác:

$$U_2 = U_3 + RI_3 = U_3 + R\frac{U_3}{r} \quad (1)$$

$$U_1 = U_2 + (I_2 + I_3)R = U_2 + R\frac{U_2+U_3}{r} \quad (2)$$

Từ (1) và (2): $U_2^2 + U_2 U_3 - U_1 U_3 - U_3^2 = 0$.

$$\Rightarrow U_2 = -\frac{1}{2}U_3 + \sqrt{\frac{1}{4}U_3(5U_3+4U_1)} = -\frac{1}{2} \cdot 8 + \sqrt{\frac{1}{4} \cdot 8(5 \cdot 8 + 4 \cdot 10)} = 8,6V$$

Vậy: Vôn kế thứ hai chỉ 8,6V.

Bài 6.

Khi không có dòng điện qua R_1 thì hiệu điện thế U_3 giữa hai đầu điện trở R_3 phải bằng U_1 . Lúc đó, R_2 và R_3 mắc nối tiếp nên:

$$U_1 = U_3 = \frac{U_2}{R_2+R_3} R_3$$

$$\Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_3}{R_2+R_3}$$

Vậy: Điều kiện để không có dòng điện qua R_1 là $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_3}{R_2+R_3}$.

Bài 7.

Chọn chiều dòng điện như hình vẽ.

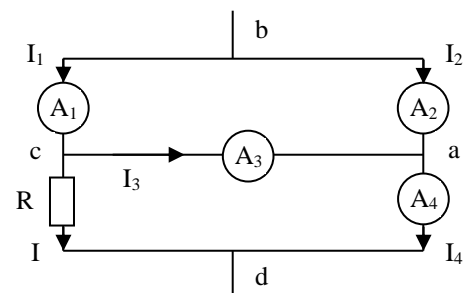
- Hiệu điện thế giữa hai điểm b, a: $U_2 = I_2 r$.

- Mặt khác: $U_2 = I_1 r + I_3 r \Leftrightarrow I_2 r = I_1 r + I_3 r$

$$\Rightarrow I_3 = I_2 - I_1 = 3 - 2 = 1A$$

- Dòng đi qua ampe kế A_4 : $I_4 = I_2 + I_3 = 3 + 1 = 4A$.

- Dòng đi qua điện trở R : $I = I_1 - I_3 = 2 - 1 = 1A$.



- Hiệu điện thế giữa hai điểm c, d: $U_R = IR = I_3r + I_4r$.

$$\Rightarrow \frac{r}{R} = \frac{I}{I_3 + I_4} = \frac{1}{1+4} = \frac{1}{5}$$

Vậy: Dòng đi qua các ampe kế A_3, A_4 và điện trở là $I_3 = 1A, I_4 = 4A, I = 1A$; tỉ số $\frac{r}{R} = \frac{1}{5}$.

Bài 8.

Gọi R_1, R_2 là điện trở của hai phần chia bởi con chạy của thế điện kế (hình vẽ).

- Hiệu điện thế trên tải là: $U = IR_{AB}$, I là cường độ dòng điện trong mạch.

Với: $R_{AB} = \frac{RR_2}{R + R_2}$; $I = \frac{U_v}{R_1 + R_{AB}}$; $R_1 = R - R_2$.

$$\Rightarrow U = \frac{U_v}{R_1 + R_{AB}} \cdot \frac{RR_2}{R + R_2} = \frac{RR_2}{R^2 - R_2^2 + RR_2} U_v$$

$$\Leftrightarrow U = \frac{\alpha}{1 - \alpha^2 + \alpha} U_v, \text{ với } \alpha = \frac{R_2}{R}$$

- Ban đầu, $R_2 = \frac{R}{2}$ tức là $\alpha_1 = \frac{1}{2}$, do đó:

$$U_1 = \frac{\frac{1}{2}}{1 - (\frac{1}{2})^2 + \frac{1}{2}} U_v = \frac{2}{5} U_v$$

- Khi tăng hiệu điện thế lõi vào của mạch lên gấp đôi, hiệu điện thế trên tải là:

$$U_2 = 2 \frac{\alpha_2}{1 - \alpha_2^2 + \alpha_2} U_v$$

- Theo đề: $U_2 = U_1 \Leftrightarrow 2 \frac{\alpha_2}{1 - \alpha_2^2 + \alpha_2} U_v = \frac{2}{5} U_v$.

$$\Leftrightarrow \alpha_2^2 - 4\alpha_2 - 1 = 0$$

$$\Rightarrow \alpha_2 = -2 + \sqrt{5} \text{ (loại nghiệm âm)}$$

Vậy: Phải di chuyển con chạy sao cho $\frac{R_2}{R} = -2 + \sqrt{5}$ hay $R_2 = (\sqrt{5} - 2)R$.

Bài 9.

a) Điện trở tương đương giữa các điểm A và C

- Do tính đối xứng của mạch điện đối với AC nên: $V_B = V_D = \frac{V_C - V_A}{2} = V_0$

- Từ đó ta có thể bỏ đi các đoạn OB và OD của mạch. Mạch điện còn lại gồm 3 đoạn mạch giống nhau mắc

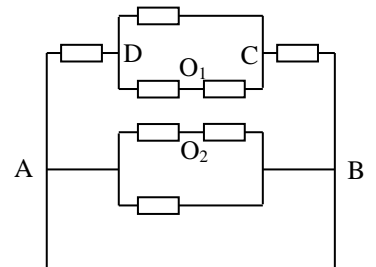
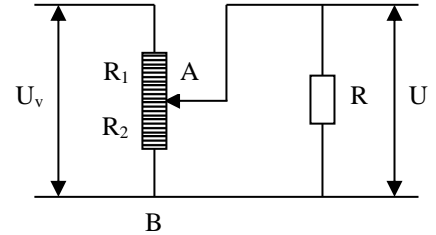
song song có điện trở tương đương giữa A và C là: $R_{AC} = \frac{2R}{3}$

b) Điện trở tương đương giữa các điểm A và B

- Tách điểm O của mạch thành hai điểm O_1 và O_2 , với $V_{O_1} = V_{O_2}$. Mạch điện mới có thể được vẽ lại như sau:

- Điện trở tương đương giữa các điểm A và B của mạch:

$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{\frac{2R \cdot R}{2R + R} \cdot \left(2R + \frac{2R \cdot R}{2R + R}\right)}{\frac{2R \cdot R}{2R + R} + \left(2R + \frac{2R \cdot R}{2R + R}\right)} = \frac{8R}{15}$$



c) Điện trở tương đương giữa các điểm A và O

- Tương tự câu a, ta có: $V_B = V_D$: Chập B và D ta

được mạch tương đương như sau:

- Từ sơ đồ mạch điện tương đương, ta có: $R_{BO} = \frac{3R}{8}$; $R_{ABO} = \frac{7R}{8}$; $R_{AO} = \frac{7R}{15}$.

- Nếu $U_{AO} = 7V$; $R = 1\Omega$ thì $I_{AO} = i_1 = \frac{U_{AO}}{R} = \frac{7}{1} = 7A$;

và $I_{ABO} = i_2 = \frac{8}{7}i_1 = \frac{8}{7} \cdot 7 = 8A$.

- Vì $i_2 = I_{AB} + I_{AD} \Rightarrow I_{AB} = I_{AD} = \frac{i_2}{2} = \frac{8}{2} = 4A$

và $i_3 = \frac{3}{4}i_2 = \frac{3}{4} \cdot 8 = 6A$; $i_4 = \frac{i_2}{4} = \frac{8}{4} = 2A$.

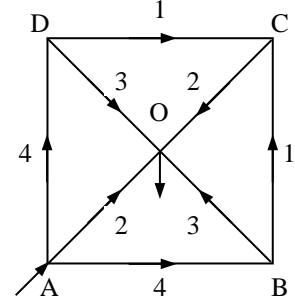
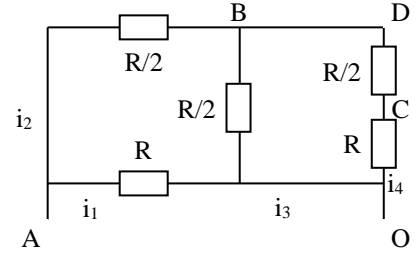
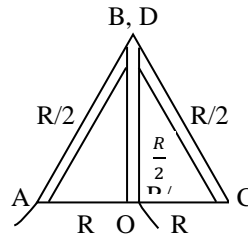
- Mặt khác, $i_3 = I_{BO} + I_{DO} \Rightarrow I_{BO} = I_{DO} = \frac{i_3}{2} = \frac{6}{2} = 3A$; $I_{CO} = i_4 = 2A$.

và $I_{BC} = I_{DC} = 1A$

- Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = I_{AB} + I_{AO} + I_{AD} = 4 + 7 + 4 = 15A$.

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AO: $R_{AO} = \frac{U_{AO}}{I} = \frac{7}{15}\Omega$.

Vậy: Điện trở tương đương của các đoạn mạch là: $R_{AC} = \frac{2R}{3}$; $R_{AB} = \frac{8R}{15}$; $R_{AO} = \frac{7R}{15}$.



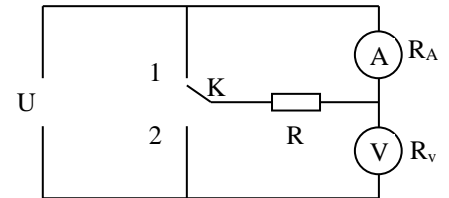
Bài 10.

- Khi K đóng vào chốt 2:

+ Điện trở tương đương của toàn mạch là: $R_{tm} = R_A + \frac{RR_v}{R + R_v} = \frac{RR_A + R_A R_v + RR_v}{R + R_v}$

+ Số chỉ ampe kế khi đó là: $I_A = \frac{U}{R_{tm}} = \frac{U(R + R_v)}{RR_A + R_A R_v + RR_v} = 0,4$ (1)

+ Số chỉ vôn kế khi đó là: $U_v = I_A \frac{RR_v}{R + R_v} = \frac{URR_v}{RR_A + R_A R_v + RR_v} = 120$ (2)



- Khi K đóng vào chốt 1:

+ Điện trở tương đương của toàn mạch là: $R'_{tm} = R_v + \frac{RR_A}{R + R_A} = \frac{RR_v + R_A R_v + RR_A}{R + R_A}$

+ Cường độ dòng điện trong mạch chính khi đó là: $I = \frac{U}{R'_{tm}} = \frac{U(R + R_A)}{RR_v + R_A R_v + RR_A}$

+ Số chỉ của ampe kế khi đó là: $I'_A = I \frac{R}{R + R_A} = \frac{UR}{RR_v + R_A R_v + RR_A} = 0,1$ (3)

- Lấy (2) chia cho (3), ta được: $R_v = 1200\Omega$.

- Lấy (1) chia cho (3), ta được: $\frac{R + R_v}{R} = 4 \Rightarrow R = 400\Omega$.

Vậy: $R_v = 1200\Omega$; $R = 400\Omega$.

Bài 11.

Gọi r_n là điện trở tương đương của phần mạch điện trở bên phải CD. Ta có:

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AB là: $R_{AB} = r + \frac{rr_n}{r + r_n}$.

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Vì mạch điện dài vô hạn nên ta có thể bỏ qua ảnh hưởng của nhánh có dạng nửa chữ T bên trái CD. Ta có:

$$R_{AB} = r_n = r + \frac{rr_n}{r + r_n} \Leftrightarrow r_n^2 - rr_n - r^2 = 0$$

$$\Rightarrow r_n = \frac{(1+\sqrt{5})r}{2} = R_{AB}$$

Vậy: Điện trở tương đương của đoạn mạch AB là $R_{AB} = \frac{(1+\sqrt{5})r}{2}$.

Bài 12.

Gọi T là chu kì chuyển động của electron quanh hạt nhân, v là vận tốc chuyển động của electron. Ta có:

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad (1)$$

- Mặt khác, lực hướng tâm trong chuyển động tròn của electron quanh hạt nhân chính là lực điện nên:

$$\frac{ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (2)$$

$$\Rightarrow v = e \sqrt{\frac{k}{mr}} \quad (2')$$

- Cường độ dòng điện tương đương là: $I = \frac{e}{T}$.

$$\Leftrightarrow I = \frac{e}{\frac{2\pi r}{v}} = \frac{ev}{2\pi r} = \frac{e^2}{2\pi r} \sqrt{\frac{k}{mr}}$$

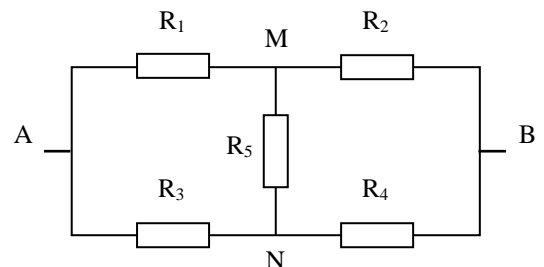
Vậy: Cường độ dòng điện tương đương là $I = \frac{e^2}{2\pi r} \sqrt{\frac{k}{mr}}$.

Chuyên đề 6: MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ. MẠCH CẦU CÓ TỤ ĐIỆN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. MẠCH CẦU CÂN BẰNG

- Điều kiện: $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$; $V_M = V_N$.



- Hệ quả:

$$+U_1 = U_3; U_2 = U_4. \quad +I_1 = I_2; I_3 = I_4; I_5 = 0. \quad +\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}.$$

$$+\frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1}; \frac{I_2}{I_4} = \frac{R_4}{R_2}. \quad +U_1 + U_2 = U_3 + U_4. \quad +I_1 + I_3 = I_2 + I_4 = I.$$

$$+ \text{Mạch: } (R_1 // R_3) \text{ nt } (R_2 // R_4): \text{ chấp M, N.} \quad +R = R_{13} + R_{24} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}.$$

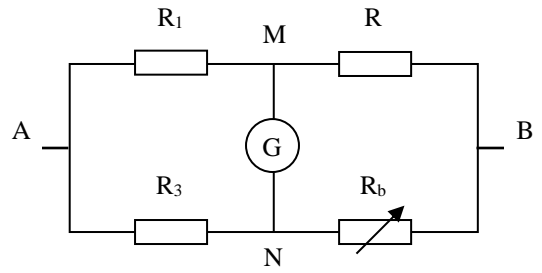
$$+ \text{Mạch: } (R_1 \text{ nt } R_2) // (R_3 \text{ nt } R_4): \text{ bỏ qua } R_5. \quad +R = \frac{R_{12} \cdot R_{34}}{R_{12} + R_{34}} = \frac{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}.$$

II. MẠCH CẦU KHÔNG CÂN BẰNG:

$$\text{Điều kiện: } \frac{R_1}{R_3} \neq \frac{R_2}{R_4}.$$

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Cầu Uyt-xton là một ứng dụng của cầu cân bằng dùng để đo giá trị một điện trở R chưa biết. Trong mạch cầu Uyt-xton như hình vẽ thì R là giá trị điện trở cần đo; R_1 , R_2 và R_b (biến trở) đã biết. Điều chỉnh R_b để điện kế G chỉ số 0: cầu cân bằng, lúc đó:



$$R = R_b \frac{R_1}{R_3}, \text{ với sai số: } \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_3}{R_3} + \frac{\Delta R_b}{R_b}$$

- Mạch cầu đối xứng chéo là trường hợp đặc biệt của mạch cầu không cân bằng, với $R_1 = R_4$; $R_2 = R_3$.

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶. Với dạng bài tập về **mạch cầu cân bằng**. Phương pháp giải là:

- Bỏ qua R_5 hoặc chập hai điểm M và N lại với nhau ta có mạch tương đương:

$$(R_1 // R_3) \text{ nt } (R_2 // R_4) \Leftrightarrow R_{13} \text{ nt } R_{24} \text{ hoặc } (R_1 \text{ nt } R_2) // (R_3 \text{ nt } R_4) \Leftrightarrow R_{12} // R_{34}$$

- Dựa vào định luật Ôm và các tính chất của đoạn mạch nối tiếp, song song để giải.

- Chú ý: Cầu Uyt-xton cũng là cầu cân bằng dùng để xác định giá trị của một điện trở R nào đó khi biết giá trị các điện trở còn lại.

❷. Với dạng bài tập về **mạch cầu không cân bằng**. Phương pháp giải là:

- Có thể dùng một trong ba phương pháp sau:

+ Dùng phương pháp chuyển mạch: Từ mạch hình tam giác sang mạch hình sao hoặc ngược lại, chú ý mạch điện tương đương và các công thức biến đổi.

+ Dùng phương pháp điện thế: Các bước thực hiện như sau:

• Viết các phương trình dòng điện tại các nút: $\Sigma I_{\text{vào}} = \Sigma I_{\text{ra}}$.

• Viết các phương trình định luật Ôm cho các đoạn mạch và đưa các phương trình về V_M , V_N theo V_A , V_B .

• Chọn $V_B = 0$ ($U_{AB} = V_A$). Giải hệ phương trình để tìm V_M , V_N theo V_A . Suy ra dòng điện qua các đoạn mạch.

+ Dùng phương pháp dòng điện: Các bước thực hiện như sau:

• Viết các phương trình hiệu điện thế cho các đoạn mạch theo các điện trở.

• Viết các phương trình định luật Ôm cho các đoạn mạch và đưa các phương trình về dòng điện theo các điện trở.

• Viết các phương trình dòng điện tại các nút. Suy ra hệ thức giữa các điện trở.

• Suy ra dòng điện qua các đoạn mạch và điện trở tương đương của đoạn mạch.

- Chú ý: Mạch cầu đối xứng chéo là mạch cầu không cân bằng nên khi giải ta cũng áp dụng một trong ba phương pháp trên.

❸. Với dạng bài tập về **mạch cầu chứa tụ điện**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Định luật Ôm, tính chất của đoạn mạch nối tiếp và song song.

+ Các công thức về tụ điện.

- Một số chú ý:

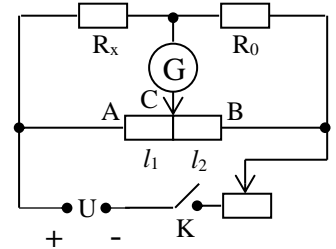
- + Dòng điện không đi qua đoạn mạch chứa tụ điện mắc nối tiếp.
- + Dòng tích điện hay phóng điện chỉ tồn tại trong thời gian rất ngắn.

C. CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ

Bài 1. Hình bên là sơ đồ cầu Uyt-xton để đo R_x . AB là dây điện trở đồng chất hình trụ căng thẳng, R_0 đã biết.

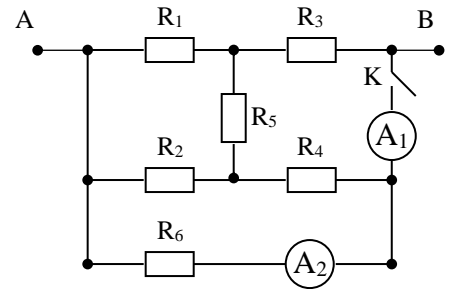
Khi di chuyển con chạy, tại vị trí $I_g = 0$, $AC = l_1$, $CB = l_2$. Tìm R_x .



Bài 2. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 4\Omega$, $R_5 = 2,4\Omega$, $R_6 = 4\Omega$, $R_{A_1} = R_{A_2} = 0$, $U_{AB} = 48V$ (không đổi).

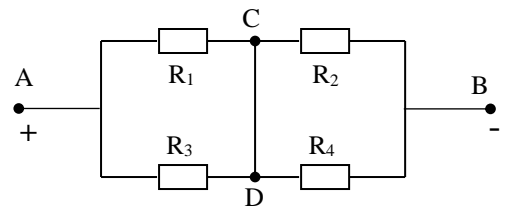
Tìm số chỉ các ampe kế khi:

- K mở.
- K đóng.



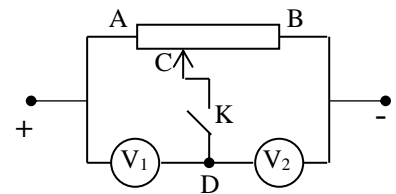
Bài 3. Cho mạch điện như hình vẽ. $U_{AB} = 75V$, $R_2 = 2R_1 = 6\Omega$, $R_3 = 9\Omega$.

- Cho $R_4 = 2\Omega$. Tính cường độ qua CD.
- Tính R_4 khi cường độ qua CD là 0.
- Tính R_4 khi cường độ qua CD là 2A.



Bài 4. Cho mạch điện như hình vẽ, $U_{AB} = 270V$, điện trở AB có giá trị $R = 30k\Omega$, các vôn kế V_1 , V_2 có điện trở $R_1 = 5k\Omega$, $R_2 = 4k\Omega$.

- Tìm số chỉ của các vôn kế V_1 , V_2 khi K mở.
- K đóng, tìm vị trí C để số chỉ của hai vôn kế bằng nhau. Tính cường độ dòng điện qua khóa K lúc này.
- Muốn số chỉ của các vôn kế không thay đổi khi K đóng hoặc mở, C phải ở vị trí nào?
- Khi khóa K đóng và C di chuyển từ A đến B, số chỉ của các vôn kế thay đổi thế nào?

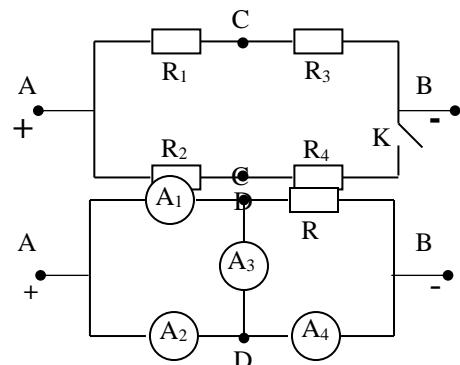


Bài 5. Cho mạch điện như hình vẽ: $U = 12V$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 5\Omega$.

- Khi K mở, hiệu điện thế giữa C, D là 2V. Tìm R_1 .
- Khi K đóng, hiệu điện thế giữa C, D là 1V. Tìm R_4 .

Bài 6. Cho mạch điện như hình vẽ, các ampe kế có cùng điện trở R_A . Biết ampe kế A_1 chỉ 3A, A_2 chỉ 4A.

- Tìm số chỉ ampe kế A_3 , A_4 và cường độ dòng điện qua R.
- Biết $R = 3\Omega$. Tìm R_A .



Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ: $U_{AB} = 12V$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 25\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, R_V rất lớn. Khi hai điện trở r nối tiếp, vôn kế chỉ U_1 , khi chúng song song vôn kế chỉ $U_2 = 3U_1$.

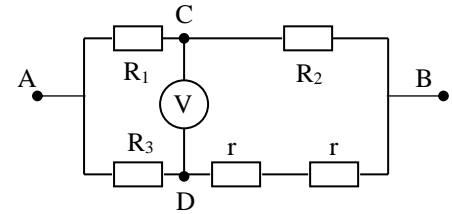
a) Tính r.

b) Tính số chỉ V khi nhánh DB chỉ có một điện trở r.

c) Vôn kế đang chỉ U_1 (hai r nối tiếp). Để V chỉ 0:

- Ta chuyển chỗ một điện trở, đó là điện trở nào và chuyển đi đâu?

- Hoặc đổi chỗ hai điện trở. Đó là các điện trở nào?



Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ: $U_{AB} = 33V$, $R_1 = 21\Omega$, $R_2 = 42\Omega$, $R_3 = R_4 = R_6 = 20\Omega$, $R_5 = 30\Omega$, $R_7 = 20\Omega$, R_V rất lớn.

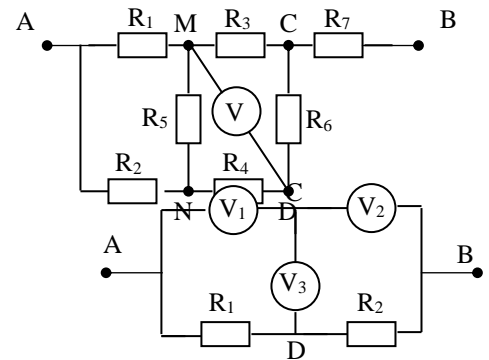
a) Tìm số chỉ của vôn kế.

b) Thay vôn kế bằng ampe kế A ($R_A = 0$). Tìm số chỉ của ampe kế.

Bài 9. Cho mạch điện như hình vẽ: $U_{AB} = 5V$, các vôn kế có điện trở giống nhau, V_2 chỉ 2V.

a) Tìm số chỉ V_3 .

b) Biết $R_1 = 4,8R_2$. Tính R_V theo R_1 , R_2 .



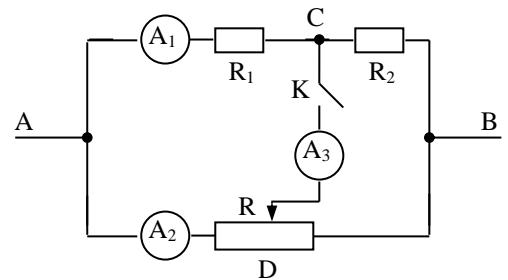
Bài 10. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 9\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R = 30\Omega$, $R_A = 0$, $U_{AB} = 12,32V$.

a) K mở, tìm số chỉ các ampe kế.

b) K đóng, tìm vị trí con chạy D:

- Ampe kế A_3 chỉ 0.

- Hai trong ba ampe kế chỉ cùng giá trị. Tính giá trị này.

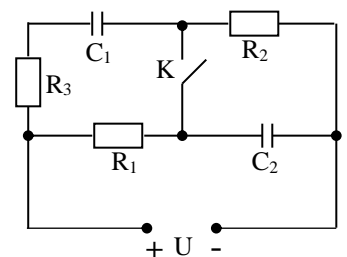


2. MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ CÓ TỤ ĐIỆN

Bài 11. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $C_1 = 20\mu F$, $C_2 = 30\mu F$, $U = 50V$.

a) Tính điện tích các tụ khi K mở, K đóng.

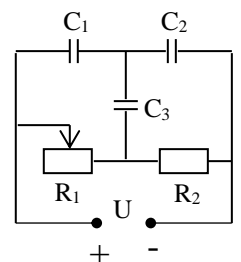
b) Ban đầu K mở. Tính điện lượng qua R_3 khi K đóng.



Bài 12. Cho mạch điện như hình vẽ: $C_1 = C_2 = C_3 = C$, R_1 là biến trở, $R_2 = 600\Omega$, $U = 120V$.

a) Tính hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ theo R_1 . Áp dụng với $R_1 = 400\Omega$.

b) Biết hiệu điện thế giới hạn mỗi tụ là 70V. Hỏi R_1 có thể thay đổi trong khoảng giá trị nào?



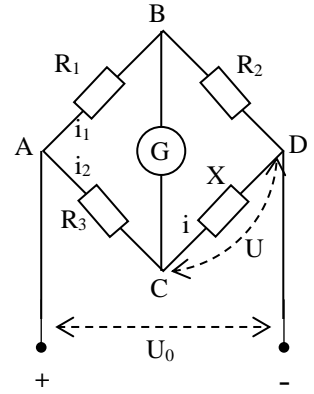
Bài 13. Cho mạch cầu như hình vẽ. Các điện trở: $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 1\Omega$; X là một varistor (điện trở phi tuyến) có dòng i phụ thuộc vào hiệu điện thế U đặt vào hai đầu varistor theo biểu thức $i = kU^2$.

a) Vẽ đường đặc trưng vôn – ampe $U = f(i)$ của varistor. Gọi $R = \frac{dU}{di}$ là điện trở tức thời của varistor. Có thể nói gì về điện trở này khi i biến thiên từ 0 đến $+\infty$.

b) Biết $k = 0,25(A/V^2)$. Người ta điều chỉnh hiệu điện thế $U_0 = U_{AD}$ để cầu cân bằng. Tính công suất P tiêu thụ trên varistor. Tính các dòng i_1, i_2 và hiệu điện thế U_0 .

c) R_1, R_2, R_3 và k có giá trị bất kì. Tính U_0 để cầu cân bằng. Tính dòng I trong mạch chính. Thay X bằng một biến trở R , ta có cầu Uytxtơn. Hãy nêu sự giống nhau và khác nhau giữa cầu Uytxtơn và cầu nghiên cứu trong bài này?

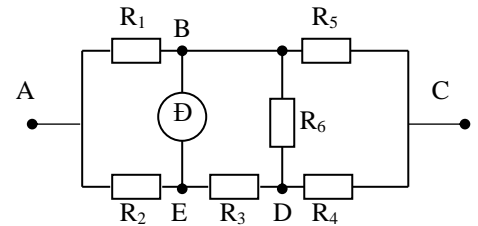
(Trích Đề thi học sinh giỏi Quốc gia, Năm học 1990-1991)



Bài 14. Cho mạch điện như hình vẽ, (Đ) là một điện kế.

a) $R_3 = R_4 = R$; $R_5 = 2R$. Đặt $a = \frac{R_1}{R_2}$; $b = \frac{R_6}{R_3}$. Tìm hệ thức liên hệ giữa a và b để không có dòng điện qua (Đ) khi đặt vào AC một hiệu điện thế không đổi.

b) $R_3 = R_6$; các điện trở khác bất kì. Đặt $a = \frac{R_1}{R_2}$; $c = \frac{R_4}{R_3+R_4}$; $d = \frac{R_5}{R_3+R_4}$. Tìm hệ thức liên hệ giữa a, c và d để không có dòng điện qua (Đ).



D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Khi $I_g = 0$, ta có mạch cầu cân bằng: $R_x R_{CB} = R_0 R_{AC}$

$$\Leftrightarrow R_x \rho \frac{l_2}{S} = R_0 \rho \frac{l_1}{S} \Leftrightarrow R_x l_2 = R_0 l_1$$

$$\Rightarrow R_x = \frac{R_0 l_1}{l_2}$$

Vậy: Giá trị của R_x theo l_1 và l_2 là $R_x = \frac{R_0 l_1}{l_2}$.

Bài 2.

a) Khi K mở: Số chỉ ampe kế (1) bằng 0, mạch điện được vẽ lại như hình dưới.

- Điện trở tương đương của R_2, R_4, R_6 :

$$R_{246} = \frac{R_2(R_4+R_6)}{R_2+R_4+R_6} = \frac{2 \cdot (4+4)}{2+4+4} = 1,6\Omega$$

- Điện trở tương đương của đoạn mạch ACD:

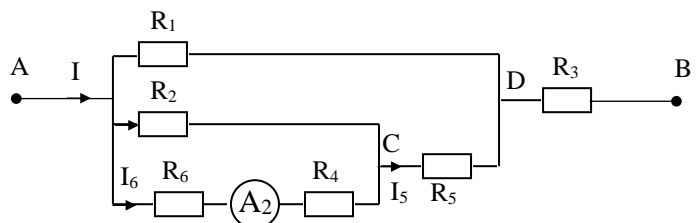
$$R_{ACD} = R_{234} + R_5 = 1,6 + 2,4 = 4\Omega$$

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AD:

$$R_{AD} = \frac{R_1 \cdot R_{ACD}}{R_1 + R_{ACD}} = \frac{4 \cdot 4}{4+4} = 2\Omega$$

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_{AD} + R_3 = 2 + 8 = 10\Omega$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{48}{10} = 4,8A$



- Hiệu điện thế hai đầu A, D: $U_{AD} = IR_{AD} = 4,8.2 = 9,6V$.

- Cường độ dòng điện qua R_5 : $I_5 = \frac{U_{AD}}{R_{ACD}} = \frac{9,6}{4} = 2,4A$.

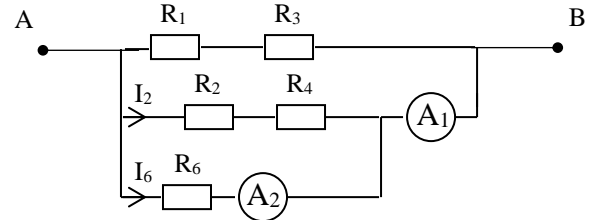
- Hiệu điện thế hai đầu A, C: $U_{AC} = I_5 R_{246} = 2,4.1,6 = 3,84V$.

- Cường độ dòng điện qua ampe kế (2): $I_6 = \frac{U_{AC}}{R_{46}} = \frac{3,84}{8} = 0,48A$.

Vậy: Khi K mở, số chỉ của ampe kế (1) bằng 0; số chỉ ampe kế (2) là 0,48 A.

b) Khi K đóng

Ta có: $R_1 R_4 = R_2 R_3 = 16$: Mạch cầu cân bằng, mạch điện được vẽ lại như hình bên.



- Cường độ dòng điện qua R_6 : $I_6 = \frac{U_{AB}}{R_6} = \frac{48}{4} = 12A$: số chỉ ampe kế (2).

- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2 + R_4} = \frac{48}{2+4} = 8A$.

- Cường độ dòng điện qua ampe kế (1): $I_{A1} = I_2 + I_6 = 8 + 12 = 20A$: số chỉ ampe kế (1).

Vậy: Khi K đóng, ampe kế (1) chỉ 20A; ampe kế (2) chỉ 12A.

Bài 3.

- Điện trở tương đương đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_{13} + R_{24} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4}$.

$$\Rightarrow R_{AB} = \frac{3.9}{3+9} + \frac{6R_4}{6+R_4} = 2,25 + \frac{6R_4}{6+R_4}.$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{75}{2,25 + \frac{6R_4}{6+R_4}}$.

- Hiệu điện thế hai đầu A, C: $U_{AC} = IR_{13} \Rightarrow U_{AC} = \frac{75}{2,25 + \frac{6R_4}{6+R_4}} \cdot 2,25 = \frac{168,75(6+R_4)}{13,5+8,25R_4}$

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{AC}}{R_1}$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{168,75(6+R_4)}{13,5+8,25R_4} \cdot \frac{1}{3} = \frac{56,25(R_4+6)}{13,5+8,25R_4}$$

- Hiệu điện thế hai đầu C, B: $U_{CB} = U_{AB} - U_{AC}$

$$\Rightarrow U_{CB} = 75 - \frac{168,75(6+R_4)}{13,5+8,25R_4} = \frac{450R_4}{8,25R_4+13,5}$$

- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_{CB}}{R_2}$.

$$\Rightarrow I_2 = \frac{450R_4}{6.(8,25R_4+13,5)} = \frac{75R_4}{8,25R_4+13,5}$$

a) Khi $R_4 = 2\Omega$:

- Ta có: $I_1 = \frac{56,25(2+6)}{8,25.2+13,5} = 15A$; $I_2 = \frac{75.2}{8,25.2+13,5} = 10A$.

- Tại C: $I_1 = I_2 + I_{CD} \Rightarrow I_{CD} = I_1 - I_2 = 15 - 10 = 5A$.

Vậy: Khi $R_4 = 2\Omega$ thì $I_{CD} = 5A$.

b) Khi $I_{CD} = 0$: Lúc đó mạch cầu cân bằng nên:

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \Rightarrow R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1} = \frac{6 \cdot 9}{3} = 18 \Omega.$$

Vậy: Để $I_{CD} = 0$ thì $R_4 = 18 \Omega$.

c) Khi $I_{CD} = 2A$:

-Tại C, ta có:

$$+ \text{Trường hợp 1: } I_1 = I_2 + I_{CD}$$

$$\Leftrightarrow \frac{56,25(R_4+6)}{8,25R_4+13,5} = \frac{75R_4}{8,25R_4+13,5} + 2$$

$$\Leftrightarrow 56,25R_4 + 337,5 = 91,5R_4 + 27$$

$$\Leftrightarrow 35,25R_4 = 310,5 \Rightarrow R_4 = 8,81 \Omega.$$

$$+ \text{Trường hợp 2: } I_1 + I_{CD} = I_2$$

$$\Leftrightarrow \frac{56,25(R_4+6)}{8,25R_4+13,5} + 2 = \frac{75R_4}{8,25R_4+13,5}$$

$$\Leftrightarrow 72,75R_4 + 364,5 = 75R_4$$

$$\Leftrightarrow 2,25R_4 = 364,5 \Rightarrow R_4 = 162 \Omega.$$

Vậy: Để $I_{CD} = 2A$ thì $R_4 = 8,81 \Omega$ hoặc $R_4 = 162 \Omega$.

Bài 4.

a) Khi K mở:

$$- \text{Cường độ dòng điện qua vôn kế (1): } I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2} = \frac{270}{9000} = 0,03A.$$

$$- \text{Số chỉ vôn kế (1): } U_1 = I_1 R_1 = 0,03 \cdot 5000 = 150V.$$

$$- \text{Số chỉ vôn kế (2): } U_2 = I_1 R_2 = 0,03 \cdot 4000 = 120V.$$

Vậy: Khi K mở, số chỉ của các vôn kế là 150V và 120V.

b) Khi K đóng: Mạch điện được vẽ lại như sau:

$$- \text{Số chỉ của mỗi vôn kế là: } U_1 = U_2 = \frac{270}{2} = 135V.$$

$$- \text{Cường độ dòng điện qua vôn kế (1): } I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{135}{5000} = 0,027A$$

$$- \text{Cường độ dòng điện qua vôn kế (2): } I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{135}{4000} = 0,03375A$$

$$- \text{Cường độ dòng điện qua } R_{AC}: I_3 = \frac{U_1}{R_{AC}} = \frac{135}{R_{AC}}.$$

$$- \text{Cường độ dòng điện qua } R_{CB}: I_4 = \frac{U_1}{R_{CB}} = \frac{U_1}{30000 - R_{AC}} = \frac{135}{30000 - R_{AC}}.$$

$$- \text{Ta có: } I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$\Leftrightarrow 0,027 + \frac{135}{R_{AC}} = 0,03375 + \frac{135}{30000 - R_{AC}}$$

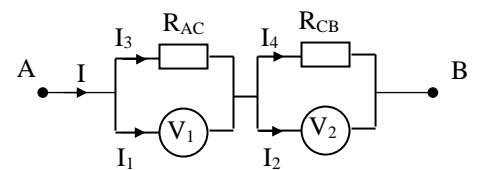
$$\Leftrightarrow 0,027R_{AC} + 135 = 1147,5 - 0,03375R_{AC}$$

$$\Leftrightarrow 0,06075R_{AC} = 1012,5 \Rightarrow R_{AC} = \frac{50000}{3} = \frac{R}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{R_{AC}}{R} = \frac{AC}{AB} = \frac{1}{3}$$

$$- \text{Tại D: } I_1 + I_{CD} = I_2$$

$$\Rightarrow I_{CD} = I_2 - I_1 = 0,03375 - 0,027 = 6,75 \cdot 10^{-3}A = 6,75 \text{ mA}.$$



Vậy: Khi K đóng, để số chỉ của các vôn kế bằng nhau thì C phải ở vị trí sao cho $\frac{AC}{AB} = \frac{1}{3}$, lúc đó cường độ dòng điện qua khóa K là $I_{CD} = 6,75 \text{ mA}$.

c) Vị trí của C để số chỉ các vôn kế không thay đổi khi đóng khóa K

- Để số chỉ của vôn kế không thay đổi khi K đóng hoặc mở thì: $U_1 = 150\text{V} = U_{AB}$; $U_2 = 120\text{V} = U_{CB}$

- Cường độ dòng điện qua vôn kế (1): $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$.

- Cường độ dòng điện qua vôn kế (2): $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$.

- Cường độ dòng điện qua R_{AC} : $I_3 = \frac{U_1}{R_{AC}}$.

- Cường độ dòng điện qua R_{CB} : $I_4 = \frac{U_2}{R_{CB}}$.

- Ta có: $I_1 + I_3 = I_2 + I_4$

$$\Leftrightarrow U_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{AC}} \right) = U_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{CB}} \right)$$

$$\Leftrightarrow 150 \left(\frac{1}{5000} + \frac{1}{R_{AC}} \right) = 120 \left(\frac{1}{4000} + \frac{1}{30000 - R_{AC}} \right)$$

$$\Leftrightarrow 0,03 + \frac{150}{R_{AC}} = 0,03 + \frac{120}{30000 - R_{AC}}$$

$$\Leftrightarrow 1,25(30000 - R_{AC}) = R_{AC}$$

$$\Leftrightarrow 2,25R_{AC} = 37500 \Rightarrow R_{AC} = \frac{50000}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{R_{AC}}{R_{AB}} = \frac{AC}{AB} = \frac{50000}{3 \cdot 30000} = \frac{5}{9}$$

Vậy: Để số chỉ của các vôn kế không thay đổi khi K đóng hoặc mở, C phải ở vị trí sao cho $\frac{AC}{AB} = \frac{5}{9}$.

d) Số chỉ các vôn kế thay đổi thế nào khi K đóng và C di chuyển từ A đến B

Gọi R là điện trở tương đương của R_{AC} và R_1 , ta có: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{AC}}$.

- Khi C ở A thì $R_{AC} = 0 \Rightarrow R = R_1$.

- Khi C ở B thì R giảm $\Rightarrow U_1$ sẽ tăng, U_2 sẽ giảm.

Vậy: Khi C di chuyển từ A đến B thì U_1 tăng, U_2 giảm.

Bài 5.

a) Khi K mở:

Ta có: $U_{CD} = U_{CA} + U_{AD} = -U_1 + U_2$

$$\Rightarrow U_1 = IR_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} R_1 \Leftrightarrow 2 = \frac{12 \cdot R_1}{R_1 + 5} \Leftrightarrow 2R_1 + 10 = 12R_1$$

$$\Leftrightarrow 10R_1 = 10 \Rightarrow R_1 = 1\Omega.$$

Vậy: Khi K mở, $R_1 = 1\Omega$.

b) Khi K đóng:

Ta có: $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = U_3 - U_4$

- Hiệu điện thế hai đầu R_3 : $U_3 = \frac{U}{R_1 + R_3} R_3 = \frac{12}{1+5} \cdot 5 = 10\text{V}$.

- Hiệu điện thế hai đầu R_4 : $U_4 = \frac{U}{R_2 + R_4} R_4 = \frac{12}{3 + R_4} R_4$.

- Ta có: $+U_{CD} = 10 - \frac{12}{3 + R_4} R_4 = 1$.

$\Leftrightarrow 12R_4 = 9(R_4 + 3) \Rightarrow R_4 = 9\Omega$.

$+U_{CD} = 10 - \frac{12}{3 + R_4} R_4 = -1$.

$12R_4 = 11(R_4 + 3) \Rightarrow R_4 = 33\Omega$.

Vậy: Khi K đóng, để $U_{CD} = 1V$ thì $R_4 = 9\Omega$ hoặc $R_4 = 33\Omega$.

Bài 6.

a) Số chỉ ampe kế A_3 , A_4 và cường độ dòng điện qua R

Giả sử các dòng điện có chiều như hình vẽ:

Ta có: $\begin{cases} I_1 = I_3 + I_R \\ I_4 = I_2 + I_3 \end{cases}$

$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{V_A - V_C}{R_A} = \frac{V_C - V_D}{R_A} + \frac{V_C - V_B}{R} \\ \frac{V_D - V_B}{R_A} = \frac{V_A - V_D}{R_A} + \frac{V_C - V_D}{R_A} \end{cases}$

Mà $\begin{cases} I_1 = \frac{V_A - V_C}{R_A} = 3 \\ I_2 = \frac{V_A - V_D}{R_A} = 4 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_C - V_D}{R_A} = 1 = I_3$

$\Rightarrow I_R = I_1 - I_3 = 3 - 1 = 2A$; $I_4 = I_2 + I_3 = 4 + 1 = 5A$.

Vậy: Số chỉ ampe kế (3) là 1A, ampe kế (4) là 5A.

b) Giá trị R_A

Ta có: $U_{CB} = U_{CD} + U_{DB}$

$\Leftrightarrow I_R R = I_3 R_A + I_4 R_A$

$\Rightarrow R_A = \frac{I_R \cdot R}{I_3 + I_4} = \frac{2 \cdot 3}{6} = 1A$.

Vậy: Điện trở của ampe kế là $R_A = 1A$.

Bài 7.

Hướng giải

- Hiệu điện thế hai đầu C, D: $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = U_2 - U_{DB}$

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{12}{5 + 25} = \frac{12}{30} = 0,4A$.

- Hiệu điện thế hai đầu R_2 : $U_2 = I_1 R_2 = 0,4 \cdot 25 = 10V$.

- Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U}{R_3 + R_{DB}} = \frac{12}{20 + R_{DB}}$.

- Hiệu điện thế hai đầu D, B: $U_{DB} = I_3 R_{DB} = \frac{12 R_{DB}}{20 + R_{DB}} \Rightarrow U_{CD} = 10 - \frac{12 R_{DB}}{20 + R_{DB}}$.

a) Tính r

- Khi hai điện trở r mắc nối tiếp: $R_{DB} = 2r \Rightarrow U_1 = 10 - \frac{12 \cdot 2r}{20 + 2r} = \frac{100 - 2r}{10 + r}$ (1)

- Khi hai điện trở r mắc song song: $R_{DB} = \frac{r}{2} \Rightarrow U_2 = 10 - \frac{12 \cdot \frac{r}{2}}{20 + \frac{r}{2}} = 3U_1 \Leftrightarrow \frac{400 - 2r}{40 + r} = 3U_1$ (2)

- Lấy (2) chia (1): $\frac{400+2r}{40+r} \cdot \frac{10+r}{100-2r} = 3$

$$\Leftrightarrow 4000+380r-2r^2 = 3(4000+20r-2r^2)$$

$$\Leftrightarrow r^2+80r-2000 = 0 \Rightarrow r = 20\Omega \text{ và } r = -100(\Omega) < 0: (\text{loại}).$$

Vậy: Giá trị của r là $r = 20\Omega$.

b) Số chỉ V khi nhánh DB chỉ có một điện trở r

- Khi nhánh DB chỉ có một điện trở r thì:

$$U_{CD} = 10 - \frac{12r}{20+r} = 10 - \frac{12 \cdot 20}{20+20} = 4V$$

Vậy: Khi nhánh DB chỉ có một điện trở r thì số chỉ V là $4V$.

c) Điện trở cần phải di chuyển để V chỉ số 0

Ta có: $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = U_{CB} - U_{DB} = 0$

$$\Rightarrow U_{CB} = U_{DB}$$

$$\Leftrightarrow I_1 R_{CB} = I_3 R_{DB} \quad (1)$$

Mặt khác: $U_{CD} = U_{CA} + U_{AD} = -U_{AC} + U_{AD} = 0$

$$\Rightarrow U_{AC} = U_{AD}$$

$$\Leftrightarrow I_1 R_{AC} = I_3 R_{AD} \quad (2)$$

- Lấy (2) chia (1) ta được: $\frac{R_{AC}}{R_{CB}} = \frac{R_{AD}}{R_{DB}}$: mạch cầu cân bằng.

$$\Leftrightarrow R_{AC} R_{DB} = R_{AD} R_{CB}$$

Với: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 25\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, $r = 20\Omega$:

$$\Rightarrow R_2 R_3 = 25 \cdot 20 = 500 ; R_1 r = 5 \cdot 20 = 100.$$

Vậy: Để mạch cầu cân bằng, ta chuyển r nối tiếp R_1 , lúc đó:

$$R_{AC} = R_1 + r = 25\Omega \text{ và } R_{AC} r = 25 \cdot 20 = 500.$$

Bài 8.

a) Số chỉ của vôn kế

Điện trở tương đương của R_4 và R_6 : $R_{46} = R_4 + R_6 = 40\Omega$.

Ta có: $R_1 R_{46} = R_2 R_3 \Rightarrow$ mạch cầu cân bằng nên: $I_5 = 0$;

$U_{MN} = 0$. Mạch điện được vẽ lại như hình bên.

- Số chỉ của vôn kế: $U_V = U_{MD} = U_{MC} + U_{CD} = U_3 - U_6$

- Điện trở tương đương của R_2 , R_4 , R_6 :

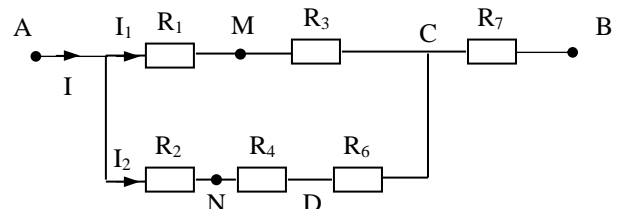
$$R_{246} = R_2 + R_4 + R_6 = 42 + 20 + 20 = 82\Omega$$

- Điện trở tương đương của R_1 , R_3 : $R_{13} = R_1 + R_3 = 21 + 20 = 41\Omega$.

- Điện trở tương đương đoạn mạch AC: $R_{AC} = \frac{R_{13} R_{246}}{R_{13} + R_{246}} = \frac{41 \cdot 82}{41 + 82} = \frac{82}{3} \Omega$.

- Điện trở tương đương đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_{AC} + R_7 = \frac{82}{3} + 20 = \frac{142}{3} \Omega$.

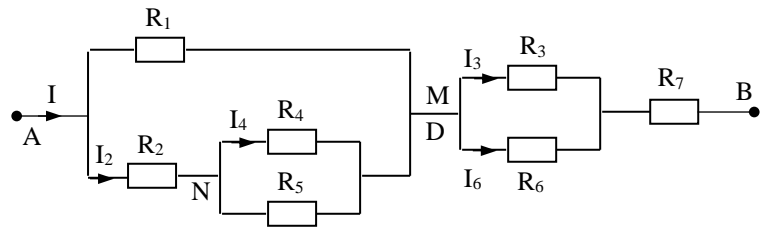
- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{33}{\frac{142}{3}} = \frac{99}{142} A$.



- Hiệu điện thế hai đầu AC: $U_{AC} = IR_{AC} = \frac{99}{142} \cdot \frac{82}{3} = \frac{1353}{71} \text{ V}$.
- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{AC}}{R_{13}} = \frac{1353}{71 \cdot 41} = \frac{33}{71} \text{ A}$.
- Hiệu điện thế hai đầu R_3 : $U_3 = I_1 R_3 = \frac{33}{71} \cdot 20 = \frac{660}{71} \text{ V}$.
- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_{AC}}{R_{246}} = \frac{1353}{71 \cdot 82} = \frac{33}{142} \text{ A}$.
- Hiệu điện thế hai đầu R_6 : $U_6 = I_2 R_6 = \frac{33}{142} \cdot 20 = \frac{330}{71} \text{ V}$.
- Số chỉ của vôn kế: $U_V = U_3 - U_6 = \frac{660}{71} - \frac{330}{71} = \frac{330}{71} = 4,65 \text{ V}$.

b) Số chỉ của ampe kế

- Thay vôn kế bằng ampe kế, mạch điện được vẽ lại như hình.



- Tại D: $I_4 + I_A = I_6 \Rightarrow I_A = I_6 - I_4$
- Điện trở tương đương của đoạn mạch

$$\text{AND: } R_{AND} = R_2 + \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5}$$

$$\Rightarrow R_{AND} = 42 + \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 42 + 12 = 54 \Omega$$

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AD: $R_{AD} = \frac{R_1 R_{AND}}{R_1 + R_{AND}}$.

$$\Rightarrow R_{AD} = \frac{21 \cdot 54}{21 + 54} = 15,12 \Omega$$

- Điện trở tương đương của R_3, R_6 : $R_{36} = \frac{R_3 R_6}{R_3 + R_6} = \frac{20 \cdot 20}{20 + 20} = 10 \Omega$.

- Điện trở tương đương mạch AB: $R_{AB} = R_{AD} + R_{36} + R_7$.

$$\Leftrightarrow R_{AB} = 15,12 + 10 + 20 = 45,12 \Omega$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{33}{45,12} = \frac{275}{376} \text{ A}$.

- Hiệu điện thế hai đầu A, D: $U_{AD} = IR_{AD} = \frac{275}{376} \cdot 15,12 = \frac{2079}{188} \text{ V}$.

- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U_{AD}}{R_{AND}} = \frac{2079}{188 \cdot 54} = \frac{77}{376} \text{ A}$.

- Hiệu điện thế hai đầu R_4 : $U_4 = I_2 R_4 = \frac{77}{376} \cdot 12 = \frac{231}{94} \text{ V}$.

- Cường độ dòng điện qua R_4 : $I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{231}{94 \cdot 20} = \frac{231}{1880} \text{ A}$.

- Hiệu điện thế hai đầu R_6 : $U_6 = IR_{36} = \frac{275}{376} \cdot 10 = \frac{2750}{376} \text{ V}$.

- Cường độ dòng điện qua R_6 : $I_6 = \frac{U_6}{R_6} = \frac{2750}{376 \cdot 20} = \frac{275}{752} \text{ A}$.

- Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I_A = I_6 - I_4 = \frac{275}{752} - \frac{231}{1880} = 0,243 \text{ A}$.

Vậy: Số chỉ của ampe kế là 0,243A.

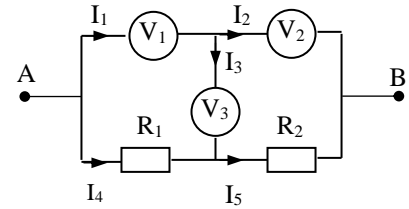
Bài 9.

Ta có: $I_1 = I_2 + I_3$

$$I_5 = I_3 + I_4$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_A - V_C}{R_V} = \frac{V_C - V_B}{R_V} + \frac{V_C - V_D}{R_V}$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_D - V_B}{R_2} = \frac{V_C - V_D}{R_V} + \frac{V_A - V_D}{R_1}$$



Chọn $V_B = 0 \Rightarrow V_A = U_{AB}$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{U_{AB} - V_C}{R_V} = \frac{V_C}{R_V} + \frac{V_C - V_D}{R_V} & (1) \\ \frac{V_D}{R_2} = \frac{V_C - V_D}{R_V} + \frac{U_{AB} - V_D}{R_1} & (2) \end{cases}$$

a) Số chỉ V_3 : Từ (1) ta được: $U_{AB} - U_2 = U_2 + U_3$

$$\Rightarrow U_3 = U_{AB} - 2U_2 = 5 - 2.2 = 1V.$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế (3) là 1V.

b) Tính R_V theo R_1, R_2

- Từ (2) suy ra: $\frac{V_D}{R_2} = \frac{U_3}{R_V} + \frac{5 - V_D}{R_1}$

$$\Rightarrow V_D \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{R_V} + \frac{5}{R_1} \quad (3)$$

- Từ (1) suy ra: $U_{AB} - U_2 = U_2 + U_2 - V_D$

$$\Rightarrow V_D = 3U_2 - U_{AB} = 1V$$

- Từ (3) suy ra: $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_V} + \frac{5}{R_1} \Leftrightarrow \frac{1}{R_V} = \frac{1}{R_2} - \frac{4}{R_1} \quad (4)$

- Thay $R_2 = \frac{R_1}{4,8}$ vào (4) ta được: $\frac{1}{R_V} = \frac{4,8}{R_1} - \frac{4}{R_1} = \frac{0,8}{R_1} \Rightarrow R_V = \frac{R_1}{0,8} = 1,25R_1$

$$\Rightarrow R_V = 1,25.4,8R_2 = 6R_2$$

Vậy: $R_V = 1,25R_1 = 6R_2$.

Bài 10.

a) Số chỉ các ampe kế: Khi K mở, ampe kế A_3 chỉ số 0.

- Cường độ dòng điện qua A_1 : $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2} = \frac{12,32}{9+6} = \frac{308}{375} \approx 0,82A$.

- Cường độ dòng điện qua A_2 : $I_2 = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{12,32}{30} = \frac{154}{375} \approx 0,41A$.

Vậy: Số chỉ của ampe kế A_1 là 0,82A, của ampe kế A_2 là 0,41A, của ampe kế A_3 là 0.

b) Vị trí con chạy D

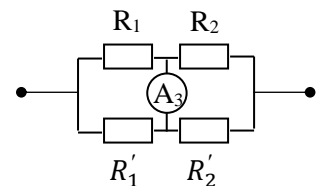
- Để ampe kế A_3 chỉ 0: Khi K đóng, ampe kế A_3 chỉ số 0: mạch cầu cân bằng:

Ta có: $R_1 R'_2 = R_2 R'_1$

$$\Leftrightarrow R_1(30 - R'_1) = R_2 R'_1 \Leftrightarrow 9(30 - R'_1) = 6R'_1$$

$$\Leftrightarrow 15R'_1 = 270 \Rightarrow R'_1 = 18\Omega; R'_2 = 12\Omega.$$

Vậy: Con chạy D phải ở vị trí chia R thành hai điện trở $R'_1 = 18\Omega; R'_2 = 12\Omega$.



- Đề hai trong ba ampe kế chỉ cùng giá trị

+ Nếu ampe kế A_1 và A_2 chỉ cùng giá trị: $I_1 = I_2$

Mà $R_1 // R'_1 \Leftrightarrow U_1 = U'_1 \Rightarrow R_1 = R'_1 = 9\Omega$.

$\Rightarrow R'_2 = 30 - 9 = 21\Omega$.

Điện trở tương đương của toàn mạch:

$$R_{AB} = \frac{R_1 R'_1}{R_1 + R'_1} + \frac{R_2 R'_2}{R_2 + R'_2} = \frac{9 \cdot 9}{9 + 9} + \frac{6 \cdot 21}{6 + 21} = \frac{55}{6} \Omega$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{12,32}{55} \cdot 6 = 1,344A = I_1 + I_2$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{1,344}{2} = 0,672A$$

+ Nếu ampe kế A_1 và A_3 chỉ cùng giá trị: $I_1 = I_3 \Rightarrow I_4 = 0$

$\Rightarrow R'_2 = 0 \Rightarrow R'_1 = 30\Omega$

Số chỉ của ampe kế A_1 và A_3 là: $I_1 = I_3 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{12,32}{9} \approx 1,37A$.

+ Nếu ampe kế A_2 và A_3 chỉ cùng giá trị: $I_2 = I_3$

$$\text{Ta có: } \left. \begin{array}{l} U_1 = I_1 R_1 = 9I_1 \\ U_2 = I_2 R'_1 \end{array} \right\} \Rightarrow 9I_1 = R'_1 I_2 \Rightarrow I_1 = \frac{R'_1 I_2}{9}$$

$$\left. \begin{array}{l} U_4 = I_4 R_2 = 6I_4 \\ U_5 = I_5 R'_2 \end{array} \right\} \Rightarrow 6I_4 = R'_2 I_5 \Rightarrow I_5 = \frac{6I_4}{R'_2}$$

$$\text{Mặt khác: } I_5 = I_2 + I_3 = 2I_2 \Rightarrow I_4 = \frac{I_2 R'_2}{3}$$

$$\Rightarrow I_1 = I_4 + I_3 = I_4 + I_2 = \frac{R'_1 I_2}{9} \Leftrightarrow \frac{I_2 R'_2}{3} + I_2 = \frac{R'_1 I_2}{9}$$

$$\Leftrightarrow \frac{R'_1}{9} = \frac{30 - R'_1}{3} + 1 \Leftrightarrow R'_1 = 99 - 3R'_1$$

$$\Rightarrow R'_1 = 24,75\Omega$$

Vậy: Đề 2 trong 3 ampe kế chỉ cùng giá trị thì con chạy D phải ở vị trí sao cho: $R'_1 = 9\Omega$; $R'_1 = 30\Omega$; $R'_1 = 24,75\Omega$.

Bài 11.

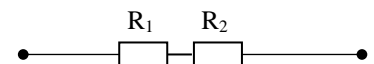
a) Điện tích các tụ khi K mở, K đóng

- Khi K mở, không có dòng điện qua các điện trở nên: $U_{C_1} = U_{C_2} = U$.

- Điện tích trên tụ C_1 : $Q_1 = C_1 U_{C_1} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 50 = 1000 \mu C$.

- Điện tích trên tụ C_2 : $Q_2 = C_2 U_{C_2} = 30 \cdot 10^{-6} \cdot 50 = 1500 \mu C$.

- Khi K đóng, mạch điện như sau:



$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{50}{20 + 30} = 1A$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế hai đầu } R_1: U_1 = IR_1 = 1 \cdot 20 = 20V.$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế hai đầu } R_2: U_2 = IR_2 = 1 \cdot 30 = 30V.$$

$$+ \text{ Điện tích trên tụ } C_1: Q_1 = C_1 U_1 = 20 \cdot 20 = 400 \mu C.$$

$$+ \text{ Điện tích trên tụ } C_2: Q_2 = C_2 U_2 = 30 \cdot 30 = 900 \mu C.$$

Vậy: Khi K mở, điện tích trên các tụ điện là $Q_1 = 1000\mu\text{C}$, $Q_2 = 1500\mu\text{C}$; khi K đóng, điện tích trên các tụ điện là $Q_1 = 400\mu\text{C}$, $Q_2 = 900\mu\text{C}$.

b) Điện lượng qua R_3 khi K đóng

- Ban đầu K mở: $Q_1 = 1000\mu\text{C}$.

- Sau đó K đóng: $Q'_1 = 400\mu\text{C}$.

$$\Rightarrow \Delta Q = Q_1 - Q'_1 = 1000 - 400 = 600\mu\text{C}.$$

Vậy: Điện lượng qua R_3 khi K đóng là $\Delta Q = 600\mu\text{C}$.

Bài 12.

a) Hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ theo R_1

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{120}{R_1 + 600}$.

- Ta có: $U_{AD} = U_{AC} + U_{CD} \Leftrightarrow IR_1 = U_1 + U_3$ (1)

$$U_{DB} = U_{DC} + U_{CB} \Leftrightarrow IR_2 = -U_3 + U_2$$
 (2)

$$-Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$\Leftrightarrow -C_1 U_{AC} + C_2 U_{CB} + C_3 U_{CD} = 0$$

$$\Leftrightarrow -U_1 + U_2 + U_3 = 0 \Leftrightarrow U_2 = U_1 - U_3$$
 (3)

- Thay (3) vào (2) ta được: $IR_2 = U_1 - 2U_3$ (4)

- Từ (1) suy ra: $2IR_1 = 2U_1 + 2U_3$ (5)

- Lấy (4) cộng với (5): $3U_1 = I(2R_1 + R_2)$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{I}{3} (2R_1 + R_2) = \frac{40}{R_1 + 600} (2R_1 + 600) = \frac{40(2R_1 + 600)}{R_1 + 600}$$

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3 : $U_3 = IR_1 - U_1 = \frac{120R_1}{R_1 + 600} - \frac{40(2R_1 + 600)}{R_1 + 600} = \frac{40(R_1 - 600)}{R_1 + 600}$

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2 : $U_2 = U_1 - U_3 = \frac{40(2R_1 + 600)}{R_1 + 600} - \frac{40(R_1 - 600)}{R_1 + 600} = \frac{40(R_1 + 1200)}{R_1 + 600}$

- Áp dụng với $R_1 = 400\Omega$ ta được:

$$U_1 = \frac{40 \cdot (2 \cdot 400 + 600)}{400 + 600} = 56\text{V}$$

$$U_2 = \frac{40 \cdot (400 + 1200)}{400 + 600} = 64\text{V}$$

$$U_3 = \frac{40 \cdot (400 - 600)}{400 + 600} = -8\text{V}$$

Vì $U_3 < 0$ nên cực dương của tụ C_3 gắn với D, cực âm của tụ C_3 gắn với C.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản của các tụ điện là 56V, 64V và 8V.

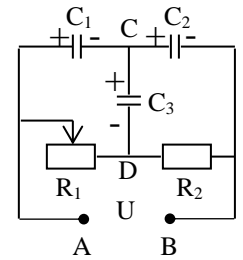
b) Giới hạn của R_1

$$\text{Ta có: } U_1 = \frac{40(2R_1 + 600)}{R_1 + 600} \leq 70$$
 (6)

$$U_2 = \frac{40(R_1 + 1200)}{R_1 + 600} \leq 70$$
 (7)

$$U_3 = \frac{40(R_1 - 600)}{R_1 + 600} \leq 70$$
 (8)

- Từ (6) suy ra: $4(2R_1 + 600) \leq 7(R_1 + 600) \Rightarrow R_1 \leq 1800\Omega$ (9)



- Từ (7) suy ra: $4(R_1+1200) \leq 7(R_1+600) \Rightarrow R_1 \geq 200\Omega$ (10)

- Từ (8) suy ra: $4(R_1-600) \leq 7(R_1+600)$

$\Rightarrow R_1 \geq -2200\Omega$ (11)

- Từ (9), (10), (11) suy ra: $200\Omega \leq R_1 \leq 1800\Omega$.

Vậy: R_1 có thể thay đổi trong khoảng từ 200Ω đến 1800Ω .

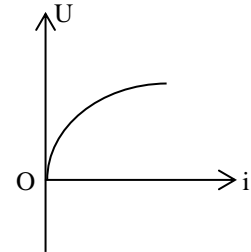
Bài 13.

a) Đường đặc trưng vôn – ampe $U = f(i)$ của varistor

Ta có: $i = kU^2 \Rightarrow U = \frac{1}{\sqrt{k}} \cdot \sqrt{i}$.

$\Rightarrow R = \frac{dU}{di} = \frac{1}{2\sqrt{k}} \cdot i^{-\frac{1}{2}} = \frac{1}{2\sqrt{k}\sqrt{i}}$

Khi $i \rightarrow 0$ thì $R \rightarrow \infty$; khi $i \rightarrow \infty$ thì $R \rightarrow 0$: điện trở không phi tuyến.



b) Công suất P tiêu thụ trên varistor, các dòng i_1 , i_2 và hiệu điện thế U_0

- Vì mạch cầu cân bằng nên: $R_1.R = R_2R_3 \Rightarrow R = \frac{R_2R_3}{R_1} = \frac{4.1}{2} = 2\Omega$.

- Cường độ dòng điện qua X: $i_2 = \frac{U_{CD}}{R} = \frac{\sqrt{i_2}}{\sqrt{k}.R}$.

$\Rightarrow \sqrt{i_2} = \frac{1}{\sqrt{k}.R} \Rightarrow i_2 = \frac{1}{k.R^2} = \frac{1}{0,25.2^2} = 1A$

- Công suất tiêu thụ trên varistor: $P_X = Ri^2 = 2.1^2 = 2W$.

- Hiệu điện thế hai đầu A,D: $U_0 = i_2(R_3 + R) = 1.(1 + 2) = 3V$.

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $i_1 = \frac{U_0}{R_1+R_2} = \frac{3}{2+4} = 0,5A$.

c) Tính U_0 để mạch cầu cân bằng

- Khi mạch cầu cân bằng: $R_1R_X = R_2R_3 \Rightarrow R_X = \frac{R_2R_3}{R_1}$.

- Cường độ dòng điện qua R_X : $I_2 = kU_X^2 = k(I_2R_X)^2 \Rightarrow I_2 = \frac{1}{kR_X^2}$.

- Hiệu điện thế đặt vào hai đầu A,D: $U_0 = I_2(R_3+R_X) = \frac{R_3+R_X}{kR_X^2}$.

$\Rightarrow U_0 = \frac{R_3 + \frac{R_2R_3}{R_1}}{\frac{R_2^2R_3^2}{kR_1^2}} = \frac{R_1(R_1+R_2)}{kR_2^2R_3}$.

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_0}{R_1+R_2} = \frac{R_1(R_1+R_2)}{kR_2^2R_3(R_1+R_2)} = \frac{R_1}{kR_2^2R_3}$.

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_1 + I_2$

$\Rightarrow I = \frac{R_1}{kR_2^2R_3} + \frac{R_1^2}{kR_2^2R_3^2} = \frac{R_1}{kR_2^2R_3} \left(1 + \frac{R_1}{R_3}\right)$.

- Khi thay X bằng biến trở, ta có cầu Uyt-xton. Sự giống nhau và khác nhau giữa cầu Uyt-xton và cầu nghiên cứu trong bài là:

+ Giống: Đều là mạch cầu được điều chỉnh để mạch cầu cân bằng hay không cân bằng.

+ Khác: Cầu Uyt-xton : điều chỉnh biến trở R còn hiệu điện thế đặt vào hai đầu đoạn mạch là không đổi; cầu nghiên cứu trong bài này là điều chỉnh U_0 .

Bài 14.

a) Hệ thức liên hệ giữa a và b để không có dòng điện qua (Đ)

- Để không có dòng điện qua (Đ) thì:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow I_2 = \frac{R_1}{R_2} I_1 = a I_1 \quad (1)$$

$$I_2 R_3 = I_6 R_6 \Rightarrow I_2 = \frac{R_6}{R_3} I_6 = b I_6 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $I_1 = \frac{b}{a} I_6$ (3)

- Mặt khác: $I_4 = I_2 + I_6 = I_6(b + 1)$ (4)

$$I_5 R_5 = I_4 R_4 + I_2 R_2$$

$$\Leftrightarrow I_5 = \frac{I_4 + I_2}{2} = \frac{I_6(b+1) + b I_6}{2} = \frac{I_6(2b+1)}{2} \quad (5)$$

$$\text{và } I = I_1 + I_2 = I_4 + I_5 \quad (6)$$

- Thay (2), (3), (4) và (5) vào (6) ta được:

$$\begin{aligned} \frac{b}{a} I_6 + b I_6 &= I_6(b + 1) + \frac{I_6(2b+1)}{2} \\ \Rightarrow \frac{b}{a} + b &= (b + 1) + \frac{(2b+1)}{2} \\ \Rightarrow 2ab + 3a &= 2b \end{aligned} \quad (7)$$

Vậy: Hệ thức liên hệ giữa a, b để không có dòng điện qua (Đ) là: $2ab + 3a = 2b$.

b) Hệ thức liên hệ giữa a, c và d để không có dòng điện qua (Đ)

- Khi không có dòng điện qua (Đ): $R_3 = R_6 \Rightarrow b = 1$.

- Từ (7) suy ra: $a = \frac{2}{5}$; từ (2) suy ra: $I_2 = I_6$; từ (4) suy ra: $I_4 = 2I_6$; từ (3) suy ra: $I_1 = \frac{I_6}{a}$.

- Mặt khác: $I_5 R_5 = I_4 R_4 + I_6 R_6 \Rightarrow I_5 = \frac{I_4 R_4 + I_6 R_6}{R_5}$

$$\Leftrightarrow I_5 = \frac{2I_6 R_4 + I_6 R_3}{R_5} = \frac{2R_4 + R_3}{R_5} I_6 \quad (8)$$

$$\text{và } I_1 + I_2 = I_4 + I_5 \Leftrightarrow \frac{I_6}{a} + I_6 = 2I_6 + \frac{2R_4 + R_3}{R_5} I_6$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{a} + 1 = 2 + \frac{2R_4 + R_3}{R_5}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{a} = 1 + \frac{R_3 + R_4}{R_5} + \frac{R_4}{R_5} = 1 + \frac{1}{d} + \frac{c}{d} = 1 + \frac{1+c}{d}$$

Vậy: Hệ thức liên hệ giữa a, c và d để không có dòng điện qua (Đ) là $\frac{1}{a} = \frac{1+c}{d} + 1$.

Chuyên đề 7: ĐIỆN TRỞ PHỤ TRONG CÁC DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC.

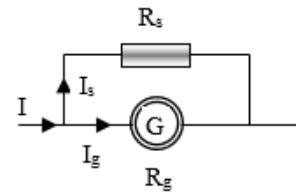
I. NGUYÊN TẮC

Để mở rộng thang đo của ampe kế và vôn kế người ta mắc thêm sơn R_s (trong ampe kế) và điện trở phụ R_p (trong vôn kế).

II. MẮC SƠN TRONG AMPE KẾ

❶ Ampe kế

- Cấu tạo: Gồm sơn R_s mắc song song với điện kế G.
- Công thức: Gọi I là cường độ dòng điện cần đo, I_g là cường độ dòng điện qua điện kế G, I_s là cường độ dòng điện qua sơn R_s .



$$I = \left(1 + \frac{R_g}{R_s}\right) I_g \quad (7.1)$$

❷ Nhận xét

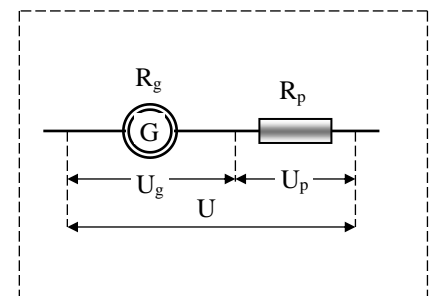
Cường độ dòng điện cần đo lớn hơn cường độ dòng điện qua điện kế $\left(1 + \frac{R_g}{R_s}\right)$ lần nghĩa là thang đo được mở rộng $\left(1 + \frac{R_g}{R_s}\right) = (1+n)$ lần và $\frac{R_g}{R_s}$ càng lớn thì thang đo càng được mở rộng.

III. MẮC ĐIỆN TRỞ PHỤ TRONG VÔN KẾ

❶ Vôn kế

- Cấu tạo: Gồm điện trở phụ R_p mắc nối tiếp với điện kế G.
- Công thức: Gọi U là hiệu điện thế cần đo, U_p là hiệu điện thế hai đầu điện kế G, U_g là hiệu điện thế hai đầu điện trở phụ R_p .

$$U = \left(1 + \frac{R_p}{R_g}\right) U_g \quad (7.2)$$



❷ Nhận xét

Hiệu điện thế cần đo lớn hơn hiệu điện thế hai đầu điện kế $\left(1 + \frac{R_p}{R_g}\right)$ lần nghĩa là thang đo được mở rộng $\left(1 + \frac{R_p}{R_g}\right) = (1+n)$ lần và $\frac{R_p}{R_g}$ càng lớn thì thang đo càng được mở rộng.

***Chú ý:** Khi thang đo của các dụng cụ đo được mở rộng m lần thì độ nhạy của các dụng cụ đo giảm m lần.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

- Khi sử dụng các công thức của ampe kế và vôn kế cần xác định đúng giá trị cần đo (U, I) và giá trị của điện kế (U_g, I_g).

- Gọi n là giá trị một độ chia trên điện kế, X là độ lệch của điện kế, ta có:

$$I_g = nX; U_g = nX$$

- Phân biệt giữa sai số tuyệt đối và sai số tương đối của phép đo:

+ Sai số tuyệt đối: $\Delta I = |I - I'|$; $\Delta U = |U - U'|$.

+ Sai số tương đối: $\frac{\Delta I}{I}$; $\frac{\Delta U}{U}$.

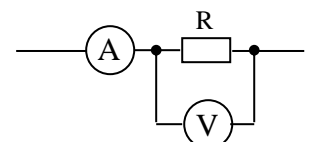
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một điện kế đo được cường độ lớn nhất là 0,1A. Điện trở của điện kế bằng 1Ω .

a) Muốn biến điện kế thành ampe kế đo được cường độ lớn nhất bằng 1A, phải mắc sơn có giá trị bao nhiêu?

Tính điện trở ampe kế đó.

b) Muốn biến điện kế thành vôn kế đo được hiệu điện thế lớn nhất bằng 10V, phải mắc thêm điện trở phụ có giá trị bao nhiêu? Tính điện trở vôn kế đó.



c) Để đo điện trở R người ta dùng ampe kế và vôn kế nối trong hai câu trên, mắc theo sơ đồ như hình bên. Biết ampe kế chỉ $0,15A$, vôn kế chỉ $5V$. Tính giá trị đúng của R .

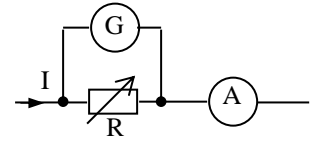
Bài 2. Cho mạch điện như hình vẽ. Khi $R = R_1 = 0,99\Omega$ kim điện kế G lệch 30 vạch chia độ và cường độ mạch chính (cho bởi ampe kế A) là $0,6A$. Khi $R = R_2 = 0,19\Omega$, G lệch 20 độ chia, $I_A = 2A$.

a) Tính R_g .

b) Tìm R_2 để kim điện kế lệch một vạch chia độ khi cường độ mạch chính là $10mA$.

c) $R = 0,047\Omega$, khi $I_A = 2A$, kim G lệch bao nhiêu độ chia?

d) Để biến G thành vôn kế mà mỗi độ chia ứng với $1V$, ta phải làm gì?



Bài 3. Cho mạch điện như hình vẽ, U_{AB} không đổi, $R = 2\Omega$, hai điện kế giống nhau, kim của mỗi điện kế lệch 32 độ chia. Mắc thêm điện trở $S = 8\Omega$ song song với một trong hai điện kế, kim điện kế đó chỉ lệch 12,5 độ chia.

a) Tính R_g .



b) $U = 3,2V$. Tính giá trị mỗi độ chia của G .

c) Nếu mạch chỉ còn R và một điện kế cùng với S mắc song song điện kế thì số chỉ của điện kế là bao nhiêu?

Bài 4. Một điện kế nếu lần lượt mắc thêm sơn s_1, s_2 thì giá trị mỗi độ chia tăng lần lượt là n_1, n_2 . Hỏi giá trị mỗi độ chia của điện kế tăng bao nhiêu lần, nếu dùng cả hai sơn:

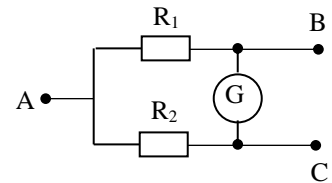
a) Mắc nối tiếp

b) Mắc song song.

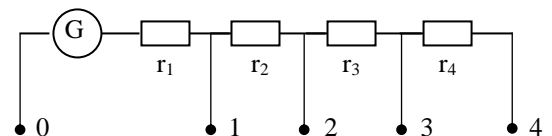
Bài 5. Một ampe kế có mắc hai điện trở phụ R_1, R_2 như hình vẽ. Khi sử dụng đầu A, B thang đo (so với khi không có điện trở phụ) tăng n_1 lần. Khi dùng đầu A, C thang đo tăng n_2 lần.

a) Hỏi khi sử dụng các đầu B, C thang đo tăng bao nhiêu lần.

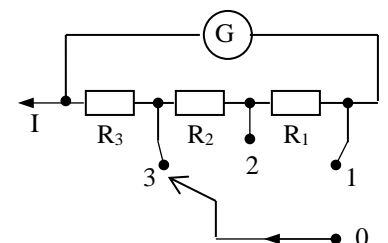
b) Điện trở điện kế là R_g . Tính R_1, R_2 .



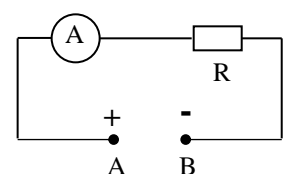
Bài 6. Vôn kế có cấu tạo như hình vẽ. Điện kế có điện trở $R_g = 10\Omega$, chịu được cường độ $30mA$. Vôn kế có các thang đo $15V, 75V, 150V, 300V$. Tìm r_1, r_2, r_3, r_4 .



Bài 7. Miliampe kế có cấu tạo như hình vẽ. Điện kế có $R_g = 40\Omega$ chịu được cường độ $2mA$. Máy đo có các thang đo $I_1 = 10mA, I_2 = 30mA, I_3 = 100mA$. Tìm R_1, R_2, R_3 .



Bài 8. Để tìm cường độ qua điện trở $R = 75\Omega$, người ta mắc nối tiếp với R một ampe kế ($R_A = 5\Omega$). Biết U_{AB} không đổi. Tìm sai số tương đối của phép đo khi coi cường độ qua R trước và sau khi mắc ampe kế như nhau.



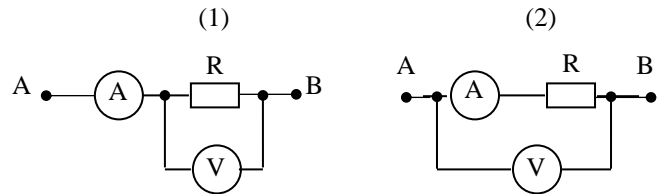
Bài 9. Đo R theo hai cách như hình vẽ, số chỉ của các

máy đo trong các trường hợp:

(1) là $I_1 = 2,06A$; $U_1 = 49,6V$.

(2) là $I_2 = 1,49A$; $U_2 = 50V$.

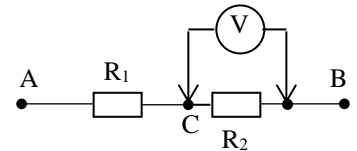
Tìm R, R_A , R_V . Biết U_{AB} không đổi.



Bài 10. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 60\Omega$ và $R_2 = 100\Omega$ mắc nối tiếp vào AB, $U_{AB} = 120V$ (không đổi).

a) Tính U_2 .

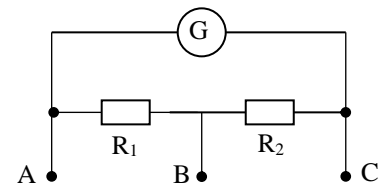
b) Mắc vôn kế $R_V = 900\Omega$ vào C, B, tìm số chỉ vôn kế và sai số tương đối khi coi U_2 bằng số chỉ vôn kế. Để sai số tương đối không quá 1% thì R_V phải là bao nhiêu?



Bài 11. Ampe kế có cấu tạo như hình vẽ. Nếu sử dụng hai chốt A, B thì giá trị mỗi độ chia của ampe kế là 1A; nếu sử dụng hai chốt B, C thì giá trị mỗi độ chia là 0,25A.

a) Tìm giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C.

b) Biết điện trở điện kế $R_g = 1\Omega$ và giá trị mỗi độ chia khi không sử dụng điện trở phụ là 0,01A. Tìm R_1 , R_2 .



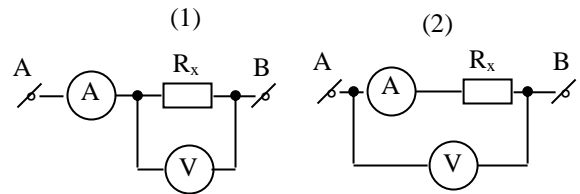
Bài 12.

Cho mạch điện như hình vẽ, U_{AB} không đổi, biết R_A , R_V .

a) Tính giá trị đúng của R_x ở mỗi cách đo.

b) Tính sai số tương đối ở mỗi cách theo R_x , R_A , R_V khi coi giá trị điện trở là $R = \frac{U}{I}$.

c) Khi R_x tăng, xét sự tăng giảm của các sai số trên và rút ra ý nghĩa thực tế. Tìm R_x theo R_A , R_V để hai sai số trên bằng nhau, xét khi $R_A \ll R_V$.



D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

a) Điện trở của ampe kế

- Để biến điện kế thành ampe kế, ta phải mắc thêm một sơ song song với điện kế:

$$I = (1 + \frac{R_g}{R_S}) I_g \Leftrightarrow 1 = (1 + \frac{1}{R_S}) \cdot 0,1 \Rightarrow R_S = \frac{1}{\frac{1}{0,1} - 1} = \frac{1}{9} \Omega.$$

- Điện trở của ampe kế khi đó: $R_A = \frac{R_g R_S}{R_g + R_S} = \frac{1 \cdot \frac{1}{9}}{1 + \frac{1}{9}} = \frac{1}{10} \Omega.$

Vậy: Điện trở của sơ là $R_S = \frac{1}{9} \Omega$, điện trở của ampe kế là $R_A = \frac{1}{10} \Omega.$

b) Điện trở của vôn kế

- Để biến điện kế thành vôn kế, ta phải mắc thêm một điện trở phụ nối tiếp với điện kế:

$$U = (1 + \frac{R_P}{R_g}) U_g$$

- Hiệu điện thế lớn nhất mà điện kế đo được: $U_g = 0,1 \cdot 1 = 0,1V$.

$$\Rightarrow 10 = (1 + \frac{R_p}{1}) \cdot 0,1 \Rightarrow R_p = \frac{10}{0,1} - 1 = 99\Omega$$

- Điện trở của vôn kế khi đó: $R_v = R_p + R_g = 99 + 1 = 100\Omega$.

Vậy: Điện trở của điện trở phụ là $R_p = 99\Omega$; điện trở của vôn kế là $R_v = 100\Omega$.

c) Giá trị đúng của R

- Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I = \frac{U_v}{R} + \frac{U_v}{R_v}$.

$$\Rightarrow R = \frac{U_v}{I - \frac{U_v}{R_v}} = \frac{5}{0,15 - \frac{5}{100}} = 50\Omega.$$

Vậy: Giá trị đúng của R là $R = 50\Omega$.

Bài 2.

a) Tính R_g

- Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I = \frac{U}{R} + \frac{U}{R_g} = U(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_g})$.

- Gọi n là giá trị của một độ chia:

$$+ \text{Khi } R = R_1: 0,6 = 30n(\frac{1}{0,99} + \frac{1}{R_g}) \quad (1)$$

$$+ \text{Khi } R = R_2: 2 = 20n(\frac{1}{0,19} + \frac{1}{R_g}) \quad (2)$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{0,99} + \frac{1}{R_g}}{\frac{1}{0,19} + \frac{1}{R_g}} = 0,2 \Leftrightarrow \frac{1}{0,99} + \frac{1}{R_g} = \frac{0,2}{0,19} + \frac{0,2}{R_g}$$

$$\Rightarrow R_g = 18,81\Omega$$

Vậy: Điện trở của điện kế là $R_g = 18,81\Omega$.

b) Tìm R_2 để kim điện kế lệch một vạch chia độ

- Để $I = 10mA \Leftrightarrow nA = 0,01A$ thì $0,01 = n(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_g})$ (3)

- Lấy (1) chia cho (3) ta được: $60 = \frac{30(\frac{1}{0,99} + \frac{1}{R_g})}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_g}}$.

$$\Leftrightarrow 2(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{18,81}) = \frac{1}{0,99} + \frac{1}{18,81}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2 \cdot 0,99} + \frac{1}{2 \cdot 18,81} - \frac{1}{18,81} = \frac{100}{209} \Rightarrow R_2 = 2,09\Omega.$$

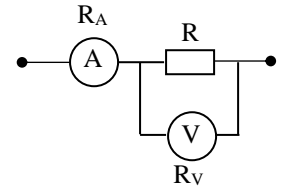
Vậy: Để kim điện kế lệch một vạch chia độ thì $R_2 = 2,09\Omega$.

c) Kim G lệch bao nhiêu độ chia

- Khi $R = 0,047\Omega$ thì $I_A = 2A: 2 = n(\frac{1}{0,047} + \frac{1}{R_g})$ (4)

- Lấy (1) chia cho (4): $0,3 = \frac{30}{X} (\frac{\frac{1}{0,99} + \frac{1}{R_g}}{\frac{1}{0,047} + \frac{1}{R_g}})$

$$\Rightarrow X = \frac{30(\frac{1}{0,99} + \frac{1}{18,81})}{0,3(\frac{1}{0,047} + \frac{1}{18,81})} = 5 \Rightarrow \text{kim điện kế lệch 5 độ chia.}$$



Vậy: Kim G lệch 5 độ chia.

d) Cách biến G thành vôn kế

Để biến G thành vôn kế, ta mắc nối tiếp G với một điện trở phụ R_P . Lúc đó:

$$\text{- Từ (1) suy ra: } 0,6 = 30n\left(\frac{1}{0,99} + \frac{1}{R_g}\right) \Rightarrow n = \frac{0,6}{30\left(\frac{1}{0,99} + \frac{1}{18,81}\right)} = 0,01881$$

- Trước khi mắc thêm R_P , mỗi độ chia ứng với 0,01881V; sau khi mắc thêm R_P , mỗi độ chia ứng với 1V:

$$\text{Từ } U = \left(1 + \frac{R_P}{R_g}\right)U_g$$

$$\Rightarrow R_P = R_g\left(\frac{U}{U_g} - 1\right) = 18,81\left(\frac{1}{0,01881} - 1\right) = 981,19\Omega.$$

Vậy: Để biến G thành vôn kế phải mắc thêm điện trở phụ $R_P = 981,19\Omega$ nối tiếp với G.

Bài 3.

a) Tính R_g

$$\text{- Khi chưa mắc thêm điện trở S: Gọi } n \text{ là giá trị mỗi độ chia trên G, ta có: } I = \frac{U}{R+2R_g} = 32n \quad (1)$$

$$\text{- Khi mắc thêm điện trở S: } I = \frac{U}{R + \frac{R_g S}{R_g + S} + R_g} = \frac{U_1}{R_A}$$

$$\Leftrightarrow \frac{U}{R + \frac{R_g S}{R_g + S} + R_g} = \frac{12,5nR_g(R_g + S)}{R_g S}$$

$$\Leftrightarrow \frac{U}{(R_g + R)(R_g + S) + R_g S} = \frac{12,5n}{8} \quad (2)$$

$$\text{- Lấy (1) chia cho (2): } \frac{(R+R_g)(S+R_g)+R_g S}{R+2R_g} = 20,48$$

$$\Leftrightarrow (2+R_g)(8+R_g)+8R_g = 20,48(2+2R_g)$$

$$\Leftrightarrow 16+18R_g+R_g^2 = 40,96+40,96R_g$$

$$\Leftrightarrow R_g^2 - 22,96R_g - 24,96 = 0 \Rightarrow R_g = 24\Omega.$$

Vậy: Điện trở mỗi điện kế là $R_g = 24\Omega$.

b) Giá trị mỗi độ chia của G: Với $U = 3,2V$ thì từ (1), ta có:

$$n = \frac{U}{32(R+2R_g)} = \frac{3,2}{32(2+2.24)} = 2.10^{-3} A = 2 \text{ mA}$$

Vậy: Giá trị mỗi độ chia của G là $n = 2 \text{ mA}$.

c) Số chỉ của điện kế

- Nếu mạch chỉ còn R, G và S mắc song song với G thì:

$$I = \frac{U}{R + \frac{R_g S}{R_g + S}} = Xn \quad (3)$$

(với X là độ lệch của kim điện kế).

$$\text{- Lấy (3) chia cho (1): } \frac{X}{32} = \frac{R+2R_g}{R + \frac{R_g S}{R_g + S}} \Rightarrow X = 32\left(\frac{2+2.24}{2+\frac{24.8}{24+8}}\right) = 200.$$

Vậy: Điện kế lệch 200 độ chia.

Bài 4.

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

- Khi mắc thêm sơn s_1 thì giá trị mỗi độ chia tăng n_1 lần: $\frac{I}{I_{g1}} = 1 + \frac{R_g}{s_1} = n_1 \Rightarrow \frac{R_g}{s_1} = n_1 - 1$ (1)

- Khi mắc thêm sơn s_2 thì giá trị mỗi độ chia tăng n_2 lần: $\frac{I}{I_{g2}} = 1 + \frac{R_g}{s_2} = n_2 \Rightarrow \frac{R_g}{s_2} = n_2 - 1$ (2)

a) Mắc nối tiếp

- Khi mắc s_1 nối tiếp s_2 thì giá trị mỗi độ chia tăng: $\frac{I}{I_{g3}} = 1 + \frac{R_g}{s_1 + s_2} = n_3$ (3)

- Lấy (1) cộng (2): $R_g \left(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} \right) = n_1 + n_2 - 2$ (4)

- Lấy (1) nhân (2): $\frac{R_g^2}{s_1 s_2} = (n_1 - 1)(n_2 - 1)$ (5)

- Lấy (5) chia (1): $\frac{R_g}{s_1 + s_2} = \frac{(n_1 - 1)(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$

- Từ (3) suy ra: $n_3 = 1 + \frac{(n_1 - 1)(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$

$$\Rightarrow n_3 = \frac{n_1 + n_2 - 2 + n_1 n_2 - n_1 - n_2 + 1}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{n_1 n_2 - 1}{n_1 + n_2 - 2}$$

Vậy: Khi hai sơn mắc nối tiếp, giá trị mỗi độ chia tăng lên $n_3 = \frac{n_1 n_2 - 1}{n_1 + n_2 - 2}$ lần.

b) Mắc song song

- Khi mắc s_1 song song s_2 : $\frac{I}{I_{g4}} = 1 + R_g \left(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} \right) = n_4$ (6)

- Lấy (1) cộng (2): $R_g \left(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} \right) = n_1 + n_2 - 2$

$$\Rightarrow n_4 = 1 + n_1 + n_2 - 2 = n_1 + n_2 - 1$$

Vậy: Khi hai sơn mắc song song, giá trị mỗi độ chia tăng lên $n_4 = n_1 + n_2 - 1$.

Bài 5.

- Khi sử dụng đầu vào là A, đầu ra là B thì mạch điện được vẽ lại như hình.

- Theo sơ đồ này R_1 là sơn nên: $I_1 = I_g \left(1 + \frac{R_2 + R_g}{R_1} \right)$

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I_g} = 1 + \frac{R_2 + R_g}{R_1} = n_1 \Rightarrow R_1 + R_2 + R_g = n_1 R_1$$
 (1)

- Khi sử dụng đầu vào là A, đầu ra là C thì mạch điện được vẽ lại như hình bên.

- Theo sơ đồ này R_2 là sơn nên: $I_2 = I_g \left(1 + \frac{R_1 + R_g}{R_2} \right)$.

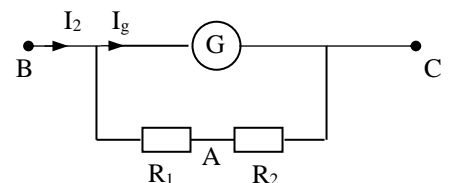
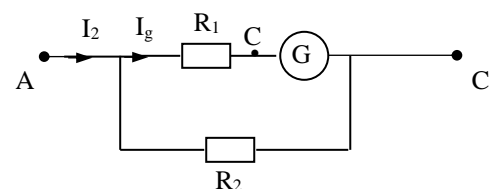
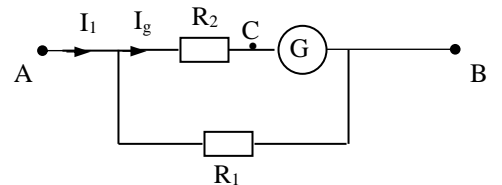
$$\Rightarrow \frac{I_2}{I_g} = 1 + \frac{R_1 + R_g}{R_2} = n_2 \Leftrightarrow R_1 + R_2 + R_g = n_2 R_2$$
 (2)

a) Khi dùng đầu vào là B, đầu ra là C, ta có:

- Theo sơ đồ này $[R_1 \text{ nt } R_2]$ là sơn nên: $I_3 = I_g \left(1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2} \right)$.

$$\Rightarrow \frac{I_3}{I_g} = 1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2} = n_3 \Leftrightarrow R_1 + R_2 + R_g = n_3 (R_1 + R_2)$$
 (3)

- Từ (1), (2) suy ra: $n_1 R_1 = n_2 R_2 \Rightarrow R_1 = \frac{n_2 R_2}{n_1}$ (4)



- Từ (2), (3) suy ra: $n_2 R_2 = n_3 (R_1 + R_2) = n_3 \left(\frac{n_2 R_2}{n_1} + R_2 \right) = n_3 \left(\frac{n_2}{n_1} + 1 \right) R_2$

$$\Rightarrow n_2 = n_3 \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1} \right)$$

$$\Rightarrow n_3 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$$

Vậy: Khi sử dụng các đầu B, C thang đo tăng lên $n_3 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$ lần.

b) Tính R_1, R_2

- Thay (4) vào (1), ta được: $\frac{n_2 R_2}{n_1} + R_2 + R_g = n_1 \cdot \frac{n_2 R_2}{n_1}$.

$$\Leftrightarrow n_2 R_2 + n_1 R_2 + n_1 R_g = n_1 n_2 R_2$$

$$\Leftrightarrow R_2 (n_1 n_2 - n_1 - n_2) = n_1 R_g$$

$$\Leftrightarrow R_2 = \frac{n_1 R_g}{n_1 n_2 - n_1 - n_2}$$

- Từ (4) suy ra: $R_1 = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{n_1 R_g}{n_1 n_2 - n_1 - n_2} = \frac{n_2 R_g}{n_1 n_2 - n_1 - n_2}$.

Vậy: Giá trị các điện trở R_1, R_2 là $R_1 = \frac{n_2 R_g}{n_1 n_2 - n_1 - n_2}$; $R_2 = \frac{n_1 R_g}{n_1 n_2 - n_1 - n_2}$.

Bài 6.

- Hiệu điện thế tối đa giữa hai đầu điện kế: $U_g = I_g R_g = 0,03 \cdot 10 = 0,3V$.

- Hiệu điện thế tối đa giữa hai đầu vôn kế: $U = \left(1 + \frac{R_p}{R_g}\right) U_g$.

- Nếu nối chốt O và 1: $U_1 = \left(1 + \frac{r_1}{R_g}\right) U_g$.

$$\Leftrightarrow 15 = \left(1 + \frac{r_1}{10}\right) \cdot 0,3 \quad (1)$$

- Nếu nối chốt O và 2: $U_2 = \left(1 + \frac{r_1 + r_2}{R_g}\right) U_g$.

$$\Leftrightarrow 75 = \left(1 + \frac{r_1 + r_2}{10}\right) \cdot 0,3 \quad (2)$$

- Nếu nối chốt O và 3: $U_3 = \left(1 + \frac{r_1 + r_2 + r_3}{R_g}\right) U_g$

$$\Leftrightarrow 150 = \left(1 + \frac{r_1 + r_2 + r_3}{10}\right) \cdot 0,3 \quad (3)$$

- Nếu nối chốt O và 4: $U_4 = \left(1 + \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4}{R_g}\right) U_g$

$$\Leftrightarrow 300 = \left(1 + \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4}{10}\right) \cdot 0,3 \quad (4)$$

- Từ (1) suy ra: $r_1 = \left(\frac{15}{0,3} - 1\right) \cdot 10 = 490\Omega$.

- Từ (2) suy ra: $r_1 + r_2 = \left(\frac{75}{0,3} - 1\right) \cdot 10 = 2490$

$$\Rightarrow r_2 = 2490 - 490 = 2000\Omega.$$

- Từ (3) suy ra: $r_1 + r_2 + r_3 = \left(\frac{150}{0,3} - 1\right) \cdot 10 = 4990$

$$\Rightarrow r_3 = 4990 - 2490 = 2500\Omega.$$

- Từ (4) suy ra: $r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = \left(\frac{300}{0,3} - 1\right) \cdot 10 = 9990$

$$\Rightarrow r_4 = 9990 - 4990 = 5000\Omega.$$

Vậy: Giá trị các điện trở là $r_1 = 490\Omega$; $r_2 = 2000\Omega$; $r_3 = 2500\Omega$ và $r_4 = 5000\Omega$.

Bài 7.

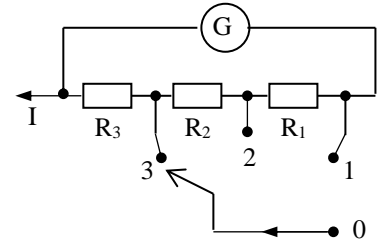
- Cường độ dòng điện tối đa qua ampe kế: $I = (1 + \frac{R_g}{R_S}) \cdot I_g$.

- Nếu nối với chốt (1) thì sơ đồ gồm $[R_1 \text{ nt } R_2 \text{ nt } R_3]$:

$$I_1 = (1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2 + R_3}) I_g$$

$$\Leftrightarrow 10 = (1 + \frac{40}{R_1 + R_2 + R_3}) \cdot 2$$

$$\Rightarrow R_1 + R_2 + R_3 = \frac{40}{\frac{10}{2} - 1} = 10 \quad (1)$$



- Nếu nối với chốt (2) thì sơ đồ gồm $[R_2 \text{ nt } R_3]$:

$$I_2 = (1 + \frac{R_g + R_1}{R_2 + R_3}) I_g$$

$$\Leftrightarrow 30 = (1 + \frac{40 + R_1}{R_2 + R_3}) \cdot 2$$

$$\Leftrightarrow \frac{40 + R_1}{R_2 + R_3} = \frac{30}{2} - 1 = 14$$

$$\Rightarrow R_1 - 14R_2 - 14R_3 = -40 \quad (2)$$

- Nếu nối với chốt (3) thì sơ đồ là R_3 :

$$I_3 = (1 + \frac{R_g + R_1 + R_2}{R_3}) I_g$$

$$\Leftrightarrow 100 = (1 + \frac{40 + R_1 + R_2}{R_3}) \cdot 2$$

$$\Leftrightarrow \frac{40 + R_1 + R_2}{R_3} = \frac{100}{2} - 1 = 49$$

$$\Rightarrow R_1 + R_2 - 49R_3 = -40 \quad (3)$$

$$\text{- Ta có hệ: } \begin{cases} R_1 + R_2 + R_3 = 10 \\ R_1 - 14R_2 - 14R_3 = -40 \\ R_1 + R_2 - 49R_3 = -40 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_1 = 6,67\Omega \\ R_2 = 2,33\Omega \\ R_3 = 1\Omega \end{cases}$$

Vậy: Giá trị các điện trở R_1, R_2, R_3 là $R_1 = 6,67\Omega$; $R_2 = 2,33\Omega$; $R_3 = 1\Omega$.

Bài 8.

- Cường độ dòng điện qua R khi chưa mắc ampe kế: $I = \frac{U}{R}$.

- Cường độ dòng điện qua R khi mắc thêm ampe kế: $I' = \frac{U}{R + R_A}$.

- Sai số tương đối của phép đo cường độ dòng điện qua R: $\frac{\Delta I}{I} = \frac{I - I'}{I} = \frac{\frac{U}{R} - \frac{U}{R + R_A}}{\frac{U}{R}} = \frac{R_A}{R(R + R_A)} \cdot R = \frac{R_A}{R + R_A}$

$$\Rightarrow \frac{\Delta I}{I} = \frac{5}{75 + 5} = 0,0625 = 6,25\%.$$

Vậy: Sai số tương đối của phép đo là $\frac{\Delta I}{I} = 6,25\%$.

Bài 9.

$$\text{- Trường hợp (1): } \frac{U_1}{I_1} = \frac{RR_V}{R + R_V} = \frac{49,6}{2,06} = \frac{2480}{103} \quad (1)$$

- Trường hợp (2): $\frac{U_2}{I_2} = R + R_A = \frac{50}{1,49} = \frac{5000}{149}$ (2)

- Mặt khác: $U_2 = U_{AB}$ nên: $U_{AB} = I_1(R_A + \frac{R R_V}{R + R_V}) = U_2$

$\Rightarrow R_A + \frac{R R_V}{R + R_V} = \frac{U_2}{I_1} = \frac{50}{2,06} = \frac{2500}{103}$ (3)

- Lấy (3) trừ (1): $R_A = \frac{2500}{103} - \frac{2480}{103} = 0,194\Omega$.

- Thay R_A vào (2): $R = \frac{5000}{149} - 0,194 = 33,36\Omega$.

- Thay R vào (1): $\frac{33,36 R_V}{33,36 + R_V} = \frac{2480}{103}$.

$\Rightarrow 956,08 R_V = 82732,8 \Rightarrow R_V = 86,53\Omega$.

Vậy: Giá trị các điện trở $R = 33,36\Omega$; $R_A = 0,194\Omega$; $R_V = 86,53\Omega$.

Bài 10.

a) Tính U_2

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2} = \frac{120}{60 + 100} = 0,75A$.

- Hiệu điện thế hai đầu R_2 : $U_2 = I R_2 = 0,75 \cdot 100 = 75V$.

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu R_2 là $U_2 = 75V$.

b) Giá trị R_V để sai số tương đối không quá 1%

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}}$

$\Rightarrow I = \frac{U_{AB}}{R_1 + \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V}} = \frac{120}{60 + \frac{100 \cdot 900}{100 + 900}} = \frac{120}{60 + 90} = 0,8A$

- Hiệu điện thế hai đầu R_2 : $U_2 = I \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V} = 0,8 \cdot 90 = 72V$.

Đó chính là số chỉ của vôn kế.

- Sai số tương đối: $\frac{\Delta U}{U} = \frac{U - U'}{U}$

$\Rightarrow \frac{\Delta U}{U} = \frac{75 - U'}{75} \leq 0,01 \Rightarrow U' \geq 74,25V$.

- Hiệu điện thế hai đầu R_2 :

$U_2 = \frac{U_{AB}}{R_1 + \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V}} \cdot \frac{R_2 R_V}{R_2 + R_V} = \frac{U_{AB} R_2 R_V}{R_1 R_2 + R_V (R_1 + R_2)}$

$\Leftrightarrow 74,25 \leq \frac{120 \cdot 100 R_V}{60 \cdot 100 + R_V (60 + 100)} = \frac{12000 R_V}{6000 + 160 R_V}$

$\Leftrightarrow 120 R_V \geq 445500 \Rightarrow R_V \geq 3712,5\Omega$.

Vậy: Để sai số tương đối không quá 1% thì $R_V \geq 3712,5\Omega$.

Bài 11.

a) Giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C

- Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I = (1 + \frac{R_g}{R_S}) I_g$.

- Nếu sử dụng chốt A, B thì: $I_1 = (1 + \frac{R_g + R_2}{R_1}) I_g$ (1)

- Nếu sử dụng chốt B, C thì: $I_2 = (1 + \frac{R_g + R_1}{R_2})I_g$ (2)

- Nếu sử dụng chốt A, C thì: $I_3 = (1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2})I_g$ (3)

- Ta có: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{0,25} = \frac{1 + \frac{R_g + R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_g + R_1}{R_2}} = 4 \Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1} = 4$

- Gọi n là giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C: $\frac{I_3}{I_2} = \frac{12}{0,25} = \frac{1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2}}{1 + \frac{R_g + R_1}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{\frac{R_1}{R_2} + 1} = \frac{1}{4 + 1}$
 $\Rightarrow n = 0,25 \cdot \frac{1}{1,25} = 0,2A.$

Vậy: Giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C là 0,2A.

b) Tìm R_1, R_2

Ta có: $\frac{I_1}{I_g} = 1 + \frac{R_g + R_2}{R_1}$
 $\Leftrightarrow \frac{1}{0,01} = 1 + \frac{1 + R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{1 + R_2}{R_1} = 99$ (4)

và: $\frac{I_2}{I_g} = 1 + \frac{R_g + R_1}{R_2}$
 $\Leftrightarrow \frac{0,25}{0,01} = 1 + \frac{1 + R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{1 + R_1}{R_2} = 24$ (5)

- Từ (4) và (5) suy ra: $\begin{cases} 99R_1 - R_2 = 1 \\ R_1 - 24R_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_1 = 0,0105\Omega \\ R_2 = 0,042\Omega \end{cases}$

Vậy: Giá trị các điện trở R_1 và R_2 là $R_1 = 0,0105\Omega$ và $R_2 = 0,042\Omega$.

Bài 12.

a) Giá trị đúng của R_x

- Trường hợp (1): $\frac{U}{I} = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V} \Leftrightarrow \frac{R_x + R_V}{R_x R_V} = \frac{1}{U} = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V}$
 $\Rightarrow R_x = \frac{1}{\frac{1}{U} - \frac{1}{R_V}} = \frac{UR_V}{IR_V - U} = \frac{U}{1 - \frac{U}{R_V}}$

- Trường hợp (2): $\frac{U}{I} = R_A + R_x \Rightarrow R_x = \frac{U}{I} - R_A$.

b) Sai số tương đối ở mỗi cách theo R_x, R_A, R_V

- Sai số tương đối ở mỗi cách:

+ Cách 1: Tính gần đúng R_x : $R'_x = \frac{U}{I}$.

$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{R_x - R'_x}{R_x} = 1 - \frac{R'_x}{R_x}$

Mà $R_x = \frac{1}{\frac{1}{U} - \frac{1}{R_V}} = \frac{1}{\frac{1}{R'_x} - \frac{1}{R_V}} \Rightarrow \frac{1}{R'_x} = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V}$

$\Rightarrow \frac{\Delta R_x}{R_x} = 1 - \frac{1}{R_x(\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V})} = 1 - \frac{1}{1 + \frac{R_x}{R_V}} = \frac{\frac{R_x}{R_V}}{1 + \frac{R_x}{R_V}} = \frac{1}{1 + \frac{R_V}{R_x}}$

+ Cách 2: Tính gần đúng R_x : $R_x = \frac{U}{I}$.

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\frac{U}{I} - \frac{U}{I} + R_A}{R_x} = \frac{R_A}{R_x}$$

Vậy: Sai số tương đối theo cách 1 là $\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{1}{1 + \frac{R_V}{R_x}}$; sai số tương đối theo cách 2 là $\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{R_A}{R_x}$.

c) Tìm R_x theo R_A , R_V

- Để sai số tương đối nhỏ thì: nếu R_x lớn ta dùng cách 2; nếu R_x nhỏ ta dùng cách 1.

- Hai sai số trên bằng nhau thì: $\frac{1}{1 + \frac{R_V}{R_x}} = \frac{R_A}{R_x} \Leftrightarrow \frac{R_x}{R_x + R_V} = \frac{R_A}{R_x}$

$$\Leftrightarrow R_x^2 - R_A R_x - R_A R_V = 0$$

$$\Rightarrow R_x = \frac{R_A + \sqrt{R_A^2 + 4R_A R_V}}{2} \simeq \frac{R_A + \sqrt{4R_A R_V}}{2} = \frac{R_A}{2} + \sqrt{R_A R_V} \text{ (vì } R_A \ll R_V \text{)}.$$

Vậy: Để hai sai số bằng nhau thì $R_x \simeq \frac{R_A}{2} + \sqrt{R_A R_V}$.

Chuyên đề 8: ĐỊNH LUẬT ÔM CHO TOÀN MẠCH – ĐỊNH LUẬT ÔM TỔNG QUÁT

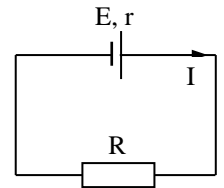
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC.

I. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO MẠCH KÍN (TOÀN MẠCH)

❶ Mạch kín cơ bản (gồm nguồn và điện trở thuần)

$$I = \frac{E}{R+r} \quad (8.1)$$

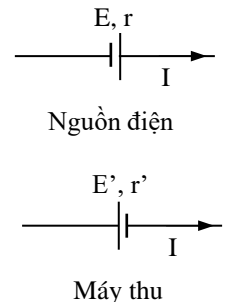
(R là điện trở của mạch ngoài; E, r là suất điện động và điện trở trong của nguồn).



❷ Mạch kín gồm nguồn điện và máy thu mắc nối tiếp với điện trở thuần

$$I = \frac{E-E'}{R+r+r'} \quad (8.2)$$

(R là điện trở tương đương của mạch ngoài; E, r là suất điện động và điện trở trong của nguồn; E', r' là suất điện động và điện trở trong của máy thu điện với quy ước: nguồn khi dòng điện đi vào từ cực âm và đi ra từ cực dương; máy thu khi dòng điện đi vào từ cực dương và đi ra từ cực âm).



❸ Mạch kín gồm nhiều nguồn giống nhau (E, r) mắc thành bộ và điện trở thuần

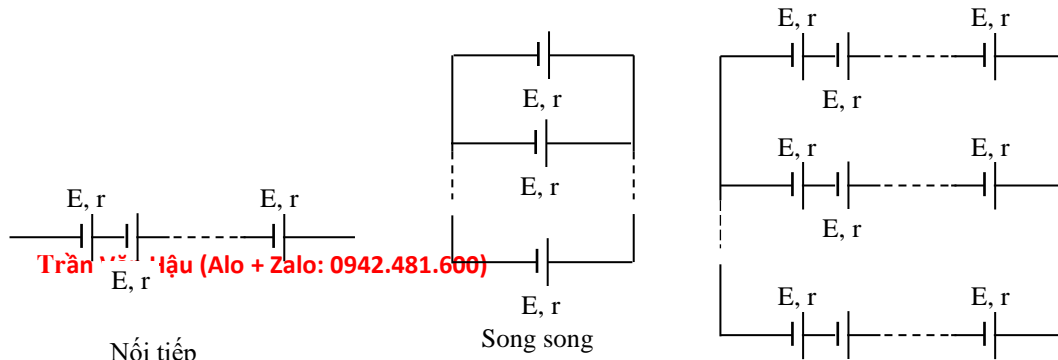
$$I = \frac{E_b}{R+r_b} \quad (8.3)$$

(R là điện trở tương đương của mạch ngoài; E_b, r_b là suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn)

+ Nếu n nguồn giống nhau mắc nối tiếp thì: $E_b = nE; r_b = nr$.

+ Nếu n nguồn giống nhau mắc song song thì: $E_b = E; r_b = \frac{r}{n}$.

+ Nếu N nguồn giống nhau mắc hỗn hợp đối xứng thành m dãy, mỗi dãy có n nguồn thì: $E_b = nE; r_b = \frac{nr}{m}$.



II. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO CÁC LOẠI ĐOẠN MẠCH (TỔNG QUÁT)

1- Đoạn mạch chứa nguồn điện nối tiếp với điện trở ngoài

$$I = \frac{U_{AB} + E}{R + r} \quad (8.4)$$

(U_{AB} là hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện: từ A đến B)

2- Đoạn mạch chứa máy thu điện và điện trở ngoài

$$I = \frac{U_{AB} - E'}{R + r'} \quad (8.5)$$

(U_{AB} là hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện: từ A đến B)

3- Đoạn mạch gồm nguồn điện và máy thu điện mắc nối tiếp với điện trở ngoài

$$I = \frac{U_{AB} + E - E'}{R + r + r'} \quad (8.6)$$

(U_{AB} là hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện: từ A đến B; E là suất điện động của nguồn điện, E' là suất phản điện của máy thu điện; r là điện trở trong của nguồn điện, r' là điện trở trong của máy thu điện).

4- Định luật Kiéc-xốp

- *Định luật Kiéc-xốp 1*: Tổng đại số các cường độ dòng điện tại mỗi nút bằng 0.

$$\sum I_k = 0 \quad (8.7)$$

- *Định luật Kiéc-xốp 2*: Trong mỗi mắt mạch (mạch vòng), tổng đại số các suất điện động bằng tổng đại số các độ giảm thế.

$$\sum E_k = \sum I_k R_k \quad (8.8)$$

(E_k mang dấu (+) nếu đó là nguồn điện (dòng điện đi vào từ cực dương và đi ra từ cực âm) và ngược lại; I_k mang dấu (+) nếu đó là dòng điện đi vào nút và ngược lại).

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Các định luật Ôm cho toàn mạch và định luật Ôm tổng quát đều được xây dựng bằng phương pháp năng lượng:

+ Định luật Ôm cho toàn mạch: Xét mạch kín đơn giản gồm nguồn điện (E, r) và mạch ngoài (R). Ta có:

* Công của nguồn điện thực hiện trong thời gian t : $A = EIt$.

* Nhiệt lượng tỏa ra trên toàn mạch trong thời gian t : $Q = (R + r)I^2t$.

* Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $A = Q \Leftrightarrow EIt = (R + r)I^2t \Rightarrow I = \frac{E}{R + r}$

+ Định luật Ôm tổng quát: Xét đoạn mạch đơn giản gồm nguồn điện (E, r); máy thu điện (E', r'); mạch ngoài (R).

* Công của nguồn điện thực hiện trong thời gian t : $A = EIt$.

* Năng lượng tiêu thụ trên máy thu điện và các điện trở: $W_1 = E'It + (R + r + r')I^2t$.

* Năng lượng cung cấp cho mạch ngoài: $W_2 = UI t$.

* Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $A = W_1 + W_2$.

$$\Leftrightarrow EIt = E'It + (R+r+r')I^2t + UI t$$

$$\Rightarrow I = \frac{U_{AB}+E-E'}{R+r+r'}; U_{AB} = -U, \text{ chiều dòng điện từ A đến B.}$$

- Nếu điện trở mạch ngoài không đáng kể ($R \approx 0$) thì cường độ dòng điện trong mạch kín sẽ có giá trị lớn nhất ($I = \frac{E}{r}$), ta nói rằng nguồn điện bị đoản mạch. Khi có hiện tượng đoản mạch, nguồn điện sẽ bị hỏng (một chiều) và có thể gây cháy nổ, hỏa hoạn nguy hiểm (xoay chiều). Để tránh hiện tượng này trong thực tế người ta dùng cầu chì hoặc atômat.

- Nếu mạch điện gồm nhiều nguồn hoặc nhiều máy thu điện mắc nối tiếp nhau thì trong các công thức trên ta thay E, E', r và r' bằng $\Sigma E, \Sigma E', \Sigma r$ và $\Sigma r'$, với ΣE là tổng suất điện động của các nguồn điện, $\Sigma E'$ là tổng suất phản điện của các máy thu điện; Σr là tổng điện trở trong của các nguồn điện, $\Sigma r'$ là tổng điện trở trong của các máy thu điện). Định luật Ôm cho toàn mạch và định luật Ôm tổng quát sẽ có dạng tổng quát sau:

$$I = \frac{\Sigma E - \Sigma E'}{R + \Sigma r + \Sigma r'}$$

Và $I = \frac{U_{AB} + \Sigma E - \Sigma E'}{R + \Sigma r + \Sigma r'}$, với R là điện trở tương đương của mạch ngoài.

- Trường hợp có n nguồn khác nhau mắc song song thì ta có thể coi bộ nguồn trên tương đương với một nguồn

$$(E, r) \text{ với: } \frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}; \frac{E}{r} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \dots + \frac{E_n}{r_n}$$

Và $U = \frac{E}{1 + \frac{r}{R}}$, U là hiệu điện thế giữa hai cực (+ và -) của nguồn tương đương.

- Khi áp dụng các định luật Ôm cần chọn chiều dòng điện trong mạch (nếu đề bài chưa cho), xác định nguồn điện, máy thu theo quy ước: nếu dòng điện đi vào từ cực âm, đi ra từ cực dương thì đó là nguồn điện; nếu dòng điện đi vào từ cực dương, đi ra từ cực âm thì đó là máy thu.

- Thực chất thì các định luật Ôm đều được suy ra từ định luật Ôm tổng quát: $I = \frac{U_{AB} + E - E'}{R + r + r'}$. Cụ thể:

$$+ \text{Đoạn mạch chỉ có } R: I = \frac{U_{AB}}{R}; E = 0, E' = 0, r = 0, r' = 0.$$

$$+ \text{Mạch kín: } I = \frac{E - E'}{R + r + r'}; U_{AB} = 0.$$

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶ Với dạng bài tập về **định luật Ôm cho toàn mạch** (mạch kín). Phương pháp giải là:

- Chọn chiều dòng điện trong mạch (nếu đề bài chưa cho) thích hợp. Cụ thể:

+ Nếu mạch kín chỉ có một hoặc nhiều nguồn mắc nối tiếp thì chọn dòng điện để các nguồn trên đều là nguồn điện (dòng điện đi vào nguồn từ cực âm, ra khỏi nguồn từ cực dương).

+ Nếu mạch kín gồm nhiều nguồn mắc xung đối nhau (cực cùng tên nối với nhau) thì chọn dòng điện sao cho các nguồn là nguồn điện có tổng suất điện động lớn hơn tổng suất phản điện của các nguồn là máy thu điện.

- Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch (mạch kín): $I = \frac{\Sigma E}{R + \Sigma r}$.

(ΣE là tổng suất điện động của các nguồn, Σr là tổng điện trở trong của các nguồn; R là điện trở tương đương của mạch ngoài).

- Một số chú ý: Khi áp dụng công thức $I = \frac{E_b}{R+r_b}$ cần chú ý các trường hợp:

+ Trường hợp các nguồn điện giống nhau mắc với nhau và mắc với điện trở ngoài thì:

* Nếu các nguồn giống nhau mắc nối tiếp thì: $E_b = nE$; $r_b = nr$.

* Nếu các nguồn giống nhau mắc song song thì: $E_b = E$; $r_b = \frac{r}{n}$.

* Nếu các nguồn giống nhau mắc hỗn hợp đối xứng (m dãy, n nguồn/dãy) thì: $E_b = nE$; $r_b = \frac{nr}{m}$.

+ Trường hợp các nguồn điện khác nhau mắc với nhau và mắc với điện trở ngoài thì:

* Nếu các nguồn mắc nối tiếp thì: $E_b = E_1 + E_2 + \dots$; $r_b = r_1 + r_2 + \dots$

* Nếu các nguồn mắc xung đối thì: $E_b = E_1 - E_2$ ($E_1 > E_2$); $r_b = r_1 + r_2$.

* Nếu các nguồn mắc song song thì có thể coi bộ nguồn trên tương đương với một nguồn (E , r) với:

$$\frac{1}{r_b} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}; \quad \frac{E_b}{r_b} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \dots + \frac{E_n}{r_n}$$

Và $U = \frac{E_b}{1 + \frac{r_b}{R}}$, U là hiệu điện thế giữa hai cực (+ và -) của nguồn tương đương.

(E_b là suất điện động của bộ nguồn, r_b là điện trở trong của bộ nguồn; R là điện trở tương đương của mạch ngoài).

+ Trường hợp mạch kín gồm nhiều nguồn điện và nhiều máy thu mắc nối tiếp nhau và mắc với điện trở ngoài thì: $I = \frac{\Sigma E - \Sigma E'}{R + \Sigma r + \Sigma r'}$

(ΣE là tổng suất điện động của các nguồn, Σr là tổng điện trở trong của các nguồn; $\Sigma E'$ là tổng suất phản điện của các máy thu, $\Sigma r'$ là tổng điện trở trong của các máy thu; R là điện trở tương đương của mạch ngoài).

2. Với dạng bài tập về **định luật Ôm cho các loại đoạn mạch** (tổng quát). Phương pháp giải là:

- Xác định cấu trúc của mạch điện và vẽ lại mạch điện (nếu mạch điện phức tạp).

- Chọn chiều dòng điện trong mạch (nếu đề bài chưa cho) thích hợp. Theo chiều dòng điện xác định nguồn điện, máy thu điện trong mạch.

- Nếu mạch điện đơn giản (gồm các nguồn điện, máy thu mắc nối tiếp): dùng các công thức định luật Ôm cho các loại đoạn mạch để giải.

- Nếu mạch điện phức tạp: thường dùng 2 định luật Kiéc-xốp để giải, lúc này cần chú ý xác định đúng dấu của I và E theo quy ước đã nêu.

- Một số chú ý:

+ Khi giải, nếu tính ra $I < 0$ thì cần đổi lại chiều dòng điện cho đoạn mạch đó.

+ Đoạn mạch có tụ điện thì không có dòng điện chạy qua.

+ Cách xác định E_b , r_b tương đương của bộ nguồn giống như phần chú ý mục **1** ở trên.

+ Với các mạch điện phức tạp khi áp dụng định luật Kiéc-xốp để giải cần:

* Xác định các nút mạng, mắt mạng (vòng) liên quan đến lời giải bài toán.

* Chọn chiều dòng điện trong các mắt mạng (vòng).

* Áp dụng hai định luật Kiéc-xốp với chú ý về chiều dòng điện trong các mắt mạng (vòng), dấu + (nguồn điện), dấu – (máy thu điện).

C. CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG

❶. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO TOÀN MẠCH

Bài 1. Đèn 3V - 6W mắc vào hai cực ac quy ($E = 3V$, $r = 0,5\Omega$). Tính điện trở đèn, cường độ, hiệu điện thế và công suất tiêu thụ của đèn.

Bài 2. Vôn kế mắc vào nguồn ($E = 120V$, $r = 10\Omega$) chỉ 119V. Tính điện trở vôn kế.

Bài 3. Có 18 pin giống nhau, mỗi pin có $e = 1,5V$, $r_0 = 0,2\Omega$ được mắc thành 2 dãy song song, mỗi dãy 9 pin nối tiếp. Điện trở $R = 2,1\Omega$ mắc vào hai đầu bộ pin trên.

a) Tính suất điện động và điện trở trong tương đương của bộ nguồn.

b) Tính cường độ qua R .

Bài 4. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 12V$, $r = 0,1\Omega$, $R_1 = R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, $R_4 = 4,4\Omega$.

a) Tìm điện trở tương đương mạch ngoài.

b) Tìm cường độ mạch chính và U_{AB} .

c) Tìm cường độ mỗi nhánh rẽ và U_{CD} .

Bài 5. Cho mạch điện như hình vẽ, bộ nguồn gồm 2 dãy, mỗi dãy 4 pin nối tiếp, mỗi pin có: $e = 1,5V$, $r_0 = 0,25\Omega$, mạch ngoài, $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 4\Omega$. Biết cường độ qua R_1 là 0,24A. Tính:

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn tương đương.

b) U_{AB} và cường độ mạch chính.

c) Giá trị điện trở R_5 .

Bài 6. Mạch kín gồm nguồn điện ($E = 200V$; $r = 0,5\Omega$) và hai điện trở $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 500\Omega$ mắc nối tiếp. Một vôn kế mắc song song R_2 , chỉ 160V.

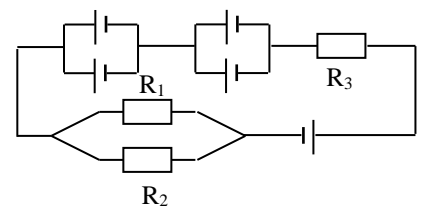
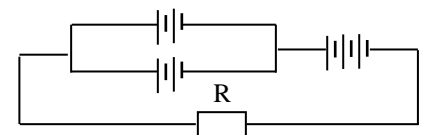
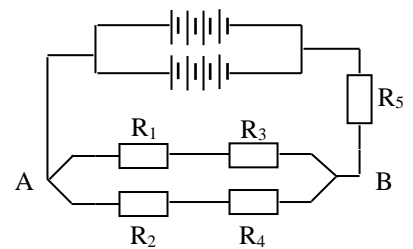
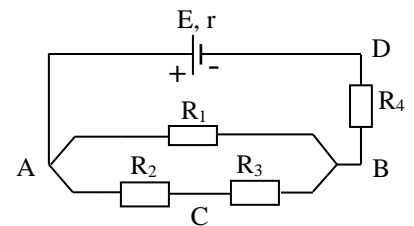
Tính điện trở của vôn kế.

Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ, mỗi pin có $e = 1,5V$, $r_0 = 1\Omega$, $R = 6\Omega$.

Tìm cường độ mạch chính.

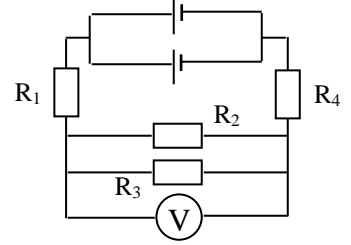
Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ, mỗi nguồn có: $e = 1,5V$, $r_0 = 1\Omega$, $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 4\Omega$.

Tìm cường độ mạch chính.



Bài 9. Cho mạch điện như hình vẽ, mỗi nguồn $e = 12V$, $r_0 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 6\Omega$, $R_1 = 2R_4$, R_V rất lớn.

- a) Vôn kế chỉ $2V$. Tính R_1 , R_4 .
b) Thay vôn kế bằng ampe kế có $R_A = 0$. Tìm số chỉ của ampe kế.

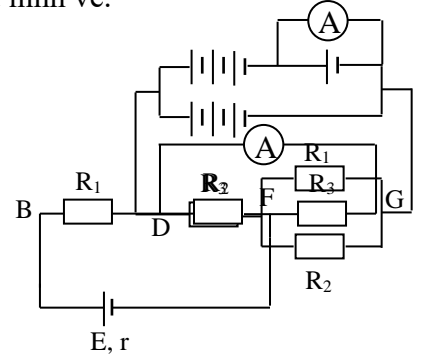


Bài 10. Có 7 nguồn điện giống nhau, mỗi nguồn có $e = 6V$, $r_0 = \frac{2}{3}\Omega$ mắc như hình vẽ.

$R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_A = 0$. Tìm số chỉ của ampe kế.

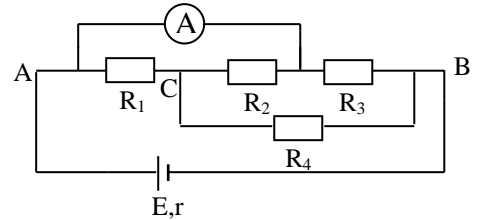
Bài 11. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 30V$, $r = 3\Omega$, $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 36\Omega$, $R_3 = 18\Omega$, $R_A = 0$.

- a) Tìm số chỉ của ampe kế và chiều dòng điện qua nó.
b) Đổi chỗ nguồn E và ampe kế (cực dương của E nối với G).
Tìm số chỉ và chiều dòng điện qua ampe kế.



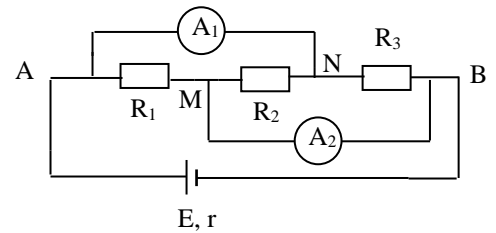
Bài 12. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 24V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = R_3 = R_4 = 6\Omega$, $R_A = 0$.

Tìm số chỉ của ampe kế.



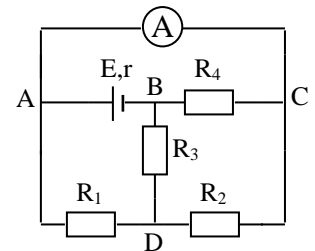
Bài 13. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $r = 5\Omega$, $R_A = 0$. Ampe kế chỉ $0,6A$.

Tính E và số chỉ của ampe kế A_2 .



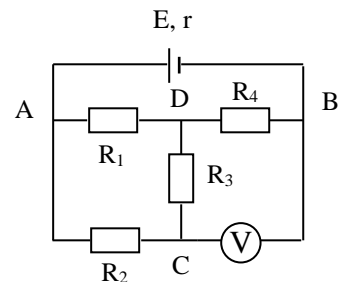
Bài 14. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = R_2 = R_3 = 40\Omega$, $R_4 = 30\Omega$, $r = 10\Omega$, $R_A = 0$. Ampe kế chỉ $0,5A$.

- a) Tính suất điện động của nguồn.
b) Đổi chỗ nguồn và ampe kế. Tìm số chỉ của ampe kế.



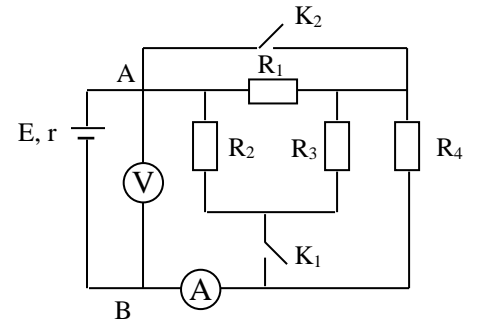
Bài 15. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 4,8V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 1\Omega$, R_V rất lớn.

- a) Tìm số chỉ của vôn kế.
b) Thay vôn kế bằng ampe kế có $R_A = 0$. Tìm số chỉ của ampe kế.



Bài 16. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 11,5V$, $r = 0,8\Omega$, $R_1 = 4,2\Omega$,
 $R_2 = R_3 = R_4 = 2,1\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn. Tìm số chỉ ampe kế, vôn kế
 nếu:

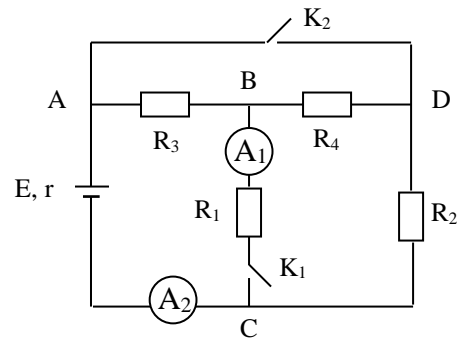
- K_1, K_2 mở.
- K_1 mở, K_2 đóng.
- K_1 đóng, K_2 mở.
- K_1, K_2 đóng.



Bài 17. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 12V$, $r = 2\Omega$, $R_3 = R_4 =$

2Ω , điện trở các ampe kế rất nhỏ.

- K_1 mở, K_2 đóng, ampe kế A chỉ 3A. Tính R_2 .
- K_1 đóng, K_2 mở, ampe kế A_1 chỉ 2A. Tính R_1 .
- K_1, K_2 đều đóng. Tìm số chỉ các ampe kế.

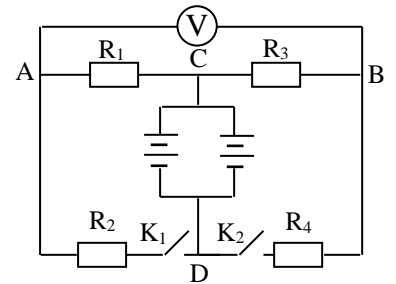


Bài 18. Cho mạch điện như hình vẽ: mỗi pin $E_0 = 1,5V$, $r_0 = 2\Omega$, $R_1 = 2\Omega$,

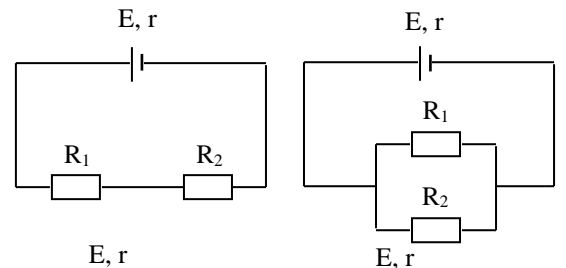
$R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, R_V rất lớn.

- K_1 đóng, K_2 mở. Tìm số chỉ của vôn kế.
- K_1 mở, K_2 đóng, vôn kế chỉ 1,5V. Tính R_4 .
- K_1, K_2 đóng. Tìm số chỉ của vôn kế.

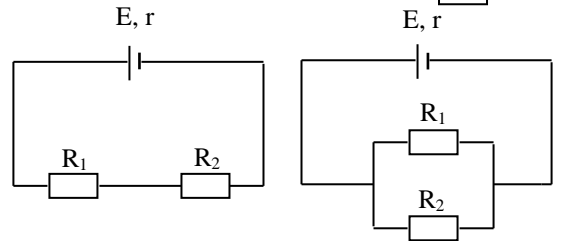
Trong các trường hợp trên, cực dương của vôn kế nối với điểm nào?



Bài 19. Hai điện trở $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 6\Omega$ mắc vào nguồn (E, r) . Khi R_1, R_2 nối tiếp, cường độ trong mạch $I_N = 0,5A$. Khi R_1, R_2 song song, cường độ mạch chính $I_S = 1,8A$. Tìm E, r .

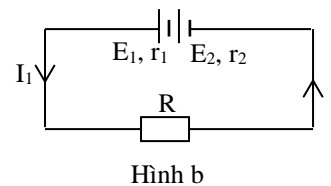
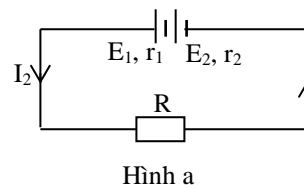


Bài 20. Cho mạch điện như bài trên. Biết $E = 1,5V$, $r = 1\Omega$, $I_N = 0,15A$, $I_S = 0,5A$. Tìm R_1, R_2 .

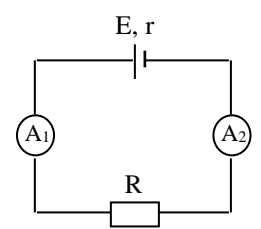
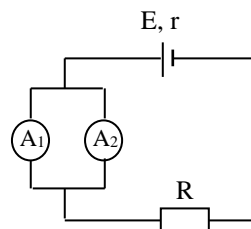


Bài 21. Điện trở $R = 2\Omega$ mắc vào một bộ nguồn gồm hai pin giống nhau. Khi hai pin nối tiếp, cường độ qua R là $I_1 = 0,75A$. Khi hai pin song song cường độ qua R là $I_2 = 0,6A$. Tìm e, r_0 của mỗi pin.

Bài 22. Cho mạch điện gồm hai nguồn $(E_1 = 18V, r_1 = 1\Omega)$, (E_2, r_2) mắc theo hai cách như hình. Biết $R = 9\Omega$, $I_1 = 2,5A$, $I_2 = 0,5A$. Dòng điện trong mạch có chiều như hình vẽ. Tìm E_2, r_2 .



Bài 23. Nguồn (E, r) , điện trở R và hai ampe kế A_1, A_2 có điện trở r_1, r_2 mắc như hình. Biết $E = 6V$. Khi A_1, A_2 song song các ampe kế chỉ $I_1 = 2A$, $I_2 = 3A$. Khi A_1, A_2 nối tiếp $I'_1 = I'_2 = I' = 4A$. Tìm cường độ qua R khi không mắc ampe kế.

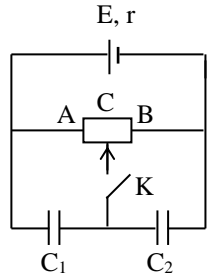


Bài 24. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 12V$, $r = 2\Omega$, $R_{AB} = 10\Omega$, $C_1 = 0,2\mu F$, $C_2 = 0,3\mu F$.

a) Tính điện tích mỗi tụ khi:

- K mở.
- K đóng và C ở trung điểm AB.

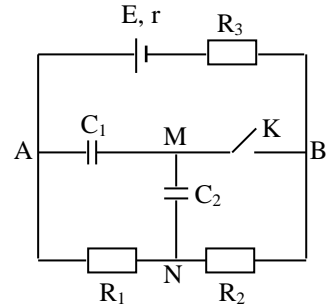
b) Tìm vị trí C để khi K mở hoặc đóng, điện tích trên các bản tụ không đổi.



Bài 25. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 6V$, $r = 0,5\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 0,5\Omega$, $C_1 = C_2 = 0,2\mu F$.

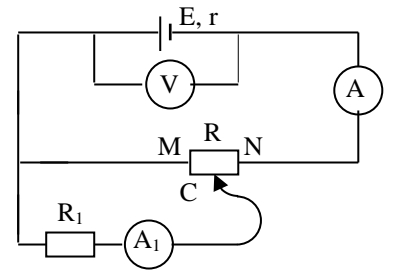
Ban đầu K mở và trước khi ráp vào mạch các tụ chưa tích điện.

- a) Tính điện tích mỗi tụ khi K mở.
- b) Tính điện tích mỗi tụ khi đóng K và số electron chuyển qua K khi K đóng.
- c) Thay K bằng tụ $C_3 = 0,4\mu F$. Tính điện tích của tụ C_3 . Xét hai trường hợp:
- K được thay thế khi còn đang mở.
 - K được thay thế sau khi đã đóng lại.

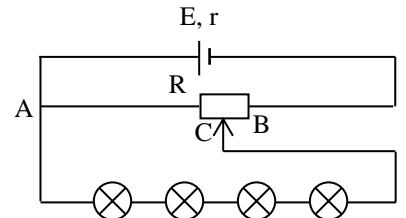


Bài 26. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_A = R_{A_1} = 0$, R_V rất lớn, $R_{MN} = 12\Omega$, $R_1 = 8\Omega$. Khi C ở M, ampe kế A chỉ $2,5A$; khi C ở N vôn kế chỉ $24V$.

- a) Tìm E , r và số chỉ ampe kế A_1 khi C ở M, N.
- b) Khi C di chuyển từ M đến N, số chỉ các máy đo thay đổi như thế nào?



Bài 27. Cho mạch điện như hình vẽ: bộ nguồn gồm 2 dãy, mỗi dãy 6 pin ($e = 2V$, $r_0 = 2\Omega$) nối tiếp, biến trở $R_{AB} = 12\Omega$, trên mỗi đèn ghi $1,5V - 0,75W$. Định vị trí con chạy C để các đèn sáng bình thường.



Bài 28. Cho mạch điện như hình vẽ: khi C \equiv B vôn kế chỉ $U_1 = 2V$, khi C tại trung điểm AB vôn kế chỉ $U_2 = 3V$.

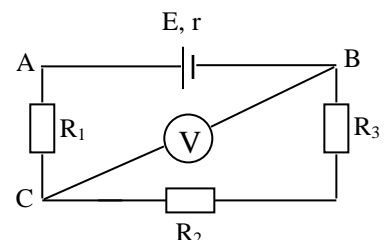
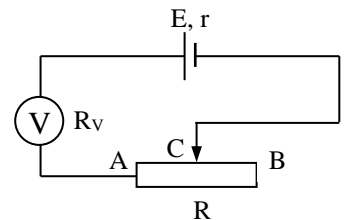
Tìm số chỉ vôn kế khi C \equiv A.

2. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO CÁC LOẠI ĐOẠN MẠCH

Bài 29. Nguồn điện (E , r), khi điện trở mạch ngoài là $R_1 = 2\Omega$ thì cường độ qua R_1 là $I_1 = 8A$. Khi điện trở mạch ngoài là $R_2 = 5\Omega$ thì hiệu điện thế hai đầu nguồn là $U_2 = 25V$.

Tính E , r .

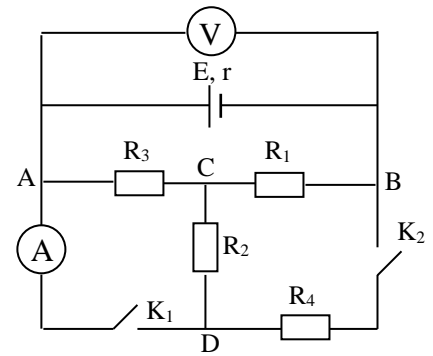
Bài 30. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 170V$, $r = 5\Omega$, $R_1 = 195\Omega$, $R_2 = R_3 = 200\Omega$, vôn kế chỉ $100V$. Tính điện trở của vôn kế.



Bài 31. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 6,3V$, $r = 2\Omega$, $R_1 = R_2 = R_3 =$

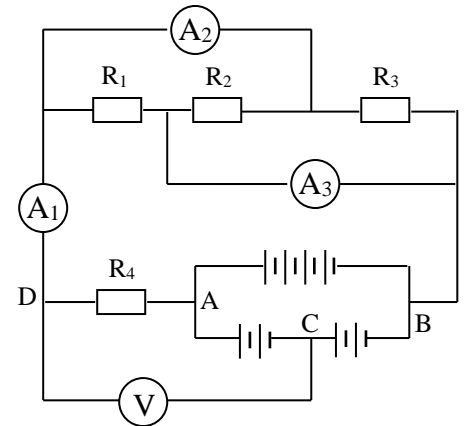
2Ω , $R_A = 0$, R_V rất lớn.

- Tìm số chỉ vôn kế khi K_1 , K_2 đều mở.
- K_1 mở, K_2 đóng, vôn kế chỉ $4,05V$. Tìm R_4 và U_{AD} .
- Tìm số chỉ của ampe kế khi K_1 , K_2 đều đóng.



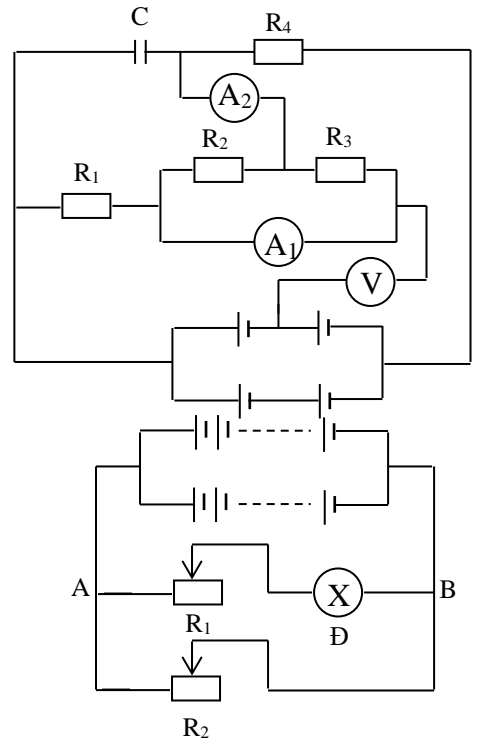
Bài 32. Cho mạch điện như hình vẽ, bộ nguồn gồm 8 pin, mỗi pin có $e = 2V$, $r_0 = 1\Omega$ mắc thành 2 dãy song song mỗi dãy 4 pin. Điện trở $R_1 = 24\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 2\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

- Tìm số chỉ của các ampe kế.
- Tìm số chỉ của vôn kế. Đầu dương của vôn kế phải nối với điểm nào?



Bài 33. Cho mạch điện như hình vẽ. Mỗi nguồn $e = 2V$, $r = 1\Omega$, điện trở $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 6\Omega$, $R_4 = 2\Omega$, tụ $C = 0,8\mu F$, $R_A = 0$, R_V rất lớn. Tính:

- Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn.
- Số chỉ các ampe kế và vôn kế.
- Điện tích của tụ điện.

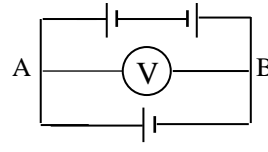
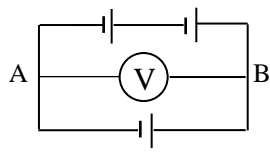
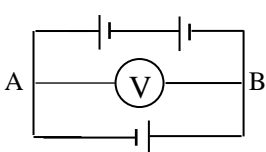


Bài 34. Bộ nguồn gồm 20 pin giống nhau, mỗi pin có $e = 1,8V$, $r_0 = 0,5\Omega$ mắc thành 2 dãy song song, mỗi dãy 10 pin nối tiếp.

Đèn thuộc loại $6V - 3W$. Ban đầu $R_1 = 18\Omega$, $R_2 = 10\Omega$.

- Tìm cường độ mạch chính và mỗi nhánh.
- Tăng R_2 hoặc R_1 , độ sáng đèn thay đổi ra sao?
- $R_1 = 18\Omega$. Tìm R_2 để đèn sáng đúng định mức.
- $R_2 = 10\Omega$. Tìm R_1 để đèn sáng đúng định mức.

Bài 35. Ba nguồn giống nhau, mỗi nguồn có: $e = 1,5V$, $r = 0,5\Omega$ và một vôn kế V (R_V rất lớn) lần lượt mắc theo ba sơ đồ như hình vẽ. Tính số chỉ vôn kế trên mỗi sơ đồ.



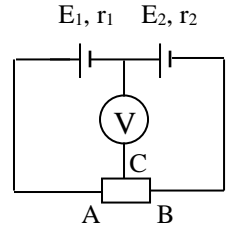
Bài 36. Cho mạch điện như hình vẽ, $E_1 = 6V$, $r_1 = 1\Omega$, $E_2 = 4V$, $r_2 = 2\Omega$, $R_{AB} = 7\Omega$, R_V rất lớn.

a) Tìm số chỉ của vôn kế nếu:

- C trùng A.

- C ở vị trí $R_{AC} = 1\Omega$.

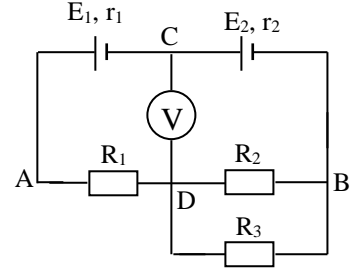
b) Tính R_{AC} để vôn kế chỉ 0; chỉ 1V.



Bài 37. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $E_2 = 3V$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, R_V rất lớn.

a) Vôn kế V chỉ 0. Tính R_3 .

b) Đảo vị trí các cực của một trong hai nguồn. Tìm số chỉ của vôn kế.

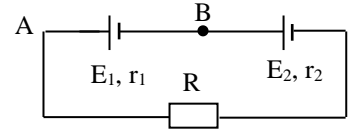


Bài 38. Cho mạch điện như hình vẽ. Tìm E_1 để:

a) $U_{AB} > 0$.

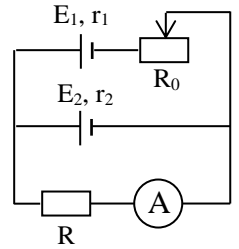
b) $U_{AB} < 0$.

c) $U_{AB} = 0$.



Bài 39. Cho mạch điện như hình vẽ: $R = 10\Omega$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$, $R_A = 0$. Khi xê dịch con chạy biến trở R_0 , số chỉ ampe kế không đổi và bằng 1A.

Tìm E_1 , E_2 .

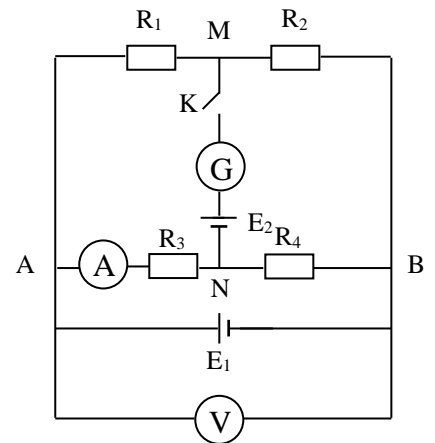


Bài 40. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 2R_2$, $R_4 = 2R_3$, $E_1 = 12V$, $r_1 = r_2 = 2\Omega$, $R_A = R_G = 0$, R_V rất lớn.

a) K mở, vôn kế chỉ 10V, ampe kế chỉ 1/3A. Tính R_1 , R_2 , R_3 , R_4 .

b) K đóng, điện kế chỉ 0. Tính E_2 .

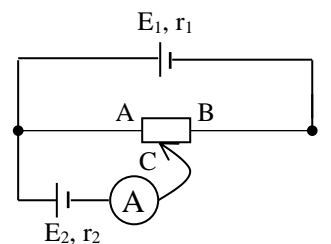
c) Thay khóa K bằng tụ $C = 3\mu F$ và đổi cực nguồn E_2 . Tính Q của tụ và xác định dấu điện tích trên các bản tụ.



Bài 41. Cho mạch điện như hình: $E_1 = 4,5V$, $E_2 = 1,8V$, $r_1 = 1\Omega$, $R_{AB} = 8\Omega$, $R_A = 0$.

a) Tìm vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0.

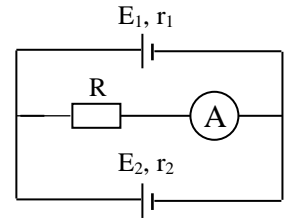
b) Mắc thêm $R' = 3\Omega$ song song với đoạn mạch chứa E_2 và ampe kế. Tìm vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0.



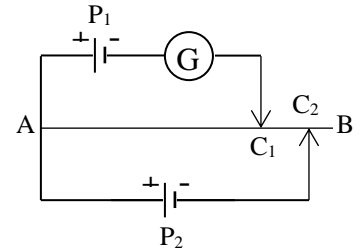
Bài 42. Có 16 nguồn giống nhau, mỗi nguồn $e = 2V$, $r_0 = 1\Omega$, mắc thành hai dãy song song, mỗi dãy x và y nguồn nối tiếp. Mạch ngoài là $R = 15\Omega$. Tìm x, y để cường độ qua một dây bằng 0.

Bài 43. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $E_2 = 4,5V$, $r_1 = 2\Omega$, $R = 2\Omega$, $R_A = 0$.

Ampe kế chỉ 2A. Tính r_2 .



Bài 44. Một dây kim loại đồng chất tiết diện đều chiều dài d và điện trở R . Hai chỗ tiếp xúc di động C_1 và C_2 có thể di chuyển dọc theo AB. Một pin mẫu P_1 có suất điện động e_1 đã biết được nối cực dương với A, cực âm với C_1 qua một điện kế G. Một nguồn điện P_2 cần đo suất điện động e_2 được nối cực dương với A, cực âm với C_2 (hình vẽ). Điện trở các dây nối và chỗ tiếp xúc không đáng kể. Chọn vị trí của C_1 và C_2 sao cho điện kế G chỉ số 0.



a) Tính tỉ số $\frac{e_2}{e_1}$ theo các độ dài $d_1 = AC_1$ và $d_2 = AC_2$ nếu điện trở trong r_2 của

P_2 là nhỏ có thể bỏ qua được.

b) Tính tỉ số $\frac{e_2}{e_1}$ theo d_1 , d_2 nếu r_2 không thể bỏ qua được.

c) Người ta dùng sơ đồ trên để đo suất điện động e_2 , hãy trình bày cách đo đó.

d) Để đo suất điện động e_2 được dễ dàng hơn, người ta chọn thêm một nguồn P_3 có suất điện động $e_3 > e_2$. Trình bày cách đo này.

Bài 45.

- Một nguồn điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong r không đổi, chưa biết giá trị của E và r .
- Một ampe kế và một vôn kế có số chỉ chính xác nhưng không biết điện trở của chúng.
- Một biến trở không biết giá trị.
- Các dây nối có điện trở nhỏ không đáng kể.

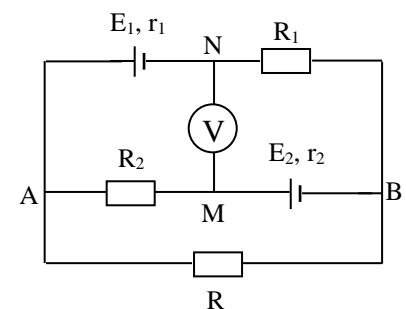
Xây dựng các phương án thực hành với các dụng cụ đã cho để xác định giá trị của suất điện động E và điện trở trong r ?

Bài 46. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = E_2 = 6V$, $r_1 = 1\Omega$, $r_2 = 2\Omega$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 4\Omega$. Vôn kế (R_V rất lớn) chỉ 7,5V.

Tính:

a) U_{AB} .

b) R .

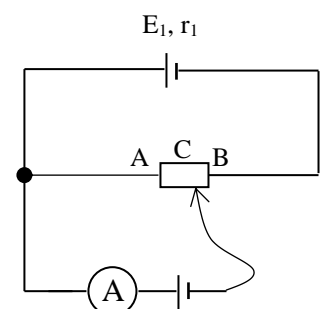


Bài 47. Cho mạch điện như hình: $E_1 = 8V$, $r_1 = 1\Omega$, $R_A = 0$, $R_{AC} = R_1$, $R_{CB} = R_2$, $R_{AB} = 15\Omega$.

- Khi $R_1 = 12\Omega$, ampe kế chỉ 0.

- Khi $R_1 = 8\Omega$, ampe kế chỉ $\frac{1}{3}A$.

Tính E_2 , r_2 .



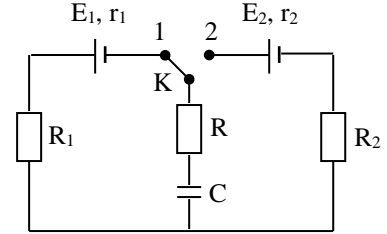
Bài 48. Bộ nguồn gồm ba acquy 12V - 3Ω mắc song song. Mạch ngoài là một bóng đèn 8V.

- a) Đèn sáng bình thường. Tính công suất đèn.
b) Nếu một nguồn bị đảo cực thì công suất đèn là bao nhiêu?

Bài 49. Có n nguồn giống nhau (e, r) mắc song song. Có một nguồn mắc ngược với các nguồn khác. Tìm cường độ và hiệu điện thế của mỗi nguồn.

Bài 50. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 8V$, $E_2 = 12V$, $C = 2\mu F$.

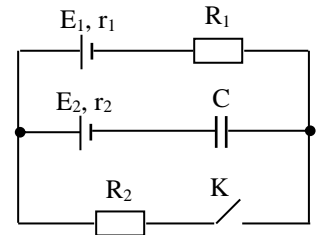
Tìm điện lượng qua R khi K chuyển động từ (1) sang (2).



Bài 51. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 12V$, $E_2 = 6V$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$, $R_1 = 2\Omega$,

$R_2 = 3\Omega$, $C = 5\mu F$.

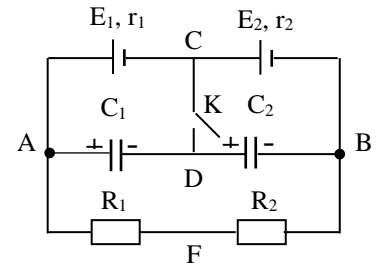
Tìm điện lượng qua E_2 khi K đóng.



Bài 52. Cho mạch điện như hình vẽ. $E_1 = 6V$, $E_2 = 3V$, $r_1 = 1\Omega$, $r_2 = 2\Omega$,

$R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $C_1 = 0,6\mu F$, $C_2 = 0,3\mu F$. Ban đầu K mở, sau đó K đóng.

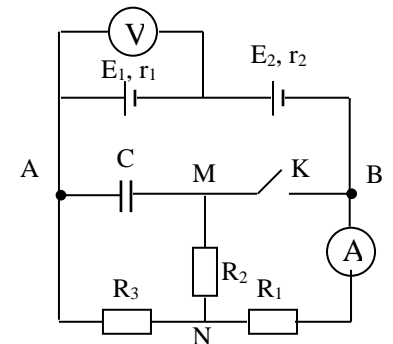
- a) Xác định chiều và số lượng electron qua K khi K đóng.
b) Tính U_{DF} khi K mở và khi K đóng.



Bài 53. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 2E_2 = 3V$; $r_1 = 2r_2 = 2\Omega$; $R_1 = R_3$

$= 3\Omega$; $R_2 = 6\Omega$; $C = 0,5\mu F$; R_V rất lớn; $R_A = 0$. Tìm số chỉ của vôn kế, ampe kế và điện tích của các tụ lúc:

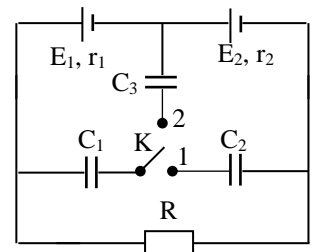
- a) Ban đầu khi K mở.
b) Sau khi K đóng.



Bài 54. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = E_2 = 1,5V$, $r_1 = 0,2\Omega$, $r_2 = 0,5\Omega$, $C_1 =$

$0,2\mu F$, $C_2 = C_3 = 0,3\mu F$, $R = 0,5\Omega$.

Tìm điện tích các tụ khi khóa K chuyển từ 1 sang 2.



Bài 55. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 4V$, $E_2 = 1V$, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 =$

20Ω , $R_3 = 30\Omega$, $r_1 = r_2 = 0$, $C = 1\mu F$.

Tính điện lượng qua R_4 khi K đóng.

Bài 56. Cho mạch điện như hình: $E = 1,5V$, $r = 0,4\Omega$, $R_1 = 1\Omega$, $R_3 = 2\Omega$,

$R_4 = 6\Omega$, $R_A = 0$.

Khi K mở ampe kế chỉ $0,1A$.

Khi K đóng ampe kế chỉ 0 .

Tính R_2 , R_5 .

Bài 57. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 2\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

- Khi K mở, ampe kế chỉ $1,5A$, vôn kế chỉ $6V$.

- Khi K đóng, chúng chỉ $3A$, $4V$.

Tính E , r , R_2 , R_3 .

Bài 58. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 4\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn, hai đèn giống nhau và có hiệu điện thế định mức $6V$, R_2 là biến trở. Khi hai đèn cùng sáng, vôn kế chỉ $4,5V$, ampe kế chỉ $1,5A$. Khi tắt bớt một đèn, chúng chỉ $\frac{16}{3}V$ và $\frac{4}{3}A$.

a) Tính E , r , R_2 và R của đèn.

b) Tìm R_2 để đèn sáng bình thường.

Bài 59. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 120V$, $r = 5\Omega$, $R_1 =$

15Ω , $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = R_4 = 20\Omega$, $C = 0,2\mu F$. Khi khóa K mở, vôn

kế V chỉ $60V$.

a) Khi K đóng vôn kế chỉ bao nhiêu? Cường độ dòng điện qua khóa K là bao nhiêu?

b) Tính điện tích trên tụ C khi K mở và khi K đóng.

Bài 60. Cho mạch điện như hình vẽ: Các điện trở thuần đều có giá trị là R , nguồn

$E = 15V$, $r = R$.

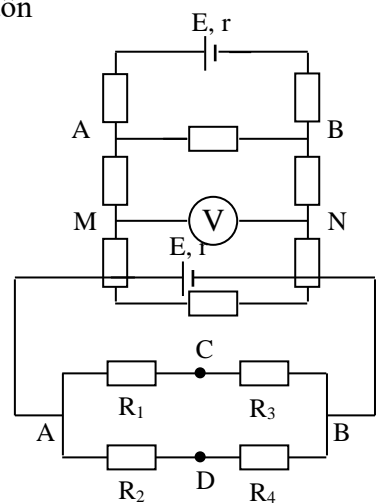
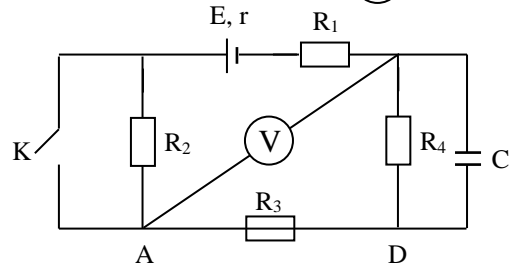
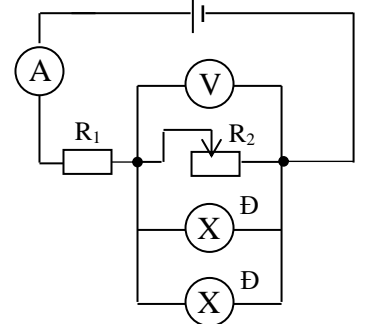
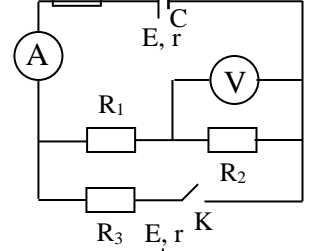
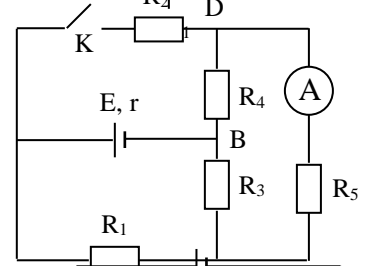
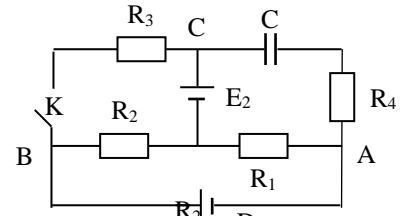
Biết $U_{AB} = 3V$.

Tìm số chỉ của vôn kế V.

Bài 61. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 6V$, $r = 3,2\Omega$, $R_1 = 8\Omega$, $R_2 = R_3 = 4\Omega$,

$U_{DC} = 0,6V$.

Tìm R_4 .



Bài 62. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 24V$, $r = 1,6\Omega$, $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 16\Omega$,

$R_3 = 8\Omega$.

Biết dòng điện qua dây CD chạy từ C đến D và có cường độ $0,5A$.

Tìm R_4 .

Bài 63. Cho mạch điện như hình vẽ, trong đó $r = 0,5\Omega$, R_V rất lớn, R_1

$= R_4 = 1\Omega$, $R_2 = R_3 = 3\Omega$, $R_5 = 2,5\Omega$.

- Khi K mở vôn kế chỉ $1,2V$.

- Khi K đóng vôn kế chỉ $0,75V$.

Tính E và R_6 .

Bài 64. Cho mạch điện như hình vẽ: Đ_1 , Đ_2 có cùng hiệu điện thế định mức, đèn Đ_1 có công suất định mức $P_1 = 60W$.

- Khi K_1 , K_2 mở vôn kế chỉ $120V$.

- Khi K_1 đóng, K_2 mở vôn kế chỉ $110V$.

- Khi K_1 , K_2 đều đóng, vôn kế chỉ $90V$.

Biết R_V rất lớn.

Tìm công suất định mức của đèn Đ_2 .

Bài 65. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 11V$, $r = 0,5\Omega$, $R_1 = 1\Omega$, $R_4 = 6\Omega$, $R_5 = 3\Omega$. Cường độ mạch chính $I = 4A$, cường độ qua R_1 là $I_1 = 3A$.

Tính R_2 , R_3 .

Bài 66. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 6V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 2,4\Omega$, $R_4 = 4,5\Omega$, $R_5 = 3\Omega$.

Tìm cường độ mạch chính.

Bài 67. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết $E = 38,8V$, $r = 2\Omega$, $R_1 = R_3 = R_4 = 20\Omega$, $R_2 = 60\Omega$, cường độ dòng điện qua R_5 là $0,2A$.

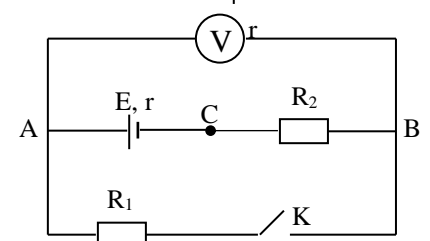
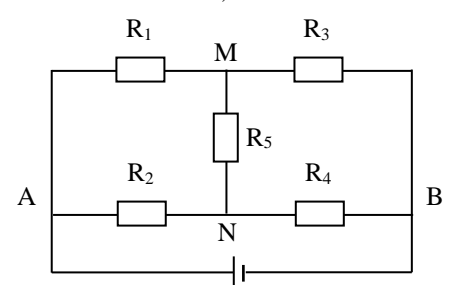
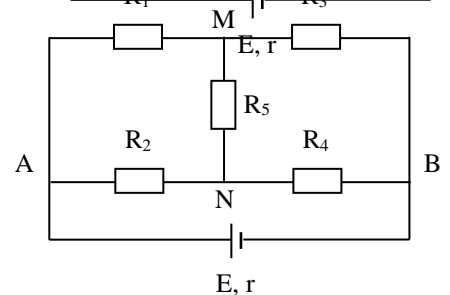
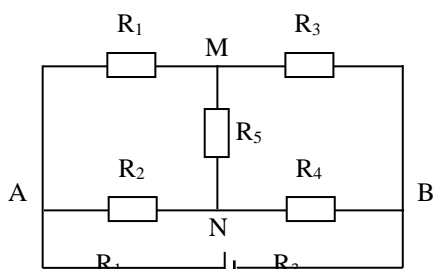
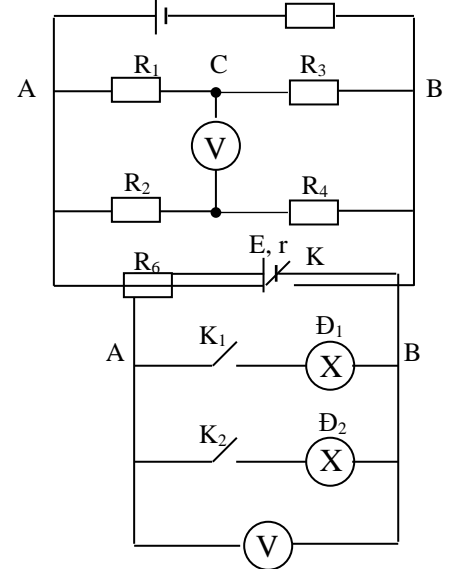
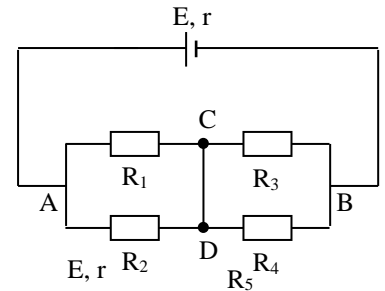
Tìm R_5 .

Bài 68. Cho mạch điện như hình vẽ: $r = 10\Omega$, $R_1 = 300\Omega$, $R_2 = 190\Omega$.

Khi K mở, vôn kế chỉ $90V$; khi K đóng vôn kế chỉ $60V$. Tính:

a) E.

b) Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện khi K mở và khi K đóng.



Bài 69. Cho mạch điện như hình vẽ: Các điện trở thuần đều có giá trị là R , nguồn $E = 150V$, $r = \frac{4}{15}R$, các vôn kế có cùng điện trở. Biết vôn kế V_1 chỉ $110V$.

Tìm số chỉ của vôn kế V_2 .

Bài 70. Cho mạch điện như hình vẽ, hiệu điện thế U_{AB} luôn dương, dòng điện mạch chính có chiều từ A đến B, $R_1 = 15\Omega$, $R_2 = 40\Omega$, $E = 20V$, $r = 5\Omega$. Cực của E nối với B có thể là cực dương hoặc âm.

Tính U_{AB} , chiều và cường độ của I_1 , I_2 nếu:

- a) $I = 2A$. b) $I = 1A$.
c) $I = \frac{1}{2}A$. d) $I = \frac{1}{4}A$.

Bài 71. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 1,5V$, $E_2 = 2V$, R_V rất lớn, vôn kế chỉ $1,7V$.

Hỏi khi đảo cực nguồn E_1 , vôn kế chỉ bao nhiêu? có cần đảo lại cực vôn kế không?

Bài 72. Cho mạch điện như hình vẽ: các vôn kế có điện trở rất lớn.

- Khi K mở, vôn kế V_1 chỉ $1,8V$, V_2 chỉ $1,4V$.
- Khi K đóng vôn kế V_1 chỉ $1,4V$, V_2 chỉ $0,6V$.

Hỏi nếu đảo cực của nguồn E_2 thì các vôn kế sẽ chỉ bao nhiêu khi K đóng. Khi này có cần đảo cực vôn kế nào không?

Bài 73. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 9V$, $r_1 = 1\Omega$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_A = 0$.

- Khi K mở, ampe kế chỉ 0.
- Khi K đóng, ampe kế chỉ $8,4A$.

Tìm E_2 , r_2 .

Bài 74. Điện trở R mắc vào nguồn ($E_1 = 15V$, r_1) sẽ có dòng điện $1A$ đi qua. Dùng thêm nguồn ($E_2 = 10V$, r_2) mắc song song hoặc nối tiếp với nguồn trước, cường độ qua R không đổi. Tìm R , r_1 , r_2 .

Bài 75. Một số nguồn điện như nhau (mỗi nguồn có suất điện động e , điện trở trong r) mắc nối tiếp thành mạch kín, điện trở các dây nối không đáng kể.

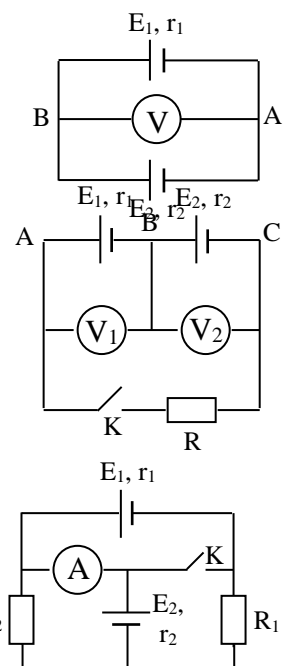
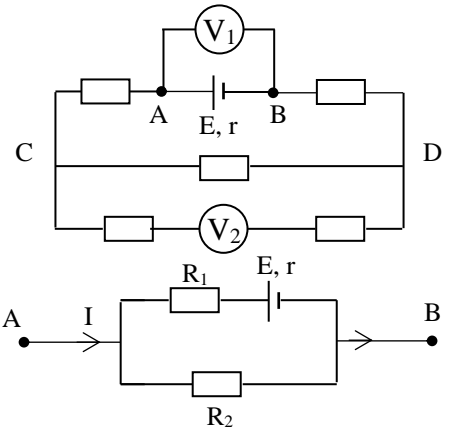
- a) Tính hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trong mạch.
b) Hỏi như trên nhưng e các nguồn khác nhau còn r mỗi nguồn tỉ lệ thuận với e của nguồn đó.
c) Hỏi như câu a nhưng số nguồn là chẵn và hai nguồn ở cạnh nhau có các cực cùng tên nối với nhau.
Có n bộ nguồn khác nhau mắc song song.

Hãy chứng minh bộ nguồn này tương đương với một nguồn (E, r) có:

$$\frac{E}{r} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \dots + \frac{E_n}{r_n} \text{ và } \frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1:



- Điện trở của đèn: $R = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{3^2}{6} = 1,5\Omega$.
- Cường độ dòng điện qua đèn: $I = \frac{E}{R+r} = \frac{3}{1,5+0,5} = 1,5A$.
- Hiệu điện thế của đèn: $U = IR = 1,5.1,5 = 2,25V$.
- Công suất tiêu thụ của đèn: $P = RI^2 = 1,5.1,5^2 = 3,375W$.

Bài 2:

Gọi R_v là điện trở của vôn kế, I là cường độ dòng điện qua mạch.

Ta có: $U = IR_v = \frac{E}{R_v+r} R_v$

$\Rightarrow R_v = \frac{rU}{E-U} = \frac{10.119}{120-119} = 1190\Omega$

Vậy: Điện trở của vôn kế là $R_v = 1190\Omega$.

Bài 3:

a) Suất điện động và điện trở trong tương đương của bộ nguồn

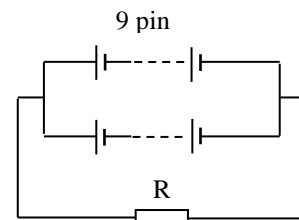
- Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = 9e = 9.1,5 = 13,5V$.

- Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = \frac{9r_0}{2} = \frac{9.0,2}{2} = 0,9\Omega$.

b) Cường độ dòng điện qua R

Ta có: $I = \frac{E_b}{R+r_b} = \frac{13,5}{2,1+0,9} = 4,5A$.

Vậy: Cường độ dòng điện qua R là $I = 4,5A$.



Bài 4:

a) Điện trở tương đương mạch ngoài

Ta có: $[(R_2 \text{ nt } R_3)/R_1] \text{ nt } R_4$

- Điện trở tương đương của R_2 và R_3 là: $R_{23} = R_2 + R_3 = 2 + 4 = 6\Omega$

- Điện trở tương đương của R_{23} và R_1 là: $R_{123} = \frac{R_1 R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \frac{2.6}{2+6} = 1,5\Omega$

- Điện trở tương đương của mạch ngoài là: $R_N = R_{123} + R_4 = 1,5 + 4,4 = 5,9\Omega$.

b) Cường độ mạch chính và U_{AB}

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{12}{5,9+0,1} = 2A$.

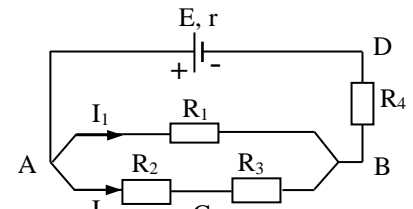
- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là: $U_{AB} = IR_{AB} = IR_{123} = 2.1,5 = 3V$.

c) Cường độ mỗi nhánh rẽ và U_{CD}

- Cường độ dòng điện qua mỗi nhánh rẽ: $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{3}{2} = 1,5A$; $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_{23}} = \frac{3}{6} = 0,5A$

- Hiệu điện thế giữa hai điểm C, D là: $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = U_3 + U_4$

$\Rightarrow U_{CD} = I_3 R_3 + I_4 R_4 = I_2 R_3 + I R_4 = 0,5.4 + 2.4,4 = 10,8V$.



Bài 5:

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn

- Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = ne = 4.1,5 = 6V$.
- Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{4}{2} \cdot 0,25 = 0,5\Omega$.

b) Tính U_{AB} và cường độ mạch chính

- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là:

$$U_{AB} = U_1 + U_3 = I_1 R_1 + I_3 R_3 = I_1 (R_1 + R_3)$$

(vì $I_1 = I_3$)

$$\Rightarrow U_{AB} = 0,24 \cdot (12 + 8) = 4,8V.$$

- Cường độ dòng điện qua R_2 là: $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2 + R_4} = \frac{4,8}{1 + 4} = 0,96A$.

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_1 + I_2 = 0,24 + 0,96 = 1,2A$.

c) Giá trị điện trở R_5

- Từ biểu thức của định luật Ôm: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b}$.

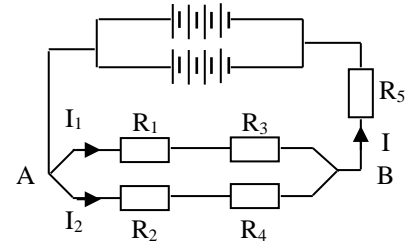
$$\Rightarrow R_N I + r_b I = E_b$$

$$\Rightarrow U_N = E_b - r_b I = 6 - 0,5 \cdot 1,2 = 5,4V.$$

- Mặt khác: $U_N = U_{AB} + U_5$

$$\Rightarrow U_5 = U_N - U_{AB} = 5,4 - 4,8 = 0,6V.$$

$$\Rightarrow R_5 = \frac{U_5}{I} = \frac{0,6}{1,2} = 0,5\Omega.$$



Bài 6:

Gọi R_V là điện trở của vôn kế, R_N là điện trở của mạch ngoài.

- Ta có: $I = \frac{E}{R_N + r} \Rightarrow IR_N + Ir = E$

$$\Rightarrow U_N = E - Ir \quad (1)$$

Mặt khác: $U_N = U_1 + U_2 = I \cdot R_1 + U_2 \quad (2)$

- Từ (1) và (2): $IR_1 + U_2 = E - Ir$

$$\Rightarrow I(R_1 + r) = E - U_2$$

$$\Rightarrow I = \frac{E - U_2}{R_1 + r} = \frac{200 - 160}{100 + 0,5} \approx 0,398A$$

$$\text{Mà } I = I_1 + I_2 \Rightarrow I_1 = I - I_2 = I - \frac{U_2}{R_2}$$

$$\Rightarrow I = 0,398 - \frac{160}{500} = 0,078A$$

$$\text{và } R_V = \frac{U_V}{I_1} = \frac{160}{0,078} = 2051\Omega.$$

Vậy: Điện trở của vôn kế là $R_V = 2051\Omega$.

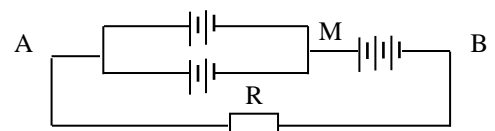
Bài 7:

- Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = E_{AM} + E_{MB}$

Ta có: $E_{AM} = ne = 2.1,5 = 3V$

$$E_{MB} = n'e = 3.1,5 = 4,5V$$

$$\Rightarrow E_b = 3 + 4,5 = 7,5V$$



- Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = r_{AM} + r_{MB} = \frac{nr_0}{m} + n'r_0$.

$$\Rightarrow r_b = \frac{2.1}{2} + 3.1 = 4\Omega$$

- Cường độ mạch chính: $I = \frac{E_b}{R+r_b} = \frac{7,5}{6+4} = 0,75A$.

Vậy: Cường độ mạch chính là $I = 0,75A$.

Bài 8:

- Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = E_{AM} + E_{MN} + E_{BC}$

$$\Rightarrow E_b = e + e + e = 3e = 3.1,5 = 4,5V$$

- Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = r_{AM} + r_{MN} + r_{BC}$

$$\Rightarrow r_b = \frac{r_0}{2} + \frac{r_0}{2} + r_0 = 2r_0 = 2.1 = 2\Omega$$

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 4 + \frac{6.12}{6+12} = 8\Omega$

- Cường độ qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{4,5}{8+2} = 0,45A$.

Vậy: Cường độ mạch chính là $I = 0,45A$.

Bài 9:

a) Tính R_1, R_4

Ta có: $E_b = e = 12V$; $r_b = \frac{r_0}{2} = 1\Omega$.

$$\Rightarrow I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{U_{AB}}{R_{23}}$$

với $U_{AB} = 2V$; $R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{3.6}{3+6} = 2\Omega$

$$\Rightarrow I = \frac{2}{2} = 1A$$

Mặt khác: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b} \Rightarrow IR_N + Ir_b = E_b$

$$\Rightarrow R_N = \frac{E_b - Ir_b}{I} = \frac{12 - 1.1}{1} = 11\Omega$$

và $R_N = R_1 + R_{23} + R_4 = 3R_4 + R_{23} = 3R_4 + 2$

$$\Rightarrow R_4 = \frac{R_N - 2}{3} = \frac{11 - 2}{3} = 3\Omega$$

và $R_1 = 2R_4 = 2.3 = 6\Omega$.

Vậy: Giá trị các điện trở $R_1 = 6\Omega$; $R_4 = 3\Omega$.

b) Số chỉ của ampe kế

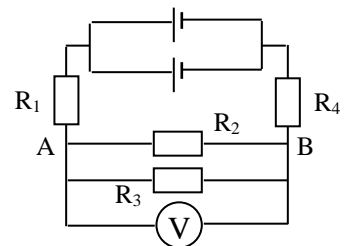
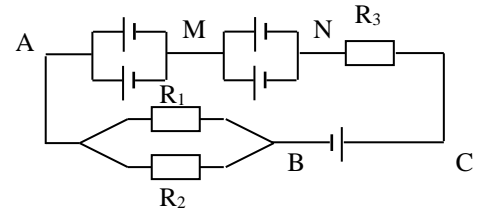
Vì $R_A = 0$ nên ta có thể bỏ R_2 và R_3 . Cường độ dòng điện qua mạch:

$$I = \frac{E_b}{R_1 + R_4 + r_b} = \frac{12}{6+3+1} = 1,2A$$

Vậy: Số chỉ ampe kế là $1,2A$.

Bài 10:

Vì $R_A = 0$ nên nguồn giữa hai điểm mắc ampe kế bị nối tắt.



Ta có: $E_b = ne = 3.6 = 18V$; $r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{3.2}{2} = 1\Omega$;

$$R_N = R_3 + R_{12} = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 2 + \frac{3.6}{3+6} = 4\Omega.$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{r_b + R_N} = \frac{18}{1+4} = 3,6A$

- Số chỉ ampe kế: $I_A = I_0 - I_1$.

với $I_1 = \frac{I}{2} = \frac{3,6}{2} = 1,8A$; $I_0 = \frac{e_0}{r} = \frac{6}{\frac{2}{3}} = 9A$.

$$\Rightarrow I_A = 9 - 1,8 = 7,2A.$$

Vậy: Số chỉ của ampe kế là $I_A = 7,2A$.

Bài 11:

a) Số chỉ của ampe kế và chiều dòng điện qua nó

- Vì điện trở của ampe kế $R_A = 0$ nên mạch có thể được vẽ lại:

- Ta có:

+ Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 12 + \frac{36.18}{36+18} = 24\Omega$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{30}{24+3} = \frac{10}{9}A$

$$\Rightarrow U_{DF} = IR_{23} = \frac{10}{9} \cdot 12 = \frac{40}{3}V.$$

$$\Rightarrow I_3 = \frac{U_{DF}}{R_3} = \frac{40}{3.18} = \frac{20}{27}A.$$

Vì số chỉ ampe kế chính là cường độ dòng điện qua R_3 nên số chỉ của ampe kế là $\frac{20}{27}A$ và dòng điện có chiều từ D đến G.

b) Số chỉ và chiều dòng điện qua ampe kế khi đổi chỗ nguồn và ampe kế

- Khi đổi chỗ nguồn E và ampe kế, ta có mạch điện như sau:

+ Điện trở tương đương mạch ngoài: $R'_N = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 18 + \frac{12.36}{12+36} = 27\Omega$

+ Cường độ dòng điện mạch chính: $I' = \frac{E}{R'_N + r} = \frac{30}{27+3} = 1A$

$$\Rightarrow U_{BD} = I'R_N = 1.9 = 9V.$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{BD}}{R_1} = \frac{9}{12} = 0,75A$$

Vậy: Khi đổi chỗ nguồn và ampe kế, ampe kế chỉ 0,75A và dòng điện có chiều từ F đến B.

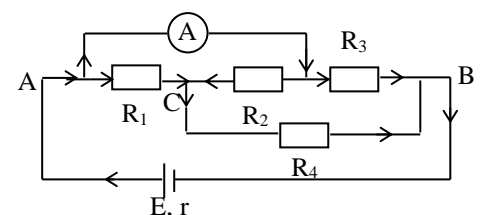
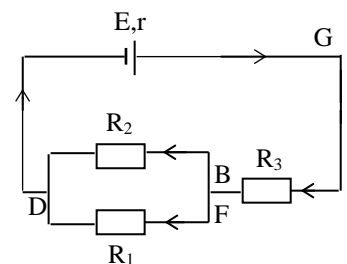
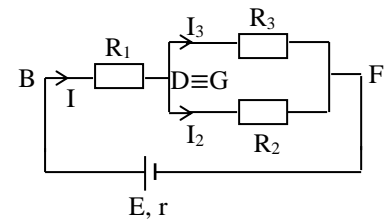
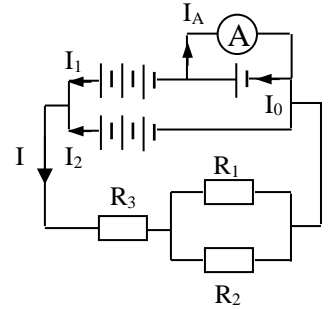
Bài 12:

Vì $R_A = 0$ nên mạch được vẽ lại như sau:

- Số chỉ của ampe kế bằng tổng dòng điện qua R_2 và R_3

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = \frac{R_{124} \cdot R_3}{R_{124} + R_3}$.

với $R_{124} = R_4 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6 + \frac{3.6}{3+6} = 8\Omega$.



$$\Rightarrow R_N = \frac{8,6}{8+6} = \frac{24}{7} \Omega$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{24}{\frac{24}{7} + 1} = \frac{168}{31} A$

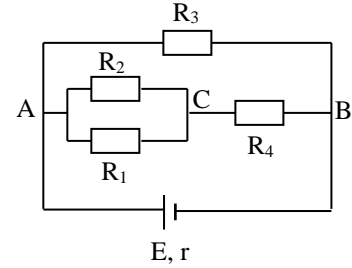
$$\Rightarrow U_{AB} = IR_N = \frac{168}{31} \cdot \frac{24}{7} = \frac{576}{31} V$$

$$\Rightarrow I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} = \frac{576}{31 \cdot 6} = \frac{96}{31} A \quad (1)$$

$$\text{và } I_{124} = \frac{U_{AB}}{R_{124}} = \frac{576}{31 \cdot 8} = \frac{72}{31} A$$

$$\Rightarrow U_{AC} = I_{124} \cdot R_{12} = \frac{72}{31} \cdot 2 = \frac{144}{31} V$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{AC}}{R_2} = \frac{144}{31 \cdot 6} = \frac{24}{31} A \quad (2)$$



- Từ (1) và (2) suy ra: $I_2 + I_3 = \frac{24}{31} + \frac{96}{31} = \frac{120}{31} A$.

Vậy: Số chỉ ampe kế bằng $\frac{120}{31} A$.

Bài 13:

Vì điện trở của các ampe kế bằng 0 nên ta có thể vẽ lại mạch điện như hình sau [$R_1 // R_2 // R_3$]:

- Số chỉ của ampe kế A_1 bằng tổng I_2 và

$$I_3: I_2 + I_3 = 0,6 A = I_{23}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = I_{23} \cdot R_{23} = 0,6 \cdot 2 = 1,2 V$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{1,2}{6} = 0,2 A$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{1,2}{6} = 0,2 A \text{ và } I_3 = I_{23} - I_2$$

$$= 0,6 - 0,2 = 0,4 A.$$

- Số chỉ của ampe kế A_2 bằng tổng I_1 và I_2 : $I_1 + I_2 = 0,2 + 0,2 = 0,4 A$.

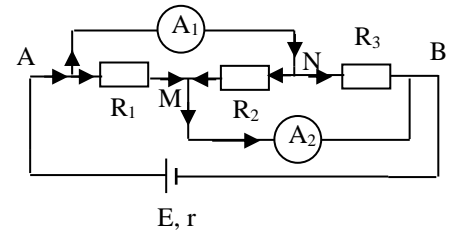
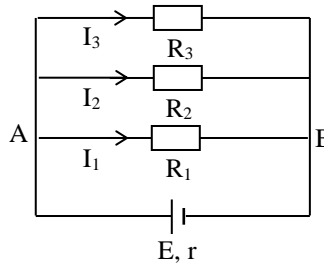
- Tìm E: Ta có: $I = \frac{E}{R_N + r} \Rightarrow E = I(R_N + r)$

$$\text{với: } I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,2 + 0,2 + 0,4 = 0,8 A$$

$$\frac{1}{R_N} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \Rightarrow R_N = \frac{3}{2} = 1,5 \Omega$$

$$\text{và } E = 0,8 \cdot (1,5 + 5) = 5,2 V.$$

Vậy: Suất điện động của nguồn là $E = 5,2 V$; số chỉ A_2 là $0,4 A$.



Bài 14:

a) Suất điện động của nguồn

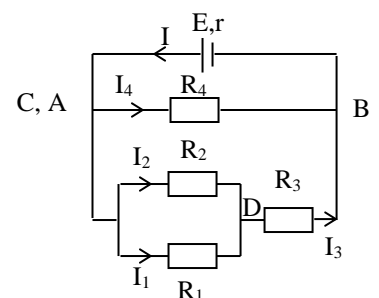
Vì ampe kế có $R_A = 0$ nên mạch có thể được vẽ lại như sau:

- Số chỉ của ampe kế bằng: $I_2 + I_4 = 0,5 A \quad (1)$

- Vì $R_1 = R_2 \Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{I_3}{2} \quad (2)$

- Từ (1) và (2), ta có: $\frac{I_3}{2} + I_4 = 0,5 A \quad (3)$

- Mặt khác, ta có: $I_3 = \frac{I_4 R_4}{R_{123}}$



$$\text{với } R_{123} = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 40 + \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 60 \Omega$$

$$\Rightarrow I_3 = \frac{I_4 \cdot 30}{60} = \frac{I_4}{2} \quad (4)$$

$$\text{- Từ (3) và (4), ta có: } \frac{I_4}{4} + I_4 = 0,5 \Rightarrow I_4 = 0,4 \text{ A.}$$

$$\text{- Do đó: } U_{AB} = I_4 R_4 = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{ V.}$$

$$\text{và } I = I_4 + I_3 = 0,4 + \frac{0,4}{2} = 0,6 \text{ A}$$

$$\text{- Mặt khác: } U_{AB} = E - Ir \Rightarrow E = U_{AB} + I \cdot r = 12 + 0,6 \cdot 10 = 18 \text{ V.}$$

Vậy: Suất điện động của nguồn là $E = 18 \text{ V}$.

b) Số chỉ của ampe kế

- Khi đổi chỗ nguồn và ampe kế, mạch điện được vẽ lại như sau:

- Số chỉ của ampe kế bằng: $I_3 + I_4$.

$$\text{- Điện trở mạch ngoài: } R_N = \frac{R_{123} \cdot R_4}{R_{123} + R_4}$$

$$\text{với: } R_{123} = R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = 40 + \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 60 \Omega.$$

- So với câu a thì R_{123} không đổi nên dòng điện qua mạch vẫn không đổi:

$$I = 0,6 \text{ A và } I_4 = 0,4 \text{ A}$$

$$\text{- Do } R_1 = R_3 \Rightarrow I_1 = I_3 = \frac{I_2}{2} = \frac{I_4 \cdot R_4}{R_{123} \cdot 2} = \frac{0,4 \cdot 30}{60 \cdot 2} = 0,1 \text{ A}$$

Vậy: Số chỉ của ampe kế là: $I_4 + I_3 = 0,4 + 0,1 = 0,5 \text{ A}$.

Bài 15:

a) Số chỉ của vôn kế

Vì R_V rất lớn nên mạch được vẽ lại như sau: Số chỉ của vôn kế bằng U_{AB}

$$\text{- Điện trở mạch ngoài: } R_N = R_4 + \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 1 + \frac{3 \cdot (3 + 3)}{3 + 3 + 3} = 3 \Omega$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{4,8}{3 + 1} = 1,2 \text{ A}$$

$$\Rightarrow U_4 = IR_4 = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \text{ V}$$

$$U_3 = I_3 R_3 = \frac{U_{AD}}{R_{23}} \cdot R_3 = \frac{I \cdot R_{AD}}{R_{23}} \cdot R_3$$

$$\text{với } R_{23} = R_2 + R_3 = 3 + 3 = 6 \Omega$$

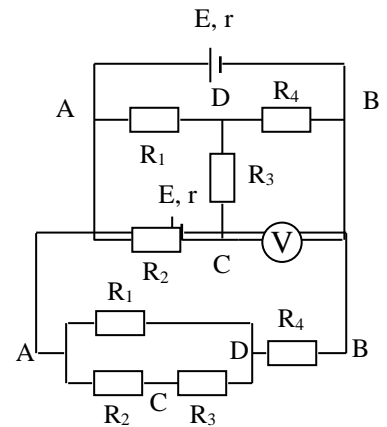
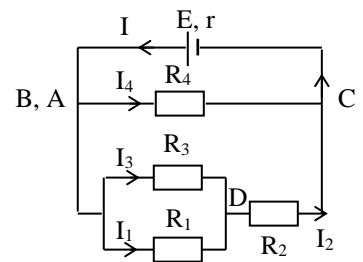
$$\Rightarrow R_{AD} = \frac{R_1 R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \Omega$$

$$\Rightarrow U_3 = \frac{1,2 \cdot 2}{6} \cdot 3 = 1,2 \text{ V}$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế là: $U_{CB} = U_{CD} + U_{DB} = U_3 + U_4 = 1,2 + 1,2 = 2,4 \text{ V}$.

b) Số chỉ của ampe kế

Khi thay vôn kế bằng ampe kế có $R_A = 0$ thì mạch được vẽ lại như sau:



- Số chỉ của ampe kế bằng: $I_2 + I_3$.

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = \frac{R_{134}R_2}{R_{134}+R_2}$.

với $R_{134} = R_1 + \frac{R_3R_4}{R_3+R_4} = 3 + \frac{3 \cdot 1}{3+1} = 3,75\Omega$

$$\Rightarrow R_N = \frac{3,75 \cdot 3}{3,75+3} = \frac{5}{3}\Omega$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{4,8}{\frac{5}{3}+1} = \frac{9}{5} = 1,8A$

và $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{I \cdot R_N}{R_2} = \frac{1,8 \cdot \frac{5}{3}}{3} = 1A$.

$$I_1 = I - I_2 = 1,8 - 1 = 0,8A.$$

$$I_3 = \frac{U_{DB}}{R_3} = \frac{I_1 \cdot R_{DB}}{R_3} = \frac{I_1 \cdot R_3 \cdot R_4}{R_3(R_3+R_4)} = \frac{I_1 R_4}{R_3+R_4} = \frac{0,8 \cdot 1}{3+1} = 0,2A.$$

Vậy: Số chỉ của ampe kế: $I_2 + I_3 = 1 + 0,2 = 1,2A$.

Bài 16:

a) K_1, K_2 mở

Khi K_1, K_2 mở, mạch được vẽ lại như sau: Lúc đó, số chỉ của ampe kế bằng dòng điện qua mạch chính I ; số chỉ của vôn kế bằng hiệu điện thế U_{AB} .

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_4 + \frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}$

$$\Rightarrow R_N = 2,1 + \frac{4,2 \cdot (2,1+2,1)}{4,2+2,1+2,1} = 4,2\Omega$$

- Cường độ dòng qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{11,5}{4,2+0,8} = 2,3A$

- Hiệu điện thế hai đầu A, B: $U_{AB} = I \cdot R_N = 2,3 \cdot 4,2 = 9,66V$.

Vậy: Số chỉ ampe kế là $2,3A$; số chỉ vôn kế là $9,66V$.

b) K_1 mở, K_2 đóng: Khi K_1 mở, K_2 đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:

- Số chỉ của ampe kế bằng I_4 : $I_4 = I = \frac{E}{R_4+r} = \frac{11,5}{2,1+0,8} = \frac{115}{29} \approx 4A$

- Số chỉ của vôn kế: $U = I_4 R_4 = I R_4 = \frac{115}{29} \cdot 2,1 = 8,3V$.

c) K_1 đóng, K_2 mở: Khi K_1 đóng, K_2 mở, mạch điện được vẽ lại như sau:

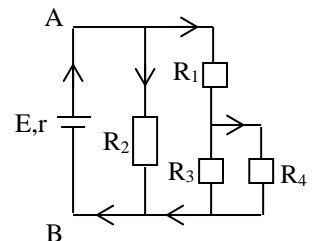
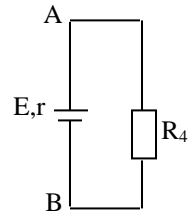
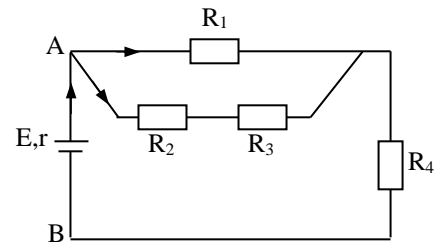
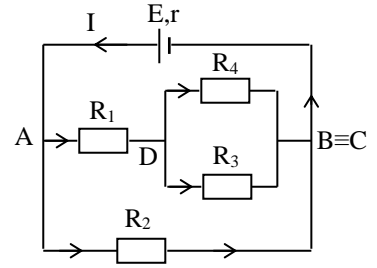
- Điện trở mạch ngoài: $R_N = \frac{R_2 R_{134}}{R_2 + R_{134}}$.

với $R_{134} = R_1 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 4,2 + \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 1}{2 \cdot 1 + 2 \cdot 1} = 5,25\Omega$

$$\Rightarrow R_N = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 2,5}{2,1+5,25} = 1,5\Omega$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{11,5}{1,5+0,8} = 5A$

Vậy: Số chỉ của ampe kế là $5A$; số chỉ của vôn kế là: $U_{AB} = I R_N = 5 \cdot 1,5 = 7,5V$.



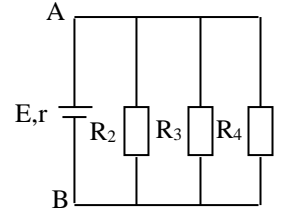
d) K_1, K_2 đóng: Khi K_1, K_2 đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:

$$\text{- Điện trở mạch ngoài: } \frac{1}{R_N} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{2,1} + \frac{1}{2,1} + \frac{1}{2,1} = \frac{3}{2,1}$$

$$\Rightarrow R_N = 0,7\Omega$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{11,5}{0,7 + 0,8} = 7,67A$$

Vậy: Số chỉ ampe kế là $7,67A$; số chỉ vôn kế là: $U_{AB} = IR_N = \frac{23}{3} \cdot 0,7 \approx 5,37V$.



Bài 17:

a) K_1 mở, K_2 đóng: Khi K_1 mở, K_2 đóng, mạch được vẽ lại như sau:

$$\text{Từ: } I = \frac{E}{r + R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{E - Ir}{I} = \frac{12 - 3 \cdot 2}{3} = 2\Omega$$

Vậy: Giá trị của điện trở R_2 là $R_2 = 2\Omega$.

b) K_1 đóng, K_2 mở: Khi K_1 đóng, K_2 mở, mạch được vẽ lại như sau:

$$\text{Ta có: } I_1 = 2A \Rightarrow U_{BC} = I_1 R_1 = 2R_1.$$

$$\Rightarrow I_4 = \frac{U_{BC}}{R_{24}} = \frac{2R_1}{2+2} = \frac{R_1}{2}$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = I_1 + I_4 = 2R_1 + \frac{R_1}{2} = 2,5R_1 \quad (1)$$

$$\text{- Mặt khác, ta có: } I = \frac{E}{R_N + r}$$

$$\text{với: } R_N = R_3 + \frac{R_1(R_4 + R_2)}{R_1 + R_4 + R_2} = 2 + \frac{R_1(2+2)}{R_1 + 2 + 2} = 2 + \frac{4R_1}{4 + R_1}$$

$$\Rightarrow I = \frac{12}{2 + \frac{4R_1}{4 + R_1}} = \frac{12(4 + R_1)}{16 + 8R_1} \quad (2)$$

$$\text{- Từ (1) và (2) suy ra: } 2,5R_1 = \frac{12(4 + R_1)}{16 + 8R_1}$$

$$\Leftrightarrow 40R_1 + 20R_1^2 = 48 + 12R_1$$

$$\Leftrightarrow 20R_1^2 + 28R_1 - 48 = 0 \Rightarrow R_1 = 1\Omega \text{ và } R_1 = -\frac{12}{5} < 0: (\text{loại}).$$

Vậy: Giá trị của điện trở R_1 là $R_1 = 1\Omega$.

c) K_1, K_2 đều đóng: Khi K_1, K_2 đều đóng, mạch được vẽ lại như sau:

Ta có: Số chỉ của A_1 bằng I_1 ; số chỉ của A bằng I .

$$\text{- Điện trở mạch ngoài: } R_N = \frac{R_2 R_{134}}{R_2 + R_{134}}$$

$$\text{với: } R_{134} = R_1 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 1 + \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 2\Omega$$

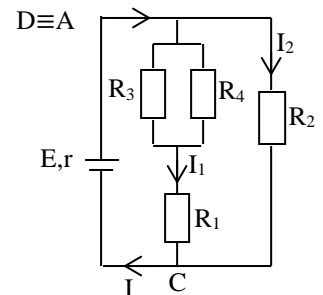
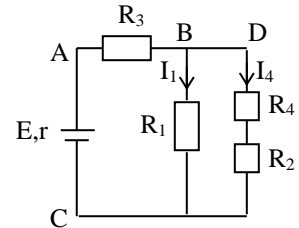
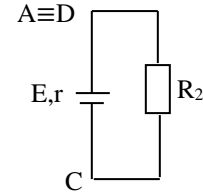
$$\Rightarrow R_N = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1\Omega$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{12}{1 + 2} = 4A.$$

$$\text{- Vì } R_{134} = R_2 \Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = \frac{4}{2} = 2A.$$

Vậy: Số chỉ của các ampe kế là $4A$ và $2A$.

Bài 18:



a) K_1 đóng, K_2 mở: Khi K_1 đóng, K_2 mở, mạch điện được vẽ lại như sau:

Số chỉ của vôn kế bằng hiệu điện thế giữa hai đầu R_1 .

$$\text{Ta có: } E_b = ne = 2.1,5 = 3V; r_b = \frac{ne}{m} = \frac{2.2}{2} = 2\Omega.$$

$$R_N = R_1 + R_2 = 2 + 1 = 3\Omega.$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{3}{3+2} = 0,6A.$$

$$\Rightarrow I_1 = I = 0,6A; U_1 = I_1 R_1 = 0,6.2 = 1,2V.$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế là 1,2V.

b) K_1 mở, K_2 đóng: Khi K_1 mở, K_2 đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:

- Số chỉ của vôn kế bằng hiệu điện thế hai đầu R_3 là $U_3 = 1,5V$.

$$\Rightarrow I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{1,5}{4} = 0,375A$$

$$\text{- Mặt khác, ta có: } I_3 = I = \frac{E_b}{R_N + r_b} \Leftrightarrow 0,375 = \frac{3}{R_N + 2}.$$

$$\Rightarrow R_N = 6\Omega$$

$$\text{Vì: } R_N = R_3 + R_4 \Rightarrow R_4 = R_N - R_3 = 6 - 4 = 2\Omega.$$

Vậy: Giá trị của điện trở R_4 là: $R_4 = 2\Omega$.

c) K_1, K_2 đều đóng: Khi K_1 và K_2 đóng, mạch điện được vẽ lại như hình dưới.

$$\text{- Điện trở mạch ngoài: } R_N = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(2+1).(4+2)}{2+1+4+2} = 2\Omega$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{3}{2+2} = 0,75A$$

$$\text{Vì: } R_{12} = R_1 + R_2 = 2 + 1 = 3\Omega, R_{34} = R_3 + R_4 = 4 + 2 = 6\Omega \Rightarrow I_{12} = 2I_{34}$$

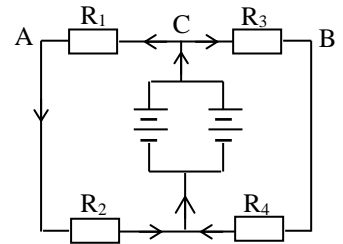
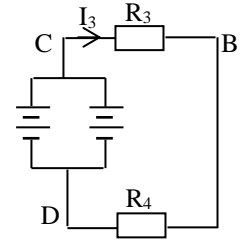
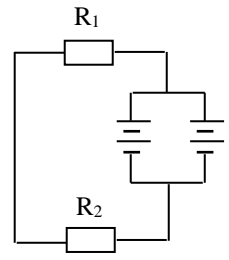
$$\text{Mà } I_{12} + I_{34} = I = 0,75 \Rightarrow I_{12} = 0,5A; I_{34} = 0,25A.$$

$$\Rightarrow I_1 = I_{12} = 0,5A \Rightarrow U_{R_1} = U_{CA} = R_1 I_1 = 2.0,5 = 1V.$$

$$\text{Và } I_3 = I_{34} = 0,25A \Rightarrow U_{R_3} = U_{CB} = R_3 I_3 = 4.0,25 = 1V$$

$$\Rightarrow \text{Số chỉ của vôn kế: } U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = -U_{CA} + U_{CB} = -1 + 1 = 0.$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế là 0. Trong các trường hợp trên vôn kế luôn nối với A.



Bài 19:

$$\text{- Khi } [R_1 \text{ nt } R_2] \Rightarrow R_N = R_1 + R_2 = 2 + 6 = 8\Omega.$$

$$\Rightarrow I_N = \frac{E}{R_N + r} \Rightarrow 0,5 = \frac{E}{8+r} \quad (1)$$

$$\text{- Khi } [R_1 // R_2] \Rightarrow R'_N = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2.6}{2+6} = 1,5\Omega.$$

$$\Rightarrow I_S = \frac{E}{R'_N + r} \Rightarrow 1,8 = \frac{E}{1,5+r} \quad (2)$$

$$\text{- Từ (1) và (2), suy ra: } \begin{cases} 4+0,5r = E \\ 2,7+1,8r = E \end{cases} \Rightarrow r = 1\Omega; E = 4,5V.$$

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của nguồn là $E = 4,5V$ và $r = 1\Omega$.

Bài 20:

$$\text{- Khi } [R_1 \text{ nt } R_2] \Rightarrow R_N = R_1 + R_2$$

Ta có: $I_N = \frac{E}{R_N + r} \Rightarrow R_N = \frac{E}{I_N} - r = \frac{1,5}{0,15} - 1 = 9\Omega$.

$\Rightarrow R_1 + R_2 = 9\Omega$ (1)

- Khi $[R_1 // R_2] \Rightarrow R'_N = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

Ta có: $I_S = \frac{E}{R'_N + r} \Rightarrow R'_N = \frac{E}{I_S} - r = \frac{1,5}{0,5} - 1 = 2\Omega$.

$\Rightarrow \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 2$ (2)

- Giải hệ (1) và (2) ta được: $\begin{cases} R_1 = 6\Omega \\ R_2 = 3\Omega \end{cases}$ và $\begin{cases} R_1 = 3\Omega \\ R_2 = 6\Omega \end{cases}$.

Vậy: Giá trị các điện trở R_1, R_2 là $R_1 = 6\Omega, R_2 = 3\Omega$ hoặc $R_1 = 3\Omega, R_2 = 6\Omega$.

Bài 21:

- Khi 2 pin mắc nối tiếp: $E_b = 2e; r_b = 2r_0$.

Ta có: $I_1 = \frac{E_b}{R + r_b} \Leftrightarrow 0,75 = \frac{2e}{2 + 2r_0}$

$\Leftrightarrow 0,75 + 0,75r_0 = e$ (1)

- Khi 2 pin mắc song song: $E_b = e; r_b = \frac{r_0}{2}$.

Ta có: $I_2 = \frac{E_b}{R + r_b} \Leftrightarrow 0,6 = \frac{e}{2 + \frac{r_0}{2}}$

$\Leftrightarrow 2,4 + 0,6r_0 = 2e$ (2)

- Từ (1) và (2), ta có: $\begin{cases} 0,75 + 0,75r_0 = e \\ 2,4 + 0,6r_0 = 2e \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r_0 = 1\Omega \\ e = 1,5V \end{cases}$.

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của mỗi pin là $e = 1,5V$ và $r_0 = 1\Omega$.

Bài 22:

- Ở hình a, ta có: $I_1 = \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2 + R} \Leftrightarrow 2,5 = \frac{18 + E_2}{1 + r_2 + 9}$

$\Leftrightarrow 25 + 2,5r_2 = 18 + E_2$

$\Leftrightarrow 2,5r_2 - E_2 + 7 = 0$ (1)

- Ở hình b, ta có: $I_2 = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2 + R} \Leftrightarrow 0,5 = \frac{18 - E_2}{1 + r_2 + 9}$

$\Leftrightarrow 5 + 0,5r_2 = 18 - E_2$

$\Leftrightarrow 0,5r_2 + E_2 - 13 = 0$ (2)

- Kết hợp (1) và (2), ta được: $\begin{cases} 2,5r_2 - E_2 + 7 = 0 \\ 0,5r_2 + E_2 - 13 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r_2 = 2\Omega \\ E_2 = 12V \end{cases}$.

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của nguồn thứ hai là $E_2 = 12V$ và $r = 2\Omega$.

Bài 23:

- Khi A_1 mắc song song với A_2 thì dòng điện qua mạch chính là:

$I_S = I_1 + I_2 = 2 + 3 = 5A$

Mặt khác: $I_S = \frac{E}{R + r_{12} + r} \Leftrightarrow 5 = \frac{E}{R + r + r_{12}}$

$\Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{R + r}{E} + \frac{r_{12}}{E}$ (1)

- Khi A_1 mắc nối tiếp với A_2 thì dòng điện qua mạch chính là:

$$I_N = \frac{E}{R+r'_{12}+r} \Leftrightarrow 4 = \frac{E}{R+r'_{12}+r}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{R+r}{E} + \frac{r'_{12}}{E} \quad (2)$$

- Khi không mắc các ampe kế thì dòng điện qua mạch là: $I = \frac{E}{R+r}$.

$$\Rightarrow \frac{1}{I} = \frac{R+r}{E} \quad (3)$$

- Kết hợp (1), (2), (3) ta có: $\begin{cases} \frac{1}{5} = \frac{1}{I} + \frac{r_{12}}{6} \\ \frac{1}{4} = \frac{1}{I} + \frac{r'_{12}}{6} \end{cases} \quad (4)$

$$(5)$$

với: $r_{12} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$ và $r'_{12} = r_1 + r_2$

$$\text{Vì: } r_1 I_1 = r_2 I_2 \Rightarrow r_1 = \frac{I_2}{I_1} r_2 = \frac{3}{2} r_2 = 1,5 r_2$$

$$\Rightarrow r_{12} = \frac{1,5 r_2^2}{1,5 r_2 + r_2} = 0,6 r_2 \quad (6)$$

$$\text{và } r'_{12} = 1,5 r_2 + r_2 = 2,5 r_2 \quad (7)$$

- Từ (4), (5), (6), (7), ta có: $\begin{cases} \frac{1}{5} = \frac{1}{I} + \frac{0,6 r_2}{6} \\ \frac{1}{4} = \frac{1}{I} + \frac{2,5 r_2}{6} \end{cases}$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{1}{I} + 0,1 r_2 = 0,2 \\ \frac{1}{I} + \frac{2,5}{6} r_2 = 0,25 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{1}{I} = \frac{7}{38} \Rightarrow I = \frac{38}{7} \approx 5,43 \text{ A} \\ r_2 = \frac{3}{19} \Omega \end{cases}$$

Vậy: Dòng điện qua mạch lúc đó là $I = 5,43 \text{ A}$.

Bài 24:

a) Điện tích trên mỗi bản tụ: Dòng điện không đổi không đi qua các tụ C_1 và C_2 :

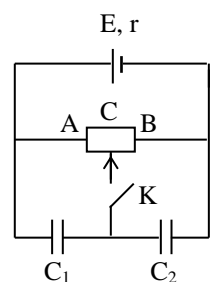
$$\text{- Khi K mở: } I = \frac{E}{R_{AB}+r} = \frac{12}{10+2} = 1 \text{ A}$$

+ Hiệu điện thế giữa hai đầu bộ tụ: $U_{AB} = IR_{AB} = 10 \text{ V}$.

+ Vì $[C_1 \text{ nt } C_2]$ nên $C_{bộ} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,2 \cdot 0,3}{0,2 + 0,3} = 0,12 \mu\text{F}$.

+ Điện tích của bộ: $Q = C_{bộ} U_{AB} = 0,12 \cdot 10 = 1,2 \mu\text{C}$.

+ Vì $[C_1 \text{ nt } C_2]$ nên $Q_1 = Q_2 = Q = 1,2 \mu\text{C}$.



- Khi K đóng: Vì C là trung điểm của AB nên: $R_{AC} = R_{CB} = \frac{R_{AB}}{2} = \frac{10}{2} = 5 \Omega$.

Ta có: $U_{C1} = U_{AC} = IR_{AC} = 1,5 \cdot 5 = 7,5 \text{ V}$; $U_{C2} = U_{CB} = IR_{CB} = 1,5 \cdot 5 = 7,5 \text{ V}$.

và $Q_1 = C_1 U_{C1} = 0,2 \cdot 7,5 = 1,5 \mu\text{C}$; $Q_2 = C_2 U_{C2} = 0,3 \cdot 7,5 = 2,25 \mu\text{C}$.

Vậy: Khi K mở thì $Q_1 = Q_2 = Q = 1,2 \mu\text{C}$; khi K đóng thì $Q_1 = 1,5 \mu\text{C}$, $Q_2 = 2,25 \mu\text{C}$.

b) Vị trí C để khi K mở hoặc đóng, điện tích trên các bản tụ không đổi

Gọi $R_{AC} = x \Rightarrow R_{CB} = 10 - x$; U_{C1} , U_{C2} là hiệu điện thế giữa C_1 và C_2 khi K mở; U'_{C1} , U'_{C2} là hiệu điện thế giữa C_1 và C_2 khi K đóng.

Ta có: $U_{C_1} = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1,2}{0,2} = 6V$.

- Để điện tích các bản tụ không đổi khi K đóng hoặc mở thì cần có:

$$U'_{C_1} = U_{C_1} = 6V \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } U'_{C_1} = Ix = x \quad (2)$$

- Từ (1), (2) suy ra: $x = 6\Omega$.

Từ đó: $R_{AC} = 6\Omega$ và $R_{CB} = 4\Omega$.

Vậy: Vị trí C để khi K mở hoặc đóng, điện tích trên các bản tụ không đổi là $R_{AC} = 6\Omega$ và $R_{CB} = 4\Omega$.

Bài 25:

a) Điện tích mỗi tụ khi K mở: Khi K mở, mạch được vẽ lại:

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_1 + R_2 + R_3 = 3 + 2 + 0,5 = 5,5\Omega$

- Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6}{5,5 + 0,5} = 1A$

- Điện tích của tụ: $Q_1 = Q_2 = Q = U_{AN}C_{12}$

với $U_{AN} = U_{R_1} = IR_1 = 1 \cdot 3 = 3V$

$$C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,2 \cdot 0,2}{0,2 + 0,2} = 0,1\mu F$$

$$\Rightarrow Q_1 = Q_2 = 3 \cdot 0,1 = 0,3\mu C.$$

Vậy: Khi K mở, điện tích mỗi tụ là $Q_1 = Q_2 = 0,3\mu C$.

b) Điện tích mỗi tụ khi đóng K và số electron chuyển qua K khi K đóng: Khi K đóng, mạch được vẽ lại như sau:

- Cường độ dòng điện qua mạch có giá trị không đổi: $I = 1A$.

Ta có: $U_{C_1} = U_{AB} = I(R_1 + R_2) = 1 \cdot (3 + 2) = 5V$

$$\Rightarrow Q'_1 = C_1 U_{C_1} = 0,2 \cdot 5 = 1\mu C$$

$$\text{và } U_{C_2} = U_{R_2} = IR_2 = 1 \cdot 2 = 2V$$

$$\Rightarrow Q'_2 = C_2 U_{C_2} = 0,2 \cdot 2 = 0,4\mu C$$

- Số electron chuyển qua khoá K:

+ Khi K mở, tổng điện tích tại M: $-Q_1 + Q_2 = 0$.

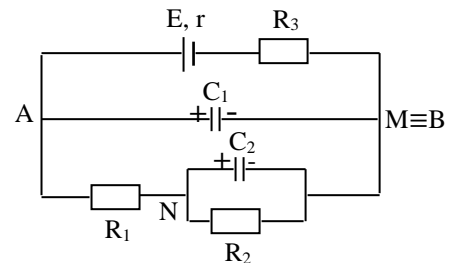
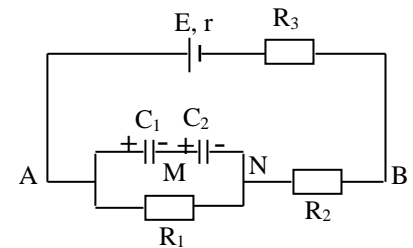
+ Khi K đóng, tổng điện tích tại M: $-Q_1 - Q_2 = -1 - 0,4 = -1,4\mu C$.

+ Điện tích chuyển qua khoá K khi K đóng là: $\Delta Q = |-1,4 - 0| = 1,4\mu C = 1,4 \cdot 10^{-6} C$

+ Số electron chuyển qua khoá K là: $n = \frac{|\Delta Q|}{e} = \frac{1,4 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 8,75 \cdot 10^{12}$.

Vậy: Khi đóng khoá K, điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 1\mu C$, $Q'_2 = 0,4\mu C$ và số electron chuyển qua khoá K là $8,75 \cdot 10^{12}$.

c) Điện tích trên tụ C_3 : Khi thay K bằng tụ C_3 , mạch điện được vẽ lại như sau:



Giả sử sự phân bố điện tích như hình vẽ:

Ta có: $U_{AN} = U_{AM} + U_{MN} = IR_1 = 3V$

$$\Leftrightarrow U_{C_1} - U_{C_2} = 3 \Leftrightarrow \frac{Q_1}{C_1} - \frac{Q_2}{C_2} = 3$$

$$\Leftrightarrow \frac{Q_1}{0,2} - \frac{Q_2}{0,2} = 3 \Leftrightarrow Q_1 - Q_2 = 0,6 \quad (1)$$

và: $U_{NB} = U_{NM} + U_{MB} = IR_2 = 2V$

$$\Leftrightarrow U_{C_2} + U_{C_3} = 2 \Leftrightarrow \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} = 2$$

$$\Leftrightarrow \frac{Q_2}{0,2} + \frac{Q_3}{0,4} = 2 \Leftrightarrow 2Q_2 + Q_3 = 0,8 \quad (2)$$

- K được thay thế khi đang mở thì tổng điện tích tại điểm M bằng 0: $-Q_1 - Q_2 + Q_3 = 0 \quad (3)$

Từ (1), (2), (3), ta có:
$$\begin{cases} Q_1 - Q_2 = 0,6 \\ 2Q_2 + Q_3 = 0,8 \\ -Q_1 - Q_2 + Q_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_1 = 0,65\mu C \\ Q_2 = 0,05\mu C \\ Q_3 = 0,7\mu C \end{cases}$$

Vậy: Khi K được thay thế khi còn đang mở thì $Q_3 = 0,7\mu C$.

- K được thay thế sau khi đã đóng lại thì tổng điện tích tại M là: $-1,4\mu C$.

$$-Q_1 - Q_2 + Q_3 = 0 \quad (4)$$

Từ (1), (2), (4), ta có:
$$\begin{cases} Q_1 - Q_2 = 0,6 \\ 2Q_2 + Q_3 = 0,8 \\ -Q_1 - Q_2 + Q_3 = -1,4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_1 = 1\mu C \\ Q_2 = 0,4\mu C \\ Q_3 = 0 \end{cases}$$

Vậy: Khi K được thay thế khi đã đóng lại thì $Q_3 = 0$.

Bài 26:

a) Tìm E, r và số chỉ ampe kế A_1 khi C ở M, N

- Khi C ở M ta bỏ qua R_1 : $I = 2,5A$.

Mà: $I = \frac{E}{R+r} \Leftrightarrow 2,5 = \frac{E}{12+r} \Rightarrow 30 + 2,5r - E = 0 \quad (1)$

- Khi C ở N thì $[R // R_1]$: Lúc đó, U_{MN} bằng số chỉ của vôn kế: $U_{MN} = 24$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{MN}}{R_1} = \frac{24}{8} = 3A$$

và $I_2 = \frac{U_{MN}}{R} = \frac{24}{12} = 2A$

$$\Rightarrow I' = I_1 + I_2 = 5A$$

Mặt khác: $I' = \frac{E}{R_N+r}$ với $R_N = \frac{RR_1}{R+R_1} = \frac{12 \cdot 8}{12+8} = 4,8\Omega$

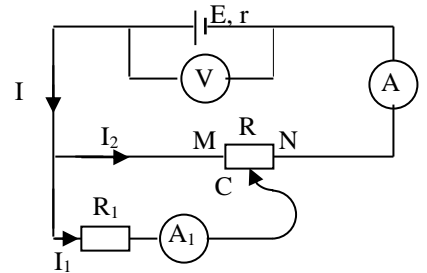
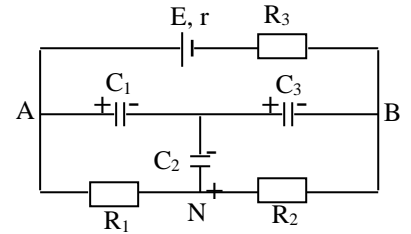
$$\Rightarrow 5 = \frac{E}{4,8+r} \Rightarrow 24+5r-E=0 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2):
$$\begin{cases} 30+2,5r-E=0 \\ 24+5r-E=0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E=36V \\ r=2,4\Omega \end{cases}$$

- Khi C ở M, ta bỏ qua R_1 nên số chỉ của A_1 bằng 0.

- Khi C ở N, số chỉ của A_1 bằng dòng qua R_1 và bằng 3A.

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của nguồn là $E = 36V$ và $r = 2,4\Omega$; khi C ở M ampe kế A_1 chỉ 0, khi C ở N ampe kế A_1 chỉ 3A.



b) Khi C di chuyển từ M đến N, số chỉ các máy đo thay đổi như thế nào?

Khi C di chuyển từ M đến N thì điện trở mạch ngoài giảm, dòng điện qua mạch chính tăng, số chỉ của ampe kế tăng, còn số chỉ của vôn kế giảm (vì $U = E - Ir$).

Bài 27:

Ta có: $E_b = 6e = 6.2 = 12V$; $r_b = \frac{6r_0}{2} = \frac{6.2}{2} = 6\Omega$

- Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{0,75}{1,5} = 0,5A$

- Điện trở mỗi đèn: $R = \frac{U^2}{P} = \frac{1,5^2}{0,75} = 3\Omega$

Gọi x là điện trở của phần AC thì $R_{CB} = 12 - x$ (với $x > 0$).

- Vì đèn sáng bình thường nên: $I_1 = 0,5A$.

$\Rightarrow U_{AC} = 4.1,5 = 6V$; $I_2 = \frac{U_{AC}}{R_{AC}} = \frac{6}{x}$

- Cường độ dòng qua mạch chính: $I = I_1 + I_2 = 0,5 + \frac{6}{x}$.

- Từ định luật Ôm, ta có: $U_{AB} = E_b - Ir_b$.

Mặt khác: $U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = 6 + I(12-x)$

$\Leftrightarrow 6 + I(12 - x) = E_b - Ir_b$

$\Leftrightarrow 6 + (0,5 + \frac{6}{x}).(12-x) = 12 - (0,5 + \frac{6}{x}).6$

$\Leftrightarrow 6 + 6 - 0,5x + \frac{72}{x} - 6 = 12 - 3 - \frac{36}{x}$

$\Leftrightarrow \frac{108}{x} - 0,5x - 3 = 0 \Leftrightarrow 0,5x^2 + 3x - 108 = 0$

$\Rightarrow x_1 = 12\Omega$; $x_2 = -18\Omega < 0$: loại.

Vậy: Điện trở của phần AC là: $R_{AC} = x = 12\Omega$; điện trở của phần CB là $R_{CB} = 12 - 12 = 0$ hay $C \equiv B$.

Bài 28:

- Khi $C \equiv B$, ta có: $I_1 = \frac{E}{R_V + R + r} \Rightarrow U_1 = I_1 R_V = \frac{E.R_V}{R_V + R + r} = 2V$

$\Rightarrow \frac{R_V + r + R}{ER_V} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{R_V + r}{ER_V} + \frac{R}{ER_V} = \frac{1}{2}$ (1)

- Khi $C \equiv \frac{AB}{2}$, ta có: $I_2 = \frac{E}{R_V + \frac{R}{2} + r}$

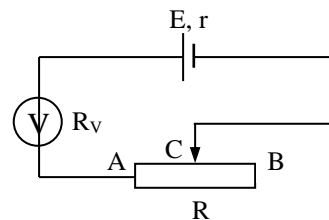
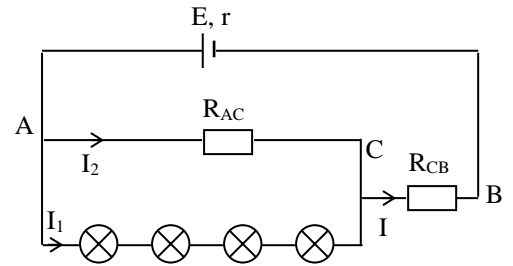
$\Rightarrow U_2 = I_2 R_V = \frac{ER_V}{R_V + \frac{R}{2} + r} = 3$

$\Rightarrow \frac{R_V + r + \frac{R}{2}}{ER_V} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{R_V + r}{ER_V} + \frac{R}{2ER_V} = \frac{1}{3}$ (2)

- Khi $C \equiv A$, ta có: $I_3 = \frac{E}{R_V + r}$

$\Rightarrow U_3 = I_3 R_V = \frac{ER_V}{R_V + r} \Rightarrow \frac{1}{U_3} = \frac{R_V + r}{ER_V}$ (3)

- Thay (3) vào (1) và (2), ta được: $\begin{cases} \frac{1}{U_3} + \frac{R}{ER_V} = \frac{1}{2} \\ \frac{1}{U_3} + \frac{R}{2ER_V} = \frac{1}{3} \end{cases}$



$$\text{Đặt } \frac{R}{ER_v} = x \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{U_3} + x = \frac{1}{2} \\ \frac{1}{U_3} + \frac{x}{2} = \frac{1}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_3 = 6 \text{ V} \\ x = \frac{1}{3} \end{cases}$$

Vậy: Khi $C \equiv A$ thì vôn kế chỉ 6V.

Bài 29:

- Khi $R = R_1 = 2\Omega$, ta có: $I = \frac{E}{R_1 + r} = \frac{E}{2 + r} = 8A$

$$\Rightarrow E - 8r - 16 = 0 \quad (1)$$

- Khi $R = R_2 = 5\Omega$, ta có: $U_{AB} = IR_2 = \frac{E}{R_2 + r} R_2 = \frac{E \cdot 5}{5 + r} = 25$

$$\Rightarrow 5E - 25r - 125 = 0 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2), ta có: $\begin{cases} E - 8r - 16 = 0 \\ 5E - 25r - 125 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 40V \\ r = 3\Omega \end{cases}$

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của nguồn là $E = 40V$; $r = 3\Omega$.

Bài 30:

- Từ định luật Ôm cho đoạn mạch chứa nguồn, ta được:

$$U_{CB} = E - I(R_1 + r) = 170 - I(195 + 5) \quad (1)$$

- Mặt khác, số chỉ của vôn kế bằng 100V nên: $U_{CB} = 100 \quad (2)$

- Từ (1) và (2) suy ra: $170 - 200I = 100$

$$\Rightarrow I = 0,35A$$

- Cường độ dòng điện qua R_2 và R_3 là: $I_2 = \frac{U_{CB}}{R_2 + R_3} = \frac{100}{200 + 200} = 0,25A$

- Cường độ dòng điện qua vôn kế là: $I_V = I - I_2$

$$\Rightarrow I_V = 0,35 - 0,25 = 0,1A$$

- Điện trở của vôn kế: $R_V = \frac{U_{CB}}{I_V} = \frac{100}{0,1} = 1000\Omega$.

Vậy: Điện trở của vôn kế là $R_V = 1000\Omega$.

Bài 31:

a) Số chỉ vôn kế khi K_1 , K_2 đều mở

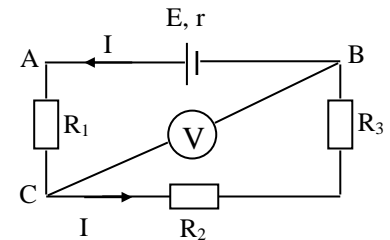
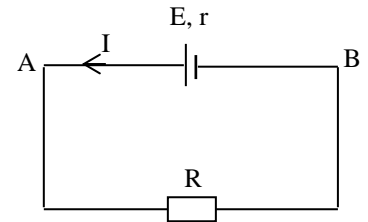
Khi K_1 , K_2 đều mở, mạch ngoài chỉ gồm $[R_3 \text{ nt } R_1]$:

- Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{E}{R_1 + R_3 + r} = \frac{6,3}{2 + 2 + 2} = 1,05A$

- Số chỉ của vôn kế: $U_{AB} = E - Ir = 6,3 - 1,05 \cdot 2 = 4,2V$.

Vậy: Số chỉ vôn kế khi K_1 , K_2 đều mở là 4,2V.

b) Tìm R_4 và U_{AD} : Khi K_1 mở, K_2 đóng, ta có: $R_3 \text{ nt } [R_1 // (R_2 \text{ nt } R_4)]$ (hình vẽ):



Ta có: $U_{AB} = E - Ir$

$$\Rightarrow I = \frac{E - U_{AB}}{r} = \frac{6,3 - 4,05}{2} = 1,125A$$

Mặt khác: $U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = IR_3 + U_{CB}$

$$\Leftrightarrow 4,05 = 1,125 \cdot 2 + U_{CB} \Rightarrow U_{CB} = 1,8V$$

$$\Rightarrow R_{CB} = \frac{U_{CB}}{I} = \frac{1,8}{1,125} = 1,6\Omega$$

$$\text{và } R_{CB} = \frac{R_1(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_4} \Leftrightarrow 1,6 = \frac{2(2 + R_4)}{2 + 2 + R_4} \Rightarrow R_4 = 6\Omega$$

- Tìm U_{AD} : Ta có: $U_{AD} = U_{AC} + U_{CD} = IR_3 + I_2R_2$

$$\text{Mà } I_2 = \frac{U_{CB}}{R_2 + R_4} \Rightarrow U_{AD} = 1,125 \cdot 2 + \frac{1,8}{2 + 6} \cdot 2 = 2,7V.$$

Vậy: Điện trở $R_4 = 6\Omega$, hiệu điện thế giữa A và D là $U_{AD} = 2,7V$.

c) Số chỉ của ampe kế

Khi K_1, K_2 đều đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:

Ta có: $I_A = I_2 + I_4$

$$R_{123} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 2 + \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 3\Omega$$

$$\Rightarrow R_N = R_{1234} = \frac{R_{123} R_4}{R_{123} + R_4} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6,3}{2 + 2} = 1,575A$

$$\Rightarrow U_{AB} = E - Ir = 6,3 - 1,575 \cdot 2 = 3,15V$$

$$\text{Mà: } U_4 = U_{AB} = 3,15 \Rightarrow I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{3,15}{6} = 0,525A.$$

$$\text{và: } I_3 + I_2 + I_4 = I \Rightarrow I_3 + I_2 = I - I_4 = 1,575 - 0,525 = 1,05A.$$

$$\text{Mặt khác, vì } R_2 = R_3 \text{ nên } I_2 = I_3 = \frac{1,05}{2} = 0,525A.$$

$$\Rightarrow I_A = I_2 + I_4 = 0,525 + 0,525 = 1,05A.$$

Vậy: Số chỉ của ampe kế là 1,05A.

Bài 32:

a) Số chỉ của các ampe kế: Vì điện trở của các ampe kế bằng 0 nên mạch có thể được vẽ lại như sau:

- Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn:

$$E_b = 4e = 4 \cdot 2 = 8V; r_b = \frac{4r_0}{2} =$$

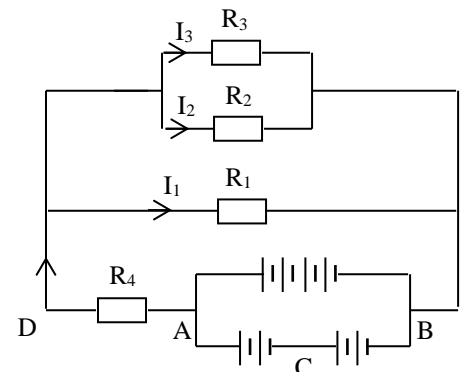
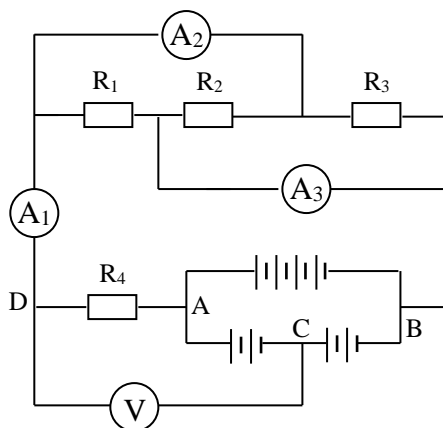
$$\frac{4 \cdot 1}{2} = 2\Omega$$

- Điện trở mạch ngoài: $R_N =$

$$R_{123} + R_4 = \frac{R_1 R_{23}}{R_1 + R_{23}} + R_4$$

$$\text{với: } R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{12 \cdot 8}{12 + 8} = 4,8V$$

$$\Rightarrow R_N = \frac{24 \cdot 4,8}{24 + 4,8} + 2 = 6\Omega$$



- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{8}{6+2} = 1A$.

$$\Rightarrow U_{AB} = IR_{123} = 1.4 = 4V$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{DB}}{R_1} = \frac{4}{24} = \frac{1}{6}A$$

$$\Rightarrow I_2 + I_3 = I - I_1 = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}A \quad (1)$$

$$\text{- Mặt khác: } I_2 R_2 = I_3 R_3 \Leftrightarrow 12I_2 = 8I_3 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $I_2 = \frac{1}{3}A$; $I_3 = \frac{1}{2}A$.

Vậy:

+ Số chỉ của ampe kế 1 bằng: $I = 1A$.

+ Số chỉ của ampe kế 2 bằng: $I_2 + I_3 = \frac{5}{6}A$.

+ Số chỉ của ampe kế 3 bằng: $I_1 + I_2 = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = 0,5A$.

b) Số chỉ của vôn kế: Số chỉ của vôn kế bằng độ lớn của U_{DC} .

Ta có: $U_{DC} = U_{DA} + U_{AC}$

$$U_{DA} = -IR_4 = -1.2 = -2V; U_{AC} = 2e - \frac{I}{2}.2r_0 = 2.2 - \frac{1}{2}.2.1 = 3V$$

$$\Rightarrow U_{DC} = -2 + 3 = 1V.$$

Ta thấy: $U_{DC} > 0 \Rightarrow V_D - V_C > 0 \Rightarrow V_D > V_C$.

Vậy: Số chỉ vôn kế là 1V, cực dương của vôn kế nối với điểm D ($V_D > V_C$).

Bài 33:

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn

- Vì điện trở của các ampe kế bằng 0 và R_V rất lớn nên mạch được vẽ lại như sau:

- Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn:

$$E_b = 2e = 2.2 = 4V; r_b = \frac{2r_0}{2} = r_0 = 1\Omega$$

b) Số chỉ các ampe kế và vôn kế

Ta có: $[R_1 \text{ nt } (R_2 // R_3) \text{ nt } R_4]$

$$\Rightarrow R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{12.6}{12+6} = 4\Omega$$

$$\Rightarrow R_N = R_{1234} = R_1 + R_{23} + R_4 = 1 + 4 + 2 = 7\Omega$$

- Cường độ dòng điện qua mạch ngoài: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{4}{7+1} = 0,5A$

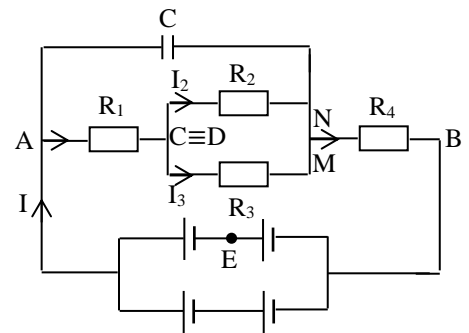
$$\Rightarrow I_2 + I_3 = 0,5 \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } I_2 R_2 = I_3 R_3 \Leftrightarrow 12I_2 = 6I_3 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $I_2 = \frac{1}{6}A$; $I_3 = \frac{1}{3}A$.

- Số chỉ của ampe kế 1: $I_{A1} = I_3 = \frac{1}{3} \approx 0,33A$.

- Số chỉ của ampe kế 2: $I_{A2} = I = 0,5A$.



- Số chỉ của vôn kế có giá trị bằng độ lớn của U_{DE} :

Ta có: $U_{DE} = U_{DA} + U_{AE}$

với: $U_{DA} = -IR_1 = -0,5.1 = -0,5V$; $U_{AE} = e - \frac{I}{2}.r_0 = 2 - \frac{0,5}{2}.1 = 1,75V$.

$\Rightarrow U_{DE} = -0,5 + 1,75 = 1,25V$.

Vậy: Các ampe kế chỉ 0,33A, 0,5A; vôn kế chỉ 1,25V.

c) Điện tích của tụ điện

- Hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện bằng U_{AM} : $U_{AM} = U_{AC} + U_{CN} = IR_1 + I_2R_2 = 0,5.1 + \frac{1}{6}.12 = 2,5V$.

- Điện tích của tụ điện: $q = CU_{AM} = 0,8.2,5 = 2\mu C = 2.10^{-6}C$.

Vậy: Điện tích của tụ điện là $q = 2.10^{-6}C$.

Bài 34:

a) Cường độ mạch chính và mỗi nhánh

Ta có: $E_b = ne = 10.1,8 = 18V$

$$r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{10.0,5}{2} = 2,5\Omega$$

$$R_D = \frac{U^2}{P} = \frac{6^2}{3} = 12\Omega$$

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = \frac{R_2(R_1+R_D)}{R_2+R_1+R_D} = \frac{10(18+12)}{10+18+12} = 7,5\Omega$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R_N+r_b} = \frac{18}{7,5+2,5} = 1,8A$.

Ta có: $\begin{cases} I_1+I_2 = I = 1,8 \\ I_1(R_1+R_D) = I_2R_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1+I_2 = 1,8 \\ 30I_1-10I_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 0,45A \\ I_2 = 1,35A \end{cases}$

Vậy: Cường độ mạch chính và mỗi nhánh là $I = 1,8A$, $I_1 = 0,45A$, $I_2 = 1,35A$.

b) Độ sáng đèn thay đổi ra sao

Ta có: $R_N = \frac{R_2(R_1+R_D)}{R_2+R_1+R_D} = \frac{R_2(R_1+12)}{R_2+R_1+12}$ (1)

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R_N+r_b}$.

- Hiệu điện thế hai đầu A, B: $U_{AB} = IR_N = \frac{E_b}{R_N+r_b} R_N = \frac{E}{1+\frac{r_b}{R_N}}$

- Cường độ dòng điện qua đèn: $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1+R_D} = \frac{E_b}{(1+\frac{r_b}{R_N})(R_1+12)}$ (2)

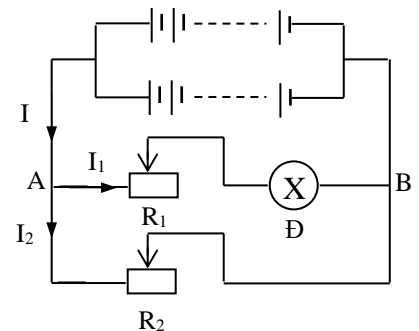
- Từ (1) và (2), ta được: $I_1 = \frac{E_b}{\left[1+\frac{(R_1+R_2+12)r_b}{R_2(R_1+12)}\right](R_1+12)} = \frac{E_b}{R_1+12+r_b+\frac{(R_1+12)r_b}{R_2}}$ (2')

- Ta thấy, nếu R_1 giữ nguyên còn tăng R_2 thì mẫu số của biểu thức (2') giảm nên dòng qua đèn sẽ tăng, độ sáng của đèn tăng.

- Nếu R_2 không đổi, tăng R_1 thì mẫu số của biểu thức (2') sẽ tăng nên dòng qua đèn giảm, độ sáng của đèn sẽ giảm.

c) Tìm R_2 để đèn sáng đúng định mức

- Thay $R_1 = 18\Omega$ vào (2') ta được: $I_1 = \frac{18}{18+12+2,5+\frac{(18+12)2,5}{R_2}} = \frac{18R_2}{32,5R_2+75}$ (3)



- Để đèn sáng bình thường thì $I_1 = I_{dm}$: $I_1 = I_{dm} = \frac{P_1}{U_1} = \frac{3}{6} = 0,5A$ (4)

- Thay (4) vào (3) ta được: $0,5 = \frac{18R_2}{32,5R_2+75} \Rightarrow R_2 \approx 21,4\Omega$

Vậy: Để đèn sáng đúng định mức thì $R_2 \approx 21,4\Omega$.

d) Tìm R_1 để đèn sáng đúng định mức

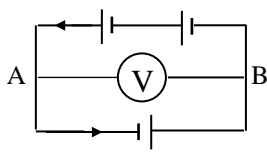
- Thay $R_2 = 10\Omega$ vào (2') ta được: $I_1 = \frac{18}{R_1+12+2,5+\frac{(R_1+12).2,5}{10}} = \frac{180}{12,5R_1+175}$

- Để đèn sáng bình thường thì $I_1 = I_{dm} = 0,5A$: $0,5 = \frac{180}{12,5R_1+175}$

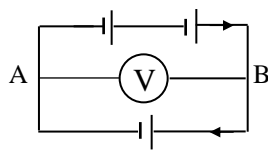
$\Rightarrow R_1 = 14,8\Omega$.

Vậy: Để đèn sáng đúng định mức thì $R_1 = 14,8\Omega$.

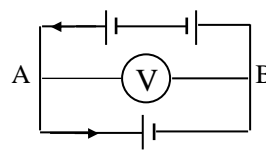
Bài 35:



Hình a



Hình b



Hình c

Giả sử dòng điện trong mạch có chiều như hình vẽ:

- Hình a: Nhánh trên: $U_{AB} = 2e - I.2r_0$ (1)

Nhánh dưới: $U_{AB} = -e + Ir_0$ (2)

+ Từ (1) và (2) ta có: $2e - I.2r_0 = -e + Ir_0$

$\Rightarrow I = \frac{e}{r_0} = \frac{1,5}{0,5} = 3A$

+ Số chỉ của vôn kế: $U_{AB} = 2.1,5 - 3.2.0,5 = 0$.

- Hình b: Nhánh trên: $U_{AB} = -2e + I.2r_0 = -3 + I$ (3)

Nhánh dưới: $U_{AB} = -e - Ir_0 = -1,5 - 0,5I$ (4)

+ Từ (3) và (4) ta có: $-3 + I = -1,5 - 0,5I$

$\Rightarrow I = 1A$; $U_{AB} = -3 + 1 = -2V$.

+ Số chỉ của vôn kế là 2V, cực dương nối với B.

- Hình c: Nhánh trên: $U_{AB} = -I.2r_0 = -I$ (5)

Nhánh dưới: $U_{AB} = e + Ir_0 = 1,5 + 0,5I$ (6)

+ Từ (5) và (6) ta có: $-I = 1,5 + 0,5I$

$\Rightarrow I = -1A$: dòng điện thực tế ngược chiều ta chọn.

+ Số chỉ của vôn kế là $U_{AB} = -(-1) = 1V$, cực dương của vôn kế nối với A ($V_A > V_B$).

Bài 36:

Ta có: Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{E_1 + E_2}{R_{AB} + r_1 + r_2} = \frac{6+4}{7+1+2} = 1A$.

a) Số chỉ của vôn kế

- Khi $C \equiv A$: $R_{AC} = 0$, $R_{CB} = 7\Omega$.

Ta có: $U_{CM} = E_1 - Ir_1 = 6 - 1.1 = 5V$.

Vậy: Số chỉ của vôn kế bằng 5V, cực dương của vôn kế nối với C.

- Khi C ở vị trí $R_{AC} = 1\Omega$:

$\Rightarrow U_{CM} = E_1 - I(r_1 + R_{AC}) = 6 - 1.(1 + 1) = 4V$.

Vậy: Số chỉ của vôn kế bằng 4V, cực dương của vôn kế nối với C.

b) Tính R_{AC}

- Ta luôn có: $U_{CM} = E_1 - I(r_1 + R_{AC}) = 6 - (1 + R_{AC}) = 5 - R_{AC}$.

$\Rightarrow R_{AC} = 5 - U_{CM}$

- Để vôn kế chỉ 0: $U_{CM} = 0 \Rightarrow R_{AC} = 5\Omega$.

- Để vôn kế chỉ 1V: $U_{CM} = \pm 1V$ (dấu "+" ứng với cực dương nối với C, dấu "-" ứng với cực dương nối với M).

$$\Rightarrow \begin{cases} R_{AC} = 5+1 = 6\Omega \\ R_{AC} = 5-1 = 4\Omega \end{cases}$$

Vậy: Để vôn kế chỉ số 0 thì $R_{AC} = 5\Omega$; để vôn kế chỉ 1V thì $R_{AC} = 6\Omega$ hoặc $R_{AC} = 4\Omega$.

Bài 37:

a) Tính R_3 : Ta có:

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 5 + \frac{3R_3}{3+R_3}$

- Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{E_1 + E_2}{R_N + r_1 + r_2}$

$$\Rightarrow I = \frac{6+3}{5 + \frac{3R_3}{3+R_3} + 1+1} = \frac{9(3+R_3)}{10R_3+21}$$

Ta có: $U_{DC} = U_{DB} + U_{BC} = IR_{23} - E_2 + Ir_2 = I(R_{23} + r_2) - E_2$

$$\Rightarrow U_{DC} = \frac{9(3+R_3)}{10R_3+21} \cdot \left[\frac{3R_3}{3+R_3} + 1 \right] - 3 = \frac{9}{10R_3+21} (4R_3+3) - 3$$

- Để vôn kế chỉ số 0: $U_{DC} = 0 \Leftrightarrow \frac{9}{10R_3+21} (4R_3+3) - 3 = 0$

$$36R_3 + 27 - 30R_3 - 63 = 0 \Rightarrow R_3 = 6\Omega.$$

Vậy: $R_3 = 6\Omega$.

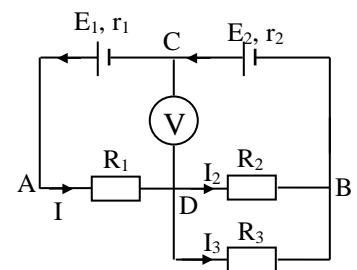
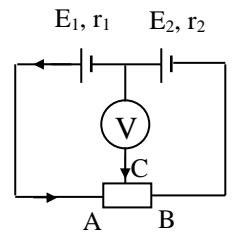
b) Số chỉ của vôn kế khi đảo cực của một nguồn: Giả sử đảo cực của nguồn E_2 , cường độ dòng điện qua mạch là:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_N + r_1 + r_2} = \frac{3(3+6)}{10.6+21} = \frac{1}{3} A$$

Ta có: $U_{CD} = -E_1 + I(r_1 + R_1) = -6 + \frac{1}{3} \cdot (1+5) = -4V$.

$$\Rightarrow U_{DC} = 4V.$$

Vậy: Khi đảo cực của một nguồn thì số chỉ của vôn kế bằng 4V, cực dương nối với D.



Bài 38:

Ta có: $+I = \frac{E_1 + E_2}{R + r_1 + r_2}$ (1)

$+U_{AB} = E_1 - Ir_1 = E_1 - \frac{(E_1 + E_2)r_1}{R + r_1 + r_2} = \frac{(R + r_2)E_1 - E_2r_1}{R + r_1 + r_2}$ (2)

a) Để $U_{AB} > 0$: Từ (2), để $U_{AB} > 0$ thì:

$(R + r_2)E_1 - E_2r_1 > 0 \Rightarrow E_1 > \frac{E_2r_1}{R + r_2}$

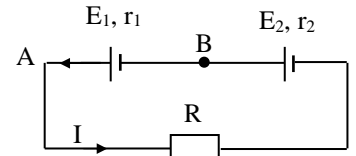
b) Để $U_{AB} < 0$: Từ (2), để $U_{AB} < 0$ thì:

$(R + r_2)E_1 - E_2r_1 < 0 \Rightarrow E_1 < \frac{E_2r_1}{R + r_2}$

c) Để $U_{AB} = 0$: Từ (2), để $U_{AB} = 0$ thì: $(R + r_2)E_1 - E_2r_1 = 0$

$\Rightarrow E_1 = \frac{E_2r_1}{R + r_2}$

Vậy: Để $U_{AB} > 0$ thì $E_1 > \frac{E_2r_1}{R + r_2}$; để $U_{AB} < 0$ thì $E_1 < \frac{E_2r_1}{R + r_2}$; để $U_{AB} = 0$ thì $E_1 = \frac{E_2r_1}{R + r_2}$.



Bài 39:

- Vì khi xê dịch con chạy R_0 , số chỉ của ampe kế không đổi nên không có dòng điện chạy qua nguồn E_1 .

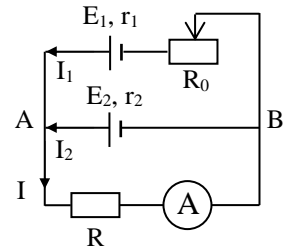
- Ta có: $U_{AB} = IR = 1.10 = 10V$.

+ Với nguồn E_1 , ta có: $U_{AB} = E_1 \Rightarrow E_1 = 10V$.

+ Với nguồn E_2 , ta có: $U_{AB} = E_2 - Ir_2$

$\Rightarrow E_2 = U_{AB} + Ir_2 = 10 + 1.1 = 11V$.

Vậy: Suất điện động của các nguồn điện là $E_1 = 10V$, $E_2 = 11V$.



Bài 40:

a) Tính R_1, R_2, R_3, R_4 : Khi K mở mạch được vẽ lại như sau:

- Ta có: $U_{AB} = 10V$; $I_3 = \frac{1}{3}A$.

$\Rightarrow R_3 + R_4 = \frac{U_{AB}}{I_3} = \frac{10}{\frac{1}{3}} = 30\Omega$

$\Leftrightarrow R_3 + 2R_3 = 30\Omega \Rightarrow R_3 = 10\Omega$ và $R_4 = 2R_3 = 20\Omega$.

- Mặt khác: $U_{AB} = E_1 - Ir_1 \Rightarrow I = \frac{E_1 - U_{AB}}{r_1} = \frac{12 - 10}{2} = 1A$.

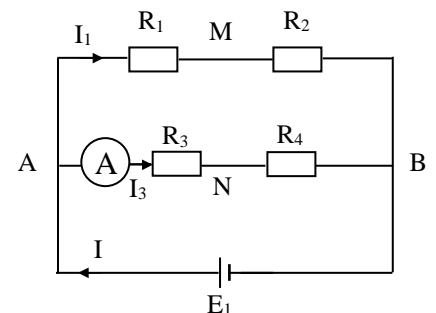
$\Rightarrow I_1 = I - I_3 = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}A$

$U_{AB} = I_1(R_1 + R_2) = \frac{2}{3}(2R_2 + R_2) = 2R_2$

$\Rightarrow R_2 = \frac{U_{AB}}{2} = \frac{10}{2} = 5\Omega$ và $R_1 = 2R_2 = 10\Omega$.

Vậy: $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 5\Omega$; $R_3 = 10\Omega$; $R_4 = 20\Omega$.

b) Tính E_2



- Khi K đóng, điện kế chỉ 0 nên không có dòng điện qua nguồn E_2 ,

mạch được vẽ như sau:

- Chọn các vòng như hình vẽ, ta có:

+Vòng (a) : $I_1 R_1 - E_2 - I_3 R_3 = 0$

$\Leftrightarrow 10I_1 - 10I_3 - E_2 = 0$ (1)

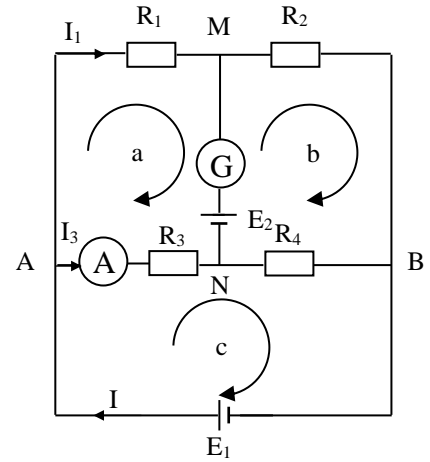
+Vòng (b) : $I_1 R_2 - I_3 R_4 + E_2 = 0$

$\Leftrightarrow 5I_1 - 20I_3 + E_2 = 0$ (2)

+Vòng (c) : $I_3(R_3 + R_4) - E_1 + I R_1 = 0$

$\Leftrightarrow I_3(10+20) - 12 + (I_1 + I_3).2 = 0$

$\Leftrightarrow 2I_1 + 32I_3 = 12$ (3)



- Từ (1), (2), (3):
$$\begin{cases} 10I_1 - 10I_3 - E_2 = 0 \\ 5I_1 - 20I_3 + E_2 = 0 \\ 2I_1 + 32I_3 = 12 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{2}{3} A \\ I_3 = \frac{1}{3} A \\ E_2 = \frac{10}{3} \approx 3,33V \end{cases}$$

Vậy: Suất điện động của nguồn E_2 là $E_2 = 3,33V$.

c) Tính Q của tụ và xác định dấu điện tích trên các bản tụ

Khi thay khoá K bằng tụ C, do dòng điện không chạy qua tụ C nên các dòng điện trong mạch bây giờ giống như ở câu (a) .

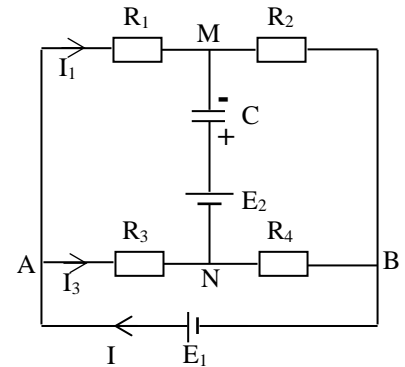
- Ta có: $U_{NM} = U_{NA} + U_{AM} = -I_3 R_3 + I_1 R_1$

$\Rightarrow U_{NM} = -\frac{1}{3} \cdot 10 + \frac{2}{3} \cdot 10 = \frac{10}{3} V$

- Mặt khác: $U_{NM} = -E_2 + U_C$

$\Rightarrow U_C = U_{NM} + E_2 = \frac{10}{3} + \frac{10}{3} = \frac{20}{3} V$

và $Q = C U_C = 3 \cdot \frac{20}{3} = 20 \mu C = 2 \cdot 10^{-5} C$.



Vậy: Điện tích của tụ là $Q = 2 \cdot 10^{-5} C$ và bản nối với M tích điện âm (vì $U_C > 0$).

Chú ý: Nếu chúng ta tính ra $U_C < 0$ thì bản dương của tụ được nối với N.

Bài 41:

a) Vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0

- Vì ampe kế chỉ số 0 nên không có dòng qua E_2 :

$\Rightarrow U_{AC} = E_2 = 1,8V$

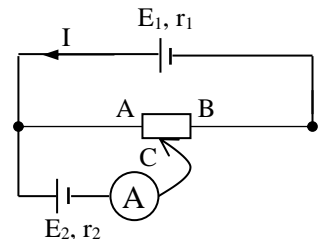
- Mặt khác: $I = \frac{E_1}{R_{AB} + r_1} = \frac{4,5}{8+1} = 0,5A$.

$\Rightarrow R_{AC} = \frac{U_{AC}}{I} = \frac{1,8}{0,5} = 3,6\Omega$.

Vậy: Vị trí con chạy để ampe kế chỉ 0 là $R_{AC} = 3,6\Omega$.

b) Vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0 khi mắc thêm R'

- Khi mắc thêm R , mạch được vẽ lại như hình bên.



- Vì ampe kế chỉ số 0 nên: $U_{R'} = U_{AC} = E_2 = 1,8V$.

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{R'}}{R'} = \frac{1,8}{3} = 0,6A$$

- Mặt khác: $U_{AC} + U_{CB} - E_1 + Ir_1 = 0$

$$\Leftrightarrow 1,8 + IR_{CB} - 4,5 + I = 0$$

$$\Leftrightarrow I(R_{CB} + 1) - 2,7 = 0$$

$$\Leftrightarrow I(8 - R_{AC} + 1) - 2,7 = 0$$

$$\Leftrightarrow I(9 - R_{AC}) - 2,7 = 0 \quad (1)$$

$$\text{và } I = I_1 + I_2 = \frac{U_{AC}}{R_{AC}} + I_2 = \frac{1,8}{R_{AC}} + 0,6 \quad (2)$$

- Thay (2) vào (1): $(\frac{1,8}{R_{AC}} + 0,6)(9 - R_{AC}) - 2,7 = 0$

$$\Leftrightarrow \frac{16,2}{R_{AC}} - 0,6R_{AC} + 0,9 = 0 \Leftrightarrow 0,6R_{AC}^2 - 0,9R_{AC} - 16,2 = 0$$

$$\Rightarrow R_{AC} = 6\Omega; R_{AC} = -4,5\Omega < 0: \text{loại.}$$

Vậy: Vị trí con chạy để ampe kế chỉ 0 trong trường hợp này là $R_{AC} = 6\Omega$.

Bài 42:

Ta có: $x + y = 16$

$$E_{b_1} = xe = 2x; r_{b_1} = xr_0 = x$$

$$E_{b_2} = ye = 2y; r_{b_2} = yr_0 = y$$

Giả sử dòng qua dây chứa x nguồn bằng 0, ta có:

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{E_{b_2}}{R + r_{b_2}} = \frac{2y}{15 + y}$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế hai đầu bộ nguồn: } U_{AB} = IR = \frac{2y \cdot 15}{15 + y} = \frac{30y}{15 + y} \quad (1)$$

$$+ \text{ Mặt khác, dòng điện không qua dây chứa x nguồn nên ta có: } U_{AB} = E_{b_1} = 2x = 2(16 - y) \quad (2)$$

$$+ \text{ Từ (1) và (2): } 2(16 - y) = \frac{30y}{15 + y} \Leftrightarrow 2y^2 + 28y - 480 = 0$$

$$\Rightarrow y = 10 \text{ và } y = -24 < 0 \text{ (loại)}$$

$$\text{và } x = 16 - 10 = 6.$$

Vậy: Để cường độ qua một dây bằng 0 thì số nguồn của mỗi dây là 6 và 10.

Bài 43:

Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ, ta có: $U_{AB} = IR = 2 \cdot 2 = 4V$.

- Xét nhánh trên, ta có: $U_{AB} - E_1 + I_1 r_1 = 0$

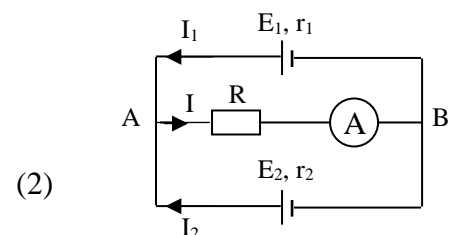
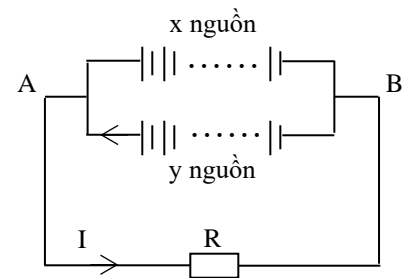
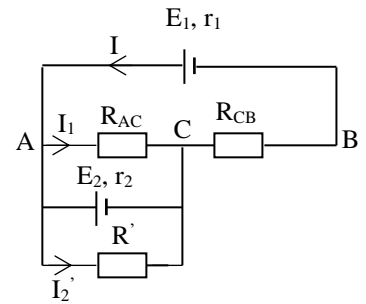
$$\Rightarrow I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{r_1} = \frac{6 - 4}{2} = 1A \quad (1)$$

- Xét nhánh dưới, ta có: $U_{AB} - E_2 + I_2 r_2 = 0$

$$\Rightarrow I_2 r_2 = E_2 - U_{AB} = 4,5 - 4 = 0,5$$

$$\Rightarrow r_2 = \frac{0,5}{I_2}$$

Mặt khác, tại nút A: $I = I_1 + I_2 \Rightarrow I_2 = I - I_1 = 2 - 1 = 1A$



Thay vào (2) ta được: $r_2 = 0,5\Omega$.

Vậy: $r_2 = 0,5\Omega$.

Bài 44:

a) Tỉ số $\frac{e_2}{e_1}$ theo d_1, d_2 nếu điện trở trong r_2 của P_2 có thể bỏ qua được

Ta có: $AC_1 = d_1$; $AC_2 = d_2$; $C_1C_2 = d_2 - d_1$.

- Từ công thức: $R = \rho \frac{l}{S}$ ta được:

$$R_{AC_1} = R_1 = \rho \frac{d_1}{S} = \frac{d_1}{d} R; R_{AC_2} = R_2 = \rho \frac{d_2}{S} = \frac{d_2}{d} R$$

$$R_{AC_3} = R_3 = \rho \frac{d_2 - d_1}{S} = \frac{d_2 - d_1}{d} R$$

- Khi đó, mạch có thể được vẽ lại:

- Vì $I_G = 0$ nên suy ra dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{e_2}{R_1 + R_3 + r_2} = \frac{e_2}{\frac{d_2 R}{d} + r_2} \quad (*)$$

- Bỏ qua r_2 ($r_2 = 0$) nên: $I = \frac{e_2}{\frac{d_2 R}{d}} = \frac{e_2 d}{d_2 R}$

$$\Rightarrow U_{AC_1} = IR_1 = \frac{e_2 d}{d_2 R} \cdot \frac{d_1}{d} R = \frac{e_2 d_1}{d_2}$$

- Mặt khác vì dòng qua e_1 bằng 0 nên $U_{AC_1} = e_1 = \frac{e_2 d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1}$.

Vậy: Nếu bỏ qua r_2 thì $\frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1}$.

b) Tỉ số $\frac{e_2}{e_1}$ theo d_1, d_2 nếu điện trở trong r_2 của P_2 không thể bỏ qua được

- Nếu $r_2 \neq 0$, ta có: $U_{AC_1} = IR_1 = \frac{e_2}{\frac{d_2 R}{d} + r_2} \cdot \frac{d_1}{d} R$.

- Mặt khác: $U_{AC_1} = e_1 = \frac{e_2}{\frac{d_2 R}{d} + r_2} \cdot \frac{d_1}{d} R$

$$\Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{\frac{d_2 R}{d} + r_2}{\frac{d_1}{d} R}$$

- Đặt $r_0 = \frac{R}{d} \Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2 r_0 + r_2}{d_1 r_0} = \frac{d_2}{d_1} + \frac{r_2}{d_1 r_0}$

Vậy: Nếu không bỏ qua r_2 thì $\frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1} + \frac{r_2}{d_1 r_0}$ với $r_0 = \frac{R}{d}$.

c) Cách đo suất điện động e_2

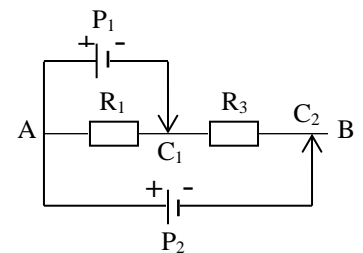
Từ kết quả câu b, ta có: $\frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1} + \frac{r_2}{d_1 r_0}$, trong đó có hai ẩn e_2 và r_2 chưa biết nên chúng ta cần làm hai lần

thí nghiệm, từ đó có được hai phương trình, giải hệ phương trình này ta tìm được e_2 và r_2 .

d) Cách đo e_2 khi dùng thêm nguồn P_3 : Để đo e_2 khi dùng thêm nguồn P_3 ta làm như sau:

- Nối cực dương của P_3 với A, cực âm với B, cực dương của nguồn P_1 nối với A, cực âm với điện kế G, cực còn lại của điện kế nối con chạy.

- Thay nguồn P_1 bởi P_2 .



Bài 45:

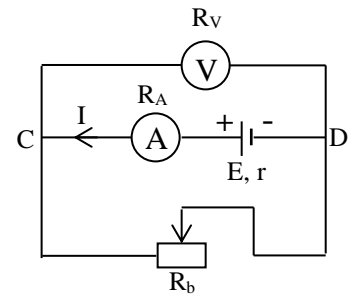
Chúng ta có thể bố trí các dụng cụ theo sơ đồ sau:

Ta có: $U_{CD} = E - I(r + R_A)$

- Điều chỉnh biến trở R_b 3 lần, khi đó số chỉ của ampe kế và vôn kế tương ứng là $I_1, U_1, I_2, U_2, I_3, U_3$.

$$\Rightarrow \begin{cases} U_1 = E - I_1(r + R_A) \\ U_2 = E - I_2(r + R_A) \\ U_3 = E - I_3(r + R_A) \end{cases}$$

- Hệ trên có 3 ẩn là E, r, R_A . Giải hệ ta tìm được giá trị của E và r .



Bài 46:

Giả sử chiều dòng điện trong mạch như hình vẽ.

- Xét theo vòng (a), ta có:

$$\begin{aligned} -I_2 R_2 + U_{MN} - E_1 + I_1 r_1 &= 0 \\ \Leftrightarrow -4I_2 + 7,5 - 6 + I_1 &= 0 \\ \Leftrightarrow I_1 - 4I_2 + 1,5 &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

- Xét theo vòng (b), ta có:

$$\begin{aligned} +E_2 - I_2 r_2 + I_1 R_1 + U_{NM} &= 0 \\ \Leftrightarrow 6 - 2I_2 + 5I_1 - 7,5 &= 0 \\ \Leftrightarrow 5I_1 - 2I_2 - 1,5 &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $I_1 = I_2 = 0,5A$.

a) Tính U_{AB} : Ta có: $U_{AB} = E_2 - I_2(r_2 + R_2) = 6 - 0,5(2 + 4) = 3V$.

b) Tính R : Ta có: $U_{AB} = IR = (I_1 + I_2)R = (0,5 + 0,5)R = R$

$$\Rightarrow R = 3\Omega.$$

Vậy: $U_{AB} = 3V; R = 3\Omega$.

Bài 47:

- Khi $R_1 = 12\Omega$, ampe kế chỉ 0 nên không có dòng qua nguồn E_2 .

$$\Rightarrow I = \frac{E_1}{R_{AB} + r_1} = \frac{8}{15 + 1} = 0,5A$$

$$\text{và } E_2 = U_{AC} = I_1 R_{AC} = 0,5 \cdot 12 = 6V.$$

- Khi $R_1 = 8\Omega$, ampe kế chỉ $\frac{1}{3}A$:

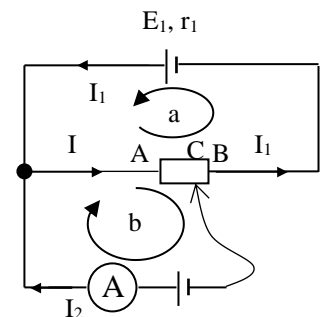
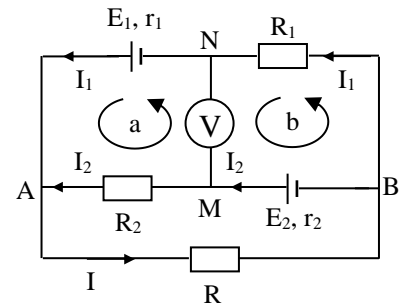
+ Xét theo vòng kín (a), ta có:

$$\begin{aligned} IR_{AC} + I_1 R_{CB} + I_1 r_1 - E_1 &= 0 \\ \Leftrightarrow 8I + 7I_1 + I_1 - 8 &= 0 \Leftrightarrow 8I + 8I_1 - 8 = 0 \\ \Leftrightarrow I + I_1 - 1 &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{Vì } I_1 + I_2 = I \Rightarrow I_1 = I - I_2 = I - \frac{1}{3}.$$

$$\Rightarrow I + I - \frac{1}{3} - 1 = 0 \Rightarrow I = \frac{2}{3}A$$

$$\text{và } U_{AC} = IR_{AC} = \frac{2}{3} \cdot 8 = \frac{16}{3}V$$



+ Mặt khác: $U_{AC} = E_2 - I_2 r_2 = 6 - \frac{1}{3} r_2$

$\Leftrightarrow \frac{16}{3} = 6 - \frac{1}{3} r_2 \Rightarrow r_2 = 2\Omega$.

Vậy: $E_2 = 6V$ và $r_2 = 2\Omega$.

Bài 48:

a) Công suất của đèn

Ta có: $E_b = E = 12V$; $r_b = \frac{3}{3} = 1\Omega$.

- Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{E_b}{R_D + r_b} = \frac{12}{R_D + 1}$.

- Hiệu điện thế giữa hai đầu đèn: $U = IR_D = \frac{12R_D}{R_D + 1}$.

- Vì đèn sáng bình thường nên: $U = 8V$.

$\Leftrightarrow 8 = \frac{12R_D}{R_D + 1} \Rightarrow R_D = 2\Omega$

- Công suất của đèn: $P = \frac{U^2}{R_D} = \frac{8^2}{2} = 32W$.

Vậy: Công suất của đèn là $P = 32W$.

b) Công suất của đèn khi một nguồn bị đảo cực

- Nếu một nguồn bị đảo cực, mạch có thể vẽ lại như sau:

Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ, ta có:

+ Nhánh trên: $IR_D - E + I_1 r_0 = 0$

+ Nhánh giữa: $IR_D - E + I_2 r_0 = 0$

+ Nhánh dưới: $IR_D + E + I_3 r_0 = 0$

$2I - 12 + 3I_1 = 0$

$\Leftrightarrow 2I - 12 + 3I_2 = 0$

$2I + 12 + 3I_3 = 0$

Mặt khác: $I = I_1 + I_2 + I_3$, thay vào hệ, ta được:
$$\begin{cases} 5I_1 + 2I_2 + 2I_3 = 12 \\ 2I_1 + 5I_2 + 2I_3 = 12 \\ 2I_1 + 2I_2 + 5I_3 = -12 \end{cases}$$

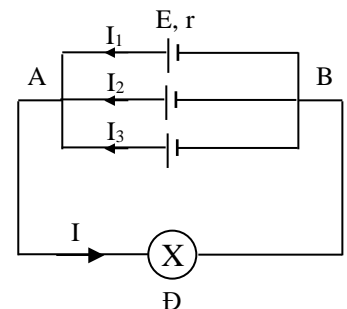
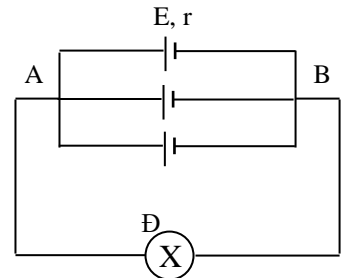
$\Rightarrow I_1 = \frac{28}{9}A$; $I_2 = \frac{28}{9}A$; $I_3 = -\frac{44}{9}A$

$\Rightarrow I = \frac{28}{9} + \frac{28}{9} - \frac{44}{9} = \frac{4}{3}A$.

và: $P = I^2 R_D = \left(\frac{4}{3}\right)^2 \cdot 2 \approx 3,56W$.

Vậy: Công suất của đèn khi một nguồn bị đảo cực là $P \approx 3,56W$.

Bài 49:



- Trong $(n - 1)$ nguồn mắc đúng, ta có: $\begin{cases} E_b = e \\ r_b = \frac{r}{n-1} \end{cases}$

- Xét theo một vòng kín: $-e + Ir - E_b + Ir_b = 0$

$$\Leftrightarrow I(r + r_b) = e + E_b$$

$$\Leftrightarrow I\left(r + \frac{r}{n-1}\right) = 2e \quad (E_b = e)$$

$$\Leftrightarrow I \frac{nr}{n-1} = 2e \Rightarrow I = \frac{2(n-1)e}{nr}$$

Suy ra: Dòng điện qua nguồn mắc ngược bằng $I = \frac{2(n-1)e}{nr}$.

- Trong $(n - 1)$ nguồn mắc đúng thì dòng điện đều bằng nhau và bằng: $\frac{I}{n-1} = \frac{2(n-1)e}{nr(n-1)} = \frac{2e}{nr}$

- Hiệu điện thế của mỗi nguồn: $U_{AB} = -e + Ir = -e + \frac{2(n-1)e}{n} = \frac{(n-2)e}{n}$

Vậy: Cường độ và hiệu điện thế của mỗi nguồn là: nguồn mắc ngược là $I = \frac{2(n-1)e}{nr}$, các nguồn còn lại là $I' = \frac{2e}{nr}$

và $U = \frac{(n-2)e}{n}$.

Bài 50:

Vì dòng điện không qua C nên:

- Khi K ở vị trí 1 thì: $U_C = E_1 = 8V$.

$\Rightarrow q = CU_C = 2.8 = 16\mu C$ và cực âm của C nối với R.

- Khi K ở vị trí 2 thì: $U'_C = E_2 = 12V$.

$\Rightarrow q' = CU'_C = 2.12 = 24\mu C$ và cực dương của C nối với R.

Gọi Δq là điện lượng chuyển qua R, ta có:

$$-16 + \Delta q = 24 \Rightarrow \Delta q = 24 + 16 = 40\mu C = 4.10^{-5} C$$

Vậy: Điện lượng chuyển qua R là $\Delta q = 4.10^{-5} C$.

Bài 51:

- Khi K mở: Dòng điện không chạy được qua tụ C nên:

$$U_{AB} = E_1 = 12V$$

$$\text{Mà } U_{AB} = E_2 + U_C \Rightarrow U_C = 12 - 6 = 6V.$$

$$\text{Điện tích trên tụ: } q = CU_C = 5.6 = 30\mu C.$$

- Khi K đóng, ta có dòng điện qua mạch: $I = \frac{E_1}{R_1 + R_2 + r_1} = \frac{12}{2+3+1} = 2A$

$$\Rightarrow U_{AB} = IR_2 = 2.3 = 6V.$$

$$\text{Mặt khác: } U_{AB} = E_2 + U'_C \Rightarrow U'_C = U_{AB} - E_2 = 6 - 6 = 0.$$

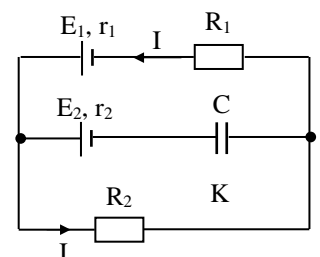
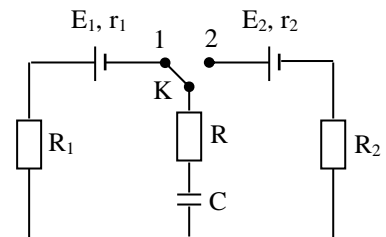
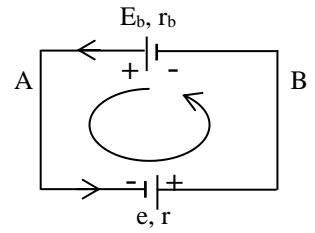
$$\text{Điện tích trên tụ: } q' = CU'_C = 0.$$

Vậy: Khi đóng K, điện lượng chuyển qua E_2 là:

$$\Delta q = q - q' = 30 - 0 = 30\mu C = 3.10^{-5} C.$$

Bài 52:

a) Xác định chiều và số lượng electron qua K khi K đóng



- Khi K mở: $[C_1 \text{ nt } C_2]$:

$$\Rightarrow q_1 = q_2 \Rightarrow q_D = -q_1 + q_2 = 0.$$

- Khi K đóng, ta có dòng điện qua mạch:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} = \frac{6+3}{4+2+1+2} = 1\text{A}$$

$$\Rightarrow U_{AD} = U_{AC} = E_1 - Ir_1 = 6 - 1.1 = 5\text{V}.$$

$$U_{DB} = U_{CB} = E_2 - Ir_2 = 3 - 1.2 = 1\text{V}.$$

$$\Rightarrow q'_1 = U_{AD}C_1 = 5.0,6 = 3\mu\text{C}$$

$$\text{và } q'_2 = U_{DB}C_2 = 1.0,3 = 0,3\mu\text{C}$$

$$\Rightarrow q'_D = -q'_1 + q'_2 = -3 + 0,3 = -2,7\mu\text{C}$$

- Điện lượng chuyển qua khóa K khi K đóng là:

$$\Delta q = |-2,7 - 0| = 2,7\mu\text{C} = 2,7.10^{-6}\text{C}$$

- Số electron qua K khi K đóng là: $n = \frac{\Delta q}{e} = \frac{2,7.10^{-6}}{1,6.10^{-19}} = 1,6875.10^{13}$

Vậy: Số electron qua khóa K là $n = 1,6875.10^{13}$ và có chiều từ C đến D.

b) Tính U_{DF} khi K mở và khi K đóng

Ta có: $U_{DF} = U_{DA} + U_{AF} = -U_{AD} + U_{AF}$.

- Khi K mở, ta có $[C_1 \text{ nt } C_2]$:

$$\Rightarrow C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,6.0,3}{0,6+0,3} = 0,2\mu\text{C}$$

$$\text{và } U_{AB} = I(R_1 + R_2) = 1.(4 + 2) = 6\text{V}$$

$$\Rightarrow q_1 = q_2 = U_{AB}C_{12} = 6.0,2 = 1,2\mu\text{C}$$

$$\Rightarrow U_{C_1} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{1,2}{0,6} = 2\text{V}; U_{C_2} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{1,2}{0,2} = 6\text{V}$$

$$\Rightarrow U_{AD} = U_{C_1} = 2\text{V}$$

$$\text{Ta có: } U_{AF} = IR_1 = 1.4 = 4\text{V} \Rightarrow U_{DF} = -2 + 4 = 2\text{V}.$$

- Khi K đóng, ta có: $U_{AD} = 5\text{V}$ (câu a) ; $U_{AF} = 4\text{V}$.

$$\Rightarrow U_{DF} = -5 + 4 = -1\text{V}.$$

Vậy: Khi K mở, $U_{DF} = 2\text{V}$; khi K đóng, $U_{DF} = -1\text{V}$.

Bài 53:

a) Trường hợp ban đầu khi K mở: Khi K mở, ta có $[R_3 \text{ nt } R_1]$:

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch là: } I = \frac{E_1 + E_2}{R_3 + R_1 + r_1 + r_2} = \frac{3 + \frac{3}{2}}{3+3+2+1} = 0,5\text{A}$$

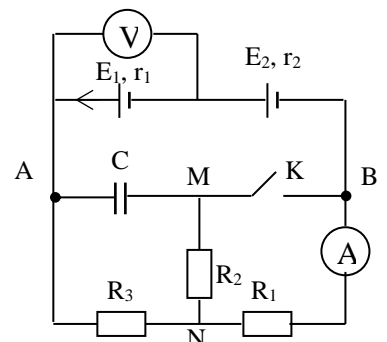
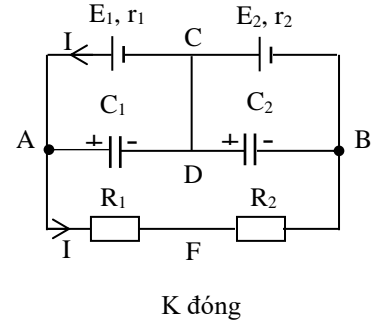
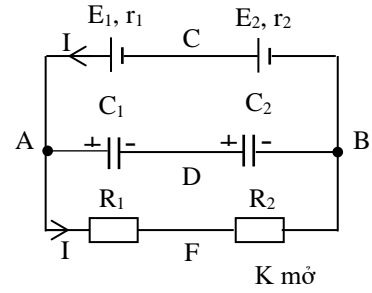
$$\text{- Số chỉ của vôn kế bằng: } E_1 - Ir_1 = 3 - 0,5.2 = 2\text{V}.$$

$$\text{- Điện tích của tụ: } q = CU_{AM} \text{ với } U_{AM} = U_{AN} = IR_3 = 0,5.3 = 1,5\text{V}$$

$$\Rightarrow q = 0,5.1,5 = 0,75\mu\text{C}.$$

Vậy: Khi K mở, số chỉ ampe kế là 0,5A; số chỉ vôn kế là 1,5V; điện tích của các tụ là 0,75μC.

b) Trường hợp sau khi K đóng: Khi K đóng, ta có: $[R_3 \text{ nt } (R_1 // R_2)]$:



- Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3.6}{3+6} = 5\Omega$

- Cường độ dòng điện mạch chính: $I = \frac{E_1 + E_2}{R_N + r_1 + r_2} = \frac{3 + \frac{3}{2}}{5 + 2 + 1} = 0,5625A$

- Số chỉ của vôn kế bằng: $E_1 - I r_1 = 3 - 0,5625.2 = 1,875V$.

- Số chỉ của ampe kế:

Ta có: $\begin{cases} I_1 + I_2 = I = 0,5625 \\ I_1 R_1 = I_2 R_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = 0,5625 \\ 3I_1 = 6I_2 \end{cases}$

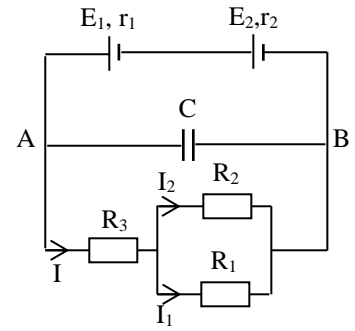
$\Rightarrow I_2 = 0,1875A, I_1 = 0,375A$.

\Rightarrow số chỉ ampe kế bằng $I_1 = 0,375A$.

- Điện tích của tụ điện:

Ta có: $U_C = U_{AB} = I R_{AB} = 0,5625.5 = 2,8125V$

$\Rightarrow q = C U_C = 0,5.2,8125 \approx 1,4\mu C$.



Vậy: Khi K đóng, số chỉ ampe kế là 0,375A; số chỉ vôn kế là 1,875V; điện tích của các tụ là 1,4μC.

Bài 54:

Ta có: $I = \frac{E_1 + E_2}{R + r_1 + r_2} = 2,5A$

- Ban đầu khi K ở vị trí 1, ta có: $[C_1 \text{ nt } C_2]$:

$\Rightarrow C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,2.0,3}{0,2+0,3} = 0,12\mu F$

và $U_1 = U_{AB} = I R = 2,5.0,5 = 1,25V$.

Điện tích các tụ: $q_1 = q_2 = C_{12} U_{12}$

$\Rightarrow q_1 = q_2 = 0,12.1,25 = 0,15\mu C = 0,15.10^{-6}C$.

- Khi K chuyển sang vị trí 2:

Ta có: $U_{13} = U_{AM} = E_1 - I r_1 = 1,5 - 2,5.0,2 = 1V$.

$\Rightarrow U'_{C_1} + U'_{C_2} = 1V \quad (1)$

Mặt khác, theo định luật bảo toàn điện tích, ta có: $q'_1 + q'_3 = -q_1 = -0,15$

$\Leftrightarrow -C_1 U'_{C_1} + C_3 U'_{C_3} = -0,15$

$\Leftrightarrow -0,2U'_{C_1} + 0,3U'_{C_3} = -0,15 \quad (2)$

Từ (1) và (2): $\begin{cases} U'_{C_1} + U'_{C_3} = 1 \\ 0,2U'_{C_1} - 0,3U'_{C_3} = 0,15 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U'_{C_1} = 0,9V \\ U'_{C_3} = 0,1V \end{cases}$

$\Rightarrow q'_1 = C_1 U'_{C_1} = 0,2.0,9 = 0,18\mu C = 0,18.10^{-6}C$

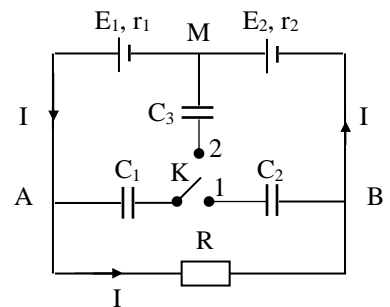
$q'_3 = C_3 U'_{C_3} = 0,3.0,1 = 0,03\mu C = 0,03.10^{-6}C$ và $q'_2 = q_2 = 0,15.10^{-6}C$.

Vậy: Sau khi chuyển K từ vị trí 1 sang 2 thì điện tích của tụ C_2 không đổi và bằng $q'_2 = q_2 = 0,15.10^{-6}C$ còn điện tích của tụ C_1 là $q'_1 = 0,18.10^{-6}C$ và của tụ C_3 là $q'_3 = 0,03.10^{-6}C$.

Bài 55:

- Khi K mở, mạch được vẽ lại:

+ Vì dòng điện không qua tụ nên: $I = \frac{E_1}{R_2 + R_1} = \frac{4}{20 + 10} = \frac{2}{15}A$

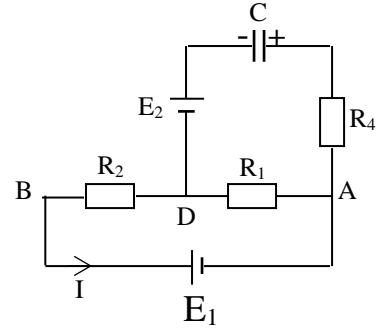


$$\Rightarrow U_{DA} = IR_1 = \frac{2}{15} \cdot 10 = \frac{4}{3} V$$

+ Mặt khác: $U_{AD} = E_2 + U_C$

$$\Rightarrow U_C = U_{AD} - E_2 = \frac{4}{3} - 1 = \frac{1}{3} V$$

$$\Rightarrow q = CU_C = 1 \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \mu C \text{ và bản dương của tụ nối với } R_4.$$



- Khi K đóng, giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ:

+ Xét vòng (a), ta có:

$$-I_2 R_2 - E_2 + I_3 R_3 = 0$$

$$\Leftrightarrow -20I_2 - 1 + 30I_3 = 0$$

Hay $-20I_2 + 30I_3 = 1$ (1)

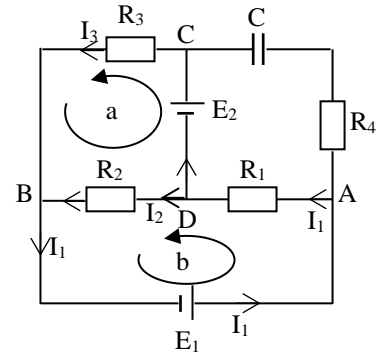
+ Xét vòng (b), ta có:

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - E_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow 10I_1 + 20I_2 - 4 = 0$$

Hay $10I_1 + 20I_2 = 4$ (2)

+ Tại nút B: $I_3 + I_2 = I_1 \Leftrightarrow I_1 - I_2 - I_3 = 0$ (3)



+ Từ (1), (2), (3):
$$\begin{cases} -20I_2 + 30I_3 = 1 \\ 10I_1 + 20I_2 = 4 \\ I_1 - I_2 - I_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{1}{5} A \\ I_2 = \frac{1}{10} A \\ I_3 = \frac{1}{10} A \end{cases}$$

$$\Rightarrow U'_{AD} = I_1 R_1 = \frac{1}{5} \cdot 10 = 2V$$

và $U'_{AD} = E_2 + U'_C \Rightarrow U'_C = U'_{AD} - E_2 = 2 - 1 = 1V.$

$$\Rightarrow q' = CU'_C = 1 \cdot 1 = 1 \mu C \text{ và bản dương của tụ nối với } R_4.$$

- Điện lượng chuyển qua R_4 là: $\Delta q = |q' - q| = \left| 1 - \frac{1}{3} \right| = \frac{2}{3} \mu C = \frac{2}{3} \cdot 10^{-6} C.$

Vậy: Khi K đóng, điện lượng chuyển qua K là $\Delta q = \frac{2}{3} \cdot 10^{-6} C.$

Bài 56:

- Khi K mở, mạch điện được vẽ lại như sau:

+ Xét vòng (a): $I_1 R_1 + I_3 R_3 - E + I_1 r = 0$

$$\Leftrightarrow I_1 + 2I_3 - 1,5 + 0,4I_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow 1,4I_1 + 2I_3 = 1,5 \quad (1)$$

+ Xét vòng (b): $I_5 R_5 + I_5 R_4 - I_3 R_3 = 0$

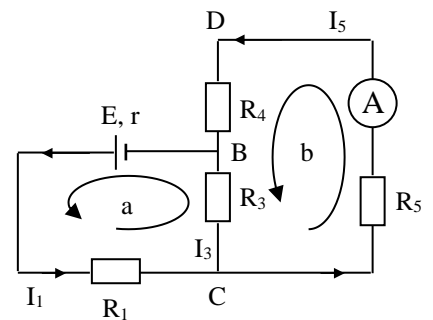
$$\Leftrightarrow I_5(R_5 + 6) - 2I_3 = 0$$

Với I_5 bằng số chỉ của ampe kế bằng 0,1A.

$$\Rightarrow 0,1R_5 + 0,6 - 2I_3 = 0 \quad (2)$$

+ Xét tại nút C, ta có: $I_5 + I_3 = I_1$

$$\Rightarrow I_1 - I_3 = I_5 = 0,1 \quad (3)$$



$$+ \text{Từ (1), (2), (3): } \begin{cases} 1,4I_1 + 2I_3 = 1,5 \\ 0,1R_5 - 2I_3 = -0,6 \\ I_1 - I_3 = 0,1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 0,5A \\ I_2 = 0,4A \\ R_5 = 2\Omega \end{cases}$$

Vậy: $R_5 = 2\Omega$.

- Khi K đóng, vì ampe kế chỉ 0 nên ta có mạch như hình bên:

$$+ \text{Xét vòng (a): } I_2R_2 + I_2R_4 - E + Ir = 0$$

$$\Leftrightarrow I_2(R_2 + 6) - 1,5 + 0,4I = 0$$

$$+ \text{Xét vòng (b): } I_1R_1 + I_1R_3 - E + Ir = 0$$

$$\Leftrightarrow I_1(1 + 2) - 1,5 + 0,4I = 0$$

$$\Leftrightarrow 3I_1 + 0,4I = 1,5$$

$$+ \text{Xét vòng (c): } I_2R_4 - I_1R_3 = 0$$

$$\Leftrightarrow 6I_2 - 2I_1 = 0 \Leftrightarrow I_1 - 3I_2 = 0$$

$$+ \text{Tại nút B, ta có: } I_1 + I_2 = I$$

$$+ \text{Từ (5), (6), (7): } \begin{cases} 3I_1 + 0,4I = 1,5 \\ I_1 - 3I_2 = 0 \\ I_1 + I_2 - I = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{45}{106}A \\ I_2 = \frac{15}{106}A \\ I = \frac{30}{53}A \end{cases}$$

$$+ \text{Thay các giá trị vừa nhận được vào (4), ta được: } \frac{15}{106} \cdot (R_2 + 6) - 1,5 + 0,4 \cdot \frac{30}{53} = 0$$

$$\Rightarrow R_2 = 3\Omega.$$

Vậy: $R_5 = 2\Omega$; $R_2 = 3\Omega$.

Bài 57:

- K mở, ta có mạch điện như hình a:

$$\text{Ta có: } (R_1 \text{ nt } R_2) \Rightarrow I_1 = I_2 = I = 1,5A.$$

$$U_{MB} = I_2R_2 \Rightarrow R_2 = \frac{U_{MB}}{I_2} = \frac{6}{1,5} = 4\Omega$$

$$\text{Mà } I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r} \Leftrightarrow 1,5 = \frac{E}{2 + 4 + r}$$

$$\Rightarrow 9 + 1,5r = E$$

(1)

- K đóng, ta có mạch điện như hình b:

$$\text{Ta có: } I'_1 = I'_2 = \frac{U'_{MB}}{R_2} = \frac{4}{4} = 1A$$

$$\Rightarrow I'_3 = I' - I'_1 = 3 - 1 = 2A$$

$$\text{Mặt khác: } U_{AB} = I'_1(R_1 + R_2) = 1 \cdot (2 + 4) = 6V.$$

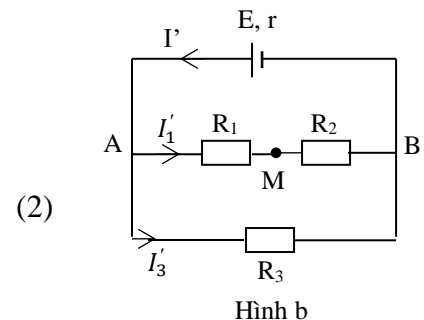
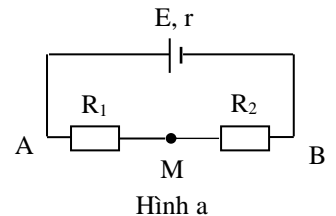
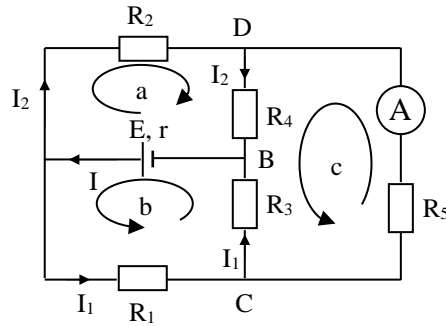
$$\Rightarrow U_{R_3} = U_{AB} = 6V$$

$$\Rightarrow R_3 = \frac{U_{R_3}}{I'_3} = \frac{6}{2} = 3\Omega \text{ và } U_{AB} = E - Ir \Leftrightarrow 6 = E - 3r$$

$$- \text{Từ (1) và (2): } \begin{cases} 1,5r - E = -9 \\ 3r - E = -6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r = 2\Omega \\ E = 12V \end{cases}$$

Vậy: $E = 12V$; $r = 2\Omega$; $R_2 = 4\Omega$; $R_3 = 3\Omega$.

Bài 58:



a) Tính E , r , R_2 và R của đèn

- Khi 2 đèn cùng sáng, số chỉ của vôn kế bằng $4,5V$ nên $U_{AB} = 4,5V$.

$$\text{Ta có: } IR_1 + U_{AB} - E + Ir = 0$$

$$\Leftrightarrow 1,5.4 + 4,5 - E + 1,5r = 0$$

$$\Leftrightarrow E - 1,5r = 10,5 \quad (1)$$

- Khi tắt một đèn: $U_{AB} = \frac{16}{3}V$, $I = \frac{4}{3}A$.

$$\Rightarrow I'R_1 + U'_{AB} - E + I'r = 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{3}.4 + \frac{16}{3} - E + \frac{4}{3}r = 0$$

$$\Leftrightarrow E - \frac{4}{3}r = \frac{32}{3} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2): $\begin{cases} E - 1,5r = 10,5 \\ E - \frac{4}{3}r = \frac{32}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 12V \\ r = 1\Omega \end{cases}$

- Mặt khác:

$$+ \text{Khi 2 đèn sáng: cường độ dòng điện tổng cộng qua 2 đèn là: } 2I_D = 2 \cdot \frac{U_{AB}}{R_D} = 2 \cdot \frac{4,5}{R_D} = \frac{9}{R_D}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{4,5}{R_2}$$

$$\text{Vì } I = I_2 + 2I_D \Rightarrow 1,5 = \frac{9}{R_D} + \frac{4,5}{R_2} \quad (3)$$

+ Khi một đèn tắt, một đèn sáng:

$$\bullet \text{ Dòng điện qua đèn: } I'_D = \frac{U'_{AB}}{R_D} \Rightarrow I'_D = \frac{\frac{16}{3}}{R_D} = \frac{16}{3R_D}$$

$$\bullet \text{ Dòng điện qua } R_2: I'_2 = \frac{U'_{AB}}{R_2} = \frac{16}{3R_2}$$

$$\text{Vì } I' = I'_D + I'_2 \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{16}{3R_D} + \frac{16}{3R_2} \quad (4)$$

- Từ (3) và (4), ta có: $\begin{cases} 1,5 = \frac{9}{R_D} + \frac{4,5}{R_2} \\ \frac{4}{3} = \frac{16}{3R_D} + \frac{16}{3R_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_D = 12\Omega \\ R_2 = 6\Omega \end{cases}$

$$\text{Vậy: } E = 12V; r = 1\Omega; R_2 = 6\Omega; R_D = 12\Omega.$$

b) Tìm R_2 để đèn sáng bình thường

- Để đèn sáng bình thường thì hiệu điện thế giữa hai đầu đèn phải bằng hiệu điện thế định mức: $U_{AB} = 6V$.

- Cường độ dòng điện tổng cộng qua 2 đèn: $2I_D = 2 \cdot \frac{U_{AB}}{R_D} = 2 \cdot \frac{6}{12} = 1A$.

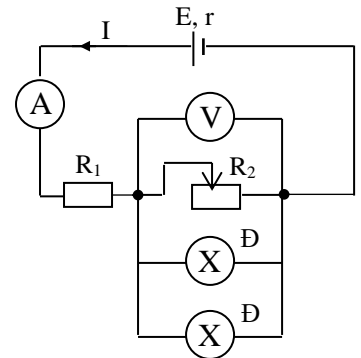
- Mặt khác: $IR_1 + U_{AB} - E + Ir = 0$

$$\Leftrightarrow 4I + 6 - 12 + I.1 = 0 \Rightarrow I = 1,2A$$

- Cường độ dòng điện qua R_2 là: $I_2 = I - 2I_D = 1,2 - 1 = 0,2A$.

$$\Rightarrow R_2 = \frac{U_{AB}}{I_2} = \frac{6}{0,2} = 30\Omega.$$

Vậy: Để đèn sáng bình thường thì $R_2 = 30\Omega$.



Bài 59:

Ta có: Khi K mở:

- Giả sử $R_V = \infty$: mạch ngoài gồm $[R_2 \text{ nt } R_3 \text{ nt } R_4 \text{ nt } R_1]$:

$$\Rightarrow R_N = R_2 + R_3 + R_4 + R_1$$

$$\Rightarrow R_N = 15 + 10 + 20 + 20 = 65\Omega.$$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{120}{65 + 5} = \frac{12}{7}$$

- Số chỉ của vôn kế: $U_{AB} = I(R_3 + R_4) = \frac{12}{7} \cdot 40 \approx 68,57V$.

- Mặt khác, theo đề bài: $U_{AB} = 60V$, từ đó suy ra R_V của vôn kế có giá trị hữu hạn.

$$\text{Ta có: } IR_2 + U_{AB} + IR_1 - E + Ir = 0$$

$$\Leftrightarrow 10I + 60 + 15I - 120 + 5I = 0 \Rightarrow I = 2A$$

- Cường độ dòng điện qua R_{34} là: $I_3 = \frac{U_{AB}}{R_{34}} = \frac{60}{20 + 20} = 1,5A$.

- Cường độ dòng điện qua R_V là: $I_V = I - I_3 = 2 - 1,5 = 0,5A$.

- Điện trở của vôn kế là: $R_V = \frac{U_{AB}}{I_V} = \frac{60}{0,5} = 120\Omega$.

a) Số chỉ của vôn kế và dòng điện qua khóa K: Khi K đóng, ta có thể bỏ qua R_2 , khi đó mạch được vẽ lại như sau:

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_1 + \frac{R_V(R_3 + R_4)}{R_V + R_3 + R_4}$

$$\Rightarrow R_N = 15 + \frac{120(20 + 20)}{120 + 20 + 20} = 45\Omega$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N + r}$

$$\Rightarrow I = \frac{120}{45 + 5} = 2,4A$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua khóa K bằng 2,4A.

- Số chỉ của vôn kế:

$$\text{Ta có: } U_{AB} + IR_1 - E + Ir = 0$$

$$\Leftrightarrow U_{AB} + 2,4 \cdot 15 - 120 + 2,4 \cdot 5 = 0$$

$$\Rightarrow U_{AB} = 72V.$$

Vậy: Vôn kế chỉ 72V.

b) Điện tích trên tụ C khi K mở và khi K đóng

Ta có: Hiệu điện thế giữa hai đầu tụ C: $U_C = U_{DB} = U_{R_4}$.

- Khi K mở: $U_{AB} = I_4 R_4 = I_3 R_4 = 1,5 \cdot 20 = 30V$.

$$\text{Điện tích của tụ: } q = CU_{DB} = 0,2 \cdot 30 = 6\mu C.$$

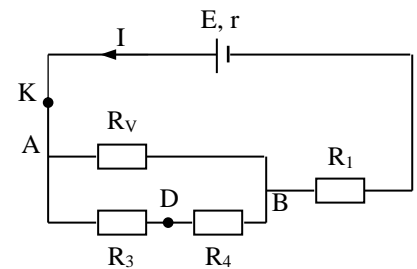
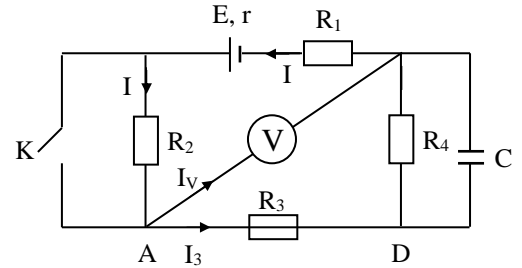
- Khi K đóng:

+ Cường độ dòng điện qua R_{34} là: $I'_3 = I'_4 = \frac{U_{AB}}{R_3 + R_4} = \frac{72}{40} = 1,8A$.

$$\Rightarrow U'_{DB} = I'_4 R_4 = 1,8 \cdot 20 = 36V$$

$$+ \text{ Điện tích của tụ: } q' = CU'_{DB} = 0,2 \cdot 36 = 7,2\mu C.$$

Vậy: Điện tích của tụ C khi K mở là $6\mu C$; khi K đóng là $7,2\mu C$.



Bài 60:

- Xét theo một vòng kín, ta có: $IR + U_{AB} + IR - E + Ir = 0$

$$\text{Vì } r = R \Rightarrow 3IR + 3 - 15 = 0 \Rightarrow I = \frac{4}{R} \quad (1)$$

- Mặt khác: $I_2 = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{3}{R}$ (2)

$$\Rightarrow I_1 = I - I_2 = \frac{4}{R} - \frac{3}{R} = \frac{1}{R} \quad (3)$$

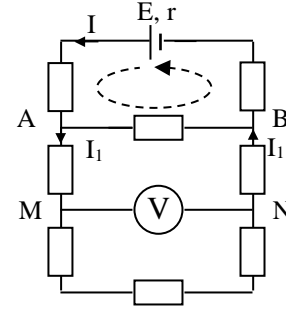
và $IR + I_1R + U_{MN} + I_1R + IR - E + Ir = 0$ (với $r = R$)

$$\Leftrightarrow 3IR + 2I_1R + U_{MN} - E = 0$$

$$\Leftrightarrow 3.4 + 2.\frac{1}{R}.R + U_{MN} - 15 = 0$$

$$\Rightarrow U_{MN} = 1V.$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế là 1V.



Bài 61:

- Xét theo một vòng kín, ta có: $I_1(R_1 + R_3) - E + Ir = 0$

$$\Leftrightarrow 12I_1 - 6 + 3.2I = 0 \quad (1)$$

- Mặt khác: $U_{DC} = U_{DA} + U_{AC} = -U_{AD} + U_{AC}$

$$\Leftrightarrow U_{DC} = -I_2R_2 + I_1R_1 = 0,6 = -4I_2 + 8I_1$$

với $I_2 = I - I_1 \Rightarrow 0,6 = -4(I - I_1) + 8I_1$

$$\Leftrightarrow 0,6 = -4I + 12I_1 \quad (2)$$

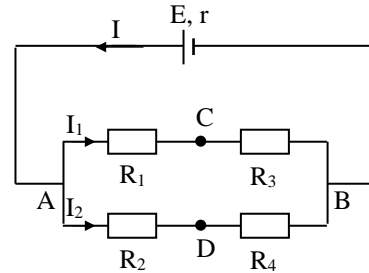
- Từ (1) và (2): $\begin{cases} 3.2I + 12I_1 = 6 \\ 4I - 12I_1 = -0,6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I = 0,75A \\ I_1 = 0,3A \end{cases}$

$$\Rightarrow I_2 = 0,75 - 0,3 = 0,45A.$$

Mặt khác: $U_{DC} = U_{DB} + U_{BC} = U_{DB} - U_{CB} = I_1R_4 - I_1R_3$

$$\Leftrightarrow 0,6 = 0,45R_4 - 0,3.4 \Rightarrow R_4 = 4\Omega.$$

Vậy: $R_4 = 4\Omega$.



Bài 62:

- Xét theo một vòng kín, ta có: $I_1R_1 + I_3R_3 - E + Ir = 0$

$$\Leftrightarrow I_1R_1 + (I_1 - 0,5)R_3 - E + Ir = 0$$

$$\Leftrightarrow 4I_1 + (I_1 - 0,5).8 - 24 + 1,6I = 0$$

$$\Leftrightarrow 1,6I + 12I_1 = 28 \quad (1)$$

- Mặt khác: $I = I_1 + I_2$

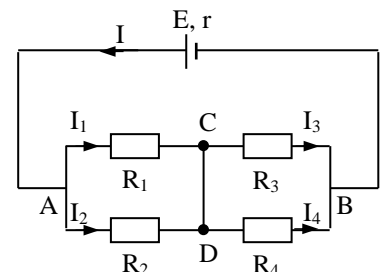
$$\text{Mà } I_1R_1 = I_2R_2 \Leftrightarrow 4I_1 = 16I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{1}{4}I_1$$

$$\Rightarrow I = I_1 + \frac{1}{4}I_1 = \frac{5}{4}I_1 \quad (2)$$

- Thay (2) vào (1), ta được: $1,6.\frac{5}{4}I_1 + 12I_1 = 28 \Rightarrow I_1 = 2A.$

$$\text{và } I_2 = \frac{1}{4}.2 = 0,5A; I_3 = I_1 - 0,5 = 2 - 0,5 = 1,5A;$$

$$I_4 = I_2 + 0,5 = 0,5 + 0,5 = 1A.$$



Ta có: $I_3 R_3 = I_4 R_4 \Rightarrow R_4 = \frac{I_3 R_3}{I_4} = \frac{1,5 \cdot 8}{1} = 12 \Omega$.

Vậy: $R_4 = 12 \Omega$.

Bài 63:

* Nhận xét: Ta có: $R_1 + R_3 = R_2 + R_4 = 4 \Omega$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 \quad (1)$$

Mặt khác: $R_2 > R_1 \Rightarrow V_D < V_C$ nên số chỉ của vôn kế bằng U_{CD} .

- Khi K mở:

+ Xét theo một vòng kín, ta có: $I_1 R_1 + I_1 R_3 + I R_5 - E + I r = 0$

$$\Leftrightarrow I_1 + 3I_1 + 2,5I - E + 0,5I = 0$$

$$\Leftrightarrow 4I_1 + 3I - E = 0$$

$$\Rightarrow E = 4I_1 + 3I \quad (2)$$

+ Mặt khác: $U_{CD} = U_{CA} + U_{AD} = -I_1 R_1 + I_2 R_2 = -I_1 + 3I_2$

$$\Rightarrow 1,2 = -I_1 + 3I_2 \quad (3)$$

+ Thay (1) vào (3): $1,2 = -I_1 + 3I_1 = 2I_1$

$$\Rightarrow I_1 = 0,6A; I_2 = 0,6A; I = I_1 + I_2 = 1,2A.$$

+ Từ (2) suy ra: $E = 4 \cdot 0,6 + 3 \cdot 1,2 = 6V$.

- Khi K đóng: $U'_{CD} = -I'_1 R_1 + I'_2 R_2 = -I'_1 + 3I'_2$

$$\Leftrightarrow 0,75 = -I'_1 + 3I'_2$$

$$\text{Vì } I'_1 = I'_2 \Leftrightarrow 0,75 = -I'_1 + 3I'_1 = 2I'_1$$

$$\Rightarrow I'_1 = \frac{0,75}{2} = 0,375A; I'_2 = 0,375A.$$

+ Xét theo một vòng kín, ta có: $I'_1 R_1 + I'_1 R_3 + I' R_5 - E + I' r = 0$

$$\Leftrightarrow 0,375 \cdot 1 + 0,375 \cdot 3 + 2,5I' - 6 + 0,5I' = 0$$

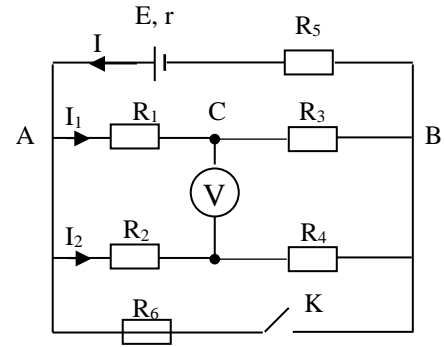
$$\Rightarrow I' = 1,5A$$

+ Cường độ dòng điện qua R_6 là: $I'_3 = I' - (I'_1 + I'_2) = 1,5 - (0,375 + 0,375) = 0,75A$.

+ Mặt khác: $I'_3 R_6 = I'_2 (R_2 + R_4)$

$$\Rightarrow R_6 = \frac{I'_2 (R_2 + R_4)}{I'_3} = \frac{0,375 \cdot (3 + 1)}{0,75} = 2 \Omega$$

Vậy: $E = 6V; R_6 = 2 \Omega$.



Bài 64:

- Vì R_V rất lớn nên khi K_1, K_2 mở thì không có dòng điện qua mạch:

$$\Rightarrow E = U_{AB} = 120V$$

- Khi K_1 đóng, K_2 mở, ta có: $U_{AB} - E + Ir = 0 \Leftrightarrow 110 - 120 + Ir = 0$

$$\Rightarrow Ir = 10 \quad (1)$$

- Mặt khác: $I = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{110}{R_1} \quad (2)$

- Thay (2) vào (1): $\frac{110}{R_1}r = 10 \Rightarrow \frac{R_1}{r} = 11 \quad (3)$

- Khi K_1, K_2 đều đóng: $U'_{AB} - E + I'r = 0$ (I' là dòng điện qua mạch chính).

$$\Leftrightarrow 90 - 120 + I'r = 0 \Rightarrow I'r = 30 \quad (4)$$

- Mặt khác: $I' = I_1 + I_2 = \frac{U'_{AB}}{R_1} + \frac{U'_{AB}}{R_2} = \frac{90}{R_1} + \frac{90}{R_2} \quad (5)$

- Thay (5) vào (4): $\left(\frac{90}{R_1} + \frac{90}{R_2}\right)r = 30 \Rightarrow \frac{3r}{R_1} + \frac{3r}{R_2} = 1 \quad (6)$

- Thay (3) vào (6): $\frac{3}{11} + \frac{3r}{R_2} = 1 \Leftrightarrow \frac{3r}{R_2} = \frac{8}{11}$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{r} = \frac{33}{8} \quad (7)$$

- Từ (3) và (7): $\frac{R_1}{R_2} = \frac{8}{3} \quad (8)$

- Gọi U là hiệu điện thế định mức của 2 đèn thì: $R_1 = \frac{U^2}{P_1}; R_2 = \frac{U^2}{P_2}$.

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{P_2}{P_1} \quad (9)$$

- Từ (8) và (9): $\frac{8}{3} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_2 = \frac{8}{3}P_1 = \frac{8}{3}.60 = 160W$.

Vậy: Công suất định mức của đèn Đ_2 là 160W.

Bài 65:

Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ, ta có:

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I_2 = I - I_1 = 4 - 3 = 1A$$

- Ta có: $U_{AN} + U_{NB} - E + Ir = 0$

$$\Leftrightarrow I_2R_2 + I_4R_4 - E + Ir = 0$$

$$\Leftrightarrow R_2 + I_4.6 - 11 + 4.0,5 = 0$$

$$\Leftrightarrow R_2 + 6I_4 = 9 \text{ với } I_4 = I_2 + I_5$$

$$\Leftrightarrow R_2 + 6(I_2 + I_5) = 9$$

$$\Leftrightarrow R_2 + 6(1 + I_5) = 9$$

$$\Leftrightarrow R_2 + 6I_5 = 3 \quad (1)$$

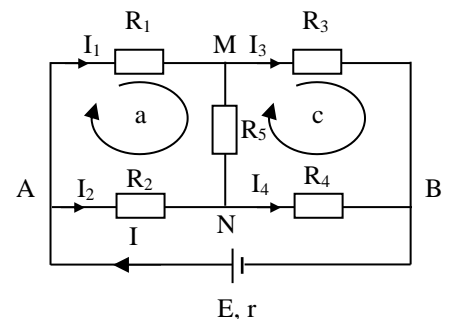
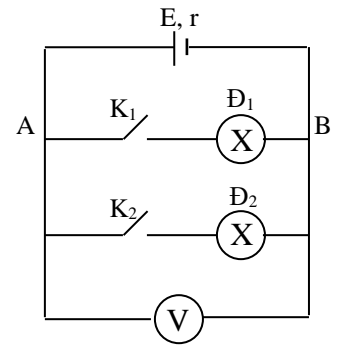
- Mặt khác: $U_{AM} + U_{MN} + U_{NA} = 0$

$$\Leftrightarrow I_1R_1 + I_5R_5 - I_2R_2 = 0 \Leftrightarrow 3.1 + I_5.3 - 1.R_2 = 0$$

$$\Leftrightarrow R_2 - 3I_5 = 3 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2): $\begin{cases} R_2 + 6I_5 = 3 \\ R_2 - 3I_5 = 3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_2 = 3\Omega \\ I_5 = 0 \end{cases}$

- Vì $I_5 = 0$, do đó ta có mạch cầu cân bằng:



$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow R_3 = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_4 = \frac{1}{3} \cdot 6 = 2\Omega$$

Vậy: $R_2 = 3\Omega$; $R_3 = 2\Omega$.

Bài 66:

***Cách 1:** Chúng ta chuyển mạch tam giác AMN thành mạch sao:

Ta có: $R'_5 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_5} = \frac{2.5}{2+5+3} = 1\Omega$

$$R'_2 = \frac{R_5 R_1}{R_5 + R_1 + R_2} = \frac{3.2}{3+2+5} = 0,6\Omega$$

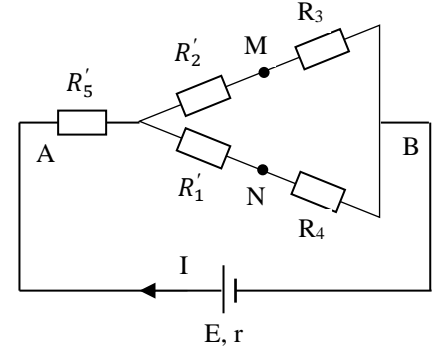
$$R'_1 = \frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5 + R_1} = \frac{5.3}{5+3+2} = 1,5\Omega$$

- Khi đó mạch ngoài gồm: R'_5 nt $[(R'_2 \text{ nt } R_3) // (R'_1 \text{ nt } R_4)]$

+ Điện trở mạch ngoài:

$$R_N = R'_5 + \frac{(R'_2 + R_3)(R'_1 + R_4)}{R'_2 + R_3 + R'_1 + R_4} = 1 + \frac{(0,6+2,4) \cdot (1,5+4,5)}{0,6+2,4+1,5+4,5} = 3\Omega$$

+ Cường độ dòng điện mạch chính: $I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6}{3+1} = 1,5A$



*** Cách 2:** Chọn chiều dòng điện như hình vẽ:

- Tại M: $I_1 = I_3 + I_5$ (1)

- Tại N: $I_2 = I_4 - I_5$ (2)

- Xét theo một vòng kín, ta có:

+ Vòng a: $U_{AM} + U_{MN} + U_{NA} = 0$

$$\Leftrightarrow I_1 R_1 + I_5 R_5 - I_2 R_2 = 0$$

$$\Leftrightarrow 2I_1 + 3I_5 - 5I_2 = 0 \quad (3)$$

+ Vòng b: $U_{MB} + U_{BN} + U_{NM} = 0$

$$\Leftrightarrow I_3 R_3 - I_4 R_4 - I_5 R_5 = 0$$

$$\Leftrightarrow 2,4I_3 - 4,5I_4 - 3I_5 = 0 \quad (4)$$

+ Vòng c: $U_{AB} - E + Ir = U_{AN} + U_{NB} - E + Ir = 0$

$$\Leftrightarrow I_2 R_2 + I_4 R_4 - E + (I_1 + I_2)r = 0 \text{ (vì } I = I_1 + I_2)$$

$$\Leftrightarrow 5I_2 + 4,5I_4 - 6 + (I_1 + I_2) \cdot 1 = 0$$

$$\Leftrightarrow 6I_2 + 4,5I_4 + I_1 = 6 \quad (5)$$

- Thay (1), (2) vào (3) và (5), ta được:

$$(3) \Rightarrow 2 \cdot (I_3 + I_5) + 3I_5 - 5(I_4 - I_5) = 0$$

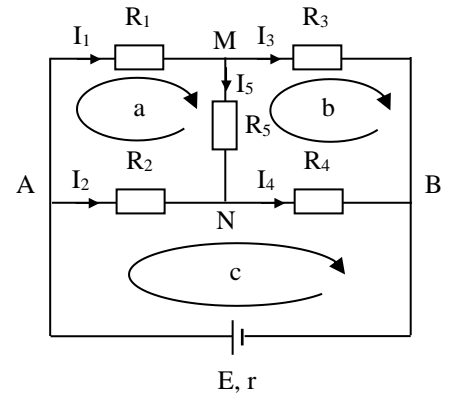
$$\Leftrightarrow 2I_3 - 5I_4 + 10I_5 = 0 \quad (6)$$

$$(5) \Rightarrow 6(I_4 - I_5) + 4,5I_4 + (I_3 + I_5) = 6$$

$$\Leftrightarrow I_3 + 10,5I_4 - 5I_5 = 6 \quad (7)$$

- Từ (4), (6), (7): $\begin{cases} 2,4I_3 - 4,5I_4 - 3I_5 = 0 \\ 2I_3 - 5I_4 + 10I_5 = 0 \\ I_3 + 10,5I_4 - 5I_5 = 6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_3 = 1A \\ I_4 = 0,5A \\ I_5 = 0,05A \end{cases}$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_3 + I_4 = 1 + 0,5 = 1,5A$.



Vậy: Cường độ mạch chính là 1,5A.

Bài 67:

Giả sử các dòng điện có chiều như hình vẽ, ta có:

$$+ \text{ Tại M: } I_1 = I_3 + I_5 = I_3 + 0,2 \quad (1)$$

$$+ \text{ Tại N: } I_2 = I_4 - I_5 = I_4 - 0,2 \quad (2)$$

- Xét theo các vòng kín:

$$\begin{aligned} + \text{ Vòng a: } U_{AM} + U_{MN} + U_{NA} &= 0 \\ \Leftrightarrow I_1 R_1 + I_5 R_5 - I_2 R_2 &= 0 \\ \Leftrightarrow 20I_1 + 0,2R_5 - 60I_2 &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} + \text{ Vòng b: } U_{MB} + U_{BN} + U_{NM} &= 0 \\ \Leftrightarrow I_3 R_3 - I_4 R_4 - I_5 R_5 &= 0 \\ \Leftrightarrow 20I_3 - 20I_4 - 0,2R_5 &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} + \text{ Vòng c: } U_{AN} + U_{NB} - E + Ir &= 0 \\ \Leftrightarrow I_2 R_2 + I_4 R_4 - E + (I_3 + I_4).r &= 0 \\ \Leftrightarrow 60I_2 + 20I_4 - 38,8 + (I_3 + I_4).2 &= 0 \\ \Leftrightarrow 60I_2 + 22I_4 + 2I_3 &= 38,8 \end{aligned} \quad (5)$$

- Thay (1) và (2) vào (3) và (5), ta được:

$$\begin{aligned} (3) \Rightarrow 20(I_3 + 0,2) + 0,2R_5 - 60(I_4 - 0,2) &= 0 \\ \Leftrightarrow 20I_3 - 60I_4 + 0,2R_5 &= -16 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} (5) \Rightarrow 60(I_4 - 0,2) + 22I_4 + 2I_3 &= 38,8 \\ \Leftrightarrow 2I_3 + 82I_4 &= 50,8 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{- Từ (4), (6), (7): } \begin{cases} 20I_3 - 20I_4 - 0,2R_5 = 0 \\ 20I_3 - 60I_4 + 0,2R_5 = -16 \\ 2I_3 + 82I_4 = 50,8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_3 = 0,8A \\ I_4 = 0,6A \\ R_5 = 20\Omega \end{cases}$$

Vậy: $R_5 = 20\Omega$.

Bài 68:

a) Tính E

Gọi R_V là điện trở của vôn kế, khi đó mạch được vẽ lại như sau:

$$\text{Ta có: } U_{AB} = E - I(R_2 + r) \quad (1)$$

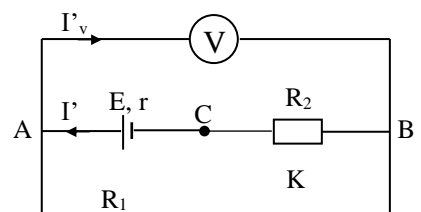
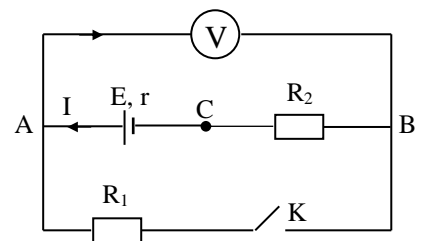
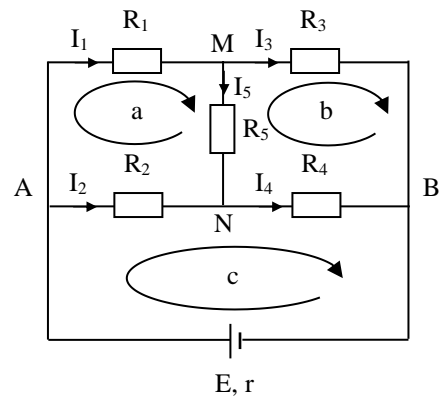
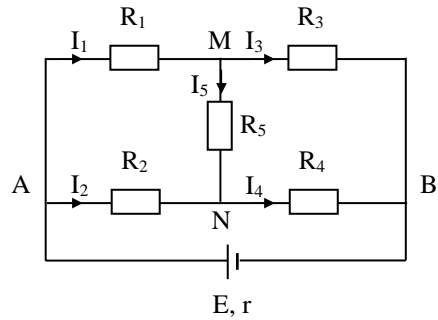
$$\text{- Khi K mở, ta có: } I = I_V = \frac{U_{AB}}{R_V} = \frac{90}{R_V}.$$

$$\text{- Thay vào (1) ta được: } 90 = E - \frac{90}{R_V} \cdot (190 + 10)$$

$$\Leftrightarrow 90 = E - \frac{18000}{R_V} \quad (2)$$

$$\text{- Khi K đóng, ta có: } I' = I'_V + I_1 = \frac{U'_{AB}}{R_V} + \frac{U'_{AB}}{R_1} = \frac{60}{R_V} + \frac{60}{300} = \frac{60}{R_V} + \frac{1}{5}$$

$$\text{- Thay vào (1), ta được: } 60 = E - \left(\frac{60}{R_V} + \frac{1}{5}\right)(190 + 10)$$



$$\Leftrightarrow 60 = E - \frac{12000}{R_V} - 40$$

$$\Leftrightarrow 100 = E - \frac{12000}{R_V} \quad (3)$$

$$\text{- Từ (2) và (3): } \begin{cases} 90 = E - \frac{18000}{R_V} \\ 100 = E - \frac{12000}{R_V} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 120V \\ R_V = 600\Omega \end{cases}$$

Vậy: Suất điện động của nguồn là $E = 120V$.

b) Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện khi K mở và khi K đóng

$$\text{- Khi K mở, từ câu a, ta có: } I = I_V = \frac{90}{R_V} = \frac{90}{600} = 0,15A$$

$$\text{- Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện là: } U_{AC} = E - Ir = 120 - 0,15 \cdot 10 = 118,5V$$

$$\text{- Khi K đóng, ta có: } I' = \frac{60}{R_V} + \frac{1}{5} = \frac{60}{600} + \frac{1}{5} = 0,3A.$$

$$\text{- Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện là: } U_{AC} = E - I'r = 120 - 0,3 \cdot 10 = 117V.$$

Vậy: Khi K mở, hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện là 118,5V; khi K đóng, hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện là 117V.

Bài 69:

Gọi R_V là điện trở của các vôn kế.

$$\text{- Ta có: } U_{AB} = E - Ir$$

$$\Rightarrow I = \frac{E - U_{AB}}{R} = \frac{150 - 110}{\frac{4}{15}R} = \frac{150}{R} \quad (1)$$

$$\text{- Mặt khác: } U_{AB} = I_1 R_V \Rightarrow I_1 = \frac{U_{AB}}{R_V} = \frac{110}{R_V} \quad (2)$$

$$\text{và } I_2 = \frac{U_{AB}}{2R + \frac{R(2R + R_V)}{R + 2R + R_V}} = \frac{110(3R + R_V)}{6R^2 + 2RR_V + R(2R + R_V)}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{110(3R + R_V)}{8R^2 + 3RR_V} \quad (3)$$

$$\text{- Ta có: } I_1 + I_2 = I \Leftrightarrow \frac{110}{R_V} + \frac{110(3R + R_V)}{8R^2 + 3RR_V} = \frac{150}{R}$$

$$\Leftrightarrow 880R^2 + 330RR_V + 330RR_V + 110R_V^2 = 1200RR_V + 450R_V^2$$

$$\Leftrightarrow 340R_V^2 + 540RR_V - 880R^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow 17R_V^2 + 27RR_V - 44 = 0$$

$$\Rightarrow R_V = \frac{-27R + 61R}{2 \cdot 17} = R \quad (4)$$

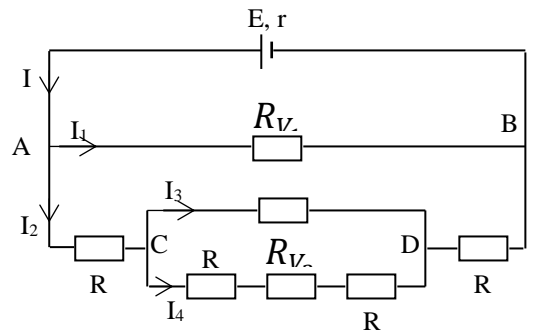
$$\text{- Thay (4) vào (3), ta được: } I_2 = \frac{110(3R + R)}{8R^2 + 3R \cdot R} = \frac{440}{11R} = \frac{40}{R}$$

$$\text{- Mặt khác: } \begin{cases} I_3 + I_4 = I_2 \\ I_3 R = I_4 3R \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_3 + I_4 = \frac{40}{R} \\ I_3 = 3I_4 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow 3I_4 + I_4 = \frac{40}{R} \Rightarrow I_4 = \frac{10}{R}$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế V_2 bằng $I_4 R_V = \frac{10}{R} R = 10V$.

Bài 70:



Giả sử các dòng điện có chiều như hình vẽ.

Ta có: $I_1 + I_2 = I$ (1)

$U_{AB} = I_2 R_2$ (2)

$U_{AB} = I_1 R_1 + E + I_1 r$ (3)

Từ (1), (2), (3): $\begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ I_2 R_2 = I_1 (R_1 + r) + E \end{cases}$

$\Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ (R_1 + r)I_1 - R_2 I_2 = -E \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ (15 + 5)I_1 - 40I_2 = -20 \end{cases}$

$\Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ 20I_1 - 40I_2 = -20 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases}$ (4)

a) Với $I = 2A$, thay vào hệ (4), ta được: $\begin{cases} I_1 + I_2 = 2 \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 1A \\ I_2 = 1A \end{cases}$

$\Rightarrow U_{AB} = I_2 R_2 = 1.40 = 40V$.

Chiều của I_1 và I_2 như đã chọn ban đầu.

b) Với $I = 1A$, thay vào hệ (4), ta được: $\begin{cases} I_1 + I_2 = 1 \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{1}{3}A \\ I_2 = \frac{2}{3}A \end{cases}$

$\Rightarrow U_{AB} = I_2 R_2 = \frac{2}{3}.40 = \frac{80}{3}V$

Chiều của I_1 và I_2 như đã chọn ban đầu.

c) Với $I = \frac{1}{2}A$, thay vào hệ (4), ta được: $\begin{cases} I_1 + I_2 = \frac{1}{2} \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 0 \\ I_2 = \frac{1}{2}A \end{cases}$

$\Rightarrow U_{AB} = I_2 R_2 = \frac{1}{2}.40 = 20V$

Dòng I_1 bị triệt tiêu, dòng I_2 có chiều như đã chọn.

d) Với $I = \frac{1}{4}A$, thay vào hệ (4), ta được: $\begin{cases} I_1 + I_2 = \frac{1}{4} \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = -\frac{1}{6}A \\ I_2 = \frac{5}{12}A \end{cases}$

$\Rightarrow U_{AB} = I_2 R_2 = \frac{5}{12}.40 = \frac{50}{3}V$

Dòng I_1 có chiều ngược với chiều đã chọn, dòng I_2 cùng chiều với chiều đã chọn.

Bài 71:

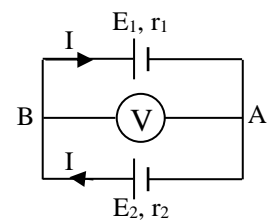
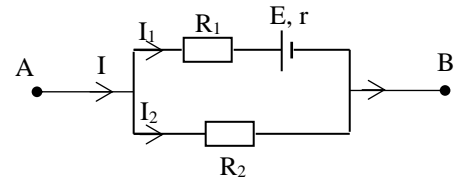
- Ban đầu (khi chưa đảo cực nguồn E_1), ta có:

$U_{BA} = E_1 + I r_1$ (1)

và $U_{BA} = E_2 - I r_2$ (2)

$\Rightarrow E_1 + I r_1 = E_2 - I r_2 \Rightarrow I = \frac{E_2 - E_1}{r_1 + r_2}$

Từ (2) suy ra: $U_{BA} = E_2 - \frac{E_2 - E_1}{r_1 + r_2} \cdot r_2$



$$\Leftrightarrow 1,7 = 2 - \frac{2-1,5}{r_1+r_2} r_2 \Rightarrow \frac{r_2}{r_1+r_2} = 0,6 \quad (3)$$

- Khi đảo cực nguồn E_1 , ta có: $I' = \frac{E_1+E_2}{r_1+r_2}$

$$\Rightarrow U'_{BA} = E_2 - I' r_2 = E_2 - \frac{E_1+E_2}{r_1+r_2} r_2$$

$$\text{Mà } \frac{r_2}{r_1+r_2} = 0,6$$

$$\Rightarrow U'_{BA} = 2 - (2+1,5)0,6 = -0,1V$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế bằng 0,1V và ta cần phải đảo cực của vôn kế.

Bài 72:

- Vì vôn kế có điện trở rất lớn nên khi K mở thì không có dòng điện qua mạch:

$$E_1 = U_1 = 1,8V; E_2 = U_2 = 1,4V$$

- Khi K đóng và chưa đảo cực:

$$\text{Ta có: } I = \frac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2} \Rightarrow U_1 = E_1 - I r_1 = E_1 - \frac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2} r_1$$

$$\Leftrightarrow \frac{r_1}{R+r_1+r_2} = \frac{E_1-U_1}{E_1+E_2} = \frac{1,8-1,4}{1,8+1,4} = 0,125$$

$$\text{và } U_2 = E_2 - I r_2 = E_2 - \frac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2} r_2$$

$$\Rightarrow \frac{r_2}{R+r_1+r_2} = \frac{E_2-U_2}{E_1+E_2} = \frac{1,4-0,6}{1,8+1,4} = 0,25$$

- Khi K đóng và đảo cực nguồn E_2 :

$$\text{Ta có: } I' = \frac{E_1-E_2}{R+r_1+r_2} \Rightarrow U_{AB} = E_1 - I' r_1 = E_1 - (E_1-E_2) \frac{r_1}{R+r_1+r_2}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = 1,8 - (1,8 - 1,4) \cdot 0,125 = 1,75V$$

$$\text{và } U_{BC} = -E_2 - I' r_2 = -E_2 - (E_1 - E_2) \frac{r_2}{R+r_1+r_2}$$

$$\Rightarrow U_{BC} = -1,4 - (1,8 - 1,4) \cdot 0,25 = -1,5V.$$

Vậy: Số chỉ của V_1 là 1,75V; của V_2 là 1,5V và phải đảo cực V_2 .

Bài 73:

- Khi K mở, ta có thể vẽ lại mạch như sau:

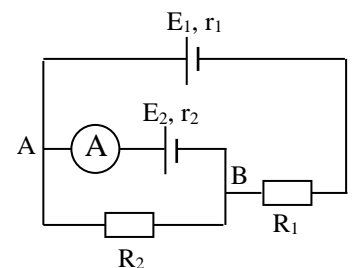
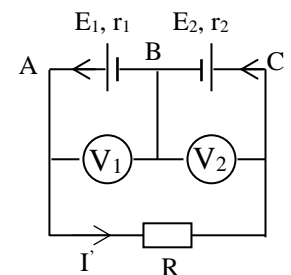
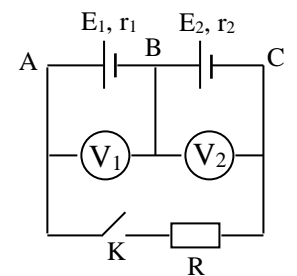
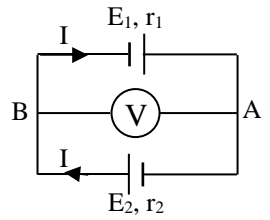
+ Vì ampe kế chỉ 0 nên không có dòng qua nguồn E_2 :

$$\Rightarrow I = \frac{E_1}{R_1+R_2+r_1} = \frac{9}{2+6+1} = 1A$$

$$\Rightarrow U_{AB} = I R_2 = 1 \cdot 6 = 6V$$

+ Mặt khác: $U_{AB} = E_2 \Rightarrow E_2 = 6V.$

- Khi K đóng, ta có thể vẽ lại mạch như sau:



+Ta có: $U_{AC} = E_1 - I r_1 \Leftrightarrow 0 = E_1 - I r_1$

$\Rightarrow I = \frac{E_1}{r_1} = \frac{9}{1} = 9A$

$\Rightarrow I_2 = I - I_A = 9 - 8,4 = 0,6A.$

$\Rightarrow U_{AB} = I_2 R_2 = 0,6.6 = 3,6V.$

+ Vì A và C có thể chập lại với nhau nên:

$U_{CB} = U_{AB} = 3,6V \Rightarrow I_1 = \frac{U_{CB}}{R_1} = \frac{3,6}{2} = 1,8A$

+ Cường độ dòng điện qua nguồn E_2 là: $I' = I_1 + I_2 = 1,8 + 0,6 = 2,4A.$

+ Ta lại có: $U_{AB} = E_2 - I' r_2$

$\Rightarrow r_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{I'} = \frac{6 - 3,6}{2,4} = 1\Omega$

Vậy: $E_2 = 6V, r_2 = 1\Omega.$

Bài 74:

- Khi chỉ có nguồn E_1 (hình a) :

Ta có: $I = \frac{E_1}{R + r_1} \Leftrightarrow 1 = \frac{15}{R + r_1}$

$\Rightarrow R + r_1 = 15\Omega$ (1)

- Khi E_2 nối tiếp với E_1 (hình b) , ta có: $I = \frac{E_1 + E_2}{R + r_1 + r_2}$

+ Vì cường độ dòng điện qua R không đổi nên:

$1 = \frac{15 + 10}{R + r_1 + r_2} \Rightarrow R + r_1 + r_2 = 25$ (2)

+ Thay (1) vào (2), ta được: $15 + r_2 = 25 \Rightarrow r_2 = 10\Omega.$

- Khi E_2 song song với E_1 (hình c) , ta có:

$U_{AB} = E_1 - I_1 r_1$ (3)

$U_{AB} = E_2 - I_2 r_2$ (4)

$U_{AB} = IR$ (5)

$I_1 + I_2 = I = 1$ (6)

+ Thay (5) vào (3): $IR = E_1 - I_1 r_1$

$\Rightarrow 1.R = 15 - I_1 r_1$ (7)

+ Thay (1) vào (7): $15 - r_1 = 15 - I_1 r_1 \Rightarrow r_1 = I_1 r_1 \Rightarrow I_1 = 1A.$

+ Từ (6) suy ra: $1 + I_2 = 1 \Rightarrow I_2 = 0.$

+ Kết hợp (4) và (5): $1.R = E_2 \Rightarrow R = E_2 = 10\Omega.$

+ Từ (1) suy ra: $r_1 = 15 - 10 = 5\Omega.$

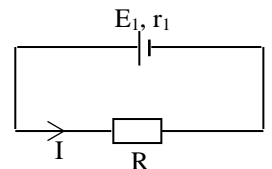
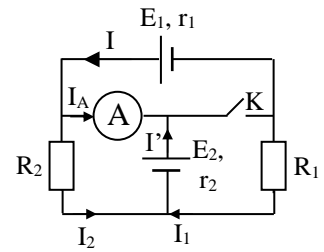
Vậy: $R = 10\Omega; r_1 = 5\Omega; r_2 = 10\Omega.$

Bài 75:

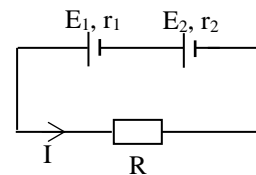
a) Hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trong mạch

- Giả sử có n nguồn mắc nối tiếp tạo thành mạch kín như hình vẽ:

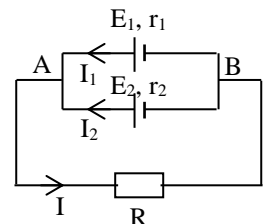
- Ta tìm hiệu điện thế giữa hai điểm A, B bất kì:



Hình a



Hình b



Hình c

Ta có: $E_b = ne; r_b = nr$

$$\Rightarrow I = \frac{E_b}{r_b} = \frac{ne}{nr} = \frac{e}{r}$$

- Giả sử trong đoạn AB có m nguồn nối tiếp: $U_{AB} = me - I(mr)$

$$\Rightarrow U_{AB} = me - \frac{e}{r} \cdot (mr) = me - me = 0$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trong mạch là $U_{AB} = 0$.

b) Trường hợp suất điện động các nguồn khác nhau

Vì điện trở của mỗi nguồn tỉ lệ thuận với suất điện động của nguồn đó, nên nếu ta gọi k là hệ số tỉ lệ thì: $e_i = kr_i$

Ta có: $E_b = e_1 + e_2 + \dots + e_n; R_b = r_1 + r_2 + \dots + r_n$

$$\Rightarrow I = \frac{E_b}{r_b} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{r_1 + r_2 + \dots + r_n} = \frac{kr_1 + kr_2 + \dots + kr_n}{r_1 + r_2 + \dots + r_n} = k$$

$$\Rightarrow U_{AB} = (e_1 + e_2 + \dots + e_n) - I(r_1 + r_2 + \dots + r_n)$$

$$U_{AB} = (e_1 + e_2 + \dots + e_n) - k(r_1 + r_2 + \dots + r_n)$$

$$U_{AB} = e_1 + e_2 + \dots + e_n - e_1 - e_2 - \dots - e_n = 0$$

Vậy: Trường hợp suất điện động các nguồn khác nhau thì $U_{AB} = 0$.

c) Trường hợp số nguồn là chẵn và hai nguồn ở cạnh nhau có các cực cùng tên nối với nhau

- Các nguồn có cùng suất điện động nên khi hai nguồn gần nhau có các cực cùng tên nối với nhau thì suất điện động của bộ hai nguồn đó sẽ triệt tiêu.

- Vì số nguồn là chẵn nên suất điện động của bộ nguồn sẽ bằng 0 $\Rightarrow I = 0$.

Do đó, hiệu điện thế giữa hai điểm mà số nguồn giữa hai điểm đó là chẵn thì sẽ bằng 0, còn nếu số nguồn giữa hai điểm đó là lẻ thì sẽ bằng suất điện động của một nguồn e.

- Trường hợp n nguồn khác nhau mắc song song:

+ Với hình a: $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

$$\Rightarrow I = \frac{E_1 - U_{AB}}{r_1} + \frac{E_2 - U_{AB}}{r_2} + \dots + \frac{E_n - U_{AB}}{r_n}$$

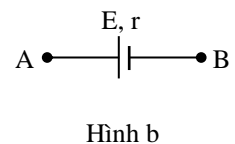
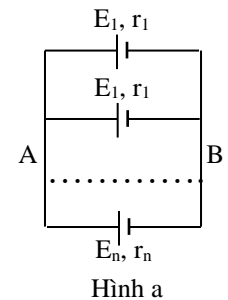
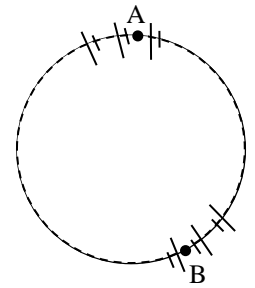
$$\Rightarrow I = \left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \dots + \frac{E_n}{r_n} \right) - U_{AB} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right) \quad (1)$$

$$+ \text{ Với hình b: } I = \frac{E - U_{AB}}{r} = \frac{E}{r} - \frac{U_{AB}}{r} \quad (2)$$

$$+ \text{ Từ (1) và (2): } \frac{E}{r} - \frac{U_{AB}}{r} = \left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \dots + \frac{E_n}{r_n} \right) - U_{AB} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right)$$

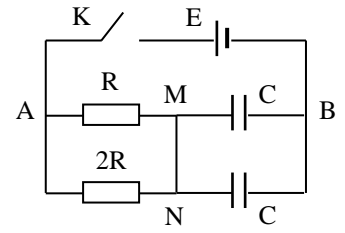
$$+ \text{ Đồng nhất hai vế, ta được: } \frac{E}{r} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \dots + \frac{E_n}{r_n}$$

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$



E. BÀI TẬP ÔN LUYỆN

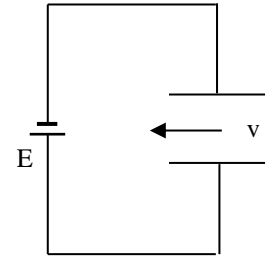
Bài 1. Cho mạch điện như hình vẽ. Nguồn có suất điện động $E = 9V$, điện trở $r = 0,5R$; các tụ điện có điện dung $C = 3\mu F$, ban đầu chưa tích điện. Điện trở các dây nối và khóa K không đáng kể.



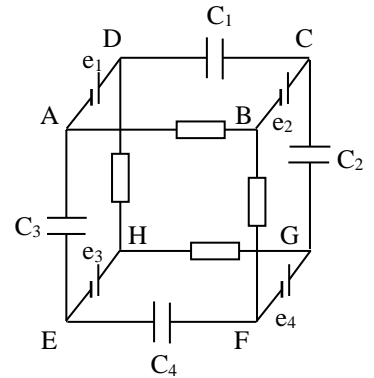
- Tính điện lượng chuyển qua dây MN khi K đóng.
- Tính nhiệt lượng tỏa ra trên các điện trở ở mạch ngoài.

(Trích Đề thi Olympic 30/4, Năm 2012)

Bài 2. Một tụ điện phẳng có các bản hình chữ nhật như hình vẽ, mỗi bản cao $h = 10cm$, bề ngang $b = 20cm$; hai bản cách nhau $d = 3mm$. Hai bản tụ được nối với nguồn suất điện động $E = 1000V$ và điện trở trong không đáng kể. Người ta đặt một tấm thủy tinh kích thước lớn, dày $3mm$, lúc đầu ($t_0 = 0$) sát mép bên phải tụ điện. Cho tấm thủy tinh đi vào khe giữa hai bản với gia tốc $2(cm/s^2)$ dọc theo bề ngang b . Biết thủy tinh có $\epsilon = 7$. Tìm cường độ dòng điện trong mạch ở thời điểm $t = 2s$.



Bài 3. Tính năng lượng tổng cộng W tích điện trong các tụ điện có điện dung C_1, C_2, C_3, C_4 do các nguồn điện có suất điện động không đổi e_1, e_2, e_3, e_4 cung cấp, khi chúng được mắc như hình vẽ. Các điện trở có cùng giá trị R ; bỏ qua điện trở trong của các nguồn điện. Tụ điện C_2 sẽ có điện tích q_2 bằng bao nhiêu nếu nối đoạn mạch hai điểm H và B?

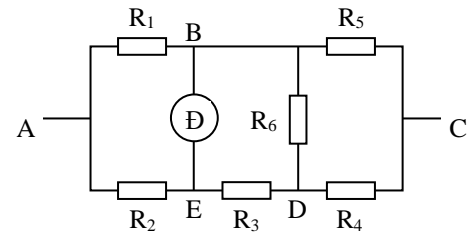


Áp dụng bằng số: $e_1 = 4V$; $e_2 = 8V$; $e_3 = 12V$; $e_4 = 16V$; $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 1\mu F$.

(Trích Đề thi Olympic Quốc tế, Bungari – 1971)

Bài 4. Cho mạch điện như hình vẽ, Đ là một điện kế.

- Giả sử $R_3 = R_4 = R$; $R_5 = 2R$. Đặt $a = \frac{R_1}{R_2}$; $b = \frac{R_6}{R_3}$. Tìm liên hệ giữa a và b để không có dòng điện qua Đ khi đặt vào AC một hiệu điện thế không đổi.



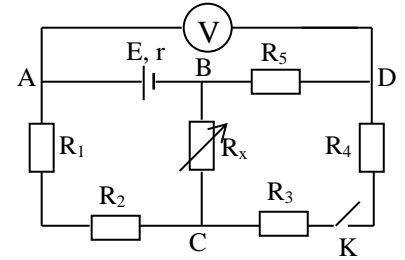
- Giả sử $R_3 = R_6$, các điện trở khác bất kì. Đặt $a = \frac{R_1}{R_2}$; $c = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$; $d = \frac{R_5}{R_3 + R_4}$.

- Tìm liên hệ giữa a, c và d để không có dòng điện qua Đ.
- Gọi cường độ dòng điện qua R_k là i_k , hiệu điện thế đặt vào A và C là U . Chứng minh rằng khi không có dòng điện qua Đ thì các cường độ dòng điện i_k chỉ phụ thuộc vào U và ba trong sáu điện trở của mạch và cho biết đó là những điện trở nào.
- Áp dụng: $U = 7V$; $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = R_6 = 3\Omega$; $R_4 = 1\Omega$. Tính các dòng điện và R_5 khi không có dòng điện qua Đ.

(Trích Đề thi chọn học sinh giỏi Quốc gia, năm học 1993-1994)

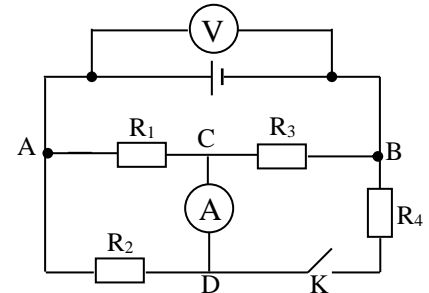
Bài 5. Cho mạch điện như hình vẽ. $E = 6V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = 1\Omega$, $R_2 = 0,8\Omega$, R_x thay đổi từ 0 đến 10Ω . Ban đầu $R_x = 2\Omega$.

- a) Tính số chỉ của vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x khi K mở và khi K đóng.
- b) K đóng, cho R_x thay đổi từ 0 đến 10Ω , cho biết số chỉ vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x tăng hay giảm?



Bài 6. Cho mạch điện như hình vẽ: bộ nguồn gồm ba pin giống nhau ghép nối tiếp, mỗi pin $e = 1,5V$, $R_1 = R_3 = 6\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

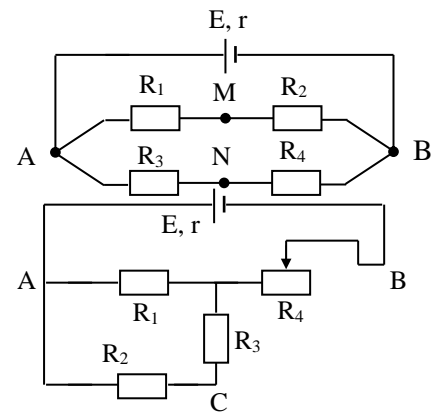
- a) K mở, ampe kế chỉ $\frac{1}{3}A$, vôn kế chỉ 4V. Tính R_2 và r_0 mỗi pin.
- b) K đóng, ampe kế chỉ 0. Tính R_4 .
- c) K đóng, đổi chỗ bộ nguồn và ampe kế cho nhau. Hỏi ampe kế, vôn kế chỉ bao nhiêu?



Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ: $r = 1\Omega$, $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 8\Omega$, $U_{MN} = 1,5V$. Tìm E.

Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = R_3 = 20\Omega$, $R_2 = 10\Omega$. Khi $R_4 = 5,5\Omega$, mắc một vôn kế (R_V rất lớn) vào CB, vôn kế chỉ 6,75V. Khi $R_4 = 20\Omega$, mắc một ampe kế ($R_A = 0$) vào CB, ampe kế chỉ 0,875A.

- a) Tính cường độ mạch chính trong hai trường hợp trên.
- b) Nguồn được tạo nên bởi m dãy song song, mỗi dãy có n acquy giống nhau mắc nối tiếp. Biết suất điện động và điện trở trong mỗi acquy là $e = 2V$, $r_0 = 1\Omega$. Tìm m, n.



Bài 9. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 18V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 6\mu F$. Ban đầu K_1 mở, K_2 đóng.

Tính U_{MN} trong hai trường hợp sau:

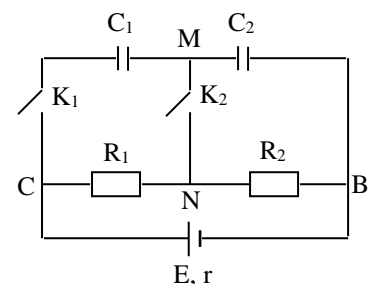
- a) Đóng K_1 trước, mở K_2 sau.
- b) Mở K_2 trước, đóng K_1 sau.

Bài 10. Ba điện trở đều bằng R_0 , mắc theo các cách khác nhau và lần lượt nối vào một nguồn điện không đổi xác định.

- Khi ba điện trở mắc nối tiếp, cường độ qua mỗi điện trở bằng 0,2A.
- Khi ba điện trở mắc song song, cường độ qua mỗi điện trở cũng bằng 0,2A.

- a) Tính cường độ qua mỗi điện trở trong các trường hợp còn lại.
- b) Cần bao nhiêu điện trở R_0 và mắc thế nào để khi nối vào nguồn điện không đổi nói trên, cường độ qua mỗi điện trở đều bằng 0,1A.

Bài 11. Có n acquy (E, r) giống nhau nối với điện trở mạch ngoài R. Tìm điều kiện để cường độ qua R khi n acquy nối tiếp hoặc song song đều như nhau.



Bài 12. Có $N = 80$ nguồn giống nhau, mỗi nguồn có $e = 1,5V$, $r_0 = 1\Omega$ mắc thành x dãy song song, mỗi dãy y nguồn nối tiếp. Mạch ngoài là điện trở R . Tìm x, y để cường độ qua R lớn nhất.

Xét khi R bằng:

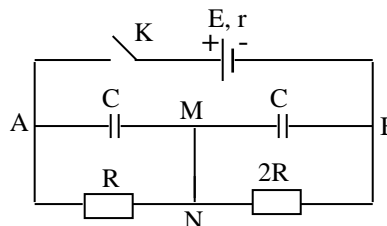
a) 5Ω .

b) 6Ω .

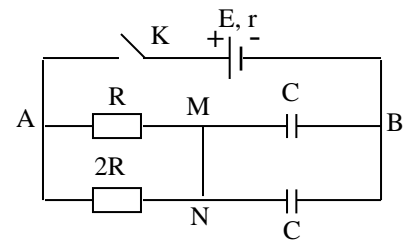
Bài 13. Nguồn $E = 180V$, $r = 2\Omega$ dẫn điện đến nơi tiêu thụ nhờ đường dây dẫn điện trở $R = 4\Omega$. Nơi tiêu thụ có một số đèn $110V - 100W$ mắc song song. Tìm số đèn cực đại có thể thắp sáng sao cho hiệu điện thế hai đầu đèn sai lệch không quá 10% hiệu điện thế định mức.

Bài 14. Cho các mạch điện có sơ đồ như sau:

Nguồn có suất điện động E và điện trở trong $r = \frac{R}{2}$. Các tụ điện có điện dung C ban đầu chưa tích điện. Điện trở các dây nối và khóa không đáng kể.



Hình 1



Hình 2

a) Tính điện lượng truyền qua đoạn dây MN ở các mạch điện cho trên.

b) Tính nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R trong mạch (2).

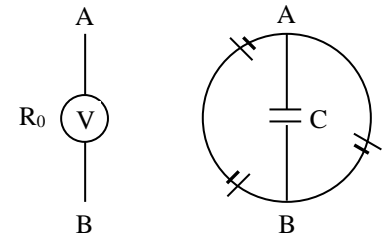
Bài 15. Một dây đồng chất, tiết diện không đổi, có điện trở R được uốn thành vòng tròn và chia thành ba phần bằng nhau bởi ba pin, mỗi cái có suất điện động e và điện trở trong không đáng kể, các pin mắc cùng chiều (hình vẽ).

a) Giữa hai điểm xuyên tâm nối A, B người ta mắc bằng dây nối không có điện trở một tụ điện có điện dung C . Tính điện tích của tụ. Bản nào (nối với A hay nối với B) tích điện dương?

b) Thay tụ bằng một vôn kế có điện trở R_0 . Tính:

- Cường độ dòng điện qua vôn kế và số chỉ của vôn kế.
- Cường độ dòng điện qua hai nửa vòng tròn 1 và 2.

c) Sử dụng kết quả của câu b, tìm lại kết quả của câu a (giữa A và B là tụ).



(Trích Đề thi học sinh giỏi Quốc gia, Năm học 1983 - 1984)

Bài 16. Hãy sử dụng hai acquy sắt kẽm, một pin khô, một cầu dây (một dây dẫn đồng chất có điện trở x chưa biết căng trên một thước đo milimet và có con chạy), một hộp điện trở (có điện trở R), một điện kế (có số 0 ở giữa bảng chia độ) và một điện trở bảo vệ, để:

a) Lắp một mạch điện bao gồm hai acquy mắc nối tiếp, hộp điện trở và cầu dây.

b) Mắc nối tiếp pin khô với điện kế và điện trở bảo vệ.

Hãy nêu và giải thích phương án ghép hai mạch điện a và b thành một mạch điện cho phép ta tìm được một vị trí của con chạy trên cầu dây ứng với dòng điện qua điện kế bằng 0.

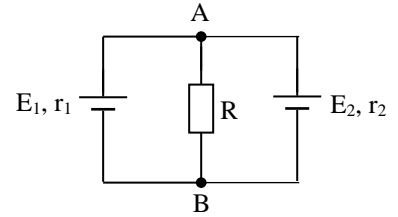
Hãy xác định theo mạch điện đã mắc:

- Tỉ số giữa hiệu điện thế ở hai cực của bộ acquy đối với suất điện động của pin (coi rằng hiệu điện thế giữa hai cực của cả hai acquy là không đổi).

- Điện trở chưa biết x.
- Những điều kiện đối với điện trở R để bài toán có lời giải.

(Trích Đề thi Vật lý Quốc tế, Tiệp Khắc - 1969)

Bài 17. Cho mạch điện như hình vẽ. Tìm biểu thức tính U_{AB} . Khi nào E_2 là: Máy phát? Máy thu? Không phát, không thu?



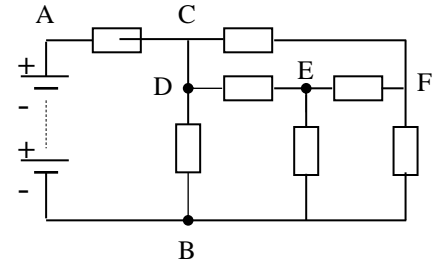
Bài 18. Cho mạch điện như hình vẽ. Tất cả các điện trở của mạch ngoài đều giống nhau và bằng $R_0 = 2\Omega$, bộ nguồn gồm n pin mắc nối tiếp, mỗi pin có suất điện động e và điện trở trong $r = 1\Omega$.

Bỏ qua điện trở các dây nối.

a) Tính điện trở tương đương của mạch ngoài và cường độ dòng điện qua bộ nguồn, biết rằng cường độ dòng điện qua nhánh DB bằng 0,5A.

b) Nếu n pin mắc song song với nhau thì cường độ dòng điện qua nhánh DB bằng 0,3A. Tìm số pin n và suất điện động e của mỗi pin.

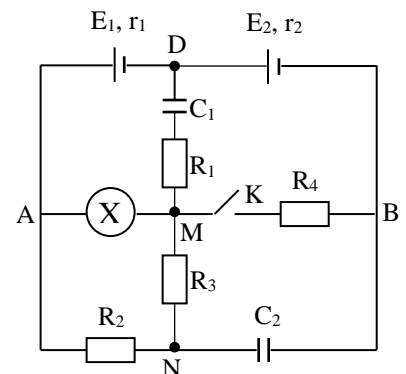
c) Mắc lại bộ nguồn thành hai nhánh, một nhánh gồm một pin, nhánh thứ hai gồm các pin còn lại mắc nối tiếp, cực dương của các nhánh quay về cùng một phía. Tìm cường độ dòng điện qua nhánh AC và các nhánh của bộ nguồn.



Bài 19. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $E_2 = 9V$, $r_1 = r_2 = 0,5\Omega$, $R_1 = R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 0,5\Omega$, $C_1 = 0,5\mu F$, $C_2 = 0,2\mu F$, đèn Đ: 12V - 18W.

a) Ban đầu K mở và khi chưa mắc các nguồn, cả hai tụ đều chưa tích điện. Tính điện tích các tụ.

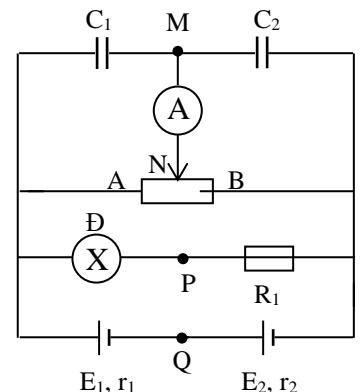
b) K đóng, đèn Đ sáng bình thường. Tính R_2 và điện lượng do các tụ phóng qua R_1 , R_3 và nói rõ chiều chuyển động của các electron.



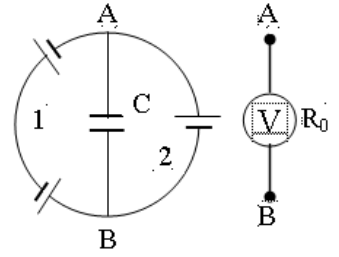
Bài 20. Cho mạch điện như hình: $E_1 = 9V$, $E_2 = 6V$, $r_1 = 0,8\Omega$, $r_2 = 0,2\Omega$, đèn Đ: 12V - 6W, biến trở R_b có giá trị thay đổi từ 0 đến 144Ω , $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 3\mu F$.

a) Đèn sáng bình thường. Tính R_1 và U_{PQ} .

b) Cho N di chuyển đều từ đầu A đến đầu B của biến trở trong thời gian $t = 5s$. Tìm chiều và độ lớn cường độ dòng điện tức thời qua ampe kế trong thời gian trên.



Bài 21. Một dây đồng chất, tiết diện không đổi, có điện trở R , được uốn thành đường tròn và chia thành ba phần bằng nhau bởi ba pin. Mỗi pin có suất điện động E và điện trở trong không đáng kể, các pin mắc cùng chiều.



a) Giữa hai điểm xuyên tâm đối A, B người ta mắc bằng dây nối không điện trở một tụ điện điện dung C . Tính điện tích của tụ. Bản nào tích điện dương?

b) Thay tụ điện bằng một vôn kế có điện trở R_0 . Tính:

- Cường độ dòng điện qua vôn kế và số chỉ của vôn kế.
- Cường độ dòng điện qua hai nửa đường tròn 1 và 2.

c) Sử dụng kết quả câu b tìm lại kết quả câu a (giữa A và B là tụ).

F. GIẢI BÀI TẬP ÔN LUYỆN

Bài 1.

a) Điện lượng truyền qua MN khi K đóng

- K mở: $q_1 = 0$; $q_2 = 0 \Rightarrow q = 0$.

- K đóng: $\begin{cases} q'_1 = CU_{MB} = CE \\ q'_2 = CU_{NB} = CE \end{cases} \Rightarrow q'_b = 2CE$

Điện lượng từ cực dương đến nút A cũng là $q' = 2CE$

Gọi điện lượng qua AM là Δq_1 , qua AN là Δq_2 , ta có: $\begin{cases} \Delta q_1 + \Delta q_2 = 2CE \\ \frac{\Delta q_1}{\Delta q_2} = \frac{2R}{R} = 2 \end{cases}$

$$\Rightarrow \Delta q_1 = \frac{2}{3}q' = \frac{4}{3}CE; \Delta q_2 = \frac{q'}{3} = \frac{2}{3}CE$$

$$\text{Và } \Delta q_{MN} = \Delta q_1 - \Delta q_2 = \frac{4}{3}CE - \frac{2}{3}CE = \frac{2}{3}CE = \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 9 = 18 \cdot 10^{-6}C$$

Vậy: Điện lượng từ M đến N là: $\Delta q_{MN} = 18 \cdot 10^{-6}C$.

b) Nhiệt lượng tỏa ra trên các điện trở ngoài

Ta có: $A = q'E = 2CE^2$; $W = 2 \cdot \frac{1}{2}CE^2 = CE^2$.

- Theo định luật bảo toàn năng lượng: $A = Q + W$.

$$\Rightarrow Q = A - W = 2CE^2 - CE^2 = CE^2$$

- Vì r nối tiếp R_{AM} và $R_{AM} = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3}R$; $r = \frac{R}{2}$ nên: $\frac{Q_{AM}}{Q_r} = \frac{R_{AM}}{r} = \frac{4}{3}$; $\frac{Q_{AM}}{Q_r + Q_{AM}} = \frac{4}{3+4} = \frac{4}{7}$

$$\Rightarrow Q_{AM} = \frac{4}{7}Q = \frac{4}{7}CE^2$$

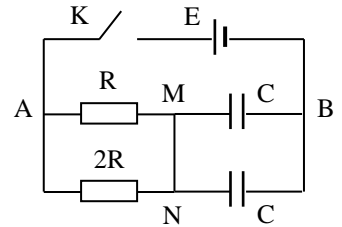
- Vì $R \parallel 2R$ nên: $\frac{Q_{2R}}{Q_R} = \frac{R}{2R} = \frac{1}{2}$.

$$\Rightarrow Q_R = \frac{2}{3}Q_{AM} = \frac{8}{21}CE^2 = \frac{8}{21} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2 = 92,6 \cdot 10^{-6}J$$

$$\text{Và } Q_{2R} = \frac{4}{21}CE^2 = \frac{4}{21} \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2 = 46,3 \cdot 10^{-6}J$$

Vậy: Nhiệt lượng tỏa ra trên các điện trở ngoài là $Q_R = 92,6 \cdot 10^{-6}J$ và $Q_{2R} = 46,3 \cdot 10^{-6}J$.

Bài 2.



Khi đưa tấm thủy tinh vào thì điện dung của tụ thay đổi, do đó điện tích q thay đổi. Giả sử tấm thủy tinh đưa vào được một đoạn x. Khi đó hệ được coi như bộ 2 tụ mắc song song.

- Sau 2s thì $x = \frac{at^2}{2} = \frac{2.2^2}{2} = 4\text{cm} < b$. Điện dung của các tụ lúc đó là:

+ Tụ C_1 có bản h, (b - x); điện môi $\epsilon = 1$: $C_1 = \frac{\epsilon_0 S_1}{d} = \frac{\epsilon_0 h(b-x)}{d}$

+ Tụ C_2 có bản h, x; điện môi ϵ : $C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S_2}{d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon hx}{d}$

+ Bộ $C_1 // C_2$ có $C = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 hb}{d} - \frac{\epsilon_0 hx}{d} + \frac{\epsilon_0 \epsilon hx}{d} \Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 hb}{d} + \frac{\epsilon_0 h}{d} (\epsilon - 1)x$

- Cường độ dòng điện trong mạch: $i = \frac{dq}{dt} = \bar{U} \frac{dC}{dt} = \bar{U} \frac{\epsilon_0 h}{d} (\epsilon - 1) \frac{dx}{dt}$

$$\Rightarrow i = \bar{U} (\epsilon - 1) \epsilon_0 h \frac{v}{d}$$

$$\text{Với } v = at = 0,02.2 = 0,04(\text{m/s}) \text{ thì: } i = 1000.(7 - 1) \cdot \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot 0,1 \cdot \frac{0,04}{3 \cdot 10^{-3}} = 7 \cdot 10^{-8} \text{A}$$

Vậy: Cường độ dòng điện trong mạch ở thời điểm $t = 2\text{s}$ là $i = 7 \cdot 10^{-8} \text{A}$.

Bài 3.

- Sơ đồ mạch điện tương đương như hình bên.

- Vì dòng điện chỉ chạy trong mạch ABFGHD nên giả sử $e_4 > e_1$, dòng điện chạy theo chiều mũi tên trên hình vẽ. Áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch, ta có: $I = \frac{e_4 - e_1}{4R}$ (1)

- Chọn $V_F = 0$, áp dụng định luật Ôm cho các đoạn mạch, ta được:

$$V_B = RI;$$

$$V_A = 2RI;$$

$$V_D = 2RI + e_1;$$

$$V_G = 4RI + e_1;$$

$$V_C = RI + e_2;$$

$$V_H = 3RI + e_1;$$

$$V_E = 3RI + e_1 - e_3.$$

- Hiệu điện thế đặt vào các tụ điện C_1, C_2, C_3, C_4 là:

$$U_1 = V_D - V_C = RI + e_1 - e_2 \quad (2)$$

$$U_2 = V_G - V_C = 3RI + e_1 - e_2 \quad (3)$$

$$U_3 = V_E - V_A = RI + e_1 - e_3 \quad (4)$$

$$U_4 = V_E - V_F = 3RI + e_1 - e_3 \quad (5)$$

- Tổng năng lượng được tích trong các tụ điện đó là:

$$W = \frac{1}{2} (C_1 U_1^2 + C_2 U_2^2 + C_3 U_3^2 + C_4 U_4^2) \quad (6)$$

- Áp dụng bằng số: Từ (1) ta được: $RI = \frac{e_4 - e_1}{4} = \frac{16 - 4}{4} = 3\text{V}$.

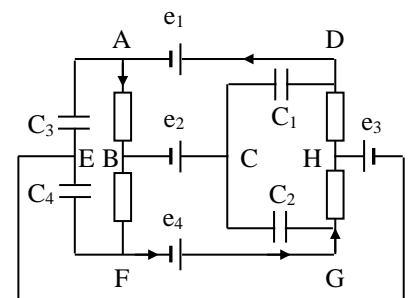
Và $U_1 = 3 + 4 - 8 = -1\text{V}$; $U_2 = 3.3 + 4 - 8 = 5\text{V}$;

$$U_3 = 3 + 4 - 12 = -5\text{V}; U_4 = 3.3 + 4 - 12 = 1\text{V}.$$

$$\Rightarrow W = \frac{10^{-6}}{2} [(-1)^2 + 5^2 + (-5)^2 + 1^2] = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{J}$$

- Nếu nối đoạn mạch B và H, chọn $V_B = V_H = 0$. Áp dụng định luật Ôm cho các đoạn mạch, ta được:

$V_D = RI_1$, dòng điện I_1 chạy qua điện trở R theo chiều từ D đến H



$$V_A = RI_1 - e_1; V_B = 2RI_1 - e_1 = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{e_1}{2R}$$

- Gọi I_4 là cường độ dòng điện chạy qua điện trở R theo chiều từ G đến H , ta có:

$$V_G = RI_4; V_F = RI_4 - e_4; V_H = 4RI_4 - e_4 = 0 \Rightarrow I_4 = \frac{e_4}{2R}$$

- Hiệu điện thế hai đầu tụ điện C_2 là: $U_2' = V_G - V_C = RI_4 - e_2 = \frac{e_4}{2} - e_2$.

- Điện tích trên tụ điện C_2 khi nối đoạn mạch H và B là: $q_2 = C_2 U_2' = C_2 \left(\frac{e_4}{2} - e_2 \right)$.

- Thay số: $q_2 = 10^{-6} \left(\frac{16}{2} - 8 \right) = 0$.

Vậy: Nếu nối đoạn mạch hai điểm H và B thì điện tích trên tụ điện C_2 sẽ là $q_2 = 0$.

Bài 4.

a) Hệ thức giữa a và b để không có dòng điện qua \mathcal{D} khi đặt vào AC một hiệu điện thế không đổi

- Kí hiệu các cường độ dòng điện trên các đoạn mạch như trên hình vẽ. Để không có dòng điện qua \mathcal{D} thì:

$$U_{AB} = U_{AE} \Leftrightarrow R_1 i_1 = R_2 i_2 \Rightarrow i_2 = a i_1 \quad (1)$$

- Áp dụng định luật Kiết-xốp cho các mắt mạng $BCDEB$ và $BDEB$, ta được:

$$R_5(i_1 + i_2 - i_4) = R_4 i_4 + R_3 i_2$$

$$\Leftrightarrow 2R(i_1 + i_2 - i_4) = R(i_2 + i_4)$$

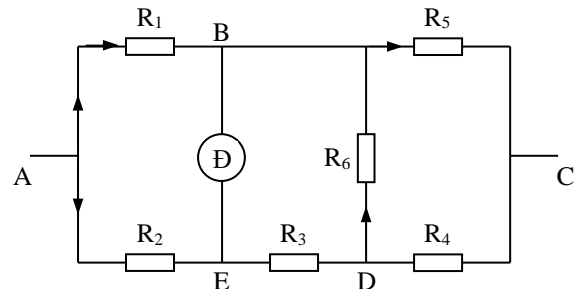
$$\Leftrightarrow 2i_1 + i_2 = 3i_4 \quad (2)$$

$$\text{và } (R + R_6)i_2 = R_6 i_4 \quad (3)$$

$$\Leftrightarrow \frac{R+R_6}{R} i_2 = \frac{R_6}{R} i_4 \Leftrightarrow (1+b) i_2 = b i_4 \quad (4)$$

- Từ (1) và (2): $i_2 \left(1 + \frac{2}{a} \right) = 3i_4 \quad (5)$

- Chia (4) cho (5), ta được: $\frac{1+b}{1+\frac{2}{a}} = \frac{b}{3} \Rightarrow b = \frac{3a}{2(1-a)}$ hoặc $a = \frac{2b}{2b+3}$.



Vậy: Hệ thức giữa a và b để không có dòng điện qua \mathcal{D} khi đặt vào AC một hiệu điện thế không đổi là $b =$

$$\frac{3a}{2(1-a)} \text{ hoặc } a = \frac{2b}{2b+3}.$$

b) Trường hợp $R_3 = R_6$, các điện trở khác bất kì

- Hệ thức giữa a , c và d để không có dòng điện qua \mathcal{D}

+ Áp dụng định luật Kiết-xốp cho các mắt mạng $BCDEB$ và $BDEB$, ta được:

$$R_5(i_1 + i_2 - i_4) = R_4 i_4 + R_3 i_2 \quad (6)$$

$$\text{Và } 2i_2 = i_4 \quad (7)$$

- Từ (7) và (1): $i_4 = 2a i_1 \quad (8)$

$$\text{Và } i_5 = (1-a) i_1 \quad (9)$$

$$i_6 = -a i_1 \quad (10)$$

- Từ (1), (8) và (6): $R_5(1-a) i_1 = R_4 \cdot 2a i_1 + R_3 a i_1$

$$\Leftrightarrow \frac{R_5(1-a)}{R_3+R_4} = \frac{2R_4 a}{R_3+R_4} + \frac{R_3 a}{R_3+R_4}$$

$$\Leftrightarrow d(1-a) = 2ac + \frac{R_3 a}{R_3+R_4} \quad (11)$$

+ Vì $c = \frac{R_4}{R_3+R_4} \Rightarrow \frac{R_3}{R_3+R_4} = 1 - c$. Từ đó (11) trở thành:

$$d(1 - a) = 2ac + (1 - c)a \Leftrightarrow d = a(c + d + 1)$$

$$\Rightarrow a = \frac{d}{c + d + 1} \text{ hoặc } d = \frac{a(1 + c)}{1 - a} \quad (12)$$

Vậy: Hệ thức giữa a , c và d để không có dòng điện qua Đ là $a = \frac{d}{c + d + 1}$ hoặc $d = \frac{a(1 + c)}{1 - a}$.

- Chứng minh rằng khi không có dòng điện qua Đ thì các cường độ dòng điện i_k chỉ phụ thuộc vào U và ba điện trở của mạch

+ Nếu đặt vào hai điểm A và C hiệu điện thế U thì:

$$U = R_1 i_1 + R_5 i_5 = R_1 i_1 + R_5(1 - a) i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{U}{R_1 + R_5(1 - a)}$$

Như vậy, i_1 chỉ phụ thuộc vào U và ba điện trở R_1 , R_2 và R_5 .

+ Các hệ thức (1), (8) và (9) chứng tỏ $i_2 = i_3$, i_4 , i_5 , i_6 chỉ phụ thuộc vào i_1 và a , nghĩa là chỉ phụ thuộc vào U và ba điện trở R_1 , R_2 và R_5 nên có thể lấy tùy ý giá trị của ba điện trở còn lại.

- Áp dụng: $U = 7V$; $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = R_6 = 3\Omega$; $R_4 = 1\Omega$

$$+ \text{Ta có: } a = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{2} = 0,5; c = \frac{R_4}{R_3+R_4} = \frac{1}{3+1} = 0,25; d = \frac{a(1+c)}{1-a} = \frac{0,5 \cdot (1+0,25)}{1-0,5} = 1,25.$$

$$+ \text{Từ đó: } R_5 = 5\Omega; i_1 = \frac{U}{R_1 + R_5(1-a)} = \frac{7}{1+5 \cdot (1-0,5)} = 2A;$$

$$\text{Và } i_4 = 2a i_1 = 2 \cdot 0,5 \cdot 2 = 2A, \text{ (theo (8))}$$

$$i_2 = i_3 = \frac{i_4}{2} = \frac{2}{2} = 1A, \text{ (theo (7))}$$

$$i_5 = (1 - a) i_1 = (1 - 0,5) \cdot 2 = 1A, \text{ (theo (9))}$$

$$i_6 = -a i_1 = -0,5 \cdot 2 = -1A \Rightarrow i_6 \text{ chạy từ B đến D, (theo (10)).}$$

Vậy: Khi không có dòng điện qua Đ thì $i_1 = 2A$; $i_2 = i_3 = 1A$; $i_4 = 2A$; $i_5 = 1A$; $i_6 = 1A$ và $R_5 = 5\Omega$.

Bài 5.

a) Số chỉ của vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x khi K mở và khi K đóng

- Khi K mở: [R_1 nt R_2 nt R_x]:

$$+ \text{Điện trở mạch ngoài: } R_N = R_1 + R_2 + R_x = 1 + 0,8 + 2 = 3,8\Omega$$

$$+ \text{Cường độ dòng điện qua mạch: } I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6}{3,8 + 1} = 1,25A$$

$$+ \text{Số chỉ của vôn kế bằng } U_{AD}: U_{AD} = U_{AB} + U_{BD}$$

$$\text{với: } U_{AB} = E - Ir = 6 - 1,25 \cdot 1 = 4,75V$$

$$U_{BD} = U_{R_5} = 0 \text{ (vì } I_5 = 0)$$

$$\Rightarrow U_{AD} = 4,75V$$

$$+ \text{Công suất tiêu thụ của } R_x: P = R_x I^2 = 2 \cdot 1,25^2 = 3,125W.$$

- Khi K đóng: [$(R_1$ nt $R_2)$ nt $(R_x // (R_3$ nt R_4 nt $R_5))$]

$$+ \text{Điện trở mạch ngoài: } R_N = R_1 + R_2 + \frac{R_x(R_3+R_4+R_5)}{R_x+R_3+R_4+R_5}$$

$$\Rightarrow R_N = 1 + 0,8 + \frac{2(1+1+1)}{2+1+1+1} = 3\Omega$$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6}{3+1} = 1,5A$.

$$\Rightarrow U_{CB} = IR_{345x} = 1,5 \cdot \frac{6}{5} = 1,8V$$

$$\Rightarrow I_3 = I_4 = I_5 = \frac{U_{CB}}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{1,8}{3} = 0,6A$$

$$\Rightarrow U_5 = I_5 R_5 = 0,6 \cdot 1 = 0,6V.$$

+ Số chỉ của vôn kế: $U_{AD} = U_{AB} + U_{BD}$

với $U_{AB} = E - Ir = 6 - 1,5 \cdot 1 = 4,5V$; $U_{BD} = -U_{DB} = -U_5 = -0,6V$.

$$\Rightarrow U_{AD} = 4,5 - 0,6 = 3,9V.$$

+ Công suất tiêu thụ trên R_x :

$$\text{Ta có: } I_x = I - I_3 = 1,5 - 0,6 = 0,9A \Rightarrow P_x = R_x I_x^2 = 2,0 \cdot 9^2 = 1,62W.$$

Vậy: Khi K mở, số chỉ vôn kế là 4,75V, công suất tiêu thụ của R_x là 3,125W; khi K đóng, số chỉ vôn kế là 3,9V, công suất tiêu thụ của R_x là 1,62W.

b) Số chỉ vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x tăng hay giảm? Gọi điện trở R_x có giá trị là x . Khi K đóng, ta có:

$$\text{- Điện trở đoạn mạch CB: } R_{CB} = \frac{x(R_3 + R_4 + R_5)}{x + R_3 + R_4 + R_5} = \frac{3x}{3+x}.$$

$$\text{- Điện trở mạch ngoài: } R_N = R_{12} + R_{CB} = 1,8 + \frac{3x}{3+x} = \frac{5,4+4,8x}{3+x}.$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6}{\frac{5,4+4,8x}{3+x} + 1} = \frac{6(3+x)}{8,4+5,8x}$$

$$\text{- Hiệu điện thế hai đầu A, C: } U_{AC} = IR_{12} = 1,8 \cdot \frac{6(3+x)}{8,4+5,8x} = \frac{32,4+10,8x}{8,4+5,8x} \quad (1)$$

$$\text{- Hiệu điện thế hai đầu C, B: } U_{CB} = IR_{CB} = \frac{3x}{3+x} \cdot \frac{6(3+x)}{8,4+5,8x} = \frac{18x}{8,4+5,8x} \quad (2)$$

- Số chỉ của vôn kế bằng U_{AD} , với $U_{AD} = U_{AC} + U_{CB}$

$$\text{- Từ (1) và (2), suy ra: } U_{AD} = \frac{32,4+10,8x}{8,4+5,8x} + \frac{18x}{8,4+5,8x} = \frac{32,4+22,8x}{8,4+5,8x} \quad (*)$$

- Để xét sự biến đổi của U_{AD} theo x , ta có thể làm như sau: Dựa vào đạo hàm, ta có:

$$U'_{AD}(x) = \frac{22,8 \cdot 8,4 - 5,8 \cdot 32,4}{(8,4+5,8x)^2} = \frac{3,6}{(8,4+5,8x)^2}$$

Ta thấy $U'_{AD}(x)$ luôn lớn hơn 0 với mọi x nên hàm U_{AD} luôn tăng khi x tăng.

Vậy: Khi R_x thay đổi từ 0 đến 10Ω thì số chỉ của vôn kế luôn tăng.

- Công suất tiêu thụ trên R_x :

$$\text{Ta có: } P = I_x^2 R_x \text{ với } I_x = \frac{U_{CB}}{R_x} = \frac{18x}{(8,4+5,8x)x} = \frac{18}{8,4+5,8x}$$

$$\Rightarrow P = \frac{18^2}{(8,4+5,8x)^2} x = \frac{324x}{70,56+97,44x+33,64x^2}$$

+ Khi $x = 0 \Rightarrow P = 0$.

$$\text{+ Khi } x \neq 0, \text{ biểu thức của } P \text{ có thể viết thành: } P = \frac{324}{\frac{70,56}{x} + 97,44 + 33,64x}.$$

* Nhận xét: P đạt cực đại khi mẫu số đạt cực tiểu, tức là: $\left[\frac{70,56}{x} + 33,64x + 97,44 \right]_{\min} \Leftrightarrow \left[\frac{70,56}{x} + 33,64x \right]_{\min}$

Theo bất đẳng thức Côsi, ta có: $\frac{70,56}{x} + 33,64x \geq \sqrt{\frac{70,56}{x} \cdot 33,64x}$

$$\Rightarrow \frac{70,56}{x} = 33,64x$$

Dấu “=” xảy ra khi $x = \sqrt{\frac{70,56}{33,64}} \approx 1,45$.

Vậy: Công suất tiêu thụ trên R_x có một giá trị cực đại khi $R_x = 1,45\Omega$.

Bài 6.

Ta có: +Suất điện động của bộ: $E_b = ne = 3.1,5 = 4,5V$.

+Điện trở của bộ: $r_b = nr_0 = 3r_0$.

a) Tính R_2 và r_0 mỗi pin: Khi K mở, số chỉ của ampe kế bằng dòng

I_2 qua R_2 , số chỉ của vôn kế bằng U_{AB} :

$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = U_{R_1} + U_{R_3} = U_{R_2} + U_{R_3} \quad (1)$$

$$\text{với } U_{R_2} = I_2 R_2 = \frac{1}{3} R_2 \quad (2)$$

$$U_{R_3} = I_3 R_3 = (I_1 + I_2) R_3$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{U_{R_2}}{R_1} = \frac{I_2 R_2}{R_1} = \frac{\frac{1}{3} R_2}{6} = \frac{R_2}{18}$$

$$\Rightarrow U_{R_3} = \left(\frac{R_2}{18} + \frac{1}{3}\right) \cdot 6 = \frac{R_2}{3} + 2 \quad (3)$$

- Thay (2) và (3) vào (1): $U_{AB} = \frac{R_2}{3} + \frac{R_2}{3} + 2 = \frac{2R_2}{3} + 2$

- Mà $U_{AB} = 4V \Rightarrow \frac{2R_2}{3} + 2 = 4 \Rightarrow R_2 = 3\Omega$.

Mặt khác: $U_{AB} = E_b - I \cdot r_b$

$$\text{với: } I = I_1 + I_2 = \frac{R_2}{18} + \frac{1}{3} = \frac{3}{18} + \frac{1}{3} = 0,5A$$

$$\Rightarrow 4 = 4,5 - 0,5r_b \Rightarrow r_b = 1\Omega$$

$$\Leftrightarrow 3r_0 = 1 \Rightarrow r_0 = \frac{1}{3}\Omega.$$

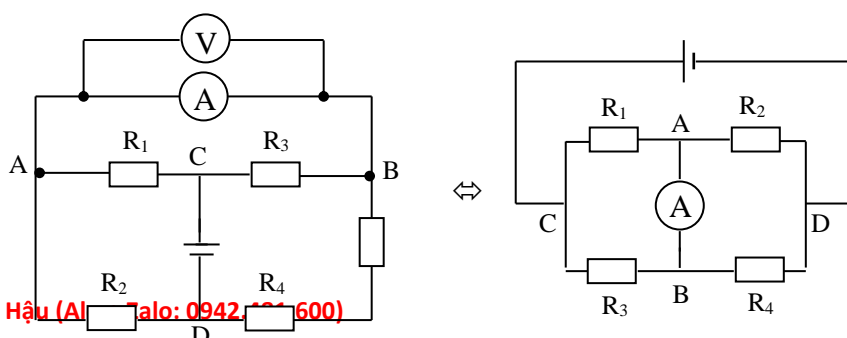
Vậy: $R_2 = 3\Omega$, điện trở của mỗi pin là $r_0 = \frac{1}{3}\Omega$.

b) Tính R_4 : Khi K đóng, ampe kế chỉ 0, do đó mạch là mạch cầu cân bằng, tức là:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow R_4 = \frac{R_3 R_2}{R_1} = \frac{6 \cdot 3}{6} = 3\Omega$$

Vậy: $R_4 = 3\Omega$.

c) Số chỉ ampe kế, vôn kế khi đổi chỗ nguồn và ampe kế: Khi K đóng, đổi chỗ bộ nguồn và ampe kế cho nhau, ta có mạch:



Vì $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$ nên mạch này cũng là mạch cầu cân bằng $\Rightarrow U_{AB} = 0$ và $I_A = 0$.

Vậy: Số chỉ vôn kế và ampe kế đều bằng 0.

Bài 7.

- Ta có: $U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} = -U_{AM} + U_{MN}$

$$\Rightarrow U_{MN} = -I_1 R_1 + I_2 R_2 = -I_1 \cdot 1 + I_2 \cdot 4$$

$$\Leftrightarrow 1,5 = -I_1 + 4I_2$$

- Mặt khác: $I_1(R_1 + R_3) = I_2(R_2 + R_4)$

$$\Leftrightarrow I_1(1+3) = I_2(4+8) \Rightarrow I_2 = \frac{1}{3}I_1(2)$$

- Thay (2) vào (1), ta được: $1,5 = -I_1 + \frac{1}{3}I_1 \cdot 4 = \frac{1}{3}I_1$

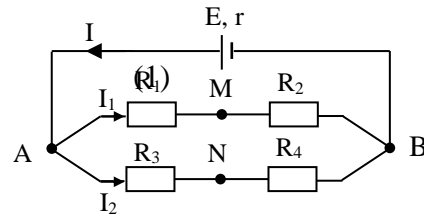
$$\Rightarrow I_1 = 4,5A; I_2 = 1,5A;$$

$$\Rightarrow I = I_1 + I_2 = 6A$$

- Mặt khác: $I = \frac{E}{R_N + r}$, với $R_N = \frac{(R_1+R_3)(R_2+R_4)}{R_1+R_3+R_2+R_4} = \frac{(1+3)(4+8)}{1+3+4+8} = 3\Omega$

$$\Leftrightarrow 6 = \frac{E}{3+1} \Rightarrow E = 24V.$$

Vậy: Suất điện động của nguồn là $E = 24V$.



Bài 8.

a) Tính cường độ mạch chính

- Trường hợp $R_4 = 5,5\Omega$, $U_{CB} = 6,75V$.

$$\text{Ta có: } U_{CB} = U_{CM} + U_{MB} = U_{R_3} + U_{R_4}$$

$$\text{với: } U_{R_3} = I_3 R_3 = 20I_3; U_{R_4} = IR_4 = 5,5I$$

$$\Rightarrow U_{CB} = 20I_3 + 5,5I \quad (1)$$

Mặt khác: $I_1 R_1 = I_3(R_2 + R_3) \Rightarrow 20I_1 = 30I_3 \Rightarrow I_1 = 1,5I_3$

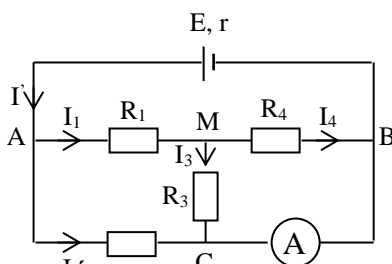
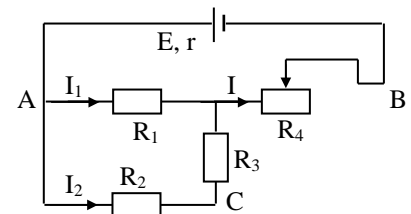
$$\text{và: } I = I_1 + I_3 = 1,5I_3 + I_3 = 2,5I_3$$

$$\Rightarrow U_{CB} = 20I_3 + 5,5 \cdot 2,5I_3 = 33,75I_3$$

$$\Leftrightarrow 6,75 = 33,75I_3$$

$$\Rightarrow I_3 = 0,2A; I = 2,5 \cdot 0,2 = 0,5A.$$

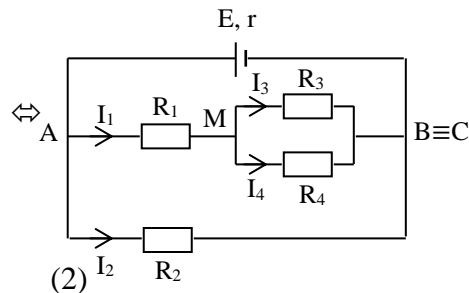
- Trường hợp $R_4 = 20\Omega$, mạch điện được vẽ lại:



- Số chỉ của ampe kế: $I_R = I_2 + I_3 = 0,875$

- Mặt khác: $I_2 R_2 = I_1(R_1 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4})$

$$\Leftrightarrow 10I_2 = I_1(20 + \frac{20 \cdot 20}{20 + 20})$$



$$\Leftrightarrow 10I_2 = 30I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{I_2}{3} \quad (3)$$

Ta lại có: $I_3R_3 = I_4R_4 \Leftrightarrow 20I_3 = 20I_4$

$$\Rightarrow I_3 = I_4 \quad (4)$$

$$\text{Mà: } I_3 + I_4 = I_1 \Rightarrow I_3 = I_4 = \frac{I_1}{2} \Rightarrow I_1 = 2I_3 \quad (5)$$

$$\text{- Từ (3), (5) suy ra: } 2I_3 = \frac{I_2}{3} \Rightarrow I_3 = \frac{I_2}{6} \quad (6)$$

$$\text{- Từ (2), (6) suy ra: } I_2 + \frac{I_2}{6} = 0,875 \Rightarrow \frac{7I_2}{6} = 0,875$$

$$\Rightarrow I_2 = 0,75A; I_1 = \frac{0,75}{3} = 0,25A; I' = I_1 + I_2 = 0,25 + 0,75 = 1A.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua mạch chính trong hai trường hợp trên là 0,5A và 1A.

b) Tìm m, n

$$\text{Ta có: } E_b = ne = 2n; r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{n}{m} \quad (e = 2V; r_0 = 1\Omega)$$

- Trường hợp $R_4 = 5,5\Omega$:

$$+ \text{ Điện trở mạch ngoài: } R_N = \frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3} + R_4 = \frac{20(10+20)}{20+10+20} + 5,5 = 17,5\Omega$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{E_b}{R_N + r_b}$$

$$\Leftrightarrow 0,5 = \frac{2n}{17,5 + \frac{n}{m}} \Leftrightarrow 8,75 + 0,5 \frac{n}{m} = 2n \quad (7)$$

- Trường hợp $R_4 = 20\Omega$:

$$+ \text{ Điện trở mạch ngoài: } R'_N = \frac{R_2R_{134}}{R_2+R_{134}} \text{ với: } R_{134} = R_1 + \frac{R_3R_4}{R_3+R_4} = 20 + \frac{20 \cdot 20}{20+20} = 30\Omega$$

$$\Rightarrow R'_N = \frac{10 \cdot 30}{10+30} = 7,5\Omega$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I' = \frac{E_b}{R'_N + r_b}$$

$$\Leftrightarrow 1 = \frac{2n}{7,5 + \frac{n}{m}} \Leftrightarrow 7,5 + \frac{n}{m} = 2n \quad (8)$$

$$\text{- Từ (7) và (8), ta có hệ: } \begin{cases} 8,75 + 0,5 \frac{n}{m} = 2n \\ 7,5 + \frac{n}{m} = 2n \end{cases}$$

$$\text{Đặt } k = \frac{n}{m}, \text{ ta được: } \begin{cases} 8,75 + 0,5k = 2n \\ 7,5 + k = 2n \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = 5 \\ k = \frac{n}{m} = \frac{5}{2} \end{cases} \Rightarrow m = 2$$

Vậy: $m = 2$ và $n = 5$.

Bài 9.

$$\text{- Ta luôn có: } I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r} = \frac{18}{3+5+1} = 2A$$

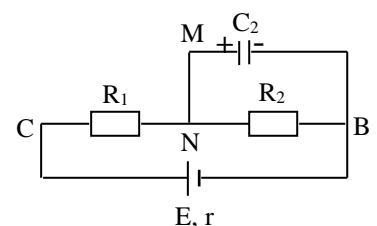
$$U_{CN} = U_{R_1} = IR_1 = 2 \cdot 3 = 6V; U_{NB} = U_{R_2} = IR_2 = 2 \cdot 5 = 10V$$

$$\Rightarrow U_{CB} = U_{CN} + U_{NB} = 6 + 10 = 16V.$$

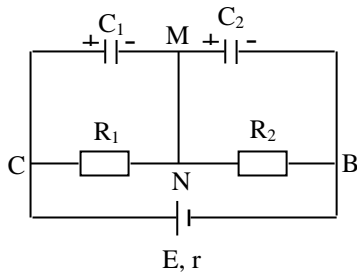
- Ban đầu K_1 mở, K_2 đóng, ta có mạch như sau:

$$U_{C_2} = U_{NB} = 10V \Rightarrow Q_2 = C_2 U_{C_2} = 6 \cdot 10 = 60\mu C$$

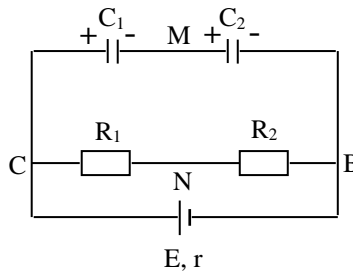
a) Đóng K_1 trước, mở K_2 sau:



- Khi đóng K_1 , ta có mạch như hình a1:



Hình a1



Hình a2

Ta có: $U_{C_1} = U_{CN} = 6V \Rightarrow Q_1 = C_1 U_1 = 2.6 = 12\mu C$

- Khi mở K_2 ta có mạch như hình a2: Ta có: $U'_{C_1} + U'_{C_2} = U_{CB} = 16V$ (1)

Theo định luật bảo toàn điện tích, ta có:

$$-Q'_1 + Q'_2 = -Q_1 + Q_2 = -12 + 60 = 48$$

$$\Leftrightarrow -C_1 U'_{C_1} + C_2 U'_{C_2} = 48$$

$$\Leftrightarrow -2U'_{C_1} + 6U'_{C_2} = 48 \quad (2)$$

$$\text{- Từ (1) và (2), ta có: } \begin{cases} U'_{C_1} + U'_{C_2} = 16 \\ -2U'_{C_1} + 6U'_{C_2} = 48 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U'_{C_1} = 6V \\ U'_{C_2} = 10V \end{cases}$$

$$\Rightarrow U_{MN} = U_{MC} + U_{CN} = -U_{C_1} + U_{CN} = -6 + 6 = 0.$$

Vậy: Khi đóng K_1 trước, mở K_2 sau thì $U_{MN} = 0$.

b) Mở K_2 trước, đóng K_1 sau: Khi mở K_2 trước, đóng K_1 sau thì mạch điện được vẽ lại như hình b1:

$$\text{Ta có: } U'_{C_1} + U'_{C_2} = U_{CB} = 16V \quad (3)$$

Do mở K_2 trước rồi mới đóng K_1 nên tổng điện tích tại điểm M bằng điện tích ban đầu của C_2 :

$$-Q'_1 + Q'_2 = Q_2 = 60$$

$$\Leftrightarrow -C_1 U'_{C_1} + C_2 U'_{C_2} = 60$$

$$\Leftrightarrow -2U'_{C_1} + 6U'_{C_2} = 60 \quad (4)$$

$$\text{- Từ (3) và (4), ta có: } \begin{cases} U'_{C_1} + U'_{C_2} = 16 \\ -2U'_{C_1} + 6U'_{C_2} = 60 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U'_{C_1} = 4,5V \\ U'_{C_2} = 11,5V \end{cases}$$

$$\Rightarrow U_{MN} = U_{MC} + U_{CN} = -U'_{C_1} + U_{CN} = -4,5 + 6 = 1,5V.$$

Vậy: Khi mở K_2 trước, đóng K_1 sau thì $U_{MN} = 1,5V$.

Bài 10.

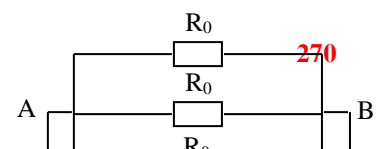
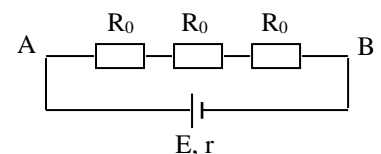
a) Cường độ qua mỗi điện trở trong các trường hợp còn lại: Gọi E, r lần lượt là suất điện động và điện trở trong của nguồn

- Khi 3 điện trở mắc nối tiếp:

$$\text{Ta có: } R_{AB} = 3R_0$$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{3R_0 + r} \Leftrightarrow 0,2 = \frac{E}{3R_0 + r}$$

$$\Leftrightarrow 0,6R_0 + 0,2r = E \quad (1)$$



- Khi 3 điện trở mắc song song:

$$\text{Ta có: } R_{AB} = \frac{R_0}{3}$$

$$\Rightarrow I' = \frac{E}{\frac{R_0}{3} + r}$$

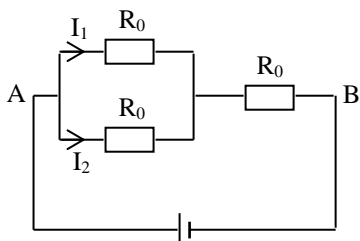
Vì 3 điện trở đều bằng nhau nên dòng điện qua mỗi điện trở là:

$$\frac{I'}{3} = \frac{E}{(\frac{R_0}{3} + r).3} \Leftrightarrow 0,2 = \frac{E}{(\frac{R_0}{3} + r).3}$$

$$\Leftrightarrow 0,2R_0 + 0,6r = E \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2), ta có: } \begin{cases} 0,6R_0 + 0,2r = E \\ 0,2R_0 + 0,6r = E \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E - 0,2r = 0,6R_0 \\ E - 0,6r = 0,2R_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 0,8R_0 \\ r = R_0 \end{cases}$$

- Các cách mắc còn lại:



$$+ \text{ Với hình a: } R_{AB} = \frac{E, r}{\frac{R_0}{2} + R_0} = \frac{3R_0}{2}$$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{\frac{3R_0}{2} + r} = \frac{0,8R_0}{\frac{3R_0}{2} + R_0} = 0,32A$$

$$\text{và } I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = \frac{0,32}{2} = 0,16A.$$

$$+ \text{ Với hình b: } R_{AB} = \frac{2R_0R_0}{2R_0 + R_0} = \frac{2}{3}R_0$$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{\frac{2R_0}{3} + r} = \frac{0,8R_0}{\frac{2R_0}{3} + R_0} = 0,48A$$

$$\text{Vì } I_2 = 2I_1 \text{ và } I_2 + I_1 = 0,48 \Rightarrow I_2 = 0,32A \text{ và } I_1 = 0,16A.$$

b) Cần bao nhiêu điện trở R_0 và mắc thế nào?

Vì cường độ dòng điện qua mỗi điện trở đều bằng nhau và bằng 0,1A nên chỉ có thể mắc các điện trở nối tiếp hoặc song song.

Gọi n là số điện trở R_0 :

- Trường hợp mắc nối tiếp, ta có: $R_{AB} = nR_0$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{nR_0 + r} \Leftrightarrow 0,1 = \frac{0,8R_0}{nR_0 + R_0} \Rightarrow n = 7.$$

- Trường hợp mắc song song, ta có: $R_{AB} = \frac{R_0}{n}$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{\frac{R_0}{n} + r}$$

Vì có n điện trở R_0 mắc song song nên dòng điện qua mỗi điện trở là:

$$\frac{I}{n} = \frac{E}{(\frac{R_0}{n} + r)n} \Leftrightarrow 0,1 = \frac{E}{(\frac{R_0}{n} + r)n}$$

$$\Leftrightarrow 0,1 = \frac{0,8R_0}{(\frac{R_0}{n} + R_0)n} \Rightarrow n = 7$$

Vậy: Cần 7 điện trở R_0 và mắc nối tiếp hoặc song song nhau.

Bài 11.

- Khi n acquy nối tiếp, ta có: $E_b = nE$ và $r_b = nr$.

$$\Rightarrow I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{nE}{R + nr} \quad (1)$$

- Khi n acquy song song, ta có: $E_b = E$ và $r_b = \frac{r}{n}$.

$$\Rightarrow I' = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} \quad (2)$$

- Để dòng điện qua R khi n acquy nối tiếp hoặc song song đều như nhau thì: $I = I'$.

$$\Leftrightarrow \frac{nE}{R + nr} = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} \Leftrightarrow nR + r = R + nR \Rightarrow R = r.$$

Vậy: Để dòng điện qua R khi n acquy nối tiếp hoặc song song đều như nhau thì $R = r$.

Bài 12.

$$\text{Ta có: } E_b = yE = 1,5y; r_b = \frac{yr_0}{x} = \frac{y}{x} \quad (1)$$

$$xy = N = 80 \quad (2)$$

- Cường độ dòng điện qua điện trở R :

$$I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{1,5y}{R + \frac{y}{x}} = \frac{1,5yx}{Rx + y} \quad (3)$$

$$\text{- Thay (2) vào (3) ta được: } I = \frac{1,5 \cdot 80}{Rx + y} = \frac{120}{Rx + y}$$

- Để $y = y_{\max}$ thì $M = (Rx + y)$ đạt cực tiểu.

- Vì x, y đều dương nên theo bất đẳng thức Cô-si, ta có:

$$Rx + y \geq 2\sqrt{Rxy} \Leftrightarrow (Rx + y)_{\min} = 2\sqrt{Rxy}$$

$$\text{Dấu '=' xảy ra khi } Rx = y \quad (4)$$

$$\text{- Kết hợp (4) với (2), ta có: } \begin{cases} Rx = y \\ xy = 80 \end{cases} \Rightarrow x = \sqrt{\frac{80}{R}}; y = R\sqrt{\frac{80}{R}} = \sqrt{80R}.$$

$$\text{a) Với } R = 5\Omega \Rightarrow \begin{cases} x = \sqrt{\frac{80}{5}} = 4 \\ y = \sqrt{80 \cdot 5} = 20 \end{cases}$$

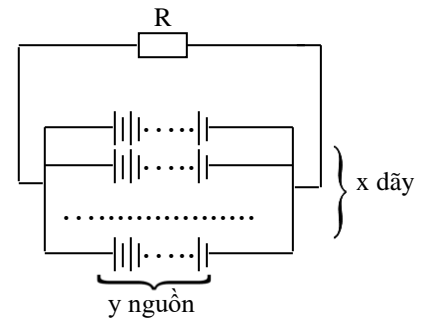
Vậy: Với $R = 5\Omega$ thì bộ nguồn gồm 4 dãy và mỗi dãy có 20 acquy.

$$\text{b) Với } R = 6\Omega \Rightarrow \begin{cases} x = \sqrt{\frac{80}{6}} = 3,65 \\ y = \sqrt{80 \cdot 6} = 21,9 \end{cases}$$

Vì x, y nguyên và $xy = 80$ nên suy ra $x = 4; y = 20$.

Vậy: Với $R = 6\Omega$ thì bộ nguồn gồm 4 dãy và mỗi dãy có 20 acquy.

Bài 13.



- Ta có: $U_{ĐĐM} = 110V$; $R_{Đ} = \frac{U_{ĐĐM}^2}{P_{Đ}} = \frac{110^2}{100} = 121\Omega$.

Gọi x là số đèn mắc song song (x nguyên, dương):

- Điện trở của bộ đèn là: $\frac{R_{Đ}}{x} = \frac{121}{x}$.

- Cường độ dòng điện qua mạch ngoài:

$$I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{E}{R + \frac{R_{Đ}}{x} + r} = \frac{180}{4 + \frac{121}{x} + 2} = \frac{180x}{6x + 121}$$

- Hiệu điện thế giữa hai đầu đèn là:

$$U = I \frac{R_{Đ}}{x} = \frac{180x}{6x + 121} \cdot \frac{121}{x} = \frac{21780}{6x + 121} \quad (1)$$

- Để hiệu điện thế giữa hai đầu đèn sai lệch không quá 10% ($10\% = 0,1$) hiệu điện thế định mức nên:

$$110 - 0,1 \cdot 110 \leq U \leq 110 + 0,1 \cdot 110$$

$$\Leftrightarrow 99 \leq U \leq 121 \quad (2)$$

- Thay (1) vào (2), ta được: $99 \leq \frac{21780}{6x + 121} \leq 121$

$$\Leftrightarrow 9,8 \leq x \leq 16,5$$

Vì x là số nguyên nên số đèn cực đại là $x = 16$.

Bài 14.

a) Điện lượng truyền qua đoạn dây MN ở các mạch điện

- Với hình (1):

+ Khi K mở: $q_1 = 0, q_2 = 0 \Rightarrow q = 0$.

+ Khi K đóng: Dòng điện qua mạch ngoài: $I = \frac{E}{R_N + r}$.

Với: $R_N = R + 2R = 3R$; $r = \frac{R}{2}$.

$$\Rightarrow I = \frac{E}{3R + \frac{R}{2}} = \frac{2E}{7R}$$

$$\Rightarrow U_{AM} = IR = \frac{2E}{7}; U_{MB} = I \cdot 2R = \frac{4E}{7}$$

$$\Rightarrow q_1 = CU_{AM} = \frac{2EC}{7}; q_2 = CU_{MB} = \frac{4EC}{7}$$

+ Tổng điện tích trên các bản tụ nối với điểm M là: $q'_M = -q_1 + q_2 = \frac{2EC}{7}$.

+ Điện lượng truyền qua MN là: $|\Delta q_{MN}| = |q'_M - q_M| = \frac{2CE}{7}$.

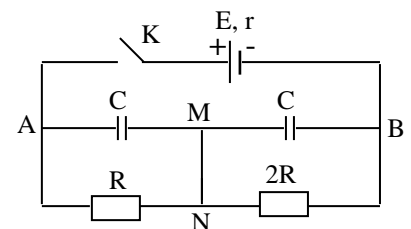
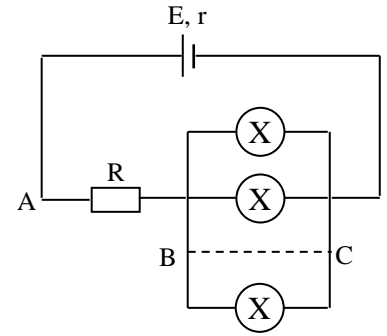
Vậy: Ở hình 1, điện lượng truyền qua MN là $|\Delta q_{MN}| = \frac{2CE}{7}$ và truyền từ N đến M.

- Với hình (2):

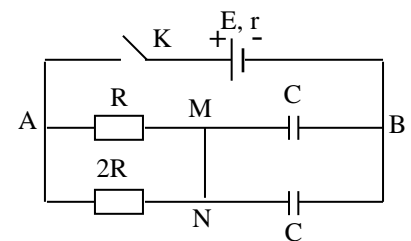
+ Vì dòng điện không chạy qua các tụ điện nên: $U_{MB} = U_{NB} = E$.

$$\Rightarrow q'_1 = CU_{MB} = CE; q'_2 = CU_{NB} = CE$$

+ Tổng điện lượng tại đi qua A là: $q'_A = q'_1 + q'_2 = 2CE$.



Hình 1



Hình 2

+ Gọi điện lượng truyền qua AM là Δq_1 , qua AN là Δq_2 .

$$\text{Ta có: } \begin{cases} \Delta q_1 + \Delta q_2 = 2CE \\ \frac{\Delta q_1}{\Delta q_2} = \frac{2R}{R} = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta q_1 = \frac{4}{3}CE \\ \Delta q_2 = \frac{2}{3}CE \end{cases}$$

+ Điện lượng truyền qua MN là: $|\Delta q_{MN}| = |\frac{4}{3}CE - CE| = \frac{1}{3}CE$.

Vậy: Ở hình 2, điện lượng truyền qua MN là $|\Delta q_{MN}| = \frac{1}{3}CE$ và truyền từ M đến N.

b) Nhiệt lượng tỏa ra trên R trong mạch (2):

- Điện lượng truyền qua nguồn là: $q' = 2CE$

- Công của nguồn điện là: $A = q'E = 2CE^2$.

- Mặt khác: Năng lượng của hai tụ điện là: $W = W_1 + W_2 = \frac{1}{2}CE^2 + \frac{1}{2}CE^2 = CE^2$

- Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $Q = A - W = 2CE^2 - CE^2 = CE^2$

$$\Rightarrow Q_r + Q_{AM} = Q = CE^2 \quad (1)$$

- Vì r nối tiếp R_{AM} nên: $\frac{Q_r}{Q_{AM}} = \frac{r}{R_{AM}}$

$$\text{Với: } r = \frac{R}{2} \text{ và } R_{AM} = \frac{R \cdot 2R}{R+2R} = \frac{2}{3}R$$

$$\Rightarrow \frac{Q_r}{Q_{AM}} = \frac{\frac{R}{2}}{\frac{2}{3}R} = \frac{3}{4} \Rightarrow Q_r = \frac{3}{4}Q_{AM} \quad (2)$$

- Thay (2) vào (1) ta được: $\frac{3}{4}Q_{AM} + Q_{AM} = CE^2$

$$\Rightarrow Q_{AM} = \frac{4}{7}CE^2$$

- Mặt khác: $Q_R + Q_{2R} = Q_{AM} = CE^2 \quad (3)$

- Vì $[R // 2R]$ nên: $\frac{Q_R}{Q_{2R}} = \frac{2R}{R} = 2$

$$\Rightarrow Q_R = 2Q_{2R} \quad (4)$$

- Thay (4) vào (3), ta được: $2Q_{2R} + Q_{2R} = \frac{4}{7}CE^2$

$$\Rightarrow Q_{2R} = \frac{4}{21}CE^2; Q_R = 2 \cdot \frac{4}{21}CE^2 = \frac{8}{21}CE^2.$$

Vậy: Nhiệt lượng tỏa ra trên R là: $Q_R = \frac{8}{21}CE^2$.

Bài 15.

a) Bản nào tích điện dương

- Cường độ dòng điện chạy trong mạch là: $I = \frac{3e}{R}$.

- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là: $U_{BA} = V_B - V_A = I \frac{R}{2} - e = \frac{e}{2} > 0$.

$\Rightarrow V_B > V_A$: Bản nối với B tích điện dương.

- Điện tích của tụ là: $Q = CU = C \frac{e}{2}$.

Vậy: Điện tích của tụ là $Q = C \frac{e}{2}$ và bản nối với B tích điện dương.

b) Khi thay tụ bằng một von kế có điện trở R_0

- Cường độ dòng điện qua vôn kế và số chỉ của vôn kế

+ Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ. Áp dụng định luật Kiéc-xốp 2 cho các mắt mạng (A1BA) và (B2BA), ta được:

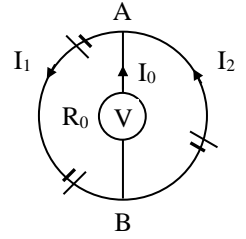
$$I_1 \frac{R}{2} + I_0 R_0 = 2e \quad (1)$$

$$I_2 \frac{R}{2} - I_0 R_0 = e \quad (2)$$

$$\text{Và } I_1 = I_0 + I_2 \quad (3)$$

$$\text{+ Từ các phương trình trên ta được: } I_0 = \frac{2e}{R + 4R_0} > 0; U_0 = I_0 R_0 = \frac{2eR_0}{R + 4R_0}$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua vôn kế và số chỉ của vôn kế là $I_0 = \frac{2e}{R + 4R_0}$ và $U_0 = \frac{2eR_0}{R + 4R_0}$.



- Cường độ dòng điện qua hai nửa vòng tròn 1 và 2

$$\text{+ Thay giá trị } I_0 \text{ ở trên vào (1) ta được: } I_1 = \frac{4e(R + 3R_0)}{R(R + 4R_0)}.$$

$$\text{+ Thay giá trị } I_0 \text{ ở trên vào (2) ta được: } I_2 = \frac{2e(R + 6R_0)}{R(R + 4R_0)}.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua hai nửa vòng tròn 1 và 2 là $I_1 = \frac{4e(R + 3R_0)}{R(R + 4R_0)}$ và $I_2 = \frac{2e(R + 6R_0)}{R(R + 4R_0)}$.

c) Trường hợp giữa A, B là tụ

+ Khi giữa A, B là tụ thì $R_0 = \infty$.

$$\text{+ Thay } R_0 = \infty \text{ vào biểu thức } U_0 = \frac{2eR_0}{R + 4R_0} = \frac{2e}{\frac{R}{R_0} + 4} \text{ ta được: } U_0 = \frac{e}{2} \text{ và } Q = C \frac{e}{2}.$$

Vậy: Khi giữa A và B là tụ thì kết quả vẫn như ở câu a.

Bài 16.

- Cách ghép hai mạch điện a và b (hình 1 và 2).

- Giải thích:

+ Phương án 1 (hình a) : Giả sử $R = 0$, con chạy nằm tại điểm cách đầu trái của cầu dây một đoạn a_1 . Hiệu điện thế giữa hai đầu dây là U_a (bỏ qua điện trở trong của acquy). Nếu dòng điện qua điện kế bằng 0 thì khi đó hiệu điện thế trên đoạn a_1 sẽ bằng U_c . Vì dây dẫn đồng chất nên:

$$\frac{U_a}{U_c} = \frac{l}{a_1} = \frac{1}{m} \quad (1) \quad (0 < m = \frac{a_1}{l} < 1)$$

Để xác định điện trở X của cầu dây ta phải mắc vào mạch một hộp điện trở R nào đó và dịch chuyển con chạy đến vị trí mà $I_g = 0$. Gọi khoảng cách từ con chạy đến đầu trái của cầu dây là a_2 và đặt $\frac{a_2}{l} = n$, ($0 < n < 1$).

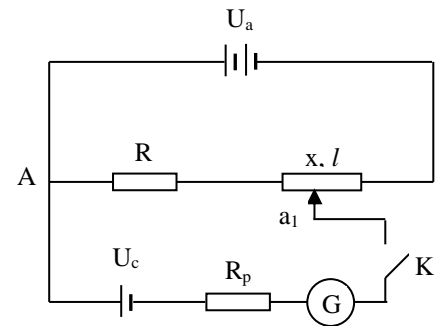
Từ sơ đồ mạch điện, ta có: $U_a \sim R + X$; $U_c \sim R + R_{a2}$

$$\Leftrightarrow \frac{U_a}{U_c} = \frac{R+X}{R+R_{a2}} \quad (2)$$

$$\text{Vì } \frac{X}{R_{a2}} = \frac{l}{a_2} = \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow R_{a2} = X \frac{a_2}{l} = Xn \quad (3)$$

$$\text{Từ (2) và (3): } \frac{U_a}{U_c} = \frac{R+X}{R+nX} \quad (4)$$



Hình a

Từ (1) và (4): $\frac{1}{m} = \frac{R+X}{R+nX} \Leftrightarrow mR + mX = R + nX$

$$\Rightarrow X = R \frac{1-m}{m-n}$$

Để tìm được vị trí của con chạy trên cầu dây, các đại lượng phải thỏa mãn điều kiện:

$$U_c > \frac{U_a}{R+X} R = \frac{U_a}{1+\frac{X}{R}} \Rightarrow \frac{X}{R} > \frac{U_a - U_c}{U_c} = \frac{U_a}{U_c} - 1 = \frac{1}{m} - 1$$

$$\text{Hay } R < X \frac{m}{1-m} \quad (5)$$

Bất đẳng thức (5) là điều kiện đối với R để bài toán có nghiệm.

+ Phương án 2 (hình b) : Chọn hộp điện trở với R. Phép đo lần thứ nhất với mạch điện hình a. Từ phép đo lần thứ hai, ta dùng mạch điện hình b. Dịch chuyển con chạy để $I_g = 0$, ta có:

$$U_a \sim R + X; U_c \sim R_{a3}$$

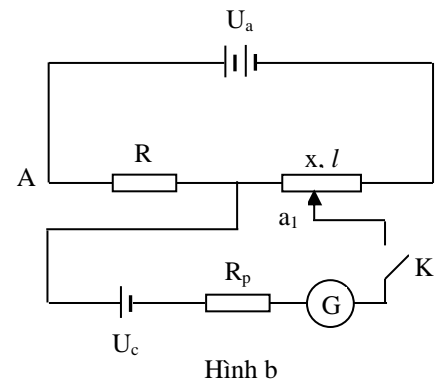
$$\Rightarrow \frac{U_a}{U_c} = \frac{R+X}{R_{a3}} \quad (6)$$

$$\forall \frac{R_{a3}}{X} = \frac{a_3}{l} = q, (0 < q < 1) \text{ nên: } R_{a3} = qX$$

$$\text{Từ (6): } \frac{U_a}{U_c} = \frac{R+X}{qX} \quad (7)$$

$$\text{Từ (4) và (7): } \frac{R+nX}{R+X} = \frac{qX}{R+X} \Rightarrow X = \frac{R}{q-n}$$

Vì $0 < q, n < 1$ nên $q - n < 1$, do đó: $R < X$.



Bài 17.

- Áp dụng công thức:

$$\frac{E_b}{r_b} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} \Rightarrow E_b = \left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} \right) r_b$$

$$\frac{1}{r_b} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \Rightarrow r_b = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

$$\text{- Ta có: } U_{AB} = IR = \frac{E_b}{R+r_b} R = \frac{\left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} \right) r_b R}{R+r_b}$$

$$\Leftrightarrow U_{AB} = \frac{\left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} \right) \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} R}{R + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}} = \frac{(E_1 r_2 + E_2 r_1) R}{R r_1 + R r_2 + r_1 r_2}$$

- E_2 là máy phát khi dòng $I_2 > 0$ (cùng chiều đã chọn):

$$\text{Ta có: } U_{AB} = E_2 - I_2 r_2 \Rightarrow I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{r_2}$$

$$\Rightarrow I_2 > 0 \Leftrightarrow E_2 - U_{AB} > 0 \Rightarrow E_2 > U_{AB}.$$

- E_2 là máy thu khi $I_2 < 0$ (ngược chiều đã chọn): $E_2 < U_{AB}$.

- E_2 không thu, không phát khi: $I_2 = 0 \Rightarrow E_2 = U_{AB}$.

Vậy: $U_{AB} = \frac{(E_1 r_2 + E_2 r_1) R}{R r_1 + R r_2 + r_1 r_2}$; để E_2 là máy phát thì $E_2 > U_{AB}$; để E_2 là máy thu thì $E_2 < U_{AB}$; để E_2 không phát,

không thu thì $E_2 = U_{AB}$.

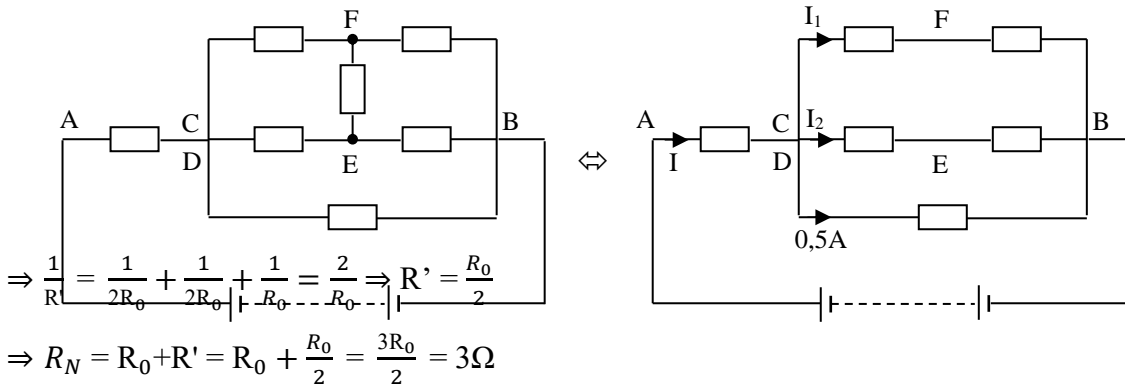
Bài 18.

a) Điện trở tương đương của mạch ngoài và cường độ dòng điện qua bộ nguồn

- Điện trở tương đương:

+ Ta có thể vẽ lại mạch như sau (hình a) :

+ Do tính chất của mạch cầu nên mạch trên tương đương với mạch sau (hình b) :



- Cường độ dòng điện qua bộ nguồn

Ta có: $I_{DB} = 0,5A \Rightarrow U_{DB} = 0,5R_0 = 0,5 \cdot 2 = 1V$.

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{DB}}{2R_0} = \frac{1}{2 \cdot 2} = 0,25A$$

$$\text{và } I_2 = \frac{U_{DB}}{2R_0} = \frac{1}{2 \cdot 2} = 0,25A$$

$$\Rightarrow I = 0,5 + I_1 + I_2 = 0,5 + 0,25 + 0,25 = 1A.$$

Vậy: Điện trở tương đương của mạch là $R_N = 3\Omega$; cường độ dòng điện qua bộ nguồn là $I = 1A$.

b) Số pin n và suất điện động e của mỗi pin

- Trường hợp n pin mắc nối tiếp ở câu a, ta có: $U_{AB} = E_b - Ir_b$ (1)

với $U_{AB} = U_{AD} + U_{DB} = IR_0 + U_{DB} = 1 \cdot 2 + 1 = 3V$.

$$\text{và } \begin{cases} E_b = ne \\ r_b = nr = n \cdot 1 = n \end{cases}$$

Thay vào (1), ta được: $3 = ne - n$ (2)

- Khi n nguồn mắc song song, ta có: $\begin{cases} E'_b = e \\ r'_b = \frac{r}{n} = \frac{1}{n} \end{cases}$

+ Mặt khác: $I_{DB} = 0,3A \Rightarrow U_{DB} = 0,3R_0 = 0,3 \cdot 2 = 0,6V$

$$\Rightarrow I'_1 = \frac{0,6}{2R_0} = \frac{0,6}{2 \cdot 2} = 0,15A; I'_2 = \frac{0,6}{2R_0} = \frac{0,6}{2 \cdot 2} = 0,15A$$

+ Cường độ dòng điện qua bộ nguồn:

$$I' = 0,3 + I'_1 + I'_2 = 0,3 + 0,15 + 0,15 = 0,6A$$

$$\Rightarrow U'_{AB} = U'_{AD} + U'_{DB} = I'R_0 + 0,6 = 0,6 \cdot 2 + 0,6 = 1,8V.$$

$$\text{+ Mặt khác: } U'_{AB} = E'_b - I'r'_b \Rightarrow 1,8 = e - 0,6 \cdot \frac{1}{n} \quad (3)$$

$$\text{+ Từ (2) và (3): } \begin{cases} 3 = ne - n \\ 1,8 = e - \frac{0,6}{n} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} ne - n = 3 \\ ne - 1,8n = 0,6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = 3 \\ e = 2V \end{cases}$$

Vậy: Số pin là $n = 3$, suất điện động của mỗi pin là $e = 2V$.

c) Cường độ dòng điện qua nhánh AC và các nhánh của bộ nguồn

Mạch bây giờ có thể được vẽ lại như sau:

- Ta có: $U_{AB} = IR_N = 3I$ (4)

và $U_{AB} = E_1 - I_1 r_1 = 2 - I_1$ (5)

$U_{AB} = E_2 - I_2 r_2 = 2.2 - I_2.2 = 4 - 2I_2$ (6)

với $I = I_1 + I_2$ (7)

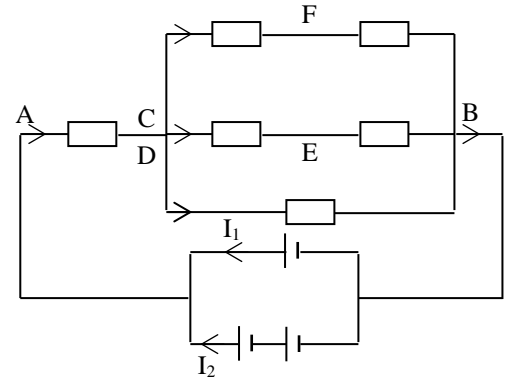
- Từ (4), (5), (6), (7):
$$\begin{cases} 3I = 2 - I_1 \\ 3I = 4 - 2I_2 \\ I = I_1 + I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = -0,18A \\ I_2 = 0,91A \\ I = 0,73A \end{cases}$$

Vậy :

- $I_{AC} = I = 0,73A$.

- Dòng điện qua nhánh gồm 1 pin là $I_1 = 0,18A$, chiều ngược với chiều đã chọn.

- Dòng điện qua nhánh còn lại là $I_2 = 0,91A$.



Bài 19.

a) Điện tích các tụ: Khi K mở không có dòng điện qua mạch:

Ta có: $U_{C_1} = U_{MD} = E_1 = 6V$

$\Rightarrow q_1 = C_1 U_{C_1} = 0,5.6 = 3\mu C$ và cực dương của tụ nối với R_1 .

và $U_{C_2} = U_{NB} = U_{ND} + U_{DB} = U_{C_1} + E_2 = 6 + 9 = 15V$

$\Rightarrow q_2 = C_2 U_{C_2} = 0,2.15 = 3\mu C$ và cực dương của C_2 nối với N.

Vậy: $q_1 = 3\mu C$; $q_2 = 3\mu C$.

b) Tính R_2 và điện lượng do các tụ phóng qua R_1, R_3

- Khi K đóng, đèn sáng bình thường:

Ta có: $U_{AM} = U_D = 12V$

$I_1 = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{18}{12} = 1,5A$ (1)

và $I_2 = \frac{U_{AM}}{R_2 + R_3} = \frac{12}{R_2 + 8}$ (2)

Mặt khác: $I = \frac{E_1 + E_2}{R_N + r_1 + r_2}$

với $R_N = R_4 + \frac{R_D(R_2 + R_3)}{R_D + R_2 + R_3} = 0,5 + \frac{8(R_2 + 8)}{8 + R_2 + 8} = \frac{72 + 8,5R_2}{16 + R_2}$

$\Rightarrow I = \frac{6 + 9}{\frac{72 + 8,5R_2}{16 + R_2} + 0,5 + 0,5} = \frac{240 + 15R_2}{88 + 9,5R_2}$ (3)

Vì $I = I_1 + I_2$ nên từ (1), (2), (3) ta có: $\frac{240 + 15R_2}{88 + 9,5R_2} = 1,5 + \frac{12}{R_2 + 8}$

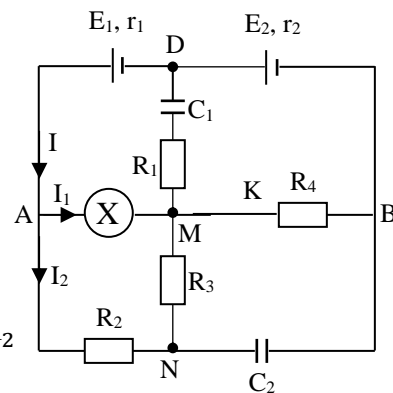
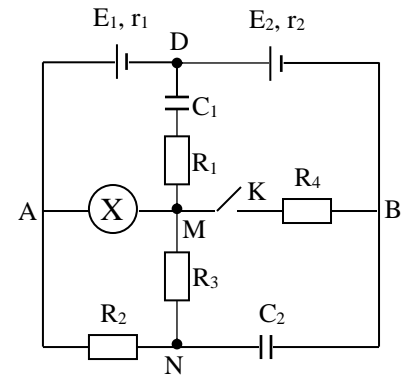
$\Leftrightarrow 360R_2 + 15R_2^2 + 1920 = 246R_2 + 14,25R_2^2 + 1056 + 1056 + 114R_2$

$\Leftrightarrow 0,75R_2^2 - 192 = 0 \Rightarrow R_2 = 16\Omega$

- Điện lượng do các tụ phóng qua R_1, R_3 :

Ta có: $U_{MD} = U_{MA} + U_{AD}$

với $U_{MA} = -U_{AM} = -U_D = -12V$; $U_{AD} = E_1 - Ir_1$



$$\text{Mà } I = \frac{240+15.16}{88+9.5.16} = 2A$$

$$\Rightarrow U_{AD} = 6 - 2.0,5 = 5V; U_{MD} = -12 + 5 = -7V.$$

$$\Rightarrow U_{DM} = 7V.$$

$$\Rightarrow q_1 = C_1 U_{DM} = 0,5.7 = 3,5\mu C.$$

- Bây giờ cực âm của tụ nối với R_1 thì điện lượng chuyển qua R_1 là:

$$\Delta q_1 = |-q'_1 - q_1| = |-3,5 - 3| = 6,5\mu C \text{ và chiều từ M đến D.}$$

$$\text{Với tụ } C_2: U_{C_2} = U_{NB} = U_{NM} + U_{MB} = U_{R_3} + U_{R_4}$$

$$\text{với } U_{R_3} = I_3 R_3 = I_2 R_3 \quad (\text{Vì } I_3 = I_2)$$

$$I_2 = I - I_1 = 2 - 1,5 = 0,5A.$$

$$\Rightarrow U_{R_3} = 0,5.8 = 4V; U_{R_4} = I R_4 = 2.0,5 = 1V; U_{C_2} = 4+1 = 5V.$$

$$\Rightarrow q'_2 = C_2 U_{C_2} = 0,2.5 = 1\mu C \text{ và cực dương nối với điểm N.}$$

$$\Rightarrow \Delta q_2 = |q'_2 - q_2| = |1 - 3| = 2\mu C \text{ và chiều từ M đến N.}$$

Vậy: $R_2 = 16\Omega$; $\Delta q_1 = 6,5\mu C$ (chiều từ M đến D); $\Delta q_2 = 2\mu C$ (chiều từ M đến N).

Bài 20.

a) Tính R_1 và U_{PQ}

$$\text{Ta có: } I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{6}{12} = 0,5A; R_D = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{12^2}{6} = 24\Omega$$

$$\text{Vì đèn sáng bình thường nên: } I_1 = I_{dm} = 0,5A \quad (1)$$

$$U_D = U_{dm} = 12V$$

$$\text{Ta lại có: } I_2 = \frac{I_1(R_D + R_1)}{R_b} = \frac{0,5(24 + R_1)}{144} \quad (2)$$

$$\text{và } I = \frac{E_1 + E_2}{R_N + r_1 + r_2}$$

$$\text{với: } R_N = \frac{R_b(R_D + R_1)}{R_b + R_D + R_1} = \frac{144(24 + R_1)}{144 + 24 + R_1} = \frac{144(24 + R_1)}{168 + R_1}$$

$$\Rightarrow I = \frac{9+6}{\frac{144(24+R_1)}{168+R_1} + 0,8 + 0,2} = \frac{15(168+R_1)}{3624+145R_1}$$

$$\text{Vì } I = I_1 + I_2 \Leftrightarrow \frac{15(168+R_1)}{3624+145R_1} = 0,5 + \frac{0,5(24+R_1)}{144}$$

$$\Leftrightarrow 362880 + 2160R_1 = 260928 + 10440R_1 + 43488 + 1812R_1 + 1740R_1 + 72,5R_1^2$$

$$\Leftrightarrow 72,5R_1^2 + 11832R_1 - 58464 = 0 \Rightarrow R_1 = 4,8\Omega$$

- Tìm U_{PQ} : Ta có: $U_{PQ} = U_{PC} + U_{CQ}$

$$\text{với } U_{PC} = -U_D = -12V; U_{CQ} = E_1 - I r_1$$

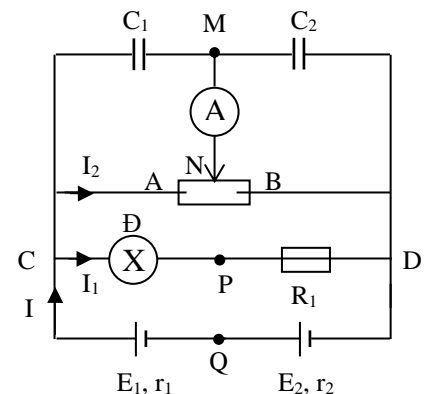
$$I = \frac{15(168+4,8)}{3624+145.4,8} = 0,6A$$

$$\Rightarrow U_{CQ} = 9 - 0,6.0,8 = 8,52V$$

$$\Rightarrow U_{PQ} = -12 + 8,52 = -3,48V.$$

Vậy: $R_1 = 4,8\Omega$; $U_{PQ} = -3,84V$.

b) Chiều và độ lớn cường độ dòng điện tức thời qua ampe kế



- Khi N ở đầu A, ta có: $U_{C_1} = U_{AN} = 0 \Rightarrow q_1 = 0$.

$$U_{C_2} = U_{NB} = I_2 R_b = (I - I_1) R_b = (0,6 - 0,5) \cdot 144 = 14,4V$$

$$\Rightarrow q_2 = C_2 U_{C_2} = 3 \cdot 14,4 = 43,2 \mu C$$

Tổng điện tích trên các bản tụ nối với điểm M là: $Q = q_1 + q_2 = 43,2 \mu C$.

- Khi N đến B thì: $U'_{C_1} = I_2 R_b = 14,4V \Rightarrow q'_1 = C_1 U'_{C_1} = 2 \cdot 14,4 = 28,8 \mu C$.

$$\text{và } U'_{C_2} = 0 \Rightarrow q'_2 = 0$$

Tổng điện tích trên các bản tụ nối với M là: $Q' = q'_1 + q'_2 = 28,8 \mu C$

- Điện lượng chuyển qua ampe kế là: $\Delta q = |Q' - Q| = |28,8 - 43,2| = 14,4 \mu C$.

- Cường độ dòng điện qua ampe kế là: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{14,4}{5} = 2,88 \mu A$.

Vậy: Dòng điện tức thời có chiều từ M đến N và có độ lớn $I = 2,88 \mu A$.

Bài 21.

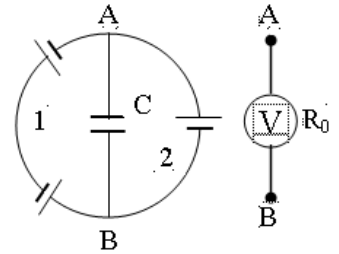
a) Điện tích của tụ

$$\text{Ta có: } I = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{R} = \frac{3E}{R}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = E_3 - I \frac{R}{2} = E - \frac{3E}{R} \cdot \frac{R}{2} = -\frac{E}{2}$$

$$\Rightarrow U_C = U_{BA} = -U_{AB} = \frac{E}{2}$$

$$\Rightarrow q = CU_C = \frac{CE}{2} \text{ và bản dương nối với B.}$$



Vậy: Điện tích của tụ là $q = \frac{CE}{2}$, bản nối với B tích điện dương.

b) Cường độ dòng điện

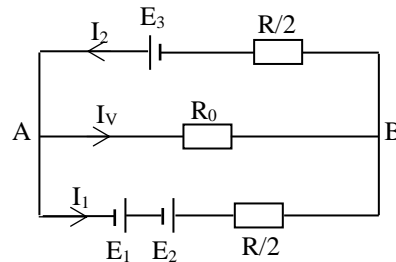
- Khi thay tụ bằng vôn kế ta có thể vẽ lại mạch như sau:

$$\text{Ta có: } U_{AB} = -I_V R_0 \quad (1)$$

$$U_{AB} = E - I_2 \frac{R}{2} \quad (2)$$

$$U_{AB} = -2E + I_1 \frac{R}{2} \quad (3)$$

$$I_1 = I_V + I_2 \quad (4)$$



- Thay (1) vào (2) và (3), ta được:

$$-I_V R_0 = E - I_2 \frac{R}{2} \quad (5)$$

$$-I_V R_0 = -2E + I_1 \frac{R}{2} \quad (6)$$

- Thay (4) vào (5) và (6), ta được:

$$-(I_1 - I_2) R_0 = E - I_2 \frac{R}{2} \Rightarrow I_2 (R_0 + \frac{R}{2}) - I_1 R_0 = E \quad (7)$$

$$-(I_1 - I_2) R_0 = -2E + I_1 \frac{R}{2} \Rightarrow I_2 R_0 - I_1 (R_0 + \frac{R}{2}) = -2E \quad (8)$$

- Nhân hai vế của (8) với $\frac{(R_0 + \frac{R}{2})}{R_0}$ ta được:

$$I_2 (R_0 + \frac{R}{2}) - I_1 \frac{(R_0 + \frac{R}{2})^2}{R_0} = -2E \frac{(R_0 + \frac{R}{2})}{R_0} \quad (9)$$

- Lấy (7) trừ (9) theo vế:

$$I_1 \left[\frac{(R_0 + \frac{R}{2})^2}{R_0} - R_0 \right] = \left[\frac{2E(R_0 + \frac{R}{2})}{R_0} + 1 \right] E$$

$$\Rightarrow I_1 (RR_0 + \frac{R^2}{4}) = (R + 3R_0)E$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{4E}{R} \cdot \frac{(3R_0 + R)}{4R_0 + R} \quad (10)$$

- Thay vào (7), ta được: $I_2 = \frac{2E}{R} \cdot \frac{6R_0 + R}{4R_0 + R} \quad (11)$

Thay (10) vào (6), ta được: $-I_V R_0 = -2E + \frac{4E}{R} \cdot \frac{3R_0 + R}{4R_0 + R} = -\frac{2ER_0}{4R_0 + R}$

$$\Rightarrow I_V = \frac{2E}{4R_0 + R}$$

$$\Rightarrow U_{BA} = I_0 R_0 = \frac{2ER_0}{4R_0 + R} = \frac{2E}{4 + \frac{R}{R_0}}$$

Vậy: - Cường độ dòng điện qua vôn kế là $I_V = \frac{2E}{4R_0 + R}$; số chỉ của vôn kế là $U_V = \frac{2E}{4 + \frac{R}{R_0}}$.

- Cường độ dòng điện qua hai nửa đường tròn là $I_1 = \frac{4E}{R} \cdot \frac{(3R_0 + R)}{4R_0 + R}$ và $I_2 = \frac{2E}{R} \cdot \frac{6R_0 + R}{4R_0 + R}$.

c) Khi thay vôn kế ở câu b) bằng tụ như câu a) thì $U_V \rightarrow U_C$; $R_0 \rightarrow R_C = \infty$. Lúc đó:

$$U_C = \frac{2E}{4 + \frac{R}{R_C}} = \frac{E}{2} \text{ và } Q = CU_C = \frac{CE}{2}$$

Kết quả hoàn toàn đúng như cách giải ở câu a) .

Chuyên đề 9: ĐIỆN NĂNG. CÔNG SUẤT ĐIỆN. ĐỊNH LUẬT JUN – LENXƠ

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. ĐIỆN NĂNG VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN

① Điện năng tiêu thụ của đoạn mạch: $A = UI t \quad (9.1)$

② Công suất tiêu thụ điện năng của đoạn mạch: $P = \frac{A}{t} = UI \quad (9.2)$

II. ĐỊNH LUẬT JUN – LENXƠ

Nhiệt lượng tỏa ra trên một vật dẫn tỉ lệ thuận với điện trở của vật dẫn, với bình phương cường độ dòng điện và với thời gian dòng điện chạy qua vật.

$$Q = RI^2 t \quad (9.3)$$

III. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN ĐIỆN

① Công của nguồn điện: $A = EIt \quad (8.4)$

② Công suất của nguồn điện: $P = \frac{A}{t} = EI \quad (9.5)$

③ Hiệu suất của nguồn điện: $H = \frac{U}{E} \quad (9.6)$

IV- ĐIỆN NĂNG VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN TIÊU THỤ CỦA MÁY THU ĐIỆN

① Dụng cụ chỉ tỏa nhiệt (máy thu loại 1 như bóng đèn, bếp điện, bàn là...)

$$A = UI t = RI^2 t = \frac{U^2}{R} t \quad (9.7)$$

$$\text{Và } P = \frac{A}{t} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R} \quad (9.8)$$

② **Máy thu điện** (máy thu loại 2 như động cơ điện, acquy đang nạp điện...)

$$A = A' + Q' = E'It + r'I^2t = UI t \quad (9.9)$$

$$\text{Và } P = \frac{A}{t} = E'I + r'I^2 = UI \quad (9.10)$$

$$\text{3-Hiệu suất của máy thu điện: } H' = \frac{E'}{U} \quad (9.11)$$

Với: U là hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch; I là cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch;

R là điện trở của đoạn mạch; t là thời gian dòng điện chạy qua đoạn mạch;

E và r là suất điện động và điện trở trong của nguồn điện;

E' và r' là suất phản điện và điện trở trong của máy thu điện;

$P' = E'I$ là công suất có ích của máy thu điện.

V. ĐO CÔNG SUẤT ĐIỆN VÀ ĐIỆN NĂNG TIÊU THỤ

① **Đo công suất điện:** Dùng oát kế. Độ lệch của kim chỉ thị trên mặt chia độ cho biết công suất tiêu thụ trong đoạn mạch.

② **Đo điện năng tiêu thụ:** Dùng máy đếm điện năng hay công tơ điện. “Số điện” trên công tơ điện cho biết điện năng tiêu thụ đến thời điểm đó và được tính bằng kilôoát giờ (kW.h).

• Chú ý:

- Đơn vị của A và Q có thể là J, kWh hoặc cal (calo) với:

$$+ 1 \text{ kWh} = 3.600.000\text{J} = 3.600\text{kJ}.$$

$$+ 1 \text{ J} = 0,24\text{cal}; 1\text{cal} = 4,18\text{J}.$$

- Các dụng cụ chỉ tỏa nhiệt thường gặp như bóng đèn, bàn là, bếp điện,... hoạt động bình thường khi hiệu điện thế đặt vào hai đầu dụng cụ bằng hiệu điện thế định mức (ghi trên dụng cụ), lúc đó dòng điện qua dụng cụ bằng dòng điện định mức và công suất tiêu thụ của dụng cụ bằng công suất định mức (ghi trên dụng cụ).

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Điện trở của các dụng cụ chỉ tỏa nhiệt (đèn, bàn là, bếp điện, ấm điện...) được tính bằng công thức: $R = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}}$ (U_{dm} , P_{dm} là các giá trị định mức của dụng cụ thường được ghi trên dụng cụ) hoặc có thể được tính bằng công thức $R = \rho \frac{l}{S}$.

- Nếu không bỏ qua sự thay đổi điện trở của dụng cụ theo nhiệt độ thì cần chú ý đến công thức: $R = R_0(1 + \alpha t)$ khi xác định điện trở của dụng cụ.

- Khi sử dụng các dụng cụ chỉ tỏa nhiệt để đun nóng các vật cần chú ý:

+ khi các vật bị đun nóng, nhiệt lượng cần cung cấp cho vật đó là: $Q = mc\Delta t$ (m là khối lượng của vật, c là nhiệt dung riêng của chất làm vật, Δt là độ tăng nhiệt độ của vật).

+ khi các vật bị nóng chảy, nhiệt lượng cần cung cấp cho vật là: $Q' = Lm$ (L là nhiệt nóng chảy của chất làm vật).

- Hiệu suất của nguồn điện và máy thu điện cũng có thể được tính qua các công thức: $H = \frac{U}{E} = \frac{R}{R+r} = 1 - \frac{rI}{E}$

Và $H' = \frac{E'}{U} = \frac{E'}{E' + rI} = 1 - \frac{rI}{U}$

- Để giải quyết các bài toán về cực trị của công suất ta thường sử dụng hệ quả của bất đẳng thức Cô-si:

+ Hai số dương a, b có tích $ab = \text{const}$ thì tổng $(a+b) = (a+b)_{\min}$ khi $a = b$.

+ Hai số dương a, b có tổng $(a+b) = \text{const}$ thì tích $ab = (ab)_{\max}$ khi $a = b$.

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶. Với dạng bài tập về **dụng cụ chỉ tỏa nhiệt**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức: $A = UI t = RI^2 t = \frac{U^2}{R} t$

Và $P = \frac{A}{t} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

- Chú ý: Với bóng đèn dây tóc thì điện trở $R = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}}$, U_{dm} và P_{dm} là các giá trị định mức được ghi trên đèn.

❷. Với dạng bài tập về **nguồn điện, máy thu điện**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Nguồn điện:

$$A = EIt$$

$$P = \frac{A}{t} = EI$$

$$H = \frac{U}{E} = \frac{R}{R+r} = 1 - \frac{rI}{E}$$

+ Máy thu điện:

$$A = A' + Q' = E'I t + r'I^2 t = UI t$$

$$P = \frac{A}{t} = E'I + r'I^2 = UI$$

$$H' = \frac{E'}{U} = \frac{E'}{E' + rI} = 1 - \frac{rI}{U}$$

- Một số chú ý:

+ Cần kết hợp với các định luật Ôm khi giải các bài tập về điện năng và công suất điện.

+ Đối với bài toán về tìm số đèn hay số nguồn cần đưa về phương trình có nghiệm nguyên.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

❶. CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA DỤNG CỤ CHỈ TỎA NHIỆT

Bài 1. Bóng đèn công suất 60W có dây tóc bằng vonfram (hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 4,5.10^{-3} \text{độ}^{-1}$). Nhiệt độ khi

Bài 2. Dây nikêlin (điện trở suất $\rho = 4,4.10^{-7} \Omega m$), chiều dài 1m, tiết diện 2mm^2 và dây nicrôm ($\rho = 4,7.10^{-7} \Omega m$), chiều dài 2m, tiết diện $0,5 \text{mm}^2$ mắc nối tiếp vào một nguồn điện. Dây nào sẽ tỏa nhiệt nhiều hơn và nhiều gấp mấy lần?

Bài 3. Bếp điện dùng với nguồn $U = 220V$.

a) Nếu mắc bếp vào nguồn 110V, công suất bếp thay đổi bao nhiêu lần?

b) Muốn công suất không giảm khi mắc vào nguồn 110V phải mắc lại cuộn dây bếp điện như thế nào?

Bài 4. Người ta dùng nicrom làm một dây bếp điện. Nicrom có hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 2.10^{-4} \text{độ}^{-1}$, điện trở suất ở 20°C là $\rho = 1,1.10^{-6} \Omega\text{m}$. Dây bếp điện có tiết diện $S = 0,25\text{mm}^2$, tiêu thụ một công suất $P = 600\text{W}$ khi mắc vào nguồn $U = 120\text{V}$ và nhiệt độ dây bếp điện lúc này là 800°C . Tìm chiều dài của dây.

Bài 5. Người ta mắc nối tiếp một dây chì trong mạch điện. Chì có nhiệt dung riêng $c = 120(\text{J/kg.độ})$, điện trở suất $\rho = 0,219.10^{-6} \Omega\text{m}$, khối lượng riêng $D = 11300(\text{kg/m}^3)$, nhiệt nóng chảy $25000(\text{J/kg})$, nhiệt độ nóng chảy 327°C .

Dây chì có tiết diện $s = 0,2\text{mm}^2$, nhiệt độ 27°C .

Biết rằng khi đoạn mạch cường độ dòng điện qua dây là 30A . Hỏi bao lâu sau khi đoạn mạch thì dây chì đứt? Bỏ qua sự tỏa nhiệt của dây chì ra môi trường và sự thay đổi của ρ theo nhiệt độ.

Bài 6. Bếp điện nối với hiệu điện thế $U = 120\text{V}$ có công suất $P = 600\text{W}$ được dùng để đun sôi 2 lít nước ($c = 4200(\text{J/kg.độ})$) từ 20°C đến 100°C , hiệu suất bếp là 80% .

a) Tìm thời gian đun và điện năng tiêu thụ theo kWh.

b) Dây bếp điện có đường kính $d_1 = 0,2\text{mm}$, điện trở suất $\rho = 4.10^{-7} \Omega\text{m}$ quấn trên ống hình trụ bằng sứ đường kính $d_2 = 2\text{cm}$. Tính số vòng dây bếp điện.

Bài 7. Bếp điện mắc vào nguồn $U = 120\text{V}$. Tổng điện trở của dây nối từ nguồn đến bếp là 1Ω . Công suất tỏa nhiệt trên bếp là $1,1\text{kW}$. Tính cường độ dòng điện qua bếp và điện trở của bếp.

Bài 8. Cho hai đèn $120\text{V} - 40\text{W}$ và $120\text{V} - 60\text{W}$ mắc nối tiếp vào nguồn $U = 240\text{V}$.

a) Tính điện trở mỗi đèn và cường độ qua hai đèn.

b) Tính hiệu điện thế và công suất tiêu thụ mỗi đèn.

Nhận xét về độ sáng của mỗi đèn

Cho biết điều kiện để hai đèn 120V sáng bình thường khi mắc nối tiếp vào nguồn 240V là gì?

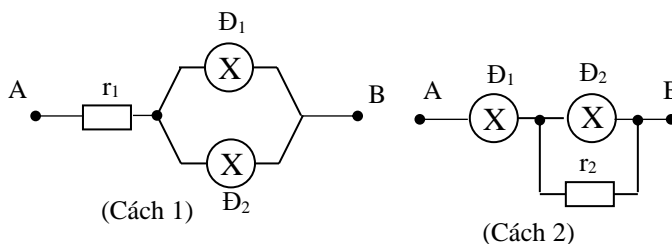
Bài 9. Hai đèn Đ_1 ($12\text{V} - 7,2\text{W}$) và Đ_2 ($16\text{V} - 6,4\text{W}$) được mắc nối tiếp rồi mắc vào nguồn $U = 40\text{V}$.

Hỏi phải dùng tối thiểu bao nhiêu điện trở phụ, cách mắc và giá trị của các điện trở phụ để cả hai đèn đều sáng bình thường?

Bài 10. Có hai đèn $120\text{V} - 60\text{W}$ và $120\text{V} - 45\text{W}$.

a) Tìm điện trở và cường độ định mức mỗi đèn.

b) Mắc hai đèn theo một trong hai cách như hình dưới, $U_{AB} = 240\text{V}$. Hai đèn sáng bình thường. Tìm r_1, r_2 . Cách mắc nào có lợi hơn?



Bài 11. Một chuỗi đèn trang trí gồm 20 bóng đèn loại ($6\text{V} - 3\text{W}$) mắc nối tiếp vào nguồn điện 120V . Sau đó có một bóng bị hư. Có thể khiến đèn sáng nhờ cách nào sau đây:

a) Tháo bóng đèn hư ra, nhét giấy bạc vào đuôi đèn để nối mạch.

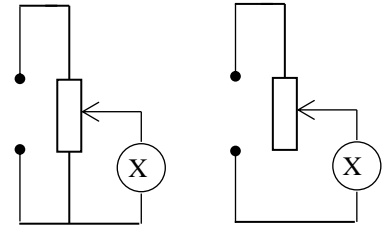
b) Nối hai đầu dây điện của đèn bị hư lại.

Sau đó, trong cách làm được chọn độ sáng tổng cộng của 19 đèn còn lại so với 20 đèn ban đầu lớn hơn hay nhỏ hơn? Các đèn có thể bị cháy (đứt tim) dễ dàng không?

Bài 12. Có thể mắc hai đèn (120V - 100W) và (6V - 5W) nối tiếp vào nguồn $U = 120V$ được không?

Bài 13. Để mắc đèn vào nguồn hiệu điện thế lớn hơn giá trị ghi trên đèn, có thể dùng một trong hai sơ đồ bên. Sơ đồ nào có hiệu suất cao hơn?

Biết trong hai trường hợp đèn sáng bình thường.



Bài 14. Có ba đèn, hiệu điện thế định mức mỗi đèn là 110V mắc vào nguồn $U = 220V$.

Tìm hệ thức liên hệ các công suất P_1, P_2, P_3 để chúng sáng bình thường?

Bài 15. Từ nguồn $U = 10000V$, cần truyền đi một công suất nguồn $P = 5000kW$ trên đường dài 5km. Độ giảm thế trên dây không được vượt quá 1% U nguồn.

Tính tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn biết điện trở suất của dây $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega m$.

Bài 16. Từ nguồn $U = 6200V$, điện năng được truyền trên dây đến nơi tiêu thụ. Điện trở của dây dẫn $R = 10\Omega$. Công suất tại nơi tiêu thụ $P' = 120kW$.

Tính độ giảm thế trên dây, công suất hao phí trên dây và hiệu suất tải điện. Biết công suất hao phí trên dây nhỏ hơn công suất nơi tiêu thụ.

Bài 17. Cần phải tăng hiệu điện thế ở hai đầu nguồn điện lên bao nhiêu lần để giảm tiêu hao năng lượng trên đường dây 100 lần nếu công suất truyền đến nơi tiêu thụ không đổi.

Biết ban đầu độ giảm thế trên đường dây là $\Delta U = nU_1$ (với U_1 là hiệu điện thế nơi tiêu thụ, n là hệ số tỉ lệ).

Bài 18. Một máy bơm điện hoạt động với hiệu điện thế $U = 360V$ và dòng $I = 25A$, bơm nước lên độ cao $h = 4m$ qua một ống có tiết diện $S = 0,01m^2$, mỗi giây được 80 lít.

a) Tính hiệu suất của máy bơm. Cho $g = 10(m/s^2)$.

b) Giả sử ma sát làm tiêu hao 16% công suất của động cơ và phần công suất hao phí còn lại là do hiệu ứng Jun-Lenxơ, hãy tính điện trở trong của động cơ.

Bài 19. Tàu điện khối lượng $m = 4800kg$ chạy trên mặt đường nằm ngang, sau đó lên dốc có góc nghiêng $\alpha = 0,03rad$.

Biết tàu chuyển động thẳng đều, trên đoạn đường đầu, $I_1 = 25A$. Trên đoạn đường sau: $I_2 = 50A$. Biết hệ số ma sát $\mu = 0,01$, hiệu điện thế trên đường dây $U = 240V$, hiệu suất của động cơ $H = 0,8$; $g = 10(m/s^2)$.

Tính vận tốc v_1 và v_2 của tàu điện trên mỗi đoạn đường.

Bài 20. Điện trở R mắc vào hiệu điện thế $U = 160V$ không đổi, tiêu thụ công suất $P = 320W$.

a) Tính R và cường độ qua R .

b) Thay R bằng hai điện trở R_1, R_2 nối tiếp, $R_1 = 10\Omega$. Khi này công suất tiêu thụ của R_2 là $P_2 = 480W$. Tính cường độ qua R_2 và giá trị của R_2 . Biết R_2 chịu được dòng điện không quá 10A.

c) Với R_1, R_2 bất kì, lần (1) mắc R_1 nối tiếp R_2 , lần (2) mắc R_1 song song với R_2 rồi đều mắc vào hiệu điện thế trên.

Hỏi trường hợp nào công suất tiêu thụ của hai điện trở lớn hơn và lớn hơn ít nhất bao nhiêu lần?

Bài 21. Dùng bếp điện để đun nước trong ấm. Nếu nối bếp với hiệu điện thế $U_1 = 120V$, thời gian nước sôi là $t_1 = 10$ phút còn nếu $U_2 = 100V$ thì $t_2 = 15$ phút.

Hỏi nếu dùng $U_3 = 80V$ thì thời gian nước sôi t_3 là bao nhiêu?

Biết rằng nhiệt lượng hao phí trong khi đun nước tỉ lệ với thời gian đun nước.

Bài 22. Một dây dẫn, khi có dòng điện $I_1 = 1,4A$ đi qua thì nóng lên đến $t_1 = 55^{\circ}C$, khi có dòng $I_2 = 2,8A$; $t_2 = 160^{\circ}C$. Coi nhiệt lượng tỏa ra môi trường xung quanh tỉ lệ thuận với độ chênh lệch nhiệt độ giữa dây và môi trường.

Nhiệt độ môi trường không đổi. Bỏ qua sự thay đổi của điện trở dây theo nhiệt độ.

Tìm nhiệt độ dây dẫn khi có dòng $I_3 = 5,6A$ đi qua.

Bài 23. Dây chì đường kính tiết diện $d_1 = 0,5mm$ dùng làm cầu chì, chịu được cường độ $I_3 \leq 3A$. Coi nhiệt lượng dây chì tỏa ra môi trường tỉ lệ thuận với diện tích xung quanh của dây.

Hỏi dây chì đường kính $d_2 = 2mm$ sẽ chịu được dòng điện bao nhiêu?

Bỏ qua sự mất nhiệt do tiếp xúc ở hai đầu dây.

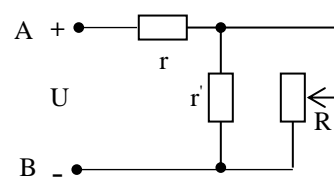
Bài 24. Dây tóc bóng đèn công suất $P_1 = 100W$ dùng với hiệu điện thế $U_1 = 110V$ có chiều dài $l_1 = 600mm$ và đường kính tiết diện $d_1 = 0,056mm$.

Tìm chiều dài l_2 và đường kính d_2 của dây tóc đèn có công suất $P_2 = 25W$ dùng với hiệu điện thế $U_2 = 220V$.

Coi nhiệt lượng tỏa ra môi trường tỉ lệ thuận với diện tích xung quanh của dây tóc và nhiệt độ dây tóc trong hai đèn khi làm việc là như nhau.

Bỏ qua sự truyền nhiệt do tiếp xúc ở hai đầu dây tóc.

Bài 25. Cho mạch điện như hình vẽ, hiệu điện thế U , các điện trở r và r' là không đổi, R là biến trở. Tìm liên hệ giữa R_0 , r , r' để công suất nhiệt tỏa trên R hầu như không đổi khi R biến thiên nhỏ quanh giá trị R_0 . Tính công suất P_0 tương ứng. (R_0 là phần điện trở của R sử dụng trong mạch).



Áp dụng số: $U = 80V$; $r = r'$. Người ta muốn có công suất P_0 tỏa trên R_0 bằng $100W$. Tính R_0 , r và công suất P_t tỏa trên toàn bộ mạch điện.

2. CÔNG, CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN ĐIỆN VÀ MÁY THU ĐIỆN

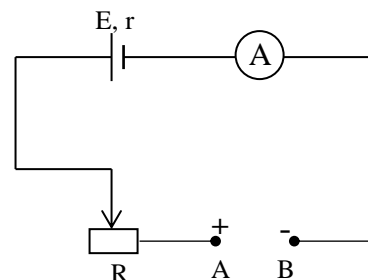
Bài 26. Hình bên là sơ đồ nạp điện cho acquy (E, r) bằng nguồn hiệu điện thế $U_{AB} = 2,4V$. Biết $E = 2,1V$, $I_A = 2A$, $R_A = 0$, $R = 0,1\Omega$.

a) Tính r .

b) Dung lượng của acquy là $10Ah$ ($36000C$), tính thời gian nạp và năng lượng cung cấp của nguồn.

c) Tính nhiệt lượng tỏa ra trong suốt thời gian nạp.

d) Tính phần điện năng biến thành hóa năng trong thời gian nạp.



Bài 27. Tính điện năng mà dòng điện cung cấp cho đoạn mạch AB và nhiệt lượng tỏa ra trên đoạn mạch trong thời gian 10 phút trong các trường hợp sau:

a) Đoạn mạch có một điện trở R , cường độ qua R là $2A$, hiệu điện thế hai đầu là $8V$.

b) Đoạn mạch có một acquy $6V$ đang được nạp bằng dòng điện $2A$. Hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch là $8V$.

- c) Đoạn mạch chứa một nguồn suất điện động 12V đang phát điện, dòng điện trong đoạn mạch chạy từ A đến B có độ lớn bằng 2A và $U_{AB} = 8V$.
- d) Đoạn mạch chứa nguồn 12V đang phát điện, dòng điện chạy từ A đến B có độ lớn bằng 2A và $U_{BA} = 8V$. Trong mỗi trường hợp hãy giải thích sự chênh lệch giữa điện năng tiêu thụ và nhiệt lượng tỏa ra trong đoạn mạch.

Bài 28. Acquy có $r = 0,08\Omega$. Khi dòng điện qua acquy là 4A, nó cung cấp cho mạch ngoài một công suất bằng 8W. Hỏi khi dòng điện qua acquy là 6A, nó cung cấp cho mạch ngoài công suất bao nhiêu?

Bài 29. Điện trở $R = 8\Omega$ mắc vào 2 cực một acquy có điện trở trong $r = 1\Omega$. Sau đó người ta mắc thêm điện trở R song song với điện trở cũ.

Hỏi công suất mạch ngoài tăng hay giảm bao nhiêu lần?

Bài 30. Điện trở $R = 25\Omega$ mắc vào bộ nguồn là 2 acquy giống nhau, điện trở trong mỗi acquy là $r = 10\Omega$.

Hỏi trong hai trường hợp acquy nối tiếp, song song, công suất mạch ngoài ở trường hợp nào lớn hơn và lớn hơn bao nhiêu lần?

Bài 31. Acquy (E,r) khi có dòng $I_1 = 15A$ đi qua, công suất mạch ngoài là $P_1 = 135W$, khi $I_2 = 6A$, $P_2 = 64,8W$. Tìm E, r.

Bài 32. Nguồn $E = 6V$, $r = 2\Omega$ cung cấp cho điện trở mạch ngoài công suất $P = 4W$.

a) Tìm R.

b) Giả sử lúc đầu mạch ngoài là điện trở $R_1 = 0,5\Omega$. Mắc thêm vào mạch ngoài điện trở R_2 thì công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi. Hỏi R_2 nối tiếp hay song song R_1 và có giá trị bao nhiêu?

Bài 33. a) Khi điện trở mạch ngoài của một nguồn điện là R_1 hoặc R_2 thì công suất mạch ngoài có cùng giá trị. Tính E, r của nguồn theo R_1 , R_2 và công suất P.

b) Nguồn điện trên có điện trở mạch ngoài R. Khi mắc thêm R_x song song R thì công suất mạch ngoài không đổi. Tính R_x .

Bài 34. a) Mạch kín gồm acquy $E = 2,2V$ cung cấp điện năng cho điện trở mạch ngoài $R = 0,5\Omega$. Hiệu suất của acquy $H = 65\%$. Tính cường độ dòng điện trong mạch.

b) Khi điện trở mạch ngoài thay đổi từ $R_1 = 3\Omega$ đến $R_2 = 10,5\Omega$ thì hiệu suất của acquy tăng gấp đôi. Tính điện trở trong của acquy.

Bài 35. Một động cơ điện mắc vào nguồn điện hiệu điện thế U không đổi. Cuộn dây của động cơ có điện trở R. Khi động cơ hoạt động, cường độ chạy qua động cơ là I.

a) Lập biểu thức tính công suất hữu ích của động cơ và suất phản điện xuất hiện trong động cơ.

b) Tính I để công suất hữu ích đạt cực đại. Khi này, hiệu suất của động cơ là bao nhiêu?

Bài 36. Nguồn $E = 16V$, $r = 2\Omega$ nối với mạch ngoài gồm $R_1 = 2\Omega$ và R_2 mắc song song. Tính R_2 để:

a) Công suất của nguồn cực đại.

b) Công suất tiêu hao trong nguồn cực đại.

c) Công suất mạch ngoài cực đại.

d) Công suất tiêu thụ trên R_1 cực đại.

e) Công suất tiêu thụ trên R_2 cực đại.

Tính các công suất cực đại trên.

Bài 37. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $r_1 = 2\Omega$, $r_2 = 1\Omega$, $R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega$, vôn kế V (R_V rất lớn) chỉ $1,5V$.

Tính E_2 , công suất và hiệu suất mỗi nguồn.

Bài 38. Nguồn $E = 12V$, $r = 4\Omega$ được dùng để thắp sáng đèn $6V - 6W$.

a) Chứng minh rằng đèn không sáng bình thường.

b) Để đèn sáng bình thường, phải mắc thêm vào mạch một điện trở R_x . Tính R_x và công suất tiêu thụ của R_x .

Bài 39. Cho mạch điện như hình vẽ, các điện trở thuần đều có giá trị bằng R .

a) Tìm hệ thức liên hệ giữa R và r để công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi khi K mở và đóng.

b) $E = 24V$. Tính U_{AB} khi:

- K mở.

- K đóng.

Bài 40. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 20V$, $r = 1,6\Omega$, $R_1 = R_2 = 1\Omega$, hai đèn giống nhau. Biết công suất tiêu thụ ở mạch ngoài bằng $60W$.

Tính công suất tiêu thụ của mỗi đèn và hiệu suất của nguồn.

Bài 41. Cho mạch điện như hình vẽ: các đèn có cùng điện trở R , nguồn có $r = \frac{4}{15}R$. Công suất tiêu thụ của đèn 6 là $6W$.

Tính công suất tiêu thụ của mạch ngoài, công suất và hiệu suất của nguồn.

Bài 42. Cho mạch điện như hình vẽ, $E = 9V$, $r = 1\Omega$, biến trở MN có điện trở toàn phần $R = 10\Omega$, điện trở $R_1 = 1\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

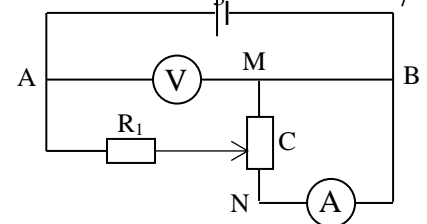
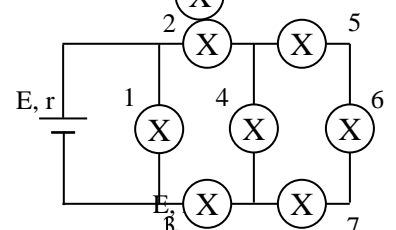
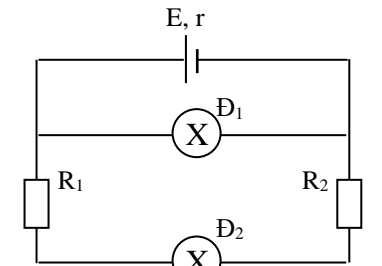
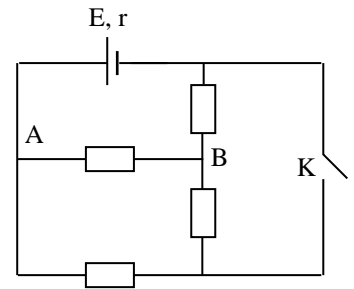
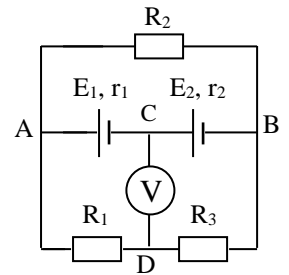
a) Khi C ở chính giữa biến trở, tính số chỉ trên vôn kế và ampe kế.

b) Định vị trí C để công suất tiêu thụ trong toàn biến trở là lớn nhất.

Tính công suất này.

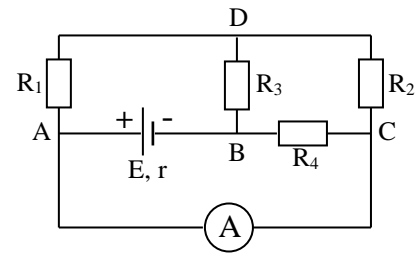
Bài 43. a) Nếu lần lượt mắc điện trở $R_1 = 2\Omega$ và $R_2 = 8\Omega$ vào một nguồn

điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong r thì công suất tỏa nhiệt trên các điện trở là như nhau. Hãy tính điện trở trong của nguồn.



b) Người ta mắc song song R_1 và R_2 rồi mắc nối tiếp chúng với điện trở R_x để tạo thành mạch ngoài của nguồn điện trên. Hỏi R_x bằng bao nhiêu thì công suất tỏa nhiệt ở mạch ngoài là lớn nhất?

c) Bây giờ ta lại mắc nguồn điện trên và R_1 , R_2 vào mạch điện như hình vẽ. Trong đó $R_3 = 58,4\Omega$, $R_4 = 60\Omega$, ampe kế A có điện trở không đáng kể. Hỏi ampe kế chỉ bao nhiêu, biết rằng suất điện động của nguồn điện $E = 68V$.



Bài 44. Hai acquy (E, r_1) , (E, r_2) . Công suất mạch ngoài cực đại của mỗi acquy là 20W và 30W. Tính công suất mạch ngoài cực đại của bộ hai acquy:

a) Nối tiếp.

b) Song song.

Bài 45. Mạch điện gồm một nguồn $E = 150V$, $r = 2\Omega$, một đèn Đ có công suất định mức $P = 180W$ và một biến trở R_b mắc nối tiếp nhau.

a) Khi $R_b = 18\Omega$ thì đèn sáng bình thường. Tìm hiệu điện thế định mức của đèn.

b) Mắc song song với đèn Đ một đèn giống nó. Tìm R_b để hai đèn sáng bình thường.

c) Với nguồn trên, có thể thấp sáng tối đa bao nhiêu đèn giống như Đ. Hiệu suất của nguồn khi đó là bao nhiêu?

Bài 46. Nguồn $E = 30V$, điện trở trong r dùng để thấp sáng đồng thời hai đèn Đ₁, Đ₂ giống nhau và đèn Đ₃. Để cả 3 đèn sáng bình thường, có thể mắc:

- (Đ₁ // Đ₂) nt Đ₃.

- (Đ₁ nt Đ₂) // Đ₃.

a) Tính hiệu điện thế định mức mỗi đèn. Cho biết cách mắc nào có lợi hơn.

b) Một trong hai cách mắc trên, công suất của nguồn là $P = 60W$. Tính các giá trị định mức của đèn và điện trở trong của nguồn.

Bài 47. Nguồn $E = 24V$, $r = 2\Omega$ dùng để thấp sáng đồng thời ba đèn: Đ₁(6V-3W), Đ₂(6V-6W), Đ₃(6V-9W). Các đèn sáng bình thường nhờ mắc thêm một điện trở R vào mạch.

a) Vẽ tất cả các sơ đồ có thể có và tính R trong mỗi sơ đồ.

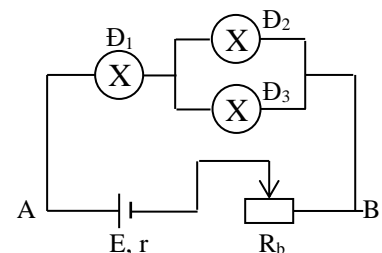
b) Sơ đồ nào có hiệu suất lớn nhất? Tính hiệu suất này.

Bài 48. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 28V$, $r = 2\Omega$, đèn Đ₁: 6V-3W, đèn Đ₂: 12V-12W, đèn Đ₃: 12V-3W, R_b là biến trở.

a) Có thể điều chỉnh biến trở để ba đèn sáng bình thường không? Vì sao?

b) Mắc thêm R_1 vào mạch. Tìm giá trị R_b , vị trí và giá trị R_1 để các đèn sáng bình thường.

c) Ba đèn và điện trở R_2 có thể mắc theo cách khác vào AB để các đèn sáng bình thường. Tìm R_b , vị trí và giá trị R_2 . So sánh hiệu suất của hai cách mắc.



Bài 49. Nguồn $E = 48V$, $r = 3\Omega$ được dùng để thắp sáng bình thường các đèn giống nhau, trên mỗi đèn có ghi $6V-3W$. Hỏi có bao nhiêu cách mắc đèn? Cách mắc nào có số đèn nhiều nhất? Cách mắc nào có công suất tiêu hao trong nguồn nhỏ nhất? Tính giá trị nhỏ nhất này.

Bài 50. Nguồn $E = 36V$, $r = 4\Omega$ được dùng để thắp sáng 36 đèn giống nhau, mỗi đèn $3V - 3W$.

- Có bao nhiêu cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn bằng nhau?
- Tìm cách mắc để các đèn sáng bình thường.
- Tìm cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn lớn nhất. Tính công suất lớn nhất này và hiệu suất nguồn khi đó.

Bài 51. Nguồn điện $E = 12V$, $r = 2\Omega$. Mạch ngoài là các đèn loại $3V-3W$ mắc hỗn tạp. Xác định số đèn và cách mắc đèn để chúng sáng bình thường.

Bài 52. Nguồn $E = 24V$, $r = 1,5\Omega$ được dùng để thắp sáng bình thường 12 đèn $3V-3W$ cùng với 6 đèn $6V-6W$.

- Tìm cách mắc đèn.
- Tính công suất và hiệu suất của nguồn.

Bài 53. Có 12 nguồn, mỗi nguồn $E_0 = 1,5V$, $r_0 = 3\Omega$. Các nguồn mắc thành bộ nguồn đối xứng rồi nối với điện trở $R = 6\Omega$.

- Tìm cách mắc nguồn để công suất tiêu thụ của R lớn nhất. Tính công suất này.
- Tìm cách mắc để công suất tiêu hao của mỗi nguồn nhỏ nhất. Tính công suất này.

Bài 54. Các nguồn giống nhau, mỗi nguồn $E_0 = 1,5V$, $r_0 = 1,5\Omega$ mắc thành bộ đối xứng thắp sáng bình thường đèn $12V - 18W$.

- Tìm cách mắc nguồn.
- Cách mắc nào có số nguồn ít nhất. Tính công suất và hiệu suất mỗi nguồn lúc đó.

Bài 55. Có $N = 60$ nguồn điện giống nhau, mỗi nguồn $E = 1,5V$, $r = 0,6\Omega$ ghép thành bộ gồm m dãy song song, mỗi dãy n nguồn nối tiếp. Mạch ngoài là điện trở $R = 1\Omega$. Tính m , n để:

- Công suất tiêu thụ mạch ngoài lớn nhất. Tính công suất này.
- Công suất tiêu thụ mạch ngoài không nhỏ hơn $36W$.

Bài 56. Có một số nguồn, mỗi nguồn $e = 4,5V$, $r = 3\Omega$.

- Phải mắc nối tiếp bao nhiêu nguồn để thắp sáng bình thường hai đèn loại $120V-60W$ mắc song song.
- Dùng 60 nguồn trên mắc thành bộ, mạch ngoài là dây dẫn $\rho = 1,26 \cdot 10^{-6}\Omega m$, $l = 2m$, $S = 0,1mm^2$. Tìm sơ đồ mắc nguồn để dòng điện qua dây lớn hơn $1A$.

Bài 57. Cần tối thiểu bao nhiêu nguồn $6V-1\Omega$ để mắc thành bộ và thắp sáng bình thường bóng đèn $6V-24W$. Nêu cách mắc bộ nguồn này.

Bài 58. Bộ nguồn gồm m dãy, mỗi dãy 5 acquy loại $2V-0,8\Omega$. Mạch ngoài là bóng đèn $2V-25W$ và điện trở R mắc song song.

Tìm giá trị nhỏ nhất của m và giá trị R tương ứng để đèn sáng bình thường.

Bài 59. Có 32 pin giống nhau, mỗi pin $e = 1,5V$, $r_0 = 1,5\Omega$ mắc thành bộ và thắp sáng bình thường 12 đèn loại $1,5V - 0,75W$ mắc nối tiếp.

Tìm sơ đồ mắc bộ nguồn.

Bài 60. Có n acquy ($\mathcal{E} = 8\text{V}$, $r_0 = 2\Omega$) mắc thành y dãy song song, mỗi dãy x cái nối tiếp.

a) Mạch ngoài là $R = 2\Omega$ nối tiếp với đèn $12\text{V}-24\text{W}$. Tính số acquy ít nhất và cách mắc để đèn sáng bình thường.

b) Mạch ngoài là các đèn $4\text{V}-4\text{W}$, bộ acquy mắc như câu a. Tìm số đèn tối đa và cách mắc để chúng sáng bình thường.

Bài 61. Có một số đèn $3\text{V}-3\text{W}$ và một số nguồn $\mathcal{E} = 4\text{V}$, $r_0 = 1\Omega$.

a) Cho 8 đèn, tìm số nguồn ít nhất và cách mắc đèn, nguồn để đèn sáng bình thường. Cách nào có lợi nhất?

b) Cho 15 nguồn, tìm số đèn nhiều nhất và cách mắc đèn nguồn để đèn sáng bình thường. Cách nào có lợi nhất?

Bài 62. Các nguồn $12\text{V} - 2\Omega$ mắc thành bộ, dùng để thắp sáng bình thường 6 đèn loại $30\text{V}-30\text{W}$.

- Nêu các cách mắc nguồn và đèn.

- Cách nào sử dụng ít nguồn nhất ?

- Cách nào có hiệu suất cao nhất ?

Bài 63. Nguồn công suất không đổi $P = 12\text{kW}$, điện trở trong $r = 2\Omega$ cung cấp điện cho một số đèn giống nhau $120\text{V} - 50\text{W}$ mắc song song, điện trở đường dây tải là 4Ω .

a) Số đèn là bao nhiêu để công suất tiêu thụ mỗi đèn chênh lệch không quá 4% công suất định mức.

b) Với số đèn trên, suất điện động của nguồn thay đổi trong khoảng nào ?

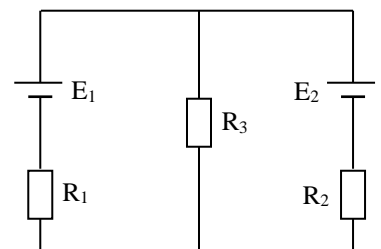
Bài 64. Dùng một acquy lần lượt thắp sáng cho hai đèn \mathcal{D}_1 , \mathcal{D}_2 có cùng công suất định mức. Khi dùng đèn \mathcal{D}_1 , công suất của acquy là $P_1 = 6\text{W}$; khi dùng đèn \mathcal{D}_2 , công suất của acquy là $P_2 = 4\text{W}$. Trong cả hai trường hợp đèn đều sáng bình thường.

a) Tìm công suất định mức mỗi đèn.

b) Tìm công suất lớn nhất mà acquy có thể cung cấp cho mạch ngoài.

Bài 65. Cho mạch điện như hình vẽ: $r_1 = r_2 = 0$. Khi không có nguồn \mathcal{E}_2 (R_2 song song R_3) công suất nguồn \mathcal{E}_1 là 55W . Còn khi không có nguồn \mathcal{E}_1 (R_1 song song R_3) thì công suất nguồn \mathcal{E}_2 là 176W . Biết $R_2 = 2R_1$, $R_3 = 3R_1$.

Hỏi khi có cả hai nguồn thì công suất nhiệt trên toàn mạch là bao nhiêu? công suất máy phát là bao nhiêu? So sánh giá trị hai công suất này và giải thích tại sao chúng bằng nhau (hoặc khác nhau).



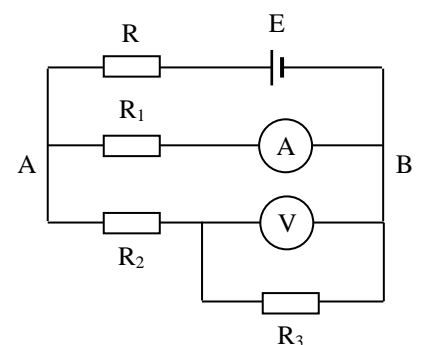
Bài 66.

Cho mạch điện: $\mathcal{E} = 80\text{V}$; $R_1 = 30\Omega$; $R_2 = 40\Omega$; $R_3 = 150\Omega$; $R + r = 48\Omega$, ampe kế chỉ $0,8\text{A}$, vôn kế chỉ 24V .

a) Tính điện trở R_A của ampe kế và điện trở R_V của vôn kế.

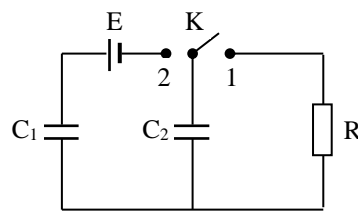
b) Khi chuyển R sang song song với đoạn mạch AB. Tính R trong hai trường hợp.

- Công suất tiêu thụ trên điện trở mạch ngoài đạt cực đại.



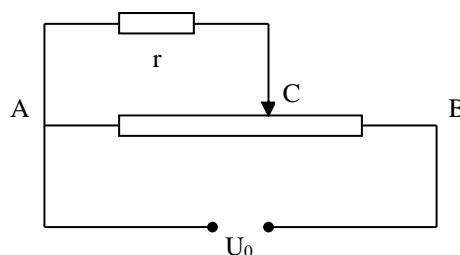
- Công suất tiêu thụ trên điện trở R đạt cực đại.

Bài 67. Mạch điện như hình vẽ. Hai tụ điện lúc đầu chưa tích điện. Ban đầu khóa K ở vị trí 1, người ta chuyển khóa K sang vị trí 2, sau đó chuyển K sang vị trí 1 rồi lại chuyển sang vị trí 2. Hãy tìm tỉ số nhiệt lượng tỏa ra bên trong nguồn sau khi K được chuyển sang vị trí 2 lần thứ nhất và lần thứ hai. Biết rằng K ở mỗi vị trí đủ lâu và $C_1 = C_2 = C$.



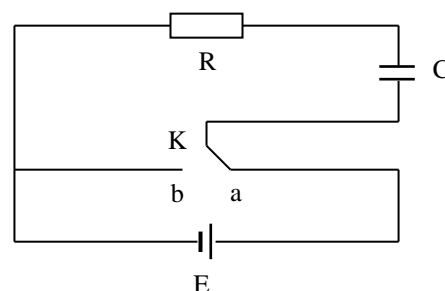
Bài 68. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết U_0 , r và R_0 (R_0 là điện trở toàn phần của biến trở). Biến trở là ống đồng chất có chiều dài l .

- a) Hãy tính hiệu điện thế U giữa hai đầu điện trở r theo khoảng cách x từ con chạy C đến A . Xét trường hợp r rất lớn hơn so với R_0 .
- b) Khi con chạy C dao động quanh vị trí mà $x = x_0$ nào đó thì công suất tiêu thụ trên R_x hầu như không đổi. Hãy xác định x_0 và công suất không đổi đó.



Áp dụng bằng số: $U_0 = 180V$, $r = 3\Omega$, $R_0 = 100\Omega$, $l = 100cm$.

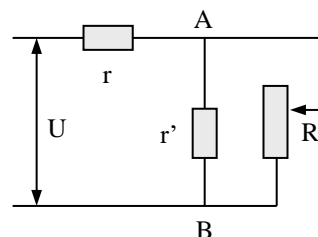
Bài 69. Cho mạch điện: nguồn có $E = 100V$, $r = 100\Omega$; $C = 200\mu F$; điện trở dây đốt $R = 10\Omega$. Chuyển mạch khóa K giữa các tiếp điểm a và b 10 lần trong 1s. Khi khóa K ở vị trí a , tụ điện hoàn toàn được tích điện còn khi chuyển nó sang vị trí b , tụ điện hoàn toàn được phóng điện. Hỏi hiệu suất của mạch bằng bao nhiêu? Khi mắc trực tiếp dây đốt với nguồn thì hiệu suất này lớn hơn bao nhiêu lần? Công suất trung bình của dòng điện trong dây đốt bằng bao nhiêu?



(Trích Đề thi học sinh giỏi toàn Liên bang Nga, lần thứ XII, Năm 1978)

Bài 70. Cho mạch điện như hình vẽ, biết hiệu điện thế U và các điện trở r , r' là không đổi, R là biến trở. Tìm liên hệ giữa R_0 , r và r' để công suất nhiệt tỏa ra trên R hầu như không đổi khi R biến thiên nhỏ quanh giá trị R_0 . Tính công suất P_0 tương ứng. Áp dụng: $U = 80V$; $r = r'$.

Người ta muốn có công suất P_0 tỏa ra trên R bằng 100W. Tính R_0 , r và công suất P tỏa ra trên toàn bộ mạng điện.



(Trích Đề thi học sinh giỏi Quốc gia, năm học 1988 - 1989)

Bài 71. Một đèn điện có điện trở $R_0 = 2\Omega$, hiệu điện thế ghi $U_0 = 4,5V$, được thắp bằng một acquy có suất điện động $e = 6V$ và điện trở trong không đáng kể.

- a) Giả sử hiệu điện thế ghi được đặt vào đèn bằng một biến trở có con chạy để thay đổi hiệu điện thế. Hỏi điện trở của biến trở và dòng điện cực đại mà nó phải chịu là bao nhiêu để hiệu suất của hệ thống không nhỏ hơn 0,6?
- b) Hiệu suất cực đại có thể đạt được của hệ thống gồm đèn ở hiệu điện thế ghi và acquy là bao nhiêu? Và mắc chúng theo cách thích hợp nào qua biến trở để đạt được hiệu suất cực đại ấy?

D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Gọi R_0 là điện trở của đèn ở 0°C .

- Điện trở của đèn khi cháy sáng ($t_1 = 2800^\circ\text{C}$) là: $R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$.
- Điện trở của đèn lúc vừa mới bật ở nhiệt độ phòng ($t_2 = 20^\circ\text{C}$) là: $R_2 = R_0(1 + \alpha t_2)$.
- Công suất của đèn khi cháy sáng: $P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{U^2}{R_0(1 + \alpha t_1)} = 60 \Rightarrow \frac{U^2}{R_0} = 60(1 + \alpha t_1)$
- Công suất của đèn lúc mới bật: $P_2 = \frac{U^2}{R_2} = \frac{U^2}{R_0(1 + \alpha t_2)}$.

$$\Rightarrow P_2 = \frac{60(1 + \alpha t_1)}{1 + \alpha t_2} = \frac{60(1 + 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2800)}{1 + 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 20} = 748,6\text{W}$$

Vậy: Công suất của đèn lúc vừa mới bật là $P_2 = 748,6\text{W}$.

Bài 2.

- Công suất tỏa nhiệt của dây nikêlin: $P_1 = R_1 I^2 = R_1 \frac{U^2}{R_1 + R_2}$.
- Công suất tỏa nhiệt của dây nicrom: $P_2 = R_2 I^2 = R_2 \frac{U^2}{R_1 + R_2}$.

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2 \frac{l_2}{S_2}}{\rho_1 \frac{l_1}{S_1}} = \frac{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 2}{0,5 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6}}{4,4 \cdot 10^{-7} \cdot 1} = 8,55$$

Vậy: Dây nicrom sẽ tỏa nhiệt nhiều hơn và nhiều gấp 8,55 lần.

Bài 3.

a) Công suất bếp thay đổi bao nhiêu lần

- Khi mắc bếp điện vào nguồn $U = 220\text{V}$: $P = \frac{U^2}{R}$.
- Khi mắc bếp vào nguồn $U_1 = 110\text{V}$: $P_1 = \frac{U_1^2}{R}$.

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P} = \frac{U_1^2}{U^2} = \frac{110^2}{220^2} = \frac{1}{4}$$

Vậy: Nếu mắc bếp vào nguồn 110V thì công suất của bếp giảm đi 4 lần.

b) Cách mắc lại cuộn dây bếp điện: Muốn công suất không đổi thì điện trở phải giảm đi 4 lần:

$$R' = \frac{R}{4} = \frac{\frac{R}{2} \cdot \frac{R}{2}}{\frac{R}{2} + \frac{R}{2}}$$

Vậy: Phải mắc song song hai nửa dây dẫn.

Bài 4.

Công suất tiêu thụ của dây bếp điện: $P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{\frac{l}{\rho_1 S}} = \frac{U^2 S}{\rho_1 (1 + \alpha \Delta t) l}$.

$$\Rightarrow l = \frac{U^2 S}{P \cdot \rho_1 (1 + \alpha \Delta t)} = \frac{120^2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-6}}{600 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot 780)} \approx 4,7\text{m}$$

Vậy: Chiều dài của dây là $l = 4,7\text{m}$.

Bài 5.

- Nhiệt lượng toả ra trên dây dẫn: $Q = RI^2t$.
- Nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ dây từ 27°C lên 327°C : $Q_1 = mc\Delta t$.
- Nhiệt lượng cần thiết để dây chì ở nhiệt độ 327°C bị đứt: $Q_2 = m\lambda$.

Ta có: $Q = Q_1 + Q_2$

$$\Leftrightarrow RI^2t = mc\Delta t + m\lambda$$

$$\Leftrightarrow \rho \frac{l}{S} I^2 t = D.S.l(c\Delta t + \lambda) \Leftrightarrow \rho I^2 t = DS^2(c\Delta t + \lambda)$$

$$\Rightarrow t = \frac{DS^2(c\Delta t + \lambda)}{\rho I^2} = \frac{11300(0,2.10^{-6})^2.(120.300 + 25000)}{0,219.10^{-6}.30^2} = 0,14\text{s}$$

Vậy: Thời gian để dây chì bị đứt là $t = 0,14\text{s}$.

Bài 6.

a) Thời gian đun và điện năng tiêu thụ

$$\text{- Hiệu suất của bếp: } H = \frac{A}{A'} \cdot 100\% = \frac{Q}{P_t} \cdot 100\% = 80\% \Leftrightarrow \frac{mc\Delta t}{P_t} = 0,8$$

$$\Rightarrow t = \frac{mc\Delta t}{0,8P} = \frac{2.4200.(100-20)}{0,8.600} = 1400\text{s} \approx 23,3 \text{ phút.}$$

$$\text{- Điện năng tiêu thụ: } A = P_t = 600.1400 = 840000\text{J} = \frac{840000}{3600000} \approx 0,23 \text{ kWh.}$$

Vậy: Thời gian đun và điện năng tiêu thụ của bếp là $t = 23,3$ phút và $A = 0,23 \text{ kWh}$.

b) Số vòng dây bếp điện

$$\text{- Điện trở của dây bếp điện: } R = \frac{U^2}{P} = \rho \frac{l}{S} \Rightarrow l = \frac{U^2 S}{P_p}$$

$$\text{- Gọi } N \text{ số vòng dây bếp điện: } l = N.2\pi r \Leftrightarrow N.2\pi r = \frac{U^2 S}{P_p}$$

$$\Rightarrow N = \frac{U^2 S}{2\pi r P_p} = \frac{120^2 \pi (0,1.10^{-3})^2}{2\pi.0,02.600.4.10^{-7}} = 30 \text{ vòng.}$$

Vậy: Số vòng dây bếp điện là 30 vòng.

Bài 7.

Mạch điện được vẽ lại như sau:

$$\text{- Cường độ dòng điện qua mạch chính: } I = \frac{U}{R + R_b}$$

$$\text{- Hiệu điện thế hai đầu của bếp: } U_b = R_b I = \frac{UR_b}{R + R_b}$$

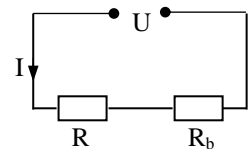
$$\text{- Công suất toả nhiệt trên bếp: } P = \frac{U_b^2}{R_b} = \left(\frac{UR_b}{R + R_b}\right)^2 \cdot \frac{1}{R_b} = \frac{U^2 R_b}{(R + R_b)^2}$$

$$\Leftrightarrow 1100 = \frac{120^2 R_b}{(R_b + 1)^2} \Leftrightarrow 144 R_b = 11(R_b + 1)^2$$

$$\Leftrightarrow 11R_b^2 - 122R_b + 11 = 0 \Rightarrow R_b = 11\Omega.$$

$$\text{- Cường độ dòng điện qua bếp: } I = \frac{U}{R + R_b} = \frac{120}{1 + 11} = 10\text{A.}$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua bếp là $I = 10\text{A}$, điện trở của bếp là $R_b = 11\Omega$.



Bài 8.

a) Điện trở mỗi đèn và cường độ qua hai đèn

- Điện trở của đèn 1: $R_1 = \frac{U_{dm1}^2}{P_{dm1}} = \frac{120^2}{40} = 360\Omega$.
- Điện trở của đèn 2: $R_2 = \frac{U_{dm2}^2}{P_{dm2}} = \frac{120^2}{60} = 240\Omega$.
- Cường độ dòng điện qua hai đèn: $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{240}{360 + 240} = 0,4A$.

b) Hiệu điện thế và công suất tiêu thụ mỗi đèn

- Hiệu điện thế của đèn 1: $U_1 = R_1 I = 360 \cdot 0,4 = 144V$.
- Công suất tiêu thụ của đèn 1: $P_1 = R_1 I^2 = 360 \cdot 0,4^2 = 57,6W$.
- Hiệu điện thế của đèn 2: $U_2 = R_2 I = 240 \cdot 0,4 = 96V$.
- Công suất tiêu thụ của đèn 2: $P_2 = R_2 I^2 = 240 \cdot 0,4^2 = 38,4W$.

Ta có: $P_1 > P_{dm1} \Rightarrow$ đèn 1 sáng chói.

$P_2 < P_{dm2} \Rightarrow$ đèn 2 sáng mờ.

- Để hai đèn 120V sáng bình thường khi mắc nối tiếp vào nguồn 240V thì hai đèn phải có cùng công suất định mức.

Bài 9.

Để hai đèn sáng bình thường thì cường độ dòng điện qua đèn phải bằng cường độ dòng điện định mức của đèn.

- Cường độ dòng điện qua đèn 1: $I_{dm1} = \frac{P_{dm1}}{U_{dm1}} = \frac{7,2}{12} = 0,6A$.
- Cường độ dòng điện qua đèn 2: $I_{dm2} = \frac{P_{dm2}}{U_{dm2}} = \frac{6,4}{16} = 0,4A$.

Như vậy, phải mắc $(R_2 // D_2)$, cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = I_{dm1} - I_{dm2} = 0,6 - 0,4 = 0,2A$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{16}{0,2} = 80\Omega$$

- Ta có: $U - U_2 = 40 - 16 = 24V$

Như vậy phải mắc $(R_1 \text{ nt } D_1)$, hiệu điện thế hai đầu R_1 : $U_1 = U - U_2 - U_{dm1} = 24 - 12 = 12V$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_{dm}} = \frac{12}{0,6} = 20\Omega$$

Vậy: Để hai đèn sáng bình thường cần mắc $[R_1 \text{ nt } D_1 \text{ nt } (D_2 // R_2)]$ với $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 80\Omega$.

Bài 10.

a) Điện trở và cường độ định mức mỗi đèn

- Điện trở của đèn 1: $R_{d1} = \frac{U_{dm1}^2}{P_{dm1}} = \frac{120^2}{60} = 240\Omega$.
- Cường độ định mức của đèn 1: $I_{dm1} = \frac{P_{dm1}}{U_{dm1}} = \frac{60}{120} = 0,5A$.
- Điện trở của đèn 2: $R_{d2} = \frac{U_{dm2}^2}{P_{dm2}} = \frac{120^2}{45} = 320\Omega$.
- Cường độ định mức của đèn 2: $I_{dm2} = \frac{P_{dm2}}{U_{dm2}} = \frac{45}{120} = 0,375A$.

b) Tính r_1, r_2

- Cường độ dòng điện qua r_1 : $I_1 = I_{dm1} + I_{dm2} = 0,5 + 0,375 = 0,875A$.

- Hiệu điện thế hai đầu r_1 : $U_1 = U_{AB} - U_{dm1} = 240 - 120 = 120V$.

- Điện trở r_1 : $r_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{120}{0,875} = 137\Omega$.

- Cường độ dòng điện qua r_2 : $I_2 = I_{dm1} - I_{dm2} = 0,5 - 0,375 = 0,125A$.

- Hiệu điện thế hai đầu r_2 : $U_2 = U_{dm2} = 120V$.

- Điện trở r_2 : $r_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{120}{0,125} = 960\Omega$.

- Công suất tỏa nhiệt trên dây:

$$+ \text{Cách 1: } P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{U^2}{r_1 + \frac{R_{d1} \cdot R_{d2}}{R_{d1} + R_{d2}}} = \frac{240^2}{137 + \frac{240 \cdot 320}{240 + 320}} = 210W.$$

$$+ \text{Cách 2: } P_2 = \frac{U^2}{R_2} = \frac{U^2}{R_{d1} + \frac{r_2 \cdot R_{d2}}{r_2 + R_{d2}}} = \frac{240^2}{240 + \frac{960 \cdot 320}{960 + 320}} = 120W$$

Ta thấy: $P_2 < P_1$ nên cách mắc thứ 2 lợi hơn.

Bài 11.

Cả hai cách a, b đều có thể sử dụng để làm đèn sáng:

- Đối với cách a:

+ Nếu điện trở của giấy bạc nhỏ hơn điện trở đèn thì điện trở tương đương của toàn mạch giảm \Rightarrow công suất tăng nên độ sáng tổng cộng của 19 đèn lớn hơn 20 đèn ban đầu \Rightarrow đèn có thể bị đứt tim dễ dàng.

+ Nếu điện trở của giấy bạc bằng điện trở đèn thì điện trở tương đương của toàn mạch không đổi \Rightarrow công suất không đổi nên độ sáng các đèn không đổi.

+ Nếu điện trở của giấy bạc lớn hơn điện trở đèn thì điện trở tương đương của toàn mạch tăng \Rightarrow công suất giảm nên độ sáng tổng cộng của 19 đèn nhỏ hơn 20 đèn ban đầu.

- Đối với cách b:

Điện trở tương đương của toàn mạch giảm \Rightarrow công suất tăng nên độ sáng tổng cộng của 19 đèn lớn hơn 20 đèn ban đầu nên đèn có thể bị đứt tim dễ dàng.

Bài 12.

- Điện trở của đèn 1: $R_1 = \frac{U_{dm1}^2}{P_{dm1}} = \frac{120^2}{100} = 144\Omega$.

- Cường độ dòng điện định mức của đèn 1: $I_{dm1} = \frac{P_{dm1}}{U_{dm1}} = \frac{100}{120} = \frac{5}{6} \approx 0,83A$.

- Điện trở của đèn 2: $R_2 = \frac{U_{dm2}^2}{P_{dm2}} = \frac{6^2}{5} = 7,2\Omega$.

- Cường độ dòng điện định mức của đèn 2: $I_{dm2} = \frac{P_{dm2}}{U_{dm2}} = \frac{5}{6} \approx 0,83A$.

- Nếu mắc vào nguồn $U = 120V$ thì cường độ dòng điện qua mỗi đèn là:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{120}{144 + 7,2} = 0,79A$$

Ta thấy: $I < I_{dm}$ nên có thể mắc nối tiếp hai đèn vào nguồn 120V.

Bài 13.

- Hiệu suất cao hơn tức là công suất hao phí do tỏa nhiệt nhỏ hơn.

Gọi R là điện trở mắc thêm vào đèn. Ta có:

+ Điện trở tương đương của toàn mạch trong sơ đồ 1: $R_1 = \frac{R_d \frac{R}{2}}{R_d + \frac{R}{2}} + \frac{R}{2}$

+ Điện trở tương đương của toàn mạch trong sơ đồ 2: $R_2 = \frac{R}{2} + R_d$

Ta thấy: $R_d > \frac{R_d \frac{R}{2}}{R_d + \frac{R}{2}} \Rightarrow R_2 > R_1$

- Công suất tỏa nhiệt: $P_1 = \frac{U^2}{R_1}$; $P_2 = \frac{U^2}{R_2}$.

Vì $R_2 > R_1 \Rightarrow P_2 < P_1$ nên cách mắc thứ 2 có hiệu suất cao hơn.

Bài 14.

Để 3 đèn sáng bình thường thì: $I_{dm1} + I_{dm2} = I_{dm3}$

$$\Leftrightarrow \frac{P_{dm1}}{U_{dm1}} + \frac{P_{dm2}}{U_{dm2}} = \frac{P_{dm3}}{U_{dm3}} \Leftrightarrow \frac{P_1}{U_1} + \frac{P_2}{U_2} = \frac{P_3}{U_3}$$

Mà $U_1 = U_2 = U_3 = 110V$

$\Rightarrow P_1 + P_2 = P_3$

Vậy: Để các đèn sáng bình thường thì $P_1 + P_2 = P_3$.

Bài 15.

- Cường độ dòng điện trên dây: $I = \frac{P}{U} = \frac{5 \cdot 10^6}{10^4} = 500 \text{ A}$.

- Độ giảm thế trên dây: $\Delta U = RI \leq 1\%U \Rightarrow \rho \frac{l}{S} \cdot I \leq \frac{1}{100} \cdot 10000 = 100$.

$\Rightarrow S \geq \frac{\rho l I}{100} = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 5000 \cdot 500}{100} = 4,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$\Rightarrow S_{\min} = 4,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 4,25 \text{ cm}^2$.

Vậy: Tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn là $S_{\min} = 4,25 \text{ cm}^2$.

Bài 16.

- Công suất toàn phần của nguồn: $P = P' + RI^2$.

$\Leftrightarrow UI = U'I + RI^2 \Leftrightarrow 6200I = 120000 + 10I^2$

$\Leftrightarrow I^2 - 620I + 12000 = 0$

$\Rightarrow I_1 = 600A; I_2 = 20A$.

- Công suất hao phí trên dây:

$\Delta P_1 = RI_1^2 = 10 \cdot 600^2 = 36 \cdot 10^7 > 120000 \text{ (loại)}$

$\Delta P_2 = RI_2^2 = 10 \cdot 20^2 = 4000W = 4 \text{ kW}$

- Độ giảm thế trên dây: $\Delta U = RI = 10 \cdot 20 = 200V$

- Hiệu suất tải điện: $H = \frac{P'}{P} \cdot 100\% = \frac{120000}{6200 \cdot 20} \cdot 100\% = 96,77\%$.

Vậy: Độ giảm thế trên dây là $\Delta U = 200V$; công suất hao phí trên dây là $\Delta P = 4 \text{ kW}$; hiệu suất tải điện là $H = 96,77\%$.

Bài 17.

- Công suất toàn phần của nguồn: $P_1 = P'_1 + \Delta P_1$.

$$\Leftrightarrow UI_1 = U_1 I_1 + \Delta P_1 \Leftrightarrow (U - U_1) I_1 = \Delta P_1$$

$$\text{Mà } \frac{\Delta P_1}{I_1} = RI_1 = nU_1$$

$$\Rightarrow (U - U_1) = \frac{\Delta P_1}{I_1} = nU_1 \Rightarrow U = (n+1)U_1 \quad (1)$$

- Gọi U_2 là hiệu điện thế ở hai đầu nguồn điện sau khi tăng: $P_2 = P'_2 + \Delta P_2 \Leftrightarrow U_2 I_2 = U_1 I_1 + RI_2^2$

$$\Leftrightarrow U_2 I_2 = U_1 I_1 + \frac{RI_1^2}{100}$$

$$\text{Ta có: } RI_2^2 = \frac{RI_1^2}{100} \Rightarrow I_2 = \frac{I_1}{10}$$

$$\Rightarrow U_2 \frac{I_1}{10} = U_1 I_1 + \frac{RI_1^2}{100}$$

$$\Rightarrow U_2 = 10U_1 + \frac{RI_1}{10} = 10U_1 + \frac{nU_1}{10} \quad (\Delta U = RI_1 = nU_1)$$

$$\Rightarrow U_2 = \frac{(n+100)}{10} U_1 = \frac{(n+100)}{10} \cdot \frac{U}{(n+1)} \quad (2)$$

Vậy: Phải tăng hiệu điện thế ở hai đầu nguồn điện lên $\frac{(n+100)}{10(n+1)}$ lần.

Bài 18.

a) Hiệu suất của máy bơm

- Công có ích của máy bơm (thực hiện trong 1 s): $A' = mgh + \frac{1}{2}mv^2$.

$$\text{với: } m = DV = 10^3 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 80 \text{ kg; } v = \frac{V}{S t} = \frac{80 \cdot 10^{-3}}{10^{-2} \cdot 1} = 8 \text{ (m/s).}$$

$$\Rightarrow A' = 80 \cdot 10 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 8^2 = 5760 \text{ J}$$

- Điện năng tiêu thụ của máy bơm (trong 1s): $A = UIt = 360 \cdot 25 \cdot 1 = 9000 \text{ J}$.

- Hiệu suất của máy bơm: $H = \frac{A'}{A} \cdot 100\% = \frac{5760}{9000} \cdot 100\% = 64\%$.

Vậy: Hiệu suất của máy bơm là $H = 64\%$.

b) Điện trở trong của động cơ

Vì hiệu suất của máy bơm là $H = 64\% = 0,64$ nên công suất hao phí là $\Delta P = 0,36P$.

$$\Rightarrow \Delta P = 0,16P + rI^2 = 0,36P$$

$$\Rightarrow r = \frac{0,2P}{I^2} = \frac{0,2 \cdot 360 \cdot 25}{25^2} = 2,88 \Omega.$$

Vậy: Điện trở trong của máy bơm là $r = 2,88 \Omega$.

Bài 19.

- Hiệu suất của động cơ tàu điện: $H = \frac{A'}{A} = 0,8$.

- Vì tàu chuyển động thẳng đều nên công có ích bằng công hao phí.

- Khi tàu chuyển động trên mặt phẳng ngang: $H_1 = \frac{\mu mg S_1}{U I_1 t_1} = \frac{\mu mg v_1}{U I_1} = 0,8$

$$\Rightarrow v_1 = \frac{0,8 U I_1}{\mu mg} = \frac{0,8 \cdot 240 \cdot 25}{0,01 \cdot 4800 \cdot 10} = 10(\text{m/s})$$

- Hiệu suất của tàu điện khi chuyển động trên mặt phẳng nghiêng:

$$A_F = A_{F_{ms}} + A_{P_{\sin \alpha}} = \mu mg S_2 \cos \alpha + mg S_2 \sin \alpha$$

$$\Rightarrow H_2 = \frac{\mu mg S_2 \cos \alpha + mg S_2 \sin \alpha}{U I_2 t_2} = \frac{mg v_2 (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{U I_2}$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{H_2 U I_2}{mg (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{0,8 \cdot 240 \cdot 50}{4800 \cdot 10 (0,01 \cdot \cos 0,03 + \sin 0,03)} = 5(\text{m/s})$$

Vậy: Vận tốc của tàu điện khi đoạn đường đầu là $v_1 = 10(\text{m/s})$, trên đoạn đường sau là $v_2 = 5(\text{m/s})$.

Bài 20.

a) Tính R và cường độ qua R

- Điện trở R: $R = \frac{U^2}{P} = \frac{160^2}{320} = 80\Omega$.

- Cường độ dòng điện qua R: $I = \frac{P}{U} = \frac{320}{160} = 2\text{A}$.

b) Tính cường độ qua R_2 và giá trị của R_2

- Cường độ dòng điện qua R_1, R_2 : $I = I_1 = I_2 = \frac{U}{R_1 + R_2}$.

- Công suất tiêu thụ của R_2 : $P_2 = R_2 I^2 = R_2 \frac{U^2}{(R_1 + R_2)^2}$.

$$\Leftrightarrow 480 = \frac{160^2 R_2}{(10 + R_2)^2}$$

$$\Leftrightarrow 48000 + 9600 R_2 + 480 R_2^2 = 160^2 R_2$$

$$\Leftrightarrow 480 R_2^2 - 16000 R_2 + 48000 = 0$$

$$\Rightarrow R_2 = 30\Omega; R'_2 = \frac{10}{3} \Omega.$$

- Cường độ dòng điện qua R_2 : $I_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{160}{10 + 30} = 4\text{A}$.

$$\text{và } I'_2 = \frac{U}{R_2 + R'_2} = \frac{160}{10 + \frac{10}{3}} = 12\text{A} > 10\text{A: (loại)}.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua R_2 là $I_2 = 4\text{A}$ và $R_2 = 30\Omega$.

c) Trường hợp nào công suất tiêu thụ của hai điện trở lớn hơn

- Công suất tiêu thụ lần 1: $P_1 = \frac{U^2}{R_1 + R_2}$.

- Công suất tiêu thụ lần 2: $P_2 = \frac{U^2 (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot R_2}$.

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 \cdot R_2} = \frac{R_1^2 + R_2^2 + 2R_1 R_2}{R_1 R_2}$$

$$\text{Ta có: } R_1^2 + R_2^2 \geq 2R_1 R_2$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} \geq \frac{2R_1 R_2 + 2R_1 R_2}{R_1 R_2} \Rightarrow P_2 \geq 4P_1.$$

Vậy: Trường hợp sau công suất tiêu thụ của hai điện trở lớn hơn trường hợp đầu và lớn hơn ít nhất 4 lần.

Bài 21.

Gọi A là hệ số tỉ lệ, nhiệt lượng hao phí trong thời gian đun nước là: $\Delta Q = A.t$.

- Nhiệt lượng cung cấp cho bếp điện trong 3 trường hợp là như nhau và bằng:

$$Q = A - \Delta Q = \left(\frac{U_1^2}{R} - A\right) t_1 = \left(\frac{U_2^2}{R} - A\right) t_2 = \left(\frac{U_3^2}{R} - A\right) t_3$$

$$\Rightarrow (U_1^2 - AR)t_1 = (U_2^2 - AR)t_2 = (U_3^2 - AR)t_3$$

- Ta có: $(U_1^2 - AR)t_1 = (U_2^2 - AR)t_2$

$$\Leftrightarrow (120^2 - AR).10 = (100^2 - AR).15$$

$$\Leftrightarrow 120^2 - AR = 15000 - 1,5AR$$

$$\Leftrightarrow 0,5AR = 600 \Rightarrow AR = 1200$$

Mặt khác: $(U_2^2 - AR)t_2 = (U_3^2 - AR)t_3$

$$\Rightarrow t_3 = \frac{(U_2^2 - AR)t_2}{U_3^2 - AR} = \frac{(100^2 - 1200).15}{80^2 - 1200} = 25,4 \text{ phút.}$$

Vậy: Thời gian đun sôi nước là $t_3 = 25,4$ phút.

Bài 22.

Gọi A là hệ số tỉ lệ nhiệt lượng toả ra môi trường xung quanh: $\Delta Q = A.\Delta t = A(t - t_0)$

- Nhiệt lượng toàn phần cung cấp cho dây: $Q = Q' + \Delta Q$:

$$RI_1^2 t = mc(t_1 - t_0) + A(t_1 - t_0) = (t_1 - t_0)(mc + A) \quad (1)$$

$$RI_2^2 t = mc(t_2 - t_0) + A(t_2 - t_0) = (t_2 - t_0)(mc + A) \quad (2)$$

$$RI_3^2 t = mc(t_3 - t_0) + A(t_3 - t_0) = (t_3 - t_0)(mc + A) \quad (3)$$

- Lấy (1) chia cho (2): $\frac{I_1^2}{I_2^2} = \frac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0} \Leftrightarrow \left(\frac{1,4}{2,8}\right)^2 = \frac{55 - t_0}{160 - t_0} = \frac{1}{4}$

$$\Leftrightarrow 220 - 4t_0 = 160 - t_0 \Rightarrow t_0 = 20^\circ\text{C.}$$

- Lấy (2) chia cho (3): $\frac{I_2^2}{I_3^2} = \frac{t_2 - t_0}{t_3 - t_0} \Leftrightarrow \frac{2,8^2}{5,6^2} = \frac{160 - 20}{t_3 - 20}$

$$\Rightarrow t_3 = \frac{(160 - 20).5,6^2}{2,8^2} + 20 = 580^\circ\text{C.}$$

Vậy: Khi có dòng I_3 chạy qua thì nhiệt độ của dây dẫn là $t_3 = 580^\circ\text{C}$.

Bài 23.

- Dòng điện lớn nhất mà dây chịu được ứng với trường hợp khi có cân bằng nhiệt, nhiệt độ dây chì bằng nhiệt độ nóng chảy của chì.

Gọi ΔQ là nhiệt lượng dây chì toả ra môi trường xung quanh trong thời gian Δt : $\Delta Q = kS'\Delta t$

Với: k là hệ số tỉ lệ, S' là diện tích xung quanh của dây chì.

- Do cân bằng nhiệt nên nhiệt lượng toả ra môi trường bằng nhiệt lượng do dòng điện cung cấp:

$$Q = RI^2 \Delta t = \rho \frac{l}{S} I^2 \Delta t = kS' \Delta t$$

$$+ \text{Trường hợp 1: } \rho \frac{l}{S_1} I_1^2 \Delta t = kS_1' \Delta t$$

$$\Leftrightarrow 4 \frac{\rho l I_1^2 \Delta t}{\pi d_1^2} = k\pi d_1 l \Delta t \quad (1)$$

$$+ \text{Trường hợp 2: } \rho \frac{l}{S_2} I_2^2 \Delta t = kS_2' \Delta t$$

$$\Leftrightarrow 4 \frac{\rho l_2^2 \Delta t}{\pi d_2^2} = k \pi d_2 l \Delta t \quad (2)$$

- Lấy (1) chia cho (2): $\frac{l_1^2}{l_2^2} \cdot \frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{d_1}{d_2} \Leftrightarrow \frac{l_1}{l_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{\frac{3}{2}}$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^{\frac{3}{2}} = 3 \cdot \left(\frac{2}{0,5}\right)^{\frac{3}{2}} = 24A.$$

Vậy: Dây chì đường kính d_2 sẽ chịu được dòng điện tối đa là 24A.

Bài 24.

Gọi ΔQ là nhiệt lượng toả ra môi trường xung quanh trong thời gian Δt : $\Delta Q = kS' \Delta t$

Với k là hệ số tỉ lệ, S' là diện tích xung quanh của dây chì.

- Do cân bằng nhiệt nên nhiệt lượng toả ra môi trường bằng nhiệt lượng do dòng điện cung cấp:

$$P_1 \Delta t = kS'_1 \Delta t \Leftrightarrow P_1 = k \pi d_1 \cdot l_1 \quad (1)$$

và: $P_2 \Delta t = kS'_2 \Delta t \Leftrightarrow P_2 = k \pi d_2 \cdot l_2 \quad (2)$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_1 l_1}{d_2 l_2} = \frac{100}{25} = 4 \quad (3)$

- Mặt khác, điện trở tương đương của bóng đèn là: $R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = \rho \frac{l_1}{S_1} = 4\rho \frac{l_1}{\pi d_1^2} \quad (4)$

$$R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \rho \frac{l_2}{S_2} = 4\rho \frac{l_2}{\pi d_2^2} \quad (5)$$

- Lấy (4) chia cho (5): $\frac{U_1^2}{P_1} \cdot \frac{P_2}{U_2^2} = \frac{l_1}{d_1^2} \cdot \frac{d_2^2}{l_2}$

$$\Leftrightarrow \frac{l_1}{l_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot \frac{U_1^2 P_2}{U_2^2 P_1} = \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot \frac{110^2 \cdot 25}{100 \cdot 220^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{l_1}{l_2} = \frac{d_1^2}{16d_2^2} \quad (6)$$

- Từ (3), (6) suy ra: $\frac{4d_2}{d_1} = \frac{d_1^2}{16d_2^2} \Leftrightarrow \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3 = 64$

$$\Rightarrow d_2 = \frac{d_1}{4} = \frac{0,056}{4} = 0,014 \text{ mm}$$

- Chiều dài l_2 của dây tóc: $l_2 = \frac{16d_2^2 \cdot l_1}{d_1^2} = \frac{16 \cdot 0,014^2 \cdot 600}{0,056^2} = 600 \text{ mm}$

Vậy: Chiều dài và đường kính của dây tóc đèn có công suất P_2 khi dùng ở hiệu điện thế U_2 là $l_2 = 600\text{mm}$ và $d_2 = 0,014\text{mm}$.

Bài 25.

- Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{U}{r + \frac{r'R}{r'+R}}$

- Hiệu điện thế hai đầu R: $U_R = \frac{U}{r + \frac{r'R}{r'+R}} \cdot \frac{r'R}{r'+R} = \frac{r'RU}{r'r'+R(r+r')}$

- Công suất toả nhiệt trên R: $P = \frac{U_R^2}{R}$

$$\Rightarrow P = \frac{r'^2 RU^2}{[r'r'+R(r+r')]^2} = \frac{r'^2 U^2}{[\frac{r'}{\sqrt{R}} + \sqrt{R}(r+r')]^2}$$

- Để P không đổi khi R biến thiên quanh R_0 thì P phải đạt giá trị cực trị: $\frac{r'}{\sqrt{R}} + \sqrt{R}(r+r') \geq 2\sqrt{r'r'(r+r')}$

$$\Leftrightarrow \left[\frac{r'}{\sqrt{R}} + \sqrt{R}(r+r') \right]^2 \geq 4r'(r+r')$$

$$\Rightarrow P_0 = \frac{r'^2 U^2}{4r'(r+r')} = \frac{r' U^2}{4(r+r')}$$

- Đẳng thức xảy ra khi: $\frac{r'}{\sqrt{R}} = \sqrt{R}(r+r') \Rightarrow R = \frac{r'}{r+r'}$.

- Áp dụng bằng số:

$$+ P_0 = \frac{r \cdot 80^2}{4r \cdot 2r} = 100 \Leftrightarrow 800r = 80^2 \Rightarrow r = r' = 8\Omega$$

$$\text{và } R_0 = \frac{r r'}{r + r'} = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4\Omega$$

+ Công suất tỏa nhiệt trên toàn bộ mạch điện: $P_t = \frac{U^2}{r + \frac{r'R}{r'+R}} = \frac{80^2}{8 + \frac{8 \cdot 4}{8+4}} = 600W$.

Bài 26.

a) Tính r

- Cường độ dòng điện trong mạch: $I = \frac{U-E}{R+r} \Rightarrow R+r = \frac{U-E}{I}$

$$\Rightarrow r = \frac{U-E}{I} - R = \frac{2,4-2,1}{2} - 0,1 = 0,05\Omega$$

Vậy: $r = 0,05\Omega$.

b) Thời gian nạp và năng lượng cung cấp của nguồn

- Thời gian nạp ac quy: $t = \frac{q}{I} = \frac{36000}{2} = 18000s = 5h$.

- Năng lượng cung cấp của nguồn: $A = UIt = 2,4 \cdot 2 \cdot 18000 = 86400J = 86,4kJ$

Vậy: Thời gian nạp acquy là 5h; năng lượng cung cấp của nguồn là $A = 86,4kJ$.

c) Nhiệt lượng toả ra trong thời gian nạp

Ta có: $Q = RI^2t = (0,1 + 0,05) \cdot 2^2 \cdot 18000 = 10800J = 10,8kJ$.

Vậy: Nhiệt lượng toả ra trong thời gian nạp là $Q = 10,8kJ$.

d) Phần điện năng biến thành hoá năng

Ta có: $A' = A - Q = 86,4 - 10,8 = 75,6kJ$.

Vậy: Phần điện năng biến thành hoá năng trong thời gian nạp là $A' = 75,6kJ$.

Bài 27.

a) Trường hợp đoạn mạch có một điện trở R

- Điện năng mà dòng điện cung cấp: $A = UIt = 8 \cdot 2 \cdot 600 = 9600J$.

- Nhiệt lượng toả ra trên đoạn mạch: $Q = A = 9600J$.

b) Trường hợp đoạn mạch có một acquy 6V đang được nạp điện

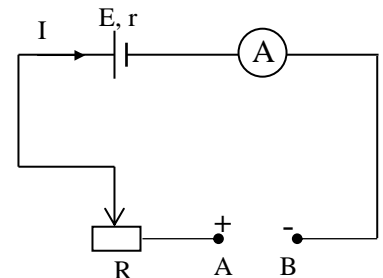
- Điện năng mà dòng điện cung cấp: $A = UIt = 8 \cdot 2 \cdot 600 = 9600J$.

- Nhiệt lượng toả ra trên đoạn mạch: $Q = (U - U')It = (8 - 6) \cdot 2 \cdot 600 = 2400J$.

c) Trường hợp đoạn mạch chứa một nguồn điện đang phát điện

- Điện năng mà dòng điện cung cấp: $A = UIt = 8 \cdot 2 \cdot 600 = 9600J$.

- Nhiệt lượng toả ra trên đoạn mạch:



Ta có: $U = E - rI \Rightarrow r = \frac{E-U}{I} = \frac{12-8}{2} = 2\Omega$

$\Rightarrow Q = rI^2t = 2 \cdot 2^2 \cdot 600 = 4800J.$

Bài 28.

- Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI.$

- Công suất cung cấp cho mạch ngoài: $P = UI = (E - rI)I.$

+ Với $I = 4A \Rightarrow P = (E - 0,08 \cdot 4) \cdot 4 = 8 \Rightarrow E = 2,32V.$

+ Với $I' = 6A \Rightarrow P' = (2,32 - 0,08 \cdot 6) \cdot 6 = 11,04W.$

Vậy: Khi dòng điện qua acquy là 6A, nó cung cấp cho mạch ngoài công suất là $P' = 11,04W.$

Bài 29.

- Cường độ dòng điện ban đầu trong mạch: $I_1 = \frac{E}{R+r}.$

- Công suất mạch ngoài: $P_1 = RI_1^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2}.$

- Cường độ dòng điện sau khi mắc thêm R: $I_2 = \frac{E}{\frac{R}{2}+r} = \frac{2E}{R+2r}.$

- Công suất mạch ngoài: $P_2 = \frac{R}{2} I_2^2 = \frac{R}{2} \cdot \frac{4E^2}{(R+2r)^2}$
 $\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{2RE^2}{(R+2r)^2} \cdot \frac{(R+r)^2}{RE^2} = \frac{2(R+r)^2}{(R+2r)^2} = \frac{2 \cdot (8+1)^2}{(8+2)^2} = 1,62$

Vậy: Công suất mạch ngoài tăng lên 1,62 lần.

Bài 30.

- Nếu 2 acquy mắc nối tiếp: $E_1 = 2E, r_1 = 2r.$

+ Cường độ dòng điện trong mạch: $I_1 = \frac{E_1}{R+r_1} = \frac{2E}{R+2r}.$

+ Công suất mạch ngoài: $P_1 = RI_1^2 = R \cdot \frac{4E^2}{(R+2r)^2}.$

- Nếu 2 acquy mắc song song: $E_2 = E, r_2 = \frac{r}{2}.$

+ Cường độ dòng điện trong mạch: $I_2 = \frac{E_2}{R+r_2} = \frac{E}{R+\frac{r}{2}} = \frac{2E}{2R+r}.$

+ Công suất mạch ngoài: $P_2 = RI_2^2 = R \cdot \frac{4E^2}{(2R+r)^2}.$

$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{4E^2R}{(R+2r)^2} \cdot \frac{(2R+r)^2}{4E^2R} = \frac{(2R+r)^2}{(R+2r)^2} = \frac{(2 \cdot 25+10)^2}{(25+2 \cdot 10)^2} = \frac{16}{9}.$

Vậy: Công suất mạch ngoài trong trường hợp 2 acquy mắc nối tiếp lớn hơn $\frac{16}{9}$ lần công suất mạch ngoài trong trường hợp 2 acquy mắc song song.

Bài 31.

- Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI.$

- Công suất mạch ngoài: $P = UI = (E - rI)I = EI - rI^2.$

Ta có: $\begin{cases} 135 = E \cdot 15 - r \cdot 15^2 \\ 64,8 = E \cdot 6 - r \cdot 6^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 15E - 225r = 135 \\ 6E - 36r = 64,8 \end{cases} \Rightarrow E = 12V; r = 0,2\Omega.$

Vậy: $E = 12V; r = 0,2\Omega.$

Bài 32.

a) Tìm R

- Công suất mạch ngoài: $P = UI = (E - rI)I = EI - rI^2$

$$\Leftrightarrow 4 = 6I - 2I^2 \Leftrightarrow I^2 - 3I + 2 = 0 \Rightarrow \begin{cases} I = 2A \\ I = 1A \end{cases}$$

- Mặt khác: $P = RI^2 \Rightarrow R = \frac{P}{I^2}$

$$+ \text{ Với } I = 2A \Rightarrow R = \frac{4}{2^2} = 1\Omega.$$

$$+ \text{ Với } I = 1A \Rightarrow R = \frac{4}{1^2} = 4\Omega.$$

Vậy: $R = 4\Omega$ hoặc $R = 1\Omega$.

b) Cách mắc R_2 với R_1

- Công suất tiêu thụ mạch ngoài: $P = RI^2 = R\left(\frac{E}{R+r}\right)^2 = \frac{E^2}{\left(\frac{R}{\sqrt{R}} + \frac{r}{\sqrt{R}}\right)^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2}$

- Gọi R_3 là điện trở tương đương của R_1 và R_2 , ta có: $P_1 = P_3$.

$$\Leftrightarrow \frac{E^2}{(\sqrt{R_1} + \frac{r}{\sqrt{R_1}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R_3} + \frac{r}{\sqrt{R_3}})^2}$$

$$\Leftrightarrow R_1 + 2r + \frac{r^2}{R_1} = R_3 + 2r + \frac{r^2}{R_3} \Leftrightarrow R_1 - R_3 = r^2 \cdot \frac{R_1 - R_3}{R_1 R_3}$$

$$\Rightarrow R_1 R_3 = r^2 \Rightarrow R_3 = \frac{r^2}{0,5} = 8\Omega > R_1$$

Vậy: Phải mắc R_2 nối tiếp R_1 và $R_2 = R_3 - R_1 = 8 - 0,5 = 7,5\Omega$.

Bài 33.

a) Tính E, r

- Công suất tiêu thụ mạch ngoài: $P = RI^2 = R \frac{E^2}{(R+r)^2} = \frac{E^2}{\left(\frac{R}{\sqrt{R}} + \frac{r}{\sqrt{R}}\right)^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2}$

- Với $R_1 = R_2$ thì $P_1 = P_2 \Leftrightarrow \frac{E^2}{(\sqrt{R_1} + \frac{r}{\sqrt{R_1}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R_2} + \frac{r}{\sqrt{R_2}})^2}$

$$\Leftrightarrow R_1 + 2r + \frac{r^2}{R_1} = R_2 + 2r + \frac{r^2}{R_2}$$

$$\Leftrightarrow R_1 - R_2 = r^2 \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2} \right)$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{R_1 R_2}$$

$$\text{và } E = \left(\sqrt{R_1} + \frac{r}{\sqrt{R_1}} \right) \sqrt{P} = (\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}) \sqrt{P}.$$

Vậy: $E = (\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}) \sqrt{P}$; $r = \sqrt{R_1 R_2}$.

b) Tính R_x

- Vì công suất mạch ngoài không đổi nên từ câu a, ta có: $\frac{E^2}{(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2} = \frac{E^2}{\left(\sqrt{\frac{RR_x}{R+R_x}} + \frac{r}{\sqrt{\frac{RR_x}{R+R_x}}} \right)^2}$

$$\Leftrightarrow R + 2r + \frac{r^2}{R} = \frac{RR_x}{R+R_x} + 2r + \frac{r^2(R+R_x)}{RR_x}$$

$$\Leftrightarrow R + \frac{r^2}{R} = \frac{RR_x}{R+R_x} + \frac{r^2}{R_x} + \frac{r^2}{R}$$

$$\Leftrightarrow RR_x(R+R_x) = RR_x^2 + r^2R + r^2R_x$$

$$\Leftrightarrow R^2R_x = r^2R + r^2R_x \Leftrightarrow R_x(R^2 - r^2) = r^2R, \text{ với } R > r \Rightarrow R_x = \frac{r^2R}{R^2 - r^2}.$$

Vậy: $R_x = \frac{r^2R}{R^2 - r^2}$, với $R > r$.

Bài 34.

a) Cường độ dòng điện trong mạch

Ta có: Hiệu suất của acquy là: $H = \frac{RI^2}{EI} = \frac{RI}{E} = 0,65$

$$\Rightarrow I = \frac{0,65E}{R} = \frac{0,65 \cdot 2,2}{0,5} = 2,86A.$$

Vậy: Cường độ dòng điện trong mạch là $I = 2,86A$.

b) Điện trở trong của acquy

- Khi $R = R_1$ thì $H_1 = \frac{R_1 I_1}{E} = \frac{R_1 E}{E(R_1 + r)} = \frac{R_1}{R_1 + r}$.

- Khi $R = R_2$ thì $H_2 = \frac{R_2}{R_2 + r}$.

$$\Rightarrow \frac{H_2}{H_1} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_1 + r}{R_2 + r} = 2$$

$$\Leftrightarrow \frac{10,5}{3} \cdot \frac{3+r}{10,5+r} = 2 \Leftrightarrow \frac{3+r}{10,5+r} = \frac{4}{7}$$

$$\Leftrightarrow 21 + 7r = 42 + 4r \Rightarrow r = 7\Omega.$$

Vậy: Điện trở trong của acquy là $r = 7\Omega$.

Bài 35.

a) Biểu thức tính công suất hữu ích của động cơ và suất phản điện xuất hiện trong động cơ

- Công suất có ích của động cơ: $P = UI - RI^2$.

- Suất phản điện của động cơ: $U = E + RI \Rightarrow E = U - RI$.

b) Tính I để công suất hữu ích đạt cực đại

- Công suất có ích: $P = RI^2 = R \cdot \frac{U^2}{(R+r)^2} = \frac{U^2 R}{(R+r)^2}$.

- Theo bất đẳng thức Côsi: $(R+r)^2 \geq 4Rr$.

$$\Rightarrow P \leq \frac{U^2 R}{4Rr} = \frac{U^2}{4r}$$

- Khi $R = r$ thì công suất mạch ngoài cực đại: $P_{\max} = \frac{U^2}{4r}$

$$\Rightarrow I = \frac{U}{R+r} = \frac{U}{2R}$$

- Hiệu suất của động cơ: $H = \frac{R}{R+r} = \frac{R}{2R} = 0,5 = 50\%$.

Vậy: Để công suất hữu ích đạt cực đại thì $I = \frac{U}{2R}$, lúc đó hiệu suất của động cơ là $H = 50\%$.

Bài 36.

Ta có: Điện trở tương đương của R_1 và R_2 : $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2R_2}{2 + R_2}$.

a) Để công suất của nguồn cực đại

$$\text{Ta có: Công suất của nguồn: } P = EI = E \cdot \frac{E}{R+r} = \frac{E^2}{R+r}.$$

Vì $E = \text{const}$, $r = \text{const}$ nên $P = P_{\max}$ khi $R = 0 \Rightarrow R_2 = 0$.

$$\text{Lúc đó: } P_{\max} = \frac{16^2}{0+2} = 128\text{W}.$$

Vậy: Để công suất của nguồn cực đại thì $R_2 = 0$ và $P_{\text{hp}(\max)} = 128\text{W}$.

b) Để công suất tiêu hao trong nguồn cực đại

$$\text{Ta có: Công suất tiêu hao trong nguồn: } P_{\text{hp}} = rI^2 = r \frac{E^2}{(R+r)^2}$$

Vì $E = \text{const}$, $r = \text{const}$ nên $P_{\text{hp}} = P_{\text{hp}(\max)}$ khi $R = 0 \Rightarrow R_2 = 0$.

$$\text{Lúc đó: } P_{\text{hp}(\max)} = 2 \cdot \frac{16^2}{(0+2)^2} = 128\text{W}.$$

Vậy: Để công suất tiêu hao trong nguồn cực đại thì $R_2 = 0$ và $P_{\text{hp}(\max)} = 128\text{W}$.

c) Để công suất mạch ngoài cực đại

$$\text{Ta có: } P_N = RI^2 = R \cdot \frac{E^2}{(R+r)^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2}$$

Vì $E = \text{const}$, $r = \text{const}$ nên $P_N = P_{N(\max)}$ khi $R = r \Leftrightarrow \frac{2R_2}{2+R_2} = r = R_1$.

$$\Leftrightarrow \frac{2}{\frac{2}{R_2}+1} = 2 \Rightarrow R_2 = \infty$$

$$\text{Lúc đó: } P_{N(\max)} = \frac{16^2}{(\sqrt{2} + \frac{2}{\sqrt{2}})^2} = 32\text{W}.$$

Vậy: Để công suất mạch ngoài cực đại thì $R_2 = \infty$ và $P_{N(\max)} = 32\text{W}$.

d) Để công suất tiêu thụ trên R_1 cực đại

$$\text{Ta có: } P_1 = R_1 I_1^2 = \frac{U^2}{R_1}, \text{ với } U = RI = R \cdot \frac{E}{R+r} = \frac{2R_2}{2+R_2} \cdot \frac{E}{\frac{2R_2}{2+R_2}+r} = \frac{2R_2 E}{2R_2+r(2+R_2)}.$$

$$\Rightarrow U = \frac{2R_2 \cdot 16}{2R_2+2(2+R_2)} = \frac{8R_2}{1+R_2}$$

$$\Rightarrow P_1 = \frac{\left(\frac{8R_2}{1+R_2}\right)^2}{R_1} = \frac{64R_2^2}{2(1+R_2)^2} = \frac{32}{\left(1+\frac{1}{R_2}\right)^2}$$

$$\Rightarrow P_1 = P_{1(\max)} \text{ khi } R_2 = \infty.$$

$$\text{Lúc đó: } P_{1(\max)} = \frac{32}{\left(1+\frac{1}{\infty}\right)^2} = 32\text{W}.$$

Vậy: Để công suất tiêu thụ trên R_1 cực đại thì $R_2 = \infty$ và $P_{1(\max)} = 32\text{W}$.

e) Để công suất tiêu thụ trên R_2 cực đại

$$\text{Ta có: } P_2 = R_2 I_2^2 = \frac{U^2}{R_2}, \text{ với } U = RI = \frac{8R_2}{1+R_2} \text{ (như câu d) .}$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{\left(\frac{8R_2}{1+R_2}\right)^2}{R_2} = \frac{64R_2}{(1+R_2)^2} = \frac{64}{\left(\sqrt{R_2} + \frac{1}{\sqrt{R_2}}\right)^2}$$

- Để $P_2 = P_{2(\max)}$ thì $R_2 = 1\Omega$ (từ bất đẳng thức Cô-si).

Lúc đó: $P_{2(\max)} = \frac{64}{(1+\frac{1}{1})^2} = 16W$.

Vậy: Để công suất tiêu thụ trên R_2 cực đại thì $R_2 = 1\Omega$ và $P_{2(\max)} = 16W$.

Bài 37.

- Vì vôn kế có điện trở rất lớn nên không có dòng điện qua vôn kế.

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = \frac{R_2(R_1+R_3)}{R_2+R_1+R_3} = \frac{3(3+3)}{3+3+3} = 2\Omega$

$$\Rightarrow I = \frac{E_1+E_2}{R_N+r_1+r_2} = \frac{6+E_2}{2+2+1} = \frac{6+E_2}{5} \quad (1)$$

Ta có: $I_2R_2 = I_1(R_1 + R_3)$

$$\Rightarrow 3I_2 = 6I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{I_2}{2}$$

Mà: $I_1 + I_2 = I \Rightarrow I_1 = \frac{I}{3} = \frac{6+E_2}{15}$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{2I_1}{3} = \frac{2(6+E_2)}{15}$$

và $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = E_2 - Ir_2 - I_1R_3 = E_2 - \frac{6+E_2}{5} \cdot 1 - \frac{6+E_2}{15} \cdot 3$

$$\Rightarrow U_{CD} = E_2 - \frac{12+2E_2}{5} = \frac{3E_2-12}{5} \quad (2)$$

- Nếu điện thế ở C cao hơn ở D thì $U_{CD} = 1,5V$, còn nếu điện thế ở D cao hơn ở C thì $U_{CD} = -1,5V$, thay vào

(2), ta được 2 trường hợp: $\begin{cases} 1,5 = \frac{3E_2-12}{5} \\ -1,5 = \frac{3E_2-12}{5} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E_2 = 6,5V \\ E_2 = 1,5V \end{cases}$

+ Với $E_2 = 1,5V$, thay vào (1), ta được: $I = \frac{6+1,5}{5} = 1,5A$

• Công suất của mỗi nguồn: $P_1 = E_1I = 6 \cdot 1,5 = 9W$; $P_2 = E_2I = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25W$.

• Hiệu suất của mỗi nguồn: $H_1 = 1 - \frac{Ir_1}{E_1} = 1 - \frac{2 \cdot 1,5}{6} = 50\%$; $H_2 = 1 - \frac{Ir_2}{E_2} = 1 - \frac{1,5 \cdot 1}{1,5} = 0$.

+ Với $E_2 = 6,5V$, thay vào (1), ta được: $I = \frac{6+6,5}{5} = 2,5A$

• Công suất của mỗi nguồn: $P_1 = E_1I = 6 \cdot 2,5 = 15W$; $P_2 = E_2I = 6,5 \cdot 2,5 = 16,25W$.

• Hiệu suất của mỗi nguồn: $H_1 = 1 - \frac{Ir_1}{E_1} = 1 - \frac{2 \cdot 2,5}{6} = 16,67\%$; $H_2 = 1 - \frac{Ir_2}{E_2} = 1 - \frac{2,5 \cdot 1}{6,5} = 61,54\%$.

Bài 38.

Ta có: +Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{6^2}{6} = 6\Omega$

+Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{6}{6} = 1A$.

a) Chứng minh đèn không sáng bình thường

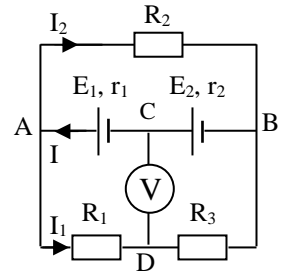
Ta có: Cường độ dòng điện qua đèn: $I = \frac{E}{R_d+r} = \frac{12}{6+4} = 1,2A$

Vì $I > I_{dm}$ nên đèn không sáng bình thường.

b) Tính R_x và công suất tiêu thụ của R_x

- Nếu mắc thêm R_x nối tiếp với đèn, để đèn sáng bình thường thì:

+ Cường độ dòng điện qua đèn: $I = \frac{E}{R_d+R_x+r} = I_{dm}$



$$\Rightarrow R_x = \frac{E}{I_{dm}} - (R_d + r) = \frac{12}{1} - (6 + 4) = 2\Omega$$

+ Công suất tiêu thụ của R_x : $P_x = R_x I^2 = 2.1^2 = 2W$.

- Nếu mắc thêm R_x song song với đèn, để đèn sáng bình thường thì:

+ Hiệu điện thế hai đầu R_x : $U_x = U_d = 6V$.

+ Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{E - U_d}{r} = \frac{12 - 6}{4} = 1,5A$.

+ Cường độ dòng điện qua R_x : $I_2 = I - I_{dm} = 1,5 - 1 = 0,5A$.

+ Điện trở R_x : $R_x = \frac{U_d}{I_x} = \frac{6}{0,5} = 12\Omega$.

+ Công suất tiêu thụ trên R_x : $P_x = R_x I_x^2 = 12.0,5^2 = 3W$.

Bài 39.

a) Hệ thức liên hệ giữa R và r

- Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P = RI^2 = R \frac{E^2}{(R+r)^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2}$.

- Khi K mở:

+ Điện trở tương đương mạch ngoài: $R_1 = R + \frac{R \cdot 2R}{R+2R} = \frac{5}{3}R$.

+ Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P_1 = \frac{E^2}{(\sqrt{R_1} + \frac{r}{\sqrt{R_1}})^2}$.

- Khi K đóng:

+ Điện trở tương đương mạch ngoài: $R_2 = \frac{R \cdot (\frac{R}{2} + \frac{R}{2})}{R + \frac{R}{2} + \frac{R}{2}} = \frac{1,5R}{2,5} = 0,6R$

+ Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P_2 = \frac{E^2}{(\sqrt{R_2} + \frac{r}{\sqrt{R_2}})^2}$.

- Vì $P_1 = P_2 \Leftrightarrow (\sqrt{R_1} + \frac{r}{\sqrt{R_1}})^2 = (\sqrt{R_2} + \frac{r}{\sqrt{R_2}})^2$

$$\Leftrightarrow R_1 + \frac{r^2}{R_1} + 2r = R_2 + \frac{r^2}{R_2} + 2r$$

$$\Leftrightarrow R_1 - R_2 = r^2 \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 R_2} \right)$$

$$\Leftrightarrow r^2 = R_1 R_2 = \frac{5}{3}R \cdot 0,6R = R^2 \Rightarrow r = R.$$

Vậy: Để công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi khi K mở và đóng thì $r = R$.

b) Tính U_{AB}

- Khi K mở:

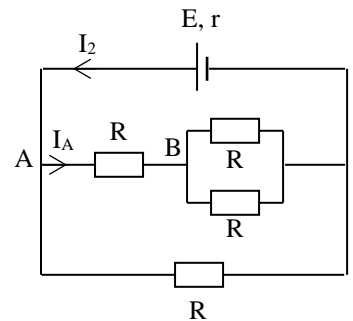
+ Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I_1 = \frac{E}{R_1 + r} = \frac{E}{\frac{5}{3}R + r}$.

+ Hiệu điện thế 2 đầu AB: $U_{AB} = I_1 R_{AB}$

$$\Rightarrow U_{AB} = \frac{E}{\frac{5}{3}R + r} \cdot \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} = \frac{E}{\frac{8}{3}R} \cdot \frac{2}{3}R = \frac{E}{4} = \frac{24}{4} = 6V$$

- Khi K đóng:

+ Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I_2 = \frac{E}{R_2 + r} = \frac{E}{0,6R + r}$.



+ Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI_2 = E - \frac{rE}{0,6R+r}$.

+ Cường độ dòng điện qua AB: $I_A = \frac{U}{R + \frac{R}{2}} = \frac{E - \frac{rE}{0,6R+r}}{1,5R}$

+ Hiệu điện thế 2 đầu AB: $U_{AB} = I_A R = \frac{E - \frac{rE}{0,6R+r}}{1,5} = \frac{24 - \frac{24R}{1,6R}}{1,5} = 6V$.

Vậy: Khi K mở, $U_{AB} = 6V$; khi K đóng, $U_{AB} = 6V$.

Bài 40.

- Điện trở tương đương mạch ngoài: $R = \frac{R_d(R_d+R_1+R_2)}{R_d+R_d+R_1+R_2} = \frac{R_d(R_d+2)}{2R_d+2}$

- Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = \frac{E}{R+r}$.

- Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P = RI^2 = R \frac{E^2}{(R+r)^2}$.

$$\Leftrightarrow 60 = \frac{R \cdot 20^2}{(R+1,6)^2} \Leftrightarrow (R^2+3,2R+2,56) \cdot 60 = 400R$$

$$\Leftrightarrow 3R^2+9,6R+7,68-20R = 0 \Leftrightarrow 3R^2-10,4R+7,68 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R = 2,4\Omega \\ R = \frac{16}{15}\Omega \end{cases} \quad (\text{với } R = \frac{R_d(R_d+2)}{2R_d+2})$$

* Trường hợp 1: $\frac{R_d^2+2R_d}{2R_d+2} = 2,4$

$$\Leftrightarrow R_d^2-2,8R_d-4,8 = 0 \Rightarrow R_d = 4\Omega$$

Lúc đó: $R = \frac{4 \cdot (4+2)}{2 \cdot 4+2} = 2,4\Omega$.

$$\Rightarrow I = \frac{E}{R+r} = \frac{20}{2,4+1,6} = 5A$$

+ Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI = 20 - 1,6 \cdot 5 = 12V$.

+ Cường độ dòng điện qua đèn 1: $I_1 = \frac{U}{R_d} = \frac{12}{4} = 3A$

+ Công suất tiêu thụ của đèn 1: $P_1 = R_d I_1^2 = 4 \cdot 3^2 = 36W$.

+ Cường độ dòng điện qua đèn 2: $I_2 = I - I_1 = 5 - 3 = 2A$.

+ Công suất tiêu thụ của đèn 2: $P_2 = R_d I_2^2 = 4 \cdot 2^2 = 16W$.

+ Hiệu suất của nguồn: $H = \frac{U}{E} = \frac{12}{20} = 0,6 = 60\%$.

* Trường hợp 2: $\frac{R_d^2+2R_d}{2R_d+2} = \frac{16}{15}$

$$\Leftrightarrow 15R_d^2-2R_d-32 = 0 \Rightarrow R_d = 1,53\Omega$$

Lúc đó: $R = \frac{1,53(1,53+2)}{2 \cdot 1,53+2} = \frac{16}{15}\Omega$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{R+r} = \frac{20}{\frac{16}{15}+1,6} = 7,5A$$

+ Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI = 20 - 1,6 \cdot 7,5 = 8V$.

+ Cường độ dòng điện qua đèn 1: $I_1 = \frac{U}{R_d} = \frac{8}{1,53} = \frac{800}{153}A$.

+ Công suất tiêu thụ của đèn 1: $P_1 = R_d I_1^2 = 1,53 \cdot \left(\frac{800}{153}\right)^2 = 41,83 \text{ W}$.

+ Cường độ dòng điện qua đèn 2: $I_2 = I - I_1 = 7,5 - \frac{800}{153} = \frac{695}{306} \text{ A}$.

+ Công suất tiêu thụ của đèn 2: $P_2 = R_d I_2^2 = 1,53 \cdot \left(\frac{695}{306}\right)^2 = 7,89 \text{ W}$.

+ Hiệu suất của nguồn: $H = \frac{U}{E} = \frac{8}{20} = 0,4 = 40\%$.

Bài 41.

Ta có: Mạch điện được vẽ lại như sau:

- Công suất tiêu thụ của đèn 6: $P_6 = R I_5^2 \Rightarrow I_5 = \sqrt{\frac{P_6}{R}}$

- Hiệu điện thế 2 đầu CD: $U_{CD} = I_5 R_{567} = \sqrt{\frac{P_6}{R}} \cdot 3R = 3\sqrt{RP_6}$.

- Cường độ dòng điện qua đèn 4: $I_4 = \frac{U_{CD}}{R_4} = \frac{3\sqrt{RP_6}}{R} = 3\sqrt{\frac{P_6}{R}}$.

- Cường độ dòng điện qua đèn 2: $I_2 =$

$I_4 + I_5 = 3\sqrt{\frac{P_6}{R}} + \sqrt{\frac{P_6}{R}} = 4\sqrt{\frac{P_6}{R}}$.

- Hiệu điện thế 2 đầu AB: $U_{AB} = I_2 R_{23456} =$

$4\sqrt{\frac{P_6}{R}} \cdot \left(2R + \frac{3R \cdot R}{3R + R}\right)$

$\Rightarrow U_{AB} = 4\sqrt{\frac{P_6}{R}} \cdot 2,75R = 11\sqrt{RP_6}$

- Cường độ dòng điện qua đèn 1: $I_1 = \frac{U_{AB}}{R} = 11\sqrt{\frac{P_6}{R}}$.

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_1 + I_2 = 11\sqrt{\frac{P_6}{R}} + 4\sqrt{\frac{P_6}{R}} = 15\sqrt{\frac{P_6}{R}}$

Mà $I = \frac{E}{R+r} = \frac{E}{\frac{2,75R \cdot R}{2,75R+R} + r} = \frac{E}{\frac{11}{15}R + r} = \frac{E}{\frac{11}{15}R + \frac{4}{15}R} = \frac{E}{R}$

$\Rightarrow \frac{E}{R} = \frac{15\sqrt{6}}{\sqrt{R}} \Rightarrow \frac{E}{\sqrt{R}} = 15\sqrt{6}$

- Công suất tiêu thụ mạch ngoài: $P = UI = 11\sqrt{RP_6} \cdot 15\sqrt{\frac{P_6}{R}} = 165P_6 = 165 \cdot 6 = 990 \text{ W}$

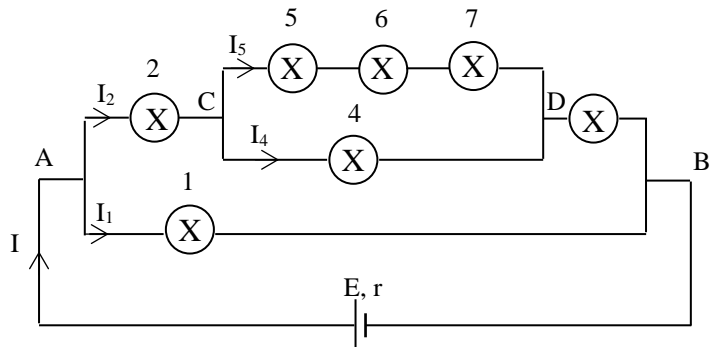
- Công suất của nguồn: $P' = EI = E \cdot 15\sqrt{\frac{P_6}{R}} = 15\sqrt{6} \cdot \frac{E}{\sqrt{R}} = 15\sqrt{6} \cdot 15\sqrt{6} = 1350 \text{ W}$

- Hiệu suất của nguồn: $H = \frac{P'}{P} = \frac{990}{1350} = 0,733 = 73,3\%$.

Vậy: Công suất tiêu thụ mạch ngoài là $P = 900 \text{ W}$; công suất của nguồn là $P' = 1350 \text{ W}$; hiệu suất của nguồn là $H = 73,3\%$.

Bài 42.

- Điện trở tương đương mạch ngoài: $R = R_1 + R' = R_1 + \frac{x(10-x)}{x+10-x} = R_1 + \frac{x(10-x)}{10}$.



- Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = \frac{E}{R+r}$.

a) Số chỉ của vôn kế và ampe kế: Khi C ở chính giữa:

$$R' = \frac{5(10-5)}{10} = 2,5\Omega \Rightarrow I = \frac{9}{2,5+2} = 2A$$

$$\Rightarrow U_{AN} = IR_1 = 2.1 = 2V; U_{NB} = IR = 2.2,5 = 5V.$$

$$+ \text{ Số chỉ của vôn kế là: } U_{AM} = U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} = 2 + 5 = 7V.$$

$$+ \text{ Số chỉ của ampe kế là: } I_A = \frac{U_{NB}}{5} = \frac{5}{5} = 1A.$$

Vậy: Vôn kế chỉ 7V và ampe kế chỉ 1A.

b) Vị trí C để công suất tiêu thụ trong toàn biến trở là lớn nhất

$$\text{Ta có: Công suất tiêu thụ trên biến trở: } P = R'I^2 = \frac{E^2 R'}{(R'+R_1+r)^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R'} + \frac{R_1+r}{\sqrt{R'}})^2}.$$

$$\Rightarrow P = P_{\max} \Leftrightarrow R' = R_1 + r = 1 + 1 = 2\Omega.$$

$$\text{và } P_{\max} = \frac{9^2}{(\sqrt{2} + \frac{2}{\sqrt{2}})^2} = 10,125W$$

$$\text{Lúc đó: } R' = \frac{x(10-x)}{10} = 2 \Leftrightarrow x^2 - 10x + 20 = 0$$

$$\Rightarrow x_1 = 7,24\Omega; x_2 = 2,76\Omega.$$

Vậy: Vị trí của C để công suất trên biến trở lớn nhất là $x_1 = 7,24\Omega$ hoặc $x_2 = 2,76\Omega$ và $P_{\max} = 10,125W$.

Bài 43.

a) Điện trở trong của nguồn

- Vì công suất toả nhiệt trên các điện trở là như nhau nên: $P_1 = P_2$.

$$\Leftrightarrow R_1 \frac{E^2}{(R_1+r)^2} = R_2 \frac{E^2}{(R_2+r)^2}$$

$$\Leftrightarrow R_1(R_2^2 + 2R_2r + r^2) = R_2(R_1^2 + 2R_1r + r^2)$$

$$\Leftrightarrow r^2 = R_1R_2 \Rightarrow r = \sqrt{R_1R_2} = \sqrt{2.8} = 4\Omega.$$

Vậy: Điện trở trong của nguồn là $r = 4\Omega$.

b) Giá trị R_x để công suất toả nhiệt ở mạch ngoài là lớn nhất

$$- \text{ Điện trở tương đương của mạch ngoài: } R = R_x + \frac{R_1R_2}{R_1+R_2}.$$

$$- \text{ Công suất toả nhiệt ở mạch ngoài: } P = RI^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2} = \frac{E^2}{(\frac{R}{\sqrt{R}} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2}$$

Vì $E = \text{const}$, $r = \text{const}$ nên $P = P_{\max}$ khi $R = r$.

$$\text{Hay } R_x + \frac{2.8}{2+8} = 4 \Rightarrow R_x = 2,4\Omega.$$

: Để công toả nhiệt ở mạch ngoài lớn nhất thì $R_x = 2,4\Omega$.

c) Số chỉ của ampe kế

- Điện trở tương đương mạch ADB: $R_{ADB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = \frac{2.8}{2+8} + 58,4 = 60\Omega$

- Điện trở tương đương mạch ngoài: $R = \frac{R_4 R_{ADB}}{R_4 + R_{ADB}} = \frac{60.60}{60+60} = 30\Omega$

- Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I_A = I - I_1$.

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R+r} = \frac{68}{30+4} = 2A$.

$\Rightarrow U_{AB} = E - rI = 68 - 4.2 = 60V$

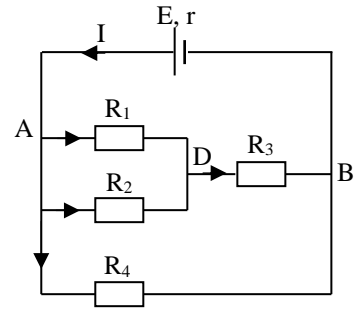
- Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{60}{60} = 1A$.

- Hiệu điện thế 2 đầu R_1 : $U_1 = I_3 R_{12} = 1.1,6 = 1,6V$.

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{1,6}{2} = 0,8A$.

- Số chỉ của ampe kế: $I_A = I - I_1 = 2 - 0,8 = 1,2A$.

Vậy: Ampe kế chỉ 1,2A.



Bài 44.

Ta có: Công suất mạch ngoài của ac quy: $P = R \frac{E^2}{(R+r)^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2}$.

Vì $MS = \sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}} \geq 2\sqrt{r} \Rightarrow MS_{\min}$ khi $R = r$ và $P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$

$\Rightarrow P_{1\max} = \frac{E^2}{4r_1} = 20W; P_{2\max} = \frac{E^2}{4r_2} = 30W$.

a) Trường hợp 2 acquy mắc nối tiếp: Khi 2 acquy mắc nối tiếp: $E_b = 2E$; $r_b = r_1 + r_2$ nên:

$P_{\max} = \frac{(2E)^2}{4(r_1+r_2)} = \frac{4E^2}{4(r_1+r_2)} = \frac{4}{\frac{4r_1}{E^2} + \frac{4r_2}{E^2}} = \frac{4}{\frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2}} = \frac{4P_1P_2}{R_1+R_2}$

$\Rightarrow P_{\max} = \frac{4.20.30}{20+30} = 48W$

b) Trường hợp 2 acquy mắc song song: Khi 2 acquy mắc song song: $E_b = E$; $r_b = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$ nên:

$P_{\max} = \frac{(E)^2}{4(\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2})} = \frac{E^2(r_1+r_2)}{4r_1 r_2} = \frac{E^2}{4r_1} + \frac{E^2}{4r_2} = P_1 + P_2 = 20+30 = 50W$

Vậy: Khi 2 acquy mắc nối tiếp thì $P_{\max} = 48W$; khi 2 acquy mắc song song thì $P_{\max} = 50W$.

Bài 45.

a) Hiệu điện thế định mức của đèn

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_b + R_d + r} = \frac{150}{18+2+R_d} = \frac{150}{20+R_d}$.

- Hiệu điện thế định mức của đèn: $U_d = IR_d = \frac{150R_d}{20+R_d}$.

Mặt khác: $U_d = \frac{P}{I} = \frac{180}{150}(20+R_d) = 1,2(20+R_d)$

$\Leftrightarrow 150R_d = 1,2(20+R_d)^2$

$\Leftrightarrow 150R_d = 480+48R_d+1,2R_d^2$

$\Leftrightarrow 1,2R_d^2 - 102R_d + 480 = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} R_d = 80\Omega \Rightarrow U_d = \frac{150 \cdot 80}{20+80} = 120V \\ R_d = 5\Omega \Rightarrow U_d = \frac{150 \cdot 5}{20+5} = 30V \end{cases}$$

Vậy: Hiệu điện thế định mức của đèn là 120V hoặc 30V.

b) Tìm R_b để hai đèn sáng bình thường

- Với đèn có $U_d = 120V$; $R_d = 80\Omega$: Để đèn sáng bình thường:

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua đèn: } I_d = \frac{P}{U} = \frac{180}{120} = 1,5A.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua biến trở: } I = I_b = 2 \cdot 1,5 = 3A.$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_b + \frac{R_d}{2} + r} = 3 \Leftrightarrow \frac{150}{R_b + 40 + 2} = 3$$

$$\Rightarrow R_b = 8\Omega.$$

- Với đèn có $U_d = 30V$; $R_d = 5\Omega$: Để đèn sáng bình thường:

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua đèn: } I_d = \frac{P}{U} = \frac{180}{30} = 6A$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua biến trở: } I = I_b = 2 \cdot 6 = 12A.$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_b + \frac{R_d}{2} + r} = 12 \Leftrightarrow \frac{150}{R_b + 2,5 + 2} = 12$$

$$\Rightarrow R_b = 8\Omega$$

Vậy: Để 2 đèn sáng bình thường thì $R_b = 8\Omega$.

c) Số nguồn tối đa có thể thấp sáng

- Với loại đèn có $U_d = 120V$; $R_d = 80\Omega$: Gọi n là số đèn tối đa có thể thấp sáng bình thường. Vì các đèn sáng bình thường nên:

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua mỗi đèn: } I_d = \frac{P}{U} = \frac{180}{120} = 1,5A.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua biến trở: } I = nI_d = 1,5n.$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_b + \frac{R_d}{n} + r} = 1,5n \Leftrightarrow E = 1,5nR_b + 1,5R_d + 1,5nr$$

$$\Rightarrow n = \frac{E - 1,5R_d}{1,5(R_b + r)} \Rightarrow n = n_{\max} \text{ khi } R_b = 0.$$

$$\text{và } n_{\max} = \frac{150 - 1,5 \cdot 80}{1,5 \cdot 2} = 10 \text{ (đèn).}$$

$$H = \frac{U}{E} = \frac{120}{150} = 0,8 = 80\%$$

Vậy: Số đèn tối đa loại $U_d = 120V$; $R_d = 80\Omega$ là 10 và hiệu suất của nguồn lúc đó là $H = 80\%$.

- Với loại đèn có $U_d = 30V$; $R_d = 5\Omega$: Gọi n là số đèn tối đa có thể thấp sáng bình thường. Vì các đèn sáng bình thường nên:

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua mỗi đèn: } I_d = \frac{P}{U} = \frac{180}{30} = 6A.$$

$$+ \text{ Cường độ dòng điện qua biến trở: } I = nI_d = 6n.$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_b + \frac{R_d}{n} + r} = 6n \Leftrightarrow E = 6nR_b + 6R_d + 6nr$$

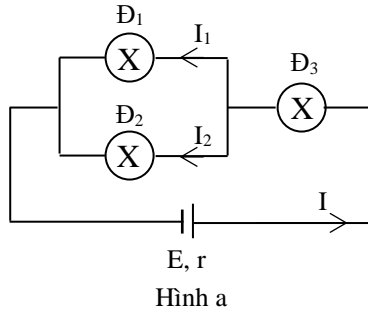
$$\Rightarrow n = \frac{E - 6R_d}{6(R_b + r)} \Rightarrow n = n_{\max} \text{ khi } R_b = 0.$$

$$\text{và } n_{\max} = \frac{150 - 6.5}{6.2} = 10 \text{ (đèn)}.$$

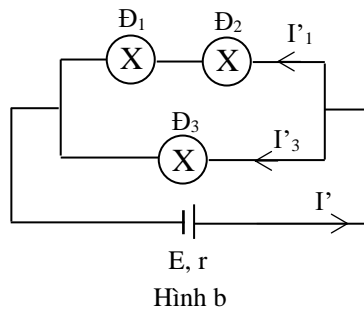
$$\Rightarrow H = \frac{U}{E} = \frac{30}{150} = 0,2 = 20\%$$

Vậy: Số đèn tối đa loại $U_d = 30V$; $R_d = 5\Omega$ là 10 đèn và hiệu suất của nguồn lúc đó là $H = 20\%$.

Bài 46.



Hình a



Hình b

a) Hiệu điện thế định mức mỗi đèn

Gọi U_1, U_2, U_3 là hiệu điện thế định mức của các đèn; I_1, I_2, I_3 là dòng điện định mức của các đèn.

- Từ cách mắc 1 suy ra: $U_1 = U_2$; từ cách mắc 2 suy ra: $I_1 = I_2$.

- Vì các đèn sáng bình thường nên ta có:

$$+ \text{Hình a: } U_1 + U_3 = E - Ir \quad (1)$$

$$+ \text{Hình b: } U_1 + U_2 = U_3 = E - I'r \quad (2)$$

$$- \text{Từ (2) suy ra: } 2U_1 = U_3 = E - I'r \quad (3)$$

$$- \text{Thay (3) vào (1): } U_1 + 2U_1 = E - Ir$$

$$\Leftrightarrow 3U_1 = E - Ir \quad (4)$$

$$- \text{Từ (3), ta có: } 2U_1 = E - I'r \quad (5)$$

$$\text{Mặt khác: } I = I_3 = I_1 + I_2 = 2I_1 \quad (6)$$

$$I' = I_3 + I_1 = I_3 + \frac{I_3}{2} = \frac{3I_3}{2} \quad (7)$$

$$- \text{Thay (6) vào (4) và thay (7) vào (5), ta được: } \begin{cases} 3U_1 = E - I_3r \\ 2U_1 = E - \frac{3I_3}{2} \cdot r \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 3U_1 + I_3r = E = 30 \\ 2U_1 + \frac{3}{2}I_3r = E = 30 \end{cases}$$

$$\Rightarrow U_1 = 6V \text{ và } I_3r = 12V \quad (8)$$

$$\Rightarrow U_2 = U_1 = 6V; U_3 = 2U_1 = 12V.$$

- Để biết mắc theo cách nào lợi hơn, ta dựa vào hiệu suất của từng cách mắc.

$$\text{Ta có: } H = \frac{U}{E} = \frac{U_1 + U_3}{E} = \frac{6 + 12}{30} = 60\%$$

$$\text{và } H' = \frac{U'}{E} = \frac{U_3}{E} = \frac{12}{30} = 40\%.$$

Vậy: Hiệu điện thế định mức của mỗi đèn là $U_1 = U_2 = 6V$, $U_3 = 12V$ và cách mắc thứ 1 (hình a) lợi hơn.

b) Các giá trị định mức của đèn và điện trở trong của nguồn

$$- \text{Nếu cách 1 có } P = 60W \text{ thì } I = \frac{P}{E} = \frac{60}{30} = 2A.$$

$$\Rightarrow I_3 = 2A, I_1 = I_2 = \frac{I_3}{2} = 1A.$$

$$\Rightarrow P_1 = U_1 I_1 = 6.1 = 6W \Rightarrow Đ_1: 6V - 6W.$$

$$P_2 = U_2 I_2 = 6.1 = 6W \Rightarrow Đ_2: 6V - 6W.$$

$$P_3 = U_3 I_3 = 12.2 = 24W \Rightarrow Đ_3: 12V - 24W.$$

$$\text{Theo (8): } I_3 r = 12 \Rightarrow r = \frac{12}{I_3} = \frac{12}{2} = 6\Omega.$$

$$\text{- Nếu cách 2 có } P = 60W \text{ thì } I' = \frac{P}{E} = \frac{60}{30} = 2A$$

$$\text{Theo (7): } I' = \frac{3}{2} I_3 \Rightarrow I_3 = \frac{2}{3} I' = \frac{2.2}{3} = \frac{4}{3} A$$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 = I' - I_3 = 2 - \frac{4}{3} = \frac{2}{3} A.$$

$$\Rightarrow P_1 = U_1 I_1 = 6. \frac{2}{3} = 4W \Rightarrow Đ_1: 6V - 4W \text{ và } Đ_2: 6V - 4W.$$

$$P_3 = U_3 I_3 = 12. \frac{4}{3} = 16W \Rightarrow Đ_3: 12V - 16W.$$

$$\text{và } r = \frac{12}{I_3} = \frac{12}{\frac{4}{3}} = 9\Omega.$$

Vậy: Với cách mắc 1 thì $Đ_1, Đ_2: 6V-6W, Đ_3: 12V-24W, r = 6\Omega$; với cách mắc 2 thì $Đ_1, Đ_2: 6V-4W, Đ_3: 12V-16W, r = 9\Omega$.

Bài 47.

a) Các sơ đồ

$$\text{Ta có: } I_{1dm} = \frac{P_{1dm}}{U_{1dm}} = \frac{3}{6} = 0,5A; I_{2dm} = \frac{P_{2dm}}{U_{2dm}} = \frac{6}{6} = 1A; I_{3dm} = \frac{P_{3dm}}{U_{3dm}} = \frac{9}{6} = 1,5A.$$

$$I_{3dm} = I_{1dm} + I_{2dm}; U_{1dm} = U_{2dm} = U_{3dm} = 6V.$$

- **Cách 1** (hình a) : $[(Đ_1 // Đ_2 // Đ_3) \text{ nt } R]$.

$$\text{Ta có: } I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,5 + 1 + 1,5 = 3A.$$

$$U_{AB} = E - I(R + r)$$

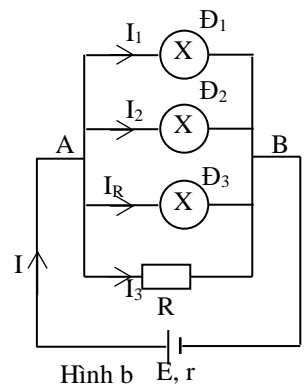
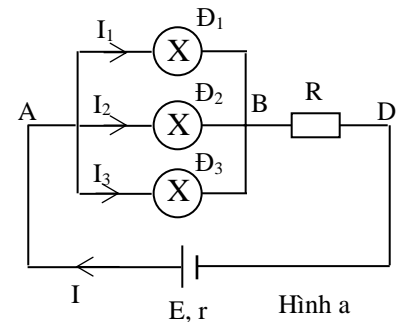
$$\Leftrightarrow 6 = 24 - 3(R + 2) \Rightarrow R = 4\Omega.$$

- **Cách 2** (hình b) : $[(Đ_1 // Đ_2 // Đ_3) // R]$.

$$\text{Ta có: } U_{AB} = E - Ir \Leftrightarrow 6 = 24 - I.2 \Rightarrow I = 9A.$$

$$\Rightarrow I_R = I - (I_1 + I_2 + I_3) = 9 - 3 = 6A.$$

$$\Rightarrow R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_{AB}}{I_R} = \frac{6}{6} = 1\Omega$$

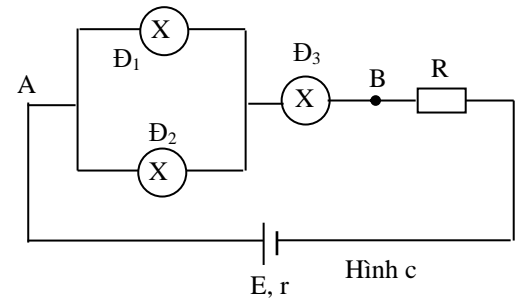


- **Cách 3** (hình c) : $[(Đ_1 // Đ_2) \text{ nt } Đ_3 \text{ nt } R]$.

Ta có: $I = I_3 = 1,5A$; $U_{AB} = U_1 + U_3 = 6 + 6 = 12V$.

Mặt khác: $U_{AB} = E - I(R + r)$

$$\Rightarrow 12 = 24 - 1,5(R + 2) \Rightarrow R = 6\Omega.$$



- **Cách 4** (hình d) : $\{[(Đ_1 // Đ_2) \text{ nt } Đ_3] // R\}$.

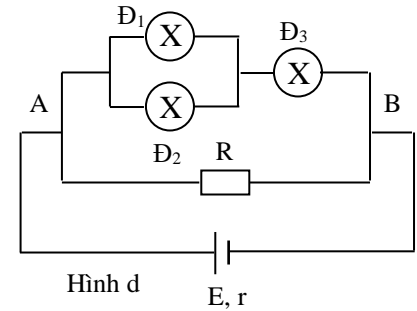
Ta có: $U_{AB} = U_1 + U_3 = 6 + 6 = 12V$.

Mặt khác: $U_{AB} = E - Ir$

$$\Leftrightarrow 12 = 24 - I.2 \Rightarrow I = 6A.$$

$$\Rightarrow I_R = I - I_3 = 6 - 1,5 = 4,5A$$

$$\Rightarrow R = \frac{U_{AB}}{I_R} = \frac{12}{4,5} = \frac{8}{3}\Omega$$



b) Tính hiệu suất

Ta có: Hiệu suất: $H = \frac{U}{E}$, trong đó: U là hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn.

Vì $E = 24V = \text{const}$ nên $H = H_{\text{max}}$ khi $U = U_{\text{max}}$.

\Rightarrow Cách 3 có hiệu suất lớn nhất là:

$$H = \frac{U_1 + U_3 + U_R}{E} = \frac{6 + 6 + 1,5 \cdot 6}{24} = 0,875$$

* **Chú ý:** Với cách tính trên thì ta xem công của dòng điện sản ra ở mạch ngoài là công có ích, tức là bao hàm cả công sản ra trên điện trở R . Nếu chỉ xem công sản ra trên các bóng đèn là có ích thì:

$$H = \frac{U_1 + U_3}{E} = \frac{12}{24} = 0,5$$

Bài 48.

a) Ba đèn có thể sáng bình thường không?

Ta có: $I_1 = \frac{3}{6} = 0,5A$; $I_2 = \frac{12}{12} = 1A$; $I_3 = \frac{3}{12} = 0,25A$.

Theo sơ đồ thì $I_1 = I_2 + I_3$. Theo giá trị định mức thì $I_1 \neq I_2 + I_3$.

Vậy: Không có giá trị nào của R_b để cả ba đèn sáng bình thường.

b) Giá trị R_b , vị trí và giá trị R_1 để các đèn sáng bình thường

Vì: $I_2 + I_3 = 1,25 > I_1 = 0,5 \Rightarrow R_1$ được mắc song song với $Đ_1$.

Ta có: $I = I_2 + I_3 = 1,25 \Rightarrow I_1 + I_{R_1} = 1,25$.

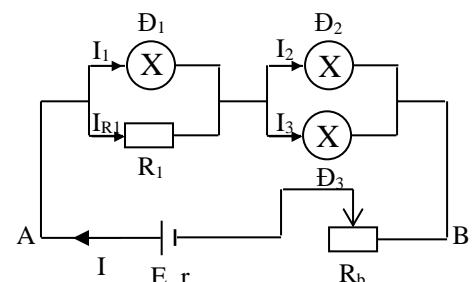
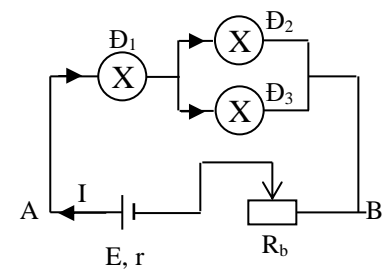
$$\Rightarrow I_{R_1} = 1,25 - 0,5 = 0,75A$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_{R_1}} = \frac{6}{0,75} = 8\Omega$$

và $U_{AB} = U_1 + U_2 = 6 + 12 = 18V$.

Mặt khác: $U_{AB} = E - I(R_b + r)$

$$\Rightarrow R_b = \frac{E - U_{AB}}{I} - r = \frac{28 - 18}{1,25} - 2 = 6\Omega$$



Vậy: Để các đèn sáng bình thường thì $R_b = 6\Omega$; R_1 phải mắc song song với Đ_1 và $R_1 = 8\Omega$.

c) Tìm R_b , vị trí và giá trị R_2 để các đèn sáng bình thường

- Ta thấy: $U_1 < U_2 = U_3$ và $I_2 \neq I_1 + I_3$ nên chỉ có cách mắc duy nhất để cả

ba đèn sáng bình thường là $[(\text{Đ}_1 \text{ nt } R_2) // \text{Đ}_2 // \text{Đ}_3]$.

Khi đó: $I = I_1 + I_2 + I_3 = 1,75\text{A}$; $U_{AB} = U_2 = 12\text{V}$.

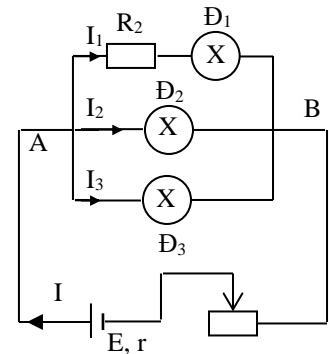
Mà $U_{AB} = E - I(R_b + r)$

$$\Rightarrow R_b = \frac{E - U_{AB}}{I} - r = \frac{28 - 18}{1,75} - 2 = 7,14\Omega$$

- Mặt khác: $U_{AB} = U_{R_2} + U_1$

$$\Rightarrow U_{R_2} = U_{AB} - U_1 = 12 - 6 = 6\text{V}$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{U_{R_2}}{I_1} = \frac{6}{0,5} = 12\Omega$$



Vậy: Để các đèn sáng bình thường thì $R_b = 7,14\Omega$; R_2 phải mắc nối tiếp với Đ_1 và $R_2 = 12\Omega$.

Bài 49.

Gọi N là tổng số bóng đèn; m là số dây; n là số bóng trên mỗi dây.

Ta có: $mn = N$ ($m, n \in \mathbb{N}^*$)

- Công suất mạch ngoài: $P_n = NP_d = 3N$

(1) (P_d : công suất của 1 đèn)

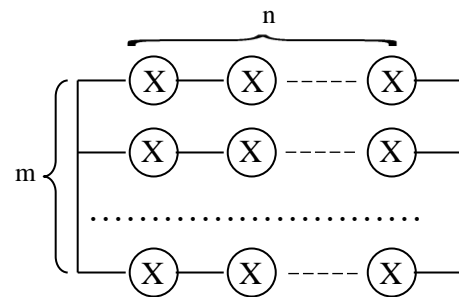
Mặt khác: $P_n = UI = (E - Ir)I = (48 - 3I)I = 48I - 3I^2$

(2)

- Từ (1) và (2): $3I^2 - 48I + 3N = 0 \Leftrightarrow I^2 - 16I + N = 0$

(3)

Và $I = mI_d = 0,5m$



(4)

Thay (4) vào (3) ta được: $(0,5m)^2 - 16 \cdot 0,5m + mn = 0$

$$\Leftrightarrow m(0,25m - 8 + n) = 0 \Leftrightarrow 0,25m - 8 + n = 0$$

$$\Leftrightarrow m = 32 - 4n \quad (*)$$

n	1	2	3	4	5	6	7
m	28	24	20	16	12	8	4

- Từ bảng ta trên thấy có tất cả 7 cách mắc và cách mắc gồm 16 nhánh, mỗi nhánh 4 bóng là có tổng số đèn nhiều nhất (64 bóng).

***Chú ý:** Nếu chỉ cần tìm số bóng đèn nhiều nhất thì từ phương trình (3): $I^2 - 16I + N = 0$ ta tìm điều kiện nghiệm:

$$\Delta' \geq 0 \Leftrightarrow 8^2 - N \geq 0 \Rightarrow N \leq 64$$

$$\Rightarrow N_{\max} = 64 \text{ bóng và } I = 8\text{A}.$$

$$\text{Mà } I = mI_d \Rightarrow m = \frac{I}{I_d} = \frac{8}{0,5} = 16 \text{ (nhánh); } n = \frac{N}{m} = \frac{64}{16} = 4 \text{ (bóng).}$$

- Cách mắc có công suất tiêu hao trong nguồn nhỏ nhất?

$$+ \text{ Công suất tiêu hao trong nguồn: } P = I^2 r \Leftrightarrow P = (0,5m)^2 \cdot 3 = 0,75m^2$$

$$\Rightarrow P_{\min} \Leftrightarrow m_{\min}$$

+ Từ bảng trên ta thấy khi $m = m_{\min} = 4$ thì $n = 7$.

Vậy: Cách mắc gồm 4 dây, mỗi dây 7 bóng sẽ có công suất tiêu hao trong nguồn nhỏ nhất: $P_{\min} = 0,75.4^2 = 12W$.

* **Chú ý:** Để tìm m_{\min} ta cũng có thể bắt đầu từ biểu thức (*): $m = 32 - 4n$.

$$\text{Điều kiện: } m > 0 \Rightarrow 32 - 4n > 0 \Rightarrow n < 7 \quad (n \in N^*)$$

$$\Rightarrow m = m_{\min} \text{ ứng với } n_{\max} = 7$$

$$\Rightarrow m = 32 - 4.7 = 4.$$

Bài 50.

a) Số cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn bằng nhau

Ta có: Công suất tiêu thụ của đèn: $P = I^2 R_D$.

Vì các đèn giống nhau nên để công suất tiêu thụ mỗi đèn bằng nhau thì dòng điện qua mỗi đèn phải bằng nhau.

- Xét trường hợp các đèn được mắc theo kiểu hỗn hợp đối xứng: Gọi m là số dây, n là số bóng trên mỗi dây, với: $mn = 36$ ($m, n \in N^*$)

n	1	2	3	4	6	9	12	18	36
m	36	18	12	9	6	4	3	2	1

Từ bảng trên ta thấy có tất cả 9 cách mắc: ($n = 1$; $m = 36$); ($n = 2$; $m = 18$); ($n = 3$; $m = 12$); ($n = 4$; $m = 9$); ($n = 6$; $m = 6$); ($n = 9$; $m = 4$); ($n = 12$; $m = 3$); ($n = 18$; $m = 2$); ($n = 36$; $m = 1$).

Vậy: Có 9 cách mắc các đèn để công suất tiêu thụ trên mỗi đèn bằng nhau.

b) Cách mắc để các đèn sáng bình thường

- Để đèn sáng bình thường thì dòng điện qua mỗi đèn phải bằng dòng điện định mức $I_{dm} = 1A$.

Ta có: Công suất của mạch ngoài: $P_n = 36P_d = 36.3 = 108W$.

$$\text{Mặt khác: } P_n = UI = (E - I.r)I = (36 - 4I)I = 36I - 4I^2$$

$$\Leftrightarrow 36I - 4I^2 = 108 \Leftrightarrow I^2 - 9I + 27 = 0$$

- Vì phương trình trên vô nghiệm nên không có cách mắc nào để đèn sáng bình thường.

c) Cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn lớn nhất

- Công suất tiêu thụ của mỗi đèn: $P = I_d^2 R_d$.

Vì $R_d = \text{const}$ nên $P = P_{\max}$ khi $I_d = I_{d\max}$.

- Ta có: $I_d = \frac{I}{m}$ (I là dòng điện qua mạch chính, I_d là dòng điện qua mỗi đèn).

$$\text{Mặt khác: } I = \frac{E}{R_N + r} \quad (R_N = \frac{nR_D}{m})$$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{\frac{R_D n}{m} + r} \Rightarrow I_d = \frac{E}{R_D n + mr}$$

Suy ra: $I_{d\max}$ khi $(R_D n + mr)_{\min}$.

- Từ bất đẳng thức Cô-si, ta có: $R_D n + mr \geq \sqrt{R_D n \cdot mr}$

$$\Rightarrow (R_D n + mn)_{\min} \text{ khi } R_D n = mr \Rightarrow \frac{m}{n} = \frac{R_D}{r} \quad (1)$$

Mặt khác: $mn = 36$ (2)

- Từ (1) và (2): $\frac{R_D}{r} \cdot n^2 = 36 \Rightarrow n = 6 \sqrt{\frac{r}{R_D}}$

Với $r = 4, R_D = 3 \Rightarrow n = 6 \sqrt{\frac{4}{3}} \approx 6,9 \notin N$.

Vì trường hợp này n không phải là số nguyên, nên ta chọn n nguyên lân cận giá trị 6,9 thỏa mãn: $mn = 36 \Rightarrow n = 6$ và $m = 6$.

Khi đó: $I_d = \frac{36}{3,6+6,4} = \frac{6}{7}A$

$\Rightarrow P = \left(\frac{6}{7}\right)^2 \cdot 3 = 2,204W$

- Hiệu suất của nguồn: $H = \frac{U}{E} = 1 - \frac{Ir}{E}$, với $I = mI_d = 6 \cdot \frac{6}{7} = \frac{36}{7}A$.

$\Rightarrow H = 1 - \frac{\frac{36}{7} \cdot 4}{36} = 0,4286 = 42,86\%$

Vậy: Cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn lớn nhất là mắc 36 nguồn thành 6 dãy, mỗi dãy 6 đèn; công suất lớn nhất là $P_{\max} = 2,204W$ và hiệu suất nguồn khi đó là $H = 42,86\%$.

Bài 51.

Gọi m là số dãy, n là số bóng trên mỗi dãy, tổng số bóng đèn là:

$N = mn \quad (m, n \in N^*)$

- Công suất mạch ngoài: $P_n = NP_d = 3N = 3mn$ (1)

- Mặt khác: $P_n = U_n I = (E - Ir)I = (12 - 2I)I = 12I - 2I^2$ (2)

- Từ (1) và (2): $3mn = 12I - 2I^2$ (3)

Mà: $I = mI_d = m$ (4)

Thay (4) vào (3) ta được: $3mn = 12m - 2m^2$

$\Leftrightarrow 2m = 12 - 3n \Rightarrow m = \frac{12-3n}{2}$

n	1	2	3
m	4,5	3	1,5

Vậy: Số đèn là 6; cách mắc: 3 dãy, mỗi dãy 2 đèn.

Bài 52.

a) Cách mắc đèn

Vì 6 đèn 6V-6W tương đương với 12 đèn 3V-3W nên coi như có tất cả 24 đèn 3V-3W.

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy ($mn = 24$).

- Công suất mạch ngoài: $P_n = 24 \cdot 3 = 72W$ (1)

- Mặt khác: $P_n = UI = (E - Ir)I = (24 - 1,5I)I = 24I - 1,5I^2$ (2)

$\Leftrightarrow 1,5I^2 - 24I + 72 = 0 \Rightarrow I = 12A$ hoặc $I = 4A$.

- Mà: $I = mI_d \Leftrightarrow \begin{cases} 12 = m \cdot 1 \\ 4 = m \cdot 1 \end{cases} \Rightarrow m = 12; m = 4$.

CHUYÊN ĐỀ BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ 11

* Với $m = 12$ dây $\Rightarrow n = \frac{24}{12} = 2$ bóng: Trường hợp này chỉ có 1 cách mắc duy nhất là trên mỗi dây chỉ có 1 bóng 6V-6W hoặc 2 bóng 3V-3W.

* Với $m = 4$ dây $\Rightarrow n = \frac{24}{4} = 6$ bóng: Trường hợp này ứng với 5 cách mắc (bằng cách hoán vị giữa các bóng loại 3V - 3W và 6V - 6W).

Vậy: Có tất cả 6 cách mắc để các đèn trên sáng bình thường.

b) Công suất và hiệu suất của nguồn

- Với $m = 12 \Rightarrow P = EI = 24.12 = 288\text{W}$ và $H = \frac{U}{E} = \frac{2.3}{24} = 0,25 = 25\%$.

- Với $m = 4 \Rightarrow P = EI = 24.4 = 96\text{W}$ và $H = \frac{U}{E} = \frac{6.3}{24} = 0,75 = 75\%$.

Vậy: Công suất và hiệu suất của nguồn là 288W; 25% hoặc 96W; 75%.

Bài 53.

Gọi m là số dây, n là số nguồn trên mỗi dây, ta có: $mn = 12$.

và $E_b = nE_0 = 1,5n$; $r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{3n}{m}$.

a) Cách mắc nguồn để công suất tiêu thụ của R lớn nhất

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R+r_b} = \frac{1,5n}{6+\frac{3n}{m}} = \frac{1,5nm}{6m+3n}$.

$$\Rightarrow I = \frac{18}{6m+3n} = \frac{18m}{6m^2+3mn} = \frac{18m}{6m^2+3.12} = \frac{3m}{m^2+6}$$

- Công suất tiêu thụ trên R : $P = RI^2 = 6.(\frac{3m}{m^2+6})^2 = 6.(\frac{3}{m+\frac{6}{m}})^2$

Để $P = P_{\max}$ thì $(m+\frac{6}{m})_{\min} \Leftrightarrow m = \frac{6}{m} \Rightarrow m = 2,45$.

- Vì m nguyên nên: $m = 2 \Rightarrow n = 6$; $m = 3 \Rightarrow n = 4$.

+ Với $m = 2 \Rightarrow P_{\max} = 2,16\text{W}$.

+ Với $m = 3 \Rightarrow P_{\max} = 2,16\text{W}$.

Vậy: Để công suất tiêu thụ trên R cực đại thì phải mắc nguồn thành 2 hoặc 3 dây và $P_{\max} = 2,16\text{W}$.

b) Cách mắc để công suất tiêu hao của mỗi nguồn nhỏ nhất

- Công suất tiêu hao của mỗi nguồn: $P' = r_0.(\frac{I}{m})^2 = 3(\frac{3}{m^2+6})^2$

$$\Rightarrow P' = P'_{\min} \text{ khi } (m^2 + 6)_{\max}$$

Mà $mn = 12 \Rightarrow m_{\max} = 12$ và $n_{\min} = 1$.

Vậy: Để công suất tiêu hao của mỗi nguồn nhỏ nhất thì phải mắc nguồn thành 12 dây và:

$$P'_{\min} = 3.(\frac{3}{12^2+6})^2 = 1,2.10^{-3}\text{W} = 0,0012\text{W}$$

Bài 54.

Gọi m là số dây, n là số nguồn trên mỗi dây ($m, n \in \mathbb{N}^*$).

và $E_b = nE_0 = 1,5n$; $r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{1,5n}{m}$

- Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{12^2}{18} = 8\Omega$.

- Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{18}{12} = 1,5A$.

a) Cách mắc nguồn

Ta có: $E_b = U_d + I r_b \Leftrightarrow 1,5n = 12 + 1,5 \cdot \frac{1,5n}{m}$

$$\Leftrightarrow 1,5n \cdot (1 - \frac{1,5}{m}) = 12$$

$$\Rightarrow n = \frac{16}{2 - \frac{3}{m}} = \frac{8 \cdot (2 - \frac{3}{m}) + \frac{24}{m}}{2 - \frac{3}{m}} = 8 + \frac{24}{2m-3}$$

- Vì m, n là số nguyên dương nên (2m - 3) là ước của 24, mà (2m - 3) là số lẻ nên (2m - 3) có thể bằng 1 hoặc

$$3: \begin{cases} m = 2 \\ m = 3 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} n = 32 \\ n = 16 \end{cases}$$

Vậy: Để đèn sáng bình thường, ta cần 64 nguồn mắc thành 2 dãy hoặc 48 nguồn mắc thành 3 dãy.

b) Cách mắc có số nguồn ít nhất

- Theo câu a) thì cách mắc thành 3 dãy, mỗi dãy 16 nguồn là cách có số nguồn ít nhất: 48 nguồn.

- Công suất của mỗi nguồn: $P = E_0 \cdot \frac{I}{3} = 1,5 \cdot \frac{1,5}{3} = 0,75W$.

- Hiệu suất của nguồn: $H = \frac{P'}{P} = \frac{r_0 (\frac{I}{3})^2}{E_0 \cdot \frac{I}{3}} = \frac{r_0 I}{3E_0} = \frac{1,5 \cdot 1,5}{3 \cdot 1,5} = 0,5 = 50\%$.

Vậy: Công suất và hiệu suất của mỗi nguồn ứng với cách mắc có số nguồn ít nhất là 0,75W và 50%.

Bài 55.

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy: $mn = 60$ (m, n $\in \mathbb{N}^*$).

$$\text{và } E_b = nE = 1,5n; r_b = \frac{nr}{m} = \frac{0,6n}{m}.$$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{1,5n}{1 + \frac{0,6n}{m}} = \frac{1,5mn}{m + 0,6n}$

$$\Leftrightarrow I = \frac{90}{m + \frac{0,6 \cdot 60}{m}} = \frac{90m}{m^2 + 36} = \frac{90}{m + \frac{36}{m}}$$

a) Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P = RI^2 = \frac{90^2}{(m + \frac{36}{m})^2}$.

- Để $P = P_{\max}$ thì $(m + \frac{36}{m})_{\min} \Leftrightarrow m = 6$ (dựa vào bất đẳng thức Cô-si).

Lúc đó: $n = 10$ và $P = P_{\max} = \frac{90^2}{(6 + \frac{36}{6})^2} = 56,25W$.

Vậy: Khi công suất tiêu thụ mạch ngoài lớn nhất thì $m = 6$; $n = 10$ và $P_{\max} = 56,25W$.

b) Công suất tiêu thụ mạch ngoài: $P = \frac{90^2}{(m + \frac{36}{m})^2}$.

Để $P \geq 36W \Leftrightarrow \frac{90^2}{(m + \frac{36}{m})^2} \geq 36 \Leftrightarrow m + \frac{36}{m} \leq 15$

$$\Leftrightarrow m^2 - 15m + 36 \leq 0 \Rightarrow 3 \leq m \leq 12.$$

m	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	20	15	12	10	$\frac{60}{7}$	$\frac{15}{2}$	$\frac{20}{3}$	6	$\frac{60}{11}$	5

Vậy: Để $P \geq 36W$ thì $m = 3, 4, 5, 6, 10, 12$ và $n = 20, 15, 12, 10, 6, 5$: 6 trường hợp.

Bài 56.

a) Số nguồn cần mắc nối tiếp để thắp sáng bình thường hai đèn loại 120V-60W mắc song song

Gọi n là số nguồn cần mắc nối tiếp, ta có: $E_b = ne = 4,5n$; $r_b = nr = 3n$.

- Cường độ dòng điện qua đèn: $I = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{60}{120} = 0,5A$.

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = 2I_d = 2 \cdot 0,5 = 1A$.

- Hiệu điện thế 2 đầu của đèn: $U_d = E_b - r_b I$

$\Leftrightarrow 120 = 4,5n - 3n = 1,5n \Rightarrow n = 80$

Vậy: Cần 80 nguồn mắc nối tiếp để thắp sáng bình thường hai đèn trên.

b) Sơ đồ mắc nguồn để dòng điện qua dây lớn hơn 1A

Gọi m là số dây, n là số nguồn trên mỗi dây, ta có: $mn = 60$ ($m, n \in \mathbb{N}^*$).

và $E_b = ne = 4,5n$; $r_b = \frac{nr}{m} = \frac{3n}{m}$

- Điện trở của dây dẫn: $R = \rho \frac{l}{S} = 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2}{0,1 \cdot 10^{-6}} = 25,2\Omega$.

- Cường độ dòng điện qua dây dẫn: $I = \frac{E_b}{R+r_b} = \frac{4,5n}{25,2+\frac{3n}{m}} = \frac{4,5m \cdot n}{25,2m+3n} = \frac{270}{25,2m+3n}$

$\Leftrightarrow I = \frac{270}{25,2m+3 \cdot \frac{60}{m}} = \frac{270m}{25,2m^2+180}$

- Để dòng điện qua dây lớn hơn 1A: $I = \frac{270m}{25,2m^2+180} > 1$

$\Leftrightarrow 25,2m^2 - 270m + 180 < 0 \Rightarrow 0,714 < m < 10$.

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	60	30	20	15	12	10	$\frac{60}{7}$	$\frac{60}{8}$	$\frac{60}{9}$

Vậy: Để $I > 1A$ thì $m = 1, 2, 3, 4, 5, 6$; $n = 60, 30, 20, 15, 12, 10$: có 6 cách mắc.

Bài 57.

- Ta có: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{24}{6} = 4A$; $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{6^2}{24} = 1,5\Omega$.

Gọi m là số dây, n là số nguồn trên mỗi dây, ta có: $E_b = mE = 6m$; $r_b = \frac{mr}{n} = \frac{m}{n}$

- Mặt khác: $I = \frac{E_b}{R_d+r_b} = \frac{6m}{1,5+\frac{m}{n}}$

- Để đèn sáng bình thường thì $I = I_d = 4A$.

$\Leftrightarrow 4 = \frac{6m}{1,5+\frac{m}{n}} \Leftrightarrow 4m+6n = 6mn$

$\Rightarrow m = 1 + \frac{4}{6n-4}$

Vì m là số nguyên nên $(6n - 4)$ phải là ước số của 4 $\Rightarrow n = 1$ và $m = 3$.

Vậy: Có 3 nguồn mắc nối tiếp nhau.

Bài 58.

Ta có: $E_b = 5,2 = 10V$; $r_b = \frac{5,0,8}{m} = \frac{4}{m}$.

- Cường độ dòng điện qua đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{25}{2} = 12,5A$.

- Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{2^2}{25} = 0,16\Omega$.

- Cường độ dòng điện qua điện trở R: $I_R = \frac{U_d}{R} = \frac{2}{R}$.

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_d + I_R = 12,5 + \frac{2}{R}$.

- Hiệu điện thế hai đầu của nguồn: $U = U_d = E_b - r_b I$.

$\Leftrightarrow 2 = 10 - \frac{4}{m} \cdot (12,5 + \frac{2}{R}) \Leftrightarrow 2m = 12,5 + \frac{2}{R}$

Vì m nguyên nên $(12,5 + \frac{2}{R})$ phải chia hết cho 2. Với m nhỏ nhất thì $(12,5 + \frac{2}{R})$ nhỏ nhất:

$12,5 + \frac{2}{R} = 14 \Rightarrow m = 7$ và $R = \frac{2}{14 - 12,5} = \frac{4}{3}\Omega$

Vậy: Để đèn sáng bình thường thì giá trị nhỏ nhất của m là 7 và $R = \frac{4}{3}\Omega$.

Bài 59.

Gọi m là số dây, n là số nguồn trên mỗi dây, ta có: $mn = 32$.

và $E_b = ne = 1,5n$; $r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{1,5n}{m}$

- Cường độ dòng điện qua đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{0,75}{1,5} = 0,5A$.

- Điện trở của mỗi đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{1,5^2}{0,75} = 3\Omega$.

- Hiệu điện thế 2 đầu của bộ nguồn: $U = E_b - r_b I$

$\Leftrightarrow 12 \cdot 1,5 = 1,5n - \frac{1,5n}{m} \cdot 0,5 \Leftrightarrow 18m = 1,5m \cdot n - 0,75n$

$\Leftrightarrow 18m + 0,75n - 48 = 0 \Leftrightarrow 18m + 0,75 \frac{32}{m} - 48 = 0$

$\Leftrightarrow 18m^2 - 48m + 24 = 0 \Rightarrow m = 2$; $m = \frac{2}{3}$ (loại).

Vậy: Phải mắc nguồn thành 2 dây, mỗi dây 16 pin.

Bài 60.

Ta có: $E_b = xe = 8x$; $r_b = \frac{xr_0}{y} = \frac{2x}{y}$; với $xy = n$: tổng số acquy.

a) Số acquy ít nhất và cách mắc để đèn sáng bình thường

- Cường độ dòng điện qua đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{24}{12} = 2A$.

- Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{12^2}{24} = 6\Omega$.

- Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = \frac{E_b}{R + R_d + r_b} = \frac{8x}{2 + 6 + \frac{2x}{y}} = \frac{8x}{8 + \frac{2x}{y}} = 2A$.

$\Leftrightarrow 4x = 8 + \frac{2x}{y} \Rightarrow x = 2 + \frac{2}{2y-1}$

- Vì x là số nguyên nên $(2y-1)$ là ước số của 2: $\Rightarrow \begin{cases} 2y-1 = 1 \\ 2y-1 = 2 \end{cases} \Rightarrow y = 1; y = 1,5$ (loại)

Với $y = 1 \Rightarrow x = 4$ và $n = 4$.

Vậy: Cần ít nhất 4 acquy mắc nối tiếp để đèn sáng bình thường.

b) Số đèn tối đa và cách mắc để chúng sáng bình thường

- Cường độ dòng điện của đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{4}{4} = 1A$.

- Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{4^2}{4} = 4\Omega$.

Gọi m là số dây, n là số đèn trên mỗi dây, ta có:

+ Hiệu điện thế 2 đầu bộ đèn: $U = n.4 = 4n$.

+ Cường độ dòng điện qua bộ đèn: $I = 1.m = m$.

+ Điện trở tương đương của bộ đèn: $R = \frac{4n}{m}$.

$\Rightarrow U = E_b - r_b I \Leftrightarrow 4n = 32 - 8m \Leftrightarrow n = 8 - 2m$.

Vì m, n nguyên dương nên $(8 - 2m) > 0 \Rightarrow m < 4$.

m	1	2	3
n	6	4	2
$N = mn$	6	8	6

Vậy: Số đèn tối đa là 8 và được mắc thành 2 dây, mỗi dây 4 đèn.

Bài 61.

a) Số nguồn ít nhất và cách mắc đèn, nguồn để đèn sáng bình thường

Gọi x là số dây, y là số đèn trên mỗi dây: $xy = 8$; gọi m là số dây, n là số nguồn trên mỗi dây: $mn = k$.

- Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{3}{3} = 1A$.

- Cường độ dòng điện trong mạch: $I = xI_d = x$.

- Hiệu điện thế hai đầu bộ đèn: $U = yU_d = 3y$.

và $E_b = ne = 4n$; $r_b = \frac{nr}{m} = \frac{n}{m}$

Ta có: $E_b = U + r_b I \Leftrightarrow 4n = 3y + \frac{n}{m}.x \Leftrightarrow 4mn = 3my + nx$

Vì: $3my + nx \geq 2\sqrt{3my.nx} = 2\sqrt{24m.n} \Rightarrow 4mn \geq 2\sqrt{24mn}$

$\Rightarrow mn \geq 6$

- Từ đó: $k = k_{min} = 6$ khi $3my = nx = \frac{4mn}{2} = \frac{4.6}{2} = 12$.

$\Rightarrow n = \frac{12}{x}$

x	1	2	4	8
y	8	4	2	1
n	12	6	3	/
m	0,5	1	2	/

Vậy: Để đèn sáng bình thường, ta có thể mắc:

+ Một dây 6 nguồn và 2 dây đèn.

+ Hai dây, mỗi dây 3 nguồn và 4 dây, mỗi dây 2 đèn.

- Hiệu suất trong 2 trường hợp: $H_1 = \frac{U_1}{E_b} = \frac{3y}{4n} = \frac{3.4}{4.6} = 0,5 = 50\%$

$$H_2 = \frac{U_2}{E_b} = \frac{3y}{4n} = \frac{3.2}{4.3} = 0,5 = 50\%$$

Vậy: Hiệu suất trong 2 cách là như nhau.

b) Số đèn nhiều nhất và cách mắc đèn nguồn để đèn sáng bình thường

- Tương tự câu trên, ta có: $4mn = 3my + nx$

$$\Leftrightarrow 3my + nx \geq 2\sqrt{3mynx} = 2\sqrt{3.15xy} = 2\sqrt{45xy}$$

$$\Leftrightarrow 4mn \geq 2\sqrt{45xy} \Leftrightarrow 4.15 \geq 2\sqrt{45xy}$$

$$\Rightarrow L = xy \leq 20 \Rightarrow L_{\max} = 20$$

$$\text{Lúc đó: } 3my = nx = \frac{4mn}{2} = \frac{4.15}{2} = 30 \Rightarrow x = \frac{30}{n}.$$

n	1	3	5	15
m	15	5	3	1
x	30	10	6	2
y	/	2	/	10

Vậy: Để đèn sáng bình thường thì ta có thể mắc:

+ 1 dây 15 nguồn và 2 dây, mỗi dây 10 đèn

+ 5 dây, mỗi dây 3 nguồn và 10 dây, mỗi dây 2 đèn.

- Hiệu suất trong hai trường hợp:

$$H_1 = \frac{U_1}{E_b} = \frac{3y}{4n} = \frac{30}{4.15} = 0,5 = 50\%$$

$$H_2 = \frac{U_2}{E_b} = \frac{3y}{4n} = \frac{3.2}{4.3} = 0,5 = 50\%$$

Vậy: Hiệu suất trong 2 cách là như nhau.

Bài 62.

Gọi x là số dây, y là số đèn trên mỗi dây, ta có: $xy = 6$; gọi m là số dây, n là số nguồn trên mỗi dây, ta có: $mn = k$.

- Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{30}{30} = 1A$.

- Cường độ dòng điện trong mạch: $I = x.I_d = x$.

- Hiệu điện thế hai đầu bộ đèn: $U = y.U_d = 30y$.

$$\text{và } E_b = ne = 12n; r_b = \frac{nr}{m} = \frac{2n}{m}$$

$$\text{Ta có: } E_b = U + r_b I \Leftrightarrow 12n = 30y + \frac{2n}{m} \cdot x$$

$$\Leftrightarrow 12mn = 30my + 2nx \Leftrightarrow n(6m - x) = 15my$$

$$\Rightarrow n = \frac{15my}{6m-x} = \frac{15y}{6-\frac{x}{m}}$$

* Trường hợp 1: $x = 6, y = 1 \Rightarrow n = \frac{15}{6-\frac{6}{m}}$.

Vì n nguyên nên $(6 - \frac{6}{m})$ phải là ước số của 15.

$6 - \frac{6}{m}$	15	5	3	1
m	/	6	2	/
n	/	3	5	/

* Trường hợp 2: $x = 3, y = 2 \Rightarrow n = \frac{30}{6 - \frac{3}{m}}$.

Vì n nguyên nên $(6 - \frac{3}{m})$ phải là ước số của 30.

$6 - \frac{3}{m}$	30	15	5	3	2	1
m	/	/	3	1	/	/
n	/	/	6	10	/	/

* Trường hợp 3: $x = 2, y = 3 \Rightarrow n = \frac{45}{6 - \frac{2}{m}}$.

Vì n nguyên nên $(6 - \frac{2}{m})$ phải là ước số của 45.

$6 - \frac{2}{m}$	45	15	9	5	3	1
m	/	/	/	2	/	/
n	/	/	/	15	/	/

* Trường hợp 4: $x = 1, y = 6 \Rightarrow n = \frac{90}{6 - \frac{1}{m}}$.

Vì n nguyên nên $(6 - \frac{1}{m})$ phải là ước số của 90.

$6 - \frac{1}{m}$	90	45	30	18	15	9	6	3	2	1
m	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
n	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Vậy: Có 5 cách mắc nguồn và đèn:

- + Cách 1: Mắc 6 dãy, mỗi dãy 1 đèn; mắc 6 dãy, mỗi dãy 3 nguồn.
- + Cách 2: Mắc 6 dãy, mỗi dãy 1 đèn; mắc 2 dãy, mỗi dãy 5 nguồn.
- + Cách 3: Mắc 3 dãy, mỗi dãy 1 đèn; mắc 3 dãy, mỗi dãy 6 nguồn.
- + Cách 4: Mắc 3 dãy, mỗi dãy 2 đèn; mắc 1 dãy, mỗi dãy 10 nguồn.
- + Cách 5: Mắc 2 dãy, mỗi dãy 3 đèn; mắc 2 dãy, mỗi dãy 15 nguồn.

- Từ kết quả trên ta thấy: Cách 2 và cách 4 sử dụng ít nguồn nhất là 10 nguồn:

- Tính hiệu suất: Ta có: $H = \frac{U}{E} = \frac{30y}{12n}$.

+ Cách 1: $H_1 = \frac{30.1}{12.3} = 0,83 = 83\%$.

+ Cách 2: $H_2 = \frac{30.1}{12.5} = 0,5 = 50\%$.

+ Cách 3: $H_3 = \frac{30.2}{15.6} = 0,67 = 67\%$.

+ Cách 4: $H_4 = \frac{30.2}{15.10} = 0,4 = 40\%$.

+ Cách 5: $H_5 = \frac{30.3}{15.15} = 0,4 = 40\%$.

Vậy: Cách có hiệu suất cao nhất là cách 1.

Bài 63.

Gọi m là số đèn mắc song song.

Ta có: Công suất của nguồn bằng tổng công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất hao phí ở trong nguồn:

$$P_n = mP_d + I^2(R + r) \quad (1)$$

với: $I = mI_d \Rightarrow P_n = mP_d + m^2 \cdot \frac{P_d}{R_d} (R + r)$

$$\Leftrightarrow 12000 = mP_d + m^2 \cdot \frac{P_d(4+2)}{288}$$

$$\Leftrightarrow \frac{P_d}{48} \cdot m^2 + P_d \cdot m - 12000 = 0 \quad (2)$$

Vì công suất tiêu thụ của mỗi đèn chênh lệch không quá 4% công suất định mức nên:

$$(50 - 0,04 \cdot 50) \leq P_d \leq (50 + 0,04 \cdot 50)$$

$$\Leftrightarrow 48 \leq P_d \leq 52$$

+ Thay $P_d = 48W$ vào (2), ta được: $m^2 + 48m - 12000 = 0$

$$\Rightarrow m_1 = 88,14; m_2 = -136,14 < 0 \text{ (loại)}$$

+ Thay $P_d = 52W$ vào (2), ta được: $\frac{52}{48}m^2 + 52m - 12000 = 0$

$$\Rightarrow m'_1 = 83,9; m'_2 = -131,9 < 0 \text{ (loại)}$$

$$\Rightarrow 83,9 \leq m \leq 88,14$$

Vì m nguyên nên $m = 84, 85, 86, 87, 88$.

Vậy: Để công suất tiêu thụ mỗi đèn chênh lệch không quá 4% công suất định mức thì $m = 84, 85, 86, 87, 88$.

b) Suất điện động của nguồn thay đổi trong khoảng nào?

Ta có: $P_{ng} = EI = \frac{E^2}{R_N + r} \Rightarrow E = \sqrt{P_{ng}(R_N + r)}$, với $R_N = R + \frac{R_d}{m}$.

- Với $m = 84 \Rightarrow R_N = 4 + \frac{288}{84}$.

$$\Rightarrow E = \sqrt{12000 \cdot (4 + \frac{288}{84} + 2)} \approx 336,4V.$$

- Với $m = 88 \Rightarrow R_N = 4 + \frac{288}{88}$

$$\Rightarrow E = \sqrt{12000 \cdot (4 + \frac{288}{88} + 2)} \approx 333,6V.$$

Vậy: Suất điện động của nguồn thay đổi trong khoảng: $333,6V \leq E \leq 336,4V$.

Bài 64.

Gọi R_1, R_2 lần lượt là điện trở của đèn 1 và đèn 2; I_1, I_2 lần lượt là dòng điện định mức của đèn 1 và đèn 2; r là điện trở trong của acquy.

- Ta có: $P_1 = P_d + I_1^2 r \quad (1)$

$P_2 = P_d + I_2^2 r \quad (2)$

- Mặt khác: $I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2 \Rightarrow I_2^2 = I_1^2 \frac{R_1}{R_2}$.

- Thay vào (2), ta được: $P_2 = P_d + I_1^2 r \cdot \frac{R_1}{R_2}$ (3)

- Từ (1) suy ra: $I_1^2 r = P_1 - P_d$ (4)

- Thay vào (3), ta được: $P_2 = P_d + (P_1 - P_d) \frac{R_1}{R_2}$

$$\Leftrightarrow 4 = P_d + (6 - P_d) \frac{R_1}{R_2} \Leftrightarrow 4 = P_d + 6 \frac{R_1}{R_2} - P_d \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow P_d = \frac{4 - 6 \frac{R_1}{R_2}}{1 - \frac{R_1}{R_2}}$$

- Mặt khác: $I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2 \Leftrightarrow \left(\frac{P_1}{E}\right)^2 R_1 = \left(\frac{P_2}{E}\right)^2 R_2$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{P_2^2}{P_1^2} = \frac{4^2}{6^2} = \frac{4}{9} \Rightarrow P_d = \frac{4 - 6 \cdot \frac{4}{9}}{1 - \frac{4}{9}} = 2,4W.$$

Vậy: Công suất định mức của mỗi đèn là $P_d = 2,4W$.

b) Công suất lớn nhất mà acquy có thể cung cấp cho mạch ngoài

- Công suất của acquy: $P = UI = (E - Ir)I = EI - rI^2$.

$$\Rightarrow P = \frac{EE}{r+R_N} - r \frac{E^2}{(r+R_N)^2} = E^2 \left(\frac{1}{r+R_N} - \frac{r}{(r+R_N)^2} \right) = \frac{E^2 R_N}{(r+R_N)^2}$$

$$\Rightarrow P = P_{\max} \Leftrightarrow r = R_N \text{ (} R_N \text{ là điện trở mạch ngoài)}$$

Khi đó: $P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$, với $E = \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow P_{\max} = \frac{P_1^2}{4I_1^2 r}$.

- Từ (4) ở câu a, ta có: $I_1^2 r = P_1 - P_d = 6 - 2,4 = 3,6W$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{6^2}{4 \cdot 3,6} = 2,5W$$

Vậy: Công suất lớn nhất mà acquy có thể cung cấp cho mạch ngoài là $P_{\max} = 2,5W$.

Bài 65.

- Khi không có nguồn E_2 , mạch ngoài gồm $[R_1 \text{ nt } (R_2 // R_3)]$: Công suất nguồn E_1 :

$$P_1 = E_1 I_1 = \frac{E_1^2}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} \Leftrightarrow P_1 = \frac{E_1^2}{R_1 + \frac{2R_1 \cdot 3R_1}{5R_1}}$$

$$\Rightarrow P_1 = \frac{E_1^2}{2,2R_1} = 55 \quad (1)$$

- Khi không có nguồn E_1 , mạch ngoài gồm $[R_1 \text{ nt } (R_2 // R_3)]$: Công suất nguồn E_2 :

$$P_2 = E_2 I_2 = \frac{E_2^2}{R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}} \Leftrightarrow P_2 = \frac{E_2^2}{2R_1 + \frac{R_1 \cdot 3R_1}{4R_1}}$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{E_2^2}{2,75R_1} = 176 \quad (2)$$

- Lấy (2) : (1), ta được: $\frac{E_2^2}{E_1^2} = \frac{176 \cdot 2,75}{55 \cdot 2,2} = 4 \Rightarrow E_2 = 2E_1$ (3)

- Khi có cả 2 nguồn, giả sử dòng điện trong mạch có chiều như hình vẽ:

Ta có: $I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1}$ (4)

$I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2}$ (5)

$I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3}$ (6)

mà: $I_1 + I_2 = I_3 \Leftrightarrow \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} + \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} = \frac{U_{AB}}{R_3}$

$\Leftrightarrow U_{AB} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2}$

$\Leftrightarrow U_{AB} \cdot \frac{11}{6R_1} = \frac{E_1}{R_1} + \frac{2E_1}{2R_1} = \frac{2E_1}{R_1}$

$\Rightarrow U_{AB} = \frac{12}{11} E_1$ (7)

Thay (7) vào (4), (5), (6), ta được: $I_1 = \frac{E_1 - \frac{12}{11}E_1}{R_1} = \frac{-E_1}{11R_1}$

$I_2 = \frac{2E_1 - \frac{12}{11}E_1}{2R_1} = \frac{5E_1}{11R_1}; I_3 = \frac{\frac{12}{11}E_1}{3R_1} = \frac{4E_1}{11R_1}$

- Công suất nhiệt trên toàn mạch: $P = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2$

$\Leftrightarrow P = R_1 \frac{E_1^2}{121R_1^2} + 2R_1 \cdot \frac{25E_1^2}{121R_1^2} + 3R_1 \cdot \frac{16E_1^2}{121R_1^2} = \frac{E_1^2}{R_1} \left(\frac{1}{121} + \frac{50}{121} + \frac{48}{121} \right)$

$\Rightarrow P = \frac{E_1^2}{R_1} \cdot \frac{99}{121}$

- Từ (2), ta có: $\frac{E_1^2}{R_1} = 121 \Rightarrow P = 121 \cdot \frac{99}{121} = 99W$.

- Công suất của máy phát: $P_2 = E_2 I_2 = 2E_1 \cdot \frac{5}{11} \cdot \frac{E_1}{R_1} = \frac{10}{11} \cdot \frac{E_1^2}{R_1} = \frac{10}{11} \cdot 121 = 110W$.

Ta thấy $I_1 < 0$ nên phải đổi chiều dòng I_1 , vậy nguồn E_1 là máy thu, E_2 là máy phát. Do đó 2 giá trị công suất này khác nhau.

Vậy: Khi có cả hai nguồn thì công suất nhiệt trên toàn mạch là $P = 99W$; công suất máy phát là $P_2 = 110W$.

Bài 66.

a) Điện trở của ampe kế và của vôn kế

Gọi I là cường độ dòng điện trong mạch chính. Ta có:

$E = I(r + R) + R_2(I - I_A) + U_V$

$\Leftrightarrow 80 = 48I + 40(I - 0,8) + 24 \Rightarrow I = I_A$

Và $U_{AB} = (I - I_A)R_2 + U_V = 32V$

$\Rightarrow R_A = \frac{U_{AB}}{I_A} - R_1 = \frac{32}{0,8} - 30 = 10\Omega$

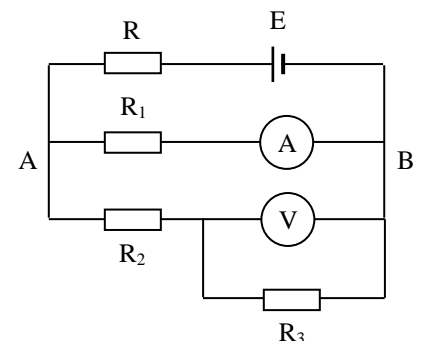
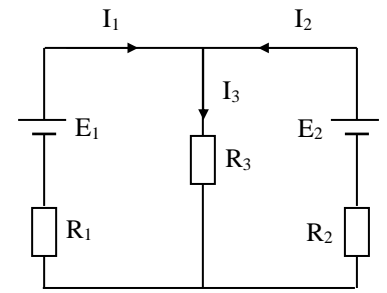
Và $R_V = \frac{U_V}{I_V} = \frac{U_V}{I - I_A - \frac{U_V}{R_3}} = \frac{24}{1 - 0,8 - \frac{24}{150}} = 600\Omega$

Vậy: Điện trở của ampe kế và vôn kế là $R_A = 10\Omega$ và $R_V = 600\Omega$.

b) Tính R

Ta có: $R_{AB} = \frac{U_{AB}}{I} = 32\Omega; R_N = \frac{32R}{32 + R}$ (1)

- Trường hợp công suất tiêu thụ trên điện trở mạch ngoài đạt cực đại



+ Công suất P của điện trở mạch ngoài: $P = EI - rI^2$.

Hay $rI^2 - EI + P = 0$

$$\Delta = E^2 - 4rP \geq 0 \Rightarrow P_{\max} = \frac{E^2}{4r}$$

+ Mặt khác: $P = R_N \frac{E^2}{(R_N + r)^2} = P_{\max}$ khi $R_N = r$ (2)

+ Từ (1) và (2): $\frac{32R}{32 + R} = r = 48 - R \Rightarrow R = 32\Omega$

- Trường hợp công suất tiêu thụ trên điện trở R đạt cực đại

+ Gọi I' là cường độ dòng điện qua R ; I_3 là cường độ dòng điện qua đoạn mạch AB có chứa $R_1, R_2, R_A,$

R_3 . Ta có:

$$I' = I - I_3 \Leftrightarrow \frac{E' - U_{AB}}{r'} = \frac{E - U_{AB}}{r} - \frac{U}{R_{AB}}$$

$$\text{Với } E' = E \frac{R_{AB}}{R_{AB} + r} = 80 \frac{32}{32 + r}; r' = \frac{R_{AB}r}{R_{AB} + r} = \frac{32r}{32 + r}$$

(E' ; r' là suất điện động và điện trở trong của nguồn tương đương)

+ Công suất tiêu thụ trên R cực đại khi: $R = r'$.

$$\Leftrightarrow 48 - r = \frac{32r}{32 + r} \Rightarrow r = 32\Omega; R = 48 - r = 48 - 32 = 16\Omega.$$

Vậy: Giá trị của R trong hai trường hợp trên là 32Ω và 16Ω .

Bài 67.

- Sau khi K chuyển sang vị trí 2 lần thứ nhất, cả hai tụ tích điện. Ta có:

+ Hiệu điện thế và điện tích trên mỗi tụ là: $U_1 = U_2 = \frac{E}{2}$; $q_1 = q_2 = \frac{CU}{2}$

+ Điện lượng chuyển qua nguồn chính là q nên công của nguồn là: $A = qE = \frac{CE^2}{2}$

+ Năng lượng của hai tụ điện là: $W = 2 \frac{q^2}{2C} = \frac{CE^2}{4}$.

+ Nhiệt lượng tỏa ra trong nguồn: $Q_1 = A - W = \frac{CE^2}{2} - \frac{CE^2}{4} = \frac{CE^2}{4}$ (1)

- Khi K chuyển sang vị trí 1 thì C_1 phóng điện qua R . Sau thời gian đủ lớn thì C_2 phóng hết điện, điện tích tụ C_1 vẫn là $q_1 = q$. Sau khi K lại chuyển sang vị trí 2 thì cả hai tụ lại được nạp điện tiếp. Điện lượng chuyển qua nguồn lúc này là q' nên:

+ Tụ C_1 được nạp thêm điện tích q' nên điện tích của tụ C_1 là $q + q'$ và điện tích tụ C_2 là q' .

+ Hiệu điện thế mỗi tụ là: U'_1, U'_2 : $U'_1 + U'_2 = E = \frac{q + q'}{C_1} + \frac{q'}{C_2}$.

$$\text{Với: } q = \frac{CE}{2} \Rightarrow q' = \frac{CE}{4}$$

+ Gọi Q_2 là nhiệt lượng tỏa ra trong nguồn. Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có:

$$A' + W = W'_1 + W'_2 + Q_2$$

$$\Leftrightarrow q'E + \frac{q^2}{2C} = \frac{q + q'}{2C} + \frac{q'^2}{2C} + Q_2 \Rightarrow Q_2 = \frac{CE^2}{16}$$
 (2)

- Từ (1) và (2): $\frac{Q_1}{Q_2} = 4$.

Vậy: Tỷ số nhiệt lượng tỏa ra bên trong nguồn sau khi K được chuyển sang vị trí 2 lần thứ nhất và lần thứ hai

là $\frac{Q_1}{Q_2} = 4$.

Bài 68.

a) Biểu thức tính U

Ta có: $\frac{U}{U'} = \frac{R_{AC}}{R_{CB}}$ (1)

Và $U_0 = U + U'$ (2)

- Từ (1) và (2): $U = U_0 \frac{R_{AC}}{R_{AC} + R_{CB}} = \frac{U_0}{1 + \frac{R_{CB}}{R_{AC}}}$ (3)

Với $R_X = R_0 \frac{x}{l}$; $R_{CB} = R_0 \frac{l-x}{l}$; $R_{AC} = \frac{R_X r}{R_X + r} = \frac{R_0 r x}{r l + R_0 x}$ (4)

- Thay (4) vào (3): $U = U_0 \frac{r x}{r l + R_0 (l-x) \frac{x}{l}} = U_0 \frac{x}{l \left(1 + \frac{R_0}{r} (l-x) \frac{x}{l^2} \right)}$ (5)

- Xét trường hợp: $r \gg R_0$ hay $\frac{R_0}{r} \ll 1$, ta được: $U = U_0 \frac{x}{l}$.

b) Xác định vị trí x_0 và công suất không đổi

Ta có: $R_{CB} = R_0 - R_X$

Và $I = \frac{U_0}{\frac{r R_X}{r + R_X} + R_0 - R_X} = \frac{U_0 (r + R_X)}{R_0 R_X - R_X^2 + r R_0}$ (6)

Mặt khác: $I_X = \frac{r}{r + R_X} I = \frac{U_0 r}{R_0 R_X - R_X^2 + r R_0}$ (7)

- Công suất tiêu thụ trên R_X : $P_X = R_X I_X^2 = \frac{R_X U_0^2 r^2}{(R_0 R_X - R_X^2 + r R_0)^2}$ (8)

$\Leftrightarrow \frac{dP_X}{dR_X} = U_0^2 r \frac{(R_0 R_X - R_X^2 + r R_0)^2 - 2 R_X (R_0 R_X - R_X^2 + r R_0) (R_0 - 2 R_X)}{(R_0 R_X - R_X^2 + r R_0)^4}$

Hay $\frac{dP_X}{dR_X} = U_0^2 r \frac{3 R_X^2 - R_0 R_X + r R_0}{(R_0 R_X - R_X^2 + r R_0)^3}$

$\frac{dP_X}{dR_X} = 0 \Leftrightarrow 3 R_X^2 - R_0 R_X + r R_0 = 0$

$\Rightarrow R_X = \frac{1}{6} [R_0 \pm \sqrt{R_0 (R_0 - 12r)}]$

- Lập biến thiên

R_x	0	R_{x1}	R_{x2}	∞	
$\frac{dP_x}{dR_x}$	+	0	-	0	+
P_x		P_{xmax}	P_{xmin}		

- Với $U_0 = 180V$, $r = 30\Omega$, $R_0 = 100\Omega$, $l = 100cm$. Ta được:

$R_{X1} = \frac{10}{3}\Omega$ và $R_{X2} = 30\Omega$

Và $x = \frac{R_X}{R_0} l \Rightarrow x_1 = \frac{10}{3}cm$; $x_2 = 30cm$

- Thay các giá trị R_0 , R_X , U_0 , r vào (8), ta được các giá trị tương ứng của P_X là:

$$P_{x(\max)} = 2,51\text{W} \text{ và } P_{x(\min)} = 1,52\text{W}$$

Vậy: Các giá trị của x và các công suất không đổi tương ứng là $x_1 = \frac{10}{3}\text{cm}$; $x_2 = 30\text{cm}$ và $P_{x(\max)} = 2,51\text{W}$ và $P_{x(\min)} = 1,52\text{W}$

Bài 69.

- Khi tích điện cho tụ điện đến hiệu điện thế $U = E$, điện lượng qua mạch $q = CE$. Nguồn điện thực hiện một công: $A = qE = CE^2$.

- Năng lượng được dự trữ trong tụ điện là: $W_C = \frac{1}{2}CE^2$.

- Như vậy, một nửa công của nguồn điện biến thành năng lượng dự trữ trong tụ điện, nửa còn lại dùng để đốt nóng dây đốt R và chính nguồn điện, với:

$$W_1 = RI^2\Delta t \text{ và } W_2 = rI^2\Delta t$$

$$\Rightarrow \frac{W_1}{W_2} = \frac{r}{R} \text{ và } W_1 + W_2 = \frac{1}{2}CE^2$$

$$\text{- Từ đó: } W_1 = \frac{1}{2}CE^2 \cdot \frac{R}{R+r}; W_2 = \frac{1}{2}CE^2 \cdot \frac{r}{R+r}.$$

- Khi tụ điện phóng điện, trong dây đốt R lại tỏa thêm một năng lượng: $W_C = \frac{1}{2}CE^2$. Do đó, trong một chu kỳ dao động của khóa K , năng lượng tổng cộng tỏa ra trên dây đốt R là: $W = \frac{1}{2}CE^2(1 + \frac{R}{R+r})$

- Công suất dòng điện trong dây đốt R là: $P = \frac{1}{2}CE^2(1 + \frac{R}{R+r})$, f là tần số ngắt của khóa K trong 1s.

$$\Leftrightarrow P = 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^2 (1 + \frac{10}{10+100}) = 11\text{W}$$

$$\text{- Hiệu suất của mạch là: } H = \frac{W}{A} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{R}{R+r} \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{10}{10+100} \right) = 0,545 = 54,5\%.$$

$$\text{- Khi mắc trực tiếp } R \text{ với nguồn điện, trong mạch sẽ có dòng điện: } I = \frac{E}{R+r}.$$

$$\text{- Công suất của nguồn điện: } P' = EI = \frac{E^2}{R+r}.$$

$$\text{- Công suất của dòng điện trong dây đốt } R: P'' = RI^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2} = \frac{10 \cdot 100^2}{(10+100)^2} = 8,26\text{W}.$$

$$\text{- Hiệu suất của mạch lúc này là: } H' = \frac{R}{R+r} = \frac{10}{10+100} = 0,09 = 9\%.$$

$$\Rightarrow H' \ll H$$

Vậy: Hiệu suất của mạch trong hai trường hợp là $H = 54,5\%$ và $H' = 9\%$. Công suất trung bình của dòng điện trong dây đốt trong hai trường hợp là $P = 11\text{W}$ và $P'' = 8,26\text{W}$.

Bài 70.

$$\text{- Vì } (R // r') \text{ nên } R_{AB} = \frac{Rr'}{R+r'} \Rightarrow I_{AB} = \frac{U}{\frac{Rr'}{R+r'} + r}.$$

$$\text{Do đó: } U_{AB} = I_{AB}R_{AB} = \frac{U}{\frac{Rr'}{R+r'} + r} \cdot \frac{Rr'}{R+r'} = \frac{URr'}{R(r+r') + rr'}.$$

$$\text{Và } P = \frac{U_{AB}^2}{R} = \frac{U^2 R r'^2}{[R(r+r') + rr']^2}.$$

$$\text{Đặt: } y = f(R) = \frac{R}{[R(r+r') + rr']^2} \Rightarrow y' = \frac{r^2 r'^2 - R^2 (r+r')^2}{[R(r+r') + rr']^4}.$$

Như vậy, nếu $y' = 0$ thì y đạt cực trị; y và P hầu như không đổi khi R biến thiên nhỏ quanh giá trị:

$$R_0 = \frac{r r'}{r + r'} \text{ ứng với giá trị } P_0 = \frac{U^2 r'}{4r(r + r')}$$

$$\text{- Thay số: } 100 = \frac{80^2 r}{4r \cdot 2r} = \frac{800}{r} \Rightarrow r = 8\Omega; R_0 = \frac{8^2}{2 \cdot 8} = 4\Omega; R_{AB} = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = \frac{8}{3}\Omega.$$

$$\text{Và } I_{AB} = \frac{80}{\frac{4 \cdot 8}{4 + 8} + 8} = 7,5A; P = \frac{80^2 \cdot 4 \cdot 8^2}{[4 \cdot (8 + 8) + 8 \cdot 8]^2} = 600W.$$

Vậy: Công suất tỏa ra trên toàn mạch điện là $P = 600W$.

Bài 71.

a) Điện trở của biến trở và dòng điện cực đại để hiệu suất của hệ thống không nhỏ hơn 0,6

- Sơ đồ mạch điện như hình vẽ:

$$\text{- Từ sơ đồ mạch điện, ta có: } I = \frac{U_0}{R_0} + \frac{U_0}{R - R_x} \quad (1)$$

$$\text{Và } U - U_0 = IR_x \quad (2)$$

$$\text{Hiệu suất: } H = \frac{P_d}{P_{ng}} = \frac{U_0^2}{R_0 UI} \quad (3)$$

$$(P_d = \frac{U_0^2}{R_0}: \text{ công suất đèn; } P_{ng} = UI: \text{ công suất}$$

nguồn; $U = e$)

$$\text{- Từ (3): } I = \frac{U_0^2}{R_0 UH} \quad (4)$$

- Vì U_0, R_0, U xác định nên $I = I_{\max}$ khi $H = H_{\min} = H_0$. Vì vậy dòng điện mà biến trở phải chịu để hiệu suất

không nhỏ hơn H_0 phải nhỏ hơn dòng điện I' , với: $I' = \frac{U_0^2}{R_0 UH_0} = \frac{4,5^2}{2 \cdot 6 \cdot 0,6} = 2,81A$

- Thay biểu thức của I ở (4) vào (1) và (2) ta được:

$$\frac{U_0}{R_0 UH} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R - R_x} \quad (5)$$

$$U - U_0 = \frac{R_x U_0^2}{R_0 UH} \quad (6)$$

$$\text{- Từ (5) và (6), ta được: } R = R_0 \frac{U}{U_0} \cdot \frac{[1 - H(\frac{U}{U_0} - 1)]}{(\frac{U_0}{UH} - 1)}.$$

$$\Rightarrow \frac{dR}{dH} = R_0 \frac{U}{U_0} \cdot \frac{1}{H^2 (\frac{U_0}{UH} - 1)^2} \cdot \left[\left(\frac{U}{U_0} - 1 \right) H^2 + 2 \left(\frac{U_0}{U} - 1 \right) H + \frac{U_0}{U} \right]$$

$$\text{- Xét tam thức: } f(H) = \left(\frac{U}{U_0} - 1 \right) H^2 + 2 \left(\frac{U_0}{U} - 1 \right) H + \frac{U_0}{U}, \text{ ta thấy: } \Delta' = \left(\frac{U_0}{U} - 1 \right)^2 - \frac{U_0}{U} \left(\frac{U}{U_0} - 1 \right) = \frac{U_0}{U} \left(\frac{U_0}{U} - 1 \right) < 0$$

$$\Rightarrow \frac{dR}{dH} > 0: \text{ Hàm số } R = R(H) \text{ là hàm đồng biến đối với } H \text{ nên để } H \geq H_0 = 0,6 \text{ thì:}$$

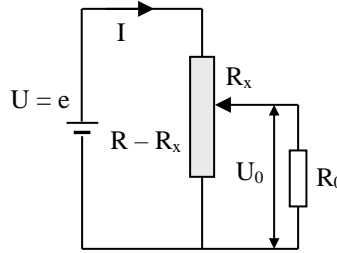
$$R \geq R_0 \frac{U}{U_0} \cdot \frac{[1 - H_0(\frac{U}{U_0} - 1)]}{(\frac{U_0}{UH_0} - 1)} = 2 \cdot \frac{6}{4,5} \cdot \frac{[1 - 0,6(\frac{6}{4,5} - 1)]}{(\frac{4,5}{6 \cdot 0,6} - 1)} = 8,53\Omega$$

Vậy: Để hiệu suất của hệ thống không nhỏ hơn 0,6 thì điện trở của biến trở phải không nhỏ hơn 8,53Ω.

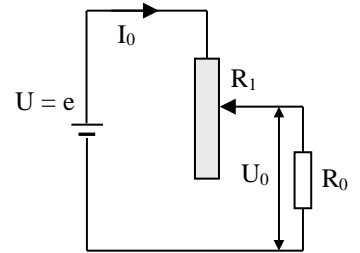
b) Hiệu suất cực đại có thể đạt được của hệ thống

- Từ (3): $H = H_{\max}$ khi $I = I_{\min} = I_0$, giá trị này đạt được khi toàn bộ dòng điện I chạy qua đèn:

$$I = I_0 = \frac{U_0}{R_0} \text{ (hình b)}$$



Hình a



Hình b

$$\text{và } H_{\max} = \frac{U_0^2}{R_0 U I_0} = \frac{U_0}{U} = \frac{4,5}{6} = 0,75 = 75\%$$

- Điện trở của phần biến trở có dòng điện chạy qua là:

$$R_1 = \frac{U - U_0}{I_0} = \frac{U - U_0}{U_0} R = \left(\frac{U}{U_0} - 1 \right) R = \left(\frac{6}{4,5} - 1 \right) \cdot 2 \approx 0,66 \Omega$$

Vậy: Hiệu suất cực đại có thể đạt được của hệ thống là $H_{\max} = 75\%$ và mắc chúng theo cách b để đạt được hiệu suất cực đại ấy.

Chuyên đề 10: MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

- Mạch điện *tuyến tính* là mạch điện mà các phần tử của mạch có các thông số (R, L, C, \dots) có trị số không phụ thuộc vào các đại lượng như cường độ dòng điện hoặc hiệu điện thế. Đường đặc tuyến vôn – ampe của mạch điện tuyến tính tuyến là các đường thẳng.

- Mạch điện *phi tuyến* là mạch điện mà các phần tử của mạch có các thông số (R, L, C, \dots) có trị số phụ thuộc vào các đại lượng như cường độ dòng điện hoặc hiệu điện thế. Đường đặc tuyến vôn – ampe của mạch điện phi tuyến không phải là các đường thẳng.

* **Chú ý:** Trong mạch phi tuyến không có tính chất chồng chất các trạng thái điện.

II. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP GIẢI CÁC BÀI TOÁN MẠCH PHI TUYẾN

1. Phương pháp đồ thị: Nội dung phương pháp:

- Từ bảng số liệu đề bài cho, vẽ đặc tuyến của mạch.
- Từ đặc tuyến vẽ được, xác định điểm làm việc (hoạt động) của mạch theo dữ kiện của bài toán.

2. Phương pháp giải tích: Nội dung phương pháp:

- Biểu diễn gần đúng đặc tính các phần tử phi tuyến bằng một hàm giải tích. Ví dụ, với điện trở phi tuyến (varixto: $I = kU^2$); tri-ôt điện tử: $I = a_0 + a_1 U + a_2 U^2 + \dots$
- Thay các hàm trên vào các phương trình mạch điện và giải để xác định các đại lượng cần tìm.

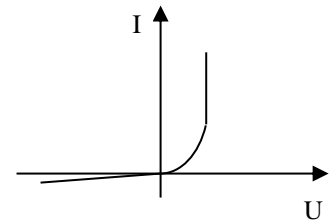
3. Phương pháp dựa vào đặc tuyến của các đại lượng trong mạch: Nội dung phương pháp là dựa vào đặc tuyến của các đại lượng trong mạch suy ra đặc tính của mạch. Ví dụ, dựa vào đặc tính “đóng, mở” của đi-ôt và áp dụng định luật Ôm để tìm lời giải cho bài toán.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

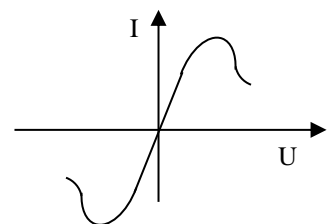
- Nhận dạng mạch phi tuyến:

- + Hàm giải tích $U = U(I)$ không có dạng tuyến tính $U = kI, k = \text{const}$.
- + Đường đặc tuyến vôn-ampe không phải là đường thẳng tuyến tính.
- + Đề bài cho có “phần tử phi tuyến”, mạch có: đi-ôt, tri-ôt, nhiệt điện trở,...

- Lựa chọn phương pháp phù hợp để lời giải bài toán được đơn giản.



Đặc tuyến vôn-ampe của đi-ôt



Đặc tuyến vôn-ampe của nhiệt điện trở

- Kết hợp với các định luật Ôm cho mạch điện để giải.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một đèn dây tóc có điện trở phụ thuộc vào nhiệt độ. Sự phụ thuộc vào cường độ dòng điện qua đèn và hiệu điện thế đặt vào đèn được cho trong bảng sau:

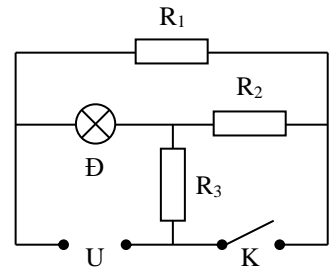
U(V)	0	20	25	60	110
I(A)	0	4	5	9	10

a) Vẽ đặc tuyến vôn-ampe của đèn.

b) Đèn được mắc vào mạch với các phần tử khác theo sơ đồ: $U = 100V$; $R_1 = 14\Omega$; $R_2 = 36\Omega$; $R_3 = 18\Omega$.

- Tính điện trở của đèn khi khóa K mở và khi khóa K đóng.

- Biết hệ số nhiệt của điện trở đèn là $3 \cdot 10^{-4} K^{-1}$. Hỏi nhiệt độ của đèn khi khóa K đóng và mở chênh nhau bao nhiêu độ?

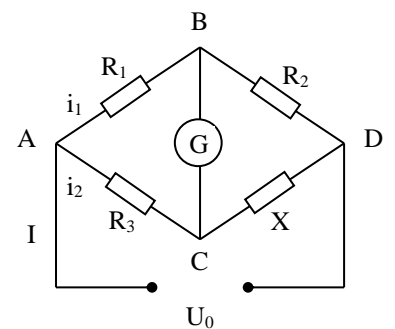


Bài 2. Trong mạch cầu ở hình vẽ: $R_1 = 2\Omega$; $R_2 = 4\Omega$; $R_3 = 1\Omega$; X là một varistor (điện trở không tuyến tính) có dòng điện i phụ thuộc vào hiệu điện thế U đặt vào hai đầu varistor theo công thức: $i_x = kU_x^2$.

a) Vẽ đường đặc trưng vôn – ampe $U_x = f(i_x)$ của varistor. Gọi $R_x = \frac{dU_x}{di_x}$ là điện trở tức thời của varistor. Có thể nói gì về điện trở này khi i biến thiên từ 0 đến ∞ .

b) Biết $k = 0,25(A/V^2)$ nếu i đo bằng A (ampe), U đo bằng V (vôn). Người ta điều chỉnh hiệu điện thế $U_0 = U_{AD}$ để cầu cân bằng (dòng điện qua điện kế bằng 0). Tính công suất điện P tiêu thụ trên varistor; tính các dòng điện i_1 , i_2 và hiệu điện thế U_0 .

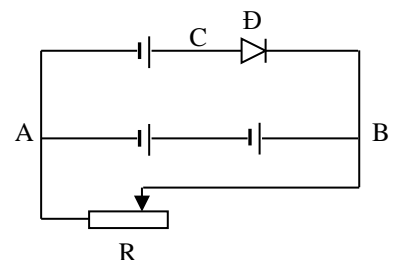
c) R_1 , R_2 , R_3 và k có giá trị bất kì. Tính U_0 để cầu được cân bằng; tính dòng điện I trong mạch chính và R_x khi đó. Thay X bằng một biến trở R ta có cầu Uýt-xton; hãy nêu sự giống nhau và khác nhau giữa cầu Uýt-xton và cầu nghiên cứu trong bài này.



(Trích đề thi học sinh giỏi Quốc gia, năm học 1990 - 1991)

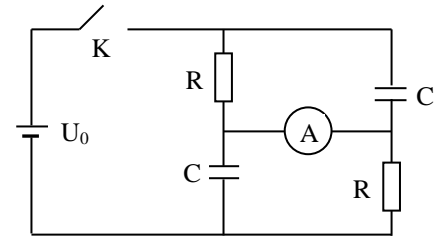
Bài 3. Trong sơ đồ ở hình vẽ, các pin đều có suất điện động e và điện trở trong r . Điện trở của biến trở có giá trị R . Các dây nối có điện trở không đáng kể. Đ là một đi-ốt lí tưởng (nếu $V_B > V_C$ thì điện trở của đi-ốt vô cùng lớn; còn nếu $V_B \leq V_C$ thì điện trở của đi-ốt bằng 0 và cho dòng điện chạy qua từ C đến B).

Tính hiệu điện thế ở hai đầu biến trở khi R giảm từ lớn xuống nhỏ. Có một giá trị đặc biệt R_0 của R , hãy xác định giá trị R_0 này.



(Trích đề thi chọn học sinh giỏi Quốc gia, năm học 1984-1985)

Bài 4. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ: $R = 100\Omega$; $C = 10\mu F$; $U_0 = 10V$. Khóa K đóng trong thời gian $\Delta t_1 = 10^{-2}s$ và mở trong thời gian $\Delta t_2 = 2.10^{-2}s$. Với chế độ đóng ngắt tuần hoàn như trên, kim ampe kế gần như không rung. Tính số chỉ của ampe kế. Điện trở trong của nguồn điện và điện trở của ampe kế không đáng kể.

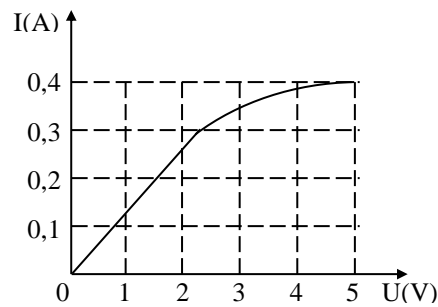


(Trích Đề thi Olympic, Nga - 1986)

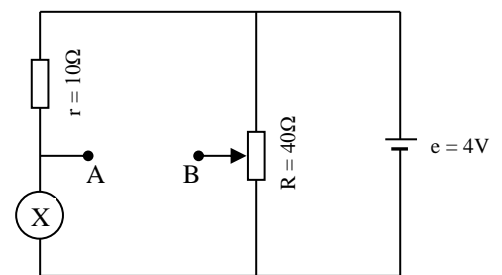
Bài 5. Đồ thị trên hình a là đặc tuyến vôn – ampe của bóng đèn. Bóng đèn được mắc trong mạch điện như trên sơ đồ hình b.

- Xác định cường độ dòng điện chạy qua bóng đèn bằng đồ thị.
- Với giá trị nào của con chạy biến trở thì hiệu điện thế giữa hai điểm A và B bằng 0.

c) Với giá trị nào của con chạy biến trở, hiệu điện thế giữa hai điểm A và B hầu như không thay đổi khi biến đổi không nhiều suất điện động của pin. Bỏ qua điện trở trong của pin.



Hình a

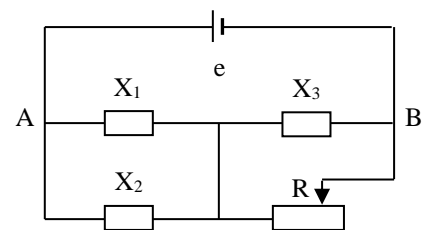


Hình b

(Trích đề thi Olympic, Nga - 1985)

Bài 6. Ba dụng cụ phi tuyến giống nhau có cường độ dòng điện I qua mỗi dụng cụ phụ thuộc vào hiệu điện thế U giữa hai cực của nó theo quy luật $I = kU^2$ ($k = \text{const}$) và được lắp vào mạch điện như hình vẽ: R là biến trở, $e = 2V$, $r = 0$, $k = 0,05(A/V^2)$.

- Phải điều chỉnh cho biến trở có giá trị bằng bao nhiêu để công suất tỏa nhiệt trên biến trở đạt cực đại?
- Tháo bỏ X_3 , điều chỉnh cho giá trị biến trở là 20Ω . Cường độ dòng điện qua đoạn mạch AB phụ thuộc vào suất điện động e như thế nào?

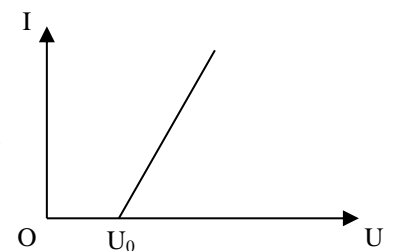
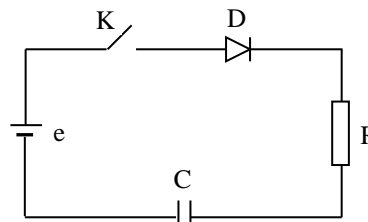


(Trích đề thi Olympic, Phần Lan - 1995)

Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ: nguồn điện có suất điện động e , điện trở trong r không đáng kể. Điện trở có giá trị R , tụ điện có giá trị C , cường độ dòng điện qua đi-ốt D phụ thuộc vào hiệu điện thế đặt vào đi-ốt như sau:

$$I = \begin{cases} 0, & U < U_0 \\ k(U - U_0), & U \geq U_0 \end{cases}$$

Với $U_0 < E$, k là một hằng số dương. Đường đặc tuyến vôn-ampe của đi-ốt có dạng như hình bên.



Tính nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R khi khóa K đang mở thì đóng lại.

(Trích đề thi Olympic, Canada - 1980)

D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

a) Đặc tuyến vôn-ampe của đèn

b) Khi đèn được mắc vào mạch điện:

- Điện trở của đèn khi khóa K mở và khi khóa K đóng

+ Khi K mở, mạch điện gồm: $[(R_1 \text{ nt } R_2) // R_d] \text{ nt } R_3$. Từ đó:

$$R = \frac{900+68R_d}{50+R_d} \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{100(50+R_d)}{900+68R_d}$$

$$I_d = I \frac{R_{12d}}{R_d} = \frac{5000}{900+68R_d} \Rightarrow U_d = 73,53 - 13,23I_d$$

$$\Leftrightarrow I_d = 5,56 - 0,076U_d \quad (1)$$

+ Khi K đóng, mạch điện gồm: $R_1 // [R_d \text{ nt } (R_2 // R_3)]$. Từ đó:

$$R = \frac{168+14R_d}{26+R_d} \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{100(26+R_d)}{168+14R_d}$$

$$I_d = I \frac{R}{R_{23d}} = \frac{100}{12+R_d} \Rightarrow U_d = 100 - 12I_d$$

$$\Leftrightarrow I_d = 8,34 - 0,084U_d \quad (2)$$

+ Vẽ các đồ thị biểu diễn mối quan hệ U, I bởi (1) và (2). Trên đồ thị ta xác định được vị trí các giao điểm (I), (II):

(I): $I_{d1} = 4,575A$, $U_{d1} = 13V$; (II): $I_{d2} = 6,55A$, $U_{d2} = 24V$.

+ Điện trở của đèn khi khóa K mở và khi khóa K đóng:

$$R_{d1} = \frac{U_{d1}}{I_{d1}} = \frac{13}{4,575} = 2,842\Omega; R_{d2} = \frac{U_{d2}}{I_{d2}} = \frac{24}{6,55} = 3,66\Omega$$

- Độ chênh lệch nhiệt độ của đèn khi khóa K đóng và mở

$$\text{Ta có: } R_{d2} = R_{d1}(1 + \alpha\Delta t) \Rightarrow \Delta t = \frac{R_{d2}-R_{d1}}{\alpha R_{d1}} = \frac{3,66-2,842}{3 \cdot 10^{-4} \cdot 2,842} = 960K.$$

Vậy: Khi đèn được mắc vào mạch điện thì:

- Điện trở của đèn khi khóa K mở và khi khóa K đóng là $R_{d1} = 2,842\Omega$; $R_{d2} = 3,66\Omega$.

- Độ chênh lệch nhiệt độ của đèn khi khóa K đóng và mở là $\Delta t = 960K$.

Bài 2.

a) Đường đặc trưng vôn – ampe $U_x = f(i_x)$ của varistor

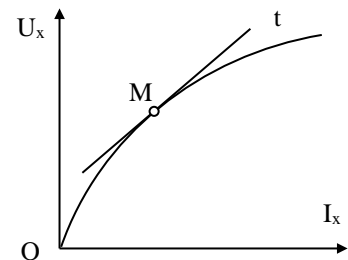
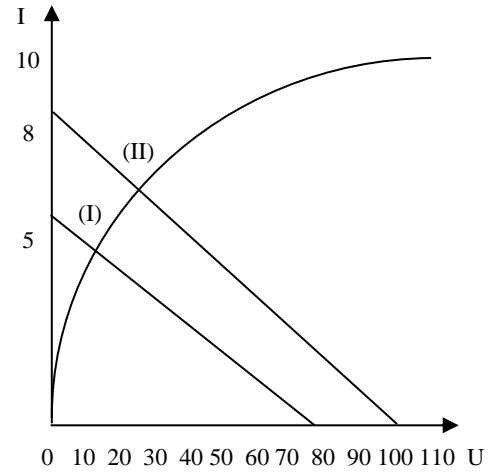
- Vì $i_x = kU_x^2 \Rightarrow U_x = f(i_x) = \sqrt{\frac{i_x}{k}}$ và $R_x = \frac{dU_x}{di_x} = \frac{1}{2\sqrt{k i_x}}$.

- Từ các hệ thức trên, ta thấy: khi i_x tăng thì R giảm. Do đó, khi i_x tăng từ 0 đến ∞ thì R giảm từ ∞ đến 0. Đường đặc trưng vôn – ampe $U_x = f(i_x)$ của varistor như trên hình vẽ, với R là hệ số góc của tiếp tuyến Mt.

b) Công suất điện P tiêu thụ trên varistor; các dòng điện i_1 , i_2 và hiệu điện thế U_0

- Trường hợp cầu cân bằng, ta có: $\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_3}{R_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow i_2 = 2i_1$.

$$\text{Và } U_x = U_{BD} = 4i_1 = 2i_2.$$



$$\Rightarrow U_x = 2kU_x^2 \Rightarrow U_x = \frac{1}{2k} = \frac{1}{2.0,25} = 2V.$$

- Cường độ dòng điện i_1, i_2 : $i_2 = kU_x^2 = 0,25.2^2 = 1A$; $i_1 = \frac{i_2}{2} = \frac{1}{2} = 0,5A$.

- Công suất điện P tiêu thụ trên varistor: $P = U_x I_x = 2.1 = 2W$.

- Hiệu điện thế U_0 : $U_0 = U_{AC} + U_{CD} = i_2 R_3 + U_x = 1.1 + 2 = 3V$.

Vậy: Công suất điện P tiêu thụ trên varistor; các dòng điện i_1, i_2 và hiệu điện thế U_0 lần lượt là $P = 2W$; $i_1 = 0,5A$, $i_2 = 1A$; $U_0 = 3V$.

c) Giá trị U_0 để cầu được cân bằng; tính dòng điện I trong mạch chính và R_x khi đó

- Khi cầu cân bằng: $U_{AB} = U_{AC} \Leftrightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{R_3}{R_1}$ (1)

$$\text{Và } i_1 = \frac{U_0}{R_1 + R_2}; i_2 = \frac{U_0 R_1}{R_3(R_1 + R_2)}.$$

$$U_{BD} = U_{CD} \Leftrightarrow i_1 R_2 = U = i_2 \frac{1}{2\sqrt{k i_2}}$$

$$\Rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{1}{R_2} \cdot \frac{1}{2\sqrt{k i_2}} = \frac{1}{2R_2} \sqrt{\frac{R_3(R_1 + R_2)}{k U_0 R_2}} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2): $U_0 = \frac{(R_1 + R_2)R_1}{R_3 R_2^2 k}$.

- Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = i_1 + i_2 = \frac{U_0}{R_1 + R_2} + \frac{U_0 R_1}{R_3(R_1 + R_2)}$.

$$\Rightarrow I = \frac{R_1}{R_3 R_2^2 k} + \frac{R_1^2}{R_2^2 R_3^2 k} = \frac{R_1(R_1 + R_3)}{R_2^2 R_3^2 k}$$

- Điện trở R_x khi đó: $R_x = \frac{dU_x}{di_x} = \frac{1}{2\sqrt{k i_2}} = \frac{1}{2\sqrt{\frac{R_1^2}{R_2^2 R_3^2}}} = \frac{R_2 R_3}{2R_1}$.

- Khi thay X bằng R ta được cầu Uýt-xton. Giữa cầu Uýt-xton và cầu nghiên cứu ở bài này có:

+ Điểm giống nhau là ở điều kiện cân bằng thì $U_G = 0$.

+ Điểm khác nhau là ở điều kiện cân bằng, cầu Uýt-xton có $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R}$ còn ở cầu này thì $\frac{R_1}{R_2} \neq \frac{R_3}{X}$; ở cầu Uýt-xton đã biến đổi giá trị R để có cân bằng với hiệu điện thế U_0 bất kì còn ở cầu nghiên cứu trong bài này phải biến đổi U_0 đến giá trị ở (2), khi đó nếu biết hai trong ba giá trị điện trở R_1, R_2 và R_3 thì (2) cho phép ta xác định điện trở thứ ba dựa vào hệ số k ghi trên varistor.

Bài 3.

- Trường hợp 1: Khi R lớn, dòng điện qua nhánh giữa và nhánh trên đều nhỏ ($I, i_2 \approx 0$). Do đó:

+ Nhánh giữa: Đặt $V_A = 0$, ta có: $V_B = 2e - 2rI \Rightarrow V_B \approx 2e$.

+ Nhánh trên: $V_C = e - ri_2 \approx e$.

Vì $V_B > V_C$ nên đi-ốt đóng, $i_2 = 0$. Sơ đồ mạch điện như hình b, từ đó ta có:

$$I = \frac{2e}{R + 2r}; U_R = \frac{2eR}{R + 2r} \quad (1)$$

- Trường hợp 2: Khi R giảm thì I tăng, V_B giảm; khi $V_B = V_C = e$ thì đi-ốt bắt đầu mở. Lúc đó:

$$U_R = V_B = e \quad (2)$$

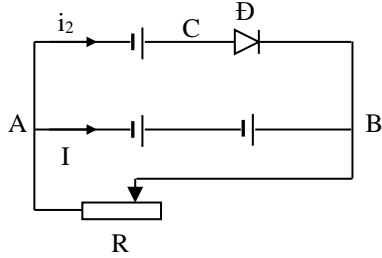
Thay vào (1), ta được: $R = R_0 = 2r$

- Trường hợp 3: Khi $R < 2r$, sơ đồ mạch điện như hình a. Lúc này đi-ốt mở, áp dụng định luật Ôm, ta được:

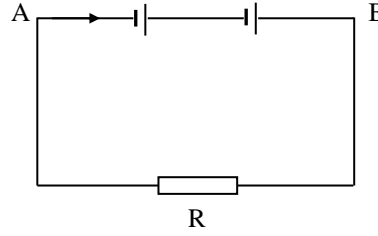
$$V_B = Ri_1 = 2e - 2rI = e - ri_2; i_1 = I + i_2$$

$$\Rightarrow i_1 = \frac{4e}{3R + 2r}; U_R = \frac{4eR}{3R + 2r} \quad (3)$$

Vậy: Khi R giảm thì U_R giảm theo (1) và $U_R = e$ khi $R = 2r$ và khi $R < 2r$ thì đi-ốt bắt đầu mở và U_R giảm theo biểu thức (3).



Hình a



Hình b

Bài 4.

- Vì điện trở của nguồn điện và của ampe kế không đáng kể nên khi đóng khóa K, các tụ điện gần như lập tức được nạp điện đến hiệu điện thế $U = U_0/2$.

- Khi khóa K mở, các tụ điện gần như phóng điện hoàn toàn. Dòng điện phóng ở thời điểm đầu tiên khi mở khóa là: $I_0 = \frac{U}{R} = \frac{U_0}{2R}$

- Giả sử dòng điện này không đổi thì tụ điện sẽ phóng hết điện sau thời gian: $t = \frac{q}{I_0} = \frac{CU}{I_0} = RC$, ($i = i_0 e^{-\frac{t}{RC}}$)

- Trong thực tế, dòng phóng điện giảm nhưng vì thời gian mở khóa lớn nên có thể coi rằng sau thời gian Δt_2 tụ điện sẽ phóng hết điện.

- Khi K đóng, áp dụng định luật bảo toàn điện tích tại điểm M, ta có: $q_0 = q_A + q_C$

với $q_0 = I\Delta t_1$ là điện tích đi vào M; q_A là điện tích đi qua ampe kế; $q_C =$

CU là điện tích nạp cho tụ điện C. Ta có: $I\Delta t_1 = q_A + CU$

với: $I = \frac{U_0}{2R}$; $U = \frac{U_0}{2}$

- Điện lượng qua A trong thời gian Δt_1 là: $q_A = \frac{U_0}{2R} \Delta t_1 - \frac{CU_0}{2}$.

- Khi K mở, cả hai tụ điện đều phóng điện qua A, điện lượng phóng qua ampe kế trong thời gian Δt_2 là:

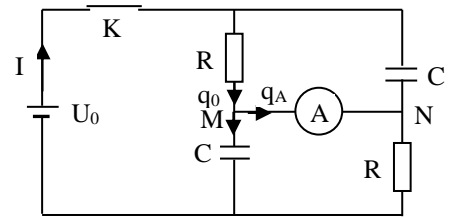
$$q'_A = 2 \frac{CU_0}{2} = CU_0$$

- Cường độ dòng điện trung bình qua ampe kế là: $I_A = I_{tb} = \frac{q_A + q'_A}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{-\frac{CU_0}{2} + \frac{U_0}{2R} \Delta t_1 + CU_0}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{U_0}{2R} \left(\frac{\Delta t_1 + RC}{\Delta t_1 + \Delta t_2} \right)$

$$\Leftrightarrow I_A = \frac{10}{2 \cdot 100} \cdot \left(\frac{10^{-2} + 100 \cdot 10^{-5}}{10^{-2} + 2 \cdot 10^{-2}} \right) = 4,8 \text{mA}$$

Vậy: Số chỉ của ampe kế khoảng 4,8mA.

Bài 5.



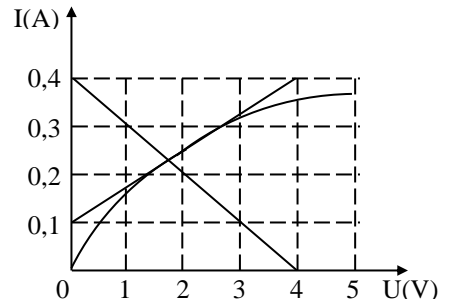
a) Xác định cường độ dòng điện chạy qua bóng đèn bằng đồ thị

- Khi có dòng điện qua đèn thì hiệu điện thế hai đầu đèn là:

$$U = e - rI \quad (1)$$

- Đồ thị $U(X)$ của sự phụ thuộc đó gọi là *đường tải*. Giao điểm của đường tải với đường đặc trưng vôn – ampe xác định các giá trị U và I :

$$U = 1,6V; I = 0,24A.$$



Vậy: Bằng đồ thị ta xác định được cường độ dòng điện chạy qua bóng đèn là $I = 0,24A$.

b) Giá trị của con chạy biến trở để hiệu điện thế giữa hai điểm A và B bằng 0

- Để $U_{AB} = 0$ thì hiệu điện thế phần dưới của biến trở phải bằng hiệu điện thế trên đèn. Điều kiện đó được thỏa

$$\text{mãn khi: } \frac{U}{e - U} = \frac{R_1}{R_2} \Leftrightarrow \frac{U}{e - U} = \frac{R_1}{R - R_1} \quad (2)$$

$$\Rightarrow R_1 = R \frac{U}{e} = 40 \cdot \frac{1,6}{4} = 16\Omega; R_2 = R - R_1 = 40 - 16 = 24\Omega.$$

(R_1, R_2 là điện trở phần dưới và phần trên của biến trở: $R_1 + R_2 = R$).

Vậy: Để $U_{AB} = 0$ thì con chạy phải chia biến trở làm hai phần với $R_1 = 16\Omega; R_2 = 24\Omega$.

c) Giá trị của con chạy biến trở để U_{AB} hầu như không thay đổi khi biến đổi không nhiều suất điện động của pin

- Khi suất điện động của nguồn điện biến thiên, hiệu điện thế trên các phần tử cũng thay đổi. Để ΔU_{AB} cực tiểu, độ biến thiên hiệu điện thế trên đèn phải bằng độ biến thiên hiệu điện thế trên phần dưới của biến trở.

- Điện trở của đèn phụ thuộc vào hiệu điện thế trên nó. Với độ biến thiên nhỏ của hiệu điện thế lân cận “điểm công tác” của đèn, ta có thể coi $\Delta I \sim \Delta U$. Điều này ứng với đường đặc trưng vôn – ampe ở lân cận “điểm công tác” trở thành đường tiếp tuyến của nó. Do đó, ở gần “đường công tác”, đèn như là một điện trở:

$$r_d = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \cot \beta \quad (3)$$

(β là hệ số góc của đường tiếp tuyến)

- Đại lượng r_d được gọi là điện trở vi phân của đèn và được xác định bằng tỉ số các độ biến thiên giữa hiệu điện thế và dòng điện. Trên hình vẽ, ta được: $r_d = 12,5\Omega$.

$$\text{- Từ (1), ta có: } \Delta U = \Delta e - r\Delta I = \Delta e - r \frac{\Delta U}{r_d} \Rightarrow \Delta U = \Delta e \frac{r_d}{r + r_d} \quad (4)$$

$$\text{- Từ (2) suy ra: } U_1 = e \frac{R_1}{R} \Rightarrow \Delta U_1 = \Delta e \frac{R_1}{R} \quad (5)$$

$$\text{- Từ (4) và (5): } \frac{r_d}{r + r_d} = \frac{R_1}{R}.$$

$$\Rightarrow R_1 = R \frac{r_d}{r + r_d} = 40 \cdot \frac{12,5}{10 + 12,5} = 22\Omega.$$

Khi đó: $U_{AB} \approx 0,6V$ và khi thay đổi e một lượng nằm trong khoảng từ $-1V$ đến $1V$ thì giá trị U_{AB} thay đổi ít hơn $0,03V$.

Bài 6.

a) Giá trị của biến trở để công suất tỏa nhiệt trên biến trở đạt cực đại

Gọi U là hiệu điện thế hai đầu biến trở ($U \leq e$), ta có:

- Cường độ dòng điện qua các dụng cụ phi tuyến: $I_1 = I_2 = k(e - U)^2$; $I_3 = kU^2$.

- Công suất tỏa nhiệt trên R là: $P = U(I_1 + I_2 - I_3) = kU[(e - U)^2 - U^2]$.

- Để $P = P_{\max}$ thì $P' = 0 \Leftrightarrow k[2(e - U)^2 - 4U(e - U) - 3U^2] = 0$.

$$\Leftrightarrow 3U^2 - 8eU + 2e^2 = 0 \Leftrightarrow 3U^2 - 16U + 8 = 0$$

$$\Rightarrow U_1 = 0,56V; U_2 = 4,78V > e \text{ (loại)}$$

$$\text{- Từ đó: } R = \frac{U_1}{I_R} = \frac{U_1}{2k(e - U_1)^2 - kU_1^2} = \frac{0,56}{2 \cdot 0,05(2 - 0,56)^2 - 0,05 \cdot 0,56^2} = 2,85\Omega.$$

Vậy: Để công suất tỏa nhiệt trên biến trở đạt cực đại thì biến trở phải có giá trị $R = 2,85\Omega$.

b) Sự phụ thuộc của cường độ dòng điện qua đoạn mạch AB vào suất điện động e

Gọi U_x là hiệu điện thế trên X_1, X_2 . Ta có:

$$I = 2kU_x^2 = \frac{e - U_x}{R} \Leftrightarrow 2kRU_x^2 + U_x - e = 0$$

$$\Rightarrow U_x = \frac{-1 + \sqrt{1 + 8kRe}}{4kR}; I = \frac{1 + 4e - \sqrt{1 + 8kRe}}{80}.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua đoạn mạch AB vào suất điện động e qua hệ thức $I = \frac{1 + 4e - \sqrt{1 + 8kRe}}{80}$.

Bài 74.

- Tại thời điểm vừa đóng khóa K, ta có: $U_C = 0$; $U_d + U_R = e \Leftrightarrow U_d + RI = e$

$$\Rightarrow I = \frac{e - U_d}{R} \quad (1)$$

- Vì $e > U_0$ nên đường biểu diễn (1) sẽ là đường thẳng cắt đường đặc tuyến vôn-ampe đã cho của đi-ốt tại M như trên hình vẽ.

Gọi U_1 là giá trị ban đầu của hiệu điện thế trên đi-ốt, ta có:

$$\frac{e - U_1}{R} = k(U_1 - U_0) \Rightarrow U_1 = \frac{e + kRU_0}{kR + 1} \quad (2)$$

- Thay (2) vào (1), ta được: $I_1 = \frac{e - \frac{e + kRU_0}{kR + 1}}{R} = \frac{k(e - U_0)}{kR + 1}$.

- Khi tụ điện càng được tích điện thì I càng giảm; khi $I = 0$ thì $U_d = U_0$ và lúc đó hiệu điện thế trên tụ là: $U_C = e - U_0$.

- Điện lượng chuyển qua mạch đến lúc đó là: $q = CU_C = C(e - U_0)$.

- Công do nguồn điện sinh ra A_{ng} khi làm dịch chuyển điện lượng q được chuyển hóa thành năng lượng W_C của tụ điện, thành công A_d để dịch chuyển điện tích qua đi-ốt và thành nhiệt lượng Q tỏa ra trên điện trở R.

Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $A_{ng} = W_C + A_d + Q \quad (3)$

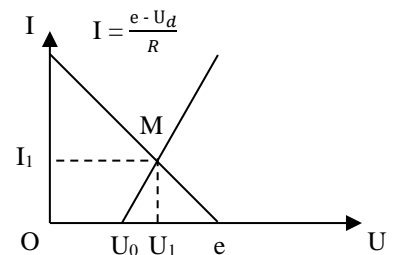
Với: $A_{ng} = qe = C(e - U_0)e \quad (4)$

$$W_C = \frac{q^2}{2C} = \frac{C(e - U_0)^2}{2} \quad (5)$$

$$A_d = \frac{q(U_0 + U_1)}{2} = \frac{C(e - U_0)}{2} \left(U_0 + \frac{e + kRU_0}{kR + 1} \right) \quad (6)$$

- Từ (4), (5), (6) và (3) ta được: $Q = \frac{kR}{kR + 1} \cdot \frac{C(e - U_0)^2}{2}$.

Vậy: Nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R khi khóa K đang mở thì đóng lại là $Q = \frac{kR}{kR + 1} \cdot \frac{C(e - U_0)^2}{2}$.



Chuyên đề 11: DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI. CÁC HIỆN TƯỢNG NHIỆT ĐIỆN VÀ SIÊU DẪN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. SỰ DẪN ĐIỆN CỦA KIM LOẠI

1- Tính chất dẫn điện của kim loại

- Kim loại là chất dẫn điện tốt. Điện trở suất của kim loại có giá trị rất nhỏ (từ $10^{-8}\Omega.m$ đến $10^{-6}\Omega.m$).
- Khi nhiệt độ không đổi, dòng điện trong kim loại tuân theo định luật Ôm.
- Điện trở suất của kim loại tăng theo nhiệt độ theo công thức: $\rho_t = \rho_0[1 + \alpha(t - t_0)]$ (11.1)

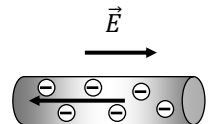
(ρ_0 là điện trở suất của kim loại ở $t_0(^{\circ}C)$, thường lấy ở $20^{\circ}C$; ρ_t là điện trở suất của kim loại ở $t(^{\circ}C)$; α là hệ số nhiệt điện trở, đơn vị K^{-1}).

Kim loại	Điện trở suất ở $20^{\circ}C$ $\rho_0(x10^{-8}\Omega.m)$	Kim loại	Điện trở suất ở $20^{\circ}C$ $\rho_0(x10^{-8}\Omega.m)$
Bạc	1,62	Vonfram	5,25
Đồng	1,69	Chì	2,21
Nhôm	2,75	Constantan	5,21
Sắt	9,68	Manganin	4,82

Điện trở suất của một số kim loại ở $20^{\circ}C$

2-Bản chất của dòng điện trong kim loại

Dòng điện trong kim loại là dòng dịch chuyển có hướng của các electron tự do ngược chiều điện trường ngoài.



II. HIỆN TƯỢNG NHIỆT ĐIỆN. HIỆN TƯỢNG SIÊU DẪN

1- Hiện tượng nhiệt điện

- Hiện tượng nhiệt điện là hiện tượng tạo thành suất điện động nhiệt điện trong một mạch điện kín gồm hai vật dẫn khác loại khi giữ cho hai mối hàn ở hai nhiệt độ khác nhau. Hai vật dẫn trên gọi là cặp nhiệt điện.

$$e = \alpha_T(T_1 - T_2) \quad (11.2)$$

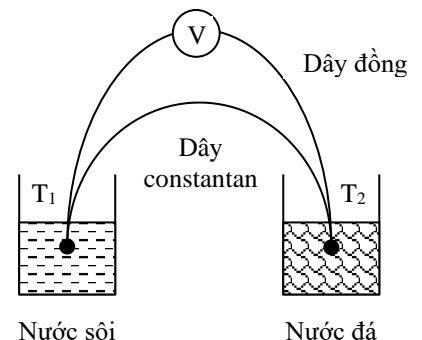
(e là suất điện động nhiệt điện; T_1, T_2 là nhiệt độ của hai mối hàn nóng và lạnh; α_T là hệ số nhiệt điện động, đơn vị $\mu V/K$).

- Khi ghép nhiều cặp nhiệt điện với nhau ta được một nguồn điện gọi là *pila nhiệt điện*.

2- Hiện tượng siêu dẫn

- Hiện tượng siêu dẫn là hiện tượng xảy ra đối với một số vật liệu khi nhiệt độ giảm xuống dưới một nhiệt độ T_c nào đó (nhiệt độ tới hạn), điện trở của mẫu vật liệu đó giảm xuống bằng 0.

- Nhiệt độ tới hạn của một số vật liệu: Hg (4,2K), Zn (0,85K), Al (1,19K), Pb (7,19K),...



B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP.

VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Trong kim loại, hạt tải điện là các electron. Khi chưa có điện trường ngoài, các electron chuyển động nhiệt hỗn độn nên không tạo thành dòng điện trong kim loại; khi có điện trường ngoài, các electron chuyển động có hướng ngược chiều điện trường tạo thành dòng điện trong khối kim loại.
- Độ dẫn điện của mỗi kim loại phụ thuộc vào điện trở suất của nó. Kim loại có điện trở suất càng nhỏ thì dẫn điện càng tốt. Điện trở suất (điện trở) của kim loại phụ thuộc vào nhiệt độ của nó.
- Khi nhiệt độ không đổi, với vật dẫn kim loại hình trụ tiết diện S , dài l , ta có:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{US}{\rho l} \text{ (định luật Ôm cho đoạn mạch điện trở)}$$

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶. Với dạng bài tập về **sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Điện trở suất: $\rho_t = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$.

+ Điện trở: $R_t = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$.

(ρ_0 , R_0 là điện trở suất và điện trở của kim loại ở $t_0(^{\circ}\text{C})$, thường lấy ở 20°C ; ρ_t , R_t là điện trở suất và điện trở của kim loại ở $t(^{\circ}\text{C})$; α là hệ số nhiệt điện trở, đơn vị K^{-1}).

- Một số chú ý:

+ $\rho_2 \approx \rho_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$; $R_2 \approx R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$.

(ρ_1 , R_1 là điện trở suất và điện trở của kim loại ở nhiệt độ t_1 ; ρ_2 , R_2 là điện trở suất và điện trở của kim loại ở nhiệt độ t_2).

+ Cần kết hợp với định luật Ôm (khi nhiệt độ không đổi), công thức về sự phụ thuộc của điện trở vật dẫn vào hình dạng và kích thước của nó: $R = \rho \frac{l}{S}$.

❷. Với dạng bài tập về **dòng nhiệt điện**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng công thức: $e = \alpha_T (T_1 - T_2)$.

(e là suất điện động nhiệt điện; T_1 , T_2 là nhiệt độ của hai mối hàn nóng và lạnh; α_T là hệ số nhiệt điện động, đơn vị $\mu\text{V/K}$).

- Một số chú ý:

+ Đơn vị của α_T là ($\mu\text{V/K}$) nên khi tính ra đơn vị của e phải là μV ($1\mu\text{V} = 10^{-3}\text{mV} = 10^{-6}\text{V}$).

+ T_1 là nhiệt độ của mối hàn có nhiệt độ thấp hơn, T_2 là nhiệt độ của mối hàn có nhiệt độ cao hơn. Dòng nhiệt điện tuân theo định luật Ôm cho toàn mạch.

+ Ta luôn có: ΔT (theo độ K) = Δt (theo độ C).

❸. Với dạng bài tập về **bản chất dòng điện trong kim loại**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Mật độ electron: $n_0 = \frac{N}{V} = \frac{N}{Sl} = \frac{N}{Sv \cdot \Delta t}$ (N là số e trong thể tích V).

Hay $n_0 = nN' = nN_A \frac{m}{AV} = \frac{nN_A D}{A}$

(n , A là hóa trị và nguyên tử khối của kim loại; N_A là số Avôgađrô; D là khối lượng riêng của kim loại; \bar{v} là tốc độ trung bình của các electron trong kim loại).

+ Điện tích truyền qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong thời gian t : $\Delta q = I \cdot \Delta t = Ne \cdot \Delta t = n_0 S \bar{v} \cdot \Delta t \cdot e$

+ Tốc độ trung bình của các electron (vận tốc trôi): $\bar{v} = \frac{I}{n_0 e S}$

+ Độ linh động của các electron: $\mu = \frac{\bar{v}}{E} = \frac{I}{n_0 S e E} = \frac{I l}{n_0 S e U} = \frac{l}{n_0 S e R}$ (với $E = \frac{U}{d} = \frac{U}{l}$).

- Một số chú ý: Phân biệt giữa n (hóa trị của kim loại) và n_0 (mật độ electron trong kim loại).

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Dây tóc một bóng đèn điện loại 220V-100W được làm bằng vonfram có hệ số nhiệt điện trở là $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} K^{-1}$. Tính điện trở của dây tóc của đèn khi:

- Thắp sáng bình thường ở 2000°C.

- Không thắp sáng ở nhiệt độ 20°C.

Bài 2. Một bóng đèn loại 220V-100W khi sáng bình thường thì nhiệt độ của dây tóc bóng đèn là 2520°C. Tính điện trở của đèn khi thấp sáng và khi không thấp sáng, biết rằng nhiệt độ môi trường là 20°C và dây tóc đèn làm bằng vonfram có hệ số nhiệt điện trở bằng $4,5 \cdot 10^{-3} K^{-1}$.

Bài 3. Một biến trở làm bằng dây sắt mắc nối tiếp với nguồn điện có hiệu điện thế U không đổi và một ampe kế. Ở nhiệt độ 20°C, điện trở của biến trở là $R_1 = 100 \Omega$ và của ampe kế là $R_A = 20 \Omega$ còn cường độ dòng điện trong mạch chính là $I_1 = 24 \text{mA}$. Tính số chỉ của ampe kế khi nhiệt độ của biến trở là 60°C, cho hệ số nhiệt điện trở của sắt là $\alpha = 6 \cdot 10^{-3} K^{-1}$.

Bài 4. Một bóng đèn loại 220V-100W sáng bình thường khi nhiệt độ dây tóc là 2000°C. Xác định điện trở của đèn khi không thấp sáng (ở 20°C), biết rằng dây tóc của đèn làm bằng vonfram có hệ số nhiệt điện trở là $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} K^{-1}$.

Bài 5. Đặt vào hai cực của một bóng đèn một hiệu điện thế $U = 12 \text{V}$ ta thấy: ở nhiệt độ $t_1 = 25^\circ \text{C}$ thì cường độ dòng điện qua đèn là $I_1 = 4,8 \text{A}$; khi đèn sáng bình thường thì cường độ dòng điện qua đèn là $I_2 = 0,4 \text{A}$. Tính nhiệt độ của dây tóc đèn khi sáng bình thường, biết hệ số nhiệt điện trở của chất làm dây tóc đèn là $\alpha = 4,2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$.

Bài 6. Hai dây dẫn có hệ số nhiệt điện trở α_1, α_2 ; ở 0°C có điện trở R_{01}, R_{02} . Tìm hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây khi chúng mắc:

a) Nối tiếp.

b) Song song.

Bài 7. Một mối hàn của một cặp nhiệt điện có hệ số $\alpha_T = 65 (\mu \text{V/K})$ được đặt trong không khí ở 20°C còn mối hàn kia được nung nóng đến nhiệt độ 232°C. Tính suất điện động nhiệt điện của cặp nhiệt điện khi đó.

Bài 8. Hai mối hàn của cặp nhiệt điện đồng – constantan có hệ số nhiệt điện động là $\alpha_T = 40 (\mu \text{V/K})$.

a) Tính số chỉ của milivôn kế khi mắc vào cặp nhiệt điện trên, biết hai mối hàn của chúng được nhúng vào nước ở nhiệt độ 58°C và 98°C.

b) Tính nhiệt độ của đầu nóng biết rằng khi nhúng đầu lạnh vào nước đá đang tan thì số chỉ milivôn kế là 19mV.

Bài 9. Một dây nhôm có nguyên tử khối là 27 và khối lượng riêng $2,7(\text{g}/\text{cm}^3)$, điện trở suất $3,44 \cdot 10^{-8}(\Omega \cdot \text{m})$. Biết nhôm có hóa trị 3 và thừa nhận mỗi nguyên tử nhôm giải phóng 3 electron tự do, hãy tính mật độ electron tự do của nhôm.

Bài 10. a) Chứng minh rằng điện dẫn suất của kim loại (đại lượng nghịch đảo với điện trở suất của kim loại) được tính bằng công thức: $\sigma = n_0 \mu e$ (μ là độ linh động của các electron). Nêu ý nghĩa vật lý của hệ thức trên.

b) Bạc có nguyên tử lượng (khối lượng mol) $A = 108$, khối lượng riêng $D = 10,5(\text{g}/\text{cm}^3)$. Tính mật độ electron tự do trong bạc, biết rằng trung bình mỗi nguyên tử bạc cung cấp 1,3 electron tự do.

Biết điện dẫn suất của bạc $\sigma = 6,8 \cdot 10^7(\Omega \cdot \text{m})^{-1}$; số Avogadro $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$, tính độ linh động của electron trong bạc.

Bài 11. Độ lưu động của các electron tự do trong một kim loại được định nghĩa như sau: $\bar{v} = \mu E$

(\bar{v} : vận tốc trung bình của các electron tự do; E : độ lớn cường độ điện trường trong kim loại).

Hãy thiết lập biểu thức của μ theo các đại lượng sau:

n_0 : mật độ của electron tự do.

e : điện tích nguyên tố.

l : chiều dài của dây dẫn kim loại.

S : diện tích của tiết diện dây kim loại.

Bài 12. Một đoạn dây dẫn bằng đồng có tiết diện $S = 2 \text{mm}^2$, điện trở $R = 2 \Omega$. Đặt vào hai đầu đoạn dây một hiệu điện thế $U = 10 \text{V}$. Tính tốc độ trung bình của các electron trong chuyển động có hướng trong dây đồng, biết mật độ electron trong dây đồng là $n_0 = 8,45 \cdot 10^{28} (\text{e}/\text{m}^3)$.

Bài 13. Khối lượng nguyên tử của đồng là $A = 64 (\text{g}/\text{mol})$; khối lượng riêng của đồng là $D = 8,9 \cdot 10^3 (\text{kg}/\text{m}^3)$; hóa trị của đồng là $n = 2$.

a) Tính mật độ electron trong đồng.

b) Một dây dẫn bằng đồng có tiết diện 15mm^2 mang dòng điện $I = 20 \text{A}$. Tính tốc độ trung bình của electron trong chuyển động có hướng trong dây đồng.

Hướng giải

a) Mật độ electron trong đồng

$$\text{Ta có: } n_0 = \frac{nDN_A}{A} = \frac{2 \cdot 8,9 \cdot 10^3 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{64 \cdot 10^{-3}} = 1,67 \cdot 10^{29} / \text{m}^3.$$

Vậy: Mật độ electron trong đồng là $n_0 = 1,67 \cdot 10^{29} / \text{m}^3$.

b) Tốc độ trung bình của electron trong chuyển động có hướng trong dây đồng

$$\text{Ta có: } I = n_0 e S v \Rightarrow v = \frac{I}{n_0 e S} = \frac{20}{1,67 \cdot 10^{29} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 30 \cdot 10^{-6}} = 0,25 \cdot 10^{-4} (\text{m}/\text{s}).$$

Vậy: Tốc độ trung bình của electron trong chuyển động có hướng trong dây đồng là $v = 0,25 \cdot 10^{-4} (\text{m}/\text{s})$.

Bài 14. Một dây bạch kim ở 20°C có điện trở suất $\rho_0 = 10,6 \cdot 10^{-8} (\Omega \cdot \text{m})$. Tính điện trở suất của dây bạch kim này ở 1120°C , biết hệ số nhiệt điện trở của bạch kim là $\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

Bài 15. Một bóng đèn khi thấp sáng có điện trở 484Ω ; khi không thấp sáng có điện trở $48,8\Omega$. Biết nhiệt độ của môi trường là 20°C ; dây tóc làm bằng vonfram có hệ số nhiệt điện trở là $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$. Tính nhiệt độ của đèn khi thấp sáng.

Bài 16. Dây tóc của một bóng đèn làm bằng vonfram có hệ số nhiệt điện trở là $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$. Khi không thấp sáng, ở nhiệt độ 20°C , điện trở của đèn là $R_0 = 39\Omega$. Tính điện trở của đèn khi thấp sáng bình thường ở nhiệt độ 2500°C .

Bài 17. Tìm hệ số nhiệt điện trở của dây dẫn biết ở nhiệt độ $t_1 = 20^\circ\text{C}$, dây có điện trở $R_1 = 100\Omega$; ở nhiệt độ $t_2 = 2400^\circ\text{C}$, dây có điện trở $R_2 = 200\Omega$.

Bài 18. Một thanh than ($\rho_1 = 4 \cdot 10^{-5} \Omega\text{m}$; $\alpha_1 = -0,8 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$) và một thanh sắt ($\rho_2 = 1,2 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$; $\alpha_2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$) cùng tiết diện, mắc nối tiếp. Tìm tỉ số chiều dài hai thanh để điện trở của mạch không phụ thuộc nhiệt độ.

Bài 19. Dùng cặp nhiệt điện động đồng – constantan có hệ số nhiệt điện động là $\alpha_T = 42,5 (\mu\text{V/K})$ nối với milivôn kế để đo nhiệt độ nóng chảy của thiếc. Giữ nguyên mỗi hàn thứ nhất của cặp nhiệt điện này trong nước đá đang tan và nhúng mỗi hàn thứ hai của nó vào thiếc đang nóng chảy. Khi đó milivôn kế chỉ $10,03\text{mV}$. Tính nhiệt độ nóng chảy của thiếc.

Bài 20. Một cặp nhiệt điện có điện trở trong $r = 0,6\Omega$ và hệ số nhiệt điện động của nó là α_T là $63,8 (\mu\text{V/K})$ được nối kín với một miliampe kế hiện số có điện trở trong $R = 10\Omega$. Đặt một mỗi hàn của cặp nhiệt điện này trong không khí ở 20°C và nhúng mỗi hàn thứ hai của nó vào trong thiếc đang nóng chảy đựng trong cốc sứ. Khi đó miliampe kế chỉ cường độ dòng điện $I = 1,3\text{mA}$. Tính suất điện động của cặp nhiệt điện và nhiệt độ nóng chảy của thiếc.

Bài 21. Đồng có nguyên tử khối $63,5$, khối lượng riêng $8,9 (\text{g/cm}^3)$ và điện trở suất $1,6 \cdot 10^{-8} (\Omega\cdot\text{m})$. Hãy tính:

- Mật độ electron tự do của đồng (coi mỗi nguyên tử đồng giải phóng 1 electron tự do).
- Độ lưu động của electron tự do bên trong kim loại đồng.

Bài 22. Mật độ electron trong một dây dẫn kim loại là $n_0 = 2,4 \cdot 10^{28} (\text{electron/m}^3)$. Vận tốc trung bình của electron trong dây dẫn là $v = 0,3 (\text{mm/s})$. Dây dẫn có tiết diện $S = 5\text{mm}^2$. Tính cường độ dòng điện trong dây dẫn.

Bài 23. Một dây đồng có tiết diện $S = 4\text{mm}^2$ có dòng điện cường độ $I = 10\text{A}$ chạy qua. Tốc độ trung bình của electron trong chuyển động có hướng của nó trong dây đồng là $v = 0,18 (\text{mm/s})$.

- Tính mật độ electron trong đồng.
- Tính lực điện trường tác dụng lên mỗi electron, biết đồng có điện trở suất là $\rho = 1,69 \cdot 10^{-8} (\Omega\cdot\text{m})$.

D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

- Khi đèn được thấp sáng bình thường ở 2000°C : $R_{2000} = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$

- Khi đèn không được thấp sáng ở nhiệt độ 20°C : $R_{2000} = R_{20}[1 + \alpha(2000 - 20)]$

$$\Rightarrow R_{20} = \frac{R_{2000}}{1+\alpha(2000-20)} = \frac{484}{1+4,5 \cdot 10^{-3}(2000-20)} = 48,8\Omega$$

Vậy: Điện trở dây tóc của đèn khi được thắp sáng là 484Ω và khi không thắp sáng là $48,8\Omega$.

⚡ Chú ý: Có thể sử dụng công thức gần đúng: $R_{20} \approx R_{2000}[1+\alpha(20-2000)] = 48,8\Omega$.

Bài 2.

- Điện trở của đèn khi thắp sáng ($t = 2520^\circ\text{C}$): $R = \frac{U_d^2}{P_d} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$.

- Điện trở của đèn khi không thắp sáng ($t_0 = 20^\circ\text{C}$):

Ta có $R_t = R_0[1+\alpha(t-t_0)]$

$$\Rightarrow R_0 = \frac{R_t}{1+\alpha(t-t_0)} = \frac{484}{1+4,5 \cdot 10^{-3}(2520-20)} = 39,5\Omega$$

Vậy: Điện trở của đèn khi thắp sáng là $R = 484\Omega$; khi không thắp sáng là $R_0 = 39,5\Omega$.

Bài 3.

Ta có: $I_1 = \frac{U}{R_1+R_A}$; $I_2 = \frac{U}{R_2+R_A} \Rightarrow I_2 = I_1 \frac{R_1+R_A}{R_2+R_A}$.

Với: $R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 \frac{R_1+R_A}{R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]+R_A} = 24 \cdot \frac{100+20}{100[1+6 \cdot 10^{-3}(60-20)]+20} = 20\text{mA}.$$

Vậy: Số chỉ của ampe kế khi biến trở ở nhiệt độ 60°C là $I_2 = 20\text{mA}$.

Bài 4.

- Điện trở của đèn khi thắp sáng bình thường là: $R = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$.

- Mặt khác: $R = R_0[1 + \alpha(t - t_0)] \Rightarrow R_0 = \frac{R}{1 + \alpha(t - t_0)} = \frac{484}{1+4,5 \cdot 10^{-3}(2000-20)} = 49\Omega$.

Vậy: Điện trở của đèn khi không thắp sáng (ở 20°C) là $R_0 = 49\Omega$.

Bài 5.

- Điện trở của đèn ở 25°C và khi sáng bình thường là: $R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{12}{4,8} = 2,5\Omega$; $R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{12}{0,4} = 30\Omega$

- Mặt khác: $R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \Rightarrow t_2 = t_1 + \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_2}{R_1} - 1 \right)$.

$$\Rightarrow t_2 = 25 + \frac{1}{4,2 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{30}{2,5} - 1 \right) = 2644^\circ\text{C}$$

Vậy: Nhiệt độ của dây tóc đèn khi sáng bình thường là $t_2 = 2644^\circ\text{C}$.

Bài 6.

- Điện trở của hai dây dẫn ở nhiệt độ t : $R_1 = R_{01}[1+\alpha_1(t - t_{01})]$; $R_2 = R_{02}[1+\alpha_2(t - t_{02})]$.

$$\Leftrightarrow R_1 = R_{01}(1+\alpha_1 t); R_2 = R_{02}(1+\alpha_2 t).$$

với: $t_{01} = t_{02} = 0$; $\alpha_1 t, \alpha_2 t \ll 1$.

- Gọi R_0 là điện trở chung của hai dây dẫn ở 0°C ; α là hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây dẫn. Điện trở chung của hai dây dẫn ở nhiệt độ t là:

$$R = R_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

a) Khi mắc nối tiếp:

$$R = R_1 + R_2 = R_{01}(1+\alpha_1 t) + R_{02}(1+\alpha_2 t)$$

$$\Rightarrow R = (R_{01} + R_{02}) + (R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2)t$$

$$\Rightarrow R = (R_{01} + R_{02}) \left[1 + \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}} t \right] \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\alpha = \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}}$.

b) Khi mắc song song:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_{01}(1 + \alpha_1 t) R_{02}(1 + \alpha_2 t)}{R_{01}(1 + \alpha_1 t) + R_{02}(1 + \alpha_2 t)}$$

$$\Rightarrow R = \frac{R_{01} R_{02} (1 + \alpha_1 t)(1 + \alpha_2 t)}{R_{01} + R_{02} + R_{01}\alpha_1 t + R_{02}\alpha_2 t} = \frac{R_{01} R_{02}}{R_{01} + R_{02}} \cdot \frac{(1 + \alpha_1 t)(1 + \alpha_2 t)}{1 + \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}} t}$$

- Với $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \ll 1$, ta có các công thức gần đúng: $(1 + \varepsilon_1)(1 + \varepsilon_2) \approx 1 + \varepsilon_1 + \varepsilon_2$; $\frac{1 + \varepsilon_1}{1 + \varepsilon_2} \approx 1 + \varepsilon_1 - \varepsilon_2$

nên $(1 + \alpha_1 t)(1 + \alpha_2 t) \approx 1 + (\alpha_1 + \alpha_2)t$

$$\Rightarrow \frac{1 + (\alpha_1 + \alpha_2)t}{1 + \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}} t} \approx 1 + (\alpha_1 + \alpha_2 - \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}})t \approx 1 + \frac{R_{01}\alpha_2 + R_{02}\alpha_1}{R_{01} + R_{02}} t$$

$$\Rightarrow R = \frac{R_{01} R_{02}}{R_{01} + R_{02}} \left[1 + \frac{R_{01}\alpha_2 + R_{02}\alpha_1}{R_{01} + R_{02}} t \right] \quad (3)$$

- Từ (1) và (3) suy ra: $\alpha = \frac{R_{01}\alpha_2 + R_{02}\alpha_1}{R_{01} + R_{02}}$.

Vậy: Hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây khi chúng mắc nối tiếp là $\alpha = \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}}$; khi chúng mắc song

song là $\alpha = \frac{R_{01}\alpha_2 + R_{02}\alpha_1}{R_{01} + R_{02}}$.

Bài 7.

Ta có: $e = \alpha_T(T_1 - T_2) = 65(232 - 65) = 13780 \mu V = 13,78 mV$.

Vậy: Suất điện động nhiệt điện của cặp nhiệt điện khi đó là $e = 13,78 mV$.

Bài 8.

a) Số chỉ của milivôn kế: $e = \alpha_T(T_1 - T_2) = 40(98 - 58) = 1600 \mu V = 1,16 mV$.

Vậy: Số chỉ milivôn là $1,16 mV$.

b) Nhiệt độ đầu nóng

Ta có: $e = \alpha_T(T_1 - T_2) \Rightarrow T_1 = T_2 + \frac{e}{\alpha_T} = 0 + \frac{1900}{40} = 475^\circ C$.

Vậy: Nhiệt độ đầu nóng khi đó là $T_1 = 475^\circ C$.

Bài 9.

Gọi: m là khối lượng kim loại, V là thể tích khối kim loại, D là khối lượng riêng của kim loại.

A là nguyên tử lượng của kim loại, N là số electron tự do chứa trong khối kim loại.

- Mật độ electron tự do trong kim loại: $n_0 = \frac{N}{V}$.

- Vì mỗi nguyên tử kim loại giải phóng 3 electron tự do nên: $N = 3N_A \frac{m}{A}$

Do đó: $n_0 = \frac{3N_A m}{AV}$, với $D = \frac{m}{V}$.

$$\Rightarrow n_0 = \frac{3N_A D}{A} = \frac{3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{2,7}{10^{-6}}}{27} = 1,8 \cdot 10^{29} \text{ (e/m}^3\text{)}.$$

Vậy: Mật độ electron tự do của nhôm là $n_0 = 1,8 \cdot 10^{29} \text{ (e/m}^3\text{)}$.

Bài 10.

a) Chứng minh: $\sigma = n_0 \mu e$

$$\text{Ta có: } I = \frac{U}{R}; R = \rho \frac{l}{S} = \frac{l}{\sigma S}; U = El \Rightarrow I = \sigma S \frac{U}{l} = \sigma SE$$

$$\text{Mặt khác: } I = n_0 e v S \Leftrightarrow \sigma SE = n_0 e v S.$$

$$\Leftrightarrow \sigma E = n_0 e \mu E \Rightarrow \sigma = n_0 \mu e \text{ (đpcm)}$$

Ý nghĩa của hệ thức: Kim loại sẽ dẫn điện càng tốt khi mật độ electron tự do và độ linh động của electron càng lớn.

b) Mật độ electron tự do và độ linh động của electron trong bạc

$$\text{Ta có: } n_0 = 1,3 \cdot \frac{N_A}{A} D = 1,3 \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23}}{108} \cdot 10,5 \cdot 10^6 = 7,6 \cdot 10^{28} (\text{e/m}^3).$$

$$\mu = \frac{\sigma}{n_0 e} = \frac{6,8 \cdot 10^7}{7,6 \cdot 10^{28} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,6 \cdot 10^{-3} (\text{m}^2/\text{V.s}).$$

$$\text{Vậy: Mật độ electron tự do trong bạc là } n_0 = 7,6 \cdot 10^{28} (\text{e/m}^3); \text{ độ linh động của electron trong bạc là } \mu = \frac{\sigma}{n_0 e} = \frac{6,8 \cdot 10^7}{7,6 \cdot 10^{28} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,6 \cdot 10^{-3} (\text{m}^2/\text{V.s}).$$

Bài 11.

$$\text{Ta có: } \bar{v} = \mu E \Rightarrow \mu = \frac{\bar{v}}{E}.$$

Xét trong khoảng thời gian Δt , các electron tự do truyền qua tiết diện S được chứa trong hình trụ đáy S , đường cao $\Delta S = \bar{v} \cdot \Delta t$.

- Điện tích truyền qua tiết diện S trong khoảng thời gian Δt là: $\Delta q = Ne = n_0 V e = n_0 S \bar{v} \Delta t \cdot e$

- Cường độ dòng điện là: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = n_0 S \bar{v} \cdot e; \bar{v} = \frac{I}{n_0 S e}$

- Độ lưu động: $\mu = \frac{\bar{v}}{E} = \frac{I}{n_0 S e E}$, với $E = \frac{U}{d} = \frac{U}{l}, R = \frac{U}{I}$.

$$\Rightarrow \mu = \frac{Il}{n_0 S e U} = \frac{l}{n_0 e S R}$$

$$\text{Vậy: Biểu thức của } \mu = \frac{l}{n_0 e S R}.$$

Bài 12.

- Cường độ dòng điện trong dây dẫn: $I = \frac{U}{R} = \frac{10}{2} = 5 \text{ A}.$

- Mặt khác: $I = n_0 e S v \Rightarrow v = \frac{I}{n_0 e S} = \frac{5}{8,45 \cdot 10^{28} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 0,18 \cdot 10^{-3} (\text{m/s}).$

Vậy: Tốc độ trung bình của các electron trong chuyển động có hướng trong dây đồng là $v = 0,18 \cdot 10^{-3} (\text{m/s}).$

Bài 13.

a) Mật độ electron trong đồng

$$\text{Ta có: } n_0 = \frac{n D N_A}{A} = \frac{2,8 \cdot 9 \cdot 10^3 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{64 \cdot 10^{-3}} = 1,67 \cdot 10^{29} / \text{m}^3.$$

$$\text{Vậy: Mật độ electron trong đồng là } n_0 = 1,67 \cdot 10^{29} / \text{m}^3.$$

b) Tốc độ trung bình của electron trong chuyển động có hướng trong dây đồng

Ta có: $I = n_0 e S v \Rightarrow v = \frac{I}{n_0 e S} = \frac{20}{1,67 \cdot 10^{29} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 30 \cdot 10^{-6}} = 0,25 \cdot 10^{-4} (\text{m/s})$.

Vậy: Tốc độ trung bình của electron trong chuyển động có hướng trong dây đồng là $v = 0,25 \cdot 10^{-4} (\text{m/s})$.

Bài 14.

- Điện trở suất của dây bạch kim ở 0°C là: $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$

với $\rho_0 = 10,6 \cdot 10^{-8} (\Omega \cdot \text{m})$; $t = 1120^\circ\text{C}$; $t_0 = 20^\circ\text{C}$.

$$\Rightarrow \rho = 10,6 \cdot 10^{-8} [1 + 3,9 \cdot 10^{-3} (1120 - 20)] = 56,1 \cdot 10^{-8} (\Omega \cdot \text{m}).$$

Vậy: Điện trở suất của dây bạch kim ở 1120°C là $\rho = 56,1 \cdot 10^{-8} (\Omega \cdot \text{m})$.

Bài 15.

- Điện trở bóng đèn khi thắp sáng: $R_t = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$

$$\Rightarrow t = t_0 + \frac{R_t - R_0}{\alpha R_0} = 20 + \frac{484 - 48,8}{4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 48,8} = 2000^\circ\text{C}$$

Vậy: Nhiệt độ của đèn khi thắp sáng là $t = 2000^\circ\text{C}$.

Bài 16.

$$\text{Ta có: } R = R_0 [1 + \alpha(t - t_0)] = 39 \cdot [1 + 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2500] = 484 \Omega.$$

Vậy: Điện trở của đèn khi thắp sáng bình thường ở nhiệt độ 2500°C là $R = 484 \Omega$.

Bài 17.

$$\text{Ta có: } R_2 = R_1 [(1 + \alpha(t_2 - t_1))] \Rightarrow \alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

$$\Leftrightarrow \alpha = \frac{200 - 100}{100 \cdot (2400 - 20)} = 4,2 \cdot 10^{-4} (\text{K}^{-1}).$$

Vậy: Hệ số nhiệt điện trở của chất làm dây dẫn là $\alpha = 4,2 \cdot 10^{-4} (\text{K}^{-1})$.

Bài 18.

Gọi R_{01} , R_{02} là điện trở thanh than và thanh sắt ở 0°C .

- Điện trở của thanh than và thanh sắt ở nhiệt độ t : $R_1 = R_{01}(1 + \alpha_1 t)$; $R_2 = R_{02}(1 + \alpha_2 t)$

- Khi hai thanh mắc nối tiếp thì điện trở tương đương của hai thanh là:

$$R = R_1 + R_2 = (R_{01} + R_{02}) + (R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2)t$$

- Để R không phụ thuộc vào nhiệt độ thì: $(R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2) = 0$

$$\Rightarrow R_{01}\alpha_1 - R_{02}\alpha_2$$

$$\text{Mà: } R_{01} = \rho_1 \frac{l_1}{S}; R_{02} = \rho_2 \frac{l_2}{S} \Leftrightarrow \rho_1 \frac{l_1}{S} \cdot \alpha_1 = -\rho_2 \frac{l_2}{S} \cdot \alpha_2$$

$$\Rightarrow \frac{l_1}{l_2} = -\frac{\rho_2 \alpha_2}{\rho_1 \alpha_1} = +\frac{1,2 \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-5} \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}} = \frac{9}{400} \approx \frac{1}{44}.$$

Vậy: Để điện trở của mạch không phụ thuộc vào nhiệt độ thì tỉ số chiều dài hai thanh phải bằng $\frac{l_1}{l_2} \approx \frac{1}{44}$.

Bài 19.

$$\text{Ta có: } e = 10,03 \text{ mV} = 10,030 \mu\text{V}; T_2 = 0.$$

$$\text{Từ công thức: } e = \alpha_T (T_1 - T_2) \Rightarrow T_1 = T_2 + \frac{e}{\alpha_T} = 0 + \frac{10030}{42,5} = 236^\circ\text{C}.$$

Vậy: Nhiệt độ nóng chảy của thiếc là $t_{nc} = T_1 = 236^\circ\text{C}$.

Bài 20.

Ta có: $e = \alpha_T(T_1 - T_2)$ (1)

Và $I = \frac{e}{R + r}$ (2)

$\Leftrightarrow e = 63,8(T_1 - 20) = 63,8T_1 - 1276$ (1')

Và $1300 = \frac{e}{10+0,6} = \frac{e}{10,6}$ (2')

$\Rightarrow e = 1300.10,6 = 13780\mu V = 13,78mV$; $T_1 = \frac{13780+1276}{63,8} = 236^\circ C$.

Vậy: Suất điện động của cặp nhiệt điện và nhiệt độ nóng chảy của thiếc là $e = 13,78mV$ và $T_1 = 236^\circ C$.

Bài 21.

Gọi: m là khối lượng kim loại, V là thể tích khối kim loại, D là khối lượng riêng của kim loại.

A là nguyên tử lượng của kim loại, N là số electron tự do chứa trong khối kim loại.

- Mật độ electron tự do trong kim loại: $n_0 = \frac{N}{V}$.

- Vì mỗi nguyên tử kim loại giải phóng n electron tự do nên: $N = n.N_A \frac{m}{A}$.

Do đó: $n_0 = \frac{nN_A m}{AV}$, với $D = \frac{m}{V}$.

$\Rightarrow n_0 = \frac{N_A n D}{A}$

a) Mật độ electron tự do của đồng: $n_0 = \frac{6,02.10^{23}.1.\frac{8,9}{10^{-6}}}{63,5} = 8,44.10^{28} (e/m^3)$.

b) Độ lưu động của electron tự do bên trong kim loại đồng: $\bar{v} = \mu E \Rightarrow \mu = \frac{\bar{v}}{E}$

Xét trong khoảng thời gian Δt , các electron tự do truyền qua tiết diện S được chứa trong hình trụ đáy S , đường cao $\Delta S = \bar{v} \Delta t$.

- Điện tích truyền qua tiết diện S trong khoảng thời gian Δt là: $\Delta q = Ne = n_0 V e = n_0 S \bar{v} \Delta t e$

- Cường độ dòng điện là: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = n_0 S \bar{v} e$

$\Rightarrow \bar{v} = \frac{I}{n_0 S e}$

- Độ lưu động: $\mu = \frac{\bar{v}}{E} = \frac{I}{n_0 S e E}$, với $E = \frac{U}{d} = \frac{U}{l}$.

$\Rightarrow \mu = \frac{Il}{n_0 S e U} = \frac{l}{n_0 S e R} = \frac{l}{n_0 e S R}$

Mà: $R = \rho \frac{l}{S} \Rightarrow \frac{RS}{l} = \rho$.

$\Rightarrow \mu = \frac{1}{n_0 e \rho} = \frac{1}{8,44.10^{28}.1,6.10^{-19}.1,6.10^{-8}} = 4,6.10^{-3} (SI)$

Vậy: Độ lưu động của electron tự do bên trong kim loại đồng là $\mu = 4,6.10^{-3} (SI)$.

Bài 22.

Ta có: $I = n_0 e S v = 2,4.10^{28}.1,6.10^{-19}.5.10^{-6}.0,3.10^{-3} = 5,76A$.

Vậy: Cường độ dòng điện trong dây dẫn là $I = 5,76A$.

Bài 23.

a) Mật độ electron trong đồng

Ta có: $I = n_0 e S v \Rightarrow n_0 = \frac{I}{e S v} = \frac{20}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,18 \cdot 10^{-3}} = 8,45 \cdot 10^{28} \text{ (e/m}^3\text{)}.$

Vậy: Mật độ electron trong đồng là $n_0 = 8,45 \cdot 10^{28} \text{ (e/m}^3\text{)}.$

b) Lực điện trường tác dụng lên mỗi electron

- Hiệu điện thế hai đầu đoạn dây đồng là: $U = IR = I \frac{\rho l}{S}.$

- Lực điện trường tác dụng lên mỗi electron là: $F = eE = e \cdot \frac{U}{l} = eI \cdot \frac{\rho}{S}.$

$\Leftrightarrow F = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 20 \cdot \frac{1,69 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 10^{-6}} = 13,52 \cdot 10^{-21} \text{ N}$

Vậy: Lực điện trường tác dụng lên mỗi electron là $F = 13,52 \cdot 10^{-21} \text{ N}.$

Chuyên đề 12: DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG: CHẤT ĐIỆN PHÂN, CHÂN KHÔNG, CHẤT KHÍ VÀ CHẤT BÁN DẪN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN

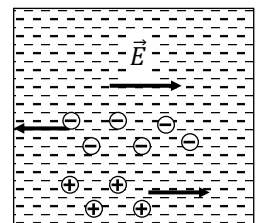
1- Chất điện phân

Chất điện phân là các dung dịch muối, axit, bazơ; các muối nóng chảy có thể cho dòng điện chạy qua.

2-Bản chất của dòng điện trong chất điện phân

Dòng điện trong chất điện phân là dòng chuyển dời có hướng của:

- + các cation (ion dương) cùng chiều điện trường;
- + các anion (ion âm) ngược chiều điện trường.



3-Phản ứng phụ (thứ cấp) trong chất điện phân

Khi có sự điện phân, các ion âm dịch chuyển đến a-nốt và nhường electron cho a-nốt, các ion dương dịch chuyển đến ca-tốt và nhận electron từ ca-tốt và trở thành các nguyên tử hay phân tử trung hòa. Các nguyên tử, phân tử trung hòa này có thể bám vào điện cực (dạng rắn), bay lên (dạng khí) hoặc tác dụng với điện cực và dung môi gây ra các phản ứng hóa học gọi là phản ứng phụ (thứ cấp).

4- Hiện tượng dương cực tan

- Hiện tượng dương cực tan xảy ra khi điện phân một dung dịch muối kim loại mà a-nốt làm bằng chính kim loại đó.
- Khi có hiện tượng dương cực tan, dòng điện trong chất điện phân tuân theo định luật Ôm giống như đoạn mạch chỉ có điện trở thuần.

5- Định luật Faraday về điện phân

Khối lượng của chất được giải phóng ở điện cực được xác định bằng công thức: $m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} I t$ (12.1)

($F = 96500 \text{ (C/mol)}$ là hằng số Faraday; A , n là nguyên tử khối và hóa trị của chất thoát ra; I , t là cường độ dòng điện và thời gian dòng điện qua chất điện phân).

II. DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG

1- Chân không

Chân không lí tưởng là môi trường trong đó không có một phân tử khí nào. Trong thực tế, những môi trường khí có áp suất dưới 10^{-6} mmHg có thể được coi là chân không.

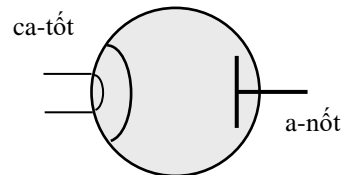
2-Bản chất của dòng điện trong chân không

Dòng điện trong chân không là dòng dịch chuyển có hướng của các electron bứt ra từ ca-tốt bị nung nóng dưới tác dụng của điện trường.

3- Đi-ốt chân không

- Cấu tạo: Gồm một bóng thủy tinh đã hút chân không trong đó có hai điện cực: a-nốt (A) là một bản kim loại, ca-tốt (K) là một dây vonfram.

- Hoạt động: Khi đốt nóng ca-tốt, các electron bứt ra từ ca-tốt do phát xạ nhiệt đi vào chân không trong đi-ốt và di chuyển sang a-nốt khi có điện trường đặt vào tạo nên dòng điện có chiều từ a-nốt đến ca-tốt.



- Tính chất: Dòng điện chạy trong đi-ốt chân không chỉ theo một chiều từ a-nốt đến ca-tốt.

4- Đặc tuyến vôn-ampe của dòng điện trong chân không

Sự phụ thuộc của dòng điện trong chân không vào hiệu điện thế được mô tả bằng đặc tuyến vôn – ampe (hình vẽ). Dựa vào đặc tuyến ta nhận thấy :

+ Dòng điện trong chân không không tuân theo định luật Ôm.

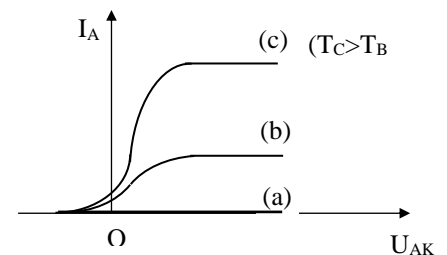
+ Khi dây tóc FF' không được đốt nóng : (Đường a) : Dòng $I_A=0$: Chân không không dẫn điện.

+ Khi dây tóc được đốt nóng : (Đường b)

• Khi $U_{AK}<0$: Dòng $I_A \neq 0$: Chân không dẫn điện được.

• Khi $U_{AK}>0$: Dòng I_A tăng nhanh và theo U_{AK} rồi đạt đến giá trị bão hòa I_{bh} .

+ Khi dây tóc được đốt nóng hơn : (Đường c) : Giá trị bão hòa I_{bh} tăng lên.



5- Tia ca-tốt

- Khái niệm: Tia ca-tốt là dòng các electron chuyển động có hướng trong chân không.

- Tính chất

+ Tia ca-tốt bị lệch trong điện trường hay từ trường.

+ Tia ca-tốt phát ra vuông góc với mặt ca-tốt.

+ Tia ca-tốt mang năng lượng.

+ Tia ca-tốt có khả năng đâm xuyên, có tác dụng lên kính ảnh và có khả năng ion hóa không khí.

+ Tia ca-tốt làm phát quang một số chất.

+ Tia ca-tốt khi chuyển động với vận tốc lớn đập vào các kim loại có nguyên tử lượng lớn thì phát ra tia X.

- Ứng dụng: Tia ca-tốt được dùng để làm ống phóng điện tử trong máy thu hình, dao động kí điện tử, máy tính điện tử.

III. DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG

1-Sự phóng điện trong chất khí

- Bình thường, không khí là điện môi.
- Khi bị đốt nóng, không khí trở nên dẫn điện.

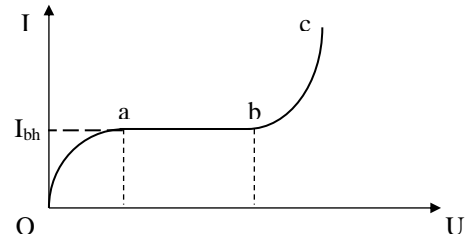
2-Bản chất của dòng điện trong chất khí

Dòng điện trong chất khí là dòng dịch chuyển có hướng của các ion dương theo chiều điện trường, các ion âm và electron ngược chiều điện trường.

3- Đặc tuyến vôn-ampe của dòng điện trong chất khí

Sự phụ thuộc của dòng điện trong chất khí vào hiệu điện thế trong quá trình dẫn điện không tự lực được mô tả bằng đặc tuyến vôn – ampe (hình vẽ). Dựa vào đặc tuyến ta nhận thấy :

+ Dòng điện trong chất khí không tuân theo định luật Ôm cho đoạn mạch.



+ Với U nhỏ (Đoạn Oa) : Khi U tăng, I tăng.

+ Với U đủ lớn (Đoạn ab) : Khi U tăng, I không tăng (I đạt giá trị bão hòa) .

+ Với U quá lớn (Đoạn bc) : Khi U tăng, I tăng rất nhanh.

4-Sự phóng điện trong chất khí ở điều kiện thường và ở áp suất thấp

- Tia lửa điện là sự phóng điện xảy ra trong chất khí khi có điện trường đủ mạnh để ion hóa không khí thành các ion dương và electron tự do. Sét là tia lửa điện hình thành do sự phóng điện giữa các đám mây tích điện trái dấu hoặc giữa đám mây tích điện với mặt đất.

- Hồ quang điện là sự phóng điện xảy ra trong chất khí ở áp suất thường hoặc áp suất thấp giữa hai điện cực có hiệu điện thế không lớn.

IV. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT BÁN DẪN**1-Sự dẫn điện của bán dẫn**

- Bán dẫn tinh khiết: Dòng điện trong chất bán dẫn tinh khiết là dòng chuyển dời có hướng của các electron ngược chiều điện trường và các lỗ trống cùng chiều điện trường.

- Bán dẫn tạp chất

+ Bán dẫn loại n: Trong bán dẫn loại n, electron là hạt tải điện chủ yếu còn lỗ trống là hạt tải điện không chủ yếu ($n_e \gg n_+$).

+ Bán dẫn loại p: Trong bán dẫn loại n, lỗ trống là hạt tải điện chủ yếu còn electron là hạt tải điện không chủ yếu ($n_+ \gg n_e$).

2- Linh kiện bán dẫn

- Đi-ốt bán dẫn có hai cực trong đó có một lớp chuyển tiếp p – n. Các loại đi-ốt thường gặp là đi-ốt chỉnh lưu, photo-đi-ốt, pin Mặt trời, đi-ốt phát quang, đi-ốt Ze-nơ, pin nhiệt điện bán dẫn.

- Tranzito là dụng cụ bán dẫn có hai lớp chuyển tiếp (n_1 -p) và (p- n_2).

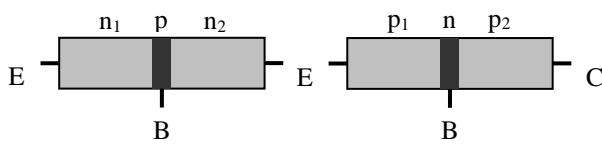
+ Cấu tạo : Tranzito có ba cực :

* Cực góp (colector) : Kí hiệu là C.

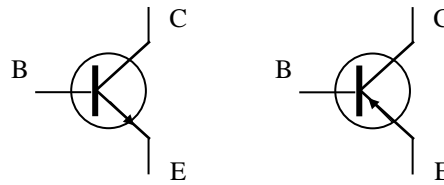
* Cực đáy hay cực gốc (bazơ) : Kí hiệu là B.

* Cực phát (êmitơ) : Kí hiệu là E.

+ Mô hình và kí hiệu của tranzito trong các sơ đồ điện như sau :



Cấu tạo tranzito



Kí hiệu tranzito

+ Hệ số khuếch đại dòng điện: $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ ($I_C \approx I_E$) (12.2)

+ Ứng dụng của tranzito

* Dùng trong các mạch khuếch đại.

* Dùng trong các máy phát cao tần (tần số lớn).

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP VỀ KIẾN THỨC VÀ KĨ NĂNG

1. Dòng điện trong chất điện phân

- Dòng điện trong chất điện phân là dòng chuyển dời có hướng của các ion dương và âm theo hai chiều ngược nhau dưới tác dụng của điện trường (ion dương cùng chiều điện trường, ion âm ngược chiều điện trường). Khác với kim loại, khi nhiệt độ tăng, khả năng dẫn điện của chất điện phân sẽ tăng.

- Khi điện phân, có hai trường hợp cần chú ý:

+ bình điện phân có *dương cực tan*: trường hợp này bình điện phân đóng vai trò như một *điện trở* R_p trong mạch điện.

+ bình điện phân có *điện cực trơ*: trường hợp này bình điện phân đóng vai trò như một *máy thu điện* có suất phản điện e' , điện trở trong r' .

- Vì hạt tải điện trong chất điện phân là các ion dương và âm nên cường độ dòng điện qua chất điện phân là tổng điện lượng của các ion dương và âm qua tiết diện S trong một đơn vị thời gian: $I = (n_+ + n_-)e$ (n_+ , n_- là số ion dương và âm qua tiết diện S trong một đơn vị thời gian). Các hệ thức khác như đối với kim loại.

2. Dòng điện trong chân không

- Bình thường, chân không không dẫn điện được vì trong chân không không có sẵn các hạt tải điện. Khi đưa các hạt tải điện (electron) vào trong chân không vào đặt vào đó một điện trường thì các hạt tải điện đó sẽ chuyển dời có hướng tạo thành dòng điện trong chân không.

- Có thể tạo ra tia ca-tôt bằng cách:

+ cho phóng điện qua chất khí ở áp suất thấp.

+ dùng súng electron.

- Khi môi trường khí trong ống thủy tinh gần như là chân không, các electron bay từ ca-tôt đến a-nôt không va chạm với phân tử khí nào để ion hóa nó thành ion dương và electron. Vì thế sẽ không làm cho ca-tôt phát ra electron, do đó không có quá trình phóng điện tự lực, tia ca-tôt sẽ biến mất.

3. Dòng điện trong chất khí

- Ở điều kiện bình thường, chất khí không dẫn điện vì trong chất khí hầu như không có hạt tải điện. Khi có tác nhân ion hóa (ngọn lửa ga, bức xạ của đèn thủy ngân...), mật độ hạt tải điện trong chất khí (electron, ion dương, ion âm) sẽ tăng lên. Dưới tác dụng của điện trường, các hạt tải điện trong chất khí sẽ chuyển dời có hướng (các ion dương theo chiều điện trường và các ion âm, các electron ngược chiều điện trường) tạo ra dòng điện trong chất khí.

- Quá trình dẫn điện của chất khí chỉ tồn tại khi có hạt tải điện được tạo ra và biến mất khi ta ngừng tạo ra hạt tải điện gọi là quá trình dẫn điện không tự lực. Quá trình dẫn điện không tự lực không tuân theo định luật Ôm. Quá trình dẫn điện của chất khí có thể tự duy trì không cần ta chủ động tạo ra hạt tải điện gọi là quá trình dẫn điện tự lực. Hai kiểu phóng điện tự lực thường gặp là hồ quang điện và tia lửa điện.

- Tia lửa điện là sự phóng điện tự lực trong chất khí giữa hai điện cực khi có điện trường mạnh (cỡ 10^6 (V/m)). Khi có tia lửa điện, ta thấy có chớp sáng đường ngoằn ngoèo nhiều nhánh và thường kèm theo tiếng nổ.

- Hồ quang điện là sự phóng điện tự lực trong chất khí ở áp suất thường hoặc áp suất thấp với hiệu điện thế không lớn. Khi có hồ quang điện, ta thấy có một lưỡi liềm sáng mạnh kèm theo tỏa nhiệt.

4. Dòng điện trong chất bán dẫn

- Điện trở suất của các chất bán dẫn có giá trị nằm trung gian giữa điện trở suất của kim loại và điện môi. Đây là dấu hiệu dùng để nhận biết chất bán dẫn. Ngoài ra, chất bán dẫn còn có các tính chất đặc thù khác như: điện trở suất của chất bán dẫn phụ thuộc rất mạnh vào nồng độ tạp chất và điện trở suất của bán dẫn tinh khiết giảm nhanh khi nhiệt độ tăng.

- Đối với bán dẫn tinh khiết, hạt tải điện là electron và lỗ trống. Đối với bán dẫn tạp chất, có hai loại:

+ bán dẫn loại n: là loại bán dẫn có pha tạp bằng những nguyên tử có số electron hóa trị lớn hơn số electron hóa trị của nguyên tử chất bán dẫn. Lúc đó electron thừa sẽ tham gia dẫn điện, tạp chất trong trường hợp này gọi là tạp chất cho (đônô) và hạt tải điện chủ yếu ở đây là electron.

+ bán dẫn loại p: là loại bán dẫn có pha tạp bằng những nguyên tử có số electron hóa trị nhỏ hơn số electron hóa trị của nguyên tử chất bán dẫn. Nguyên tử tạp chất sẽ chiếm một electron liên kết của nguyên tử bên cạnh để tạo ra một lỗ trống tự do, tạp chất trong trường hợp này gọi là tạp chất nhận (axepô) và hạt tải điện chủ yếu ở đây là lỗ trống.

- Tranzito thực chất được cấu tạo từ hai lớp chuyển tiếp liên tiếp n-p và p-n. Lớp p rất mỏng nằm kẹp giữa hai lớp n hai bên. Nhờ đó, hai lớp n mới ở sát nhau nên tạo ra được hiệu ứng tranzito (hiệu ứng khuếch đại). Đó thực sự là một cuộc cách mạng về công nghệ điện tử và thông tin.

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

❶. Với dạng bài tập về **dòng điện trong chất điện phân**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

$$+ \text{Định luật Fa-ra-đây: } m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot q = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It$$

Với: • F là hằng số Fa-ra-đây, $F = 9,65 \cdot 10^4$ (C/mol) nếu m tính bằng g và $F = 9,65 \cdot 10^7$ (C/mol) nếu m tính bằng kg;

• A và n là khối lượng mol nguyên tử và hóa trị của chất thoát ra ở điện cực;

• I và t là cường độ dòng điện và thời gian dòng điện chạy qua bình điện phân.

+ Các định luật Ôm cho đoạn mạch điện trở ($I = \frac{U}{R}$), toàn mạch ($I = \frac{e}{R+r}$), tổng quát ($I = \frac{e+U}{R+r}$); các tính chất của đoạn mạch nối tiếp, song song; các tính chất của bộ nguồn ghép ... để xác định cường độ dòng điện qua bình điện phân.

- Một số chú ý:

+ Trường hợp có hiện tượng *cực dương tan* (điện cực làm bằng kim loại của muối cần điện phân: điện cực tan): Bình điện phân được coi như là một *điện trở* R_p .

+ Trường hợp *không có hiện tượng cực dương tan* (điện cực làm bằng kim loại khác với kim loại của muối cần điện phân: điện cực trơ hoặc bình điện phân chứa *dung dịch a-xít*): Bình điện phân được coi như là một *máy thu điện* (e', r').

+ Nếu chất thoát ra là chất rắn: $m = DV$; D là khối lượng riêng, V là thể tích chất rắn.

+ Nếu chất thoát ra là chất khí, cần sử dụng thêm các hệ thức về chất khí như:

• Điều kiện chuẩn: $p_0 = 1 \text{ atm}$; $T_0 = 273 \text{ K}$; $V_0 = 22,4 \text{ lít}$ (đối với 1 mol khí).

• Phương trình trạng thái của khí lí tưởng: $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$.

• Phương trình Cla-pê-rôn Men-đê-lê-ép: $pV = nRT = \frac{m}{M} RT$.

($R = 8,31 \text{ (J/mol.K)}$: hệ SI; $R = 0,082 \text{ (atm.l/mol.K)}$ hoặc $0,084 \text{ (at.l/mol.K)}$: hệ hỗn hợp; M là khối lượng phân tử của chất thoát ra) .

❷. Với dạng bài tập về *dòng điện trong chân không*. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Cường độ dòng điện : $I = n_e e$.

+ Cường độ dòng điện bão hòa : $I_{bh} = n_0 e$.

(n_e là số electron đập vào a-nốt trong 1s ; n_0 là số electron bứt ra từ catôt trong 1s : $n_e < n_0$).

+ Số electron đập vào a-nốt trong thời gian t: $N_e = n_e t = \frac{|q|}{e} = \frac{It}{e}$.

+ Số electron bứt ra từ ca-tôt trong thời gian t: $N_0 = n_0 t = \frac{I_{bh} t}{e}$.

+ Hiệu suất phóng điện : $H = \frac{n_e}{n_0}$.

+ Định lí động năng : $W_{2đ} - W_{1đ} = A \Leftrightarrow \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = eU$.

+ Kết hợp với các công thức động học khác khi tính toán các đại lượng động học.

- Một số chú ý :

+ Với “súng electron” : $v_1 = 0$; khối lượng và điện tích electron : $m = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$; $-e = -1,6.10^{-19} \text{ C}$.

+ $1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ MeV} = 1,6.10^{-13} \text{ J}$.

❸. Với dạng bài tập về *dòng điện trong chất khí*. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Quá trình dẫn điện *tự lực* (hệ tự tạo ra hạt tải điện để duy trì sự dẫn điện: tia lửa điện, hồ quang điện...):

• Bảng “Mối liên hệ giữa hiệu điện thế hai điện cực và khoảng cách đánh tia điện”:

Hiệu điện thế U(V)	Khoảng cách đánh tia điện	
	Cực phẳng (mm)	Mũi nhọn (mm)
20.000	6,1	15,5
40.000	13,7	45,5
100.000	36,7	220
200.000	75,3	410
300.000	114	600

• Mối liên hệ gần đúng giữa hiệu điện thế hai điện cực và khoảng cách đánh tia điện: $U \sim d$.

+ Quá trình dẫn điện *không tự lực* (hệ không tự tạo ra hạt tải điện để duy trì sự dẫn điện, muốn có hạt tải điện phải có tác nhân bên ngoài: sự ion hóa không khí...): Quy tắc nhân hạt tải điện:

- Mỗi electron đưa vào từ ca-tốt, sau n va chạm sẽ sinh ra tối đa $(2^k - 1)$ electron và $(2^k - 1)$ ion dương.
- Tổng số hạt tải điện tối đa sinh ra là: $N = N_e + N_+ = 2(2^k - 1) = 2^{k+1} - 2$.
- Số quãng đường tự do khi electron chuyển động giữa hai điện cực : $k = \frac{d}{a}$.

(d là khoảng cách giữa hai điện cực, a là chiều dài quãng đường tự do (khoảng cách trung bình giữa hai va chạm liên tiếp)).

- Một số chú ý: Với quá trình dẫn điện tự lực cần xác định các điện cực là mũi nhọn hay cực phẳng khi tra bảng “Mối liên hệ giữa hiệu điện thế hai điện cực và khoảng cách đánh tia điện”.

④. Với dạng bài tập về **dòng điện trong bán dẫn**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Hệ thức giữa cường độ dòng điện và mật độ dòng điện, tốc độ trung bình của chuyển động có hướng của các hạt mang điện, điện trở suất ... giống như đối với kim loại.

+ Với bán dẫn tinh khiết (bán dẫn loại i):

- Mật độ electron dẫn bằng mật độ lỗ trống ($n_e = n_+$).
- Độ dẫn điện tăng khi nhiệt độ tăng.

+ Với bán dẫn tạp chất :

- Bán dẫn loại n : $n_e \gg n_+$.
- Bán dẫn loại p : $n_+ \gg n_e$.

+ Với các bài toán về mạch khuếch đại bằng tranzito, sử dụng công thức :

- Hệ số khuếch đại : $\beta = \frac{I_C}{I_B}$; $I_B \ll I_C$; $I_E \approx I_C$.

• Định luật Ôm cho toàn mạch (với mạch kín chứa các cực B và E) ; định luật Ôm tổng quát (với đoạn mạch chứa các cực C và E) .

- Một số chú ý :

+ Các linh kiện bán dẫn thường gặp là các điôt bán dẫn (có một lớp chuyển tiếp p – n) như điôt chỉnh lưu, photôđiôt, pin Mặt Trời, điôt phát quang, pin nhiệt điện bán dẫn,... ; tranzito (có hai lớp chuyển tiếp p – n : p – n – p hoặc n – p – n).

+ Chiều dòng điện qua các cực của tranzito (tranzito loại n – p – n : dòng điện từ B đến E ; tranzito loại p – n – p : dòng điện từ E đến B) .

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN

Bài 1. Một bình điện phân đựng dung dịch bạc nitrat với a-nốt bằng Ag. Điện trở bình điện phân là $R = 4\Omega$.

Đặt vào hai cực bình điện phân một hiệu điện thế $U = 12V$.

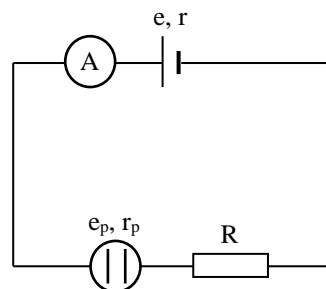
a) Tính lượng bạc bám vào ca-tốt sau 30 phút.

b) Tính thời gian để lượng bạc bám vào ca-tốt là 19,3g.

Cho : $Ag = 108$; $n = 1$.

Bài 2. Sau 90 phút điện phân với dòng điện có cường độ $I = 5A$ có một lớp niken phủ trên kim loại làm ca-tốt của bình điện phân. Biết diện tích bề mặt ca-tốt là $40cm^2$; niken có khối lượng riêng $D = 8,9.10^3(kg/m^3)$, khối lượng mol nguyên tử là $A = 58$, hóa trị $n = 1$. Tính bề dày của lớp niken phủ trên bề mặt ca-tốt.

Bài 3. Cho mạch điện như hình vẽ. Nguồn điện có suất điện động $e = 12V$, điện trở trong $r = 1\Omega$; bình điện phân đựng dung dịch bạc nitrat với điện cực bằng bạc kim và có điện trở $r_p = 2\Omega$; mạch ngoài có điện trở $R = 5\Omega$. Ampe kế có điện trở không đáng kể và chỉ 1A.



a) Tính khối lượng Ag bám vào ca-tốt bình điện phân sau thời gian 1 giờ.

b) Tính suất phản điện của bình điện phân.

Cho khối lượng mol nguyên tử và hóa trị của Ag là $A = 108$ và $n = 1$.

Bài 4. Hai bình điện phân mắc nối tiếp nhau. Bình thứ nhất chứa dung dịch $FeCl_2$, bình thứ hai chứa dung dịch $FeCl_3$. Cho một điện lượng $q = 9,65.10^4C$ chuyển qua mỗi bình. Xác định khối lượng các chất thoát ra tại các điện cực của mỗi bình.

Cho khối lượng mol nguyên tử của sắt và clo là $A = 56$ và $A' = 35,5$.

Bài 5. Khi điện phân dung dịch muối ăn trong nước, người ta thu được khí hiđrô tại ca-tốt. Khí thu được có thể tích $V = 1$ lít ở nhiệt độ $t = 27^{\circ}C$, áp suất $p = 1$ atm. Tính điện lượng đã chuyển qua bình điện phân.

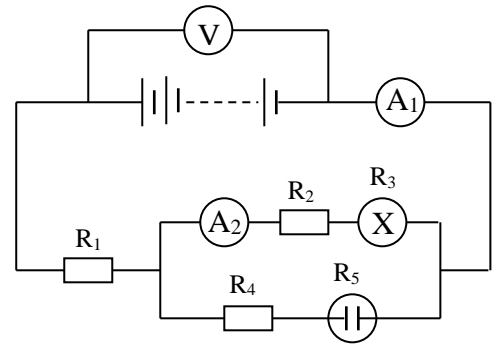
Bài 6. Một nhà máy dùng phương pháp điện phân để sản xuất hiđrô. Hiệu điện thế ở hai cực bình điện phân là 2V và sản lượng của nhà máy là $56m^3/h$ (ở điều kiện chuẩn). Tính công suất điện cần thiết cho sản xuất và giá thành của $1m^3$ hiđrô nếu giá tiền điện năng là 1000(đ/kWh).

Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ. Bộ nguồn gồm n pin mắc nối tiếp, mỗi pin có: $e = 1,5V$, $r_0 = 0,5\Omega$. Mạch ngoài $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 9\Omega$, $R_4 = 4\Omega$, đèn R_3 : 3V - 3W, R_5 là bình điện phân dung dịch $AgNO_3$ có dương cực tan.

Biết ampe kế A_1 chỉ 0,6A, ampe kế A_2 chỉ 0,4A, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

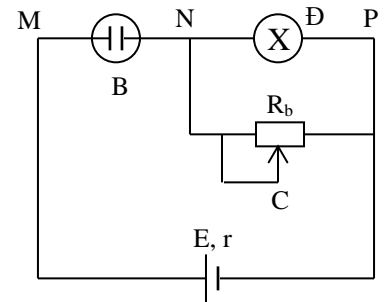
Tìm:

- Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở bình điện phân.
- Số pin và công suất mỗi pin.
- Số chỉ trên vôn kế hai đầu bộ nguồn.
- Khối lượng bạc được giải phóng ở ca-tốt sau 16 phút 5 giây điện phân.
- Độ sáng của đèn R_3 ?



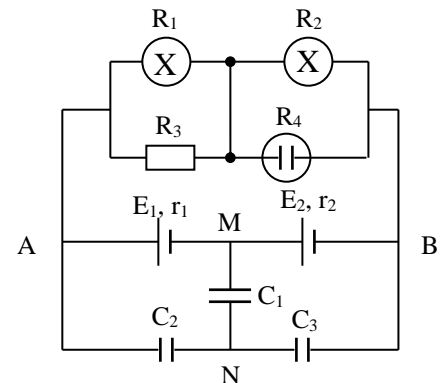
Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 9V$, $r = 0,5\Omega$, B là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ với các điện cực bằng đồng. Đ là đèn 6V - 9W, R_b là biến trở.

- C ở vị trí $R_b = 12\Omega$ thì đèn sáng bình thường. Tính khối lượng đồng bám vào ca-tốt bình điện phân trong 1 phút, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất của nguồn.
- Từ vị trí trên của con chạy C, nếu di chuyển C sang trái thì độ sáng của đèn và lượng đồng bám vào ca-tốt trong 1 phút thay đổi như thế nào?



Bài 9. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $E_2 = 3V$, $r_1 = r_2 = 0,5\Omega$, đèn R_1 : 2V - 1,5W, đèn R_2 : 4V - 3W, R_3 là điện trở, R_4 là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ có các điện cực bằng đồng, tụ $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = C_3 = 2\mu F$. Biết các đèn sáng bình thường.

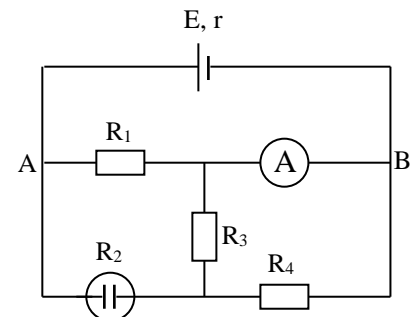
- Tính khối lượng đồng được giải phóng ở ca-tốt bình điện phân trong thời gian 16 phút 5 giây và điện năng bình tiêu thụ trong thời gian trên.
- Tính R_3 và R_4 .
- Tính điện tích trên mỗi bản tụ nối với N.



Bài 10. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 13,5V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_3 = R_4 = 4\Omega$, $R_A = 0$, R_2 là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ có các điện cực bằng đồng.

Biết sau 16 phút 5 giây điện phân, khối lượng đồng được giải phóng ở ca-tốt là 0,48g. Tính:

- Cường độ dòng điện qua bình điện phân.
- Điện trở bình điện phân.
- Số chỉ của ampe kế.
- Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài.



Bài 11. Một bộ pin gồm 10 pin mỗi pin có $E_0 = 1,08V$ và $r_0 = 0,1\Omega$ được mắc nối tiếp và được dùng để thực hiện điện phân các dung dịch.

- Trường hợp bình điện phân chứa dung dịch $CuSO_4$ với các điện cực bằng Cu và có điện trở $R_1 = 0,5\Omega$ thì sau 1 giờ khối lượng ca-tốt tăng bao nhiêu? Lấy $Cu = 63,6$.

- b) Trường hợp bình điện phân chứa dung dịch H_2SO_4 với các điện cực đại bằng Pt và có điện trở $R_2 = 1,5\Omega$ thì sau 1 giờ người ta thu được 1532cm^3 H_2 ở điều kiện tiêu chuẩn. Tính suất phản điện của bình.
- c) Bây giờ cả hai bình nói trên mắc song song vào bộ pin. Tính cường độ dòng điện qua các pin và các bình.

Bài 12. Khi điện phân dung dịch NaOH với điện cực bằng graphit ta thấy ở a-nốt có khí oxi và ở ca-tốt có khí hidro thoát ra. Biết cường độ dòng điện qua bình điện phân là $I = 7,5\text{A}$ và thời gian điện phân là $t = 16$ phút 5 giây. Tính:

- a) Khối lượng các chất khí thoát ra ở hai điện cực.
- b) Thể tích chất khí thu được ở a-nốt dưới áp suất 72 cmHg và nhiệt độ 27°C .

Bài 13. Hai bình điện phân mắc nối tiếp nhau. Bình thứ nhất có a-nốt bằng Ag, chứa dung dịch AgNO_3 ; bình thứ hai có a-nốt bằng Pb, chứa dung dịch $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Cả hai bình đều có ca-tốt bằng bạch kim. Cho dòng điện có mật độ $j = 2 \cdot 10^{-2}(\text{A}/\text{m}^2)$ chạy qua hai bình trong thời gian $t = 2$ giờ thì thấy a-nốt ở bình thứ nhất giảm đi một lượng $m_1 = 1,104\text{g}$.

- a) Tính khối lượng Pb giải phóng khỏi a-nốt của bình thứ hai.
- b) Tính cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân và diện tích của mỗi điện cực.

Cho khối lượng mol nguyên tử của Ag và Pb là $A_1 = 108$; $A_2 = 207$.

2. DÒNG ĐIỆN TRONG CHÂN KHÔNG

Bài 14. Cường độ dòng điện bão hòa trong một đi-ôt chân không là 3,2mA. Tính số electron bút ra từ ca-tốt trong 1,2 phút.

Bài 15. Khoảng cách giữa hai cực của một đi-ôt điện tử là $d = 4\text{mm}$; hiệu điện thế giữa chúng là $U = 10\text{V}$; dòng điện qua đi-ôt có cường độ $I = 5\text{mA}$. Tính:

- a) Số electron đến a-nốt trong mỗi giây.
- b) Hiệu suất của đi-ôt là 50%. Tính giá trị bão hòa của dòng điện qua đi-ôt.
- c) Tốc độ của electron khi chúng đến a-nốt.

Bài 16. Một đi-ôt điện tử có dòng điện a-nốt $I_a = 6,4\text{mA}$ khi hiệu điện thế giữa a-nốt và ca-tốt là $U = 10\text{V}$. Hiệu suất của đi-ôt là $H = 60\%$.

- a) Tính số electron bút ra từ ca-tốt trong mỗi giây.
- b) Tính động năng của electron khi đến a-nốt, biết rằng electron rời ca-tốt không vận tốc đầu.
- c) Tính nhiệt lượng a-nốt nhận được trong mỗi phút, biết rằng có 80% động năng của electron biến thành nhiệt.

3. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT KHÍ

Bài 17. Hãy ước tính:

- a) Hiệu điện thế sinh ra tia sét giữa đám mây cao 200m và ngọn cây cao 10m.
- b) Hiệu điện thế tối thiểu giữa hai cực của bugi xe máy khi xe chạy bình thường. Cho khoảng cách giữa hai cực của bugi khoảng 0,5mm.

Bài 18. Giữa hai điện cực cách nhau 20cm của một ống thủy tinh chứa khí ở áp suất thấp người ta đưa vào một electron. Tính số hạt tải điện tối đa có thể tạo ra do sự ion hóa chất khí, biết rằng quãng đường bay tự do của electron là 5cm.

Bài 19. Thả một electron vào một chất khí có áp suất thấp đặt giữa hai điện cực thì có thể thu được tối đa 62 hạt tải điện. Tính khoảng cách giữa hai điện cực biết quãng đường tự do khi dịch chuyển của electron là 4cm.

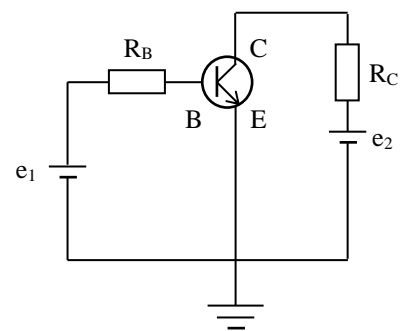
4. DÒNG ĐIỆN TRONG BÁN DẪN

Bài 20. Một mẫu bán dẫn hình hộp chữ nhật có kích thước $(0,2 \times 0,5 \times 1,0)\text{cm}^3$. Mật độ hạt tải điện trong bán dẫn là $n_0 = 10^{22}$ (hạt/ m^3). Một dòng điện có cường độ $I = 5\text{mA}$ chạy dọc theo chiều dài của mẫu. Tính tốc độ trung bình của chuyển động có hướng của các hạt tải điện.

Bài 21. Một mẫu bán dẫn silic có khối lượng 2,8g. Pha thêm vào đó các nguyên tử asen theo tỉ lệ $1 : 10^9$. Biết rằng cứ 5 nguyên tử pha thêm sẽ tạo ra 1 electron dẫn. Xác định số electron dẫn được tạo ra do sự pha tạp này. Cho Si = 28.

Bài 22. Ở nhiệt độ phòng, trong bán dẫn Si tinh khiết, số cặp electron – lỗ trống bằng 10^{-13} số nguyên tử silic. Nếu ta pha P vào Si với tỉ lệ $1/10^6$ thì số hạt tải điện tăng lên bao nhiêu lần?

Bài 23. Một tranzito n – p – được mắc với các nguồn điện theo sơ đồ như hình vẽ. Hiệu điện thế giữa hai cực bazơ (B) và emitơ (E) là $u_{BE} = 0,5\text{V}$; hệ số khuếch đại dòng điện là $\beta = 100$; $R_B = 40\text{k}\Omega$; $R_C = 1\text{k}\Omega$; $e_1 = 4,5\text{V}$; $e_2 = 12\text{V}$.



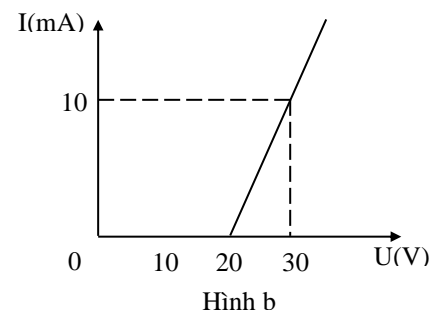
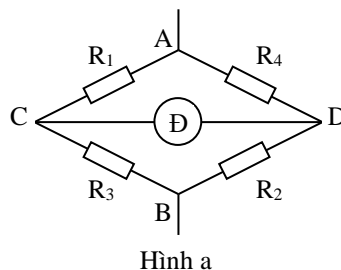
- Tính cường độ dòng bazơ I_B .
- Tính cường độ dòng colectơ I_C .
- Tính hiệu điện thế giữa hai cực colectơ (C) và emitơ (E) .

Bài 24. Một tranzito p – n – p được mắc với các nguồn điện e_1 , e_2 và điện trở R_C để tạo thành mạch khuếch đại: $e_2 = 15\text{V}$; $u_{EC} = 8\text{V}$; $\beta = 40$; $I_C = 1\text{mA}$.

- Vẽ sơ đồ mạch khuếch đại.
- Tính cường độ dòng emitơ I_E .
- Tính R_C và cường độ dòng bazơ I_B .

Bài 25. Cho mạch điện như hình a, các điện trở có giá trị $R_1 = 1\text{k}\Omega$; $R_2 = 2\text{k}\Omega$; $R_3 = 3\text{k}\Omega$; $R_4 = 4\text{k}\Omega$. Đ là một đèn quang điện có a-nốt nối với điểm C, ca-tốt nối với điểm D. Nếu điện thế a-nốt cao hơn điện thế ca-tốt thì đèn mở và có dòng $i_0 = 10\text{mA}$ đi qua; ngược lại thì đèn đóng, không có dòng đi qua. Hiệu điện thế giữa hai điểm A và B là 100V ($V_A > V_B$).

- Đèn Đ đóng hay mở?
- Tính hiệu điện thế giữa hai cực của đèn.
- Giữ nguyên các điện trở và hiệu điện thế giữa A và B nhưng thay đèn Đ bằng



- Đèn Đ đóng hay mở?
- Tính hiệu điện thế giữa hai cực của đèn.
- Giữ nguyên các điện trở và hiệu điện thế giữa A và B nhưng thay đèn Đ bằng một đi-ốt K chỉ cho dòng đi qua theo chiều từ C đến D. Đi-ốt có đường đặc trưng vôn – ampe vẽ ở hình b.

- Nêu các đặc điểm của đi-ốt về mặt dẫn điện.
- Nếu đi-ốt mở, tính dòng qua đi-ốt.

(Trích đề thi học sinh giỏi Quốc gia, năm học 1987- 1988)

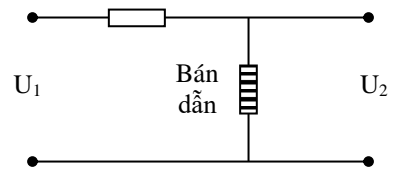
Bài 26. Trong một hộp kín có hai cực người ta ghép hai đi-ốt bán dẫn giống nhau và một điện trở thành mạng đơn giản. Xác định giá trị của điện trở bằng các dụng cụ sau:

- Nguồn điện không đổi.
- Biến trở có con chạy.
- Hai đồng hồ vạn năng, dây nối và giấy kẻ ô li.

(Trích đề thi Vật lý Quốc tế, Ba Lan - 1974)

Bài 27. Cho các dụng cụ sau đây: đèn bán dẫn, biến trở ($140k\Omega$), điện trở không đổi 300Ω , nguồn điện $9V$, hai máy đo vạn năng nhưng không đo được điện trở, dây nối.

a) Lắp mạch điện và đo lường để vẽ đường đặc trưng vôn – ampe của đèn bán dẫn trong phạm vi công suất tối đa $250mW$. Trước khi đo, hãy nghĩ xem làm thế nào thì đèn bán dẫn không bị quá tải, ghi lập luận vào báo cáo. Vẽ sơ đồ mạch điện mà em dùng, phân tích các sai số hệ thống mắc phải khi dùng mạch ấy.



b) Tính điện trở nội (điện trở động) của đèn bán dẫn khi dòng có cường độ $25mA$.

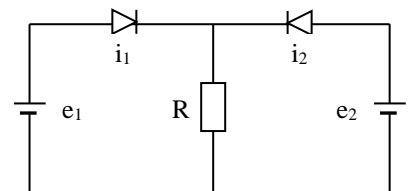
c) Dùng sơ đồ như hình vẽ bên để nghiên cứu sự phụ thuộc của điện thế ra U_2 đối với điện thế vào U_1 . Lập bảng số liệu và vẽ đồ thị. Cho U_1 biến đổi từ 0 đến $9V$. Nên mắc đèn sao cho U_2 thật lớn. Vẽ sơ đồ đầy đủ của mạch đã lắp và giải thích kết quả đo lường.

d) Nếu U_1 tăng từ $7V$ lên $9V$ thì U_2 biến đổi bao nhiêu, giải thích định tính giá trị của $\frac{\Delta U_1}{\Delta U_2}$.

e) Đèn bán dẫn dùng trong thí nghiệm này là loại đèn gì? Nêu công dụng thực tế của sơ đồ ở câu c (tiếp theo là bảng điện trở nội của máy đo, thuộc loại chính xác $2,5\Omega$).

(Trích đề thi Vật lý Quốc tế, CHDC Đức - 1975)

Bài 28. Cho mạch điện như hình vẽ: hai đi-ốt giống nhau, hai nguồn điện và một điện trở R . Các nguồn điện có suất điện động $e_1 = 0,8V$; $e_2 = 1,6V$ và điện trở trong không đáng kể. Điện trở thuận của mỗi đi-ốt là 4Ω còn điện trở ngược thì vô cùng lớn. Tìm giá trị của R để công suất tỏa nhiệt trên nó là cực đại.



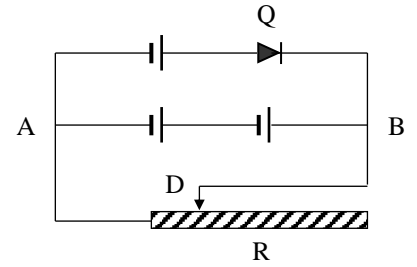
Bài 29. Một đi-ốt bán dẫn có lớp chuyển tiếp p – n lí tưởng và cường độ dòng điện chạy qua lớp chuyển tiếp liên hệ với hiệu điện thế đặt giữa hai cực của đi-ốt theo hệ thức: $I = I_0(e^{\frac{eU}{kT}} - 1)$, với I_0 phụ thuộc vào chất bán dẫn nhưng không phụ thuộc vào U hay I ; $U > 0$ nếu lớp chuyển tiếp phân cực thuận và ngược lại.

a) Vẽ phác đồ thị của hàm số này với $I_0 = 1mA$; $-0,5V < U < 0,15V$.

b) Tính hệ số chỉnh lưu của đi-ốt này ở hiệu điện thế $0,1V$ và $0,5V$.

Cho hằng số Bô-nơ-zơ-man $k = 1,38 \cdot 10^{-23}(J/K)$; hệ số chỉnh lưu của một hiệu điện thế nào đó là tỉ số giữa dòng điện thuận và dòng điện ngược của hiệu điện thế đó; ở nhiệt độ phòng $kT = 0,025eV$.

Bài 30. Trong sơ đồ mạch điện như hình vẽ, các pin đều có suất điện động e và điện trở trong r . Điện trở của biến trở có giá trị R , các dây nối có điện trở không đáng kể. Q là đi-ốt lý tưởng (nếu điện thế điểm B lớn hơn điện thế điểm C thì điện trở đi-ốt vô cùng lớn. Nếu $V_B \leq V_C$ thì điện trở đi-ốt bằng 0) và đi-ốt cho dòng đi từ C đến B.



Tính hiệu điện thế giữa hai đầu điện trở khi R giảm từ lớn xuống nhỏ. Có một giá trị đặc biệt của R , xác định giá trị đó.

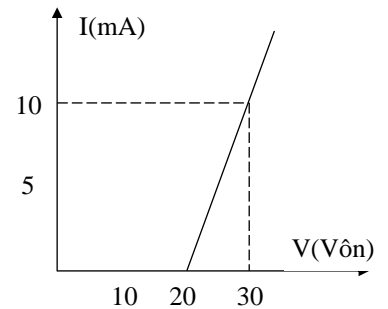
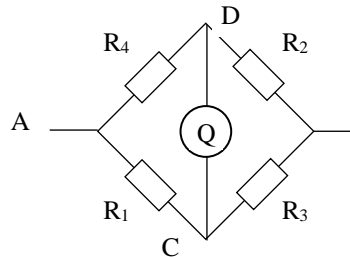
(Trích Đề thi học sinh giỏi Quốc gia, Năm học 1984-1985)

Bài 31. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 1k\Omega$; $R_2 = 2k\Omega$; $R_3 = 3k\Omega$; $R_4 = 4k\Omega$. Q là đèn điện tử có a-nốt nối với C, ca-tốt nối với D. Nếu $V_A > V_K$ thì đèn mở và cho dòng $I_0 = 10mA$ đi qua. Ngược lại, $V_A < V_K$ thì đèn đóng và không có dòng đi qua. Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là 100V ($V_A > V_B$).

a) Đèn đóng hay mở?

b) Tính hiệu điện thế giữa hai cực của đèn.

2. Giữ nguyên các điện trở và U_{AB} nhưng thay Q bằng đi-ốt chỉ cho dòng điện đi qua theo chiều từ C đến D. Đi-ốt có đường đặc trưng vôn-ampe như hình bên.



a) Nêu các đặc điểm của đi-ốt về mặt dẫn điện.

b) Nếu đi-ốt mở, tính dòng qua đi-ốt.

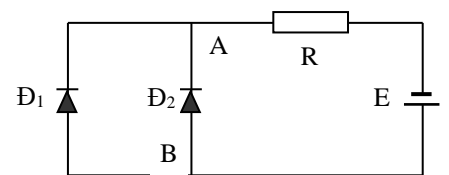
(Trích Đề thi học sinh giỏi Quốc gia, Năm học 1987-1988)

Bài 32. Cho mạch điện như hình vẽ. Sự phụ thuộc của dòng điện qua các đi-ốt \mathcal{D}_1 , \mathcal{D}_2 vào hiệu điện thế U_d đặt vào hai cực của đèn là: $I = \alpha U_d + \beta U_d^2$, trong đó:

$$\alpha_1 = 0,07(\text{mA/V}); \beta_1 = 0,005(\text{mA/V}^2)$$

$$\alpha_2 = 0,03(\text{mA/V}); \beta_2 = 0,01(\text{mA/V}^2)$$

Tính dòng điện qua mỗi đèn, biết $R = 4K\Omega$, $E = 300V$, điện trở trong của nguồn không đáng kể.

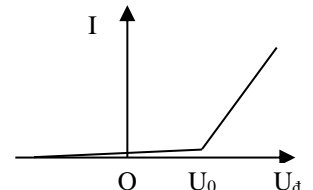
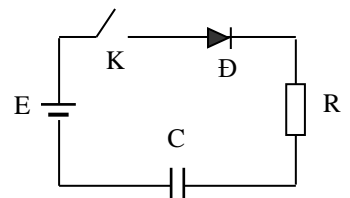


Bài 33. Cho mạch điện như hình a, nguồn điện có suất điện động E , điện trở trong không đáng kể. Mạch ngoài có điện trở R , tụ điện có điện dung C . Cường độ dòng điện chạy qua đi-ốt D phụ thuộc vào hiệu điện thế đặt vào đi-ốt như sau:

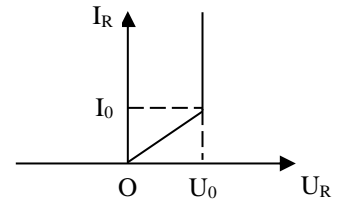
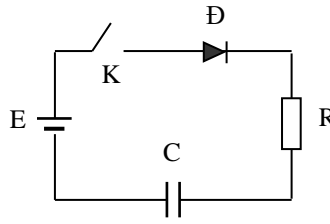
$$I = \begin{cases} 0 & \text{khi } U < U_0 \\ k(U - U_0) & \text{khi } U \geq U_0 \end{cases}$$

Trong đó $U_0 < E$; k là một hằng số dương. Đường đặc trưng của đi-ốt như hình

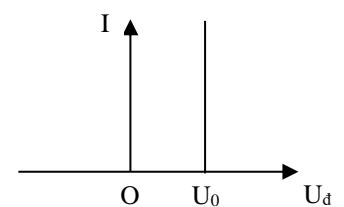
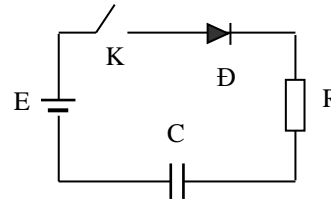
b. Tính nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R khi khóa K đang mở thì đóng lại.



Bài 34. Trong mạch điện như hình a. Tụ điện có điện dung $C = 1\mu\text{F}$ ban đầu chưa tích điện, điện trở $R = 10\Omega$, nguồn điện có suất điện động $E = 20\text{V}$ có điện trở trong không đáng kể, đi-ốt D có đặc trưng vôn-ampe như hình b ($I_0 = 1\text{A}$, $U_0 = 10\text{V}$). Bỏ qua điện trở của dây nối và khóa K. Tính tổng nhiệt lượng tỏa ra trên R sau khi đóng K.

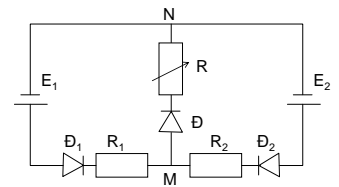


Bài 35. Đi-ốt Đ có đặc tuyến vôn-ampe được mô tả như hình vẽ, được mắc vào mạch điện như sơ đồ trên. Khi $U_D \geq U_0$ (hiệu điện thế thuận) thì đi-ốt mở. Khi $U_D < U_0$ thì đi-ốt đóng: không có dòng điện qua đi-ốt.



Ban đầu, K mở và tụ C chưa được tích điện. Hỏi khi đóng K thì dòng điện qua mạch có cường độ bao nhiêu? Tính điện lượng qua mạch sau khi đóng K và nhiệt lượng tổng cộng tỏa ra trên điện trở R.

Bài 36. Mạch điện như hình vẽ, các đi-ốt đều lí tưởng. Nguồn $E_1 = 1,2\text{V}$; $E_2 = 2,4\text{V}$; điện trở trong của các nguồn rất nhỏ. R là biến trở. Điện trở thuần $R_1 = R_2 = 6\Omega$. Cho R thay đổi, tìm công suất tỏa nhiệt cực đại trên R.



D. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Vì bình điện phân đựng dung dịch AgNO_3 với điện cực bằng Ag (điện cực tan) nên bình điện phân được coi như một điện trở R.

a) Lượng bạc bám vào ca-tốt sau 30 phút

- Cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân: $I = \frac{U}{R} = \frac{12}{4} = 3\text{A}$.

- Khối lượng Ag bám vào ca-tốt sau $t = 30$ phút $= 1800\text{s}$:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{9,65 \cdot 10^4} \cdot \frac{108}{1} \cdot 3 \cdot 1800 = 6,04\text{g}$$

Vậy: Lượng bạc bám vào ca-tốt sau 30 phút là $m = 6,04\text{g}$.

b) Thời gian để lượng bạc bám vào ca-tốt là 19,3g

- Từ định luật Faraday, ta có: $m' = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It' \Rightarrow t' = \frac{m'Fn}{AI}$.

$$\Leftrightarrow t' = \frac{19,3 \cdot 9,65 \cdot 10^4 \cdot 1}{108 \cdot 3} = 5748\text{s}$$

Vậy: Thời gian để có 19,3g bạc bám vào ca-tốt là $t' = 5748\text{s}$.

Bài 2.

- Khối lượng niken bám vào ca-tốt của bình điện phân trong thời gian $t = 90$ phút là:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{9,65 \cdot 10^4} \cdot \frac{58}{2} \cdot 5 \cdot 90 \cdot 60 = 8,114\text{g}$$

- Mặt khác: $m = DV = DSd$ (d là bề dày lớp niken phủ trên bề mặt ca-tốt).

$$\Rightarrow d = \frac{m}{DS} = \frac{8,114 \cdot 10^{-3}}{8,9 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 10^{-4}} = 0,23 \cdot 10^{-3}\text{m} = 0,23\text{mm}$$

Vậy: Bề dày của lớp niken phủ trên bề mặt ca-tốt là $d = 0,23\text{mm}$.

Bài 3.

Vì bình điện phân đựng dung dịch AgNO_3 với điện cực bằng Pt (điện cực trơ) nên bình điện phân được coi như một máy thu điện (e_p, r_p).

a) Khối lượng Ag bám vào ca-tốt bình điện phân sau thời gian 1 giờ

Theo định luật Faraday, ta có: $m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It$.

$$\Leftrightarrow m = \frac{1}{9,65 \cdot 10^4} \cdot \frac{108}{1} \cdot 1.3600 = 4,03\text{g}$$

Vậy: Khối lượng Ag bám vào ca-tốt bình điện phân sau thời gian 1 giờ là $m = 4,03\text{g}$.

b) Suất phản điện của bình điện phân

Theo định luật Ôm cho toàn mạch, ta có: $I = \frac{e - e_p}{R + r + r_p}$.

$$\Rightarrow e_p = e - I(R + r + r_p) = 12 - 1 \cdot (5 + 1 + 2) = 4\text{V}.$$

Vậy: Suất phản điện của bình điện phân là $e_p = 4\text{V}$.

Bài 4.

Ta có: + Trong dung dịch FeCl_2 , sắt có hóa trị $n_1 = 2$; trong dung dịch FeCl_3 , sắt có hóa trị $n_3 = 3$.

+ Chất thoát ra ở a-nốt của mỗi bình là Cl_2 ; chất thoát ra ở ca-tốt của mỗi bình là Fe.

- Áp dụng định luật Faraday cho khối lượng chất thoát ra ở hai bình điện phân, ta có:

+ Bình 1:

- Khối lượng Fe thoát ra tại ca-tốt: $m_{11} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n_1} \cdot q = \frac{1}{9,65 \cdot 10^4} \cdot \frac{56}{2} \cdot 9,65 \cdot 10^4 = 28\text{g}$.

- Khối lượng Cl_2 thoát ra tại a-nốt: $m_{12} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A'}{n'} \cdot q = \frac{1}{9,65 \cdot 10^4} \cdot \frac{35,5}{1} \cdot 9,65 \cdot 10^4 = 35,5\text{g}$.

+ Bình 2:

- Khối lượng Fe thoát ra tại ca-tốt: $m_{21} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n_2} \cdot q = \frac{1}{9,65 \cdot 10^4} \cdot \frac{56}{3} \cdot 9,65 \cdot 10^4 = 18,67\text{g}$.

- Khối lượng Cl_2 thoát ra tại a-nốt: $m_{22} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A'}{n'} \cdot q = \frac{1}{9,65 \cdot 10^4} \cdot \frac{35,5}{1} \cdot 9,65 \cdot 10^4 = 35,5\text{g}$.

Bài 5.

Ta có: $V = 1 \text{ lít} = 10^{-3} \text{ m}^3$; $t = 27^\circ\text{C} \rightarrow T = 27 + 273 = 300\text{K}$; $P = 1\text{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{Pa}$.

- Theo định luật Faraday, khối lượng hidro thu được ở catốt là: $m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot q \Rightarrow q = \frac{F \cdot m \cdot n}{A}$ (1)

- Theo phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép, ta có: $PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow m = \frac{PV\mu}{RT}$ (2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $q = \frac{F n P V \mu}{A R T} = \frac{96500 \cdot 1 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{1,8,31 \cdot 300} = 7842\text{C}$

Vậy: Điện lượng chuyển qua bình điện phân là $q = 7842\text{C}$.

Bài 6.

- Khối lượng hidro giải phóng ở điện cực: $m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It \Rightarrow I = \frac{F m n}{A t}$ (1)

- Theo phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép, ta có: $PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow m = \frac{P V \mu}{R T}$ (2)

- Thay (2) vào (1) ta được: $I = \frac{F_n P V \mu}{R T A t} = \frac{96500 \cdot 1.1.013.10^5 \cdot 56.2}{8.31.273.1.3600} = 134057A$

- Công suất điện cần thiết cho sản xuất: $P = UI = 2.134057 = 268113W \approx 268 \text{ kW}$

- Công do nhà máy sinh ra: $A = Pt = 268113.3600 = 9,652.10^8 J = 268 \text{ kWh}$

- Giá tiền để mua 268 kWh điện là: $T = 268.1000 = 268000 \text{ đồng.}$

- Giá thành của 1 m³ hiđrô là: $T' = \frac{268000}{56} = 4786 \text{ đồng.}$

Vậy: Công suất điện cần thiết cho sản xuất là $P = 268 \text{ kW}$; giá thành của 1m³ hiđrô là 4786 đồng.

Bài 7.

Ta có:

+ Với bộ nguồn: $E_b = ne = 1,5n$; $r_b = nr_0 = 0,5n$.

+ Điện trở của đèn: $R_3 = R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{3^2}{3} = 3\Omega$

a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở bình điện phân

- Hiệu điện thế 2 đầu R_4, R_5 : $U_{45} = I_2(R_2 + R_3) = 0,4(9 + 3) = 4,8V$

- Cường độ dòng điện qua bình điện phân: $I_4 = I_5 = I_1 - I_2 = 0,6 - 0,4 = 0,2A$

- Hiệu điện thế 2 đầu R_4 : $U_4 = I_4 R_4 = 0,2.4 = 0,8V$.

- Hiệu điện thế 2 đầu R_5 : $U_5 = U_{45} - U_4 = 4,8 - 0,8 = 4V$.

- Điện trở của bình điện phân: $R_5 = \frac{U_5}{I_5} = \frac{4}{0,2} = 20\Omega$

Vậy: Cường độ dòng điện qua bình điện phân là 0,2A; điện trở bình điện phân là 20Ω.

b) Số pin và công suất mỗi pin

- Điện trở tương đương của mạch ngoài: $R = R_1 + \frac{(R_2+R_3)(R_4+R_5)}{R_2+R_3+R_4+R_5} = 2 + \frac{(9+3).(4+20)}{9+3+4+20} = 10\Omega$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R+r_b} = \frac{1,5n}{10+0,5n} = 0,6$.

$\Leftrightarrow 1,5n = 6+0,3n \Rightarrow n = 5$.

- Công suất của bộ nguồn: $P = E_b I = 1,5.5.0,6 = 4,5W$.

- Công suất của mỗi nguồn: $P' = \frac{P}{5} = \frac{4,5}{5} = 0,9W$.

Vậy: Số pin là 5, công suất mỗi pin là 0,9W.

c) Số chỉ trên vôn kế hai đầu bộ nguồn

Ta có: Số chỉ của vôn kế hai đầu bộ nguồn: $U = E_b - r_b I = 1,5.5 - 0,5.5.0,6 = 6V$.

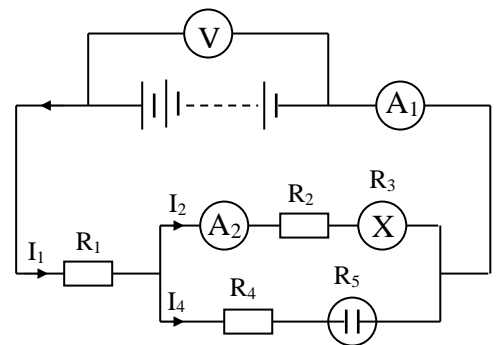
d) Khối lượng bạc giải phóng ở catốt sau $t = 16p5s = 965s$

Ta có: $m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{96500} \cdot \frac{108}{1} \cdot 0,2.965 = 0,216g$

Vậy: Khối lượng bạc giải phóng ở catốt sau $t = 16p5s$ là $m = 0,216g$.

e) Độ sáng của đèn Đ₃?

- Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{3}{3} = 1A$



- Ta thấy: $I_2 = 0,4A < I_{dm}$: đèn Đ₃ sáng tối hơn bình thường.

Bài 8.

Ta có:

+ Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{6^2}{9} = 4\Omega$.

+ Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{9}{6} = 1,5A$.

a) Khối lượng đồng bám vào ca-tốt, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất của nguồn

- Cường độ dòng điện qua biến trở: $I_b = \frac{U_{NP}}{R_b} = \frac{6}{12} = 0,5A$.

- Cường độ dòng điện qua bình điện phân: $I = I_{dm} + I_b = 1,5 + 0,5 = 2A$.

- Khối lượng đồng bám vào catốt trong 1 phút = 60s là: $m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{96500} \cdot \frac{64}{2} \cdot 2 \cdot 60 = 0,0398g = 39,8mg$

- Công suất tiêu thụ của mạch ngoài: $P_N = UI = (E - rI)I = (9 - 0,5 \cdot 2) \cdot 2 = 16W$

- Công suất của nguồn: $P = EI = 9 \cdot 2 = 18W$.

Vậy: Khối lượng đồng bám vào ca-tốt là 39,8mg, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là 16W, công suất của nguồn là 18W.

b) Độ sáng của đèn và lượng đồng bám vào ca-tốt thay đổi như thế nào?

- Nếu con chạy C sang trái thì R_b tăng $\Rightarrow R_{NP}$ tăng \Rightarrow điện trở mạch ngoài tăng $\Rightarrow I = \frac{E}{R+r}$ giảm nên lượng đồng bám vào catốt giảm.

- Hiệu điện thế hai đầu đèn là: $U_{NP} = IR_{NP} = \frac{E}{R + \frac{R_d R_b}{R_d + R_b}} \cdot \frac{R_d R_b}{R_d + R_b} = \frac{E R_d R_b}{R_d (R + R_b) + R R_b}$

- Cường độ dòng điện qua đèn: $I_d = \frac{U_{NP}}{R_d} = \frac{E R_b}{R_d (R + R_b) + R R_b} = \frac{E}{R + R_d + \frac{R R_d}{R_b}}$

- Khi R_b tăng $\Rightarrow (R + R_d + \frac{R R_d}{R_b})$ giảm nên I_d tăng, nghĩa là độ sáng của đèn tăng.

Vậy: Nếu di chuyển C sang trái thì độ sáng của đèn tăng và lượng đồng bám vào ca-tốt giảm.

Bài 9.

Ta có:

+ Điện trở của đèn 1: $R_1 = \frac{U_{dm1}^2}{P_{dm1}} = \frac{2^2}{1,5} = \frac{8}{3}\Omega$.

+ Điện trở của đèn 2: $R_2 = \frac{U_{dm2}^2}{P_{dm2}} = \frac{4^2}{3} = \frac{16}{3}\Omega$.

+ Cường độ dòng điện định mức qua đèn 1: $I_{dm1} = \frac{P_{dm1}}{U_{dm1}} = \frac{1,5}{2} = 0,75A$.

+ Cường độ dòng điện định mức qua đèn 2: $I_{dm2} = \frac{P_{dm2}}{U_{dm2}} = \frac{3}{4} = 0,75A$.

+ Hiệu điện thế 2 đầu A, B: $U_{AB} = U_1 + U_2 = 2 + 4 = 6V$.

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: Ta có: $U_{AB} = (E_1 - E_2) - (r_1 - r_2)I$.

$\Rightarrow I = \frac{E_1 + E_2 - U_{AB}}{r_1 + r_2} = \frac{6 + 3 - 6}{0,5 + 0,5} = 3A$

+ Cường độ dòng điện qua R₄: $I_4 = I - I_{dm2} = 3 - 0,75 = 2,25A$.

a) Khối lượng đồng được giải phóng ở ca-tốt bình điện phân và điện năng bình tiêu thụ

- Khối lượng đồng giải phóng ở catốt trong thời gian $t = 16\text{p}5\text{s} = 965\text{s}$ là:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{96500} \cdot \frac{64}{2} \cdot 2,25 \cdot 965 = 0,72\text{g}$$

- Điện năng bình tiêu thụ trong thời gian trên: $A = UIt = 4,2 \cdot 2,25 \cdot 965 = 8,685\text{kJ}$

b) Tính R_3 và R_4

- Điện trở của bình điện phân: $R_4 = \frac{U_4}{I_4} = \frac{4}{2,25} = \frac{16}{9} \Omega$.

- Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = I - I_{\text{đm}_1} = 3 - 0,75 = 2,25\text{A}$.

- Điện trở R_3 : $R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{2}{2,25} = \frac{8}{9} \Omega$.

c) Điện tích trên mỗi bản tụ nối với N

- Hiệu điện thế 2 đầu AM: $U_{AM} = E_1 - r_1 I = 6 - 0,5 \cdot 3 = 4,5\text{V}$.

- Hiệu điện thế 2 đầu MB: $U_{MB} = E_2 - r_2 I = 3 - 0,5 \cdot 3 = 1,5\text{V}$.

- Vì $E_1 > E_2$ nên bản của C_1 nối với M là cực âm, nối với N là cực dương.

- Tại N: $q_1 - q_2 + q_3 = 0$

$$\Leftrightarrow C_1 U_{NM} - C_2 U_{AN} + C_3 U_{NB} = 0$$

$$\Leftrightarrow U_{NM} - 2U_{AN} + 2U_{NB} = 0$$

- Mặt khác: $U_{NM} = U_{NA} + U_{AM} = U_{NA} + 4,5 = 4,5 - U_{AN}$ (2)

- Thay (2) vào (1): $4,5 - U_{AN} - 2U_{AN} + 2U_{NB} = 0$

$$\Leftrightarrow 3U_{AN} - 2U_{NB} = 4,5 \quad (3)$$

- Mặt khác: $U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} = 6 \Leftrightarrow 2U_{AN} + 2U_{NB} = 12$ (4)

- Lấy (3) + (4): $5U_{AN} = 16,5$

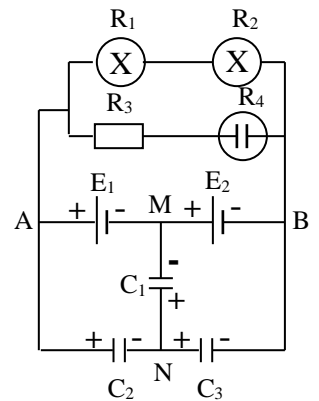
$$\Rightarrow U_{AN} = 3,3\text{V}; U_{NB} = 2,7\text{V}; U_{NM} = 4,5 - 3,3 = 1,2\text{V}.$$

- Điện tích trên mỗi bản tụ nối với N:

$$Q_1 = C_1 U_{NM} = 1 \cdot 1,2 = 1,2\mu\text{C}.$$

$$Q_2 = -C_2 U_{AN} = -2 \cdot 3,3 = -6,6\mu\text{C}.$$

$$Q_3 = C_3 U_{NB} = 2 \cdot 2,7 = 5,4\mu\text{C}.$$



Bài 10.

a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân: Vì $R_A = 0$ nên mạch điện được vẽ lại như sau:

Theo định luật Faraday, ta có: $m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} I_2 t$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{mFn}{At} = \frac{0,48 \cdot 96500 \cdot 2}{64(16 \cdot 60 + 5)} = 1,5\text{A}$$

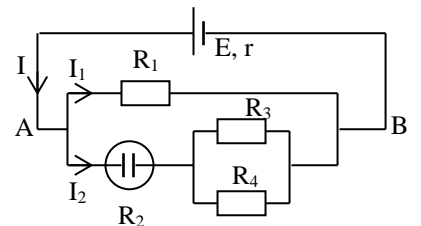
Vậy: Cường độ dòng điện qua bình điện phân là 1,5A.

b) Điện trở bình điện phân

- Hiệu điện thế 2 đầu AB: $U_{AB} = I_2 (R_2 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}) = 1,5 (R_2 + \frac{4 \cdot 4}{4 + 4}) = 1,5 (R_2 + 2)$

- Cường độ dòng điện qua R_1 : $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{1,5(R_2 + 2)}{3} = 0,5R_2 + 1$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_1 + I_2 = 1,5 + 0,5R_2 + 1 = 2,5 + 0,5R_2$



Ta có: $U_{AB} = E - rI = 13,5 - 1.(2,5 + 0,5R_2) = 1,5(R_2 + 2)$

$$\Leftrightarrow 11 - 0,5R_2 = 1,5R_2 + 3 \Rightarrow R_2 = 4\Omega.$$

Vậy: Điện trở bình điện phân là $R_2 = 4\Omega$.

c) Số chỉ của ampe kế

Ta có: $I_1 = 0,5.4 + 1 = 3A$.

- Hiệu điện thế 2 đầu R_3 : $U_3 = U_4 = I_2 R_{34} = 1,5.2 = 3V$.

- Cường độ dòng điện qua R_3 : $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{3}{4} = 0,75A$.

- Số chỉ của ampe kế: $I_A = 3 + 0,75 = 3,75A$.

Vậy: Ampe kế chỉ 3,75A.

d) Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài

Ta có: $U = U_{AB} = 1,5(R_2 + 2) = 1,5.(4 + 2) = 9V$

và $I = 2,5 + 0,5R_2 = 2,5 + 0,5.4 = 4,5A$.

$$\Rightarrow P = UI = 9.4,5 = 40,5W.$$

Vậy: Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là $P = 40,5W$.

Bài 11.

a) Khối lượng ca-tôt tăng lên sau 1 giờ điện phân dung dịch $CuSO_4$

- Cường độ dòng điện qua bình điện phân dung dịch $CuSO_4$: $I = \frac{nE_0}{R_1 + nr_0} = \frac{10.1,08}{0,5 + 10.0,1} = 7,2A$

- Áp dụng định luật Faraday, ta được: $m_{Cu} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot It = \frac{1}{96500} \cdot \frac{63,6}{2} \cdot 7,2 \cdot 3600 = 8,54g$

Vậy: Khối lượng ca-tôt tăng lên sau 1 giờ điện phân dung dịch $CuSO_4$ là $m_{Cu} = 8,54g$.

b) Suất phản điện của bình điện phân

- Cứ 96500C giải phóng 1 đương lượng gam hiđro tức là 1g H_2 chiếm $11200cm^3$ ở điều kiện tiêu chuẩn. Do đó, để thu được $1532cm^3 H_2$ ở điều kiện tiêu chuẩn phải dùng điện lượng: $q = \frac{96500.1532}{11200} = 13200C$

$$\Rightarrow I' = \frac{q}{t} = \frac{13200}{3600} = \frac{11}{3}A$$

- Theo định luật Ôm cho đoạn mạch chứa máy thu, ta có: $I' = \frac{nE_0 - E'}{R_2 + nr_0}$

$$\Rightarrow E' = nE_0 - I'(R_2 + nr_0) = 10.1,08 - \frac{11}{3} \cdot (1,5 + 10.0,1) = 1,63V$$

Vậy: Suất phản điện của bình điện phân là $E' = 1,63V$.

c) Cường độ dòng điện qua các pin và các bình khi hai bình mắc song song

- Khi hai bình điện phân mắc song song, ta có:

$$I = I_1 + I_2 \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{U_{AB}}{0,5} \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{U_{AB} - E'}{R_2} = \frac{U_{AB} - 1,63}{1,5} \quad (3)$$

$$U_{AB} = nE_0 - nr_0 I \quad (4)$$

- Thay (1), (2), (3) vào (4), ta được: $U_{AB} = nE_0 - nr_0 \left(\frac{U_{AB}}{0,5} + \frac{U_{AB} - 1,63}{1,5} \right)$.

$$\Leftrightarrow 1,5U_{AB} = 1,5nE_0 - 3nr_0U_{AB} + nr_0U_{AB} - 1,63nr_0$$

$$\Leftrightarrow 1,5U_{AB} = 1,5.10.1,08 - 3.10.0,1U_{AB} + 10.0,1U_{AB} - 1,63.10.0,1$$

$$\Leftrightarrow 1,5U_{AB} = 162 - 3U_{AB} + U_{AB} - 1,63 \Rightarrow U_{AB} = 3,24V$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{3,24}{0,5} = 6,48A; I_2 = \frac{3,24 - 1,63}{1,5} = 1,07A; I = 6,48 + 1,07 = 7,55A.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua các pin và các bình khi hai bình mắc song song là $I = 7,55A$; $I_1 = 6,48A$ và $I_2 = 1,07A$.

Bài 12.

a) Khối lượng các chất khí thoát ra ở hai điện cực

Ta có: $t = 16 \text{ phút } 5 \text{ giây} = 965s$.

- Khối lượng khí oxi thoát ra ở a-nốt: $m_1 = \frac{1}{F} \cdot \frac{A_1}{n_1} \cdot It = \frac{1}{9,65.10^4} \cdot \frac{16}{2} \cdot 7,5.965 = 0,6g$

- Khối lượng khí hidro thoát ra ở ca-tốt: $m_2 = \frac{1}{F} \cdot \frac{A_2}{n_2} \cdot I = \frac{1}{9,65.10^4} \cdot \frac{1}{1} \cdot 7,5.965 = 0,075g$

Vậy: Khối lượng các chất khí thoát ra ở hai điện cực : khí oxi là $m_1 = 0,6g$, khí hidro là $m_2 = 0,075g$.

b) Thể tích chất khí thu được ở a-nốt dưới áp suất 72 cmHg và nhiệt độ 27°C

- Thể tích khí oxi ở điều kiện chuẩn ($p_0 = 76 \text{ cmHg}$; $T_0 = 273K$) là: $V_0 = 22,4 \cdot \frac{m_1}{M_1} = 22,4 \cdot \frac{0,6}{32} = 0,42 \text{ (lít)}$

- Áp dụng phương trình trạng thái của khí lí tưởng, ta có: $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$.

$$\Rightarrow V_1 = \frac{p_0}{p_1} \cdot \frac{T_1}{T_0} \cdot V_0 = \frac{76}{72} \cdot \frac{27+273}{273} \cdot 0,42 = 0,48 \text{ (lít)}$$

Vậy: Thể tích khí oxi thu được ở a-nốt dưới áp suất 72 cmHg và nhiệt độ 27°C là $V_1 = 0,48 \text{ (lít)}$.

Bài 13.

Vì bình điện phân 1 đựng dung dịch $AgNO_3$ với điện cực bằng Ag (điện cực tan); bình điện phân 2 đựng dung dịch $Pb(NO_3)_2$ với điện cực bằng Pb (điện cực tan) nên hai bình điện phân được coi như hai điện trở R_1 và R_2 mắc nối tiếp.

a) Khối lượng Pb giải phóng khỏi a-nốt của bình thứ hai

Ta có: Khối lượng a-nốt ở bình thứ nhất giảm đi chính là khối lượng Ag được giải phóng khỏi a-nốt của bình thứ nhất.

- Áp dụng định luật Faraday cho khối lượng chất thoát ra ở hai bình điện phân, ta có:

$$m_1 = \frac{1}{F} \cdot \frac{A_1}{n_1} \cdot It \quad (1);$$

$$m_2 = \frac{1}{F} \cdot \frac{A_2}{n_2} \cdot It \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) ta được: $m_2 = m_1 \cdot \frac{A_2}{A_1} \cdot \frac{n_1}{n_2} = 1,104 \cdot \frac{207}{108} \cdot \frac{1}{2} = 1,058g$.

Vậy: Khối lượng Pb giải phóng khỏi a-nốt của bình thứ hai là $m_2 = 1,058g$.

b) Cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân và diện tích của mỗi điện cực

- Từ công thức (1), ta có: $I = \frac{m_1 F n_1}{A_1 t} = \frac{1,104 \cdot 9,65 \cdot 10^4 \cdot 1}{108 \cdot 2 \cdot 3600} = 0,137A$.

- Diện tích mỗi điện cực là: $S = \frac{I}{j} = \frac{0,137}{0,02} = 6,85 \cdot 10^{-4} m^2 = 6,85 cm^2$.

Vậy: Cường độ dòng điện chạy qua bình điện phân và diện tích của mỗi điện cực là $I = 0,137\text{A}$ và $S = 6,85\text{cm}^2$.

Bài 14.

Ta có: $t = 1,2 \text{ phút} = 72\text{s}$.

- Số electron bứt ra từ ca-tốt trong 1s: Từ $I_{bh} = n_0 e \Rightarrow n_0 = \frac{I_{bh}}{e} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^{16} \text{ (e/s)}$.

- Số electron bứt ra từ ca-tốt trong thời gian $t = 72\text{s}$: $N_e = n_0 t = 2 \cdot 10^{16} \cdot 72 = 1,44 \cdot 10^{18}$.

Vậy: Số electron bứt ra từ ca-tốt trong thời gian $t = 72 \text{ s}$ là $N_e = 1,44 \cdot 10^{18}$.

Bài 15.

a) Số electron đến a-nốt trong mỗi giây

Ta có : $n_e = \frac{I}{e} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,125 \cdot 10^{16} \text{ (e/s)}$.

Vậy : Số electron đến a-nốt trong mỗi giây là $n_e = 3,125 \cdot 10^{16} \text{ (e/s)}$.

b) Giá trị bão hòa của dòng điện qua đi-ôt

- Số electron bứt ra từ ca-tốt trong 1s : Từ $H = \frac{n_e}{n_0}$.

$$\Rightarrow n_0 = \frac{n_e}{H} = \frac{3,125 \cdot 10^{16}}{0,5} = 6,25 \cdot 10^{16} \text{ (e/s)}$$

- Cường độ dòng điện bão hòa qua đi-ôt là : $I_{bh} = n_0 e = 6,25 \cdot 10^{16} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 10^{-2} \text{A} = 10\text{mA}$.

Vậy : Giá trị bão hòa của dòng điện qua đi-ôt là $I_{bh} = 10\text{mA}$.

c) Tốc độ electron khi đến a-nốt

Áp dụng định lí động năng, ta có : $A = W_{d2} - W_{d1} \Leftrightarrow \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = eU$.

với : $v_1 = 0 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,875 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$

Vậy : Tốc độ của electron khi đến a-nốt là $v_2 = 1,875 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$.

Bài 16.

a) Số electron bứt ra từ ca-tốt trong mỗi giây

- Số electron đập vào a-nốt trong mỗi giây : $n_e = \frac{I}{e} = \frac{6,4 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4 \cdot 10^{16} \text{ (e/s)}$.

- Số electron bứt ra từ ca-tốt trong mỗi giây : $n_0 = \frac{n_e}{H} = \frac{4 \cdot 10^{16}}{0,6} = 6,67 \cdot 10^{16} \text{ (e/s)}$.

Vậy : Số electron bứt ra từ ca-tốt trong mỗi giây là $n_0 = 6,67 \cdot 10^{16} \text{ (e/s)}$.

b) Động năng của electron khi đến a-nốt

- Theo định lí động năng, ta có : $A = W_{d2} - W_{d1} \Leftrightarrow \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = eU$.

- Vì $v_1 = 0 \Rightarrow W_{d2} = eU = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10 = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{J} = 10\text{eV}$.

Vậy: Động năng của electron khi đến a-nốt là $W_{d2} = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{J} = 10\text{eV}$.

c) Nhiệt lượng a-nốt nhận được trong mỗi phút

- Tổng động năng các electron đến a-nốt trong mỗi phút là: $W_d = N_e W_{d2} = n_e t W_{d2}$.

- Nhiệt lượng a-nốt nhận được trong mỗi phút là: $Q = H W_d = H n_e t W_{d2}$.

$$\Leftrightarrow Q = 0,6 \cdot 4 \cdot 10^{16} \cdot 60 \cdot 1,6 \cdot 10^{-18} = 2,3 \text{J}$$

Vậy: Nhiệt lượng a-nốt nhận được trong mỗi phút là $Q = 2,3J$.

Bài 17.

a) Hiệu điện thế sinh ra tia sét giữa đám mây và ngọn cây

- Có thể coi đám mây là mặt phẳng, ngọn cây là mũi nhọn. Một cách gần đúng có thể ước tính hiệu điện thế phát sinh ra tia sét là trung bình cộng của hai trường hợp : mặt phẳng – mặt phẳng và mũi nhọn – mũi nhọn.

- Từ bảng 15.1 trang 90, Vật lí 11 – NXB Giáo dục Việt Nam 2012 về “*Mối liên hệ giữa hiệu điện thế hai điện cực và khoảng cách đánh tia điện*” ta có : Hiệu điện thế tạo ra tia lửa điện gần như tỉ lệ với khoảng cách đánh tia lửa điện. Do đó :

+ Khoảng cách từ đám mây đến ngọn cây là : $d' = 200 - 10 = 190m$.

+ Xét trường hợp cực phẳng – cực phẳng :

• Với $d_1 = 114mm = 0,114m$ thì $U_1 = 300000V = 3.10^5V$.

• Với $d' = 190m$ thì : $U'_1 = d' \cdot \frac{U_1}{d_1} = 190 \cdot \frac{3.10^5}{0,114} = 5.10^8V$.

+ Xét trường hợp mũi nhọn – mũi nhọn :

• Với $d_2 = 600mm = 0,6m$ thì $U_2 = 300000V = 3.10^5V$.

• Với $d' = 190m$ thì : $U'_2 = d' \cdot \frac{U_2}{d_2} = 190 \cdot \frac{3.10^5}{0,6} = 0,95.10^8V$.

+ Hiệu điện thế sinh ra tia sét giữa đám mây và ngọn cây là : $U = \frac{U'_1 + U'_2}{2} = \frac{5.10^8 + 0,95.10^8}{2} \approx 3.10^8V$

Vậy : Hiệu điện thế sinh ra tia sét giữa đám mây và ngọn cây vào cỡ $U \approx 3.10^8V$.

b) Hiệu điện thế tối thiểu giữa hai cực của bugi xe máy

- Hai cực của bugi xe máy có thể coi như hai mũi nhọn với $d' = 0,5mm$.

- Tra bảng 15.1 trang 90, Vật lí 11 – NXB Giáo dục Việt Nam 2012 về “*Mối liên hệ giữa hiệu điện thế hai điện cực và khoảng cách đánh tia điện*”, ta có : $U = 20000V$ ứng với trường hợp $d = 15,5mm$. Suy ra :

$$U' = U \frac{d'}{d} = 20000 \cdot \frac{0,5}{15,5} = 645V$$

Vậy : Hiệu điện thế tối thiểu giữa hai cực của bugi xe máy vào khoảng 645V.

Bài 18.

Có thể minh họa quá trình sinh ra hạt tải điện do sự ion hóa chất khí như sau :

- Số quãng đường tự do khi electron chuyển động giữa hai điện cực :

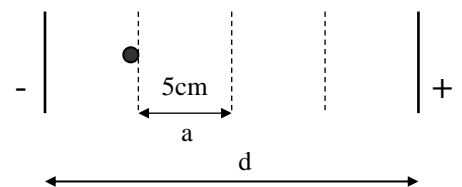
$$k = \frac{d}{a} = \frac{20}{5} = 4.$$

- Số hạt tải điện tối đa sinh ra là : $N = 2^{k+1} - 2 = 2^{4+1} - 2 = 30$.

Vậy : Số hạt tải điện tối đa có thể tạo ra do sự ion hóa chất khí khi đưa vào ca-tốt của ống một electron là $n = 30$.

Bài 19.

- Tổng số hạt tải điện sinh ra là : $N = 2^{k+1} - 2 \Leftrightarrow 62 = 2^{k+1} - 2 \Rightarrow k = 6$.



- Khoảng cách giữa hai điện cực là : $d = ka = 6.4 = 24\text{cm}$.

Vậy : Khoảng cách giữa hai điện cực là $d = 24\text{cm}$.

Bài 20.

- Vì chuyển động có hướng của các hạt tải điện trong bán dẫn giống như chuyển động có hướng của electron trong kim loại nên ta có: $I = \frac{q}{t} = n_0 e S v \Rightarrow v = \frac{I}{n_0 e S}$

- Vì các hạt tải điện chuyển động dọc theo chiều dài của mẫu ($c = 1,0\text{cm}$) nên: $S = 0,2.0,5 = 0,1\text{cm}^2 = 10^{-5}\text{m}^2$

$$\Rightarrow v = \frac{5.10^{-3}}{10^{22} \cdot 1,6.10^{-19} \cdot 10^{-5}} = 0,31(\text{m/s})$$

Vậy: Tốc độ trung bình của chuyển động có hướng của các hạt tải điện là $v = 0,31(\text{m/s})$.

Bài 21.

- Số nguyên tử silic trong 2,8g là : $N_{\text{Si}} = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{2,8}{28} \cdot 6,023.10^{23} = 6,023.10^{22}$ (hạt).

- Số nguyên tử asen pha vào là : $N_{\text{As}} = \frac{N_{\text{Si}}}{10^9} = \frac{6,023.10^{22}}{10^9} = 6,023.10^{13}$ (hạt).

- Số electron dẫn được tạo ra do sự pha tạp này là: $N_e = \frac{N_{\text{As}}}{5} = \frac{6,023.10^{13}}{5} = 1,2046.10^{13}$ (hạt).

Vậy: Số electron dẫn được tạo ra do sự pha tạp này là $N_e = 1,2046$ (hạt).

Bài 22.

Gọi N là số nguyên tử silic.

- Ban đầu số hạt tải điện là : $N_1 = 2.10^{-13}N$ (1)

- Khi pha P vào Si với tỉ lệ $1/10^6$ thì số hạt tải điện tăng lên là do số electron tạo ra tăng lên. Số hạt tải điện lúc này là: $N_2 = N_1 + 10^{-6}N = 2.10^{-13}N + 10^{-6}N$ (2)

- Tỉ số giữa số hạt tải điện cũ và mới là : $k = \frac{N_2}{N_1}$.

$$\Leftrightarrow k = \frac{(2.10^{-13} + 10^{-6})N}{2.10^{-13}N} = 1 + 5.10^6 \approx 5.10^6$$

Vậy : Số hạt tải điện tăng lên hơn 5 triệu lần.

Bài 23.

a) Cường độ điện bazơ I_B

$$\text{Ta có: } I_B = \frac{e_1 - U_{BE}}{R_B} = \frac{4,5 - 0,5}{40.10^3} = 10^{-4}\text{A} = 10\mu\text{A}.$$

Vậy: Cường độ điện bazơ I_B là $I_B = 10\mu\text{A}$.

b) Cường độ dòng collector I_C

$$\text{Ta có: } I_C = \beta I_B = 100.10 = 1000\mu\text{A} = 10\text{mA}.$$

Vậy: Cường độ dòng collector I_C là $I_C = 10\text{mA}$.

c) Hiệu điện thế giữa hai cực collector (C) và emitter (E)

Xét đoạn mạch C – R_C – e – E, ta có: $U_{CE} = e_2 - I_C R_C$.

$$\Leftrightarrow U_{CE} = 12 - 10^{-2} \cdot 10^3 = 2\text{V}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai cực collector (C) và emitter (E) là $U_{CE} = 2\text{V}$.

Bài 24.

a) Sơ đồ mạch khuếch đại

b) Cường độ dòng emitor I_E

$$\text{Vì } I_B \ll I_C \Rightarrow I_E \approx I_C = 1\text{mA}.$$

Vậy: Cường độ dòng emitor I_E là $I_E \approx 1\text{mA}$.

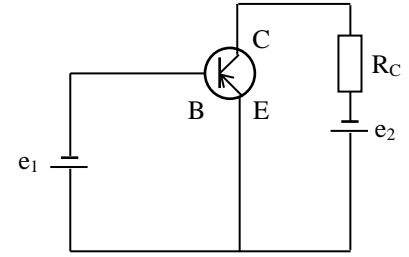
c) Tính R_C và cường độ dòng bazơ I_B

- Xét đoạn mạch E – e_2 – R_C – C ta có: $U_{EC} = e_2 - I_C R_C$.

$$\Leftrightarrow R_C = \frac{e_2 - U_{EC}}{I_C} = \frac{15 - 8}{10^{-3}} = 7.10^3 \Omega = 7\text{k}\Omega$$

- Cường độ dòng bazơ: Ta có: $I_C = \beta I_B \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1}{40} = 0,025\text{mA} = 25\mu\text{A}$.

Vậy: Điện trở $R_C = 7\text{k}\Omega$ và cường độ dòng bazơ là $I_B = 25\mu\text{A}$.



Bài 25.

a) Đèn Đ đóng hay mở?

Giả sử đèn Đ đóng, mạch điện gồm: $[(R_1 \text{ nt } R_3) // (R_2 \text{ nt } R_4)]$.

- Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R = \frac{R_{13}R_{24}}{R_{13} + R_{24}} = \frac{(R_1+R_3)(R_2+R_4)}{(R_1+R_3)+(R_2+R_4)} = \frac{(1+3)(2+4)}{(1+3)+(2+4)} = 2,4\text{k}\Omega = 2400\Omega$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U}{R} = \frac{100}{2400} = \frac{1}{24}\text{A}$.

- Cường độ dòng điện qua các nhánh:

$$+ \text{Nhánh 1, 3: } I' = \frac{U}{R_{13}} = \frac{U}{R_1+R_3} = \frac{100}{1000+3000} = \frac{1}{40}\text{A}.$$

$$+ \text{Nhánh 2, 4: } I'' = \frac{U}{R_{24}} = \frac{U}{R_2+R_4} = \frac{100}{2000+4000} = \frac{1}{60}\text{A}.$$

- Đặt $V_B = 0$ thì $V_C = I'R_3 = \frac{1}{40} \cdot 3000 = 75\text{V}$; $V_D = I''R_2 = \frac{1}{60} \cdot 2000 = 33,3\text{V}$.

- Vì $V_C > V_D$ nên đèn Đ mở.

Vậy: Đèn Đ mở.

b) Hiệu điện thế giữa hai cực của đèn

- Vì đèn Đ mở nên mạch điện gồm: $[(R_1 // R_4) \text{ nt } (R_3 // R_2)]$.

+ Xét đoạn mạch ACB, ta có: $R_1 i_1 + R_3(i_1 - 0,01) = U_{AB}$.

$$\Leftrightarrow 1000i_1 + 3000(i_1 - 0,01) = 100.$$

$$\Rightarrow i_1 = 32,5\text{mA}; i_3 = i_1 - i_0 = 32,5 - 10 = 22,5\text{mA}.$$

+ Xét đoạn mạch ADB, ta có: $R_4 i_4 + R_2(i_4 + 0,01) = U_{AB}$.

$$\Leftrightarrow 4000i_4 + 2000(i_4 + 0,01) = 100.$$

$$\Rightarrow i_4 = 13,3\text{mA}; i_2 = i_4 + i_0 = 13,3 + 10 = 23,3\text{mA}.$$

- Điện thế các điểm C và D: $V_C = \frac{R_3 i_3}{R_1} = \frac{3000 \cdot 22,5}{1000} = 67,5\text{V}$.

$$\text{Và } V_D = \frac{R_2 i_2}{R_1} = \frac{2000 \cdot 23,3}{1000} = 46,6\text{V}.$$

$$\Rightarrow U_{CD} = V_C - V_D = 67,5 - 46,6 = 20,9\text{V}.$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai cực của đèn là $U_{CD} = 20,9\text{V}$.

c) Khi thay đèn Đ bằng một đi-ốt K

- Đặc điểm của đi-ốt về mặt dẫn điện

+ Khi $V_C > V_D$: Đi-ốt mở, dòng điện qua được đi-ốt và đi-ốt có điện trở: $R = \frac{30-20}{0,01} = 1000\Omega$.

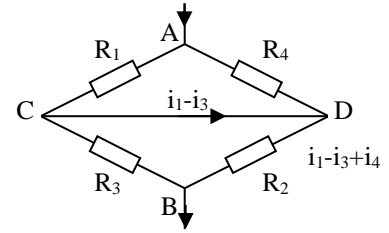
+ Khi $V_C < V_D$: Đi-ốt đóng, dòng điện không qua được đi-ốt và đi-ốt có điện trở rất lớn: $R = \infty$.

- Cường độ dòng điện qua đi-ốt khi đi-ốt mở

+ Khi đi-ốt mở, ta có: $R_1 i_1 + R_3 i_3 = U_{AB}$ (a)

$R_4 i_4 + R_2 (i_1 - i_3 + i_4) = U_{AB}$ (b)

$R_1 i_1 + R_1 (i_1 - i_3) - R_4 i_4 = 0$ (c)



+ Giải hệ (a), (b) và (c) ta được: $i_1 = 30\text{mA}$; $i_2 = 21,2\text{mA}$; $i_3 =$

$23,2\text{mA}$; $i_4 = 14,2\text{mA}$.

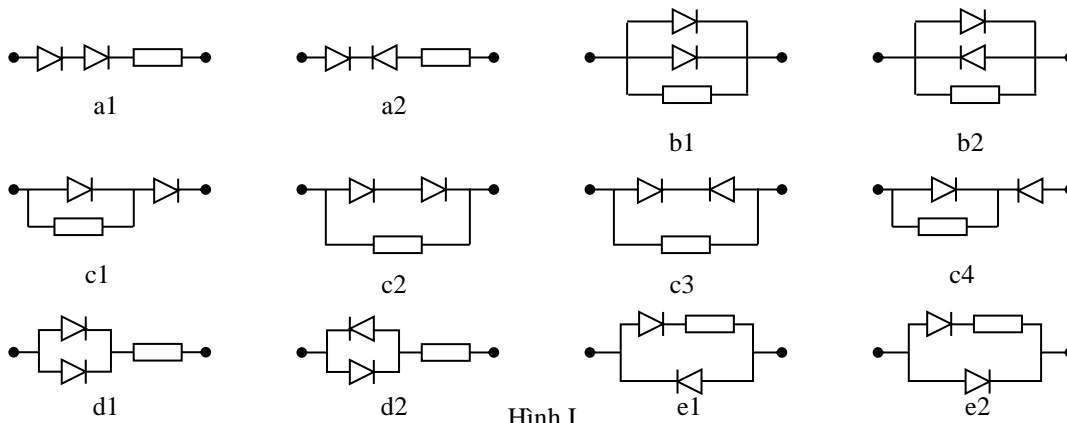
+ Cường độ dòng điện qua đi-ốt: $i_1 - i_3 = 30 - 23,2 = 6,8\text{mA}$.

+ Kiểm lại, ta có: $V_C = R_3 i_3 = 3000 \cdot 23,2 \cdot 10^{-3} = 69,6\text{V}$; $V_D = R_2 i_2 = 2000 \cdot 21,2 \cdot 10^{-3} = 42,4\text{V}$.

$\Rightarrow V_C > V_D$: đi-ốt mở.

Bài 26.

- Có thể có các cách mắc như hình I.



Hình I

- Lắp sơ đồ theo hình II và đo dòng i ứng với các hiệu điện thế U_1, U_2 đặt theo hai chiều ngược nhau, ta được các giá trị:

$i(U_1)$; $i(U_2)$; $i(-U_1)$; $i(-U_2)$

- Từ kết quả thu được ta nhận thấy:

+ Dòng điện chạy được theo cả hai chiều.

+ Với cùng một hiệu điện thế đặt theo hai chiều thì dòng có giá trị khác nhau.

+ Theo cả hai chiều, dòng không là hàm tuyến tính của hiệu điện thế.

- Từ các đặc điểm trên, ta thấy:

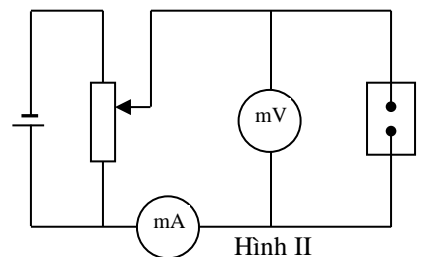
+ Từ đặc điểm thứ nhất, ta có thể loại bỏ các sơ đồ: a1, c1, c4, d1, e2.

+ Từ đặc điểm thứ hai, ta có thể loại bỏ các sơ đồ: b2, d2.

+ Từ đặc điểm thứ ba, ta có thể loại bỏ các sơ đồ: b1, c2, c3.

Từ đó, các linh kiện trong hộp phải được mắc theo sơ đồ e1.

- Giá trị của R: $R = \frac{U_R(i)}{i} = \frac{U_B(i) - U_A(i)}{i}$.



Hình II

- Thực hiện phép đo nhiều lần và ghi kết quả theo bảng sau:

STT phép đo	i(mA)	$U_B(\text{mV})$	$U_A(\text{mV})$	$U_B - U_A$	$R = \frac{U_B - U_A}{i}$
...					

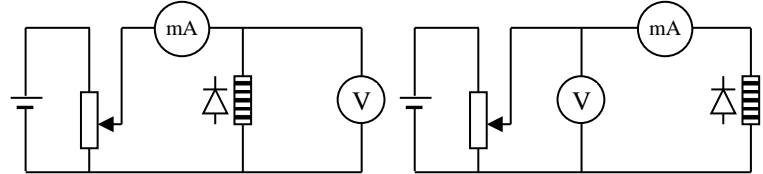
- Kết quả: $R = 10\Omega$; sai số: $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta U_B + \Delta U_A}{U_B - U_A} + \frac{\Delta i}{i} = 10\%$.

Bài 27.

a) Lắp mạch điện, vẽ đường đặc trưng vôn – ampe của đèn bán dẫn và vẽ sơ đồ mạch điện

- Vì công suất tối đa mà linh kiện bán dẫn chịu được là 250mW nên thí nghiệm phải được tiến hành sao cho tích của điện thế và cường độ dòng điện qua

bán dẫn nhỏ hơn công suất đó. Do đó có thể bố trí thí nghiệm như sơ đồ hình a và b.



Hình a

Hình b

- Sai số hệ thống là do các nguyên nhân sau:

+ Do trong sơ đồ hình a ampe kế đo cả

dòng qua vôn kế, còn trong sơ đồ hình b thì vôn kế đo cả hiệu điện thế trên ampe kế. Vì vậy khi tính toán cần sử dụng các dữ kiện về điện trở nội của các dụng cụ.

+ Do nhiệt độ của linh kiện bán dẫn tăng nên độ dẫn điện của nó tăng, điều này cũng gây ra sai số hệ thống.

- Đường đặc trưng vôn – ampe của bán dẫn được vẽ như hình c.

b) Điện trở nội (điện trở động) của đèn bán dẫn khi dòng có cường độ 25mA

- Điện trở trong của bán dẫn: $R = \frac{\Delta u}{\Delta i}$.

- Với dòng 25mA:

+ Theo chiều thuận: $R = 1 \pm 50\%$.

+ Theo chiều nghịch: $R = 10 \pm 50\%$.

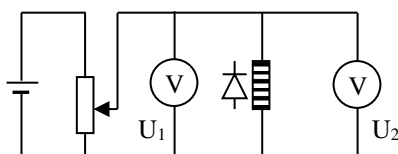
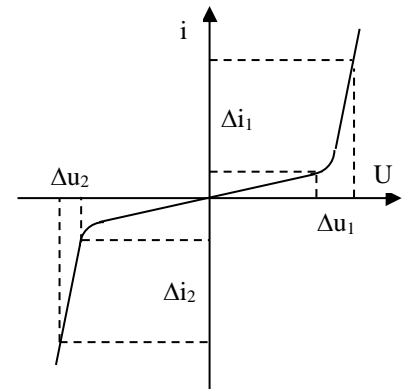
- Sai số tương đối: 50%.

c) Lập bảng số liệu, vẽ đồ thị. Vẽ sơ đồ của mạch và giải thích kết quả

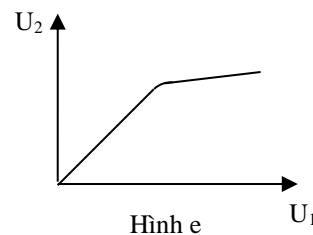
- Sơ đồ đầy đủ như hình d.

- Với cả hai chiều dòng điện, đồ thị $U_2 = f(U_1)$ có dạng như nhau nhưng có trị số khác nhau.

- Để có U_2 lớn phải nối bán dẫn theo chiều nghịch.



Hình d



Hình e

d) Giải thích định tính giá trị của $\frac{\Delta U_1}{\Delta U_2}$

- Theo kết quả đo lường: $\Delta U_2 = 0,1 \pm 50\% \ll \Delta U_1 = 2V$.

- Giải thích: Vì điện trở nội của bán dẫn rất nhỏ so với điện trở 300Ω nên biến thiên của điện thế ảnh hưởng chủ yếu đến điện thế qua điện trở này.

e) Loại đèn bán dẫn

Đèn bán dẫn trong thí nghiệm này chính là đi-ốt. Sơ đồ d có thể dùng để ổn áp.

Bài 28.

Giả sử các đi-ốt đều mở. Áp dụng định luật Kiêc-xôp cho các mạch vòng nhỏ, ta được:

$$-e_1 + i_1 r + iR = 0 \quad (1)$$

$$-e_2 + i_2 r + iR = 0 \quad (2)$$

$$\text{Và } i_1 + i_2 = i \quad (3)$$

$$-e_1 + 4i_1 + iR = 0 \quad (1')$$

$$\Leftrightarrow -e_2 + 4i_2 + iR = 0 \quad (2')$$

$$i_1 + i_2 = i \quad (3')$$

$$\text{Từ (1'), (2') và (3')}: i_1 = \frac{4-R}{10(2+R)}; i_2 = \frac{8+R}{10(2+R)}; i = \frac{12}{10(2+R)}.$$

Vì $i_2 > 0$ với mọi giá trị của R nên đi-ốt 2 luôn mở còn đi-ốt 1 có thể mở hoặc đóng.

a) Trường hợp $R < 4\Omega$: $i_1 > 0$, đi-ốt 1 mở. Lúc đó:

$$P_R = Ri^2 = R \left(\frac{12}{10(2+R)} \right)^2 = \frac{1,44R}{(2+R)^2} = \frac{1,44}{\left(\sqrt{R} + \frac{2}{\sqrt{R}} \right)^2} \leq \frac{1,44}{(2\sqrt{2})^2} = 0,18W$$

Vậy: Công suất tỏa nhiệt trên R đạt cực đại khi $\sqrt{R} = \frac{2}{\sqrt{R}} \Rightarrow R = 2\Omega$ và $P_{R(\max)} = 0,18W$.

b) Trường hợp $R \geq 4\Omega$: $i_1 < 0$, đi-ốt 1 đóng. Lúc đó:

$$P_R = Ri^2 = R \frac{e_2^2}{(R+r)^2} = \frac{e_2^2}{\left(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}} \right)^2} \leq \frac{e_2^2}{4r} = \frac{1,6^2}{4 \cdot 4} = 0,16W$$

Vậy: Công suất tỏa nhiệt trên R đạt cực đại khi $R = r = 4\Omega$ và $P_{R(\max)} = 0,16W$.

Bài 29.

a) Đồ thị của I theo U : Hình vẽ.

b) Hệ số chỉnh lưu của đi-ốt

Ta có: $I_{ng} = I_0$; $I_{th} = I_0 e^{\frac{eU}{kT}}$ (khi U đủ lớn).

$$\Rightarrow \eta = \frac{I_{th}}{I_{ng}} = e^{\frac{eU}{kT}}$$

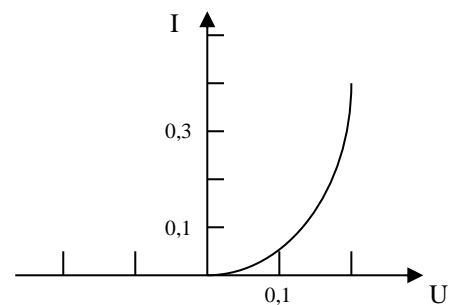
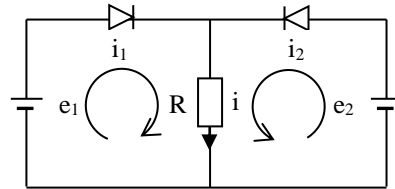
$$\text{Với } U = 0,1V \text{ thì } \eta_1 = e^{\frac{e \cdot 0,1V}{0,025eV}} = e^4 = 55; \text{ với } U = 0,5V \text{ thì } \eta_2 = e^{\frac{e \cdot 0,5V}{0,025eV}} =$$

$$e^{20} = 4,9 \cdot 10^8.$$

Vậy: Hệ số chỉnh lưu của đi-ốt ứng với hiệu điện thế $0,1V$ là $\eta_1 = 55$; ứng với $\eta_2 = 4,9 \cdot 10^8$.

Bài 30.

a) Hiệu điện thế giữa hai đầu điện trở khi R giảm từ lớn xuống nhỏ



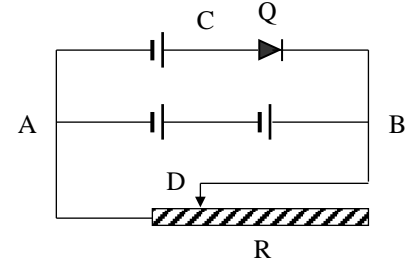
- Khi $V_B \leq V_C$ (điện trở đi-ốt bằng 0). Ta có:

+ Cường độ dòng điện qua R: $I = \frac{e_b}{r_b + R}$.

Với: $r_b = \frac{2r}{3}$; $e_b = \frac{4e}{3}$; $R = R_{AD}$

$$\Rightarrow I = \frac{4e}{2r + 3R}$$

+ Hiệu điện thế giữa hai đầu R: $U_{BA} = RI = R \frac{4e}{2r + 3R} = \frac{4e}{\frac{2r}{R} + 3}$.



Từ đó: Khi R giảm thì $U_R = U_{BA}$ cũng giảm.

- Khi $V_B > V_C$ (điện trở đi-ốt lớn vô cùng). Ta có: $I = \frac{2e}{2r + R}$; $U_{BA} = \frac{2e}{\frac{2r}{R} + 1}$

Từ đó: Khi R giảm thì $U_R = U_{BA}$ cũng giảm.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai đầu điện trở khi R giảm từ lớn xuống nhỏ là $U_R = \frac{4eR}{2r + 3R}$ ($V_B \leq V_C$), $U_R = \frac{2eR}{2r + R}$

($V_B > V_C$) và đều giảm khi R giảm.

b) Giá trị đặc biệt của R

- Giá trị đặc biệt R_0 của R mà khi $R_0 = 0$ hoặc $R_0 = \infty$ thì U_R có cùng một giá trị. Tức là:

$$U_R = \frac{4eR}{2r + 3R} = \frac{2eR}{2r + R} \Rightarrow R_0 = 2r \text{ và } U_R = e$$

- Xét các trường hợp:

+ $R > 2r$ thì $U_R > e$; $U_{BC} > 0$: Hiệu điện thế đặt vào đi-ốt là hiệu điện thế ngược.

+ $R < 2r$ thì $U_R < e$; $U_{BC} < 0$: Hiệu điện thế đặt vào đi-ốt là hiệu điện thế thuận.

Bài 31.

1. Q là đèn điện tử hai cực

a) Đèn đóng hay mở?

Khi chưa có Q, mạch gồm $(R_1 \text{ nt } R_3) // (R_2 \text{ nt } R_4)$ nên:

- Cường độ dòng điện qua các nhánh của mạch là: $\frac{I_{13}}{I_{24}} = \frac{R_2 + R_4}{R_1 + R_3} = \frac{3}{2} \Rightarrow I_{13} = \frac{3}{2} I_{24}$

- Hiệu điện thế giữa hai đầu AC và AD là:

$$U_{AC} = I_{13}R_1 = \frac{3}{2} I_{24}; U_{AD} = I_{24}R_4 = 4I_{24}$$

$$\Rightarrow \frac{U_{AC}}{U_{AD}} = \frac{3}{8} < 1 \Rightarrow V_C > V_D$$

Vậy: Nếu mắc Q vào hai điểm C và D thì Q mở.

b) Hiệu điện thế giữa hai cực của đèn

- Khi Q mở, dòng qua Q có chiều từ C đến D và có cường độ $I_0 = 10\text{mA}$.

Ta có: $I_1R_1 + I_3R_3 = 100$ (1)

$$\Leftrightarrow 1000I_1 + 3000I_3 = 100; I_3 = I_1 - I_0$$

$$\Leftrightarrow 10I_1 + 30(I_1 - I_0) = 1 \Rightarrow I_1 = 32,5\text{mA}$$

$$\Rightarrow U_{AC} = I_1R_1 = 0,0325 \cdot 1000 = 32,5\text{V}$$

Và $I_4R_4 + I_2R_2 = 100$ (2)

$$\Leftrightarrow 4000I_4 + 2000I_2 = 100; I_2 = I_4 + I_0$$

$$\Leftrightarrow 40I_4 + 20(I_4 + I_0) = 1 \Rightarrow I_4 = \frac{40}{3} \text{mA}$$

$$\Rightarrow U_{AD} = I_4 R_4 = \frac{0,04}{3} \cdot 4000 = \frac{160}{3} \text{V}$$

- Hiệu điện thế giữa hai cực của đèn: $U_{CD} = U_Q = U_{AD} - U_{AC}$.

$$\Rightarrow U_{CD} = \frac{160}{3} - 32,5 = 20,83 \text{V}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai cực của đèn là $U_Q = 20,83 \text{V}$.

2. Q là đi-ốt bán dẫn

a) Đặc điểm của đi-ốt về mặt dẫn điện

- Từ đường đặc trưng vôn-ampe của đi-ốt ta thấy:

+ Đi-ốt chỉ cho dòng điện qua nó theo một chiều từ C đến D khi $U_{AK} > 20 \text{V}$. Khi $U_{AK} = 30 \text{V}$ thì dòng qua nó là 10mA .

+ Đường đặc trưng của đi-ốt là đường thẳng nên có dạng: $I = aU + b$. Do đó: $\begin{cases} 20a+b=0 \\ 30a+b=10 \end{cases} \Rightarrow a=1; b=-20$

- Phương trình đường đặc trưng vôn-ampe của đi-ốt: $I = U - 20$; $I(\text{mA})$, $V(\text{Vôn})$.

- Khi chưa có đi-ốt: $U_{CD} = \frac{125}{3} > 0$ nên khi mắc đi-ốt vào thì đi-ốt mở, dòng qua được đi-ốt.

b) Dòng qua đi-ốt khi đi-ốt mở

- Khi dòng đã ổn định, ta có:

$$\begin{cases} 10I_1 + 30I_3 = 1 \\ 40I_4 + 20I_2 = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + 3I_3 = 100(\text{mA}) & (1) \\ 4I_4 + 2I_2 = 100(\text{mA}) & (2) \end{cases}, \begin{cases} I_1 = 3I_3 + I_d & (3) \\ I_2 = I_4 + I_d & (4) \end{cases}$$

$$\text{Và } I_1 R_1 + U_d = I_4 R_4 \Leftrightarrow I_1 R_1 + (20 + I_d) = I_4 R_4$$

$$\Leftrightarrow I_1 + 20 + I_d = 4I_4 \quad (5)$$

$$\text{- Từ (1) và (3): } I_1 = \frac{100+3I_d}{4} \quad (6)$$

$$\text{- Từ (2) và (4): } I_4 = \frac{100-2I_d}{6} \quad (7)$$

$$\text{- Thay (6) và (7) vào (5): } \frac{100+3I_d}{4} + 20 + I_d = 4 \cdot \frac{100-2I_d}{6}$$

$$\Leftrightarrow \frac{100+3I_d+4I_d+80}{4} = \frac{400-8I_d}{6} \Rightarrow I_d = 7,02 \text{mA}$$

Vậy: Dòng điện qua đi-ốt là $I_d = 7,02 \text{mA}$.

Bài 32.

- Ta có: $U_d = E - IR$; $I = I_1 + I_2$.

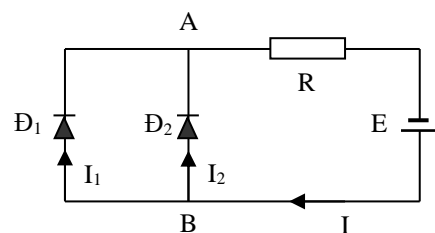
$$\text{Với: } I_1 = \alpha_1 U_d + \beta_1 U_d^2; I_2 = \alpha_2 U_d + \beta_2 U_d^2$$

$$\Leftrightarrow U_d = E - [(\alpha_1 U_d + \beta_1 U_d^2) + (\alpha_2 U_d + \beta_2 U_d^2)]R$$

$$\Leftrightarrow (\beta_1 + \beta_2)RU_d^2 + [(\alpha_1 + \alpha_2)R + 1]U_d - E = 0$$

$$\Rightarrow U_d = \frac{-[R(\alpha_1 + \alpha_2) + 1] + \sqrt{(R(\alpha_1 + \alpha_2) + 1)^2 + 4ER(\beta_1 + \beta_2)}}{2R(\beta_1 + \beta_2)}$$

- Thay số, ta được:



$$U_d = \frac{-[4.10^3(7.10^{-5} + 3.10^{-5}) + 1] + \sqrt{(7.10^{-5}.4.10^3 + 3.10^{-5}.4.10^3 + 1)^2 + 4.300.4.10^3(0,5.10^{-5} + 10^{-5})}}{2.4.10^3(0,5.10^{-5} + 10^{-5})} = 60V.$$

Và: $I_1 = 7.10^{-5}.60 + 0,5.10^{-5}.60^2 = 22,2.10^{-3}A = 22,2mA$

$I_2 = 3.10^{-5}.60 + 10^{-5}.60^2 = 37,8.10^{-3}A = 37,8mA.$

Vậy: Cường độ dòng điện qua mỗi đèn là $I_1 = 22,2mA$ và $37,8mA$.

Bài 33.

- Tại thời điểm vừa đóng khóa K, tụ điện chưa kịp tích điện nên $U_c = 0$, do đó:

$$U_d + U_R = E \text{ hay } U_d + IR = E$$

$$\Rightarrow I = \frac{E - U_d}{R} \quad (1)$$

+ Vì $E > U_0$ nên đường diễn tả (1) sẽ cắt đường đặc trưng vôn-ampe của đi-ốt tại một điểm M trên đoạn dốc (hình c) . Giá trị ban đầu của hiệu điện thế U_1 trên đi-ốt được xác định:

$$\frac{E - U_1}{R} = k(U_1 - U_0)$$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{E + kRU_0}{kR + 1}$$

+ Thay giá trị này của U_1 vào (1), ta được: $I_1 = \frac{k(E - U_0)}{kR + 1}.$

- Sau đó, tụ điện càng được tích điện thì I càng giảm, đến khi $I = 0$ thì $U_d = U_0$ và lúc đó hiệu điện thế trên tụ là: $U_c = E - U_0.$

+ Điện lượng đã chuyển qua mạch đến lúc đó là: $q = CU_c = C(E - U_0)$

+ Công của nguồn điện sinh ra khi làm dịch chuyển điện lượng q được chuyển hóa thành năng lượng W_c của tụ, thành công A_d để dịch chuyển điện tích qua đi-ốt và thành nhiệt lượng Q tỏa ra trên điện trở R:

$$A_{\text{nguồn}} = W_c + A_d + Q \quad (2)$$

$$\text{Với: } A_{\text{nguồn}} = qE = C(E - U_0)E \quad (3)$$

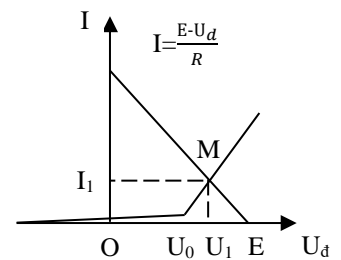
$$W_c = \frac{q^2}{2C} = \frac{C(E - U_0)^2}{2} \quad (4)$$

+ Nếu coi U_d giảm đều đặn từ U_1 tới U_0 thì:

$$A = \frac{q(U_0 + U_1)}{2} = \frac{C(E - U_0)}{2} \left(U_0 + \frac{E + kRU_0}{kR + 1} \right) \quad (5)$$

+ Thay (3), (4), (5) vào (2) ta được: $Q = \frac{kR}{kR + 1} \cdot \frac{C(E - U_0)^2}{2}.$

Vậy: Nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R khi khóa K đang mở thì đóng lại là $Q = \frac{kR}{kR + 1} \cdot \frac{C(E - U_0)^2}{2}.$



Bài 34.

- Ngay sau khi đóng K có dòng điện qua đi-ốt, tụ điện được nạp điện, hiệu điện thế trên tụ điện tăng dần, hiệu điện thế trên đi-ốt bằng U_0 , dòng điện giảm dần, hiệu điện thế trên tụ tăng dần. Đến thời điểm t_1 dòng điện trong mạch bằng I_0 . Lúc này:

+ Hiệu điện thế và điện tích trên tụ là: $U_1 = E - U_0 - I_0R$; $q_1 = CU_1 = C(E - U_0 - I_0R)$

+ Năng lượng tích lũy trên tụ là: $W_{C1} = \frac{CU_1^2}{2} = \frac{C(E - U_0 - I_0R)^2}{2}$

+ Nhiệt lượng tỏa ra trên đi-ốt là: $W_{Đ1} = q_1U_0 = U_0C(E - U_0 - I_0R).$

+ Công của nguồn điện là: $A = Eq_1 = EC(E - U_0 - I_0R)$.

+ Nhiệt lượng tỏa ra trên R là: $Q_1 = A - W_{Đ1} - W_{C1}$.

$$\Leftrightarrow Q_1 = EC(E - U_0 - I_0R) - U_0C(E - U_0 - I_0R) - \frac{C(E - U_0 - I_0R)^2}{2}$$

$$\Leftrightarrow Q_1 = \frac{C}{2} [(E - U_0)^2 - (I_0R)^2]$$

- Sau thời điểm t_1 , dòng điện trên mạch tiếp tục giảm lúc này đi-ốt có vai trò như điện trở thuần $r = \frac{U_0}{I_0}$. Giai đoạn này, ta có:

+ Nhiệt lượng Q_2 tỏa ra trên R là: $Q_2 = A_2 - \Delta W_C - W_{Đ2}$

($W_{Đ2}$ là nhiệt lượng tỏa ra trên đi-ốt)

+ Công của nguồn điện là: $A_2 = E(EC - q_1)$.

$$\Leftrightarrow A_2 = E[EC - C(E - U_0 - I_0R)] = EC(U_0 + I_0R)$$

+ Phần năng lượng tăng thêm trong tụ là: $\Delta W_C = \frac{E^2C}{2} - W_{C1} = \frac{E^2C}{2} - \frac{C}{2} (E - U_0 - I_0R)^2$

$$\Leftrightarrow \Delta W_C = C(U_0 + I_0R) \left(E - \frac{U_0 + I_0R}{2} \right)$$

+ Nhiệt lượng tỏa ra trên R là: $Q_2 = A_2 - \Delta W_C - W_{Đ2}$

$$\Rightarrow Q_2 + W_{Đ2} = A_2 - \Delta W_C$$

$$\Rightarrow \frac{Q_2}{W_{Đ2}} = \frac{R}{r} = \frac{R}{\frac{U_0}{I_0}} = \frac{RI_0}{U_0}; W_{Đ2} = Q_2 \frac{U_0}{I_0R}$$

$$\Rightarrow Q_2 + W_{Đ2} = Q_2 \left(1 + \frac{U_0}{I_0R} \right) = Q_2 \left(\frac{I_0R + U_0}{I_0R} \right)$$

$$\Rightarrow Q_2 = \left(\frac{I_0R}{I_0R + U_0} \right) (A_2 - \Delta W_C)$$

$$\Leftrightarrow Q_2 = \frac{I_0R}{R + U_0} \left[EC(U_0 + I_0R) - C(U_0 + I_0R) \left(E - \frac{U_0 + I_0R}{2} \right) \right] = \frac{RI_0C(U_0 + I_0R)}{2}$$

+ Tổng nhiệt lượng tỏa ra trên R là: $Q = Q_1 + Q_2$.

$$\Leftrightarrow Q = \frac{C}{2} [(E - U_0)^2 + U_0I_0R] = \frac{10^{-6}}{2} [(20 - 10)^2 + 10 \cdot 1 \cdot 10] = 10^{-4} \text{J}$$

Vậy: Tổng nhiệt lượng tỏa ra trên R sau khi đóng K là $Q = 10^{-4} \text{J}$.

Bài 35.

- Áp dụng định luật Ôm cho mạch kín, ta có: $E = U_C + U_R + U_d$.

$$\Leftrightarrow E = \frac{q}{C} + Ri + U_0$$

- Khi vừa đóng khóa K thì tụ chưa tích điện nên: $q = 0$.

$$\Rightarrow I_0 = \frac{E - U_0}{R}$$

- Sau đó, tụ C được tích điện, U_C tăng dần nên i giảm dần, i triệt tiêu khi: $U_C = E - U_0$.

- Điện lượng đã qua mạch là: $q = U_C C = (E - U_0)C$.

- Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $A_{ng} = Q + W_C + A_d$.

$$\text{Với: } A_{ng} = qE; W_C = qE = \frac{q^2}{2C}; A_d = qU_0.$$

$$\Leftrightarrow qE = Q + \frac{q^2}{2C} + qU_0$$

$$\Rightarrow Q = \frac{C(E - U_0)^2}{2}$$

Vậy: Điện lượng qua mạch sau khi đóng K và nhiệt lượng tổng cộng tỏa ra trên điện trở R là $q = (E - U_0)C$ và

$$Q = \frac{C(E - U_0)^2}{2}.$$

Bài 36.

- Áp dụng định luật Ôm cho các đoạn mạch:

$$+ \text{Đoạn MRN: } I = \frac{U_{MN}}{R} \quad (1)$$

$$+ \text{Đoạn NE}_1\text{M: } I_1 = \frac{E_1 - U_{MN}}{R_1} \quad (2)$$

$$+ \text{Đoạn NE}_2\text{M: } I_2 = \frac{E_2 - U_{MN}}{R_2} \quad (3)$$

- Giả sử lúc các đi-ốt đều mở, tại nút M ta có:

$$\frac{U_{MN}}{R} = \frac{E_1}{R_1} - \frac{U_{MN}}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} - \frac{U_{MN}}{R_2}$$

$$- \text{Thay số, ta được: } U_{MN} = \frac{1,8}{3+R} \quad (4)$$

$$- \text{Từ (1), (2), (3): } I_1 = \frac{1,2}{6} - \frac{U_{MN}}{6} \Rightarrow I_1 = \frac{6-R}{10(3+R)} \quad (1')$$

$$I_2 = \frac{2,4}{6} - \frac{U_{MN}}{6} \Rightarrow I_2 = \frac{12+R}{10(3+R)} \quad (2')$$

$$I = \frac{6-R}{10(3+R)} + \frac{12+R}{10(3+R)} \Rightarrow I = \frac{18}{10(3+R)} \quad (3')$$

- Từ (2') và (3') ta luôn có $I_2 > 0$; $I > 0 \Rightarrow$ đi-ốt Đ và Đ₂ luôn mở.

*Trường hợp $R \geq 6\Omega$: Ta có: $I_1 \leq 0$; đi-ốt Đ₁ bị đóng, dòng điện đi qua E₂, R, R₂.

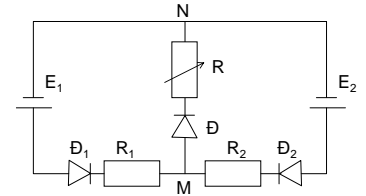
$$P_R = I_2^2 R = \frac{E_2^2}{(R+R_2)^2} \cdot R = \frac{E_2^2}{\left(\sqrt{R} + \frac{R_2}{\sqrt{R}}\right)^2}.$$

$$\Rightarrow P_R = P_{R(\max)} \text{ khi } R = R_2 = 6\Omega \text{ và } P_{R(\max)} = \frac{E_2^2}{4R_2} = \frac{2,4^2}{4 \cdot 6} = 0,24W.$$

$$* \text{Trường hợp } R < 6\Omega: \text{ Ta có: } I_1 > 0; \text{ đi-ốt Đ}_1 \text{ mở: } P_R = I^2 R = \frac{18^2}{10(3+R)^2} \cdot R = \frac{1,8^2}{\left(\frac{3}{\sqrt{R}} + \sqrt{R}\right)^2}.$$

$$\Rightarrow P_R = P_{R(\max)} \text{ khi } R = 3\Omega \text{ và } P_{R(\max)} = \frac{1,8^2}{4R} = 0,27W.$$

Vậy: Công suất tỏa nhiệt cực đại trên R là $P_{R(\max)} = 0,27W$.



Chuyên đề 13: MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP TỔNG QUÁT

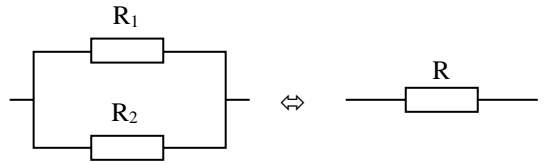
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. PHƯƠNG PHÁP TƯƠNG ĐƯƠNG

Nội dung của *phương pháp tương đương* là thay thế *nhiều nhân tố* bằng *một nhân tố* có tác dụng *tương đương* như nhiều nhân tố đã cho về phương diện nào đó. Chẳng hạn:

- Về phương diện *khối lượng*, ta có thể thay thế hai vật khối lượng 1,5kg và 4,0kg bằng một vật có khối lượng 5,5kg.

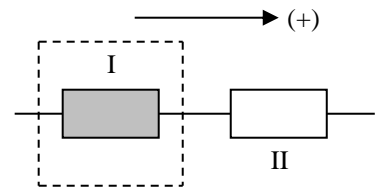
- Về phương diện *điện trở* (tác dụng cản trở dòng điện), ta có thể thay thế hai điện trở $R_1 = 3\Omega$ và $R_2 = 6\Omega$ mắc song song bằng một điện trở $R = 2\Omega$.



Ta nói rằng vật có khối lượng 5,5kg có khối lượng tương đương với hai vật có khối lượng 1,5kg và 4,0kg; điện trở R tương đương với hai điện trở R_1 và R_2 mắc song song.

II. PHƯƠNG PHÁP CÁCH LI

Nội dung của *phương pháp cách li* là tách một bộ phận nào đó của hệ ra khỏi hệ để khảo sát, nghiên cứu. Chẳng hạn, với bài toán chuyển động của hệ gồm hai vật ta có thể tách riêng một vật ra để khảo sát, từ đó tính được lực căng dây nối hai vật.

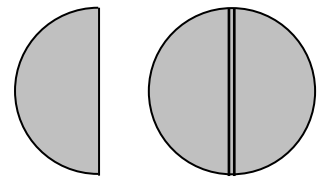


III. PHƯƠNG PHÁP ĐỐI XỨNG

Nội dung của *phương pháp đối xứng* là dựa vào *tính đối xứng* của hệ khảo sát để tìm ra lời giải cho bài toán. Có nhiều bài toán tính đối xứng của hệ được cho sẵn nhưng cũng có nhiều bài toán ta cần phải thêm hoặc bớt một cách thích hợp để tạo ra một hệ có tính đối xứng. Chẳng hạn:

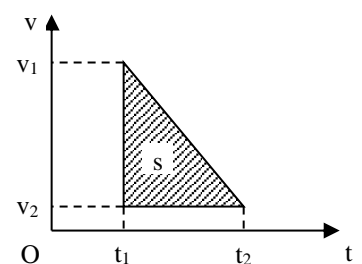
- Tính đối xứng của quả cầu đồng chất, khối lượng phân bố đều cho phép ta xác định được trọng tâm của vật nằm tại tâm quả cầu.

- Bán cầu tích điện đều chưa có tính đối xứng nên ta có thể thêm một bán cầu giống hệt bán cầu đã cho và ghép lại để được quả cầu có tính đối xứng và dễ dàng khảo sát để xác định điện thế do bán cầu đã cho gây ra tại một điểm nào đó (*Bài tập vận dụng 13.3*).



IV. PHƯƠNG PHÁP ĐỒ THỊ

Nội dung của *phương pháp đồ thị* là biến các quan hệ đại số thành quan hệ hình học bằng đồ thị. Vận dụng đặc điểm trực quan của đồ thị để phân tích và giải các bài toán vật lý. Chẳng hạn, để tính quãng đường chuyển động của vật ta có thể tính diện tích giới hạn bởi đồ thị $v - t$; các trục tọa độ hoặc các đường thẳng song song với các trục tọa độ...



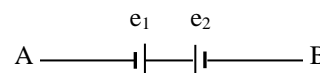
V. PHƯƠNG PHÁP GIẢ ĐỊNH

Nội dung của *phương pháp giả định* là thừa nhận một giả thiết nào đó rồi dựa trên giả thiết đó để tiến hành giải bài toán. Từ kết quả thu được ta kết luận về tính đúng đắn của giả thiết và tìm ra kết quả của bài toán. Cụ thể:

- Có thể lựa chọn một trong các phương án có thể xảy ra như chọn một chiều làm chiều dòng điện (bài toán chưa cho biết chiều dòng điện) và giải bài toán theo phương án đó, nếu tính ra $I > 0$ nghĩa là ta đã giả định đúng chiều dòng điện; nếu tính ra $I < 0$ nghĩa là ta giả định chưa đúng chiều dòng điện và cần phải đổi lại chiều dòng điện trước khi kết luận. Ví dụ, với mạch điện như hình dưới thì:

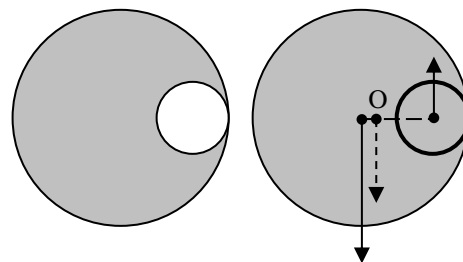
+ Nếu chọn chiều dòng điện từ A đến B thì: $I = \frac{U_{AB} + e_1 - e_2}{r_1 + r_2}$.

+ Nếu chọn chiều dòng điện từ B đến A thì: $I' = \frac{U_{BA} - e_1 + e_2}{r_1 + r_2}$.



Ta luôn có: $I' = -I$ nên kết quả đúng sẽ là một trong hai phương án trên.

- Có thể thêm bớt một điều kiện nào đó không trái với đề bài để được một hệ hoàn chỉnh, đơn giản đã biết trước tính chất như thêm khối cầu đồng chất có kích thước bằng kích thước lỗ hổng của một quả cầu. Với quả cầu hoàn chỉnh thì ta đã biết trọng tâm tại tâm quả cầu, từ đó vận dụng quy tắc *hợp lực song song ngược chiều* ta tìm được trọng tâm của quả cầu có lỗ hổng ban đầu.



VI. PHƯƠNG PHÁP CHIA NHỎ

Nội dung của *phương pháp chia nhỏ* là chia toàn bộ quá trình phức tạp thành nhiều quá trình nhỏ (quá trình nguyên tố) mà các quá trình nhỏ đó đều tuân theo một quy luật vật lý. Từ việc phân tích một quá trình nguyên tố ta dùng phương pháp suy luận để tìm ra kết quả bài toán. Chẳng hạn, với một xích sắt tiết diện đều khi chuyển động ta không thể coi xích sắt là một chất điểm để khảo sát được nhưng nếu chỉ xét một mắt xích thì có thể coi một mắt xích là một chất điểm. Khảo sát chuyển động của mắt xích và dùng phương pháp ngoại suy vật lý ta suy ra được chuyển động của cả dây xích.

VII. PHƯƠNG PHÁP CỰC TRỊ

Nội dung của *phương pháp cực trị* là khảo sát cực đại, cực tiểu của một đại lượng vật lý (lớn nhất, nhỏ nhất; xa nhất, gần nhất; cao nhất, thấp nhất; tối đa, tối thiểu...). Để giải bài toán bằng phương pháp cực trị ta có thể sử dụng các cách khác nhau như khảo sát hàm số, sử dụng tính chất của bất đẳng thức, tính chất của hàm số,... nhưng phải cần lưu ý đến điều kiện bài toán và lựa chọn cách giải phù hợp để biến bài toán phức tạp thành đơn giản.

VIII. PHƯƠNG PHÁP QUY nạp

Nội dung của *phương pháp quy nạp* là dựa vào sự lặp lại có tính quy luật của các hiện tượng, các quá trình liên tiếp để khái quát thành lời giải cho bài toán. Để giải bài toán bằng phương pháp này ta có thể phân tích một quá trình rồi dựa vào tính lặp lại có quy luật của các quá trình tiếp theo rồi rút ra mối liên hệ giữa quá trình sau với quá trình trước và quy luật chung của các quá trình liên tiếp đó. Chẳng hạn, khi thả quả cầu từ độ cao h thì vận tốc quả cầu ở các lần nảy lên khi tiếp xúc với sàn nhà (giả sử mỗi lần va chạm vận tốc quả cầu giảm đi một nửa) là:

- Khi nảy lên lần thứ 1: $v_1 = \frac{v_0}{2}$, $v_0 = \sqrt{2gh}$ là vận tốc quả cầu khi chạm sàn lần thứ 1.

- Khi nảy lên lần thứ 2: $v_2 = \frac{v_1}{2} = \frac{v_0}{2^2}$.

...

- Khi nảy lên lần thứ n : $v_n = \frac{v_0}{2^n}$.

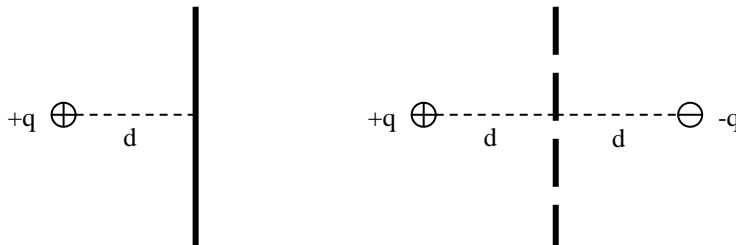
IX. PHƯƠNG PHÁP ẢNH ĐIỆN

Nội dung của *phương pháp ảnh điện* là thay một mặt đẳng thế nào đó trong điện trường bằng một vật dẫn có cùng hình dạng và cùng điện thế với mặt đẳng thế đang xét thì điện trường ở ngoài vật dẫn ấy sẽ không thay đổi. Chẳng hạn, để xác định lực tác dụng giữa điện tích điểm $+q$ và một mặt phẳng kim loại rộng vô hạn đặt cách $+q$ một đoạn d bằng phương pháp ảnh điện ta làm như sau:

Gọi $-q$ là “ảnh” của $+q$ qua mặt phẳng kim loại rộng vô hạn trên ($-q$ và q đều cách mặt phẳng kim loại trên một đoạn d). Với hệ điện tích “ $+q, -q$ ” thì mặt phẳng trung trực của đoạn thẳng nối hai điện tích $-q$ và $+q$ là mặt đẳng thế.

- Thay mặt đẳng thế trên bằng mặt phẳng kim loại rộng vô hạn.
- Lực tác dụng giữa điện tích điểm $+q$ và một mặt phẳng kim loại rộng vô hạn đặt cách $+q$ một đoạn d sẽ bằng lực tác dụng giữa hai điện tích $+q$ và $-q$ đặt cách nhau một đoạn $2d$:

$$F = \frac{kq^2}{(2d)^2} = \frac{kq^2}{4d^2}$$



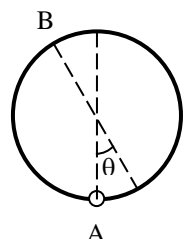
X. CHÚ Ý

Để vận dụng linh hoạt, sáng tạo các phương pháp tổng quát trên trong việc giải nhanh các bài toán vật lí cần chú ý:

- Xác định “dấu hiệu” đặc biệt của bài toán từ đó lựa chọn phương pháp phù hợp để giải nhanh, chính xác bài toán.
- Nắm vững các phương pháp giải để chuyển bài toán từ phức tạp sang đơn giản.
- Mỗi bài toán có thể có nhiều phương pháp giải, mỗi phương pháp có thể vận dụng để giải nhiều dạng bài toán khác nhau, do đó cần luyện tập để trở thành kỹ năng phân tích, nhận dạng và sử dụng phương pháp giải hợp lí. Điều này đạt được khi chúng ta nắm vững lí thuyết ở mức A và rèn luyện kĩ năng giải qua việc giải thật nhiều bài toán vật lí của nhiều dạng khác nhau.
- Các phương pháp trên cũng có thể vận dụng để giải các bài toán thuộc các phần khác nhau của vật lí như cơ học, điện từ, nhiệt học, quang học,...

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

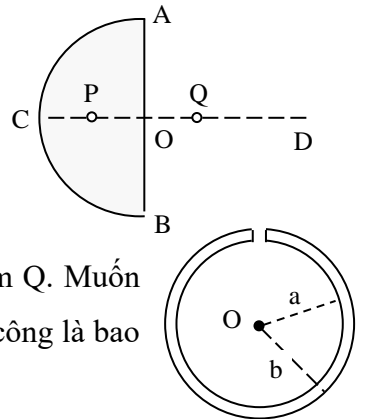
Bài 1. Một vòng tròn bán kính R làm bằng nhựa cách điện trơn nhẵn đặt thẳng đứng. Đặt quả cầu nhỏ tích điện, khối lượng m tại điểm A thấp nhất của vòng (hình vẽ). Quả cầu và vòng tròn được đặt trong điện trường đều. Độ lớn của lực điện trường tác dụng lên quả cầu bằng $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$ và phương của nó nằm ngang, hướng sang phải.



Truyền cho quả cầu vận tốc ban đầu v_0 hướng nằm ngang sang phải làm cho quả cầu chuyển động theo vòng đi lên. Để quả cầu đi hết một vòng thì v_0 phải có giá trị tối thiểu bằng bao nhiêu?

Bài 2. Một viên bi P làm bằng kim loại có thể chuyển động không ma sát trên một vòng tròn tâm O, bán kính R đặt nằm ngang. Viên bi P có điện tích Q. Trên mặt phẳng chứa vòng tròn, tại điểm A cách O một đoạn r ($OA = r < R$) có đặt điện tích q. Trên đường thẳng OA tại điểm A_1 đặt một điện tích q_1 . Xác định điểm A_1 và giá trị điện tích q_1 (theo q) để khi truyền cho viên bi P một vận tốc ban đầu thì nó sẽ chuyển động tròn đều trên vòng tròn.

Bài 3. Điện tích q được phân bố đều trên bán cầu ACB, bán kính R. CD là đường thẳng đi qua đỉnh C và tâm O của bán cầu. P và Q là hai điểm trên đường thẳng CD và đối xứng với nhau qua tâm O. Biết điện thế điểm P là V_P , xác định điện thế điểm Q.

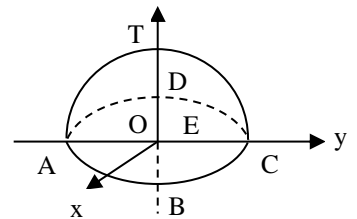


Bài 4. Một vỏ cầu dẫn điện nhưng không tích điện, bán kính trong và ngoài của nó tương ứng là a và b. Trên vỏ cầu có một lỗ nhỏ. Tại tâm O có điện tích điểm Q. Muốn đem điện tích điểm Q từ từ qua lỗ nhỏ ra ngoài xa vô cực thì cần thực hiện một công là bao nhiêu?

Bài 5. Một vỏ bán cầu mỏng ABCD không dẫn điện, tâm O, đường kính $AC = 2R$, tích điện đều được đặt úp trên mặt phẳng xOy. Tại điểm E trên OC ($OE = r$) có một điện tích điểm q. Biết rằng khi di chuyển điện tích điểm này từ điểm E dần lên đỉnh T của bán cầu, ngoại lực cần phải thực hiện công A ($A > 0$), bỏ qua ảnh hưởng của trọng lực.

a) Tìm độ lớn và dấu của công ngoại lực làm di chuyển điện tích này từ E đến A.

b) Tìm độ lớn và dấu của công ngoại lực làm di chuyển điện tích này từ E đến P (P là điểm đối xứng với T qua O).



Bài 6. Một vùng hình cầu bán kính R, tâm O. Điện tích điểm +q đặt tại một điểm nằm ngoài vùng hình cầu nói trên, cách tâm O một khoảng r ($r > R$). Tính cường độ điện trường trung bình trong vùng hình cầu này.

Bài 7. Cho quả cầu nhỏ dẫn điện nhưng không mang điện tiếp xúc với một quả cầu lớn dẫn điện và mang điện tích Q. Sau khi tách ra khỏi quả cầu lớn thì quả cầu nhỏ mang điện tích q. Tiếp theo lại cho quả cầu lớn và quả cầu nhỏ tiếp xúc với nhau. Sau mỗi lần tách ra, quả cầu lớn lại được nạp bổ sung cho đến khi điện tích của nó bằng giá trị ban đầu Q. Hỏi điện tích tối đa quả cầu nhỏ có thể thu được là bao nhiêu?

Bài 8. Phía trước một tấm kim loại rất rộng được nối đất có đặt một điện tích điểm $-q$ tại điểm A cách tấm kim loại một khoảng d.

a) Tính cường độ điện trường tại điểm P ở bên trong tấm kim loại do điện tích cảm ứng gây ra.

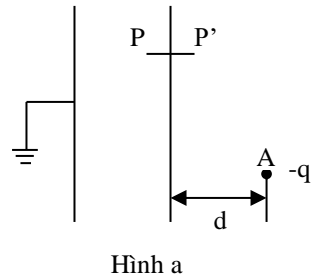
b) Tính cường độ điện trường tại điểm P' đối xứng với P qua mặt ngoài về phía điểm A của tấm kim loại.

c) Dựa trên phân tích cường độ điện trường hãy chứng minh cường độ điện trường ở gần bề mặt tấm kim loại vuông góc với bề mặt.

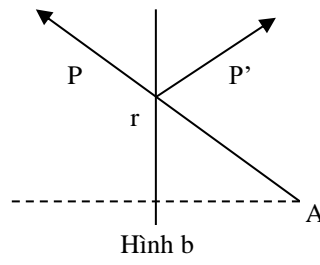
d) Hãy tính lực do các điện tích cảm ứng trên tấm kim loại tác dụng lên điện tích điểm $-q$.

e) Sau khi cắt bỏ dây tiếp đất rồi truyền cho tấm kim loại này đến điện tích $+Q$. Hỏi lượng điện tích này sẽ phân bố như thế nào để tấm kim loại

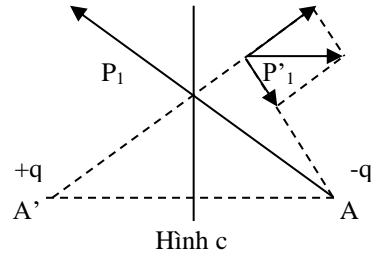
lại trở về trạng thái cân bằng tĩnh điện?



Hình a



Hình b



Hình c

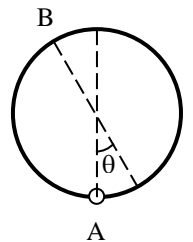
C. GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

- Các ngoại lực tác dụng lên quả cầu: Trọng lực \vec{P} và lực điện trường \vec{F} . Trọng lực tương đương tác dụng lên quả cầu là: $\vec{P}' = \vec{P} + \vec{F} \Leftrightarrow P' = \sqrt{P^2 + F^2}$

$$\Leftrightarrow P' = \sqrt{(mg)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{3}mg\right)^2} = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg$$

- Gia tốc trọng trường tương đương có độ lớn: $g' = \frac{2\sqrt{3}}{3}g$ và có phương hợp với phương thẳng đứng góc:



$$\theta = \arctan \frac{F}{P} = \arctan \frac{\frac{\sqrt{3}}{3}mg}{mg} = \arctan \frac{\sqrt{3}}{3} = 30^\circ$$

Do đó, B sẽ là điểm “cao nhất” ứng với trọng trường tương đương. Để quả cầu nhỏ thực hiện chuyển động được một vòng thì vận tốc của nó ở điểm cao nhất B phải là: $v_B = \sqrt{g'R}$.

- Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng cho trọng trường tương đương ta được:

$$W_A = W_B \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_0^2 = mg'(R + R\cos\theta) + \frac{1}{2}mv_B^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{2(\sqrt{3}+1)gR}$$

Vậy: Để quả cầu đi hết một vòng thì v_0 phải có giá trị tối thiểu $v_0 = \sqrt{2(\sqrt{3}+1)gR}$.

Nhận xét:

- Bài toán trên được giải bằng *phương pháp tương đương*. Với bài toán này ta thay hai ngoại lực là trọng lực P và lực điện trường F bằng trọng lực tương đương P' và chuyển lời giải bài toán phức tạp thành bài toán tương đương đơn giản. Phương pháp tương đương là một trong những phương pháp cơ bản của Vật lý.

- Có thể giải bài toán trên bằng phương pháp khác nhưng chắc chắn sẽ phức tạp hơn nhiều. Bạn đọc thử giải bằng phương pháp khác và so sánh với phương pháp này nhé!

Bài 2.

- Vì viên bi P chuyển động tròn đều nên nó chịu tác dụng của lực điện trường có phương trùng với bán kính tại điểm ta xét. Lực này đóng vai trò là lực hướng tâm cho chuyển động tròn đều của viên bi.

- Vì lực điện trường vuông góc với phương chuyển động của viên bi nên công của lực điện trường tác dụng lên viên bi bằng 0, viên bi chuyển động trên một mặt đẳng thế ($V = \text{const}$). Đặt $OA_1 = r_1$, ta có:

$$\frac{kq}{R-r} = \frac{kq_1}{r_1-R} \quad (1)$$

$$\frac{kq}{R+r} = \frac{kq_1}{r_1+R} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2): $r_1 = \frac{R^2}{r}$; $q_1 = \frac{R}{r}q$.

Vậy: Để viên bi P có thể chuyển động tròn đều trên vòng tròn thì $r_1 = OA_1 = \frac{R^2}{r}$; $q_1 = \frac{R}{r}q$.

✎ Nhận xét:

- Bài toán trên được giải bằng *phương pháp cách li*. Với bài toán này ta xét riêng chuyển động của viên bi dưới góc độ điện thế: viên bi chuyển động tròn đều, lực tác dụng lên viên bi vuông góc với phương chuyển động nên công của lực điện trường bằng 0, do đó viên bi chuyển động trên *mặt đẳng thế*.

- Có thể giải bài toán trên bằng phương pháp khác nhưng chắc chắn sẽ phức tạp hơn nhiều. Bạn đọc thử giải bằng phương pháp khác và so sánh với phương pháp cách li nhé!

Bài 3.

- Ta tưởng tượng lấy thêm nửa quả cầu bên phải cũng có bán kính R, điện tích q ghép với bán cầu đã cho thành quả cầu có bán kính R, điện tích 2q.

- Do tính đối xứng nên điện thế tại điểm P do bán cầu bên phải tạo ra là: $V'_P = V_Q$.

$$\Rightarrow V_P + V_Q = V_P + V'_P$$

- Mặt khác, $V_P + V'_P$ chính là điện thế do cả quả cầu gây ra tại điểm P. Vì điện tích

trên mặt quả cầu là đều nên: $V_P + V'_P = k \frac{2q}{R}$

- Điện thế tại Q do bán cầu bên trái gây ra là: $V_Q = k \frac{2q}{R} - V_P$.

Vậy: Điện thế tại Q do bán cầu bên trái gây ra là: $V_Q = k \frac{2q}{R} - V_P$.

✎ Nhận xét: Bài toán trên được giải bằng *phương pháp đối xứng*. Với bài toán trên

tính đối xứng được suy luận bằng cách bổ sung thêm nửa bán cầu còn thiếu để tạo ra quả cầu hoàn chỉnh có tính đối xứng và khi xác định kết quả cuối cùng ta phải “loại” phần bổ sung thêm để nội dung bài toán trở lại như ban đầu.

Bài 4.

- Điện thế do điện tích cảm ứng trên mặt trong và ngoài quả cầu gây ra ở tâm quả cầu là:

$$U = kQ_c \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \Rightarrow U \sim Q_c$$

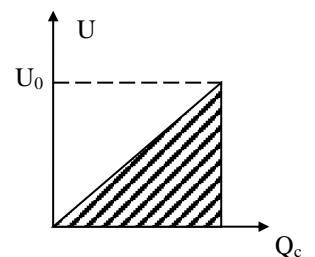
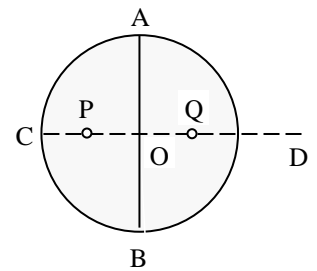
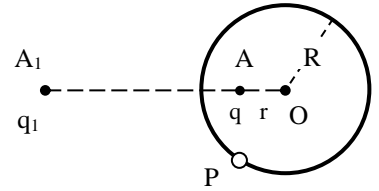
- Vì $U \sim Q_c$ nên đồ thị $U - Q_c$ được vẽ như hình bên.

- Điện thế do điện tích cảm ứng tạo ra ở ngoài tâm O cũng là:

$$U_0 = U = kQ_c \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

- Công thức hiện để đưa điện tích Q từ tâm O ra xa vô cực bằng phần diện tích gạch gạch trên đồ thị $U - Q_c$:

$$A = \frac{1}{2} Q_c U_0 = \frac{1}{2} kQ^2 \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$



Vậy: Muốn đem điện tích điểm Q từ từ qua lỗ nhỏ ra ngoài xa vô cực thì cần thực hiện một công là $A = \frac{1}{2}kQ^2 \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$.

✎ **Nhận xét:** Bài toán trên được giải theo *phương pháp đồ thị*. Với bài toán trên ta đã dựa vào mối quan hệ $U \sim Q_c$ để vẽ đồ thị và từ đồ thị tính được công A một cách dễ dàng.

Bài 5.

a) Độ lớn và dấu của công ngoại lực làm di chuyển điện tích q từ E đến A

Giả sử lấy một vỏ bán cầu khác, tích điện giống hệt bán cầu nói trên ghép lại thành một vỏ cầu hoàn chỉnh thì vỏ cầu trở thành vật đẳng thế. Gọi U là điện thế của vỏ cầu đẳng thế.

- Vì hai nửa vỏ cầu đối xứng qua mặt $ABCD$ nên các điểm trên mặt này cũng đẳng thế:

$$V_A = V_B = V_C = V_D = V_E$$

- Điện thế các điểm trên mặt hình tròn $ABCD$ của nửa vỏ cầu đã cho khi không có nửa vỏ cầu giả định ghép vào là: $V_A = V_B = V_C = V_D = V_E = \frac{U}{2}$

- Công ngoại lực làm di chuyển điện tích q từ E đến A : $A_{EA} = qU_{EA} = 0$.

Vậy: Công ngoại lực làm di chuyển điện tích q từ E đến A là $A_{EA} = 0$.

b) Độ lớn và dấu của công ngoại lực làm di chuyển điện tích q từ E đến P

- Với vỏ cầu hoàn chỉnh: $V_E = V_T \Rightarrow U_{TE} = 0$.

- Nếu giữa T và E có một hiệu điện thế $U_{TE} \neq 0$ thì $U_{EP} = -U_{TE}$.

$$\Rightarrow A_{EP} = -A_{ET} = -A < 0$$

Vậy: Công ngoại lực làm di chuyển điện tích q từ E đến P là $A_{EP} = -A < 0$.

✎ **Nhận xét:** Bài toán trên được giải theo *phương pháp giả định*. Với bài toán trên, ta giả định rằng đã “thêm” một vỏ bán cầu khác, tích điện giống hệt bán cầu nói trên và ghép lại thành một vỏ cầu hoàn chỉnh. Từ đặc điểm vỏ cầu hoàn chỉnh là vật đẳng thế nên lời giải bài toán thật đơn giản phải không các bạn!

Bài 6.

Giả sử vùng hình cầu được tích điện với mật độ điện khối ρ . Trong vùng này, cách điện tích q một đoạn r_i lấy một thể tích rất nhỏ ΔV_i có điện tích $\Delta q = \rho \Delta V_i$.

- Lực điện do vùng hình cầu tác dụng lên điện tích điểm q là: $F = \sum_{V_i} \frac{k\Delta q}{r_i^2} q = \sum_{V_i} \frac{k\rho \Delta V_i}{r_i^2} q$

- Mặt khác, lực điện do điện tích điểm q tác dụng lên cả vùng cầu tích điện là: $F' = E\rho V = \sum_{V_i} \frac{k\rho \Delta V_i}{r_i^2 V} \rho V$

- Theo định luật III Niu-ơn, ta có: $F' = F$.

$$\Leftrightarrow \sum_{V_i} \frac{k\rho \Delta V_i}{r_i^2} q = \sum_{V_i} \frac{k\rho \Delta V_i}{r_i^2 V} \rho V$$

- Vì cường độ điện trường tại một điểm ở ngoài quả cầu tích điện giống cường độ điện trường của một điện

tích điểm đặt tại tâm quả cầu nên: $E = \frac{F}{\rho V} = \frac{k\rho V q}{r^2 \rho V} = \frac{kq}{r^2}$

Vậy: Cường độ điện trường trung bình trong vùng hình cầu này là $E = \frac{kq}{r^2}$.

✎ **Nhận xét:** Bài toán trên được giải theo *phương pháp chia nhỏ*. Với bài toán trên, ta đã “chia nhỏ” vùng hình cầu ra thành nhiều vùng thể tích rất nhỏ ΔV_i cách điện tích điểm q một đoạn r_i rồi dùng công thức tính giá trị trung bình để tính cường độ trung bình trong vùng hình cầu đã cho.

Bài 7.

*** Cách 1:**

Gọi r, R là bán kính của hai quả cầu nhỏ và lớn; ρ là mật độ điện tích phân phối trên các quả cầu. Sau khi hai quả cầu tiếp xúc, tỉ số phân phối điện tích trên hai quả cầu là: $\frac{q'}{Q'} = \frac{\frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3}}{\left(\frac{R}{r}\right)^3} = \text{const}$

- Sau lần tiếp xúc thứ nhất, ta có: $\frac{Q-q}{q} = \left(\frac{R}{r}\right)^3 \quad (1)$

- Sau lần tiếp xúc cuối cùng, ta có: $\frac{Q}{q_m} = \left(\frac{R}{r}\right)^3 \quad (2)$

- Từ (1) và (2): $\frac{Q-q}{q} = \frac{Q}{q_m} \Rightarrow q_m = \frac{qQ}{Q-q}$.

Vậy: Điện tích tối đa mà quả cầu nhỏ có thể thu được là $q_m = \frac{qQ}{Q-q}$.

*** Cách 2:**

- Hai quả cầu cô lập tiếp xúc nhau tương đương với hai tụ điện mắc song song có một đầu chung nối đất. Gọi Q_1, Q_2 là điện tích của hai tụ điện đó, ta có: $\frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} \Leftrightarrow \frac{Q_1}{Q_1+Q_2} = \frac{C_1}{C_1+C_2} = k = \text{const}$

$\Rightarrow Q_1 = (Q_1 + Q_2)k \quad (1)$

- Từ (1) ta thấy, quả cầu nhỏ dù mang điện hay không thì sau khi cho hai quả cầu tiếp xúc nhau, tỉ số điện tích trên quả cầu nhỏ và tổng điện tích trên hai quả cầu luôn là k (hằng số). Do đó nếu gọi q_1, q_2, \dots là điện tích trên quả cầu nhỏ sau lần tiếp xúc thứ 1, thứ 2, Ta có:

$q_1 = kQ = q; q_2 = k(Q + q_1) = kQ + kq_1 = q + kq;$

$q_3 = k(Q + q_2) = kQ + kq_2 = q + kq + k^2q;$

...

$q_n = k(Q + q_{n-1}) = kQ + kq_{n-1} = q + kq + k^2q + \dots + k^{n-1}q \quad (2)$

- Vì $k < 1$ nên với n đủ lớn thì (2) là tổng của cấp số nhân lùi vô hạn nên: $q_n = \frac{q}{1-k} = \frac{qQ}{Q-q}$

Vậy: Điện tích tối đa mà quả cầu nhỏ có thể thu được là $q_m = \frac{qQ}{Q-q}$.

✎ **Nhận xét:**

- Ở cách 1, ta đã giải bài toán trên bằng *phương pháp cực trị*. Ở bài toán trên từ việc phân tích ta suy ra tỉ số $\frac{q'}{Q'} = \text{const}$; xét hai lần tiếp xúc đầu tiên và cuối cùng ta xác định được q_m . Thật đơn giản phải không các bạn.

- Ở cách 2, ta đã giải bài toán trên bằng *phương pháp quy nạp* (truy hồi). Với bài toán trên, quy luật điện tích trên quả cầu nhỏ là $Q_1 = (Q_1 + Q_2)k$, từ đó bằng phương pháp quy nạp ta xác định được q_m .

Bài 8.

a) Cường độ điện trường tại điểm P ở bên trong tấm kim loại do điện tích cảm ứng gây ra

- Thay cường độ điện trường do điện tích bề mặt tạo ra bằng cường độ điện trường do điện tích điểm gây ra.

- Khi vật dẫn cân bằng tĩnh điện, ta có: $E_{\text{cảm}} = E_{\text{dẫn}}$.

$\Rightarrow E_P = \frac{kq}{r^2}$; $r = AP$ và \vec{E}_P hướng từ A đến P (hình b)

Vậy: Cường độ điện trường tại điểm P ở bên trong tấm kim loại do điện tích cảm ứng gây ra có độ lớn $E_P = \frac{kq}{r^2}$ và có hướng từ A đến P.

b) Cường độ điện trường tại điểm P' đối xứng với P qua mặt ngoài về phía điểm A của tấm kim loại

Vì tấm kim loại tiếp đất nên điện tích cảm ứng phân bố ở mặt ngoài bên phải (phía điểm A). Vì điện trường của điện tích tại P và P' có tính đối xứng nên: $E_{P'} = E_P = \frac{kq}{r^2}$ và $\vec{E}_{P'}$ có hướng như hình b

Vậy: Cường độ điện trường tại điểm P' có độ lớn $E_{P'} = \frac{kq}{r^2}$ và có hướng như hình b.

c) Chứng minh cường độ điện trường ở gần bề mặt tấm kim loại vuông góc với bề mặt

- Xét hai điểm P_1 và P'_1 nằm ở hai phía rất gần mặt ngoài của tấm kim loại. Độ lớn cường độ điện trường do các điện tích $+q$ và $-q$ đặt tại A và A' gây ra tại P'_1 bên trong tấm kim loại là:

$$E_{+q} = \frac{kq}{r^2}; E_{-q} = \frac{kq}{r'^2}$$

- Cường độ điện trường tổng hợp do hai điện tích $+q$ và $-q$ đặt tại A và A' gây ra tại P'_1 là:

$$\vec{E}_{P'_1} = \vec{E}_{+q} + \vec{E}_{-q}$$

- Trên hình vẽ ta dễ dàng chứng minh được rằng $\vec{E}_{P'_1} = \vec{E}_{+q} + \vec{E}_{-q}$ có phương nằm ngang, nghĩa là vuông góc với bề mặt tấm kim loại.

d) Lực do các điện tích cảm ứng trên tấm kim loại tác dụng lên điện tích điểm $-q$

- Cường độ điện trường do điện tích cảm ứng gây ra ở điểm A là: $E_A = \frac{kq}{(2d)^2} = \frac{kq}{4d^2}$

- Lực điện trường tác dụng lên điện tích điểm $-q$ đặt tại A là: $F_A = -qE_A = -\frac{kq^2}{4d^2}$

Vậy: Lực do các điện tích cảm ứng trên tấm kim loại tác dụng lên điện tích điểm $-q$ đặt tại A có độ lớn $F_A = -\frac{kq^2}{4d^2}$ và có hướng sang trái.

e) Sự phân bố của điện tích sau khi cắt bỏ dây tiếp đất để tấm kim loại lại trở về trạng thái cân bằng tĩnh điện. Sau khi cắt dây nối đất, điện tích cảm ứng vẫn được duy trì và phân bố như trước, cường độ điện trường bên trong tấm kim loại bằng 0. Khi truyền cho tấm kim loại điện tích $+Q$ mà điện trường bên trong tấm kim loại bằng 0 thì cân bằng được thiết lập, điều này thỏa mãn khi hai mặt ngoài của tấm kim loại có điện tích phân bố đều.

✎ Nhận xét: Bài toán trên được giải theo *phương pháp ảnh điện*. Ở đây ta thay một mặt đẳng thế trong điện trường bằng một vật dẫn có cùng hình dạng và cùng điện thế với mặt đẳng thế đang xét thì điện trường ở ngoài vật dẫn ấy sẽ không bị thay đổi.

Chuyên đề 14: MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐẶC BIỆT GIẢI CÁC BÀI TOÁN VỀ MẠCH ĐIỆN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. PHƯƠNG PHÁP KIẾC-XÓP

1. Các khái niệm và định luật

- **Nút** là điểm gặp nhau của một nhóm gồm ít nhất ba dây dẫn.
- **Mắt mạng** (mạch vòng) là một mạch kín bất kì tách ra từ mạch điện phân nhánh.
- **Định luật Kiéc-xốp 1** (định luật về nút mạng): Tổng đại số của các dòng điện đi qua một nút phải bằng 0.

$$\sum_k I_k = 0 \quad (14.1)$$

- **Định luật Kiéc-xốp 2** (định luật về mắt mạng): Trong một mắt mạng bất kì, tổng đại số của các suất điện động luôn bằng tổng đại số các độ giảm thế trên các đoạn mạch thuộc mắt đó.

$$\sum_k e_k = \sum_k I_k R_k \quad (14.2)$$

2. Nội dung phương pháp: Để vận dụng phương pháp Kiéc-xốp cần thực hiện các bước sau:

- Chọn chiều dòng điện trên các đoạn mạch không phân nhánh (nếu *chưa biết* chiều dòng điện trên các đoạn mạch đó).
- Dựa vào định luật Kiéc-xốp lập n phương trình theo n ẩn số phải tìm, trong đó:
 - + Lập (m – 1) phương trình nút mạng theo định luật Kiéc-xốp 1 (nếu có m nút mạng).
 - + Lập (n – m + 1) phương trình mắt mạng theo định luật Kiéc-xốp 2.
- Giải hệ gồm n phương trình đã lập.
- Biện luận từ kết quả thu được:
 - + Nếu $I > 0$, ta đã giả định đúng chiều dòng điện thực tế trên đoạn mạch.
 - + Nếu $I < 0$, ta đã giả định sai chiều dòng điện thực tế trên đoạn mạch nên phải đổi lại chiều dòng điện đã giả định.

II. PHƯƠNG PHÁP NGUỒN TƯƠNG ĐƯƠNG

- #### 1. Nội dung phương pháp:
- Đối với trường hợp mạch điện gồm nhiều nguồn điện mắc với nhau $((e_1, r_1); (e_2, r_2); \dots)$ ta có thể thay các nguồn đó bằng một nguồn tương đương (e_b, r_b) : bài toán quy về việc xét một mạch điện đơn giản với chỉ có một nguồn điện (e_b, r_b) .

2. Các trường hợp cụ thể

- Các nguồn mắc nối tiếp: $e_b = \sum_i e_i$; $r_b = \sum_i r_i$.
- Các nguồn mắc xung đối: $e_b = \sum_{i_1} e_{i_1} - \sum_{i_2} e_{i_2}$; $r_b = \sum_i r_i$.
(dấu + ứng với nguồn điện; dấu - ứng với máy thu điện)
- Các nguồn giống nhau mắc song song: $e_b = e$; $r_b = \frac{r}{n}$.
- Các nguồn giống nhau mắc hỗn hợp đối xứng (n dãy, mỗi dãy m nguồn mắc nối tiếp):
 $e_b = me$; $r_b = \frac{mr}{n}$
- Các nguồn khác nhau mắc song song:

$$\frac{e_b}{r_b} = \frac{e_1}{r_1 + R_1} + \frac{e_2}{r_2 + R_2} + \dots \quad (14.3)$$

$$\frac{1}{r_b} = \frac{1}{r_1 + R_1} + \frac{1}{r_2 + R_2} + \dots \quad (14.4)$$

$$U_{AB} = \frac{\frac{e_1}{r_1 + R_1} + \frac{e_2}{r_2 + R_2} + \dots}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r_1 + R_1} + \frac{1}{r_2 + R_2} + \dots} = \frac{\frac{e_b}{r_b}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r_b}} \quad (14.5)$$

***Chú ý:** Nếu có nguồn ở nhánh nào mắc ngược lại thì suất điện động đó sẽ có giá trị -; nhánh nào không có e hoặc r thì giá trị tương ứng của nó sẽ bằng 0 trong các biểu thức trên.

III. PHƯƠNG PHÁP CHỒNG CHẤT DÒNG ĐIỆN

1. Cơ sở lý thuyết

- Nếu trong một mạch điện có nhiều nguồn điện, dòng điện qua từng điện trở là tổng hợp các dòng điện do mỗi nguồn cung cấp riêng biệt khi mà suất điện động các nguồn khác coi như bằng 0.

$$I^R = \sum_k I_k^R \quad (14.6)$$

(I^R là dòng tổng hợp qua R; I_k^R là dòng do nguồn thứ k cung cấp qua R)

- Nếu có nhiều dòng điện cùng đi qua điện trở R theo các chiều khác nhau thì dòng điện tổng hợp qua R bằng tổng đại số các dòng thành phần.

2. Nội dung phương pháp: Lần lượt coi dòng qua một điện trở chỉ do một nguồn điện cung cấp còn các nguồn khác đều có suất điện động bằng 0. Áp dụng định luật Ôm cho từng trường hợp rồi áp dụng hệ thức (13.6) ta xác định được dòng qua điện trở đó.

IV. PHƯƠNG PHÁP DÒNG MÁT MẠNG

1. Cơ sở lý thuyết: Phương pháp dòng mát mạng là sự kết hợp các phương pháp Kiéc-xốp và phương pháp chồng chất dòng điện.

2. Nội dung phương pháp

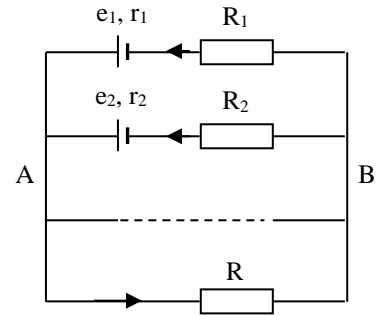
- Chọn chiều cho các dòng mát mạng.
- Áp dụng định luật Kiéc-xốp II viết m phương trình cho m mát mạng.
- Giải hệ các phương trình trên được các giá trị I_k .
- Dòng điện qua các đoạn mạch là tổ hợp tương ứng các dòng mát mạng đi qua đoạn mạch đó.

V. PHƯƠNG PHÁP ĐIỆN THẾ NÚT

1. Cơ sở lý thuyết: Phương pháp điện thế nút là sự kết hợp phương pháp Kiéc-xốp và việc vận dụng định luật Ôm cho đoạn mạch tổng quát.

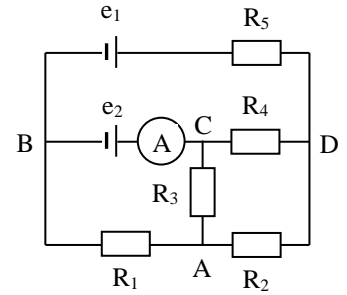
2. Nội dung phương pháp

- Chọn một nút làm nút nối đất (điện thế bằng 0).
- Áp dụng định luật Kiéc-xốp 1 và định luật Ôm tổng quát để lập $(n - 1)$ phương trình cho n nút.
- Giải hệ các phương trình trên được các giá trị điện thế V_k .
- Từ các giá trị V_k ta tính được các hiệu điện thế, các dòng điện trong mỗi đoạn mạch.



B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

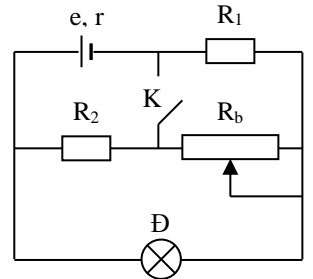
Bài 1. Cho mạch điện như hình vẽ: $e_1 = 12,5V$; $r_1 = 1\Omega$; $e_2 = 8V$; $r_2 = 0,5\Omega$; $R_1 = R_2 = 5\Omega$; $R_3 = R_4 = 2,5\Omega$; $R_5 = 4\Omega$; $R_A = 0,5\Omega$. Tính cường độ dòng điện qua các đoạn mạch và số chỉ của ampe kế.



Bài 2. Cho mạch điện như hình vẽ: $r = 2\Omega$; đèn Đ: $7V-7W$; $R_1 = 18\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; R_b là biến trở. Đóng khóa K và điều chỉnh R_b khi đó đèn sáng bình thường và đạt công suất tiêu thụ cực đại.

a) Tính suất điện động của nguồn và giá trị R_b khi đó.

b) Khi khóa K mở, đèn sáng như thế nào?



Bài 3. Cho mạch

điện như hình vẽ

a: $e_1 = 60V$; $e_2 =$

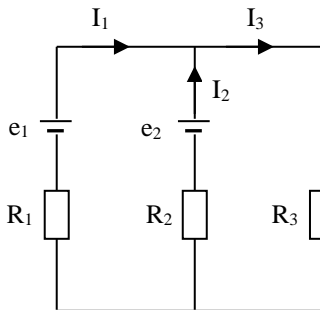
$30V$; $r_1 = r_2 \approx 0$;

$R_1 = R_2 = R_3 =$

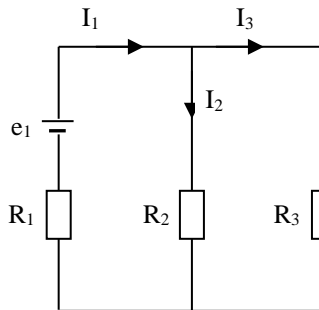
2Ω . Tính cường

độ dòng điện qua

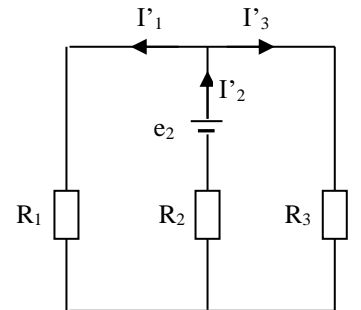
các nhánh.



Hình a



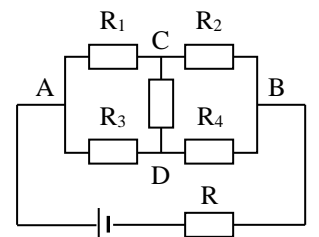
Hình b



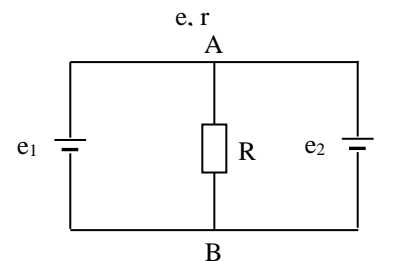
Hình c

Bài 4. Cho mạch điện như hình a bài 3: $e_1 = 18V$, $r_1 = 6\Omega$; $e_2 = 3V$, $r_2 = 3\Omega$; $e_3 = 16V$, $r_3 = 2\Omega$. Tính cường độ dòng điện qua các nhánh.

Bài 5. Cho mạch điện như hình vẽ: $e = 26V$; $r = 1\Omega$; $R = 3\Omega$; $R_1 = 5\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = 10\Omega$; $R_4 = 30\Omega$; $R_5 = 5\Omega$. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở và điện trở tương đương của đoạn mạch AB.



Bài 6. Cho mạch điện như hình vẽ: $e_1 = 36V = 3e_2$; $r_1 = R = 2r_2 = 6\Omega$. Xác định biểu thức hiệu điện thế U_{AB} và cường độ dòng điện qua mỗi nhánh.



C. GIẢI

Bài 1.

Chọn chiều dòng điện như trên hình vẽ.

- Áp dụng định luật Kiéc-xốp 1 cho các nút B, C, A và D ta được:

$$I = I_1 + I_5 = I_3 + I_4 \quad (1)$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (2)$$

$$I_4 = I_2 + I_5 \quad (3)$$

- Áp dụng định luật Kiếc-xốp 2 cho các mắt mạng ACBA; BCDB và CDAC ta được:

$$e_2 = R_1 I_1 + R_3 I_3 + (r_2 + R_A) I \quad (4)$$

$$e_1 + e_2 = (R_5 + r_1) I_5 + R_4 I_4 + (r_2 + R_A) I \quad (5)$$

$$0 = R_2 I_2 + R_4 I_4 - R_3 I_3 \quad (6)$$

$$8 = 5I_1 + 2,5I_3 + (r_2 + R_A) I \quad (4')$$

$$\Leftrightarrow 20,5 = 5I_5 + 2,5I_4 + I \quad (5')$$

$$0 = 5I_2 + 2,5I_4 - 2,5I_3 \quad (6')$$

$$\text{- Từ (4') và (5')}: 2I + 5(I_1 + I_5) + 2,5(I_3 + I_4) = 28,5 \quad (7)$$

$$\text{- Từ (7) và (1)}: 9,5I = 28,5 \Rightarrow I = 3A.$$

$$\text{- Từ (2), (1) và (6')}: 5(I_1 - I_3) + 2,5(I - I_3) - 2,5I_3 = 0$$

$$\Leftrightarrow 5I_1 - 10I_3 = -2,5I = -2,5 \cdot 3 = -7,5 \quad (8)$$

$$\text{- Từ (4') và (8)}: I_3 = 1A; I_1 = 0,5A.$$

$$\Rightarrow I_5 = I - I_1 = 3 - 0,5 = 2,5A; I_2 = I_1 - I_3 = 0,5 - 1 = -0,5A; I_4 = I_2 + I_5 = -0,5 + 2,5 = 2A.$$

- Vì $I_2 < 0$ nên dòng điện chạy trên đoạn AD theo chiều từ D đến A.

Vậy: Cường độ dòng điện qua các đoạn mạch là $I_1 = 0,5A$; $I_2 = 0,5A$; $I_3 = 1A$; $I_4 = 2A$; $I_5 = 2,5A$; số chỉ của ampe kế là $I_A = I = 3A$.

Nhận xét: Bài toán trên được giải bằng *phương pháp Kiếc-xốp*. Bạn đọc có thể giải bằng các phương pháp khác.

Bài 2.

a) Suất điện động của nguồn và giá trị R_b

- Khi khóa K đóng:

+ Ghép nguồn (e, r) với R_2 thành nguồn tương đương (e_1, r_1) , với:

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow r_1 = \frac{rR_2}{r+R_2} = \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 1\Omega$$

$$\frac{e_1}{r_1} = \frac{e}{r} \Rightarrow e_1 = r_1 \frac{e}{r} = \frac{e}{2}$$

+ Ghép nguồn (e_1, r_1) với R_{1b} thành nguồn tương đương (e_0, r_0) , với:

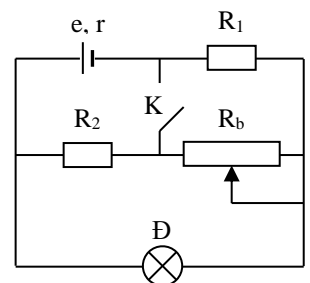
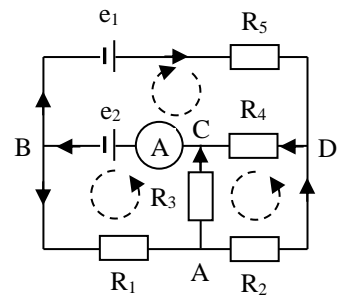
$$r_0 = r_1 + R_{1b} = r_1 + \frac{R_1 R_b}{R_1 + R_b} = 1 + \frac{18 R_b}{18 + R_b}$$

$$e_0 = e_1 = \frac{e}{2}$$

+ Mạch tương đương gồm (e_0, r_0) và Đ.

$$\text{- Cường độ dòng điện qua đèn: } I = \frac{e_0}{r_0 + R_d}.$$

$$\text{- Công suất tiêu thụ trên đèn: } P = R_d I^2 = R_d \left(\frac{e_0}{r_0 + R_d} \right)^2 = \left(\frac{e_0}{\frac{r_0}{\sqrt{R_d}} + \sqrt{R_d}} \right)^2.$$



- Đèn $P = P_{\max} \Leftrightarrow r_0 = R_d = \frac{U_d^2}{P_d} = \frac{7^2}{2} = 7\Omega$.

$\Leftrightarrow 1 + \frac{18R_b}{18+R_b} = 7 \Rightarrow R_b = 9\Omega$

- Mặt khác, khi $P = P_{\max}$ thì $U_d = \frac{e_0}{2} = \frac{e}{4} \Rightarrow e = 4U_d = 4 \cdot 7 = 28V$.

Vậy: Khi đèn sáng bình thường và đạt công suất tiêu thụ cực đại thì suất điện động của nguồn và giá trị R_b khi đó là $e = 28V$ và $R_b = 9\Omega$.

b) Độ sáng của đèn khi khóa K mở

- Khi khóa K mở, mạch ngoài gồm: $[R_1 \text{ nt } (R_{2b} // R_d)]$, do đó: $R = R_1 + \frac{(R_2+R_b)R_d}{R_2+R_b+R_d} = 18 + \frac{(2+9) \cdot 7}{2+9+7} = \frac{401}{18}\Omega$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{e}{r+R} = \frac{28}{2+\frac{401}{18}} = 1,153A$.

- Cường độ dòng điện qua đèn: $I' = \frac{IR_{2bd}}{R_d} = \frac{I \frac{(R_2+R_b)R_d}{R_2+R_b+R_d}}{R_d} = \frac{1,153 \cdot \frac{(2+9) \cdot 7}{2+9+7}}{7} = 0,705A$.

- Vì $I' < I_d = \frac{P_d}{U_d} = \frac{7}{7} = 1A$ nên đèn sáng yếu hơn bình thường.

Vậy: Khi khóa K mở thì đèn Đ sáng yếu hơn bình thường.

✎ **Nhận xét:** Bài toán trên được giải bằng *phương pháp tương đương*. Bạn đọc có thể giải bằng các phương pháp khác.

Bài 3.

- Sơ đồ b: Coi

nguồn $e_2 = 0$, ta

có: $R_{23} =$

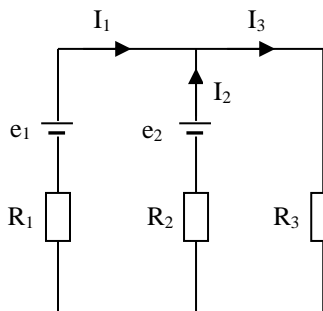
$$\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} =$$

$$1\Omega.$$

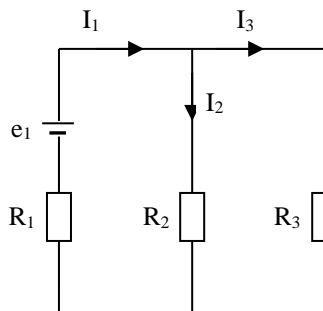
Và $I_1^{R_1} =$

$$\frac{e_1}{R_1 + R_{23}} = \frac{60}{2 + 1} =$$

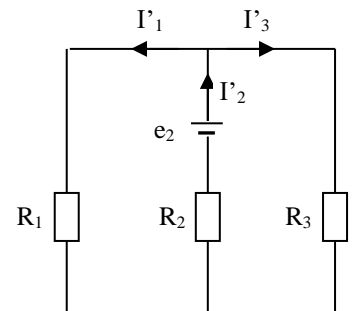
$$20A; I_2^{R_2} = I_2^{R_3} = \frac{I_1^{R_1}}{2} = \frac{20}{2} = 10A.$$



Hình a



Hình b



Hình c

- Sơ đồ c: Coi nguồn $e_1 = 0$, ta có: $R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1\Omega$.

Và $I_2^{R_2} = \frac{e_2}{R_2 + R_{13}} = \frac{30}{2 + 1} = 10A; I_1^{R_1} = I_3^{R_3} = \frac{I_2^{R_2}}{2} = \frac{10}{2} = 5A$.

- Áp dụng nguyên lý chồng chất dòng điện, ta có:

$$I_1 = I_1^{R_1} - I_1^{R_1} = 20 - 5 = 15A$$

$$I_2 = I_2^{R_2} - I_2^{R_2} = 10 - 10 = 0$$

$$I_3 = I_3^{R_3} + I_3^{R_3} = 10 + 5 = 15A$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua các nhánh của mạch điện là $I_1 = 15A, I_2 = 0, I_3 = 15A$.

✎ **Nhận xét:** Bài toán trên được giải bằng *phương pháp chồng chất dòng điện*. Bạn đọc có thể giải bằng các phương pháp khác.

Bài 4.

Chọn chiều dòng điện như hình b; gọi dòng điện trong các mắt mạng là I_1 và I_2 . Áp dụng định luật Kiếc-xốp 2 cho hai mắt mạng, ta được:

$$e_2 - e_1 = r_1 I_1 + r_2 (I_1 - I_2)$$

$$e_3 - e_2 = r_3 I_2 + r_2 (I_2 - I_1)$$

$$\text{hay } 3 - 18 = 6I_1 + 3(I_1 - I_2) \Leftrightarrow -15 = 9I_1 - 3I_2$$

$$16 - 3 = 2I_2 + 3(I_2 - I_1) \Leftrightarrow 13 = -3I_1 + 5I_2$$

$$\Rightarrow I_1 = -1A; I_2 = 2A$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua các nhánh là: $I_{e_1} = -I_1 = 1A$; $I_{e_2} = I_2 - I_1 = 2 - (-1) = 3A$; $I_{e_3} = I_2 = 2A$.

✎ **Nhận xét:** Bài toán trên được giải bằng *phương pháp dòng mắt mạng*. Bạn đọc có thể giải bằng các phương pháp khác.

Bài 5.

Giả sử dòng điện qua các đoạn mạch có chiều như hình vẽ.

Đặt $U_{AB} = U$, chọn $V_B = 0 \Rightarrow V_A = U$.

- Áp dụng định luật Kiếc-xốp 1 cho các nút C và D, ta được: $I_1 = I_2 + I_5$; $I_4 = I_3 + I_5$ (1)

- Áp dụng định luật Ôm, ta được: $U = e - I(r + R) = 26 - 4I$ (2)

$$I_1 = \frac{V_A - V_C}{R_1} = \frac{U - V_C}{5}; I_2 = \frac{V_C - V_B}{R_2} = \frac{V_C}{2};$$

$$I_3 = \frac{V_A - V_D}{R_3} = \frac{U - V_D}{10}; I_4 = \frac{V_D - V_B}{R_4} = \frac{V_D}{30};$$

$$I_5 = \frac{V_C - V_D}{R_5} = \frac{V_C - V_D}{5}$$

- Thay các biểu thức dòng điện ở trên vào (1), ta được:

$$\frac{U - V_C}{5} = \frac{V_C}{2} + \frac{V_C - V_D}{5} \quad (3)$$

$$\frac{V_D}{30} = \frac{U - V_D}{10} + \frac{V_C - V_D}{5} \quad (4)$$

$$\text{- Từ (3) và (4): } V_C = \frac{U}{3}; V_D = \frac{U}{2} \quad (5)$$

$$\text{- Từ đó: } I_1 = \frac{2U}{15}; I_3 = \frac{U}{20}; I = I_1 + I_3 = \frac{11U}{60} \quad (6)$$

$$\Rightarrow R_{AB} = \frac{U}{I} = \frac{60}{11} = 5,45\Omega$$

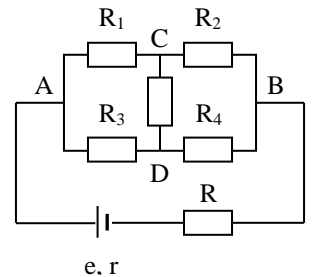
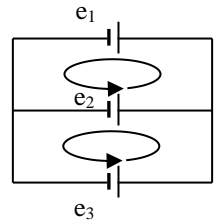
$$\text{- Thay (6) vào (2), ta được: } U = 26 - 4 \cdot \frac{11U}{60} \Rightarrow U = 15V.$$

$$\text{- Từ đó tính được: } I_1 = 2A; I_2 = 2,5A; I_3 = 0,75A; I_4 = 0,25A; I_5 = 0,5A.$$

✎ **Nhận xét:** Bài toán trên được giải bằng *phương pháp điện thế nút*. Bạn đọc có thể giải bằng các phương pháp khác.

Bài 6.

Cách 1: Phương pháp nguồn tương đương.



Ta có: $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{R} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2}{3} \Rightarrow r = 1,5\Omega$.

$$\frac{e}{r} = \frac{e_1}{r_1} + \frac{e_2}{r_2} + \frac{0}{R} = \frac{36}{6} + \frac{12}{3} + \frac{0}{6} = 10 \Rightarrow e = 10 \cdot 1,5 = 15V$$

Vì nguồn (e, r) hở nên: $U_{AB} = e = 15V$.

Áp dụng định luật Ôm cho các nhánh, ta được:

$$I_1 = \frac{-U_{AB} + e_1}{r_1} = \frac{-15 + 36}{6} = 3,5A$$

$$I_2 = \frac{U_{AB} - e_2}{r_2} = \frac{15 - 12}{3} = 1A$$

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{15}{6} = 2,5A$$

Cách 2: Phương pháp Kiếc-xốp.

- Áp dụng định luật Kiếc-xốp 1: $I_1 = I_2 + I_3$ (1)

- Áp dụng định luật Kiếc-xốp 2 cho các mắt mạng Ae_1BA , Ae_1Be_2A :

$$e_1 = r_1 I_1 + R I_3 \Leftrightarrow 36 = 6I_1 + 6I_3 \quad (2)$$

$$e_1 - e_2 = r_1 I_1 + r_2 I_2 \Leftrightarrow 24 = 6I_1 + 3I_2 \quad (3)$$

- Từ (1), (2) và (3): $I_1 = 3,5A$; $I_2 = 1A$; $I_3 = 2,5A$;

và $U_{AB} = R I_3 = 6 \cdot 2,5 = 15V$.

Cách 3: Phương pháp chông chất dòng điện.

- Khi nguồn e_1 phát điện (nguồn $e_2 = 0$): $I_1^{r_1} = \frac{e_1}{r_1 + \frac{r_2 R}{r_2 + R}} = \frac{36}{6 + \frac{3 \cdot 6}{3 + 6}} = 4,5A$.

$$I_1^R = \frac{r_2}{r_2 + R} I_1^{r_1} = \frac{3}{3 + 6} \cdot 4,5 = 1,5A; I_1^{r_2} = \frac{R}{r_2 + R} I_1^{r_1} = \frac{6}{3 + 6} \cdot 4,5 = 3A.$$

- Khi nguồn e_2 phát điện (nguồn $e_1 = 0$): $I_2^{r_2} = \frac{e_2}{r_2 + \frac{r_1 R}{r_1 + R}} = \frac{12}{3 + \frac{6 \cdot 6}{6 + 6}} = 2A$.

$$I_2^R = \frac{r_1}{r_1 + R} I_2^{r_2} = \frac{6}{6 + 6} \cdot 2 = 1A; I_2^{r_1} = \frac{R}{r_1 + R} I_2^{r_2} = \frac{6}{6 + 6} \cdot 2 = 1A.$$

- Theo nguyên lí chông chất dòng điện, ta có:

$$I_1 = I_1^{r_1} - I_2^{r_1} = 4,5 - 1 = 3,5A; I_2 = I_1^{r_2} - I_2^{r_2} = 3 - 2 = 1A;$$

$$I_3 = I_1^R + I_2^R = 1,5 + 1 = 2,5A; U_{AB} = R I_3 = 6 \cdot 2,5 = 15V.$$

Cách 4: Phương pháp dòng mắt mạng.

- Chọn chiều cho hai dòng mắt mạng như hình vẽ.

- Áp dụng định luật Kiếc-xốp 2 cho hai mắt mạng, ta được:

$$e_1 = r_1 i_1 + R(i_1 - i_2) \quad (1)$$

$$-e_2 = r_2 i_2 + R(i_2 - i_1) \quad (2)$$

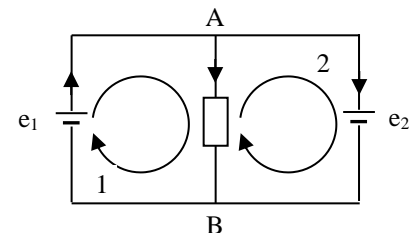
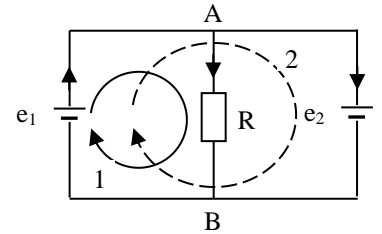
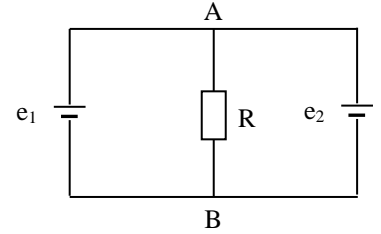
$$\text{Hay } 36 = 6i_1 + 6(i_1 - i_2) \quad (1')$$

$$-12 = 3i_2 + 6(i_2 - i_1) \quad (2')$$

- Từ (1'), (2'): $i_1 = 3,5A$; $i_2 = 1A$.

- Cường độ dòng điện trong các nhánh:

$$I_1 = i_1 = 3,5A; I_2 = i_2 = 1A; I_3 = i_1 - i_2 = 3,5 - 1 = 2,5A.$$



Và $U_{AB} = R(i_1 - i_2) = 6(3,5 - 1) = 15V$.

Cách 5: Phương pháp điện thế nút.

- Chọn chiều dòng điện như hình vẽ; chọn $V_B = 0 \Rightarrow V_A = U_{AB}$.

- Áp dụng định luật Ôm cho các đoạn mạch, ta được:

$$I_1 = \frac{U_{BA} + e_1}{r_1} = \frac{-V_A + e_1}{r_1} = \frac{-V_A + 36}{6} \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{U_{AB} - e_2}{r_2} = \frac{V_A - e_2}{r_2} = \frac{V_A - 12}{3} \quad (2)$$

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{V_A}{R} = \frac{V_A}{6} \quad (3)$$

$$\text{- Mặt khác, tại nút A: } I_1 = I_2 + I_3 \quad (4)$$

$$\Leftrightarrow \frac{-V_A + 36}{6} = \frac{-V_A + 36}{6} + \frac{V_A}{6} \Rightarrow V_A = 15V.$$

$$\text{- Từ đó: } I_1 = \frac{-15 + 36}{6} = 3,5A; I_2 = \frac{15 - 12}{3} = 1A; I_3 = \frac{15}{6} = 2,5A.$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua các nhánh của mạch điện là $I_1 = 3,5A$; $I_2 = 1A$; $I_3 = 2,5A$; hiệu điện thế giữa A và B là $U_{AB} = 15V$.

✎ **Nhận xét:** Bài toán trên được giải bằng 5 phương pháp khác nhau. Điều này có nghĩa rằng mỗi bài toán về mạch điện có thể được giải bằng nhiều cách khác nhau. Vấn đề là bạn đọc lựa chọn một phương pháp phù hợp để lời giải bài toán được đơn giản và ngắn gọn.

