

Chuyên đề 6

SƠ LƯỢC VỀ LAZE (LASER)

A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Laze là một nguồn sáng phát ra một chùm sáng cường độ lớn dựa trên việc ứng dụng hiện tượng phát xạ cảm ứng.

1. Đặc điểm của laze

- + Laze có tính đơn sắc rất cao.
- + Tia laze là chùm sáng kết hợp (các photon trong chùm có cùng tần số và cùng pha).
- + Tia laze là chùm sáng song song (có tính định hướng cao).
- + Tia laze có cường độ lớn. Ví dụ: laze rubi (hồng ngọc) có cường độ tới 10^8 W/cm^2 .

2. Một số ứng dụng của laze

- + Tia laze được dùng như dao mổ trong phẫu thuật mắt, để chữa một số bệnh ngoài da (nhờ tác dụng nhiệt).
- + Tia laze dùng truyền thông thông tin bằng cáp quang, vô tuyến định vị, điều khiển con tàu vũ trụ, ...
- + Tia laze dùng trong các đầu đọc đĩa CD, bút chỉ bảng, bản đồ, thí nghiệm quang học ở trường phổ thông, ...
- + Tia laze được dùng trong đo đạc, ngắm đường thẳng, ...
- + Ngoài ra tia laze còn được dùng để khoan, cắt, tôi, ... chính xác các vật liệu trong công nghiệp.

B. CÁC DẠNG BÀI TẬP

▣ VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1. Nguồn Laze mạnh phát ra những xung bức xạ có năng lượng $W = 3000 \text{ J}$. Bức xạ phát ra có bước sóng $\lambda = 480 \text{ nm}$. Tính số photon trong mỗi bức xạ đó?

Phân tích và hướng dẫn giải:

Gọi số photon trong mỗi xung là N . (ϵ là năng lượng của một photon)

Năng lượng của mỗi xung Laze:

$$W = N\epsilon \Rightarrow N = \frac{W}{\epsilon} = \frac{W\lambda}{hc} = \frac{3000 \cdot 480 \cdot 10^{-9}}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 7,25 \cdot 10^{21} \text{ photon}$$

Ví dụ 2: Người ta dùng một thiết bị laze để đo khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng. Chiều tia laze dưới dạng xung ánh sáng về phía Mặt

Trăng. Người ta đo được khoảng thời gian giữa thời điểm phát và thời điểm nhận xung phản xạ ở một máy thu đặt ở Trái Đất là 2,667 s. Khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng là

Phân tích và hướng dẫn giải:

Khoảng thời gian từ thời điểm phát đến thời điểm nhận xung phản xạ ở mặt đất gấp hai lần thời gian từ trái đất đến mặt trăng.

Gọi Δt là thời gian tia sáng từ trái đất đến mặt trăng: $\Delta t = \frac{t}{2}$

Từ đó dễ dàng tính được khoảng cách từ trái đất đến mặt trăng:

$$S = cS = v\Delta t = c \frac{t}{2} = 3.10^8 \cdot \frac{2,667}{2} = 4.10^8 \text{ m} = 400.10^3 \text{ km}$$

Ví dụ 3: Tia laze không có đặc điểm nào dưới đây ?

- A. Độ đơn sắc cao B. Độ định hướng cao
C. Cường độ lớn D. Công suất lớn

Hướng dẫn giải

Đặc điểm của tia laze là có tính đơn sắc, tính định hướng, tính kết hợp rất cao và cường độ lớn. Công suất lớn không phải là đặc điểm của tia laze, vì thế chọn D

Ví dụ 4 : Trong laze rubi có sự biến đổi của dạng năng lượng nào dưới đây thành quang năng ?

- A. Điện năng B. Cơ năng C. Nhiệt năng D. Quang năng

Hướng dẫn giải

Laze là máy phát đại ánh sáng bằng sự phát xạ cảm ứng. Laze là một nguồn sáng phát ra một chùm sáng có cường độ lớn dựa trên hiện tượng phát xạ cảm ứng, vì thế laze là sự biến đổi năng lượng từ quang năng thành quang năng. Chọn D

Ví dụ 5. Chùm sáng do laze rubi phát ra có màu

- A. trắng B. xanh C. đỏ D. vàng

Hướng dẫn giải

Laze rubi là Al_2O_3 có pha Cr_2O_3 màu đỏ của tia laze là do ánh sáng đỏ của hồng ngoại do ion crom phát ra khi chuyển từ trạng thái kích thích sang trạng thái cơ bản. Vì thế trong câu này chọn C

Ví dụ 6. Màu đỏ của rubi do ion nào phát ra ?

- A. ion nhôm B. ion ô-xi C. ion crôm D. ion khác

Hướng dẫn giải

Màu đỏ của laze rubi là do ion crôm phát ra. Chọn C

Chương VII: HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

Chuyên đề 1

CẤU TẠO CỦA HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ, ĐỘ HỤT KHỐI

A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

I. CẤU TẠO CỦA HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

1. Cấu hạt nhân nguyên tử

Hạt nhân được cấu tạo bởi hai loại hạt sơ cấp gọi là nuclon gồm:

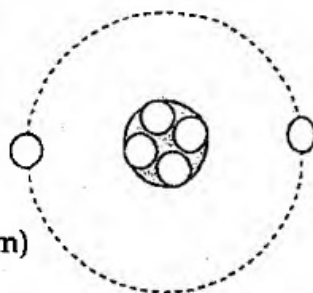
Prôtôn: Kí hiệu $p = {}^1_1\text{H}$

$m_p = 1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, điện tích: $+e$.

Notrôn: kí hiệu $n = {}^1_0\text{n}$, $m_n = 1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, không mang điện tích

1.1. Kí hiệu hạt nhân ${}^A_Z\text{X}$

- A = số nuclôn : số khối
- Z = số prôtôn = điện tích hạt nhân: nguyên tử số
- $N = A - Z$: số notrôn



1.2. Bán kính hạt nhân nguyên tử: $R = 1,2 \cdot 10^{-15} A^{\frac{1}{3}} \text{ (m)}$

2. Đồng vị

Những nguyên tử đồng vị là những nguyên tử có cùng số prôtôn (Z) nhưng khác số notrôn (N) hay số nuclôn (A).

Ví dụ: Hidrô có ba đồng vị ${}^1_1\text{H}$; ${}^2_1\text{H}$ (${}^2_1\text{D}$); ${}^3_1\text{H}$ (${}^3_1\text{T}$)

- + đồng vị bền: trong thiên nhiên có khoảng 300 đồng vị loại này.
- + đồng vị phóng xạ (không bền): có khoảng vài nghìn đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo.

3. Đơn vị khối lượng nguyên tử

- u : có giá trị bằng $1/12$ khối lượng đồng vị cacbon ${}^{12}_6\text{C}$
- $1u = 1,66058 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

II. ĐỘ HỤT KHỐI – NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT CỦA HẠT NHÂN

1. Lực hạt nhân

- Lực hạt nhân là lực tương tác giữa các nuclôn, bán kính tương tác khoảng 10^{-15} m .
- Lực hạt nhân không cùng bản chất với lực hấp dẫn hay lực tĩnh điện; nó là lực mới truyền tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân gọi là tương tác mạnh.

2. Độ hụt khối Δm của hạt nhân A_ZX

Khối lượng hạt nhân m_{hn} luôn nhỏ hơn tổng khối lượng các nuclôn tạo thành hạt nhân đó một lượng Δm .

$$\Delta m = [Z.m_p + (A - Z).m_n - m_{\text{hn}}]$$

3. Năng lượng liên kết W_{lk} của hạt nhân A_ZX

Năng liên kết là năng lượng tỏa ra khi tạo thành một hạt nhân (hay năng lượng thu vào để phá vỡ một hạt nhân thành các nuclôn riêng biệt).

+ Khi đơn vị của: $[W_{\text{lk}}] = \text{J}$; $[m_p] = [m_n] = [m_{\text{hn}}] = \text{kg}$

Thì $W_{\text{lk}} = [Z.m_p + N.m_n - m_{\text{hn}}].c^2 = \Delta m.c^2$

4. Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân A_ZX

Năng lượng liên kết riêng là năng lượng liên kết tính trên một nuclôn $\frac{W_{\text{lk}}}{A}$.

Hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì càng bền vững.

B. CÁC DẠNG BÀI TẬP

**Dạng 1. XÁC ĐỊNH CẤU TẠO HẠT NHÂN,
NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT HẠT NHÂN**

▣ VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Xác định cấu tạo hạt nhân ${}^{238}_{92}\text{U}$ và ${}^{23}_{11}\text{Na}$.

A. ${}^{238}_{92}\text{U}$: 92 proton; 146 notron; ${}^{23}_{11}\text{Na}$: 12 proton; 11 notron

B. ${}^{238}_{92}\text{U}$: 146 proton; 92 notron; ${}^{23}_{11}\text{Na}$: 11 proton; 12 notron

C. ${}^{238}_{92}\text{U}$: 92 proton; 146 notron; ${}^{23}_{11}\text{Na}$: 11 proton; 12 notron

D. ${}^{238}_{92}\text{U}$: 92 proton; 92 notron; ${}^{23}_{11}\text{Na}$: 11 proton; 11 notron

Phân tích và hướng dẫn giải:

+ ${}^{238}_{92}\text{U}$ có cấu tạo gồm: $Z = 92$, $A = 238 \Rightarrow N = A - Z = 146$

Vậy hạt nhân ${}^{238}_{92}\text{U}$ có: 92 proton; 146 notron

+ ${}^{23}_{11}\text{Na}$ gồm: $Z = 11$, $A = 23 \Rightarrow N = A - Z = 12$

Hạt nhân ${}^{23}_{11}\text{Na}$ có: 11 proton; 12 notron

Chọn C

Ví dụ 2: Khối lượng của hạt $^{10}_4\text{Be}$ là $m_{\text{Be}} = 10,01134\text{u}$, khối lượng của neutron là $m_N = 1,0087\text{u}$, khối lượng của proton là $m_P = 1,0073\text{u}$. Tính độ hụt khối của hạt nhân $^{10}_4\text{Be}$ là bao nhiêu?

- A. $0,087\text{u}$. B. $0,0069$. C. $0,0087$. D. $0,069$.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Hạt nhân $^{10}_4\text{Be}$ có $Z = 4$ proton và $N = 6$ neutron
- Vận dụng công thức độ hụt khối:

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_N - m_{\text{hn}}] = 4 \cdot 1,0073\text{u} + 6 \cdot 1,0087\text{u} - 10,01134\text{u}$$

$$\Delta m = 0,069\text{u}. \text{ Chọn A}$$

Ví dụ 3: Hạt nhân đơteri ^2_1D có khối lượng $m_D = 2,0136\text{u}$, khối lượng của neutron là $m_n = 1,0087\text{u}$, khối lượng của proton là $m_P = 1,0073\text{u}$. Tính năng lượng liên kết của hạt nhân ^2_1D .

- A. $0,69 \text{ MeV}$. B. $2,92 \text{ MeV}$. C. $8,95 \text{ MeV}$. D. $2,23 \text{ MeV}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Cấu tạo hạt nhân ^2_1D có $Z = 1$ proton, $N = 1$ neutron

Vận dụng công thức độ hụt khối từ đó tính năng lượng liên kết:

$$W_{\text{lk}} = [Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_{\text{hn}}] \cdot 931,5 = \Delta m \cdot 931,5$$

$$W_{\text{lk}} = (1 \cdot 1,0073 + 1 \cdot 1,0087 - 2,0136) \cdot 931,5 = 2,23 \text{ MeV}$$

Chọn D

Ví dụ 4: Hạt nhân $^{60}_{27}\text{Co}$ có khối lượng $m_{\text{Co}} = 55,940\text{u}$, khối lượng của neutron là $m_N = 1,0087\text{u}$, khối lượng của proton là $m_P = 1,0073\text{u}$. Tính năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{60}_{27}\text{Co}$.

- A. $0,21 \text{ MeV}$. B. $63,22 \text{ MeV}$. C. $70,55 \text{ MeV}$. D. $32,15 \text{ MeV}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Năng lượng liên kết của hạt nhân $^{60}_{27}\text{Co}$ là:

$$\begin{aligned} W_{\text{lk}} &= \Delta m \cdot c^2 = (27 \cdot m_P + 33 \cdot m_N - m_{\text{Co}}) \cdot c^2 \\ &= 4,5442\text{u} \cdot c^2 = 4,5442 \cdot 931,5 \text{ MeV} = 4233 \text{ MeV} \end{aligned}$$

- Suy ra năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{60}_{27}\text{Co}$ là:

$$\frac{W_{\text{lk}}}{A} = \frac{4233}{60} = 70,55 \text{ MeV/nuclôn.}$$

Chọn C.

Dạng 2. TÍNH NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT RIÊNG VÀ SO SÁNH TÍNH BỀN VỮNG CỦA CÁC HẠT NHÂN.

PHƯƠNG PHÁP:

Bước 1: Tính năng lượng liên kết riêng bằng: $\frac{W_{lk}}{A}$ MeV/nuclon.

Bước 2: So sánh năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân với nhau: hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì càng bền vững.

Chú ý: hạt nhân có số khối từ 50 – 70 trong bảng HTTH thường bền hơn các nguyên tử của các hạt nhân còn lại.

❏ VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Hạt nhân $^{10}_4\text{Be}$ có khối lượng 10,0135u. Khối lượng của notrôn (notron) $m_n = 1,0087\text{u}$, khối lượng của prôtôn (prôtôn) $m_p = 1,0073\text{u}$, $1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2$. Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân 10 là $^{10}_4\text{Be}$

A. 0,6321 MeV. B. 63,2152 MeV. C. 6,3215 MeV. D. 632,1531 MeV

Phân tích và hướng dẫn giải

- Năng lượng liên kết của hạt nhân $^{10}_4\text{Be}$ là:
 $W_{lk} = \Delta m \cdot c^2 = (4 \cdot m_p + 6 \cdot m_n - m_{Be}) \cdot c^2 = 0,0679 \cdot c^2 = 63,215 \text{ MeV}.$
- Suy ra năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{10}_4\text{Be}$ là:
 $\frac{W_{lk}}{A} = \frac{63,215}{10} = 6,3215 \text{ MeV/nucleon. Chọn C.}$

Ví dụ 2: Tính năng lượng liên kết hạt nhân Đơteri ^2_1D ?

Cho $m_p = 1,0073\text{u}$, $m_n = 1,0087\text{u}$, $m_D = 2,0136\text{u}$; $1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2$.

A. 2,431 MeV. B. 1,122 MeV. C. 1,243 MeV. D. 2,234 MeV.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Độ hụt khối của hạt nhân D:
 $\Delta m = \sum m_p + \sum m_n - m_D = 1 \cdot m_p + 1 \cdot m_n - m_D = 0,0024 \text{ u}$
 - Năng lượng liên kết của hạt nhân D là:
 $W_{lk} = \Delta m \cdot c^2 = 0,0024 \cdot 931 = 2,234 \text{ MeV}.$
- ⇒ Chọn đáp án D.

Ví dụ 3: Cho biết $m_\alpha = 4,0015\text{u}$; $m_O = 15,999\text{u}$; $m_p = 1,007276\text{u}$, $m_n = 1,008667\text{u}$. Hãy sắp xếp các hạt nhân ^4_2He , $^{12}_6\text{C}$, $^{16}_8\text{O}$ theo thứ tự tăng dần độ bền vững: Câu trả lời đúng là:

A. $^{12}_6\text{C}, ^4_2\text{He}, ^{16}_8\text{O}$.

B. $^{12}_6\text{C}, ^{16}_8\text{O}, ^4_2\text{He}$,

C. $^4_2\text{He}, ^{12}_6\text{C}, ^{16}_8\text{O}$.

D. $^4_2\text{He}, ^{16}_8\text{C}, ^{12}_6\text{C}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Đề bài không cho khối lượng của ^{12}C nhưng chú ý vì ở đây dùng đơn vị u, mà theo định nghĩa đơn vị u bằng 1/12 khối lượng đồng vị ^{12}C . Do đó có thể lấy khối lượng ^{12}C là 12 u.
- Suy ra năng lượng liên kết riêng của từng hạt nhân là :
 He : $W_{lk} = (2.m_p + 2.m_n - m_\alpha)c^2 = 28,289366 \text{ MeV}$
 $\Rightarrow W_{lk \text{ riêng}} = 7,0723 \text{ MeV / nucleon}$.
 C : $W_{lk} = (6.m_p + 6.m_n - m_c)c^2 = 89,057598 \text{ MeV}$
 $\Rightarrow W_{lk \text{ riêng}} = 7,4215 \text{ MeV / nucleon}$.
 O : $W_{lk} = (8.m_p + 8.m_n - m_o)c^2 = 119,674464 \text{ MeV}$
 $\Rightarrow W_{lk \text{ riêng}} = 7,4797 \text{ MeV / nucleon}$.
 Hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì càng bền vững.
 Vậy chiều bền vững hạt nhân tăng dần là: He < C < O
 \Rightarrow Chọn C.

Ví dụ 4: Biết khối lượng của các hạt nhân $m_C = 12,000\text{u}$; $m_\alpha = 4,0015\text{u}$; $m_p = 1,0073\text{u}$; $m_n = 1,0087\text{u}$ và $1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2$. Năng lượng cần thiết tối thiểu để chia hạt nhân $^{12}_6\text{C}$ thành ba hạt α theo đơn vị Jun là
 A. $6,7 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ B. $6,7 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ C. $6,7 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ D. $6,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Phân tích và hướng dẫn giải

$\text{C}^{12} \rightarrow 3 \text{ He}$

Năng lượng phá vỡ một hạt ^{12}C thành 3 hạt He

$W = (\sum m_{\text{vỡ}} - m_{\text{hạt}})c^2 = (3 \cdot 4,0015 - 12) \cdot 931 = 4,1895 \text{ MeV} = 6,7 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Chọn A

Ví dụ 5: Tính năng lượng liên kết riêng của hạt nhân ^4_2He .

Biết $m_n = 1,00866\text{u}$; $m_p = 1,00728\text{u}$; $m_{\text{He}} = 4,0015\text{u}$

A. 2,31 MeV.

B. 4,12 MeV.

C. 1,23 MeV.

D. 7,07 MeV.

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Từ $\begin{cases} N = A - Z \\ ^4_2\text{He} \end{cases} \Rightarrow N = 4 - 2 = 2$

+ Ta có $\Delta m = 2(m_p + m_n) - 4,0015 = 0,03038 \text{ u}$

$\Rightarrow \Delta E = 0,03038 \text{ u} \cdot c^2 = 0,03038 \cdot 931,5 \text{ MeV} = 28,29 \text{ MeV}$

$\Rightarrow \varepsilon = \frac{28,29}{4} = 7,07 \text{ MeV}$. Chọn D

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Tính độ hụt khối và năng lượng liên kết của hạt nhân $^{16}_8\text{O}$.

Biết $m_p = 1,007276\text{u}$; $m_n = 1,008665\text{u}$; $m_e = 0,000549\text{u}$, khối lượng của nguyên tử oxi là $m_o = 15,994910\text{u}$; $1\text{uc}^2 = 931,5\text{MeV}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Ta có độ hụt khối là:

$$\Delta m = (8.1,007276 + 8.1,008665 + 8.0,000549 - 15,994910) = 0,137\text{u}$$

+ $\Rightarrow \Delta E = 0,137\text{uc}^2 = 0,137.931,5\text{MeV} = 127,6\text{MeV}$

Câu 2: $^{56}_{26}\text{Fe}$. Tính năng lượng liên kết riêng.

Biết $m_n = 1,00866\text{u}$; $m_p = 1,00728\text{u}$; $m_{\text{Fe}} = 55,9349\text{u}$

A. 5,31 MeV. B. 8,46 MeV. C. 6,23 MeV. D) 4,07 MeV.

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Ta có $\Delta m = 26m_p + 30m_n - 55,9349 = 0,50866\text{u}$

$$\Rightarrow \Delta E = 0,50866\text{uc}^2 = 0,50866.931,5\text{MeV} = 473,8\text{MeV}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{473,8}{56} = 8,46\text{MeV}. \text{ Chọn B}$$

Đạng 3. TÍNH SỐ HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ VÀ SUY RA SỐ NOTRON, PROTON CÓ TRONG LƯỢNG CHẤT HẠT NHÂN

PHƯƠNG PHÁP:

Cho khối lượng m hoặc số mol của hạt nhân ^A_ZX .

Tìm số hạt p , n có trong mẫu hạt nhân đó.

❖ Nếu có khối lượng m suy ra số hạt hạt nhân X là: $N = \frac{m}{A} \cdot N_A$ (hạt).

❖ Nếu có số mol suy ra số hạt hạt nhân X là: $N = n \cdot N_A$ (hạt)

$$\text{với } N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

\Rightarrow Khi đó: 1 hạt hạt nhân X có Z hạt p và $(A - Z)$ hạt n .

Do đó trong N hạt hạt nhân X có:

$N \cdot Z$ hạt proton và $(A - Z) \cdot N$ hạt notron.

▣ VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Biết số Avôgađrô là $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, khối lượng mol của hạt nhân urani $^{238}_{92}\text{U}$ là 238 gam / mol. Số notron trong 119 gam urani $^{238}_{92}\text{U}$ là:

A. $2,2 \cdot 10^{25}$ hạt B. $2,2 \cdot 10^{25}$ hạt C. $8,8 \cdot 10^{25}$ hạt D. $4,4 \cdot 10^{25}$ hạt

Phân tích và hướng dẫn giải

- Số hạt nhân có trong 119 gam urani $^{238}_{92}\text{U}$ là:

$$N = \frac{m}{A} \cdot N_A = \frac{119}{238} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ hạt}$$

- Suy ra số hạt neutron có trong N hạt nhân urani $^{238}_{92}\text{U}$ là:

$$(A - Z) \cdot N = (238 - 92) \cdot 3,01 \cdot 10^{23} = 4,4 \cdot 10^{25} \text{ hạt} \Rightarrow \text{Chọn D}$$

Ví dụ 2: Cho ba hạt nhân X, Y, Z có số nuclon tương ứng là A_X, A_Y, A_Z với $A_X = 2A_Y = 0,5A_Z$. Biết năng lượng liên kết của từng hạt nhân tương ứng là $\Delta E_X, \Delta E_Y, \Delta E_Z$ với $\Delta E_Z < \Delta E_X < \Delta E_Y$. Sắp xếp các hạt nhân này theo thứ tự tính bền vững giảm dần là

A. Y, X, Z

B. Y, Z, X

C. X, Y, Z

D. Z, X, Y

Phân tích và hướng dẫn giải

Ta có:
$$\begin{cases} \Delta E_Y > \Delta E_X \\ A_Y = \frac{1}{2} A_X \end{cases} \Rightarrow \text{Nên } \frac{\Delta E_Y}{A_Y} = \frac{\Delta E_Y}{\frac{A_X}{2}} = 2 \frac{\Delta E_Y}{A_X} > 2 \frac{\Delta E_X}{A_X} = 2\varepsilon_X. \quad (1)$$

Ta lại có:
$$\begin{cases} \Delta E_X > \Delta E_Z \\ A_X = \frac{1}{2} A_Z \end{cases} \Rightarrow \text{Nên } \frac{\Delta E_X}{A_X} = \frac{\Delta E_X}{\frac{A_Z}{2}} = 2 \frac{\Delta E_X}{A_Z} > 2 \frac{\Delta E_Z}{A_Z} = 2\varepsilon_Z. \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta thu được kết quả: $\varepsilon_Y > \varepsilon_X > \varepsilon_Z \Rightarrow \text{Chọn A}$

Ví dụ 3: Cho khối lượng của proton, neutron, $^{40}_{18}\text{Ar}$, ^6_3Li lần lượt là 1,0073u; 1,0087u; 39,9525u; 6,0145u và $1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$. So với năng lượng liên kết riêng của hạt nhân ^6_3Li thì năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{40}_{18}\text{Ar}$

A. lớn hơn một lượng là 5,20 MeV

B. lớn hơn một lượng là 3,42 MeV

C. nhỏ hơn một lượng là 3,42 MeV

D. nhỏ hơn một lượng là 5,20 MeV

Phân tích và hướng dẫn giải

- + Độ hụt khối của hạt nhân Ar:

$$\Delta m_{\text{Ar}} = 18m_p + 22m_n - m_{\text{Ar}} = 18 \cdot 1,0073 + 22 \cdot 1,0087 - 39,9525 = 0,3703u$$

- + Năng lượng liên kết của hạt nhân Ar:

$$\Delta E_{\text{Ar}} = 0,3703uc^2 = 0,3703 \cdot 931,5 \text{ MeV} = 344,9 \text{ MeV}$$

- + Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân Ar:

$$\varepsilon_{\text{Ar}} = \frac{\Delta E_{\text{Ar}}}{A_{\text{Ar}}} = \frac{344,9}{40} = 8,62 \text{ MeV}$$

+ Độ hụt khối của hạt nhân Li:

$$\Delta m_{\text{Li}} = 3m_p + 3m_n - m_{\text{Li}} = 3.1,0073 + 3.1,0087 - 6,0145 = 0,0335 \text{ u}$$

+ Năng lượng liên kết của hạt nhân Li:

$$\Delta E_{\text{Li}} = 0,0335 \text{ u} \cdot c^2 = 0,0335.931,5 \text{ MeV} = 31,2 \text{ MeV}$$

+ Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân Li:

$$\varepsilon_{\text{Li}} = \frac{\Delta E_{\text{Li}}}{A_{\text{Li}}} = \frac{31,2}{6} = 5,20 \text{ MeV}$$

Vậy $\Delta \varepsilon = \varepsilon_{\text{Ar}} - \varepsilon_{\text{Li}} = 8,62 - 5,20 = 3,42 \text{ MeV}$. Chọn B.

Ví dụ 4: Các hạt nhân đơteri ${}^2_1\text{H}$; triti ${}^3_1\text{H}$, heli ${}^4_2\text{He}$ có năng lượng liên kết lần lượt là 2,22 MeV; 8,49 MeV và 28,16 MeV. Các hạt nhân trên được sắp xếp theo thứ tự giảm dần về độ bền vững của hạt nhân là

- A. ${}^2_1\text{H}$; ${}^4_2\text{He}$; ${}^3_1\text{H}$. B. ${}^2_1\text{H}$; ${}^3_1\text{H}$; ${}^4_2\text{He}$.
C. ${}^4_2\text{He}$; ${}^3_1\text{H}$; ${}^2_1\text{H}$. D. ${}^3_1\text{H}$; ${}^4_2\text{He}$; ${}^2_1\text{H}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân ${}^2_1\text{H}$:

$$\varepsilon_{{}^2_1\text{H}} = \frac{\Delta E_{{}^2_1\text{H}}}{A_{{}^2_1\text{H}}} = \frac{2,22}{2} = 1,11 \text{ MeV}$$

+ Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân ${}^3_1\text{H}$:

$$\varepsilon_{{}^3_1\text{H}} = \frac{\Delta E_{{}^3_1\text{H}}}{A_{{}^3_1\text{H}}} = \frac{8,49}{3} = 2,83 \text{ MeV}$$

+ Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân ${}^4_2\text{He}$:

$$\varepsilon_{{}^4_2\text{He}} = \frac{\Delta E_{{}^4_2\text{He}}}{A_{{}^4_2\text{He}}} = \frac{28,16}{4} = 7,04 \text{ MeV}$$

Như đã biết: Năng lượng liên kết riêng càng lớn thì hạt càng bền vững vì thế từ kết quả tính toán được ở trên \Rightarrow Chọn C

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Cho số Avôgađrô là $6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Số hạt nhân nguyên tử có trong

100 g Iốt ${}^{131}_{52}\text{I}$ là:

- A. $3,952.10^{23}$ hạt B. $4,595.10^{23}$ hạt C. $4,952.10^{23}$ hạt D. $5,925.10^{23}$ hạt

Phân tích và hướng dẫn giải

Số hạt nhân nguyên tử có trong 100 g hạt nhân I là :

$$N = \frac{m}{A} \cdot N_A = \frac{100}{131} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ hạt} \Rightarrow \text{Chọn B.}$$

Câu 2: Khối lượng nguyên tử của Ra226 là $m = 226,0254 \text{ u}$.

- Hãy chỉ ra thành phần cấu tạo của hạt nhân Radi ?
- Tính ra kg của một mol nguyên tử Radi, khối lượng một hạt nhân, 1 mol hạt nhân Radi?
- Tìm khối lượng riêng của hạt nhân nguyên tử cho biết bán kính hạt nhân được tính theo công thức: $r = r_0 A^{1/3}$, với $r_0 = 1,4 \cdot 10^{-15} \text{ m}$, A là số khối.
- Tính năng lượng liên kết của hạt nhân, năng lượng liên kết riêng, biết $m_p = 1,007276 \text{ u}$, $m_n = 1,008665 \text{ u}$; $m_e = 0,00549 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2$.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Hạt nhân Radi có: 88 Proton, $N = 226 - 88 = 138$ Notron
- $m = 226,0254 \text{ u} \cdot 1,66055 \cdot 10^{-27} = 375,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Khối lượng 1 mol:

$$m_{\text{mol}} = m N_A = 375,7 \cdot 10^{-27} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 226,17 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 226,17 \text{ g}$$

Khối lượng 1 hạt nhân nguyên tử Radi :

$$m_{\text{hn}} = m - Z m_e = 259,977 \text{ u} = 3,7524 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

Khối lượng 1 mol nguyên tử Radi : $m_{\text{molhn}} = m_{\text{hn}} \cdot N_A = 0,22589 \text{ kg}$

- Thể tích hạt nhân : $V = 4\pi r^3/3 = 4\pi r_0^3 A/3$.

$$\text{Khối lượng riêng của hạt nhân: } D = \frac{m}{V} = \frac{A m_p}{4\pi r_0^3 A/3} = \frac{3 m_p}{4\pi r_0^3} \approx 1,45 \cdot 10^{17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- năng lượng liên kết của hạt nhân:

$$\Delta E = \Delta m c^2 = \{Z m_p + (A - Z) m_n - m\} c^2 = 1,8197 \text{ u}$$

$$\Delta E = 1,8107 \cdot 931 = 1685 \text{ MeV.}$$

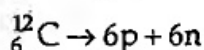
Năng lượng liên kết riêng: $\epsilon = \Delta E/A = 7,4557 \text{ MeV.}$

Câu 3: Cho: $m_c = 12,00000 \text{ u}$; $m_p = 1,00728 \text{ u}$; $m_n = 1,00867 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66058 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Năng lượng tối thiểu để tách hạt nhân $^{12}_6\text{C}$ thành các nuclôn riêng biệt bằng

- A. 89,4 MeV. B. 44,7 MeV. C. 72,7 MeV. D. 8,94 MeV.

Phân tích và hướng dẫn giải

Xét phản ứng tách $^{12}_6\text{C}$



Ta có:

+ Khối lượng của hạt nhân ${}^{12}_6\text{C}$: $m_{{}^{12}_6\text{C}} = 12\text{u}$

+ Tổng khối lượng các nuclon:

$$6m_p + 6m_n = 6(m_p + m_n) = 6(1,00728 + 1,00867) = 12,0957\text{u}$$

Năng lượng tối thiểu để tách hạt nhân ${}^{12}_6\text{C}$ thành các nuclon riêng biệt chính là năng lượng liên kết để tạo thành hạt nhân ${}^{12}_6\text{C}$:

+ Độ hụt khối của hạt nhân ${}^{12}_6\text{C}$:

$$\Delta m_{{}^{12}_6\text{C}} = 6m_p + 6m_n - m_{{}^{12}_6\text{C}} = 6.1,0073 + 6.1,0087 - 12 = 0,096\text{u}$$

+ Năng lượng liên kết của hạt nhân ${}^{12}_6\text{C}$:

$$\Delta E_{{}^{12}_6\text{C}} = 0,096\text{u}c^2 = 0,096.931,5\text{MeV} = 89,4\text{MeV}. \text{Chọn A}$$

Câu 4: Giả sử hai hạt nhân X và Y có độ hụt khối bằng nhau và số nuclon của hạt nhân X lớn hơn số nuclon của hạt nhân Y thì

- A. hạt nhân Y bền vững hơn hạt nhân X.
- B. hạt nhân X bền vững hơn hạt nhân Y.
- C. năng lượng liên kết riêng của hai hạt nhân bằng nhau.
- D. năng lượng liên kết của hạt nhân X lớn hơn năng lượng liên kết của hạt nhân Y.

Phân tích và hướng dẫn giải

Năng lượng liên kết riêng $\varepsilon = \frac{W_{lk}}{A} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{A}$ càng lớn thì hạt nhân càng bền vững. Theo đề bài thì hạt nhân X và Y có cùng độ hụt khối nên suy ra có cùng năng lượng liên kết vì thế hạt nhân nào có số khối (số nuclon) nhỏ hơn sẽ có năng lượng liên kết riêng lớn hơn nên bền vững hơn.

Bài cho số khối (số nuclon) hạt nhân X lớn hơn số khối (số nuclon) hạt nhân Y vì thế:

- A. Đúng vì hạt nhân Y có năng lượng liên kết riêng lớn hơn hạt nhân X nên bền vững hơn.
- B. Sai vì hạt nhân X có năng lượng liên kết riêng nhỏ hơn hạt nhân Y nên ít bền vững hơn.
- C. Sai vì hạt nhân X có năng lượng liên kết riêng nhỏ hơn hạt nhân Y.
- D. Sai vì năng lượng liên kết riêng của hạt nhân X nhỏ hơn năng lượng liên kết riêng nhỏ hơn hạt nhân Y.

Vì thế chọn A

Chuyên đề 2

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

Dạng 1. XÁC ĐỊNH HẠT NHÂN CÒN THIẾU VÀ SỐ HẠT (TIA PHÓNG XẠ) TRONG PHẢN ỨNG HẠT NHÂN.

PHƯƠNG PHÁP

a) Xác định tên hạt nhân còn thiếu:

- Áp dụng định luật bảo toàn số khối và điện tích.

Chú ý: nên học thuộc một vài chất có số điện tích thường gặp trong phản ứng hạt nhân (không cần quan tâm đến số khối vì nguyên tố loại nào chỉ phụ thuộc vào Z: số thứ tự trong bảng hệ thống tuần hoàn).

- Một vài loại hạt phóng xạ và đặc trưng về điện tích, số khối của chúng:

hạt $\alpha \equiv {}^4_2\text{He}$, hạt neutron $= {}^1_0\text{n}$, hạt proton $= {}^1_1\text{p}$, tia $\beta^- \equiv {}^0_{-1}\text{e}$, tia $\beta^+ \equiv {}^0_{+1}\text{e}$, tia γ có bản chất là sóng điện từ

b) Xác định số các hạt (tia) phóng xạ phát ra của một phản ứng:

- Thông thường thì loại bài tập này thuộc phản ứng phân rã hạt nhân. Khi đó hạt nhân mẹ sau nhiều lần phóng xạ tạo ra x hạt α và y hạt β (chú ý là các phản ứng chủ yếu tạo loại β^- vì nguồn phóng xạ β^+ là rất hiếm). Do đó khi giải bài tập loại này cứ cho đó là β^- , nếu giải hệ hai ẩn không có nghiệm thì mới giải với β^+
- Việc giải số hạt hai loại tia phóng xạ thì dựa trên bài tập ở dạng a) ở trên.

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Hạt nhân ${}^{24}_{11}\text{Na}$ phân rã β^- và biến thành hạt nhân X. Số khối A và nguyên tử số Z có giá trị

A. $A = 24$; $Z = 10$

B. $A = 23$; $Z = 12$

C. $A = 24$; $Z = 12$

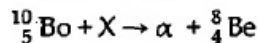
D. $A = 24$; $Z = 11$

Phân tích và hướng dẫn giải

- Từ đề bài, ta có diễn biến của phản ứng trên là: ${}^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow \text{X} + {}^0_{-1}\beta^-$.
- Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và số khối, ta được:
$$\text{X có } Z = 11 - (-1) = 12.$$

Và số khối $A = 24 - 0 = 24$ (nói thêm X chính là ${}^{24}_{12}\text{Mg}$)
 \Rightarrow Chọn C.

Ví dụ 2: Tìm hạt nhân X trong phản ứng hạt nhân sau:

A. ${}^3_1\text{T}$ B. ${}^2_1\text{D}$ C. ${}^1_0\text{n}$ D. ${}^1_1\text{p}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Xác định hạt α có $Z=?$ và $A=?$. $\alpha = {}^4_2\text{He}$

áp dụng định luật bảo toàn số khối và điện tích.

Khi đó suy ra: X có điện tích $Z = 2 + 4 - 5 = 1$ và số khối $A = 4 + 8 - 10 = 2$.

Vậy X là hạt nhân ${}^2_1\text{D}$ đồng vị phóng xạ của H

\Rightarrow Chọn đáp án B.

Ví dụ 3: Cho phản ứng hạt nhân: $\text{T} + X \rightarrow \alpha + \text{n}$. X là hạt nhân

A. notron

B. proton

C. Triti

D. Đotori

Phân tích và hướng dẫn giải

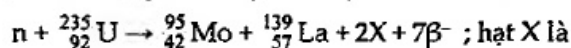
- Ta phải biết cấu tạo của các hạt khác trong phản ứng: ${}^3_1\text{T}$, $\alpha = {}^4_2\text{He}$, ${}^1_0\text{n}$

- Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và số khối, ta được:

X có điện tích $Z = 2 + 0 - 1 = 1$ và số khối $A = 4 + 1 - 3 = 2$. Vậy X là ${}^2_1\text{D}$

\Rightarrow Chọn đáp án D

Ví dụ 4: Trong phản ứng sau đây:



A. Electron

B. Proton

C. Hêli

D. Notron

Phân tích và hướng dẫn giải

Ta phải xác định được điện tích và số khối của các tia và hạt còn lại trong phản ứng: ${}^1_0\text{n}$; ${}^0_{-1}\beta^-$

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và số khối, ta được: 2 hạt X có

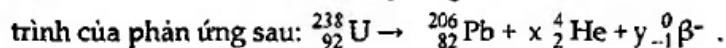
$$2Z = 0 + 92 - 42 - 57 - 7 \cdot (-1) = 0$$

$$2A = 1 + 235 - 95 - 139 - 7 \cdot 0 = 2.$$

Vậy suy ra X có $Z = 0$ và $A = 1$. Đó là hạt notron ${}^1_0\text{n}$.

\Rightarrow Chọn đáp án D

Ví dụ 5: Urani 238 sau một loạt phóng xạ α và biến thành chì theo phương



y có giá trị là:

A. $y = 4$ B. $y = 5$ C. $y = 6$ D. $y = 8$

Phân tích và hướng dẫn giải

- Bài tập này chính là loại toán giải phương trình hai ẩn, nhưng chú ý là hạt β^- có số khối $A = 0$, do đó phương trình bảo toàn số khối chỉ có ẩn x của hạt α . Sau đó thay giá trị x tìm được vào phương trình bảo toàn điện tích ta tìm được y .

- Chi tiết bài giải như sau :

$$\begin{cases} 4x + 0.y = 238 - 206 = 32 \\ 2x + (-1).y = 92 - 82 = 10 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 8 \\ 2x - y = 10 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 8 \\ y = 6 \end{cases}$$

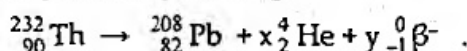
- Vậy giá trị $y = 6 \Rightarrow$ Chọn đáp án C

Ví dụ 6: Sau bao nhiêu lần phóng xạ α và bao nhiêu lần phóng xạ β^- thì hạt nhân ${}_{90}^{232}\text{Th}$ biến đổi thành hạt nhân ${}_{82}^{208}\text{Pb}$?

- A. 4 lần phóng xạ α ; 6 lần phóng xạ β^-
- B. 6 lần phóng xạ α ; 8 lần phóng xạ β^-
- C. 8 lần phóng xạ ; 6 lần phóng xạ β^-
- D. 6 lần phóng xạ α ; 4 lần phóng xạ β^-

Phân tích và hướng dẫn giải

- Theo đề, ta có quá trình phản ứng :



- Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và số khối, ta được :

$$\begin{cases} 4x + 0.y = 232 - 208 = 24 \\ 2x + (-1).y = 90 - 82 = 8 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 6 \\ 2x - y = 8 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 6 \\ y = 4 \end{cases}$$

Vậy có 6 hạt α và 4 hạt β^- . \Rightarrow Chọn đáp án D.

BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Pôlôni là nguyên tố phóng xạ α , nó phóng ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân con X. Hạt nhân con X là

- A. X : ${}_{82}^{207}\text{Pb}$
- B. X : ${}_{82}^{208}\text{Pb}$
- C. X : ${}_{82}^{206}\text{Pb}$
- D. X : ${}_{83}^{206}\text{Pb}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Xác định hạt nhân con X

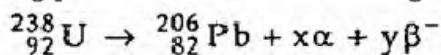
+ Ta có phương trình phân rã: ${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_Z^AX$

+ Theo các định luật bảo toàn ta có:

$$\begin{cases} 210 = 4 + A \\ 84 = 2 + Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 206 \\ Z = 82 \end{cases} \Rightarrow X : {}_{82}^{206}\text{Pb}$$

\Rightarrow Chọn C.

Câu 2: Phản ứng phân rã của Urani có dạng:



Giá trị của x và y là

- A. x = 6; y = 4 B. x = 8; y = 5 C. x = 8; y = 6 D. x = 6; y = 8

Phân tích và hướng dẫn giải

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và số khối ta có:

$$\begin{cases} 238 = 206 + 4x + 0.y \\ 92 = 82 + 2x - y \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 8 \\ 2x - y = 10 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 8 \\ y = 6 \end{cases}$$

\Rightarrow Chọn đáp án C.

Đạng 2. TÌM NĂNG LƯỢNG TỎA RA CỦA PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH, NHIỆT HẠCH KHI BIẾT KHỐI LƯỢNG VÀ TÍNH NĂNG LƯỢNG CHO NHÀ MÁY HẠT NHÂN HOẶC NĂNG LƯỢNG THAY THẾ

PHƯƠNG PHÁP

- * Lưu ý phản ứng nhiệt hạch hay phản ứng phân hạch là các phản ứng tỏa năng lượng
- Cho khối lượng của các hạt nhân trước và sau phản ứng: M_0 và M . Tìm năng lượng tỏa ra khi xảy ra 1 phản ứng (phân hạch hoặc nhiệt hạch):

$$\text{Năng lượng tỏa ra: } \Delta E = (M_0 - M)c^2$$

- * Suy ra năng lượng tỏa ra trong m gam phân hạch (hay nhiệt hạch):

$$E = N \cdot \Delta E = \frac{m}{A} \cdot N_A \cdot \Delta E \quad \text{MeV}$$

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{42}^{95}\text{Mo} + {}_{57}^{139}\text{La} + 2{}_0^1\text{n} + 7e^{-}$ là một phản ứng phân hạch của Urani 235. Biết khối lượng hạt nhân: $m_U = 234,99 \text{ u}$; $m_{Mo} = 94,88 \text{ u}$; $m_{La} = 138,87 \text{ u}$; $m_n = 1,0087 \text{ u}$. Cho năng suất tỏa nhiệt của xăng là 46.10^6 J/kg . Khối lượng xăng cần dùng để có thể tỏa năng lượng tương đương với 1 gam U phân hạch?

- A. 1616 kg B. 1717 kg C. 1818 kg D. 1919 kg

Phân tích và hướng dẫn giải

Số hạt nhân nguyên tử ${}^{235}\text{U}$ trong 1 gam vật chất U là:

$$N = \frac{m}{A} \cdot N_A = \frac{1}{235} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,5617 \cdot 10^{21} \text{ hạt}$$

Năng lượng tỏa ra khi giải phóng hoàn toàn 1 hạt nhân ${}^{235}\text{U}$ phân hạch là:

$$\Delta E = (M_0 - M) \cdot c^2$$

$$= (m_U + m_n - m_{Mo} - m_{La} - 2m_n) \cdot c^2 = 215,3403 \text{ MeV}$$

Năng lượng khi 1 gam U phản ứng phân hạch :

$$E = \Delta E \cdot N = 5,5164 \cdot 10^{23} \text{ MeV} = 5,5164 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 8,8262 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

- Khối lượng xăng cần dùng để có năng lượng tương đương $Q = E$

$$m = \frac{Q}{46 \cdot 10^6} = \frac{8,8262 \cdot 10^{10}}{46 \cdot 10^6} = 1919 \text{ kg.} \Rightarrow \text{Chọn D}$$

Ví dụ 2: Cho phản ứng hạt nhân: ${}^2_1\text{D} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{X}$. Lấy độ hụt khối của hạt nhân T, hạt nhân D, hạt nhân He lần lượt là 0,009106 u; 0,002491 u; 0,030382 u và $1\text{u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$. Năng lượng tỏa ra của phản ứng xấp xỉ bằng:

A. 15,017 MeV. B. 17,498 MeV. C. 21,076 MeV. D. 200,025 MeV

Phân tích và hướng dẫn giải

Đây là phản ứng nhiệt hạch toả năng lượng được tính theo độ hụt khối của các chất nên cần xác định đầy đủ độ hụt khối các chất trước và sau phản ứng.

Hạt nhân X là là neutron (${}_0^1\text{n}$) nên có $\Delta m_n = 0$.

Năng lượng tỏa ra của phản ứng

$$\begin{aligned} \Delta E &= (\sum \Delta m_{\text{sau}} - \sum \Delta m_{\text{trước}}) \cdot 931,5 \text{ MeV} \\ &= (\Delta m_{\text{He}} + \Delta m_n - \Delta m_D - \Delta m_T) \cdot 931,5 \text{ MeV} \\ &= (0,030382 + 0 - 0,002491 - 0,009106) \cdot 931,5 \text{ MeV} \\ &= 17,498 \text{ MeV} \Rightarrow \text{Chọn B} \end{aligned}$$

Ví dụ 3: Tìm năng lượng tỏa ra khi một hạt nhân ${}^{234}_{92}\text{U}$ phóng xạ tia α và tạo thành đồng vị Thôri ${}^{230}_{90}\text{Th}$. Cho các năng lượng liên kết riêng của hạt α là 7,1 MeV, của ${}^{234}\text{U}$ là 7,63 MeV, của ${}^{230}\text{Th}$ là 7,7 MeV.

A. 10,82 MeV. B. 13,98 MeV. C. 11,51 MeV. D. 17,24 MeV.

Phân tích và hướng dẫn giải

Đây là bài toán tính năng lượng toả ra của một hạt nhân phóng xạ khi biết năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân trong phản ứng nên cần xác định đầy đủ các năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân trong phản ứng.

Năng lượng của phản ứng hạt nhân

$$\begin{aligned} \Delta E &= A_{\text{Th}} \varepsilon_{\text{Th}} + A_{\alpha} \varepsilon_{\alpha} - A_{\text{U}} \varepsilon_{\text{U}} = 230 \cdot 7,7 + 4 \cdot 7,1 - 234 \cdot 7,63 = 13,98 \text{ MeV} \\ &\Rightarrow \text{Chọn B} \end{aligned}$$

Ví dụ 4: Nhà máy điện nguyên tử dùng U235 có công suất 600MW hoạt động liên tục trong một năm. Cho biết một hạt nhân bị phân hạch tỏa ra năng lượng trung bình là 200MeV và hiệu suất nhà máy là 20%.

- a. Tính lượng năng lượng cần cung cấp cho nhà máy trong một năm.
 b. Tính lượng dầu cần cung cấp cho nhà máy có công suất như trên và hiệu suất là 75%. Biết năng suất tỏa nhiệt của dầu là 3.10^7 J/kg . So sánh lượng dầu đó với Urani.

Phân tích và hướng dẫn giải

- a. Vì hiệu suất $H = 20\%$ nên công suất nhà máy điện nguyên tử dùng urani

$$\text{cung cấp cho nhà máy là: } P_n = \frac{100.P}{20} = 5P = 5.600.10^6 = 3.10^9 \text{ W}$$

Năng lượng do nhiên liệu U235 cung cấp cho nhà máy trong 1 năm là:

$$E = P_n t = 3.10^9 \cdot 365.24.3600 = 94.608.10^{15} \text{ J}$$

Số hạt nhân được phân rã ứng với năng lượng trên là:

$$N = \frac{E}{\Delta E} = \frac{94.608.10^{15}}{200.1.6.10^{-13}} = 2,9565.10^{27}$$

Khối lượng U235 cần cung cấp cho nhà máy là:

$$m = \frac{N.A}{N_A} = \frac{2,9565.10^{27} \cdot 235}{6,022.10^{23}} = 1153732 \text{ g} = 1153,732 \text{ kg}$$

- b. Vì $H' = 75\%$ nên công suất nhà máy điện dùng dầu cần cung cấp cho nhà

$$\text{máy là: } P'_n = \frac{100.P}{75} = \frac{4.P}{3} = \frac{4}{3} \cdot 600.10^6 = 8.10^8 \text{ W}$$

Năng lượng do nhiên liệu dầu cung cấp cho nhà máy trong 1 năm là:

$$E' = P'_n t = 8.10^8 \cdot 365.24.3600 = 25,2288.10^{15} \text{ J}$$

Lượng dầu cần cung cấp cho nhà máy trong 1 năm là:

$$m' = \frac{E'}{\Delta E'} = \frac{25,2288.10^{15}}{3.10^7} = 840,96.10^6 \text{ kg} = 840 \text{ tấn}$$

$$\text{Từ hai kết quả trên ta có: } \frac{m'}{m} = \frac{840,96.10^6}{1153,732} = 728904$$

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Cho phản ứng hạt nhân sau: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 3,25 \text{ MeV}$

Biết độ hụt khối của ${}^2_1\text{H}$ là $\Delta m_D = 0,0024 \text{ u}$ và $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$.

Năng lượng liên kết hạt nhân ${}^4_2\text{He}$ là

- A. 7,7212 MeV B. 77,212 MeV C. 772,12 MeV D. 7,7212 eV

Phân tích và hướng dẫn giải

Năng lượng tỏa ra của phản ứng:

$$\Delta E = (\Delta m_{\text{He}} + \Delta m_n - 2\Delta m_D) \cdot 931,5$$

$$= \Delta m_{\text{He}} \cdot 931,5 - 2\Delta m_D \cdot 931,5$$

$$= \Delta E_{\text{He}} - 2\Delta m_D \cdot 931,5$$

$$\Rightarrow \Delta E_{\text{He}} = \Delta E + 2\Delta m_D \cdot 931,5 = 3,25 + 2 \cdot 0,0024 \cdot 931,5 = 7,7212 \text{ MeV}$$

\Rightarrow Chọn A

Câu 2: Cho phản ứng hạt nhân: ${}^3_1\text{T} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{X} + 17,6 \text{ MeV}$. Tính năng lượng toả ra từ phản ứng trên khi tổng hợp được 2g Hêli.

A. $52,976 \cdot 10^{23} \text{ MeV}$

B. $5,2976 \cdot 10^{23} \text{ MeV}$

C. $2,012 \cdot 10^{23} \text{ MeV}$

D. $2,012 \cdot 10^{24} \text{ MeV}$

Phân tích và hướng dẫn giải

- Số nguyên tử hêli có trong 2g hêli:

$$N = \frac{m \cdot N_A}{A} = \frac{2 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{4} = 3,01 \cdot 10^{23}$$

- Năng lượng toả ra khi tổng hợp 2g He gấp N lần năng lượng của một phản ứng nhiệt hạch:

$$E = N \cdot \Delta E = 3,01 \cdot 10^{23} \cdot 17,6 = 52,976 \cdot 10^{23} \text{ MeV}$$

\Rightarrow Chọn A.

Đạng 3. XÁC ĐỊNH PHẢN ỨNG HẠT NHÂN TỎA HOẶC THU NĂNG LƯỢNG

PHƯƠNG PHÁP

* Xét Phương trình phản ứng: ${}^{A_1}_{Z_1}\text{X}_1 + {}^{A_2}_{Z_2}\text{X}_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}\text{X}_3 + {}^{A_4}_{Z_4}\text{X}_4$

* Năng lượng phản ứng hạt nhân $\Delta E = (M_0 - M)c^2$

Trong đó:

+ $M_0 = m_{\text{X}_1} + m_{\text{X}_2}$ là tổng khối lượng nghỉ của các hạt nhân trước phản ứng

+ $M = m_{\text{X}_3} + m_{\text{X}_4}$ là tổng khối lượng nghỉ của các hạt nhân sau phản ứng.

Lưu ý:

- Nếu $M_0 > M$ thì phản ứng toả năng lượng ΔE dưới dạng động năng của các hạt X_3, X_4 hoặc photon γ .

Các hạt sinh ra có độ hụt khối lớn hơn nên bền vững hơn.

- Nếu $M_0 < M$ thì phản ứng thu năng lượng $|\Delta E|$ dưới dạng động năng của các hạt X_1, X_2 hoặc photon γ .

Các hạt sinh ra có độ hụt khối nhỏ hơn nên kém bền vững.

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Thực hiện phản ứng hạt nhân sau: ${}^{23}_{11}\text{Na} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{20}_{10}\text{Ne}$.

Biết $m_{\text{Na}} = 22,9327 \text{ u}$; $m_{\text{He}} = 4,0015 \text{ u}$; $m_{\text{Ne}} = 19,9870 \text{ u}$; $m_{\text{D}} = 1,0073 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$. Phản ứng trên toả hay thu một năng lượng bằng bao nhiêu?

- A. thu 45,17 MeV
B. toả 45,17 MeV.
C. thu 23,75 MeV
D. toả 23,75 MeV

Phân tích và hướng dẫn giải

Bài toán cho khối lượng của các hạt nhân trong phản ứng và yêu cầu tìm năng lượng toả ra hay thu vào. Chỉ cần áp dụng công thức tính năng lượng của phản ứng là có ngay đáp án.

Ta có năng lượng của phản ứng hạt nhân trên là:

$$\begin{aligned}\Delta E &= (M_0 - M).c^2 = (m_{\text{Na}} + m_{\text{p}} - m_{\text{Ne}} - m_{\text{He}}).c^2 \\ &= (22,9327 \text{ u} + 1,0073 \text{ u} - 19,9870 \text{ u} - 4,0015 \text{ u}).c^2 \\ &= -0,0485 \text{ u}.c^2 = -0,0485.931,5 \text{ MeV} = -45,17 \text{ MeV}\end{aligned}$$

$\Delta E < 0$ suy ra đây là phản ứng thu năng lượng \Rightarrow Chọn đáp án A.

Ví dụ 2: Cho phản ứng hạt nhân: ${}^{37}_{17}\text{Cl} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{37}_{18}\text{Ar} + {}^1_0\text{n}$ phản ứng trên toả hay thu bao nhiêu năng lượng? Biết $m_{\text{Cl}} = 36,956563 \text{ u}$, $m_{\text{H}} = 1,007276 \text{ u}$, $m_{\text{n}} = 1,008687 \text{ u}$, $m_{\text{Ar}} = 36,956889 \text{ u}$, $1 \text{ u} = 1,66055 \text{ kg}$

- A. thu $2,6.10^{-13} \text{ J}$
B. toả $1,6.10^{-13} \text{ J}$.
C. thu 1,6 MeV
D. A và C

Phân tích và hướng dẫn giải

Ta có năng lượng của phản ứng hạt nhân trên là:

$$\begin{aligned}\Delta E &= (M_0 - M).c^2 = (m_{\text{Cl}} + m_{\text{H}} - m_{\text{Ar}} - m_{\text{n}}).c^2 \\ &= (36,956563 \text{ u} + 1,007276 \text{ u} - 36,956889 \text{ u} - 1,008687 \text{ u}).c^2 \\ &= -1,737.10^{-3} \text{ u}.c^2 = -1,737.10^{-3}.1,66055.10^{-27}.(3.10^8)^2 \\ &= -2,6.10^{-13} \text{ J} = -1,6 \text{ MeV}\end{aligned}$$

$\Delta E < 0$ suy ra đây là phản ứng thu năng lượng

\Rightarrow Chọn đáp án D.

Chú ý: Bài toán có 2 đáp án với đơn vị khác nhau nên khi làm các bạn không nên vội vã chọn ngay đáp án đúng là một phương án đúng mà hãy tính ra tất cả các đáp án đúng. Nếu câu này các bạn chọn A hoặc C thì các bạn sẽ rất tiếc nuối đó!

Ví dụ 3: Cho phản ứng hạt nhân: $\text{T} + \text{D} \rightarrow \alpha + \text{n}$. Biết năng lượng liên kết riêng của hạt nhân T là $\epsilon_{\text{T}} = 2,823 \text{ (MeV)}$, năng lượng liên kết riêng của α là $\epsilon_{\alpha} = 7,0756 \text{ (MeV)}$ và độ hụt khối của D là $0,0024 \text{ u}$. Lấy $1 \text{ u} = 931,5$

(MeV/c²). Hỏi phản ứng toả bao nhiêu năng lượng?

- A. 17,17 MeV. B. 20,17 MeV. C. 2,02 MeV. D. 17,6 MeV.

Phân tích và hướng dẫn giải

Bài toán vừa cho năng lượng liên kết riêng, vừa cho độ hụt khối vì thế phải sử dụng cả hai đại lượng này trong một công thức để tính năng lượng toả ra của phản ứng.

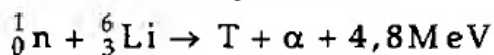
Năng lượng toả ra của phản ứng:

$$\begin{aligned}\Delta E &= A_\alpha \varepsilon_\alpha - A_T \varepsilon_T - \Delta m_D \cdot 931,5 \\ &= 4,7,0756 - 3,2,823 - 0,0024 \cdot 931,5 = 17,6 \text{ MeV}\end{aligned}$$

⇒ Chọn D

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Cho phản ứng hạt nhân:



- Tính khối lượng của hạt nhân Li
- Tính năng lượng toả ra khi phân tích hoàn toàn 1g Li.
Biết $m_n = 1,0087\text{u}$; $m_T = 3,016\text{u}$; $m_\alpha = 4,0015\text{u}$; $1\text{u}c^2 = 931,5\text{MeV}$.
Bỏ qua động năng ban đầu của các hạt.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Từ phương trình phản ứng: ${}_0^1\text{n} + {}_3^6\text{Li} \rightarrow \text{T} + \alpha + 4,8\text{MeV}$

Ta suy ra năng lượng toả ra từ phản ứng trên là: $\Delta E = 4,8\text{MeV}$

$$\Delta E = (m_0 - m)c^2$$

Ta lại có: $\Delta E = (m_n + m_{\text{Li}} - m_T - m_\alpha) \cdot 931,5\text{MeV}$

$$\begin{aligned}\Rightarrow m_{\text{Li}} &= \frac{\Delta E}{931,5} + m_T + m_\alpha - m_n \\ &= \frac{4,8}{931,5} + 3,016 + 4,0015 - 1,0087 = 6,014\text{u}\end{aligned}$$

- Số hạt nhân Li trong 1g là $N = \frac{1}{6} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}$

$$\text{Năng lượng toả ra là } E = N \cdot \Delta E = \frac{6,022 \cdot 10^{23}}{6} \cdot 4,8\text{MeV} = 7,7 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

Câu 2: Trong phản ứng tổng hợp hêli ${}_3^7\text{Li} + {}_1^1\text{H} \rightarrow 2({}_2^4\text{He}) + 15,1 \text{ MeV}$, nếu tổng hợp hêli từ 1g Li thì năng lượng toả ra có thể đun sôi bao nhiêu kg nước có nhiệt độ ban đầu là 0°C?

Nhiệt dung riêng của nước $C = 4200(\text{J/kg}\cdot\text{K})$, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- A. $2,95 \cdot 10^5 \text{ kg}$. B. $3,95 \cdot 10^5 \text{ kg}$. C. $1,95 \cdot 10^5 \text{ kg}$. D. $4,95 \cdot 10^5 \text{ kg}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Số hạt nhân có trong 1g Li: $N = \frac{m}{A_{Li}} \cdot N_A = \frac{1}{7} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 8,6 \cdot 10^{22}$

+ Năng lượng tỏa ra từ 1g Li là:

$$E = N \Delta E = 8,6 \cdot 10^{22} \cdot 15,1 = 1,3 \cdot 10^{24} \text{ MeV} = 2,08 \cdot 10^{11} \text{ J}$$

Năng lượng tỏa ra từ 1g Li chuyển hết thành lượng nhiệt để đun sôi nước nên ta có:

$$E = Q = mC\Delta t \Rightarrow m = \frac{E}{C\Delta t} = \frac{2,08 \cdot 10^{11}}{4200 \cdot (100 - 0)} = 4,95 \cdot 10^5 \text{ kg}.$$

Vậy đáp án D

Câu 3: Năng lượng tối thiểu cần thiết để chia hạt nhân $^{12}_6\text{C}$ thành 3 hạt α là

bao nhiêu? biết $m_C = 11,9967u$; $m_\alpha = 4,0015u$; $1u = 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$.

A. $\Delta E = 7,2657 \text{ MeV}$.

B. $\Delta E = 11,625 \text{ MeV}$.

C. $\Delta E = 7,2657 \text{ J}$.

D. $\Delta E = 7,8213 \text{ MeV}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Năng lượng tối thiểu cần thiết:

$$\Delta E = (3m_\alpha - m_C)c^2 = (3 \cdot 4,0015 - 11,9967) \cdot 931,5 = 7,2657 (\text{MeV})$$

Chọn A

Câu 4: Hạt nhân Po210 đứng yên phát ra hạt (α) và hạt nhân con là chì Pb206.

Hạt nhân chì có động năng 0,12MeV. Bỏ qua năng lượng của tia (γ). Cho rằng khối lượng các hạt tính theo đơn vị các bon bằng số khối của chúng.

Năng lượng của phản ứng tỏa ra là:

A. 9,34 MeV.

B. 8,4 MeV.

C. 6,3 MeV.

D. 5,18 MeV.

Phân tích và hướng dẫn giải

Phương trình phóng xạ hạt nhân Poloni: $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow \alpha + ^{206}_{82}\text{Pb}$

Theo định luật bảo toàn động lượng ta có: $\vec{P}_0 = \vec{P}_\alpha + \vec{P}_X = \vec{0}$

$$\Rightarrow P_\alpha = P_X \Rightarrow P_\alpha^2 = P_X^2 \Rightarrow 2m_\alpha K_\alpha = 2m_X K_X$$

$$\Rightarrow K_\alpha = \frac{m_{Pb}}{m_\alpha} K_{Pb} = \frac{206}{4} \cdot 0,12 = 6,18 \text{ MeV}$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$\Delta E = K_\alpha + K_{Pb} = 6,18 + 0,12 = 6,3 \text{ MeV}. \text{ Chọn C.}$$

Dạng 4. ĐỘNG NĂNG VÀ VẬN TỐC CỦA CÁC HẠT TRONG PHẢN ỨNG HẠT NHÂN.

PHƯƠNG PHÁP

* Phương trình phản ứng: ${}_{Z_1}^{A_1}X_1 + {}_{Z_2}^{A_2}X_2 \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3}X_3 + {}_{Z_4}^{A_4}X_4$

Trong số các hạt này có thể là hạt sơ cấp như nuclôn, eletron, photon ...

Trường hợp đặc biệt là sự phóng xạ: $X_1 \rightarrow X_2 + X_3$

X_1 là hạt nhân mẹ, X_2 là hạt nhân con, X_3 là hạt α hoặc β

* Các định luật bảo toàn

+ Bảo toàn số nuclôn (số khối): $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

+ Bảo toàn điện tích (nguyên tử số): $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

+ Bảo toàn động lượng:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_3 + \vec{p}_4 \text{ hay } m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_3 \vec{v}_3 + m_4 \vec{v}_4$$

+ Bảo toàn năng lượng: $K_{X_1} + K_{X_2} + \Delta E = K_{X_3} + K_{X_4}$

Trong đó: ΔE là năng lượng phản ứng hạt nhân, $K_X = \frac{1}{2} m_X v_X^2$ là động năng chuyển động của hạt X

Lưu ý:

- Không có định luật bảo toàn khối lượng.

- Mối quan hệ giữa động lượng \vec{p}_X và động năng K_X của hạt X là:

$$p_X^2 = 2m_X K_X$$

- Khi tính vận tốc v hay động năng K thường áp dụng quy tắc hình bình hành

Ví dụ: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$ biết $\varphi = \angle(\vec{p}_1, \vec{p}_2)$

$$p^2 = p_1^2 + p_2^2 + 2p_1 p_2 \cos \varphi$$

$$\text{hay } (mv)^2 = (m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2 + 2m_1 m_2 v_1 v_2 \cos \varphi$$

$$\text{hay } mK = m_1 K_1 + m_2 K_2 + 2\sqrt{m_1 m_2 K_1 K_2} \cos \varphi$$

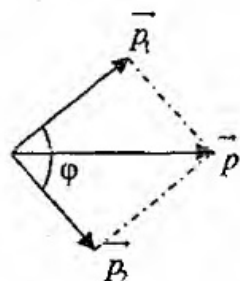
- Trường hợp đặc biệt:

- Hai hạt bay ra theo phương vuông góc: $\vec{p}_1 \perp \vec{p}_2 \Rightarrow p^2 = p_1^2 + p_2^2$

- Trường hợp hạt nhân phóng xạ ($v = 0$ hoặc $p = 0$):

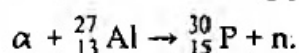
$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{0} \Rightarrow \vec{p}_1 = -\vec{p}_2 \Rightarrow p_1 = p_2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} p_1 = p_2 \\ p_1^2 = p_2^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m_1 v_1 = m_2 v_2 \\ 2m_1 K_1 = 2m_2 K_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1} \\ \frac{m_1}{m_2} = \frac{K_2}{K_1} \end{cases} \Rightarrow \frac{K_1}{K_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$$



VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Hạt α bắn vào hạt nhân Al đứng yên gây ra phản ứng:



Phản ứng này thu năng lượng $\Delta E = 2,7 \text{ MeV}$. Biết động năng hạt neutron có giá trị $0,187 \text{ MeV}$ và hai hạt sinh ra có cùng vận tốc, tính động năng của hạt α . (coi khối lượng hạt nhân bằng số khối của chúng).

- A. $1,3 \text{ MeV}$ B. 13 MeV C. $3,097 \text{ MeV}$ D. 31 MeV

Phân tích và hướng dẫn giải

Ta có $\frac{K_p}{K_n} = \frac{\frac{1}{2}m_p v^2}{\frac{1}{2}m_n v^2} = \frac{m_p}{m_n} = 30 \Rightarrow K_p = 30 K_n$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$K_\alpha + K_{\text{Al}} + \Delta E = K_p + K_n \text{ với } K_{\text{Al}} = 0 \text{ vì hạt nhân Al đứng yên}$$

$$\Rightarrow K_\alpha = K_p + K_n - \Delta E = 31K_n - \Delta E = 31 \cdot 0,187 - 2,7 = 3,097 \text{ MeV}$$

\Rightarrow Chọn đáp án C.

Ví dụ 2: người ta dùng hạt prôtôn có động năng $K_p = 2,69 \text{ MeV}$ bắn vào hạt nhân Liti đứng yên thu được 2 hạt α có cùng động năng. Cho $m_p = 1,0073\text{u}$; $m_{\text{Li}} = 7,0144\text{u}$; $m_\alpha = 4,0015\text{u}$; $1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2$. Tính động năng và vận tốc của mỗi hạt α tạo thành?

- A. $9,755 \text{ MeV}$; $3,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ B. $10,55 \text{ MeV}$; $2,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$
C. $10,55 \text{ MeV}$; $3,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ D. $9,755 \cdot 10^7$; $2,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Bài toán cho khối lượng các hạt trong phản ứng vì thế để tính năng lượng của phản ứng ta áp dụng công thức: $\Delta E = (M_0 - M) \cdot c^2$

$$\text{Phương trình phản ứng: } p + {}_3^7\text{Li} \rightarrow 2\alpha.$$

$$\Delta E = (M_0 - M) \cdot c^2 = (m_p + m_{\text{Li}} - 2m_\alpha) \cdot c^2$$

$$= (1,0073\text{u} + 7,0144\text{u} - 2 \cdot 4,0015\text{u}) \cdot c^2$$

$$= 0,0187\text{u} \cdot c^2 = 0,0187 \cdot 931,5 \text{ MeV} = 17,41 \text{ MeV}$$

Để xác định động năng của mỗi hạt α ta áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$K_p + \Delta E = 2K_\alpha \Rightarrow K_\alpha = \frac{K_p + \Delta E}{2} = \frac{2,69 + 17,41}{2} = 10,05 \text{ MeV}$$

Vận tốc của mỗi hạt α được xác định như sau:

$$K_{\alpha} = \frac{1}{2} m_{\alpha} v_{\alpha}^2 \Rightarrow v_{\alpha} = \sqrt{\frac{2K_{\alpha}}{m_{\alpha}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10,05 \text{ MeV}}{4,0015 \text{ u}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 10,05 \text{ MeV}}{4,0015 \cdot \frac{931 \text{ MeV}}{c^2}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10,05}{4,0015 \cdot \frac{931}{(3 \cdot 10^8)^2}}} = 2,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

⇒ Chọn đáp án B.

Ví dụ 3: Một neutron có động năng $K_n = 1,1 \text{ MeV}$ bắn vào hạt nhân Liti đứng yên gây ra phản ứng: ${}_0^1\text{n} + {}_3^6\text{Li} \rightarrow \text{X} + {}_2^4\text{He}$. Biết hạt nhân He bay ra vuông góc với hạt nhân X. Cho $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m_x = 3,01600 \text{ u}$; $m_{\text{He}} = 4,0016 \text{ u}$; $m_{\text{Li}} = 6,00808 \text{ u}$. Động năng của hạt nhân X và He lần lượt là:

- A. $K_X = 0,1 \text{ MeV}$ và $K_{\text{He}} = 0,2 \text{ MeV}$
- B. $K_X = 0,2 \text{ MeV}$ và $K_{\text{He}} = 0,1 \text{ MeV}$
- C. $K_X = 0,1 \text{ MeV}$ và $K_{\text{He}} = 0,1 \text{ MeV}$
- D. $K_X = 0,2 \text{ MeV}$ và $K_{\text{He}} = 0,2 \text{ MeV}$

Phân tích và hướng dẫn giải

- Ta có năng lượng của phản ứng là:
 $\Delta E = (m_n + m_{\text{Li}} - m_X - m_{\text{He}}) \cdot 931,5 \text{ MeV}$
 $= (1,00866 + 6,00808 - 3,01600 - 4,0016) \cdot 931,5 = -0,8 \text{ MeV}$
 (đây là phản ứng thu năng lượng)
- Theo đề bài thì hạt nhân He bay ra vuông góc với hạt nhân X nên ta có:
 $P_n^2 = P_{\text{He}}^2 + P_X^2 \Leftrightarrow 2m_n K_n = 2m_{\text{He}} K_{\text{He}} + 2m_X K_X$
 $\Leftrightarrow 4K_{\text{He}} + 3K_X = K_n = 1,1 \quad (1)$
- Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:
 $K_n + \Delta E = K_X + K_{\text{He}} \Rightarrow K_X + K_{\text{He}} = \Delta E + K_n = -0,8 + 1,1 = 0,3 \quad (2)$
- Từ (1), (2) ta có hệ phương trình: $\begin{cases} 4K_{\text{He}} + 3K_X = 1,1 \\ K_{\text{He}} + K_X = 0,3 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} K_{\text{He}} = 0,2 \text{ MeV} \\ K_X = 0,1 \text{ MeV} \end{cases}$

⇒ Chọn đáp án B.

Ví dụ 4: Dùng hạt neutron có động năng 2 MeV bắn vào hạt nhân ${}_3^6\text{Li}$ đang đứng yên gây ra phản ứng hạt nhân, tạo ra hạt ${}_1^3\text{H}$ và hạt α . Hạt α và hạt nhân ${}_1^3\text{H}$ bay ra theo các hướng hợp với hướng tới của neutron những góc tương ứng là 15° và 30° . Bỏ qua bức xạ γ và lấy tỉ số giữa các khối lượng hạt nhân bằng tỉ số giữa các số khối của chúng. Phản ứng thu năng lượng là

A. $1,66 \text{ MeV}$. B. $1,33 \text{ MeV}$. C. $0,84 \text{ MeV}$. D. $1,4 \text{ MeV}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Phương trình phản ứng: ${}_0^1\text{n} + {}_3^6\text{Li} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_1^3\text{H}$

Từ giả thiết đề cho, ta có hình vẽ bên

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$\vec{P}_n = \vec{P}_\alpha + \vec{P}_T$$

* Động lượng của neutron:

$$P_n = \sqrt{2m_n W_{dn}} = 2(\sqrt{\text{MeV} \cdot \text{u}})$$

* Áp dụng định lí hàm sin ta tính được:

$$P_T = \frac{\sin 15^\circ}{\sin 135^\circ} \cdot 2 = \sqrt{3} - 1 \Leftrightarrow P_T^2 = 4 - 2\sqrt{3} \Leftrightarrow 2m_T K_T = 0,9^2$$

$$\Rightarrow K_T = \frac{4 - 2\sqrt{3}}{2m_T} = \frac{4 - 2\sqrt{3}}{2 \cdot 3} = 0,089 \text{ MeV}$$

$$P_\alpha = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 135^\circ} \cdot 2 = \sqrt{2} \Leftrightarrow P_\alpha^2 = 2 \Leftrightarrow 2m_\alpha K_\alpha = 2$$

$$\Rightarrow K_\alpha = \frac{1}{m_\alpha} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ MeV}$$

* Theo định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$K_n + \Delta E = K_\alpha + K_T$$

$$\Rightarrow \Delta E = K_\alpha + K_T - K_n = 0,25 + 0,089 - 2 = -1,66 \text{ MeV}$$

Chọn A

Ví dụ 5: Dùng p có động năng K_p bắn vào hạt nhân ${}_4^9\text{Be}$ đứng yên gây ra phản ứng: $p + {}_4^9\text{Be} \rightarrow \alpha + {}_3^6\text{Li}$. Phản ứng này tỏa ra năng lượng bằng $\Delta E = 2,1 \text{ MeV}$. Hạt nhân ${}_3^6\text{Li}$ và hạt α bay ra với các động năng lần lượt bằng $K_{Li} = 3,58 \text{ MeV}$ và $K_\alpha = 4 \text{ MeV}$. Tính góc giữa các hướng chuyển động của hạt α và hạt p (lấy gần đúng khối lượng các hạt nhân, tính theo đơn vị u, bằng số khối).

A. 45° .

B. 90°

C. 75° .

D. 120° .

Phân tích và hướng dẫn giải

Phương trình phản ứng: ${}_1^1\text{p} + {}_4^9\text{Be} \rightarrow {}_2^4\alpha + {}_3^6\text{Li}$.

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$K_p + \Delta E = K_\alpha + K_{Li} \rightarrow K_p = K_\alpha + K_{Li} - \Delta E = 3,58 + 4 - 2,1 = 5,48 \text{ MeV}.$$

Sử dụng mối liên hệ giữa động năng và động lượng ta có: $P^2 = 2mK$

Động lượng của hạt proton:

$$P_p^2 = 2m_p K_p \Rightarrow P_p = \sqrt{2m_p K_p} = \sqrt{2 \cdot 1 \cdot 5,48} = 3,31 \sqrt{\text{MeV} \cdot \text{u}}$$

$$P_{\alpha}^2 = 2m_{\alpha}K_{\alpha} \Rightarrow P_{\alpha} = \sqrt{2m_{\alpha}K_{\alpha}} = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 4} = 5,66\sqrt{\text{MeV} \cdot u}$$

$$P_{\text{Li}}^2 = 2m_{\text{Li}}K_{\text{Li}} \Rightarrow P_{\text{Li}} = \sqrt{2m_{\text{Li}}K_{\text{Li}}} = \sqrt{2 \cdot 6,3 \cdot 58} = 6,55\sqrt{\text{MeV} \cdot u}$$

Lưu ý: Bài toán này, đơn vị của động lượng được lấy theo đơn vị của động năng tương ứng vì thế đơn vị của động lượng là $\sqrt{\text{MeV} \cdot u}$

Nhận xét: dựa vào các giá trị tìm được ta thấy $P_{\text{Li}}^2 = P_{\alpha}^2 + P_p^2$

Thật vậy, thay số vào ta có: $6,55^2 = 5,66^2 + 3,31^2 \Leftrightarrow 43 = 32 + 11 = 43$ (đúng)

Nên hạt α và hạt p bay theo phương vuông góc nhau.

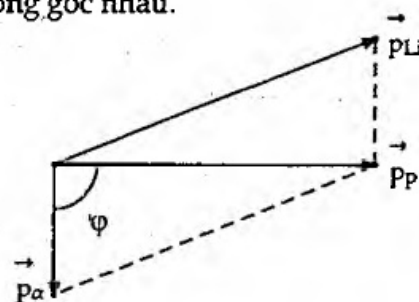
Vì thế chọn đáp án B

Cách khác: Ta có thể tính góc hợp bởi giữa hạt α và hạt p theo định lý hàm số cosin:

$$P_{\text{Li}}^2 = P_{\alpha}^2 + P_p^2 + 2P_{\alpha}P_p \cos \varphi$$

$$\Rightarrow \cos \varphi = \frac{P_{\text{Li}}^2 - P_{\alpha}^2 - P_p^2}{2P_{\alpha}P_p}$$

$$= \frac{6,55^2 - 5,66^2 - 3,31^2}{2 \cdot 5,66 \cdot 3,31} = 0 \Rightarrow \varphi = 90^\circ$$



Ví dụ 6: Bắn một hạt α vào hạt nhân ${}^{14}_7\text{N}$ đang đứng yên gây ra phản ứng: $\alpha + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$. Năng lượng của phản ứng này bằng $-1,21\text{MeV}$. Giả sử hai hạt sinh ra có cùng vector vận tốc. Động năng của hạt α là: (xem khối lượng hạt nhân tính theo đơn vị u gần đúng bằng số khối của nó)

A. $1,36\text{MeV}$ B. $1,65\text{MeV}$ C. $1,63\text{MeV}$ D. $1,56\text{MeV}$

Phân tích và hướng dẫn giải

* Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần ta có:

$$\Delta E = K_H + K_O - K_{\alpha} = \frac{1}{2}v^2(m_H + m_O) - K_{\alpha} = -1,21\text{MeV} \quad (1)$$

* Áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$\vec{P}_{\alpha} = \vec{P}_H + \vec{P}_O \Leftrightarrow m_{\alpha}\vec{v}_{\alpha} = m_H\vec{v}_H + m_O\vec{v}_O$$

Do hai hạt sinh ra có cùng vecto vận tốc nên:

$$\vec{v}_H = \vec{v}_O = \vec{v} \Rightarrow m_{\alpha}\vec{v}_{\alpha} = (m_H + m_O)\vec{v} \Rightarrow m_{\alpha}^2 v_{\alpha}^2 = (m_H + m_O)^2 v^2$$

$$\Leftrightarrow 2m_{\alpha}K_{\alpha} = (m_H + m_O)^2 v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2m_{\alpha}K_{\alpha}}{(m_H + m_O)^2} \quad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta được:

$$\frac{1}{2} \frac{2m_{\alpha}K_{\alpha}}{(m_H + m_O)^2} (m_H + m_O) - K_{\alpha} = -1,21\text{MeV}$$

$$\Rightarrow K_{\alpha} = \frac{-1,21}{\frac{m_{\alpha}}{m_H + m_O} - 1} = \frac{-1,21}{\frac{4}{1+17} - 1} = 1,56 \text{ MeV}$$

Vậy chọn D

BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Cho phản ứng hạt nhân: ${}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^6_3\text{Li} + X$

- Xác định X.
- Tính năng lượng tỏa ra hay thu vào của phản ứng trên. Biết $m_{\text{Be}} = 9,01219\text{u}$; $m_{\text{H}} = 1,00783\text{u}$; $m_{\text{Li}} = 6,01513\text{u}$; $m_X = 4,00260\text{u}$; $1\text{uc}^2 = 931,5\text{MeV}$.
- Biết hạt proton có động năng $5,45\text{MeV}$ bắn phá hạt nhân Be đứng yên, Be bay ra với động năng $3,55\text{MeV}$. Tìm động năng của hạt X.

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{a. } {}^9_4\text{Be} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^6_3\text{Li} + {}^A_Z\text{X} \Rightarrow \begin{cases} A=4 \\ Z=2 \end{cases} \Rightarrow X = {}^4_2\text{He}$$

$$\text{b. } \Delta E = (m_{\text{Be}} + m_{\text{H}} - m_{\text{Li}} - m_X) \cdot 931,5 \text{ MeV} \\ = (9,01219 + 1,00783 - 6,01513 - 4,0026) \cdot 931,5 \text{ MeV} = 2,133 \text{ MeV} > 0$$

Vậy phản ứng trên tỏa năng lượng

$$\text{c. Theo định luật bảo toàn năng lượng toàn phần ta có: } K_p + \Delta E = K_{\text{He}} + K_{\text{Li}} \\ \Rightarrow K_{\text{He}} = \Delta E + K_p - K_{\text{Li}} = 2,133 + 5,45 - 3,55 = 4,033 \text{ MeV}$$

Câu 2: Một hạt α có động năng 4MeV bắn vào hạt nhân Nitơ đứng yên, gây phản ứng: $\alpha + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^1_1\text{H} + X$. Biết hai hạt bay ra sau phản ứng có cùng động năng và khối lượng của các hạt lần lượt là $m_{\alpha} = 4,002603\text{u}$; $m_{\text{N}} = 14,003074\text{u}$; $m_{\text{H}} = 1,007825\text{u}$; $m_X = 16,999133\text{u}$; $1\text{uc}^2 = 931,5\text{MeV}$; $1\text{u} = 1,66055 \cdot 10^{-27}\text{kg}$. Vận tốc của mỗi hạt sau phản ứng có giá trị là

Phân tích và hướng dẫn giải

Năng lượng của phản ứng trên:

$$\Delta E = (m_{\alpha} + m_{\text{N}} - m_{\text{H}} - m_X) \cdot 931,5 \text{ MeV} \\ = (4,002603 + 14,003074 - 1,007825 - 16,999133) \cdot 931,5 \text{ MeV} \\ = -1,193 \text{ MeV}$$

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng toàn phần ta có:

$$K_{\alpha} + \Delta E = K_X + K_{\text{H}} = 2K_X = 2K_{\text{H}} \\ \Rightarrow K_X = K_{\text{H}} = \frac{K_{\alpha} + \Delta E}{2} = \frac{4 - 1,193}{2} = 1,4 \text{ MeV}$$

Vận tốc của hạt H

$$\Rightarrow v_H = \sqrt{\frac{2K_H}{m_H}} = \sqrt{\frac{2.1,41,6.10^{-13}}{1,007825.1,66055.10^{-27}}} = 1,6.10^7 \text{ m/s}$$

Vận tốc của hạt X

$$\Rightarrow v_X = \sqrt{\frac{2K_X}{m_X}} = \sqrt{\frac{2.1,41,6.10^{-13}}{16,999133.1,66055.10^{-27}}} = 0,4.10^7 \text{ m/s} = 4.10^6 \text{ m/s}$$

Câu 3: Bắn hạt α có động năng 4 MeV vào hạt nhân ${}^{14}_7\text{N}$ đứng yên thì thu được một proton và hạt nhân X. Giả sử hai hạt sinh ra có cùng vận tốc. Cho: $m_\alpha = 4,0015\text{u}$; $m_X = 16,9947\text{u}$; $m_p = 1,0073\text{u}$; $1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2$. Tốc độ của proton là.

- A. $30,85.10^5 \text{ m/s}$ B. $22,15.10^5 \text{ m/s}$ C. $30,85.10^6 \text{ m/s}$ D. $22,815.10^6 \text{ m/s}$

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Theo định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$m_\alpha v_\alpha = (m_p + m_X)v \Rightarrow v^2 = \frac{m_\alpha^2 v_\alpha^2}{(m_p + m_X)^2} = \frac{2m_\alpha W_{d\alpha}}{(m_p + m_X)^2}$$

+ Động năng hạt proton:

$$W_{dp} = \frac{1}{2} m_p v^2 = \frac{m_p m_\alpha W_{d\alpha}}{(m_p + m_X)^2} = 12437,7.10^{-6} W_{d\alpha} = 0,05 \text{ MeV} = 796.10^{-17} \text{ J};$$

Vận tốc hạt proton:

$$v = \sqrt{\frac{2W_{dp}}{m_p}} = \sqrt{\frac{2.796.10^{-17}}{1,0073.1,66055.10^{-27}}} = 30,85.10^5 \text{ m/s}. \text{ Chọn A}$$

Câu 4: Một hạt α bắn vào hạt nhân ${}^{27}_{13}\text{Al}$ tạo ra neutron và hạt X. Cho: $m_\alpha = 4,0016\text{u}$; $m_n = 1,00866\text{u}$; $m_{\text{Al}} = 26,9744\text{u}$; $m_X = 29,9701\text{u}$; $1\text{u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$. Các hạt neutron và X có động năng là 4 MeV và 1,8 MeV. Động năng của hạt α là:

A. 3,23 MeV B. 5,8 MeV C. 7,8 MeV D. 8,37 MeV

Phân tích và hướng dẫn giải

Năng lượng của phản ứng:

$$\begin{aligned} \Delta E &= (m_\alpha + m_{\text{Al}} - m_n - m_X).931,5 \text{ MeV} \\ &= (4,0016 + 26,9744 - 1,00866 - 29,9701).931,5 \text{ MeV} = -2,56 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Phản ứng trên thu năng lượng

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$\Delta E + K_\alpha = K_n + K_X$$

Động năng hạt α là: $K_\alpha = K_n + K_X - \Delta E = 4 + 1,8 - (-2,57) = 8,37 \text{ MeV}$

Chọn D

Câu 5: Cho phản ứng nhiệt hạch: ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_2\text{He} + n$, Biết độ hụt khối $\Delta m_{\text{D}} = 0,0024\text{u}$, $\Delta m_{{}_3^2\text{He}} = 0,0305\text{u}$, nước trong tự nhiên có lẫn 0,015% D_2O , với khối lượng riêng của nước là 1000kg/m^3 , $1\text{u} = 931,5\text{ MeV}/c^2$, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$. Nếu toàn bộ ${}^2_1\text{D}$ được tách ra từ 1m^3 nước làm nhiên liệu cho phản ứng trên thì năng lượng tỏa ra là:

- A. $1,863 \cdot 10^{26}\text{ MeV}$. B. $1,0812 \cdot 10^{26}\text{ MeV}$.
C. $1,0614 \cdot 10^{26}\text{ MeV}$. D. $1,863 \cdot 10^{26}\text{ J}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Khối lượng của 1m^3 nước là: $m_{\text{H}_2\text{O}} = DV = 1000 \cdot 1 = 1000\text{kg}$

Theo bài ra ta có khối lượng D_2O là:

$$m_{\text{D}_2\text{O}} = 0,015\% m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,015}{100} \cdot 1000 = 0,15\text{kg} = 150\text{g}$$

Số hạt D_2O được tách ra từ 1m^3 nước:

$$N_{\text{D}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{D}_2\text{O}}}{M_{\text{D}_2\text{O}}} \cdot N_A = \frac{150}{20} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 4,5165 \cdot 10^{24}$$

Năng lượng tỏa ra từ phản ứng trên:

$$\Delta E = (\Delta m_{\text{He}} - 2\Delta m_{\text{D}}) \cdot 931,5 = (0,0305 - 2 \cdot 0,0024) \cdot 931,5 = 23,93955\text{MeV}$$

Năng lượng tỏa ra khi toàn bộ ${}^2_1\text{D}$ được tách ra từ 1m^3 nước là:

$$E = N \cdot \Delta E = 4,5165 \cdot 10^{24} \cdot 23,93955 = 1,0812 \cdot 10^{26} (\text{MeV}). \text{ Chọn B}$$

Câu 6: Randon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ là chất phóng xạ phóng ra hạt α và hạt nhân con X với chu kỳ bán rã $T = 3,8$ ngày. Biết rằng sự phóng xạ này toả ra năng lượng $12,5\text{MeV}$ dưới dạng tổng động năng của hai hạt sinh ra ($W_\alpha + W_X$). Hãy tìm động năng của mỗi hạt sinh ra. Khi tính, có thể lấy tỉ số khối lượng của các hạt gần đúng bằng tỉ số số khối của chúng $\left(\frac{m_\alpha}{m_X} = \frac{A_\alpha}{A_X} \right)$.

Cho $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}\text{mol}^{-1}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Phương trình phóng xạ: ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^{218}_{84}\text{X}$

Theo định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$P_\alpha = P_X \Rightarrow P_\alpha^2 = P_X^2 \Rightarrow 2m_\alpha K_\alpha = 2m_X K_X \Rightarrow \begin{cases} K_\alpha = \frac{m_X K_X}{m_\alpha} \\ K_X = \frac{m_\alpha K_\alpha}{m_X} \end{cases}$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$K_{\alpha} + K_X = \Delta E \Rightarrow \begin{cases} \frac{m_X K_X}{m_{\alpha}} + K_X = \Delta E \Rightarrow K_X = \frac{m_{\alpha}}{m_{\alpha} + m_X} \Delta E \\ K_{\alpha} + \frac{m_{\alpha} K_{\alpha}}{m_X} = \Delta E \Rightarrow K_{\alpha} = \frac{m_X}{m_{\alpha} + m_X} \Delta E \end{cases}$$

Động năng của hạt nhân X: $K_X = \frac{m_{\alpha}}{m_{\alpha} + m_X} \Delta E = \frac{4}{4 + 218} \cdot 12,5 = 0,225 \text{ MeV}$

Động năng của hạt ${}^4_2\alpha$: $K_{\alpha} = \frac{m_X}{m_{\alpha} + m_X} \Delta E = \frac{218}{4 + 218} \cdot 12,5 = 12,275 \text{ MeV}$

Câu 7: Hạt nhân ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ có chu kỳ bán rã 1570 năm, đứng yên phân rã ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân X. Động năng của hạt α trong phân rã là 4,8 MeV. Hãy xác định năng lượng toàn phần tỏa ra trong một phân rã. Coi khối lượng của hạt nhân tính theo đơn vị u xấp xỉ bằng khối lượng của chúng.

Phân tích và hướng dẫn giải

Áp dụng kết quả tính được ở các bài trên trong trường hợp hạt nhân phóng

xạ ta có: $\frac{K_1}{K_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$

$$\frac{K_X}{K_{\alpha}} = \frac{m_{\alpha}}{m_X} \Rightarrow K_X = \frac{m_{\alpha}}{m_X} K_{\alpha} = \frac{4}{222} \cdot 4,8 = 0,0865 \text{ MeV}$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần:

$$\Delta E = K_{\alpha} + K_X = 4,8 + 0,0865 = 4,8865 \text{ MeV}$$

Câu 8: Hạt nhân ${}^{210}_{84}\text{Po}$ có tính phóng xạ α . Trước khi phóng xạ hạt nhân Po đứng yên. Tính động năng của hạt nhân X sau phóng xạ. Cho khối lượng của các hạt lần lượt là: $m_{\text{Po}} = 209,93733 \text{ u}$, $m_X = 205,92944 \text{ u}$, $m_{\alpha} = 4,00150 \text{ u}$, $1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Phương trình phóng xạ hạt nhân Poloni: ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow \alpha + {}^{206}_{82}\text{X}$

Năng lượng tỏa ra từ phân rã trên:

$$\begin{aligned} \Delta E &= (m_{\text{Po}} - m_{\alpha} - m_X) \cdot 931 \text{ MeV} \\ &= (209,93733 - 4,00150 - 205,92944) \cdot 931 \text{ MeV} = 5,949 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Theo định luật bảo toàn động lượng ta có: $\vec{P}_0 = \vec{P}_{\alpha} + \vec{P}_X = \vec{0}$

$$\Rightarrow P_{\alpha} = P_X \Rightarrow P_{\alpha}^2 = P_X^2 \Rightarrow 2m_{\alpha}K_{\alpha} = 2m_XK_X \Rightarrow K_{\alpha} = \frac{m_XK_X}{m_{\alpha}}$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$K_{\alpha} + K_X = \Delta E \Rightarrow \frac{m_X K_X}{m_{\alpha}} + K_X = \Delta E$$

$$\Rightarrow K_X = \frac{m_{\alpha}}{m_{\alpha} + m_X} \cdot \Delta E = \frac{4}{4 + 206} \cdot 5,949 = 0,1133 \text{ MeV}$$

Câu 9: Trong phóng xạ α của Randon ($^{222}_{86}\text{Rn}$). Có bao nhiêu phần trăm năng lượng toả ra trong phản ứng trên được chuyển thành động năng của hạt α ?
Coi rằng hạt nhân Randon ban đầu đứng yên và khối lượng hạt nhân tính theo đơn vị khối lượng nguyên tử bằng số khối của nó.

Phân tích và hướng dẫn giải

Phương trình phóng xạ hạt nhân Randon : $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow \alpha + ^{218}_{84}\text{X}$

Theo định luật bảo toàn động lượng ta có : $\vec{R}_n = \vec{P}_{\alpha} + \vec{P}_X = \vec{0}$

$$\Rightarrow P_{\alpha} = P_X \Rightarrow P_{\alpha}^2 = P_X^2 \Rightarrow 2m_{\alpha}K_{\alpha} = 2m_XK_X \Rightarrow K_X = \frac{m_{\alpha}K_{\alpha}}{m_X}$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$K_{\alpha} + K_X = \Delta E \Rightarrow K_{\alpha} + \frac{m_{\alpha}K_{\alpha}}{m_X} = \Delta E \Rightarrow K_{\alpha} = \frac{m_X}{m_{\alpha} + m_X} \cdot \Delta E$$

Phần trăm năng lượng toả ra trong phản ứng trên được chuyển thành động năng của hạt α

$$\frac{K_{\alpha}}{\Delta E} = \frac{m_X}{m_{\alpha} + m_X} = \frac{218}{4 + 218} = 0,982 = 98,2\%$$

Câu 10: Pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ là một chất phóng xạ α , có chu kỳ bán rã $T = 138$ ngày.

Tính vận tốc của hạt α , biết rằng mỗi hạt nhân Pôlôni khi phân rã toả ra một năng lượng $\Delta E = 2,60 \text{ MeV}$, $1u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Từ các kết quả trên ta có : $\frac{K_X}{K_{\alpha}} = \frac{m_{\alpha}}{m_X} \Rightarrow K_{\alpha} = \frac{m_X}{m_{\alpha}} \cdot K_X$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$K_{\alpha} + K_X = \Delta E \Rightarrow K_{\alpha} + \frac{m_{\alpha}K_{\alpha}}{m_X} = \Delta E$$

$$\Rightarrow K_{\alpha} = \frac{m_X}{m_{\alpha} + m_X} \cdot \Delta E = \frac{206}{4 + 206} \cdot 2,60 = 2,55 \text{ MeV} = 4,08 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$\text{Vận tốc hạt } \alpha : v_{\alpha} = \sqrt{\frac{2K_{\alpha}}{m_{\alpha}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,08 \cdot 10^{-13}}{4 \cdot 1,66055 \cdot 10^{-27}}} = 1,1 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Câu 11: Có 1mg chất phóng xạ Pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ đặt trong một nhiệt lượng kế có nhiệt dung $C=8\text{ J/K}$. Do phóng xạ α mà Pôlôni trên chuyển thành chì $^{206}_{82}\text{Pb}$. Biết chu kỳ bán rã của Pôlôni là $T=138$ ngày; khối lượng nguyên tử Pôlôni là $m_{\text{Po}}=209,9828\text{u}$; khối lượng nguyên tử chì là $m_{\text{Pb}}=205,9744\text{u}$; khối

lượng hạt α là $m_{\alpha}=4,0026\text{u}$; $1\text{u}=931,5\frac{\text{MeV}}{c^2}$. Sau thời gian $t=1$ giờ kể từ khi đặt Pôlôni vào thì nhiệt độ trong nhiệt lượng kế tăng lên

A. ≈ 155 B. $\approx 125\text{ K}$ C. $\approx 95\text{ K}$ D. $\approx 65\text{ K}$

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Năng lượng tỏa ra khi một hạt Po210 phân rã là:

$$E_0 = (m_{\text{Po}} - m_{\text{Pb}} - m_{\alpha})c^2 = 5,4\text{MeV} = 8,64 \cdot 10^{-13}\text{J}.$$

+ Vậy số hạt Po210 bị phân rã trong thời gian t là:

$$\Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = \frac{m_0}{A_{\text{Po}}} N_A \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$$

+ Tổng năng lượng giải phóng do số hạt này phân rã là:

$$E = E_0 \Delta N = E_0 \frac{m_0}{A_{\text{Po}}} N_A \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$$

+ Gọi Δt là độ tăng nhiệt độ của nhiệt lượng kế thì: $Q = C \Delta t$.

+ Với: $E = Q \Rightarrow E_0 \frac{m_0}{A_{\text{Po}}} N_A \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = C \Delta t \Rightarrow \Delta t \approx 65\text{K}$

Chuyên đề 3

ĐỊNH LUẬT PHÓNG XẠ - ĐỘ PHÓNG XẠ

Dạng 1. XÁC ĐỊNH LƯỢNG CHẤT CÒN LẠI

PHƯƠNG PHÁP

Vận dụng công thức:

Khối lượng còn lại của hạt nhân X sau thời gian t :

$$m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Số hạt nhân X còn lại sau thời gian t :

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Công thức liên hệ giữa số hạt và khối lượng:

$$N = \frac{m \cdot N_A}{A} \text{ hay } N_0 = \frac{m_0 \cdot N_A}{A} \text{ hay } \Delta N = \frac{\Delta m \cdot N_A}{A}$$

Chú ý:

+ t và T phải đưa về cùng đơn vị.

+ m và m_0 cùng đơn vị và không cần đổi đơn vị

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Chất Iốt phóng xạ $^{131}_{53}\text{I}$ dùng trong y tế có chu kỳ bán rã 8 ngày đêm. Nếu nhận được 100g chất này thì sau 8 tuần lễ còn bao nhiêu?

A. 0,87g B. 0,78g C. 7,8g D. 8,7g

Phân tích và hướng dẫn giải

Ta có: $t = 8 \text{ tuần} = 56 \text{ ngày} = 7T$

Suy ra sau thời gian t thì khối lượng chất phóng xạ $^{131}_{53}\text{I}$ còn lại là:

$$m = \frac{m_0}{2^7} = \frac{100}{2^7} = 0,78\text{g} \Rightarrow \text{Chọn B.}$$

Ví dụ 2: Một lượng chất phóng xạ có khối lượng ban đầu là m_0 . Sau 5 chu kỳ bán rã khối lượng chất phóng xạ còn lại là bao nhiêu?

A. $\frac{m_0}{5}$ B. $\frac{m_0}{8}$ C. $\frac{m_0}{32}$ D. $\frac{m_0}{10}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Sau 5 chu kỳ ứng với $t = 5T$

Sau $t = 5T$ khối lượng chất phóng xạ còn lại là

$$m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{m_0}{2^5} = \frac{m_0}{32}$$

Vậy chọn C

Ví dụ 3: Một chất phóng xạ ban đầu có N_0 hạt nhân. Sau 1 năm, còn lại một phần ba số hạt nhân ban đầu chưa phân rã. Sau 1 năm nữa, số hạt nhân còn lại chưa phân rã của chất phóng xạ đó là

- A. $\frac{N_0}{9}$ B. $\frac{N_0}{6}$ C. $\frac{N_0}{16}$ D. $\frac{N_0}{4}$

Phân tích và hướng dẫn giải

- Ta có sau $t_1 = 1$ năm thì số hạt nhân chưa phân rã (còn lại) là:

$$\frac{N_1}{N_0} = \frac{1}{2^{\frac{t_1}{T}}} = \frac{1}{2^1} = \frac{1}{2}$$

- Sau 1 năm nữa tức là $t_2 = 2t_1 = 2$ năm thì số hạt nhân còn lại chưa phân rã là:

$$\frac{N_2}{N_0} = \frac{1}{2^{\frac{t_2}{T}}} = \frac{1}{2^2} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \text{Chọn A}$$

Ví dụ 4: Gọi τ là khoảng thời gian để số hạt nhân của một đồng vị phóng xạ giảm đi bốn lần. Sau thời gian 2τ số hạt nhân còn lại của đồng vị đó bằng bao nhiêu phần trăm số hạt nhân ban đầu?

- A. 25,25%. B. 93,75%. C. 6,25%. D. 13,5%.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Tại thời điểm $t = \tau$ ta có $N_1 = \frac{N_0}{4} \Rightarrow \frac{N_1}{N_0} = \frac{1}{2^{\frac{\tau}{T}}} = \frac{1}{4}$

- Tại thời điểm $t = 2\tau$ ta có $\frac{N_2}{N_0} = \frac{1}{2^{\frac{2\tau}{T}}} = \left(\frac{1}{2^{\frac{\tau}{T}}}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 = 0,0625 = 6,25\%$

\Rightarrow Chọn C

Ví dụ 5: Chu kỳ phóng xạ của hai chất phóng xạ A và B lần lượt là T_A và $T_B = 2T_A$. Ban đầu hai khối chất phóng xạ có số nguyên tử bằng nhau. Sau thời gian $t = 2T_A$ tỉ số các hạt nhân A và B còn lại là

- A. $\frac{1}{4}$ B. $\frac{1}{2}$ C. 2 D. 4

Phân tích và hướng dẫn giải

Tại thời điểm ban đầu ta có $N_{0A} = N_{0B} = N_0$ và $T_B = 2T_A$

Sau khoảng thời gian $t = 2T_A$ số hạt nhân A còn lại là

$$N_A = \frac{N_{0A}}{2^{\frac{t}{T_A}}} = \frac{N_0}{2^{\frac{2T_A}{T_A}}} = \frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{4}$$

Sau khoảng thời gian $t = 2T_A$ số hạt nhân B còn lại là

$$N_B = \frac{N_{0B}}{2^{\frac{t}{T_B}}} = \frac{N_0}{2^{\frac{2T_A}{2T_A}}} = \frac{N_0}{2^1} = \frac{N_0}{2}$$

Sau thời gian $t = 2T_A$ tỉ số các hạt nhân A và B còn lại là: $\frac{N_A}{N_B} = \frac{\frac{N_0}{4}}{\frac{N_0}{2}} = \frac{1}{2}$

Chọn B

Ví dụ 6: Gọi Δt là khoảng thời gian để số hạt nhân của một lượng chất phóng xạ giảm đi e^2 lần (e là số tự nhiên với $\ln e = 1$), T là chu kỳ bán rã của chất phóng xạ. Sau khoảng thời gian $t = 0,51\Delta t$ khối lượng chất phóng xạ còn lại bằng bao nhiêu phần trăm so với khối lượng chất phóng xạ ban đầu?

- A. 25,5%. B. 93,75%. C. 62,5%. D. 36%.

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo bài ra, số hạt nhân giảm theo hàm e mũ vì thế để giải nhanh, ta sử dụng định luật phóng xạ theo hàm e mũ.

$$+ \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda \Delta t} = \frac{1}{e^{\lambda \Delta t}} = \frac{1}{e^2} \Rightarrow \lambda \cdot \Delta t = 2 \Leftrightarrow \frac{\ln 2}{T} \cdot \Delta t = 2 \Rightarrow \Delta t = \frac{2T}{\ln 2}$$

$$\text{Sau thời gian } t = 0,51\Delta t = 0,51 \cdot \frac{2T}{\ln 2}$$

Phần trăm khối lượng của chất phóng xạ còn lại so với ban đầu là

$$+ \frac{m}{m_0} = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{\ln 2}{T} \cdot 0,51 \cdot \frac{2T}{\ln 2}} = e^{-0,51 \cdot 2} = 0,36 = 36\% \text{ . Chọn D}$$

BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Phương trình phóng xạ của Pôlôni có dạng: ${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_2^A\text{Pb} + \alpha$

Cho chu kỳ bán rã của Pôlôni $T = 138$ ngày. Giả sử khối lượng ban đầu $m_0 = 1\text{g}$. Hỏi sau bao lâu khối lượng Pôlôni chỉ còn $0,707\text{g}$?

- A. 69 ngày. B. 49 ngày. C. 56 ngày. D. 60 ngày.

Phân tích và hướng dẫn giải

Áp dụng định luật phóng xạ: $\frac{m}{m_0} = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-\frac{\ln 2}{T} \cdot t}$

Lấy logarit cơ số e hai vế (ln), ta được:

$$\ln\left(\frac{m}{m_0}\right) = -\frac{\ln 2}{T} \cdot t \Rightarrow t = -\frac{T \cdot \ln \frac{m}{m_0}}{\ln 2} = -\frac{138 \cdot \ln \frac{0,707}{1}}{\ln 2} = 69 \text{ ngày}$$

Chọn A

Câu 2: Một chất phóng xạ có chu kỳ bán rã là 3,8 ngày. Sau thời gian 11,4 ngày, khối lượng chất còn lại bằng bao nhiêu phần trăm so với khối lượng chất ban đầu?

- A. 25%. B. 75%. C. 12,5%. D. 87,5%.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Ta có : $T = 3,8$ ngày ; $t = 11,4 = 3T$ ngày.

Do đó ta đưa về hàm mũ hai để giải nhanh như sau :

$$m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} \Leftrightarrow \frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8} = 12,5\%$$

\Rightarrow **Chọn đáp án C**

Câu 3: Ban đầu một chất phóng xạ nguyên chất có khối lượng m_0 , chu kỳ bán rã của chất này là 3,8 ngày. Sau 15,2 ngày khối lượng của chất phóng xạ đó còn lại là 2,24g. Khối lượng m_0 là

- A. 35,84 g B. 17,92 g C. 8,96 g D. 5,60 g

Phân tích và hướng dẫn giải

Vì tỉ số $\frac{t}{T} = \frac{15,4}{3,8} = 4 \in \mathbb{N}$ nên ta có $m_0 = m \cdot 2^{\frac{t}{T}} = 2,24 \cdot 2^4 = 35,84\text{g}$

Chọn đáp án A

Câu 4: Ban đầu có 20 gam chất phóng xạ X có chu kỳ bán rã T. Khối lượng của chất X còn lại sau khoảng thời gian $3T$, kể từ thời điểm ban đầu bằng.

- A. 3,2 gam B. 2,5 gam C. 1,5 gam D. 4,5 gam

Phân tích và hướng dẫn giải

Vì tỉ số $\frac{t}{T} = \frac{3T}{T} = 3 \in \mathbb{N}$, nên ta có $m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{20}{2^3} = 2,5 \text{ g}$

Chọn B

Câu 5: Ban đầu có N_0 hạt nhân của một mẫu chất phóng xạ nguyên chất có chu kỳ bán rã T . Sau khoảng thời gian $t = 0,5T$, kể từ thời điểm ban đầu, số hạt nhân chưa bị phân rã của mẫu chất phóng xạ này là.

- A. $\frac{N_0}{2}$ B. $\frac{N_0}{\sqrt{2}}$ C. $\frac{N_0}{4}$ D. $N_0\sqrt{2}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Vì tỉ số $\frac{t}{T} = \frac{0,5T}{T} = \frac{1}{2}$ nên ta có $N = \frac{N_0}{2^{\frac{1}{2}}} = \frac{N_0}{\sqrt{2}}$

Chọn B

Câu 6: Randon là chất phóng xạ có chu kỳ bán rã là 3,8 ngày. Một mẫu $^{222}_{86}\text{Rn}$ ban đầu có 2mg. Sau 19 ngày còn lại bao nhiêu nguyên tử chưa bị phân rã. Biết $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- A. $1,695 \cdot 10^{17}$ B. $1,695 \cdot 10^{20}$ C. $0,847 \cdot 10^{17}$ D. $0,847 \cdot 10^{18}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Số nguyên tử Rn trong 2mg:

$$N_0 = \frac{m_0 \cdot N_A}{A} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{222} = 5,425 \cdot 10^{18}$$

Vì tỉ số $\frac{t}{T} = \frac{19}{3,8} = 5$ nên ta có số nguyên tử còn lại là:

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{5,425 \cdot 10^{18}}{2^5} = 1,695 \cdot 10^{17}. \text{ Chọn A}$$

Câu 7: Giả sử sau 3 giờ phóng xạ (kể từ thời điểm ban đầu) số hạt nhân của một đồng vị phóng xạ còn lại bằng 25% số hạt nhân ban đầu. Chu kỳ bán rã của đồng vị phóng xạ đó bằng

- A. 0,5 giờ. B. 2 giờ. C. 1 giờ. D. 1,5 giờ.

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo giả thiết tại thời điểm $t = 3\text{h}$ ta có

$$\frac{N}{N_0} = 25\% = \frac{1}{4} \Leftrightarrow \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{1}{4} \Leftrightarrow \frac{t}{T} = 2 \Leftrightarrow T = \frac{t}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ giờ}$$

Chọn D

Câu 8: Gọi Δt là khoảng thời gian để số hạt nhân của một lượng chất phóng xạ giảm đi e lần (e là số tự nhiên với $\ln e = 1$), T là chu kỳ bán rã của chất phóng xạ. Mối liên hệ giữa Δt và T là

- A. $\Delta t = \frac{T}{\ln 2}$ B. $\Delta t = \frac{2T}{\ln 2}$ C. $\Delta t = \frac{T}{2 \ln 2}$ D. $\Delta t = \frac{T}{\ln 3}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo bài ra ta có:

$$\frac{N_0}{N} = e^{\lambda \cdot \Delta t} = e \Rightarrow \lambda \cdot \Delta t = 1 \Leftrightarrow \frac{\ln 2}{T} \cdot \Delta t = 1 \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{\ln 2}$$

Chọn A

Đạng 2. XÁC ĐỊNH LƯỢNG CHẤT ĐÃ BỊ PHÂN RÃ

PHƯƠNG PHÁP

Cho khối lượng hạt nhân ban đầu (hoặc số hạt nhân ban đầu N_0) và T .
 Tìm khối lượng hạt nhân hoặc số hạt nhân đã bị phân rã trong thời gian t ?

Khối lượng hạt nhân bị phân rã:

$$\Delta m = m_0 - m = m_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = m_0 (1 - e^{-\lambda \cdot t})$$

Số hạt nhân bị phân rã là:

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = N_0 (1 - e^{-\lambda \cdot t})$$

Chú ý: là không được áp dụng định luật bảo toàn khối lượng như trong phản ứng hoá học.



VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một đồng vị phóng xạ có chu kì bán rã T . Cứ sau một khoảng thời gian bằng bao nhiêu thì số hạt nhân bị phân rã trong khoảng thời gian đó bằng ba lần số hạt nhân còn lại của đồng vị ấy?

A. $0,5T$.

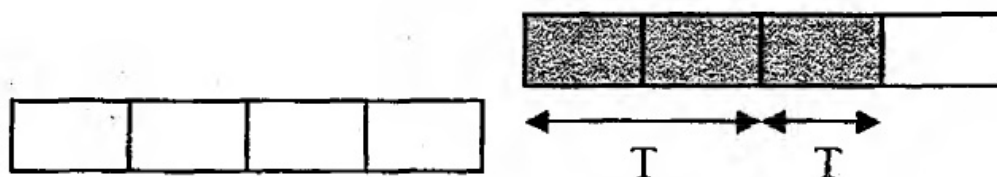
B. $3T$.

C. $2T$.

D. T .

Phân tích và hướng dẫn giải

Cách 1:



BAN ĐẦU

Cách 2.

Từ công thức:

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)}{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}} = \frac{1 - 2^{-\frac{t}{T}}}{2^{-\frac{t}{T}}} = 2^{\frac{t}{T}} - 1 = 3 \Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = 2^2 \Rightarrow t = 2T$$

Chọn C

Ví dụ 2: Tính số hạt nhân bị phân rã sau 1s trong 1g Radium ^{226}Ra . Cho biết chu kỳ bán rã của ^{226}Ra là 1580 năm. Số Avôgađrô là $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 A. $3,55 \cdot 10^{10}$ hạt. B. $3,40 \cdot 10^{10}$ hạt. C. $3,75 \cdot 10^{10}$ hạt. D. $3,70 \cdot 10^{10}$ hạt.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Số hạt nhân nguyên tử có trong 1 gam ^{226}Ra là:

$$N_0 = \frac{m_0}{A} \cdot N_A = \frac{1}{226} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 2,6646 \cdot 10^{21} \text{ hạt.}$$

- Suy ra số hạt nhân nguyên tử Ra phân rã sau 1s là:

$$\Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = 2,6646 \cdot 10^{21} \left(1 - 2^{-\frac{1}{1580 \cdot 365 \cdot 86400}}\right) = 3,70 \cdot 10^{10} \text{ hạt}$$

\Rightarrow Chọn đáp án D.

Ví dụ 3: Đồng vị phóng xạ Coban $^{60}_{27}\text{Co}$ phát ra tia β^- và với chu kỳ bán rã $T = 71,3$ ngày. Trong 365 ngày, phần trăm chất Coban này bị phân rã bằng
 A. 97,12% B. 80,09% C. 31,17% D. 65,94%

Phân tích và hướng dẫn giải

- % lượng chất ^{60}Co bị phân rã sau 365 ngày:

Cách 1: Tính theo hàm e mũ

$$\Delta m = m_0 - m = m_0 (1 - e^{-\lambda \cdot t}) \Leftrightarrow \frac{\Delta m}{m_0} = 1 - e^{-\frac{365 \cdot \ln 2}{71,3}} = 97,12\%$$

Cách 2: Tính theo hàm 2 mũ

$$\Delta m = m_0 - m = m_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta m}{m_0} = 1 - 2^{-\frac{t}{T}} = 1 - 2^{-\frac{365}{71,3}} = 97,12\% \Rightarrow \text{Chọn A.}$$

Ví dụ 4: Hạt nhân $^{224}_{88}\text{Ra}$ phóng ra một hạt α , một photon γ và tạo thành $^{220}_{86}\text{Rn}$. Một nguồn phóng xạ $^{224}_{88}\text{Ra}$ có khối lượng ban đầu m_0 sau 14,8 ngày khối lượng của nguồn còn lại là 2,24g. Số hạt nhân Ra đã bị phân rã và số hạt nhân mới tạo thành là

- A. $\Delta N = 6,43.10^{22}$ nguyên tử B. $\Delta N = 5,13.10^{21}$ nguyên tử
C. $\Delta N = 9,03.10^{22}$ nguyên tử D. $\Delta N = 3,23.10^{23}$ nguyên tử

Phân tích và hướng dẫn giải

Khối lượng của nguồn lúc đầu m_0 :

$$m = m_0 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow m_0 = m \cdot 2^{\frac{t}{T}} = 2,24 \cdot 2^{\frac{14,8}{3,7}} = 2,24 \cdot 2^4 = 35,84 \text{ g}$$

Số hạt nhân Ra đã bị phân rã:

$$\Delta N = N_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = \frac{m_0}{A} \cdot N_A(1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = \frac{35,84}{224} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}(1 - 2^{-4})$$

$$\Delta N = 9,03 \cdot 10^{22} \text{ (nguyên tử)}$$

Số hạt nhân mới tạo thành: $\Delta N' = \Delta N = N_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = 9,03 \cdot 10^{22}$ hạt

Chọn đáp án C

Chú ý: số hạt nhân bị phân rã luôn luôn bằng số hạt nhân con tạo thành

Ví dụ 5: Coban $^{60}_{27}\text{Co}$ là đồng vị phóng xạ phát ra tia β^- và γ với chu kỳ bán rã $T = 71,3$ ngày.

Tỷ lệ phần trăm chất Co bị phân rã trong 1 tháng (30 ngày) là:

- A. 92,2% B. 50,9% C. 25,3% D. 35,6%

Phân tích và hướng dẫn giải

Tỷ lệ phần trăm chất Co bị phân rã trong 1 tháng (30 ngày).

$$\frac{\Delta N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} = (1 - e^{-\lambda t}) = \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{T} t}\right) = \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{71,3} 30}\right) = 25,3\%$$

Chọn đáp án C

Ví dụ 6: Chất phóng xạ Poloni $^{210}_{84}\text{Po}$ có chu kỳ bán rã $T = 138$ ngày phóng ra tia α và biến thành đồng vị chì $^{206}_{82}\text{Pb}$, ban đầu có 0,168g Poloni. Hỏi sau 414 ngày đêm có bao nhiêu nguyên tử poloni bị phân rã?

- A. $\Delta N = 4,214.10^{21}$ nguyên tử B. $\Delta N = 4,214.10^{20}$ nguyên tử
C. $\Delta N = 4,214.10^{22}$ nguyên tử D. $\Delta N = 4,214.10^{23}$ nguyên tử

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo bài ra ta có: $t = 414$ ngày $= 3T$

Cách 1: Tính theo số nguyên tử bị phân rã

Số nguyên tử Poloni bị phân rã sau 3 chu kỳ:

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = N_0 - \frac{N_0}{2^3} = \frac{7}{8} N_0 \quad \text{Với } N_0 = \frac{m_0}{A} N_A$$

$$\Leftrightarrow \Delta N = \frac{7}{8} \cdot \frac{m_0}{A} N_A = \frac{7,0,168}{8,210} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 4,214 \cdot 10^{20} \text{ nguyên tử}$$

Cách 2: Tính theo khối lượng chất bị phân rã

Khối lượng chất bị phân rã sau 3 chu kỳ:

$$\Delta m = m_0 - m = m_0 - \frac{m_0}{2^3} = m_0 - \frac{m_0}{8} = \frac{7}{8} m_0 = 0,147 \text{ g}$$

Áp dụng công thức tính số hạt thông qua khối lượng

$$\Delta N = \frac{\Delta m}{A} N_A = \frac{0,147}{210} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 4,214 \cdot 10^{20} \text{ nguyên tử}$$

Chọn đáp án B

Ví dụ 7: Chu kỳ bán rã của hai chất phóng xạ A và B lần lượt là 20 phút và 40 phút. Ban đầu hai chất A và B có số lượng hạt nhân bằng nhau. Sau 80 phút, tỉ số các hạt nhân A và B bị phân rã là

- A. $\frac{4}{5}$ B. $\frac{5}{4}$ C. 4 D. $\frac{1}{4}$

Phân tích và hướng dẫn giải

- Tại thời điểm ban đầu ta có $N_{0A} = N_{0B} = N_0$ và $T_A = 20$ phút, $T_B = 2T_A$
- Sau khoảng thời gian $t = 80 = 4T_A$ ta có:

$$\frac{\Delta N_A}{\Delta N_B} = \frac{N_{0A} \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{t}{T_A}}} \right)}{N_{0B} \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{t}{T_B}}} \right)} = \frac{N_0 \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{4T_A}{T_A}}} \right)}{N_0 \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{4T_A}{2T_A}}} \right)} = \frac{\left(1 - \frac{1}{2^4} \right)}{\left(1 - \frac{1}{2^2} \right)} = \frac{5}{4}$$

Chọn đáp án B

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Phản ứng phân rã của Urani có dạng: ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + x\alpha + y\beta^-$

Chu kỳ bán rã của ${}^{238}_{92}\text{U}$ là $T = 4,5 \cdot 10^9$ năm. Lúc đầu có 1g ${}^{238}_{92}\text{U}$ nguyên chất. Số hạt nhân ${}^{238}_{92}\text{U}$ bị phân rã sau 1 năm là bao nhiêu? Coi $e^{-\lambda t} \approx -\lambda t$.

- A. $\Delta N = 2,53 \cdot 10^{21}$ nguyên tử B. $\Delta N = 4,12 \cdot 10^{21}$ nguyên tử
C. $\Delta N = 6,2 \cdot 10^{22}$ nguyên tử D. $\Delta N = 3,4 \cdot 10^{23}$ nguyên tử

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\begin{aligned} \Delta N &= N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}) \approx N_0(1 - \lambda t) \\ \text{Từ } N_0 &= \frac{m_0 N_A}{A} \\ \Rightarrow \Delta N &= \frac{m_0 N_A (1 - \lambda t)}{A} = \frac{m_0 N_A (1 - \frac{\ln 2}{T} t)}{A} \\ &= \frac{1,6,022 \cdot 10^{23} (1 - \frac{\ln 2}{4,5 \cdot 10^9} \cdot 1)}{238} = 2,53 \cdot 10^{21} \end{aligned}$$

Chọn A

Câu 2: Một chất phóng xạ có chu kỳ bán rã T. Sau thời gian $t = 3T$ kể từ thời điểm ban đầu, tỉ số giữa số hạt nhân bị phân rã thành hạt nhân của nguyên tố khác với số hạt nhân của chất phóng xạ còn lại

- A. 7 B. 3 C. $\frac{1}{3}$ D. $\frac{1}{7}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Thời gian phân rã $t = 3T$

$$\text{Số hạt nhân còn lại: } N = \frac{N_0}{2^3} = \frac{1}{8} \Rightarrow \Delta N = N_0 - N = \frac{7}{8} \Rightarrow \frac{\Delta N}{N} = 7$$

Chọn A

Câu 3: Coban $^{60}_{27}\text{Co}$ là đồng vị phóng xạ phát ra tia β^- và γ với chu kỳ bán rã $T = 71,3$ ngày.

Có bao nhiêu hạt β^- được giải phóng sau 1h từ 1g chất Co tinh khiết? biết $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- A. $\Delta N' = 3,43 \cdot 10^{19}$ nguyên tử B. $\Delta N' = 5,23 \cdot 10^{20}$ nguyên tử
C. $\Delta N = 4,06 \cdot 10^{18}$ nguyên tử D. $\Delta N = 2,13 \cdot 10^{18}$ nguyên tử

Phân tích và hướng dẫn giải

Số hạt β^- được giải phóng sau 1h từ 1g chất Co tinh khiết

$$\text{Số hạt Co ban đầu có trong 1g là } N_0 = \frac{m_0}{A} N_A$$

Số hạt nhân β^- sinh ra bằng số hạt Co tạo thành

$$\Delta N' = \Delta N_{Co} = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) = \frac{m_0}{A} N_A (1 - e^{-\lambda t})$$

$$= \frac{1}{60} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{71,3} \cdot 30} \right) = 4,06 \cdot 10^{18}$$

Chọn C

Câu 4: Ban đầu có một lượng chất phóng xạ nguyên chất của nguyên tố X, có chu kỳ bán rã T. Sau thời gian $t = 3T$, tỉ số giữa số hạt nhân chất phóng xạ X phân rã thành hạt nhân của nguyên tố khác và số hạt nhân còn lại của chất phóng xạ X bằng

- A. 8 B. 7 C. $\frac{1}{7}$ D. $\frac{1}{8}$

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{Vì tỉ số } \frac{t}{T} = \frac{3T}{T} = 3 \in \mathbb{N} \text{ nên ta có } \frac{\Delta N}{N} = \frac{N_0 - N}{N} = \frac{N_0}{N} - 1 = 2^3 - 1 = 7$$

Chọn B

Câu 5: Radian có chu kỳ bán rã là 20 phút. Một mẫu Radian có khối lượng là 2g. Sau 1h40 phút, lượng chất đã phân rã là

- A. 1,9375 g B. 0,0625 g
C. 1,25 g D. một đáp án khác

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{Khối lượng đã phân rã } \Delta m = m_0 (1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = 1,9375 \text{ g}$$

Chọn A

Câu 6: Trong khoảng thời gian 4 giờ, 75% số hạt nhân của một đồng vị phóng xạ bị phân rã. Chu kỳ của đồng vị đó bằng

- A. 1 giờ B. 3 giờ C. 2 giờ D. 4 giờ

Phân tích và hướng dẫn giải

Cách 1:

$$\text{Theo giả thiết ta có } \frac{\Delta N}{N_0} = 75\% = 0,75 = \frac{3}{4} \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác } \frac{\Delta N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} = 1 - \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) vào (2) ta được } 1 - \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{t}{T} = 2 \Rightarrow T = \frac{t}{2} = 2 \text{ giờ}$$

Cách 2: 75% số hạt nhân của một đồng vị phóng xạ bị phân rã tức là chỉ còn 25% số hạt nhân còn lại

$$\text{Vậy } \frac{N}{N_0} = \frac{1}{4} = 0,25\% = \frac{1}{4} \Rightarrow T = \frac{t}{2} = 2 \text{ giờ}$$

Chọn D

Câu 7: Chất phóng xạ $^{230}_{90}\text{Th}$ phát tia α và biến đổi thành $^{226}_{88}\text{Ra}$ với chu kỳ bán rã của $^{230}_{90}\text{Th}$ là T . Ban đầu ($t=0$) có một mẫu Thori nguyên chất. Tại thời điểm $t = 6T$, tỉ số giữa hạt nhân Thori và số hạt nhân Radium trong mẫu là

- A. $\frac{1}{16}$. B. $\frac{1}{63}$. C. 16. D. 63.

Phân tích và hướng dẫn giải

Số hạt Th tại thời điểm $t = 6T$

$$N_{\text{Th}} = N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{N_0}{2^6} = \frac{N_0}{64}$$

Số hạt Ra tại thời điểm $t = 6T$ chính là số hạt Th bị phân rã

$$N_{\text{Ra}} = \Delta N = N_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}}\right) = N_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{2^6}\right) = \frac{63}{64} N_0$$

Suy ra tỉ số giữa Th và Ra là: $\frac{N_{\text{Th}}}{N_{\text{Ra}}} = \frac{\frac{N_0}{64}}{\frac{63N_0}{64}} = \frac{1}{63}$

Chọn B

Câu 8: Một dòng các neutron có động năng 0,0327eV. Biết khối lượng của các neutron là $1,675 \cdot 10^{-27}\text{kg}$. Nếu chu kỳ bán rã của neutron là 646s thì đến khi chúng đi được hết quãng đường 10m, tỉ phần các neutron bị phân rã là:

- A. $10^{-5}\%$ B. $4,29 \cdot 10^{-4}\%$ C. $4,29 \cdot 10^{-6}\%$ D. $10^{-7}\%$

Phân tích và hướng dẫn giải

* Vận tốc của neutron: $v = \sqrt{\frac{2K_n}{m_n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0327 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,675 \cdot 10^{-27}}} = 2499,533(\text{m/s})$

* Thời gian chuyển động của neutron: $t = \frac{s}{v} = \frac{10}{2499,533} = 4 \cdot 10^{-3}(\text{s}) = 4(\text{ms})$

* Tỉ phần neutron bị phân rã: $\frac{\Delta N}{N} = 1 - 2^{-\frac{t}{T}} = 1 - 2^{-\frac{4 \cdot 10^{-3}}{646}} = 4,29 \cdot 10^{-4}\%$

Chọn B

Dạng 3. XÁC ĐỊNH KHỐI LƯỢNG CỦA HẠT NHÂN CON**PHƯƠNG PHÁP**

Cho phân rã: ${}^A_1X \rightarrow {}^A_2Y + \text{tia phóng xạ}$. Biết m_0 , T của hạt nhân mẹ.

Ta có: 1 hạt nhân mẹ phân rã thì sẽ có 1 hạt nhân con tạo thành.

Do đó: $\Delta N_x (\text{phóng xạ}) = N_y (\text{tạo thành})$

Khối lượng chất tạo thành là $m_Y = \frac{\Delta m_X \cdot A_2}{A_1}$

Tổng quát: $m_{\text{con}} = \frac{\Delta m_{\text{me}}}{A_{\text{me}}} \cdot A_{\text{con}}$

Lưu ý: trong phân rã β : khối lượng hạt nhân con hình thành bằng khối lượng hạt nhân mẹ bị phân rã.

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Đồng vị ${}^{24}_{11}\text{Na}$ là chất phóng xạ β^- tạo thành hạt nhân magiê ${}^{24}_{12}\text{Mg}$. Ban đầu có 12gam Na và chu kỳ bán rã là 15 giờ. Sau 45 h thì khối lượng Mg tạo thành là:

- A. 10,5g B. 5,16g C. 51,6g D. 0,516g

Phân tích và hướng dẫn giải

Nhận xét: $t = 3.T$ nên ta dùng hàm mũ 2 để giải cho nhanh bài toán:

- Khối lượng Na bị phân rã sau $t = 45 \text{ h} = 3T$:

$$\Delta m = m_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = 12 \left(1 - 2^{-\frac{1}{3}}\right) \Leftrightarrow \Delta m = 10,5 \text{ g.}$$

Áp dụng công thức tính khối lượng chất tạo thành: $m_{\text{con}} = \frac{\Delta m_{\text{me}} \cdot A_{\text{con}}}{A_{\text{me}}}$

Suy ra khối lượng của Mg tạo thành:

$$\Leftrightarrow m_{\text{Mg}} = \frac{\Delta m_{\text{Na}} \cdot A_{\text{Mg}}}{A_{\text{Na}}} = \frac{10,5}{24} \cdot 24 = 10,5 \text{ gam} \Rightarrow \text{Chọn đáp án A}$$

Lưu ý: Trường hợp phóng xạ β^+ , β^- thì $A_{\text{con}} = A_{\text{me}} \Rightarrow m_{\text{con}} = \Delta m$

Ví dụ 2: Chất phóng xạ Poloni ${}^{210}_{84}\text{Po}$ có chu kỳ bán rã $T = 138$ ngày phóng ra tia α và biến thành đồng vị chì ${}^{206}_{82}\text{Pb}$, ban đầu có 0,168g Poloni. Khối lượng chì hình thành trong 414 ngày đêm là

- A. 0,144g B. 0,147g C. 2,121g D. 0,516g

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo bài ra ta có: $t = 414 \text{ ngày} = 3T$

Khối lượng ${}^{210}_{84}\text{Po}$ bị phân rã sau 3 chu kỳ:

$$\Delta m = m_0 - m = m_0 - \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} = m_0 - \frac{m_0}{2^3} = \frac{7}{8}m_0 = \frac{7}{8} \cdot 0,168 = 0,147g$$

Áp dụng công thức tính khối lượng chất tạo thành: $m_{\text{con}} = \frac{\Delta m_{\text{me}} \cdot A_{\text{con}}}{A_{\text{me}}}$

Khối lượng chì hình thành trong 414 ngày đêm:

$$\Leftrightarrow m_{\text{Pb}} = \frac{\Delta m_{\text{Po}} \cdot A_{\text{Pb}}}{A_{\text{Po}}} = \frac{0,147}{210} \cdot 206 = 0,144g \Rightarrow \text{Chọn A}$$

Lưu ý: Trường hợp phóng xạ α thì $A_{\text{con}} < A_{\text{me}} \Rightarrow m_{\text{con}} < \Delta m$

Ví dụ 3: Hạt nhân $^{224}_{88}\text{Ra}$ phóng ra một hạt α , một photon γ và tạo thành $^{220}_{86}\text{Rn}$. Một nguồn phóng xạ $^{224}_{88}\text{Ra}$ có khối lượng ban đầu m_0 sau 14,8 ngày khối lượng của nguồn còn lại là 2,24g. Khối lượng Ra bị phân rã và khối lượng hạt nhân mới tạo thành? Biết chu kỳ bán rã của hạt nhân $^{224}_{88}\text{Ra}$ là $T = 3,7$ ngày và số Avogadro $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- A. $\Delta m_{\text{Ra}} = 33g$ và $m_{\text{Rn}} = 33g$ B. $\Delta m_{\text{Ra}} = 33,6g$ và $m_{\text{Rn}} = 33g$
C. $\Delta m_{\text{Ra}} = 33,6g$ và $m_{\text{Rn}} = 33,6g$ D. $\Delta m_{\text{Ra}} = 33g$ và $m_{\text{Rn}} = 33,6g$

Phân tích và hướng dẫn giải

Phương trình phản ứng: $^{224}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\alpha + \gamma + ^{220}_{86}\text{Rn}$

Theo bài ra ta có: $t = 14,8 \text{ ngày} = 4T$

Khối lượng của nguồn lúc đầu m_0 :

$$m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} \Rightarrow m_0 = m \cdot 2^{\frac{t}{T}} = 2,24 \cdot 2^{\frac{4T}{T}} = 2,24 \cdot 2^4 = 35,84g$$

- Khối lượng Ra đi bị phân rã: $\Delta m = m_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}}) = 35,84 \cdot (1 - 2^{-4}) = 33,6g$
- Khối lượng hạt nhân mới tạo thành: $m_{\text{Rn}} = \frac{\Delta m_{\text{Ra}}}{A_{\text{Ra}}} \cdot A_{\text{Rn}} = \frac{33,6}{224} \cdot 220 = 33g$

Vì thế chọn B

Ngoài ra ta có thể tính theo số hạt nhân Rn tạo thành

Số hạt nhân Rn tạo thành chính là số hạt nhân Ra đã phân rã vì thế ta có

$$N_{\text{Rn}} = \Delta N_{\text{Ra}} = \Delta N = \frac{\Delta m \cdot N_A}{A_{\text{Ra}}} = \frac{33,6 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{224} = 9,033 \cdot 10^{22}$$

- Khối lượng hạt nhân Rn (mới) tạo thành:

$$m_{\text{Rn}} = \frac{A_{\text{Rn}} \cdot N_{\text{Rn}}}{N_A} = \frac{220 \cdot 9,033 \cdot 10^{22}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 33g$$

Nhận xét: Ta thấy khối lượng của Ra bị phân rã lớn hơn khối lượng hạt nhân mới tạo thành. Điều này có nghĩa rằng: khối lượng Ra bị phân rã, phần lớn chuyển sang cho hạt nhân con và phần còn lại rất nhỏ chuyển sang cho tia phóng xạ α .

Tóm lại: $m_{\text{con}} \leq \Delta m$

+ $m_{\text{con}} < \Delta m$ đúng cho phóng xạ α

+ $m_{\text{con}} = \Delta m$ đúng cho phóng xạ β^+ và β^-

Ví dụ 4: Hạt nhân ${}_{Z_1}^{A_1}X$ phóng xạ và biến thành một hạt nhân ${}_{Z_2}^{A_2}Y$ bền.

Coi khối lượng của hạt nhân X, Y bằng số khối của chúng tính theo đơn vị u. Biết chất phóng xạ ${}_{Z_2}^{A_2}Y$, có chu kỳ bán rã là T. Ban đầu có một khối lượng chất ${}_{Z_1}^{A_1}X$, sau 2 chu kỳ bán rã thì tỉ số giữa khối lượng của chất Y và khối lượng của chất X là.

A. $4 \frac{A_1}{A_2}$

B. $4 \frac{A_2}{A_1}$

C. $3 \frac{A_2}{A_1}$

D. $3 \frac{A_1}{A_2}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Nhận xét: X là hạt nhân mẹ, Y là hạt nhân con

Số hạt nhân X còn lại sau 2 chu kỳ là: $N_X = N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{N_0}{2^{\frac{2T}{T}}} = \frac{N_0}{4}$

Khối lượng hạt nhân X còn lại sau hai chu kỳ là:

$$m_X = \frac{N_X \cdot A_X}{N_A} = \frac{N_X \cdot A_1}{N_A} = \frac{N_0 \cdot A_1}{4N_A}$$

Số hạt nhân Y tạo thành sau 2 chu kỳ là:

$$N_Y = \Delta N = N_0 - \frac{N_0}{4} = N_0 - \frac{N_0}{4} = \frac{3N_0}{4}$$

Khối lượng hạt nhân Y tạo thành sau 2 chu kỳ là:

$$m_Y = \frac{N_Y \cdot A_Y}{N_A} = \frac{N_Y \cdot A_2}{N_A} = \frac{3N_0 \cdot A_2}{4N_A}$$

Tỉ số khối lượng của chất Y so với chất X sau 2 chu kỳ

$$\frac{m_Y}{m_X} = \frac{\frac{3N_0 \cdot A_2}{4N_A}}{\frac{N_0 \cdot A_1}{4N_A}} = 3 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

Chọn D

Chú ý: Ta có thể làm nhanh như sau:

$$\frac{m_Y}{m_X} = \frac{\frac{N_Y}{N_A} A_2}{\frac{N_X}{N_A} A_1} = \frac{N_Y \cdot A_2}{N_X \cdot A_1} = \frac{N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) A_2}{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} A_1} = 3 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

📖 BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ là chất phóng xạ, phát ra hạt α và chuyển thành hạt nhân chì. Chu kỳ bán rã của $^{210}_{84}\text{Po}$ là 138 ngày. Một phòng thí nghiệm nhận được một mẫu $^{210}_{84}\text{Po}$ nguyên chất, sau thời gian t thì thấy tỉ lệ giữa khối lượng chì và khối lượng $^{210}_{84}\text{Po}$ là 0,5. Giá trị của t là

A. 164 ngày. B. 82 ngày. C. 276 ngày. D. 148 ngày.

Phân tích và hướng dẫn giải

Phản ứng: $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow \frac{4}{2}\alpha + ^{206}_{82}\text{Pb}$.

Số hạt nhân chì được tạo ra bằng số hạt nhân Po bị phân rã.

Theo đề bài ta có:

$$\begin{aligned} \frac{m_{\text{Pb}}}{m_{\text{Po}}} &= \frac{N_{\text{Pb}} \cdot A_{\text{Pb}}}{N_{\text{Po}} \cdot A_{\text{Po}}} = \frac{\Delta N \cdot A_{\text{Pb}}}{N \cdot A_{\text{Po}}} = \frac{N_0 (1 - e^{-\lambda t}) \cdot 206}{N_0 e^{-\lambda t} \cdot 210} = 0,5 \\ \Leftrightarrow e^{\lambda t} - 1 &= \frac{210 \cdot 0,5}{206} = \frac{105}{206} \Leftrightarrow e^{\lambda t} = \frac{311}{206} \Leftrightarrow \lambda t = \ln\left(\frac{311}{206}\right) \\ \Rightarrow t &= \frac{\ln\left(\frac{311}{206}\right)}{\lambda} = \frac{\ln\left(\frac{311}{206}\right)}{\frac{\ln 2}{T}} = \frac{\ln\left(\frac{311}{206}\right)}{\ln 2} \cdot T = \frac{\ln\left(\frac{311}{206}\right)}{\ln 2} \cdot 138 = 82 \text{ ngày} \end{aligned}$$

Chọn đáp án B

Câu 2: Urani $^{238}_{92}\text{U}$ phóng xạ α với chu kỳ bán rã là $T = 4,5 \cdot 10^9$ năm và tạo thành Thôri $^{234}_{90}\text{Th}$. Ban đầu có 23,8g urani. Tỉ số khối lượng U238 và Th234 sau $9 \cdot 10^9$ năm là

- A. $\frac{119}{351}$. B. $\frac{119}{117}$. C. $\frac{1}{3}$. D. $\frac{295}{100}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Ta có: $t = 9 \cdot 10^9 \text{ năm} = 2T$

Khối lượng U còn lại sau 2 chu kỳ: $m_U = m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{23,8}{2^2} = 5,95\text{g}$

Khối lượng U đã phân rã sau 2 chu kỳ:

$$\Delta m = m_0 - m = 23,8 - 5,95 = 17,85\text{g}$$

Khối lượng Th tạo thành sau 2 chu kỳ: $m_{Th} = \frac{\Delta m \cdot A_{Th}}{A_U} = \frac{17,85 \cdot 234}{238} = 17,55g$

Tỉ số khối lượng U238 và Th234 sau $9 \cdot 10^9$ năm (2T) là $\frac{m_U}{m_{Th}} = \frac{5,95}{17,55} = \frac{119}{351}$

Vậy chọn đáp án A

Ta có thể tính nhanh như sau

Số hạt U238 ban đầu: $N_0 = \frac{m_0}{A_U} \cdot N_A = \frac{23,8}{238} \cdot N_A = 6,023 \cdot 10^{22}$

$$\frac{m_U}{m_{Th}} = \frac{m}{\frac{\Delta N}{N_A} \cdot A_{Th}} = \frac{m_0 \cdot 2^{\frac{t}{T}}}{N_0 \left(1 - 2^{\frac{t}{T}}\right) \cdot A_{Th}} = \frac{23,8 \cdot 2^{\frac{2T}{T}}}{6,022 \cdot 10^{22} \left(1 - 2^{\frac{2T}{T}}\right)} = \frac{119}{351}$$

Câu 3: Hạt nhân ${}_{Z_1}^{A_1}X$ phân rã và trở thành hạt nhân ${}_{Z_2}^{A_2}Y$ bền. Coi khối lượng hai hạt nhân đó bằng số khối của chúng tính theo đơn vị u. Lúc đầu mẫu ${}_{Z_1}^{A_1}X$ là nguyên chất. Biết chu kì phóng xạ của ${}_{Z_1}^{A_1}X$ là T (ngày). Ở thời điểm $t_1 = T + 14$ (ngày) tỉ số khối lượng của ${}_{Z_1}^{A_1}X$ và ${}_{Z_2}^{A_2}Y$ là $A_1/7A_2$, đến thời điểm $t_1 = T + 28$ (ngày) tỉ số khối lượng trên là:

- A. $\frac{A_1}{14A_2}$ B. $\frac{7A_1}{8A_2}$ C. $\frac{A_1}{31A_2}$ D. $\frac{A_1}{32A_2}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Tại thời điểm $T + 14$ (ngày), ta có:

$$\frac{m_X}{m_Y} = \frac{A_1}{7A_2} \Leftrightarrow \frac{N_0 A_1 \cdot 2^{\frac{t}{T}}}{N_0 \left(1 - 2^{\frac{t}{T}}\right) A_2} = \frac{A_1}{7A_2}$$

$$\Leftrightarrow 7 \cdot 2^{\frac{t}{T}} = 1 - 2^{\frac{t}{T}} \Leftrightarrow 2^{\frac{t}{T}} = 2^{-3}$$

$$\frac{t}{T} = 3 \Leftrightarrow t = 3T \Rightarrow T + 14 = 3T \Rightarrow T = 7 \text{ ngày}$$

Tại thời điểm $t_2 = T + 28$ (ngày) = $5T$, ta có:

$$\frac{m'_X}{m'_Y} = \frac{N_0 A_1 \cdot 2^{\frac{t_2}{T}}}{N_0 \left(1 - 2^{\frac{t_2}{T}}\right) A_2} = \frac{N_0 A_1 2^{-5}}{N_0 \left(1 - 2^{-5}\right) A_2} = \frac{A_1 2^{-5}}{A_2 \left(1 - 2^{-5}\right)} = \frac{A_1}{31A_2}$$

Chương 4. XÁC ĐỊNH ĐỘ PHÓNG XẠ

PHƯƠNG PHÁP

Độ phóng xạ H là đại lượng đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của một lượng chất phóng xạ, đo bằng số phân rã trong 1 giây.

$$H = H_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = H_0 \cdot e^{-\lambda t} = \lambda N$$

$H_0 = \lambda N_0$ là độ phóng xạ ban đầu.

Đơn vị: Becquerel (Bq); 1 Bq = 1 phân rã/giây, Curi (Ci): 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq

Lưu ý: Khi tính độ phóng xạ H , H_0 (Bq) thì chu kỳ phóng xạ T phải đổi ra đơn vị giây(s).

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Pôlôni là nguyên tố phóng xạ α , nó phóng ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân con X. Chu kỳ bán rã của Pôlôni là $T = 138$ ngày. Ban đầu có 0,01g. Độ phóng xạ của mẫu phóng xạ sau 3 chu kỳ bán rã là

- A. $H = 3,79 \cdot 10^{11}$ Bq B. $H = 4,09 \cdot 10^{11}$ Bq
C. $H = 2,08 \cdot 10^{11}$ Bq D. $H = 1,59 \cdot 10^{11}$ Bq

Phân tích và hướng dẫn giải

Bài toán tính độ phóng xạ có thể tính theo nhiều cách, các bạn có thể lựa chọn cho mình một cách nhanh nhất. Ở đây tôi xin giới thiệu 3 cách và được trình bày cụ thể như sau:

Cách 1: tính theo số hạt nhân nguyên tử

$$\text{Số hạt Poloni trong 0,01g là: } N_0 = \frac{m_0}{A} \cdot N_A = \frac{0,01}{210} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 2,868 \cdot 10^{19}$$

$$\text{Số hạt Poloni còn lại sau 3 chu kỳ: } N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{2,868 \cdot 10^{19}}{2^{\frac{3T}{T}}} = 3,58 \cdot 10^{18}$$

Độ phóng xạ của mẫu phóng xạ Poloni sau 3 chu kỳ:

$$H = \lambda N = \frac{\ln 2}{T} N = \frac{\ln 2}{138 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} \cdot 3,58 \cdot 10^{18} = 2,08 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$

Cách 2: tính theo khối lượng hạt nhân nguyên tử

Khối lượng hạt nhân Poloni còn lại sau 3 chu kỳ:

$$m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{0,01}{2^{\frac{3T}{T}}} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

Độ phóng xạ của mẫu phóng xạ Poloni sau 3 chu kỳ:

$$H = \lambda N = \frac{\ln 2}{T} \cdot \frac{m N_A}{A} = \frac{\ln 2}{138.24.60.60} \cdot \frac{1.25.10^{-3} \cdot 6.022.10^{23}}{210} = 2.08.10^{11} \text{ Bq}$$

Cách 3: tính theo độ phóng xạ ban đầu

Độ phóng xạ ban đầu:

$$H_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{138.24.60.60} \cdot 2.868.10^{19} = 1.667.10^{12} \text{ Bq}$$

Độ phóng xạ của mẫu phóng xạ Poloni sau 3 chu kỳ:

$$H = H_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = 1.667.10^{12} \cdot 2^{-3} = 2.08.10^{11} \text{ Bq}$$

Chọn đáp án C

Chú ý: khi tính độ phóng xạ, một yêu cầu nghiêm ngặt mà các bạn luôn nhớ là: đơn vị của chu kỳ bán rã phải tính theo giây (s).

Ví dụ 2: $^{200}_{79}\text{Au}$ là chất phóng xạ. Biết độ phóng xạ của 3.10^{-9}kg chất đó là 58,9Ci. Hỏi sau bao lâu lượng chất phóng xạ giảm đi 100lần.

A. 3,5h

B. 4,5h

C. 5,3h

D. 5,8h

Phân tích và hướng dẫn giải

Trong các bài toán liên quan đến phóng xạ hạt nhân, thời gian phóng xạ và chu kỳ bán rã luôn đi cùng nhau trong các công thức của định luật phóng xạ. Vì thế muốn tính thời gian phóng xạ, ta cần xác định chu kỳ bán rã và ngược lại.

Trước tiên cần chuyển các đơn vị để phù hợp với công thức tính độ phóng xạ

$$m = 3.10^{-9} \text{ kg} = 3.10^{-6} \text{ g}$$

$$H = 58,9\text{Ci} = 58,9 \cdot 3,7.10^{10} = 2,1793.10^{12} \text{ Bq}$$

Xác định chu kỳ bán rã:

$$H = \lambda \frac{m N_A}{A} = \frac{0,693 \cdot m \cdot N_A}{T \cdot A}$$

$$\Rightarrow T = \frac{0,693 \cdot m \cdot N_A}{H \cdot A} = \frac{0,693 \cdot 3.10^{-6} \cdot 6,022.10^{23}}{2,1793.10^{12} \cdot 200} = 2872,4 \text{ s}$$

$$\text{Theo bài ra: } \frac{m_0}{m} = e^{\lambda t} = 100 \Rightarrow \frac{0,693 \cdot t}{T} = 2 \ln 10$$

$$\Rightarrow t = \frac{2T \ln 10}{\ln 2} = \frac{2 \cdot 2872,4 \cdot \ln 10}{\ln 2} = 19083,8 \text{ s} = 5,3 \text{ h. Chọn đáp án C}$$

Ví dụ 3: Một lượng chất phóng xạ Radon (^{222}Rn) có khối lượng ban đầu là $m_0 = 1\text{mg}$. Sau 15,2 ngày thì độ phóng xạ của nó giảm 93,75%. Tính chu kỳ bán rã và độ phóng xạ của lượng chất phóng xạ còn lại.

A. $T = 3,8$ ngày và $H = 3,579.10^{11} \text{ Bq}$

B. $T = 3,6$ ngày và $H = 3,579 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$

C. $T = 3,8$ ngày và $H = 4,342 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

D. $T = 3,6$ ngày và $H = 4,342 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Từ giả thiết bài cho ta có: $1 - \frac{H}{H_0} = 93,75\% \Leftrightarrow 1 - \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = 0,9375 \Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = 16 = 2^4$

$\Rightarrow \frac{t}{T} = 4 \Rightarrow T = \frac{t}{4} = 3,8$ ngày

Số chu kỳ bán rã: $k = \frac{t}{T} = \frac{15,2}{3,8} = 4$

Số hạt nhân ban đầu: $N_0 = \frac{m_0 N_A}{A} = \frac{10^{-3} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{222} = 2,713 \cdot 10^{18}$

Số hạt còn lại sau 4 chu kỳ: $N = \frac{N_0}{2^k} = \frac{2,713 \cdot 10^{18}}{2^4} = 1,695 \cdot 10^{17}$

Độ phóng xạ sau 4 chu kỳ:

$$H = \lambda N = \frac{\ln 2}{T} \cdot N = \frac{\ln 2}{3,8 \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 1,695 \cdot 10^{17} = 3,579 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$

Chọn A

Ví dụ 4: Pôlôni là nguyên tố phóng xạ α và biến đổi thành hạt nhân chì.

Chu kỳ bán rã của Poloni là $T = 138$ ngày. Ban đầu mẫu Poloni có độ phóng xạ $H_0 = 1,67 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$. Biết khối lượng các hạt lần lượt là $m_{\text{Po}} = 209,9828 \text{ u}$; $m_{\alpha} = 4,0026 \text{ u}$; $m_{\text{Pb}} = 205,9744 \text{ u}$, cho $1 \text{ u} \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$.

Năng lượng tỏa ra khi chất phóng xạ trên phân rã hết là.

A. $2,47 \text{ kJ}$

B. $2,47 \text{ MJ}$

C. $2,47 \text{ J}$

D. $2,47 \text{ MeV}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Khối lượng của chất phóng xạ ứng với độ phóng xạ H_0

$$H_0 = \lambda \frac{m_0 N_A}{A} = \frac{0,693 \cdot m_0 \cdot N_A}{T \cdot A}$$

$$\Rightarrow m_0 = \frac{H_0 T A}{0,693 \cdot N_A} = \frac{1,67 \cdot 10^{11} \cdot 138 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 210}{0,693 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}} = 10^{-3} \text{ g} = 1 \text{ mg}$$

Năng lượng tỏa ra do một phân rã là: $\Delta E = (m_{\text{Po}} - m_{\alpha} - m_{\text{Pb}}) c^2$

$$= (209,9828 - 4,0026 - 205,9744) \text{ u} \cdot c^2 = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot 931,5 = 5,4 \text{ MeV}$$

Số hạt nhân trong $m_0 = 1 \text{ mg}$ là:

$$N_0 = N_0 = \frac{m_0 N_A}{A} = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-3}}{210} = 2,867 \cdot 10^{18}$$

Năng lượng tỏa ra khi phân rã N_0 hạt là:

$$E = N_0 \Delta E = 2,867 \cdot 10^{18} \cdot 5,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 2,47 \cdot 10^6 \text{ J} = 2,47 \text{ MJ}$$

Chọn B

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Pôlôni có chu kỳ bán rã là $T = 138$ ngày. Giả sử khối lượng ban đầu $m_0 = 1\text{g}$ thì độ phóng xạ lúc này là bao nhiêu? Cho $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ nguyên tử/mol

- A. $1,667 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ B. $1,337 \cdot 10^9 \text{ Bq}$ C. $1,447 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$ D. $1,557 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{Tính } H_0: H_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{T} \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{T} \cdot \frac{m_0}{A} \cdot N_A = \frac{\ln 2}{138 \cdot 24 \cdot 3600} \cdot \frac{1}{210} \cdot 6,023 \cdot 10^{23}$$

$$H_0 = 1,667 \cdot 10^{14} \text{ Bq. Chọn đáp án A}$$

Câu 2: Một chất phóng xạ có chu kỳ bán rã là 3,8 ngày. Sau thời gian 11,4 ngày thì độ phóng xạ (hoạt độ phóng xạ) của lượng chất phóng xạ còn lại bằng bao nhiêu phần trăm so với độ phóng xạ của lượng chất phóng xạ ban đầu?

- A. 25%. B. 75%. C. 12,5%. D. 87,5%.

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{Số chu kỳ bán rã: } k = \frac{t}{T} = \frac{11,4}{3,8} = 3$$

$$\text{nên ta có } \frac{H}{H_0} = \frac{1}{2^k} = \frac{1}{2^3} = \frac{1}{8} = 0,125 = 12,5\%. \text{ Chọn C}$$

Câu 3: Ở thời điểm t_1 một chất có độ phóng xạ $H_1 = 10^5 \text{ bq}$. Ở thời điểm t_2 độ phóng xạ của chất đó là $H_2 = 8 \cdot 10^4 \text{ Bq}$. Chu kỳ bán của mẫu chất đó là $T = 6,93$ ngày. Số hạt nhân của mẫu chất đó bị phân rã trong khoảng thời gian $t_2 - t_1$ là

- A. $1,378 \cdot 10^{12}$ hạt B. $1,728 \cdot 10^{10}$ hạt C. $1,332 \cdot 10^{10}$ hạt D. $1,728 \cdot 10^{12}$ hạt

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{Ta có } H_1 = \frac{0,693}{T} \cdot N_1 \Rightarrow N_1 = H_1 \cdot \frac{T}{0,693} \text{ tương tự } N_2 = H_2 \cdot \frac{T}{0,693}$$

Số hạt nhân của mẫu chất đó bị phân rã trong khoảng thời gian $t_2 - t_1$ là

$$N_{12} = N_1 - N_2 = (H_1 - H_2) \cdot \frac{T}{0,693} = 1,728 \cdot 10^{10}. \text{ Chọn B}$$

Câu 4: Lấy chu kì bán rã của pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ là 138 ngày và $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Độ phóng xạ của 42mg pôlôni là.

- A. $7 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ B. $7 \cdot 10^9 \text{ Bq}$ C. $7 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$ D. $7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Phân tích và hướng dẫn giải

$$H_0 = \lambda N_0 = \lambda \cdot \frac{m_0 \cdot N_A}{A} = \frac{\ln 2 \cdot m_0 \cdot N_A}{T \cdot A} = \frac{\ln 2 \cdot 42 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{138 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 210} = 6,99 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$$

Chọn đáp án A

Đạng 5. XÁC ĐỊNH CHU KỲ BÁN RÃ T

PHƯƠNG PHÁP

*** Cho m & m_0 (hoặc N & N_0) hay H & H_0 :**

Biết sau thời gian t thì mẫu vật có tỉ lệ m/m_0 (hay N/N_0).

Tìm chu kỳ bán rã T của mẫu vật ?

$$\text{Nếu } \frac{m}{m_0} = \frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^k} \text{ (với } k \in \mathbb{N}^+) \Rightarrow k = \frac{t}{T} \Rightarrow T = \frac{t}{n}$$

Nếu tỉ số: $\frac{m}{m_0} = \frac{N}{N_0}$ không đẹp thì:

$$m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \Leftrightarrow 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{m}{m_0} \Rightarrow -\frac{t}{T} = \log_2 \left(\frac{m}{m_0} \right) \Rightarrow T$$

Tương tự cho số nguyên tử :

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \Leftrightarrow 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{N}{N_0} \Rightarrow -\frac{t}{T} = \log_2 \left(\frac{N}{N_0} \right) \Rightarrow T$$

*** Dùng máy đo xung phóng xạ để xác định chu kì bán rã**

Một mẫu vật chất chứa phóng xạ. Tại thời điểm t_1 máy đo được H_1 xung phóng xạ và sau đó 1 khoảng Δt tại t_2 đo được H_2 xung phóng xạ. Tìm chu kỳ bán rã của đồng vị phóng xạ đó là ?

Chọn thời điểm ban đầu tại t_1 . Khi đó : $t_0 = t_1$ có $H_0 = H_1$ và $t = t_2$ có $H = H_2$.

Suy ra được:

$$H = H_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \Leftrightarrow e^{-\lambda \cdot t} = \frac{H}{H_0} \Leftrightarrow \boxed{T = \frac{-t \cdot \ln 2}{\ln \left(\frac{H}{H_0} \right)}}$$

$$\text{Hoặc } H = H_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \Leftrightarrow 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{H}{H_0} \Leftrightarrow -\frac{t}{T} = \log_2 \left(\frac{H}{H_0} \right)$$

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một lượng chất phóng xạ sau 12 năm thì còn lại $\frac{1}{16}$ khối lượng ban đầu của nó. Chu kì bán rã của chất đó là

A. 3 năm B. 4,5 năm C. 9 năm D. 48 năm

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo giả thiết đề cho ta có:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^k} = \frac{1}{16} = \frac{1}{2^4} \Rightarrow k = \frac{t}{T} \Rightarrow T = \frac{t}{k} = \frac{12}{4} = 3 \text{ năm}$$

Chọn đáp án A

Ví dụ 2: Sau khoảng thời gian 1 ngày đêm 87,5% khối lượng ban đầu của một chất phóng xạ bị phân rã thành chất khác. Chu kì bán rã của chất phóng xạ đó là

A. 12 giờ. B. 8 giờ. C. 6 giờ. D. 4 giờ.

Phân tích và hướng dẫn giải

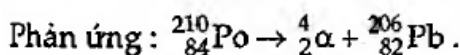
Ta có: $\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{87,5}{100} = \frac{7}{8} \Rightarrow \Delta m = \frac{7m_0}{8} \Rightarrow m = \frac{m_0}{8} = \frac{1}{2^3}$

Hay $\frac{t}{T} = 3 \Rightarrow T = \frac{t}{3} = \frac{24}{3} = 8\text{h}$. Chọn đáp án B

Ví dụ 3: Hạt nhân Pôlôni là chất phóng xạ α , sau khi phóng xạ nó trở thành hạt nhân chì bền. Dùng một mẫu Po nào đó, sau 30 ngày, người ta thấy tỉ số khối lượng của chì và Po trong mẫu bằng 0,1595. Tính chu kỳ bán rã của Po

A. 128 ngày B. 153 ngày C. 138 ngày D. 44 ngày

Phân tích và hướng dẫn giải



Số hạt nhân chì được tạo ra bằng số hạt nhân Po bị phân rã.

Theo đề bài ta có:

$$\frac{m_{\text{Pb}}}{m_{\text{Po}}} = \frac{N_{\text{Pb}} \cdot A_{\text{Pb}}}{N_{\text{Po}} \cdot A_{\text{Po}}} = \frac{\Delta N \cdot A_{\text{Pb}}}{N \cdot A_{\text{Po}}} = \frac{N_0 (1 - e^{-\lambda t}) \cdot 206}{N_0 e^{-\lambda t} \cdot 210} = 0,1595$$

$$\Leftrightarrow e^{\lambda t} - 1 = \frac{210 \cdot 0,1595}{206} = 0,1626 \Leftrightarrow e^{\lambda t} = 1,1626 \Leftrightarrow \lambda t = \ln(1,1626)$$

$$\Leftrightarrow \frac{\ln 2}{T} t = \ln(1,1626) \Rightarrow T = \frac{30 \cdot \ln 2}{\ln(1,1626)} = 138 \text{ ngày.}$$

Chọn C

Ví dụ 4: Đồng vị $^{210}_{84}\text{Po}$ phóng xạ α tạo thành chì $^{206}_{82}\text{Pb}$. Ban đầu một mẫu chất Po210 có khối lượng là 1mg. Tại t thời điểm t_1 tỉ lệ giữa số hạt nhân Pb và số hạt nhân Po trong mẫu là 7 : 1

Tại t thời điểm $t_2 = t_1 + 414$ ngày thì tỉ lệ đó là 63:1.

Tính chu kỳ bán rã của Po210

A. 138 ngày

B. 183 ngày

C. 414 ngày

D. một kết quả khác

Phân tích và hướng dẫn giải

Tại t_1 , số hạt Po còn lại $N_1 = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_1}$

Số hạt Pb tạo thành bằng số hạt Po phân rã $N_2 = N_0 - N_1 = N_0(1 - e^{-\lambda \cdot t_1})$

$$\text{Theo giả thiết } \frac{N_2}{N_1} = 7 = \frac{(1 - e^{-\lambda \cdot t_1})}{e^{-\lambda \cdot t_1}} \Rightarrow e^{\lambda \cdot t_1} = 8 \quad (1)$$

$$\text{Tương tự ta có tại } t_2 \text{ là: } \frac{N_2'}{N_1'} = 63 = \frac{(1 - e^{-\lambda \cdot t_2})}{e^{-\lambda \cdot t_2}} \Rightarrow e^{\lambda \cdot t_2} = 64 \quad (2)$$

Chia (2) cho (1) ta được

$$e^{\lambda \cdot (t_2 - t_1)} = 8 \Rightarrow \lambda \cdot (t_2 - t_1) = \ln 8 \Rightarrow \frac{\ln 2}{T} \cdot (t_2 - t_1) = \ln 8$$

$$\Rightarrow T = \frac{\ln 2}{\ln 8} \cdot (t_2 - t_1) = \frac{\ln 2}{\ln 8} \cdot 414 = 138 \text{ ngày. Chọn A}$$

Ví dụ 5: Ra²²⁴ là chất phóng xạ α . Lúc đầu ta dùng $m_0 = 1\text{g}$ chất Ra²²⁴ thì sau 7,3 ngày ta thu được $V = 75\text{cm}^3$ khí Heli ở điều kiện tiêu chuẩn. Tính chu kỳ bán rã của Ra²²⁴

A. 38 ngày

B. 1,8 ngày

C. 14 ngày

D. 3,7 ngày

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{Số hạt nhân trong 1g chất Ra: } N_0 = \frac{m_0 N_A}{A} = \frac{1.6,022 \cdot 10^{23}}{224} = 2,69 \cdot 10^{21} \text{ hạt}$$

$$\text{Số mol khí He: } n_{\text{He}} = \frac{V}{22,4} = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{22,4} = 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Số hạt He tạo thành: } N_{\text{He}} = n_{\text{He}} \cdot N_A = 3,35 \cdot 10^{-3} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 2 \cdot 10^{21} \text{ hạt}$$

Số hạt He tạo thành chính là số hạt nhân Ra đã phân rã vì thế ta có

$$N_{\text{He}} = \Delta N = N_0 \left(1 - \frac{1}{2^k} \right) \Leftrightarrow \frac{1}{2^k} = 1 - \frac{\Delta N}{N_0}$$

$$\Leftrightarrow 2^k = \frac{1}{1 - \frac{\Delta N}{N_0}} \Leftrightarrow k = \log_2 \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta N}{N_0}} \right) = \log_2 \left(\frac{1}{1 - \frac{2 \cdot 10^{21}}{2,69 \cdot 10^{21}}} \right) = 1,96 = \frac{t}{T}$$

$$\Rightarrow T = \frac{t}{1,96} = \frac{7,3}{1,96} = 3,7 \text{ ngày. Chọn D}$$

Ví dụ 6: Để đo chu kỳ của một chất phóng xạ người ta cho máy đếm xung bắt đầu đếm từ thời điểm $t_0 = 0$. Đến thời điểm $t_1 = 2$ giờ, máy đếm được n_1 xung, đến thời điểm $t_2 = 3t_1$, máy đếm được n_2 xung, với $n_2 = 2,3n_1$. Xác định chu kỳ bán rã của chất phóng xạ này.

- A. 5,16 giờ B. 10,4 giờ C. 2,16 giờ D. 4,71 giờ

Phân tích và hướng dẫn giải

- Số xung đếm được chính là số hạt nhân bị phân rã: $\Delta N = N_0(1 - e^{-\lambda \cdot t})$

- Tại thời điểm t_1 : $\Delta N_1 = N_0(1 - e^{-\lambda \cdot t_1}) = n_1$

- Tại thời điểm t_2 : $\Delta N_2 = N_0(1 - e^{-\lambda \cdot t_2}) = n_2 = 2,3n_1$

$$1 - e^{-\lambda \cdot t_2} = 2,3(1 - e^{-\lambda \cdot t_1}) \Leftrightarrow 1 - e^{-3\lambda \cdot t_1} = 2,3(1 - e^{-\lambda \cdot t_1})$$

$$\Leftrightarrow 1 + e^{-\lambda \cdot t_1} + e^{-2\lambda \cdot t_1} = 2,3$$

$$\Leftrightarrow e^{-2\lambda \cdot t_1} + e^{-\lambda \cdot t_1} - 1,3 = 0 \Rightarrow e^{-\lambda \cdot t_1} = X > 0$$

$$\Leftrightarrow X^2 + X - 1,3 = 0 \Rightarrow \begin{cases} X = 0,745 \\ X = -1,745 \end{cases}$$

$$\text{Loại nghiệm âm vì thế ta có: } e^{-\lambda \cdot t_1} = X \Leftrightarrow -\lambda \cdot t_1 = \ln X \Leftrightarrow -\frac{\ln 2}{T} \cdot t_1 = \ln X$$

$$\Rightarrow T = -\frac{t_1 \cdot \ln 2}{\ln X} = -\frac{2 \cdot \ln 2}{\ln(0,745)} = 4,71 \text{ h. Chọn D}$$

Ví dụ 7: Silic $^{31}_{14}\text{Si}$ là chất phóng xạ, phát ra hạt β^- và biến thành hạt nhân X. Một mẫu phóng xạ $^{31}_{14}\text{Si}$ ban đầu trong thời gian 5 phút có 190 nguyên tử bị phân rã, nhưng sau 3 giờ cũng trong thời gian 5 phút chỉ có 85 nguyên tử bị phân rã. Hãy xác định chu kỳ bán rã của chất phóng xạ.

- A. 4,26 giờ B. 3,4 giờ C. 2,585 giờ D. 6,31 giờ.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Ban đầu: Trong thời gian 5 phút có 190 nguyên tử bị phân rã

$$\Rightarrow H_0 = 190 \text{ phân rã / 5 phút}$$

- Sau $t = 3$ giờ: Trong thời gian 5 phút có 85 nguyên tử bị phân rã.

$$\Rightarrow H = 85 \text{ phân rã / 5 phút}$$

$$H = H_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow T = \frac{t \ln 2}{\ln \frac{H_0}{H}} = \frac{3 \ln 2}{\ln \frac{190}{85}} = 2,585h. \text{ Chọn C}$$

Ví dụ 8: Nhờ một máy đếm xung người ta có thông tin về một chất phóng xạ X. Ban đầu trong thời gian 2 phút có 3200 nguyên tử của một chất X phóng xạ, nhưng sau 4h (kể từ thời điểm ban đầu, thì trong 2 phút chỉ có 200 nguyên tử phóng xạ. Tìm chu kì của chất phóng xạ này

A. 1h B. 2h C. 3h D. một kết quả khác

Phân tích và hướng dẫn giải

Gọi N_0 là số hạt ban đầu \Rightarrow Số hạt nhân phóng xạ trong thời gian $\Delta t = 2$

$$\text{phút là } \Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{\Delta t}{T}} \right) = 3200 \quad (1)$$

Số hạt nhân còn lại sau 4h là $N_1 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$

\Rightarrow Sau thời gian 4h số hạt nhân phóng xạ trong thời gian $\Delta t = 2$ phút là:

$$\Delta N_1 = N_1 \left(1 - 2^{-\frac{\Delta t}{T}} \right) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \left(1 - 2^{-\frac{\Delta t}{T}} \right) = 200 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) ta có } \frac{\Delta N}{\Delta N_1} = 2^{\frac{t}{T}} = \frac{3200}{200} = 16 \Rightarrow \frac{t}{T} = 4 \Rightarrow T = \frac{t}{4} = \frac{4}{4} = 1h$$

Chọn đáp án A

BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Có thể tăng hằng số phóng xạ λ của đồng vị phóng xạ bằng cách

- A. Đặt nguồn phóng xạ đó vào trong từ trường mạnh.
- B. Đặt nguồn phóng xạ đó vào trong điện trường mạnh.
- C. Hiện nay chưa có cách nào để thay đổi hằng số phóng xạ.
- D. Đốt nóng nguồn phóng xạ đó.

Phân tích và hướng dẫn giải

Tới bây giờ thì vẫn chưa có cách nào thay đổi được hằng số phóng xạ

Vì thế chọn C

Câu 2: Sau thời gian t , độ phóng xạ của một chất phóng xạ β^- giảm 128 lần.

Chu kì bán rã của chất phóng xạ đó là

- A. $128t$.
- B. $\frac{t}{128}$.
- C. $\frac{t}{7}$.
- D. $\sqrt{128} t$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Ta có $\frac{H}{H_0} = \frac{1}{2^k} = \frac{1}{128} = \frac{1}{2^7} \Leftrightarrow k = \frac{t}{T} = 7 \Rightarrow T = \frac{t}{7}$. **Đáp án C**

Câu 3: Ban đầu ($t = 0$) có một mẫu chất phóng xạ X nguyên chất. Ở thời điểm t_1 mẫu chất phóng xạ X còn lại 20% hạt nhân chưa bị phân rã. Đến thời điểm $t_2 = t_1 + 100(s)$ số hạt nhân X chưa bị phân rã chỉ còn 5% so với số hạt nhân ban đầu. Chu kỳ bán rã của chất phóng xạ đó là

- A. 50 s. B. 25 s. C. 400 s. D. 200 s.

Phân tích và hướng dẫn giải

Tại thời điểm t_1 ta có $N_1 = N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T}} = 20\%N_0 = 0,2N_0$ (1)

Tại thời điểm $t_2 = t_1 + 100$ ta có

$$N_2 = N_0 \cdot 2^{-\frac{(t_1+100)}{T}} = 0,05N_0 \Rightarrow N_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T}} \cdot 2^{-\frac{100}{T}} = 0,05N_0$$

Thay (1) vào (2) ta được

$$0,2N_0 \cdot 2^{-\frac{100}{T}} = 0,05N_0 \Leftrightarrow 2^{-\frac{100}{T}} = 2^{-2} \Leftrightarrow \frac{100}{T} = 2 \Rightarrow T = 50s$$

Chọn đáp án A

Chú ý: Có thể lấy (1) chia cho (2) theo từng vế ta sẽ được kết quả.

Câu 4: Hạt nhân X phóng xạ biến thành hạt nhân Y. Ban đầu có một mẫu chất X tinh khiết. Tại thời điểm t_1 nào đó tỉ số của số hạt nhân Y và X là 3:1, sau đó 110 phút tỉ số đó là 127:1. Chu kỳ bán rã của X là:

- A. 22 phút B. 11 phút C. 55 phút D. 27,5 phút

Phân tích và hướng dẫn giải

Tại thời điểm t_1 : $\frac{N_Y}{N_X} = \frac{1 - 2^{-\frac{t_1}{T}}}{2^{-\frac{t_1}{T}}} = 2^{\frac{t_1}{T}} - 1 = 3 \Rightarrow 2^{\frac{t_1}{T}} = 4$

Tại thời điểm t_2 : $\frac{N'_Y}{N'_X} = \frac{1 - 2^{-\frac{t_2}{T}}}{2^{-\frac{t_2}{T}}} = 2^{\frac{t_2}{T}} - 1 = 2^{\frac{t_1+110}{T}} - 1 = 2^{\frac{t_1}{T}} \cdot 2^{\frac{110}{T}} - 1$

$$= 4 \cdot 2^{\frac{110}{T}} - 1 = 127 \Rightarrow 2^{\frac{110}{T}} = 32 = 2^5 \Rightarrow \frac{110}{T} = 5 \Rightarrow T = \frac{110}{5} = 22 \text{ phút}$$

Vậy chọn A

Câu 5: Tại thời điểm t_1 , độ phóng xạ của $^{210}_{84}\text{Po}$ là $H_1 = 3,7 \cdot 10^{10}$ Bq. Sau khoảng thời gian 276 ngày độ phóng xạ của mẫu chất trên là $9,25 \cdot 10^9$ Bq.

Tìm chu kỳ bán rã của poloni

- A. 128 ngày B. 153 ngày C. 138 ngày D. 44 ngày

Phân tích và hướng dẫn giải

Đặt $H_1 = H_0$ và $H_2 = H \Rightarrow \Delta t = t = 276$ ngày

$$\text{Ta có } H = H_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \Leftrightarrow 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{H}{H_0} \Leftrightarrow -\frac{t}{T} = \log_2 \left(\frac{H}{H_0} \right)$$

$$-\frac{t}{T} = -2 \Rightarrow T = \frac{t}{2} = 138 \text{ ngày. Vậy chọn C}$$

Câu 6: Magiê $^{27}_{12}\text{Mg}$ phóng xạ với chu kỳ bán rã là T , lúc t_1 độ phóng xạ của một mẫu magiê là $2,4 \cdot 10^6$ Bq. Vào lúc t_2 độ phóng xạ của mẫu magiê đó là $8 \cdot 10^5$ Bq. Số hạt nhân bị phân rã từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2 là $13,85 \cdot 10^8$ hạt nhân. Tìm chu kỳ bán rã T

- A. $T = 12$ phút B. $T = 15$ phút C. $T = 10$ phút D. $T = 16$ phút

Phân tích và hướng dẫn giải

$$H_0 = H_1 = \lambda N_0$$

$$H_2 = H = \lambda N \Rightarrow H_1 - H_2 = H_0 - H = \lambda(N_0 - N)$$

$$\Rightarrow \frac{\ln 2}{T} \cdot \Delta N = H_0 - H \Rightarrow T = \frac{\ln 2}{H_0 - H} \cdot \Delta N = 600\text{s} = 10 \text{ phút}$$

Vậy chọn C

Câu 7: Silic $^{31}_{14}\text{Si}$ là chất phóng xạ, phát ra hạt β^- và biến thành hạt nhân X.

Một mẫu phóng xạ $^{31}_{14}\text{Si}$ ban đầu trong thời gian 3 phút có 100 nguyên tử bị phân rã, nhưng sau 3 giờ cũng trong thời gian 3 phút chỉ có 45 nguyên tử bị phân rã. Hãy xác định chu kỳ bán rã của chất phóng xạ.

- A. 5,6 giờ B. 1,4 giờ C. 2,6 giờ D. 1,7 giờ

Phân tích và hướng dẫn giải

Ban đầu: Trong thời gian 5 phút có 190 nguyên tử bị phân rã

$$\Rightarrow H_0 = 100 \text{ phân rã/3phút}$$

Sau $t = 3$ giờ: Trong thời gian 5 phút có 85 nguyên tử bị phân rã.

$$\Rightarrow H = 45 \text{ phân rã/3phút}$$

$$\text{Từ công thức } H = H_0 e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow T = \frac{t \cdot \ln 2}{\ln \frac{H_0}{H}} = \frac{3 \cdot \ln 2}{\ln \frac{100}{45}} = 2,6 \text{ giờ. Chọn C}$$

Câu 8: Một mẫu phóng xạ X ban đầu trong 5 phút có 196 nguyên tử bị phân rã, nhưng sau đó 5,2 giờ (kể từ thời điểm ban đầu) cũng trong 5 phút chỉ có 49 nguyên tử bị phân rã. Chu kỳ bán rã của X là

- A. 15,6 giờ B. 10,4 giờ C. 2,6 giờ D. 1,73 giờ

Phân tích và hướng dẫn giải

+ Ta có $H_0 = \frac{196}{5.60} \text{ (Bq)}$; $H = \frac{49}{5.60} \text{ (Bq)}$

+ Áp dụng công thức: $H = \frac{H_0}{2^{\frac{t}{T}}} \Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = \frac{H_0}{H} = 4 = 2^2 \Rightarrow \frac{t}{T} = 2$

$\Rightarrow T = \frac{t}{2} = \frac{5,2}{2} = 2,6 \text{ giờ. Chọn C}$

Dạng 6. XÁC ĐỊNH THỜI GIAN PHÓNG XẠ VÀ TÍNH TUỔI CỦA VẬT CHẤT

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một đồng vị phóng xạ có chu kỳ bán rã T. Cứ sau một khoảng thời gian bằng bao nhiêu thì số hạt nhân bị phân rã trong khoảng thời gian đó bằng ba lần số hạt nhân còn lại của đồng vị ấy?

- A. 2T. B. 3T. C. 0,5T. D. T.

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo đề, ta có: $\frac{\Delta m}{m} = \frac{m_0(1 - 2^{-\frac{t}{T}})}{m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}} = 3$

$\Leftrightarrow 2^{\frac{t}{T}} - 1 = 3 \Leftrightarrow 2^{\frac{t}{T}} = 4 \Leftrightarrow t = 2T \Leftrightarrow \text{Chọn đáp án A}$

Ví dụ 2: Độ phóng xạ của một tượng gỗ bằng 0,8 lần độ phóng xạ của mẫu gỗ cùng loại cùng khối lượng vừa mới chặt. Biết chu kỳ của ^{14}C là 5600 năm. Tuổi của tượng gỗ đó là:

- A. 1900 năm B. 2016 năm C. 1802 năm D. 1890 năm

Phân tích và hướng dẫn giải

Độ phóng xạ của tượng gỗ là độ phóng xạ tính tại thời điểm t: H

Độ phóng xạ của mẫu gỗ cùng loại vừa mới chặt là độ phóng xạ tính tại thời điểm ban đầu: H_0

Theo đề ta có: $\frac{H}{H_0} = 2^{-\frac{t}{T}} = 0,8 \Rightarrow -\frac{t}{T} = \log_2 0,8 = -0,32$

$\Rightarrow t = 0,32T = 0,32 \cdot 5600 = 1802 \text{ năm} \Rightarrow \text{Chọn C}$

Ví dụ 3: Hiện nay trong quặng thiên nhiên có chứa cả $^{238}_{92}\text{U}$ và $^{235}_{92}\text{U}$ theo tỉ lệ nguyên tử là 140:1. Giả sử ở thời điểm tạo thành Trái Đất, tỷ lệ trên là 1:1. Hãy tính tuổi của Trái Đất. Biết chu kỳ bán rã của $^{238}_{92}\text{U}$ là $4,5 \cdot 10^9$ năm. $^{235}_{92}\text{U}$ có chu kỳ bán rã $7,13 \cdot 10^8$ năm.

A. 6 tỉ năm. B. 5 tỉ năm. C. 7 tỉ năm. D. 6,5 tỉ năm.

Phân tích và hướng dẫn giải

Bài toán cho biết tỉ số nguyên tử còn lại của hai chất phóng xạ trong mẫu quặng nên phải tính cho hai chất riêng biệt.

Theo đề bài: $N_{0\text{U}238} = N_{0\text{U}235} = N_0$

Số hạt nhân nguyên tử U238 sau thời gian t: $N_{\text{U}238} = N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t}$

Số hạt nhân nguyên tử U235 sau thời gian t: $N_{\text{U}235} = N_0 \cdot e^{-\lambda_2 t}$

Cũng theo đề bài:

$$\frac{N_{\text{U}238}}{N_{\text{U}235}} = \frac{N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t}}{N_0 \cdot e^{-\lambda_2 t}} = \frac{140}{1} \Leftrightarrow e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} = \frac{140}{1} \Rightarrow (\lambda_2 - \lambda_1)t = \ln(140)$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln(140)}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{\ln(140)}{\ln 2 \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = \frac{\ln(140)}{\ln 2 \cdot \left(\frac{1}{7,13 \cdot 10^8} - \frac{1}{4,5 \cdot 10^9} \right)} = 6 \cdot 10^9 = 6 \text{ tỉ năm}$$

Chọn đáp án A

Chú ý: Nếu số hạt nhân ban đầu của hai chất là không bằng nhau ta cũng làm

$$\text{tương tự và thu được kết quả sau: } t = \frac{\ln \frac{N_1 \cdot N_{02}}{N_2 \cdot N_{01}}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

Ví dụ 4: Thành phần đồng vị phóng xạ ^{14}C có trong khí quyển có chu kỳ bán rã là 5568 năm. Mọi thực vật sống trên Trái Đất hấp thụ cacbon dưới dạng CO_2 đều chứa một lượng cân bằng ^{14}C . Trong một ngôi mộ cổ, người ta tìm thấy một mảnh xương nặng 18g với độ phóng xạ 112 phân rã/phút. Hỏi vật hữu cơ này đã chết cách đây bao nhiêu lâu, biết độ phóng xạ từ ^{14}C ở thực vật sống là 12 phân rã/phút.

A. 6710 năm. B. 2300 năm. C. 5268 năm. D. 1176 năm.

Phân tích và hướng dẫn giải

Bài này tính tuổi dựa vào độ phóng xạ đo được tại hai thời điểm khác nhau và được đo trong khoảng thời gian bằng nhau.

Độ phóng xạ của mảnh xương là độ phóng xạ được đo tại thời điểm t cần tìm: H

Độ phóng xạ của thực vật sống là độ phóng xạ được đo tại thời điểm ban đầu: H₀

Theo định luật phóng xạ ta có:

$$H = H_0 e^{-\lambda \cdot t} \Leftrightarrow e^{\lambda \cdot t} = \frac{H_0}{H} \Leftrightarrow \lambda \cdot t = \ln\left(\frac{H_0}{H}\right)$$

$$\Rightarrow t = \frac{T \cdot \ln\left(\frac{H_0}{H}\right)}{\ln 2} = \frac{5560 \cdot \ln \frac{12}{112/18}}{\ln 2} = 5268 \text{ năm. Chọn C}$$

Chú ý: Khi tính toán cần lưu ý hai mẫu vật phải cùng khối lượng.

Ví dụ 5: Trong các mẫu quặng Urani người ta thường thấy có lẫn chì Pb206 cùng với Urani U238. Biết chu kỳ bán rã của U238 là $4,5 \cdot 10^9$ năm, hãy tính tuổi của quặng khi tỷ lệ khối lượng giữa hai chất là 1g chì / 5g Urani.

A. 5,25 tỉ năm. B. 1,35 tỉ năm. C. 2,17 tỉ năm. D. 6,25 tỉ năm.

Phân tích và hướng dẫn giải

Trong bài này tính tuổi khi biết tỉ số khối lượng hạt nhân tạo thành so với khối lượng hạt nhân còn lại.

Áp dụng công thức từ các phần trên ta có:

$$\frac{m_{Pb}}{m_U} = \frac{\frac{N_{Pb}}{N_A} A_{Pb}}{\frac{N_U}{N_A} A_U} = \frac{N_{Pb} \cdot A_{Pb}}{N_U \cdot A_U} = \frac{\Delta N \cdot A_{Pb}}{N \cdot A_U} = \frac{N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) A_{Pb}}{N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} A_U}$$

$$= \frac{A_{Pb}}{A_U} (2^{\frac{t}{T}} - 1) = \frac{1}{5} \Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = \frac{A_U}{5A_{Pb}} + 1 \Rightarrow \frac{t}{T} = \log_2 \left(\frac{A_U}{5A_{Pb}} + 1 \right)$$

$$\Rightarrow t = T \cdot \log_2 \left(\frac{A_U}{5A_{Pb}} + 1 \right) = 4,5 \cdot 10^9 \cdot \log_2 \left(\frac{238}{5 \cdot 206} + 1 \right) = 1,35 \cdot 10^9 \text{ năm}$$

Chọn đáp án B

Ví dụ 6: Một bệnh nhân điều trị bằng đồng vị phóng xạ, dùng tia γ để diệt tế bào bệnh. Thời gian chiếu xạ lần đầu là $\Delta t = 20$ phút, cứ sau 1 tháng thì bệnh nhân phải tới bệnh viện khám bệnh và tiếp tục chiếu xạ. Biết đồng vị phóng xạ đó có chu kỳ bán rã $T = 4$ tháng (coi $\Delta t \ll T$) và vẫn dùng nguồn phóng xạ trong lần đầu. Hỏi lần chiếu xạ thứ 3 phải tiến hành trong bao lâu để bệnh nhân được chiếu xạ với cùng một lượng tia γ như lần đầu?

A. 28,2 phút. B. 24,2 phút. C. 40 phút. D. 20 phút.

Phân tích và hướng dẫn giải

Số tia γ phóng ra trong thời gian $\Delta t = 20$ phút đầu là

$$\Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda \Delta t}) \quad (1)$$

Lần thứ 3 chiếu xạ tức là sau $t = 2$ tháng, số hạt nhân còn lại $N = N_0 e^{-\lambda \Delta t}$.

Số hạt nhân phóng ra trong thời gian $\Delta t'$ sau tháng thứ hai :

$$\Delta N' = N(1 - e^{-\lambda \Delta t'}) = N_0 e^{-\lambda \Delta t} (1 - e^{-\lambda \Delta t'}) \quad (2)$$

$$\text{Ta có: } \Delta N = \Delta N' \Leftrightarrow N_0 (1 - e^{-\lambda \Delta t}) = N_0 e^{-\lambda \Delta t} (1 - e^{-\lambda \Delta t'})$$

$$\text{Do } \Delta t \ll T \Rightarrow \lambda \Delta t = \Delta t \ln 2 / T \Rightarrow e^{-\lambda \Delta t} \approx 1 - \lambda \Delta t$$

$$\Rightarrow [1 - (1 - \lambda \Delta t)] = e^{-\lambda \Delta t'} (1 - 1 + \lambda \Delta t')$$

$$\Rightarrow \Delta t' = \frac{\Delta t}{e^{-\lambda \Delta t}} = \frac{\Delta t}{2^{-\lambda \Delta t}} = \frac{20}{2^{-\frac{2}{4}}} = 20\sqrt{2} \approx 28,2 \text{ phút}$$

III BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Một chất phóng xạ có chu kỳ bán rã là 360 giờ. Sau bao lâu thì khối lượng của nó chỉ còn $\frac{1}{32}$ khối lượng ban đầu :

- A. 75 ngày B. 11,25 giờ C. 11,25 ngày D. 480 ngày

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{Ta có } \frac{m}{m_0} = \frac{1}{32} = \frac{1}{2^5} \Rightarrow \frac{t}{T} = 5 \Rightarrow t = 5T$$

$$\Leftrightarrow t = 1800 \text{ giờ} = 75 \text{ ngày} \Rightarrow \text{Chọn A.}$$

Câu 2: Khi phân tích một mẫu gỗ, người ta thấy 87,5% số nguyên tử đồng vị phóng xạ $^{14}_6\text{C}$ đã bị phân rã thành các nguyên tử $^{17}_7\text{N}$. Biết chu kỳ bán rã của $^{14}_6\text{C}$ là 5570 năm. Tuổi của mẫu gỗ này là

- A. 16710 năm. B. 12300 năm. C. 23856 năm. D. 11976 năm.

Phân tích và hướng dẫn giải

Để bài cho:

$$\frac{\Delta N}{N_0} = 1 - 2^{-\frac{t}{T}} = 87,5\% = 0,875 \Rightarrow 2^{-\frac{t}{T}} = 2^{-3} \Rightarrow t = 3T \Rightarrow t = 16710 \text{ năm.}$$

Chọn A

Câu 3: Cho biết $^{238}_{92}\text{U}$ và $^{235}_{92}\text{U}$ là các chất phóng xạ có chu kỳ bán rã lần lượt là $T_1 = 4,5.10^9$ năm và $T_2 = 7,13.10^8$ năm. Hiện nay trong quặng urani thiên nhiên có lẫn U238 và U 235 theo tỉ lệ 160 : 1. Giả thiết ở thời điểm tạo thành Trái Đất tỉ lệ 1:1. Cho $\ln 10 = 2,3$ và $\ln 2 = 0,693$. Tuổi của Trái Đất là

- A. 6,2 tỉ năm. B. 5 tỉ năm. C. 5,7 tỉ năm. D. 6,5 tỉ năm.

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo đề bài: $N_{0U238} = N_{0U235} = N_0$

Số hạt nhân nguyên tử U238 sau thời gian t: $N_{U238} = N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t}$

Số hạt nhân nguyên tử U235 sau thời gian t: $N_{U235} = N_0 \cdot e^{-\lambda_2 t}$

Cũng theo đề bài:

$$\frac{N_{U238}}{N_{U235}} = \frac{N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t}}{N_0 \cdot e^{-\lambda_2 t}} = \frac{160}{1} \Leftrightarrow e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} = \frac{160}{1} \Rightarrow (\lambda_2 - \lambda_1)t = \ln(160)$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln(160)}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{\ln(160)}{\ln 2 \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = \frac{\ln(160)}{\ln 2 \cdot \left(\frac{1}{7,13 \cdot 10^8} - \frac{1}{4,5 \cdot 10^9} \right)} = 6,2 \cdot 10^9 \text{ năm}$$

= 6,2 tỉ năm

Ta cũng có thể tính theo hàm 2 mũ

$$\frac{160}{1} = \frac{N_0 2^{-\frac{t}{T_1}}}{N_0 2^{-\frac{t}{T_2}}} \Leftrightarrow 2^{\left(\frac{t}{T_2} - \frac{t}{T_1} \right)} = 160 \Leftrightarrow \left(\frac{t}{T_2} - \frac{t}{T_1} \right) = \log_2^{160}$$

$$\Rightarrow t = \frac{\log_2^{160}}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = \frac{\log_2^{160}}{\left(\frac{1}{7,13 \cdot 10^8} - \frac{1}{4,5 \cdot 10^9} \right)} = 6,2 \text{ tỉ năm}$$

Chọn A

Câu 4: Trong các mẫu quặng Urani người ta thường thấy có lẫn chì Pb206 cùng với Urani U238. Biết chu kỳ bán rã của U238 là $4,5 \cdot 10^9$ năm, hãy tính tuổi của quặng khi tỷ lệ tìm thấy là cứ 10 nguyên tử Urani thì có 2 nguyên tử chì.

A. 2,95 tỉ năm. B. 2,34 tỉ năm. C. 5,17 tỉ năm. D. 1,18 tỉ năm.

Phân tích và hướng dẫn giải

Trong bài này tính tuổi khi biết tỉ số số nguyên tử còn lại và số nguyên tử hạt mới tạo thành:

Theo giả thiết:

$$\frac{N_U}{N_{Pb}} = \frac{N}{\Delta N} = \frac{N_0 \cdot e^{-\lambda t}}{N_0 \cdot (1 - e^{-\lambda t})} = \frac{1}{e^{\lambda t} - 1} = \frac{10}{2} = 5$$

$$\Rightarrow e^{\lambda t} = 1,2 \Rightarrow t = \frac{\ln 1,2}{\ln 2} \cdot T = \frac{\ln 1,2}{\ln 2} \cdot 4,5 \cdot 10^9 = 1,18 \cdot 10^9 = 1,18 \text{ tỉ năm}$$

Chọn D

Dạng 7. XÁC ĐỊNH THỂ TÍCH KHÍ He TRONG PHÓNG XẠ α

PHƯƠNG PHÁP

Một hạt nhân bị phóng xạ thì sinh ra một hạt alpha, do vậy số hạt alpha tạo thành sau thời gian t bằng số hạt nhân bị phóng xạ trong thời gian đó:

$$N_{\text{He}} = \Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$$

Khối lượng khí He tạo thành sau thời gian t phóng xạ là:

$$m_{\text{He}} = \frac{N_{\text{He}} \cdot A_{\text{He}}}{N_A}$$

Số mol khí He tạo thành sau thời gian t phóng xạ là:

$$n_{\text{He}} = \frac{m_{\text{He}}}{A_{\text{He}}} = \frac{N_{\text{He}}}{N_A}$$

Thể tích khí He tạo thành (điều kiện tiêu chuẩn) sau thời gian t phóng xạ là:

$$V_{\text{He}} = n_{\text{He}} \cdot 22,4 = \frac{N_{\text{He}}}{N_A} \cdot 22,4$$

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Poloni $^{210}_{84}\text{Po}$ là chất phóng xạ phát ra hạt α và chuyển thành hạt nhân chì Pb. Chu kỳ bán rã Po là 138 ngày. Ban đầu có 1g Po nguyên chất sau 1 năm (365 ngày) lượng khí Heli giải phóng ra có thể tích ở điều kiện tiêu chuẩn là

- A. 90 cm³. B. 68 cm³. C. 22,4 cm³. D. 48,6 cm³.

Phân tích và hướng dẫn giải

$$\text{Số hạt Po trong 1g: } N_0 = \frac{m_0 N_A}{A_{\text{Po}}} = \frac{1,6,022 \cdot 10^{23}}{210} = 2,868 \cdot 10^{21} \text{ hạt}$$

Số hạt He tạo thành sau 1 năm:

$$N_{\text{He}} = \Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = 2,868 \cdot 10^{21} \left(1 - 2^{-\frac{365}{138}}\right) = 2,4 \cdot 10^{21}$$

Số mol khí He tạo thành sau 1 năm phóng xạ là:

$$n_{\text{He}} = \frac{N_{\text{He}}}{N_A} = \frac{2,4 \cdot 10^{21}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Thể tích khí He tạo thành (điều kiện tiêu chuẩn) sau 1 năm phóng xạ là:
 $V_{\text{He}} = n_{\text{He}} \cdot 22,4 = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 22,4 = 0,09 \text{ lít} = 90 \text{ cm}^3$

Vì thế chọn A

BÀI TẬP VẬN DỤNG

Đề 1: Hạt nhân $^{224}_{88}\text{Ra}$ phóng ra một hạt α , một photon γ và tạo thành $^{220}_{86}\text{Rn}$. Một nguồn phóng xạ $^{224}_{88}\text{Ra}$ có khối lượng ban đầu m_0 sau 14,8 ngày khối lượng của nguồn còn lại là 2,24g. Thể tích khí Heli tạo thành (đktc) là? Cho biết chu kỳ phân rã của $^{224}_{88}\text{Ra}$ là 3,7 ngày và số

Avôgadrô $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- A. 5,52 lít. B. 3,36 lít. C. 2,24 lít. D. 4,48 lít.

Phân tích và hướng dẫn giải

Số hạt Ra trong 2,24g:

$$N = \frac{m N_A}{A_{\text{Ra}}} = \frac{2,24 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{224} = 6,022 \cdot 10^{21} \text{ hạt}$$

$$\text{Số hạt Ra ban đầu: } N_0 = N \cdot 2^{\frac{t}{T}} = 6,022 \cdot 10^{21} \cdot 2^{\frac{14,8}{3,7}} = 9,6352 \cdot 10^{22} \text{ hạt}$$

Số hạt He tạo thành sau 14,8 ngày:

$$N_{\text{He}} = \Delta N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = 9,6352 \cdot 10^{22} \left(1 - 2^{-\frac{14,8}{3,7}}\right) = 9,033 \cdot 10^{22}$$

Số mol khí He tạo thành sau 1 năm phóng xạ là:

$$n_{\text{He}} = \frac{N_{\text{He}}}{N_A} = \frac{9,033 \cdot 10^{22}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 0,15 \text{ mol}$$

Thể tích khí He tạo thành (điều kiện tiêu chuẩn) sau 14,8 ngày phóng xạ là:

$$V_{\text{He}} = n_{\text{He}} \cdot 22,4 = 0,15 \cdot 22,4 = 3,36 \text{ lít}$$

Vì thế chọn B

PHẦN DÀNH RIÊNG CHO BAN NÂNG CAO

Chuyên đề 1

CHUYỂN ĐỘNG VẬT RẮN

Dạng 1: Xác định vận tốc góc trung bình (hoặc góc mà vật quay được); gia tốc góc trung bình (hoặc độ biến thiên tốc độ góc) trong một khoảng thời gian.

PHƯƠNG PHÁP

- Vận dụng các công thức: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ và $\gamma = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ để thực hiện yêu cầu của đề bài.
- Khi phân tích và giải các bài toán dạng này cần lưu ý phân biệt được 2 khái niệm: góc mà vật quay được với toạ độ góc; nắm được ý nghĩa của vận tốc góc trung bình, gia tốc góc trung bình.

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Vận tốc góc trung bình của trái đất quay xung quanh trục của nó với chu kỳ 24 giờ.

A. $\omega = 7,3 \cdot 10^{-5} (\text{rad/s})$

B. $\omega = 6,6 \cdot 10^{-5} (\text{rad/s})$

C. $\omega = 8,4 \cdot 10^{-5} (\text{rad/s})$

D. $\omega = 3,9 \cdot 10^{-5} (\text{rad/s})$

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo đề ra ta có: $\Delta t = 24$ giờ, $\Delta\varphi = 2\pi$ (rad)

Vận tốc góc trung bình của trái đất quanh trục của nó là:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{86400} (\text{rad/s}) \approx 7,3 \cdot 10^{-5} (\text{rad/s})$$

Chọn A

Lưu ý: dạng bài tập biết vận tốc góc trung bình và khoảng thời gian vật quay tính góc quay (hoặc ngược lại) thì hoàn toàn tương tự.

Ví dụ 2: Khi nghiên cứu về máy bay trực thăng, người ta xác định được rằng vận tốc của rôto thay đổi từ 320 vòng/phút đến 225 vòng/phút trong 1,5 phút khi rôto quay chậm dần để dừng lại. Gia tốc góc trung bình của rôto trong khoảng thời gian này là bao nhiêu?

A. $\gamma = 2,3 (\text{rad/s}^2)$

B. $\gamma = 1,1 (\text{rad/s}^2)$

C. $\gamma = -0,11 (\text{rad/s}^2)$

D. $\gamma = -0,23 (\text{rad/s}^2)$

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc góc trung bình:

$$\gamma_{TB} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} = \frac{(225 - 320)}{1,5 \cdot 60} \cdot \frac{2\pi}{60} (\text{rad/s}^2) \approx -0,11 (\text{rad/s}^2)$$

Dấu (-) cho biết cánh quạt đang quay chậm lại. **Chọn C**

Ví dụ 3: Khi nghiên cứu về máy bay trực thăng, người ta xác định được rằng vận tốc của rôto thay đổi từ 300 vòng/phút đến 100 vòng/phút trong 1,5 phút khi rôto quay chậm dần để dừng lại. Sau bao lâu cánh quạt sẽ dừng lại, kể từ lúc chúng có vận tốc góc ban đầu 300 vòng/phút.

- A. $\gamma = 136,6(s)$ B. $\gamma = 152,6(s)$ C. $\gamma = 162,5(s)$ D. $\gamma = 360(s)$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc góc trung bình:

$$\gamma_{TB} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} = \frac{(100 - 300)}{1,5 \cdot 60} \cdot \frac{2\pi}{60} (\text{rad/s}^2) \approx -0,23 (\text{rad/s}^2)$$

Thời gian để cánh quạt dừng lại kể từ khi vận tốc góc có giá trị 320 vòng/phút được tính:

$$\Delta t = \frac{\Delta\omega}{\gamma_{TB}} = \frac{(0 - 300)}{-0,23} \cdot \frac{2\pi}{60} (s) = 136,6s = 2,3(\text{phút})$$

Chọn A

Ví dụ 4: Khi nghiên cứu về máy bay trực thăng, người ta xác định được rằng vận tốc của rôto thay đổi từ 320 vòng/phút đến 180 vòng/phút trong 2 phút khi rôto quay chậm dần để dừng lại. Kể từ lúc chúng có vận tốc góc ban đầu 320 vòng/phút, cánh quạt còn quay được bao nhiêu vòng mới dừng?

- A. $n = 300$ vòng B. $n = 550$ vòng
C. $n = 745$ vòng D. $n = 457$ vòng.

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc góc trung bình:

$$\gamma_{TB} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} = \frac{(180 - 320)}{2 \cdot 60} \cdot \frac{2\pi}{60} (\text{rad/s}^2) = -0,12 (\text{rad/s}^2)$$

$$\text{Áp dụng công thức: } \Delta\varphi = \omega^2 - \omega_0^2 = 2\gamma_{TB} \Delta\varphi \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\gamma_{TB}}$$

$$\text{Số vòng quay được: } n = \frac{\Delta\varphi}{2\pi}$$

$$\text{Ta có: } n = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\gamma_{TB}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{0 - 320^2}{2 \cdot (-0,12)} \cdot \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 (\text{vòng}) = 745(\text{vòng})$$

Chọn A

Dạng 2: Dùng các công thức của chuyển động quay đều, quay biến đổi đều để tìm các đại lượng: toạ độ góc, góc quay, vận tốc góc, thời gian.

PHƯƠNG PHÁP

- Sử dụng các công thức : $\omega = \omega_0 + \gamma t$.

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2$$

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\gamma(\varphi - \varphi_0) = 2\gamma\Delta\varphi$$

- Trong quá trình vận dụng các công thức cần lưu ý :
 - Điều kiện áp dụng các công thức trên là : chuyển động quay biến đổi đều ($\gamma = \text{hằng số}$), hoặc chuyển động quay đều ($\gamma = 0$).
 - Dấu của ω và γ được quy ước như sau:
 - Vật quay theo chiều dương: $\omega > 0$
 - Vật quay theo chiều âm: $\omega < 0$
 - Vật quay nhanh dần: $\omega\gamma > 0$
 - Vật quay chậm dần: $\omega\gamma < 0$

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Một đĩa mài bắt đầu quay với vị trí góc $\varphi_0 = 0$ và gia tốc góc không đổi $\gamma = 0,35 \text{ rad/s}^2$. Tính tốc độ góc của đĩa tại thời điểm $t = 18\text{s}$ và số vòng mà đĩa quay được trong thời gian đó.

- A. $n = 7$ vòng B. $n = 9$ vòng C. $n = 11$ vòng D. $n = 13$ vòng

Phân tích và hướng dẫn giải

Tốc độ góc của đĩa tại thời điểm $t = 18\text{s}$ là:

$$\omega = \gamma t = 0,35 \cdot 18 = 6,3 \text{ (rad/s)}$$

Góc đĩa quay được trong khoảng thời gian $t = 18\text{s}$ đó là:

$$\varphi = \frac{1}{2} \gamma t^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,35 \cdot 18^2 \approx 56,7 \text{ (rad)}$$

$$\text{Số vòng quay được: } n = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{56,7}{2\pi} \approx 9 \text{ vòng}$$

Chọn B

Ví dụ 2: Một cái đĩa bắt đầu quay quanh trục của nó với gia tốc góc không đổi. Sau $5,0\text{s}$ nó quay được 25 rad . Gia tốc góc của đĩa là bao nhiêu?

- A. $\gamma = -2 \text{ (rad/s}^2\text{)}$ B. $\gamma = 1 \text{ (rad/s}^2\text{)}$
C. $\gamma = -1 \text{ (rad/s}^2\text{)}$ D. $\gamma = 2 \text{ (rad/s}^2\text{)}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc góc của đĩa : $\gamma = \frac{2 \cdot \Delta\varphi}{t^2} = \frac{2 \cdot 25}{25} \text{ (rad/s}^2\text{)} = 2 \text{ (rad/s}^2\text{)}$

Chọn D

Ví dụ 3: Một bánh xe quay nhanh dần đều quanh trục của nó. Lúc bắt đầu tăng tốc, bánh xe đang có tốc độ góc là 5 rad/s. Sau 10s tốc độ góc của nó tăng lên đến 10 rad/s. Góc và số vòng mà bánh xe quay được trong khoảng thời gian đó.

A. $\Delta\varphi = 75\text{rad}$ và $n = 12$ vòng

B. $\Delta\varphi = 70\text{rad}$ và $n = 8$ vòng

C. $\Delta\varphi = 70\text{rad}$ và $n = 12$ vòng

D. $\Delta\varphi = 75\text{rad}$ và $n = 8$ vòng

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc góc của bánh xe :

$$\gamma = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{10 - 5}{10} \text{ (rad/s}^2\text{)} = 0,5 \text{ (rad/s}^2\text{)}$$

Góc mà bánh xe quay được trong 10s:

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2$$

$$\Delta\varphi = 5 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 10^2 = 75 \text{ (rad)}$$

Số vòng mà bánh xe quay được trong 10s:

$$n = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \frac{75}{2\pi} \approx 12 \text{ (vòng)}$$

Chọn A

Ví dụ 4: Một đĩa mài đang quay với tốc độ góc $\omega_0 = -4,6 \text{ rad/s}$ và gia tốc góc không đổi $\gamma = 0,35 \text{ rad/s}^2$. Thời điểm để đĩa quay được 5 vòng theo chiều dương.

A. 24,6(s)

B. 42,6(s)

C. 26,4(s)

D. 62,4(s).

Phân tích và hướng dẫn giải

Vì $\omega_0 = -4,6 \text{ rad/s}$ và $\gamma = 0,35 \text{ rad/s}^2$ vì thế $\omega_0 < 0$ nên ban đầu đĩa quay chậm dần theo chiều âm.

Thời điểm tốc độ của đĩa mài bằng 0 được xác định:

$$t_1 = \frac{\omega - \omega_0}{\gamma} = \frac{0 - (-4,6)}{0,35} \approx 13 \text{ s.}$$

Sau khi tốc độ của đĩa bằng 0, đĩa sẽ quay nhanh dần đều với gia tốc góc $\gamma = 0,35 \text{ rad/s}^2$. Thời gian để đĩa quay được 5 vòng theo chiều dương được tính:

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2\Delta\varphi}{\gamma}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 2\pi}{0,35}} \approx 13,4 \text{ (s)}.$$

Thời điểm đĩa quay được 5 vòng theo chiều dương là:

$$t = t_1 + \Delta t \approx 26,4 \text{ (s)}. \text{ Chọn C}$$

Ví dụ 5: Tại thời điểm ban đầu một bánh đà có vận tốc góc $4,7 \text{ rad/s}$, gia tốc góc là $-0,25 \text{ rad/s}^2$ và $\varphi_0 = 0$. Đường mốc sẽ đạt được một góc cực đại φ_{\max} tại thời điểm nào và có giá trị bằng bao nhiêu theo chiều dương?

- A. $t = 18,8 \text{ (s)}$ và $\varphi_{\max} = 44,2 \text{ (rad)}$ B. $t = 20,5 \text{ (s)}$ và $\varphi_{\max} = 44,2 \text{ (rad)}$
 C. $t = 20,5 \text{ (s)}$ và $\varphi_{\max} = 40,5 \text{ (rad)}$ D. $t = 18,8 \text{ (s)}$ và $\varphi_{\max} = 40,5 \text{ (rad)}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Ban đầu vận tốc góc và gia tốc góc trái dấu nên bánh đà quay chậm dần đến khi tốc độ góc bằng 0 thì đường mốc đạt tọa độ cực đại.

$$\text{Khi đó: } \omega = \omega_0 + \gamma t = 0 \Rightarrow t = \frac{-\omega_0}{\gamma} = \frac{-4,7}{-0,25} \text{ (s)} = 18,8 \text{ (s)}$$

Đường mốc đạt được một góc cực đại φ_{\max} :

$$\varphi = \varphi_{\max} = \varphi_0 + \omega t + \frac{1}{2} \gamma t^2$$

$$\varphi_{\max} = 4,7 \cdot 18,8 + \frac{1}{2} (-0,25) \cdot 18,8^2 = 44,2 \text{ (rad)}$$

Chọn A

Ví dụ 6: Một bánh xe đạp bắt đầu quay quanh trục của nó với gia tốc góc không đổi. Sau $5,0 \text{ s}$ nó quay được 25 rad . Vận tốc góc trung bình trong thời gian ấy là bao nhiêu?

- A. $\omega = 7 \text{ (rad/s)}$ B. $\omega = 5 \text{ (rad/s)}$
 C. $\omega = 6 \text{ (rad/s)}$ D. $\omega = 8 \text{ (rad/s)}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Vận tốc góc trung bình:

$$\omega_{\text{TB}} = \frac{\Delta\varphi}{t} = \frac{25}{5} \text{ (rad/s)} = 5 \text{ (rad/s)}$$

Chọn B

Ví dụ 7: Một bánh đà bắt đầu quay quanh trục của nó với gia tốc góc không đổi. Sau $5,0 \text{ s}$ nó quay được 25 rad . Vận tốc góc tức thời của đĩa tại cuối thời gian $t = 5,0 \text{ s}$ là bao nhiêu?

- A. $\omega = 10 \text{ (rad/s)}$ B. $\omega = 4 \text{ (rad/s)}$
 C. $\omega = 1 \text{ (rad/s)}$ D. $\omega = 25 \text{ (rad/s)}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc của đĩa : $\gamma = \frac{2\Delta\varphi}{t^2} = \frac{2.25}{25} \text{ (rad/s}^2\text{)} = 2 \text{ (rad/s}^2\text{)}$

Vận tốc góc tức thời tại cuối thời gian 5s là: $\omega = \omega_0 + \gamma t = 2.0,5 = 1 \text{ (rad/s)}$

Chọn C

Ví dụ 8: Một đĩa mài đang quay với tốc độ góc $\omega_0 = -4,6 \text{ rad/s}$ và gia tốc góc không đổi $\gamma = 0,35 \text{ rad/s}^2$. Thời điểm để tốc độ của đĩa mài bằng 0 là

- A. $t = 10 \text{ (s)}$ B. $t = 13 \text{ (s)}$ C. $t = 15 \text{ (s)}$ D. $t = 20 \text{ (s)}$.

Phân tích và hướng dẫn giải

Vì $\omega_0 = -4,6 \text{ rad/s}$ và $\gamma = 0,35 \text{ rad/s}^2$ nên ban đầu đĩa quay chậm dần theo chiều âm.

Thời điểm tốc độ của đĩa mài bằng 0 được xác định:

$$t = \frac{\omega - \omega_0}{\gamma} = \frac{0 - (-4,6)}{0,35} \approx 13 \text{ s.}$$

Chọn B

Đạng 3: Xác định vận tốc, gia tốc của một điểm trên vật rắn trong chuyển động quay quanh một trục cố định.

PHƯƠNG PHÁP

▪ Sử dụng các công thức:

+ Tốc độ dài: $v = \omega r$,

+ Gia tốc của chất điểm trong chuyển động quay: $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$

Độ lớn: $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$; trong đó: $a_n = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$, $a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

▪ Trong quá trình phân tích và giải bài tập cần lưu ý:

- Trong chuyển động quay quanh một trục cố định của vật rắn thì các điểm trên vật rắn:

+ Chuyển động trên các quỹ đạo tròn có tâm là trục quay.

+ Tại mọi thời điểm thì tất cả các điểm tham gia chuyển động quay trên vật có cùng góc quay, vận tốc góc và gia tốc góc.

- Đối với vật rắn quay đều thì: $a_t = 0$ nên $a = a_n$

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Một cánh quạt dài $OA = 30 \text{ cm}$ quay với tốc độ góc không đổi $\omega = 20 \text{ rad/s}$ quanh trục đi qua O. Xác định tốc độ dài của một điểm M (thuộc OA) ở trên cánh quạt cách A một khoảng 10 cm ?

- A. 4 (m/s) B. $5,5 \text{ (m/s)}$ C. 30 (m/s) D. 13 (m/s) .

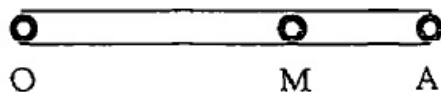
Phân tích và hướng dẫn giải

Khoảng cách từ M đến trục quay là:

$$OM = OA - MA = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m.}$$

Tốc độ dài của M là:

$$v_M = \omega \cdot r = \omega \cdot OM = 20 \cdot 0,2 = 4 \text{ m/s}$$



Chọn A

Ví dụ 2: Một bánh xe bán kính 50cm quay đều với chu kỳ là 0,1 giây.

Vận tốc dài và vận tốc góc của một điểm trên vành bánh xe.

A. $v = 4(\text{m/s}); \omega = 20\pi(\text{rad/s})$

B. $v = 3,7(\text{m/s}); \omega = 20(\text{rad/s})$

C. $v = 4(\text{m/s}); \omega = 20(\text{rad/s})$

D. $v = 3,7(\text{m/s}); \omega = 20\pi(\text{rad/s})$

Phân tích và hướng dẫn giải

Vận tốc góc của một điểm trên vành bánh xe là:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,1} = 62,8(\text{rad/s})$$

Vận tốc dài của một điểm trên vành bánh xe là:

$$v = \omega \cdot r = 62,8 \cdot 0,5 = 31,4(\text{m/s})$$

Chọn A

Ví dụ 3: Một bánh xe có bán kính $R=10\text{cm}$ lúc đầu đứng yên, sau đó quay xung quanh trục của nó với gia tốc bằng $3,14\text{rad/s}^2$. Gia tốc toàn phần của một điểm trên vành bánh có giá trị là

A. $a = 2,31(\text{m/s}^2)$

B. $a = 1,30(\text{m/s}^2)$

C. $a = 1,03(\text{m/s}^2)$

D. $a = 2,13(\text{m/s}^2)$

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc tiếp tuyến: $a_t = \gamma r = 3,14 \cdot 0,1 = 0,314 \text{ m/s}^2$

Gia tốc pháp tuyến: $a_n = \omega^2 r = 3,14^2 \cdot 0,1 = 0,985 \text{ m/s}^2$

Gia tốc toàn phần: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = 1,03 \text{ m/s}^2$

Chọn C

Ví dụ 4: Một bánh xe bán kính 0,5m quay đều với vận tốc góc là $\omega = 20\pi(\text{rad/s})$. Gia tốc pháp tuyến của một điểm trên vành bánh và của điểm chính giữa một bán kính có giá trị là

A. $a_{n1} = 1792(\text{m/s}^2); a_{n2} = 896(\text{m/s}^2)$

B. $a_{n1} = 1927(\text{m/s}^2); a_{n2} = 968(\text{m/s}^2)$

C. $a_{n1} = 1297(\text{m/s}^2); a_{n2} = 869(\text{m/s}^2)$

D. $a_{n1} = 1972(\text{m/s}^2); a_{n2} = 986(\text{m/s}^2)$

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc pháp tuyến của một điểm trên vành bánh xe:

$$a_{n1} = \omega^2 r = 62,8^2 \cdot 0,5 = 1971,92 (\text{m/s}^2)$$

Gia tốc pháp tuyến của điểm chính giữa một bán kính:

$$a_{n2} = \omega^2 \frac{r}{2} = \frac{a_{n1}}{2} = 985,96 (\text{m/s}^2)$$

Chọn D

Ví dụ 5: Một đĩa mài có bán kính $R=10\text{cm}$ lúc đầu đứng yên, sau đó quay xung quanh trục của nó với gia tốc bằng $3,14\text{rad/s}^2$. Góc giữa gia tốc toàn phần và bán kính của bánh xe (ứng với cùng một điểm trên vành bánh) là

- A. $\alpha = 17,8^\circ$ B. $\alpha = 34,2^\circ$ C. $\alpha = 45^\circ$ D. $\alpha = 30^\circ$

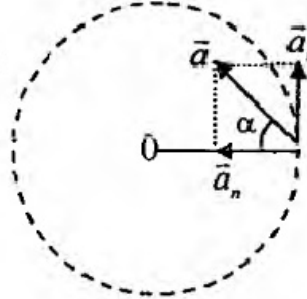
Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc tiếp tuyến: $a_t = \gamma r = 3,14 \cdot 0,1 = 0,314 \text{m/s}^2$

Gia tốc pháp tuyến: $a_n = \omega^2 r = 3,14^2 \cdot 0,1 = 0,985 \text{m/s}^2$

Góc giữa gia tốc toàn phần và bán kính của bánh xe được xác định:

$$\tan \alpha = \frac{a_t}{a_n} = \frac{0,314}{0,985} \Rightarrow \alpha = 17,46^\circ$$



Chọn A

Dạng 4. Xác định mô men quán tính của một số vật đồng chất có hình dạng hình học đặc biệt.

PHƯƠNG PHÁP

- Sử dụng công thức tính mô men quán tính của một số vật đã biết (cho trong sách giáo khoa), tính chất cộng của mô men quán tính và định lý trục song song để tìm mô men quán tính của một số vật đặc biệt theo yêu cầu.
- + Nếu vật được chia thành các phần mà mô men quán tính của các phần đó đối với trục quay đã biết thì ta vận dụng công thức:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n.$$
- + Nếu mô men quán tính của vật đối với trục quay đi qua khối tâm đã biết thì mô men quán tính của vật đối với trục quay (Δ) song song với trục quay đi qua khối tâm được tính: $I_{(\Delta)} = I_G + md^2$
- Mô men quán tính của một số vật đồng chất:
- + Vành tròn, hình trụ rỗng khối lượng m , bán kính R có trục quay trùng với trục của nó: $I = mR^2$.

- + Đĩa tròn, hình trụ đặc khối lượng m , bán kính R có trục quay trùng với trục của nó: $I = \frac{1}{2} mR^2$.
- + Thanh dài l , khối lượng m có trục quay trùng với trung trục của thanh:

$$I = \frac{1}{12} ml^2$$
- + Quả cầu đặc có trục quay đi qua tâm: $I = \frac{2}{5} mR^2$.

▣ VÍ DỤ MẪU:

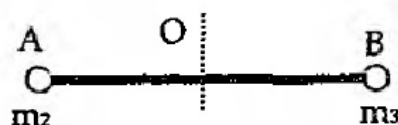
Ví dụ 1: Một thanh đồng chất AB dài $l = 1\text{m}$ khối lượng $m_1 = 3\text{ kg}$. Gắn vào hai đầu A và B của thanh hai chất điểm khối lượng $m_2 = 3\text{kg}$ và $m_3 = 4\text{kg}$. Tìm momen quán tính của hệ trong trường hợp trục quay vuông góc với thanh tại trung điểm của AB.

- A. $1(\text{kg.m}^2)$ B. $2(\text{kg.m}^2)$ C. $3(\text{kg.m}^2)$ D. $4(\text{kg.m}^2)$

Phân tích và hướng dẫn giải

Mô men quán tính của thanh đối với trục quay (O) đi qua trung điểm của thanh AB:

$$I_1 = \frac{1}{12} m_1 l^2$$



Mô men quán tính của m_2 đối với trục quay (O): $I_2 = m_2 R_2^2 = m_2 \frac{l^2}{4}$

Mô men quán tính của m_3 đối với trục quay (O): $I_3 = m_3 R_3^2 = m_3 \frac{l^2}{4}$

Mô men quán tính của hệ đối với trục quay (O):

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{1}{12} m_1 l^2 + m_2 \frac{l^2}{4} + m_3 \frac{l^2}{4} = \frac{l^2}{12} (m_1 + 3m_2 + 3m_3)$$

Thay số: $I = \frac{1}{12} (3 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 4) = 2 (\text{kg.m}^2)$. Chọn B

Ví dụ 2: Một thanh đồng chất AB dài $l = 1\text{m}$ khối lượng $m_1 = 3\text{ kg}$. Gắn vào hai đầu A và B của thanh hai chất điểm khối lượng $m_2 = 3\text{kg}$ và $m_3 = 4\text{kg}$. Tìm momen quán tính của hệ trong trường hợp trục quay tại đầu A của thanh và vuông góc với thanh.

- A. $5(\text{kg.m}^2)$ B. $2(\text{kg.m}^2)$ C. $3(\text{kg.m}^2)$ D. $4(\text{kg.m}^2)$

Phân tích và hướng dẫn giải

Trục quay vuông góc với thanh tại đầu A được tính:

Mô men quán tính của thanh đối

với trục quay (A): $I_1 = \frac{1}{3} m_1 l^2$

Mô men quán tính của m_2 đối với trục quay (A):

$$I_2 = 0$$

Mô men quán tính của m_3 đối với trục quay (A): $I_3 = m_3 R_3^2 = m_3 l^2$

Mô men quán tính của hệ đối với trục quay (A):

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{1}{3} m_1 l^2 + 0 + m_3 l^2 = \frac{1}{3} \cdot 3 \cdot 1^2 + 0 + 4 \cdot 1^2 = (5 \text{ kgm}^2)$$

Chọn A

Ví dụ 3: Thanh mảnh có khối lượng M , dài L được gập thành khung hình tam giác đều ABC. Tính mô men quán tính của khung đối với trục quay đi qua A và vuông góc với khung.

- A. $\frac{1}{15} ML^2$ B. $\frac{1}{10} ML^2$ C. $\frac{1}{18} ML^2$ D. $\frac{3}{14} ML^2$

Phân tích và hướng dẫn giải

Ta thấy: $m_{AB} = m_{BC} = m_{CA} = m = M/3$.

$$l_{AB} = l_{BC} = l_{CA} = l = L/3.$$

Mô men quán tính của khung đối với trục quay đi qua A và vuông góc với khung:

$$I = I_{AB} + I_{BC} + I_{CA}$$

$$\text{Trong đó: } I_{AB} = I_{CA} = \frac{1}{3} ml^2$$

Áp dụng định lý trục song song ta tính mô men quán tính của thanh BC đối với trục quay đi qua A là I_{BC} : $I_{BC} = I_{(G)BC} + m \cdot (AG)^2$

$$\text{Trong đó: } I_{(G)BC} = \frac{1}{12} ml^2; AG = \frac{l\sqrt{3}}{2}$$

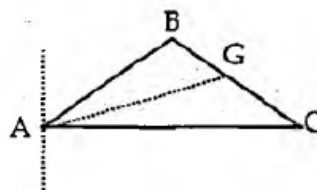
$$I_{BC} = \frac{1}{12} ml^2 + m \cdot \left(\frac{l\sqrt{3}}{2} \right)^2 = \frac{5}{6} ml^2$$

$$\text{Suy ra: } I = 2 \cdot \frac{1}{3} ml^2 + \frac{5}{6} ml^2 = 1,5 ml^2 = 1,5 \cdot \frac{M}{3} \cdot \frac{L^2}{9} = \frac{1}{18} ML^2$$

Chọn C

Ví dụ 4: Một thanh đồng chất AB dài $l = 1\text{m}$ khối lượng $m_1 = 3\text{ kg}$. Gắn vào hai đầu A và B của thanh hai chất điểm khối lượng $m_2 = 3\text{ kg}$ và $m_3 = 4\text{ kg}$. Tìm momen quán tính của hệ trong trường hợp trục quay cách A khoảng $l/4$ và vuông góc với thanh.

- A. $2,9(\text{kg.m}^2)$ B. $3,4(\text{kg.m}^2)$ C. $4,2(\text{kg.m}^2)$ D. $1,5(\text{kg.m}^2)$



Phân tích và hướng dẫn giải

Trục quay (O') cách A khoảng $l/4$ và vuông góc với thanh.

Áp dụng định lí trục song song ta tính được mô men quán tính của thanh đối với trục quay (O):

$$I_1 = \frac{1}{12} m_1 l^2 + m_1 \left(\frac{l}{4} \right)^2 = \frac{7}{48} m_1 l^2$$



Mô men quán tính của m_2 đối với trục quay (O'):

$$I_2 = m_2 R_2^2 = m_2 \left(\frac{1}{4} \right)^2 = m_2 \frac{1^2}{16}$$

Mô men quán tính của m_3 đối với trục quay (O'):

$$I_3 = m_3 R_3^2 = m_3 \left(\frac{3l}{4} \right)^2 = m_3 \frac{9l^2}{16}$$

Mô men quán tính của hệ đối với trục quay (O'):

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{7}{48} m_1 l^2 + \frac{1}{16} m_2 l^2 + \frac{9}{16} m_3 l^2 = 2,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Chon A

Dạng 5: Xác định gia tốc góc và các đại lượng động học khi biết các lực (hoặc mô men lực) tác dụng lên vật, mô men quán tính và ngược lại.

PHƯƠNG PHÁP

- Biểu diễn các lực tác dụng lên vật và tính mô men các lực đó đối với trục quay.
- Áp dụng phương trình động lực học của vật rắn trong chuyển động quay quanh một trục cố định: $M = I \gamma$
- Từ phương trình động lực học xác định được γ (hoặc các đại lượng liên quan), từ đó xác định được các đại lượng động học, học động lực học.

📖 VÍ DU MẪU:

Ví dụ 1: Một đĩa tròn đồng chất có bán kính $R = 20\text{cm}$, khối lượng $m = 5\text{ kg}$. Đĩa có trục quay đi qua tâm đĩa và vuông góc với mặt đĩa. Đĩa đang đứng yên thì chịu tác dụng của lực không đổi $F = 2\text{N}$ tiếp tuyến với vành đĩa. Bỏ qua ma sát. Tìm tốc độ góc của đĩa sau 5s chuyển động?

- A. $\omega = 13(\text{rad/s})$
B. $\omega = 15(\text{rad/s})$
C. $\omega = 20(\text{rad/s})$
D. $\omega = 23(\text{rad/s})$

Phân tích và hướng dẫn giải

Momen quán tính của đĩa đối với trục quay đi qua tâm đĩa và vuông góc với mặt đĩa:

$$I = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 2,0^2 = 0,1 \text{ kg.m}^2$$

Momen lực tác dụng lên đĩa: $M = F \cdot d = F \cdot R = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ N}$

Áp dụng phương trình cơ bản của chuyển động quay ta được:

$$M = I \cdot \gamma \Rightarrow \gamma = \frac{M}{I} = \frac{0,4}{0,1} = 4 \text{ rad/s}^2$$

Tốc độ góc của đĩa sau 5s chuyển động là: $\omega = \gamma t = 4 \cdot 5 = 20 \text{ rad/s}$

Chọn C

Ví dụ 2: Tác dụng một lực tiếp tuyến 0,7 N vào vành ngoài của một bánh xe có đường kính 60cm. Bánh xe quay từ trạng thái nghỉ và sau 4 giây thì quay được vòng đầu tiên. Momen quán tính của bánh xe là bao nhiêu?

- A. 1,25(kg.m²) B. 0,27(kg.m²) C. 2,13(kg.m²) D. 3,14(kg.m²)

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc góc của bánh xe được tính: $\varphi - \varphi_0 = \frac{1}{2} \gamma t^2$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{2(\varphi - \varphi_0)}{t^2} = \frac{2 \cdot 2\pi}{4 \cdot 4} (\text{rad/s}^2) = \frac{\pi}{4} (\text{rad/s}^2)$$

Mô men lực tác dụng vào bánh xe: $M = F \cdot R = 0,7 \cdot 0,3 = 0,21 \text{ Nm}$.

Áp dụng phương trình cơ bản của chuyển động quay, ta tính được mô men quán tính của bánh xe:

$$M = I \cdot \gamma \Rightarrow I = \frac{M}{\gamma} = \frac{0,21}{\pi/4} \text{ kgm}^2 \approx 0,27 \text{ kgm}^2. \text{ Chọn B}$$

Ví dụ 3: Một bánh xe chịu tác dụng của một mô men lực M_1 không đổi.

Trong 10 s đầu, tốc độ góc của bánh xe tăng đều từ 0 đến 15 rad/s. Sau đó mô men lực M_1 ngừng tác dụng, bánh xe quay chậm dần đều và dừng lại sau 30s. Gia tốc góc của bánh xe khi chuyển động nhanh dần đều và khi chậm dần đều.

- A. $\gamma_1 = 1,5 (\text{rad/s}^2); \gamma_2 = -0,5 (\text{rad/s}^2)$
 B. $\gamma_1 = -1,5 (\text{rad/s}^2); \gamma_2 = 0,5 (\text{rad/s}^2)$
 C. $\gamma_1 = 0,5 (\text{rad/s}^2); \gamma_2 = -1,5 (\text{rad/s}^2)$
 D. $\gamma_1 = -1,5 (\text{rad/s}^2); \gamma_2 = -0,5 (\text{rad/s}^2)$

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc góc của bánh xe:

- Giai đoạn quay nhanh dần đều: $\gamma_1 = \frac{\omega_1 - \omega_0}{\Delta t_1} = \frac{15 - 0}{10} = 1,5 \text{ rad/s}^2$
- Giai đoạn quay chậm dần đều: $\gamma_2 = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t_2} = \frac{0 - 15}{30} = -0,5 \text{ rad/s}^2$

Chọn A

Ví dụ 4: Một bánh xe chịu tác dụng của một mô men lực M_1 không đổi là 20Nm. Trong 10 s đầu, tốc độ góc của bánh xe tăng đều từ 0 đến 15 rad/s. Sau đó mô men lực M_1 ngừng tác dụng, do lực ma sát, bánh xe quay chậm dần đều và dừng lại. Cho biết mô men của lực ma sát có giá trị không đổi trong suốt thời gian chuyển động bằng 0,25 M_1 . Mô men quán tính của bánh xe đối với trục.

- A. 25(kg.m²) B. 10(kg.m²) C. 23(kg.m²) D. 14(kg.m²)

Phân tích và hướng dẫn giải

Gia tốc góc của bánh xe trong giai đoạn quay nhanh dần đều:

$$\gamma = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} = \frac{15 - 0}{10} = 1,5 \text{ rad/s}^2$$

Tổng mô men lực tác dụng vào bánh xe trong giai đoạn quay nhanh dần đều: $M = M_1 + M_{ms} = 20 - 0,25 \cdot 20 = 15 \text{ Nm}$

Mô men quán tính của bánh xe đối với trục: $I = \frac{M}{\gamma} = \frac{15}{1,5} = 10 \text{ kgm}^2$.

Chọn B

Ví dụ 5: Một đĩa mài hình trụ có khối lượng 0,55kg và bán kính 7,5cm. Mô men lực cần thiết phải tác dụng lên đĩa để tăng tốc từ nghỉ đến 1500vòng/phút trong 5s là bao nhiêu? Nếu biết rằng sau đó ngừng tác dụng của mô men lực thì đĩa quay chậm dần đều cho đến khi dừng lại mất 45s.

- A. $M_F = 0,054 \text{ Nm}$ B. $M_F = 0,54 \text{ Nm}$
C. $M_F = 5,4 \text{ Nm}$ D. $M_F = 54 \text{ Nm}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Mô men quán tính của đĩa là đối với trục quay trùng với trục hình trụ là:

$$I = \frac{1}{2} mR^2 = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ (kgm}^2\text{)}$$

Gia tốc góc của đĩa khi tăng tốc:

$$\gamma_1 = \frac{\omega}{t_1} = \frac{1500.2\pi/60}{5} (\text{rad/s}^2) = 10\pi (\text{rad/s}^2)$$

Gia tốc góc của đĩa khi quay chậm dần:

$$\gamma_2 = -\frac{\omega}{t_2} = -\frac{1500.2\pi/60}{45} (\text{rad/s}^2) = -\frac{10\pi}{9} (\text{rad/s}^2)$$

Áp dụng phương trình động lực học trong chuyển động của đĩa ta có:

+ Khi quay chậm dần đều, đĩa chịu tác dụng của lực ma sát sinh ra mô men cản: $M_{ms} = \gamma_2 I$

+ Khi tăng tốc, đĩa chịu tác dụng của mô men lực làm quay và mô men cản của lực ma sát:

$$M_F + M_{ms} = \gamma_1 I \Rightarrow M_F = \gamma_1 I - M_{ms} = \gamma_1 I - \gamma_2 I = I(\gamma_1 - \gamma_2)$$

$$M_F = 1,55.10^{-3} \left(10\pi + \frac{10\pi}{9} \right) (\text{Nm}) = 0,054 \text{ Nm.}$$

Chọn đáp án A

Dạng 6: Xác định gia tốc góc, gia tốc dài trong chuyển động của hệ vật có cả chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay.

PHƯƠNG PHÁP

Bài tập dạng này thường có tham gia ít nhất 2 vật : một vật chuyển động quay và một số vật chuyển động tịnh tiến. Khi Phân tích và hướng dẫn giải các bài tập loại này ta thực hiện theo các bước sau:

- Biểu diễn các lực tác dụng lên các vật.
- Viết các phương trình động lực học cho các vật:
- + Đối với vật chuyển động quay: $M = I \gamma$
- + Đối với các vật chuyển động thẳng: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$
- Chuyển các phương trình vec to (nếu có) thành các phương trình vô hướng.
- Áp dụng các phương trình được suy ra từ điều kiện của bài toán:
 - + Dây không giãn: $a_1 = a_2 = \dots = r\gamma$
 - + Dây không có khối lượng thì: $T_1 = T_2$ (ứng với đoạn dây giữa hai vật sát nhau).

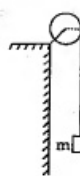
Dùng toán học để tìm ra kết quả bài toán.

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Trên hình vẽ: ròng rọc là một cái đĩa đồng tính có khối lượng $M = 2,5\text{kg}$ và có bán kính $R = 20\text{cm}$, lắp trên một cái trục nằm ngang cố định. Một vật nặng khối lượng $m = 1,2\text{kg}$ treo vào một sợi dây không trọng lượng quấn quanh mép đĩa.

Hãy tính gia tốc của vật nặng khi rơi, gia tốc góc của đĩa và sức căng của dây. Giả thiết dây không trượt và không có ma sát ở ổ trục.

- A. $a = 4,8\text{m/s}^2$; $\gamma = 2,4(\text{rad/s}^2)$; $T = 60(\text{N})$
 B. $a = 48\text{m/s}^2$; $\gamma = 24(\text{rad/s}^2)$; $T = 6,0(\text{N})$
 C. $a = 4,8\text{m/s}^2$; $\gamma = 24(\text{rad/s}^2)$; $T = 6,0(\text{N})$
 D. $a = 4,8\text{m/s}^2$; $\gamma = 24(\text{rad/s}^2)$; $T = 60(\text{N})$



Phân tích và hướng dẫn giải

- Các lực tác dụng lên M gây mômen đối với trục ròng rọc: \vec{T}_2
- Các lực tác dụng lên m gồm \vec{P}_1, \vec{T}_1

Áp dụng định luật II Niu-tơn cho vật m:

$$mg - T_1 = ma \quad (1)$$

Áp dụng phương trình động lực học cho vật rắn chuyển động quay đối với M:

$$T_2 R = I \gamma = \frac{1}{2} M R^2 \gamma \quad (2)$$

$$\text{Với } \gamma = \frac{a}{R}, T_1 = T_2 = T \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3) ta có:

$$a = g \frac{2m}{M + 2m} = 9,8 \frac{2 \cdot 1,2}{2,5 + 2 \cdot 1,2} = 4,8\text{m/s}^2$$

$$\text{Gia tốc góc của đĩa: } \gamma = \frac{a}{R} = \frac{4,8}{0,2} = 24\text{rad/s}^2$$

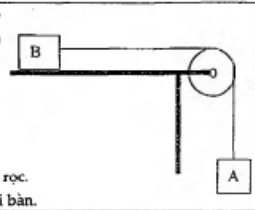
$$\text{Lực căng của dây T: } T = \frac{1}{2} M a = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 4,8 = 6,0\text{N}$$

Chọn C

Ví dụ 2: Hai vật A và B có cùng khối lượng $m = 1\text{kg}$, được liên kết với nhau bằng một dây nhẹ, không giãn, vắt qua ròng rọc bán kính $R = 10\text{cm}$ và mô men quán tính $I = 0,050\text{kgm}^2$ (hình vẽ). Biết dây không trượt trên ròng rọc. Lúc đầu, các vật được giữ đứng yên, sau đó hệ vật được thả ra.

Người ta thấy sau 2s, ròng rọc quay quanh trục của nó được 2 vòng và gia tốc của các vật A, B là không đổi. Cho $g = 10\text{m/s}^2$. Coi ma sát ở trục ròng rọc là không đáng kể.

- Tính gia tốc góc của ròng rọc.
- Tính gia tốc của hai vật.
- Tính lực căng của dây ở hai bên ròng rọc.
- Tính hệ số ma sát trượt giữa vật B với bàn.



Phân tích và hướng dẫn giải

- Gia tốc góc của ròng rọc được tính:

$$\text{Từ } \varphi = \gamma t^2 / 2 \rightarrow \gamma = 2\varphi / t^2 = 6,28\text{rad/s}^2$$

- Gia tốc của hai vật:

$$a = R\gamma = 0,63\text{m/s}^2$$

- Lực căng của dây ở hai bên ròng rọc:

$$\text{Đối với vật A: } P_A - T_A = ma$$

$$\Rightarrow T_A = mg - ma = 9,17(\text{N}) = T_A$$

- Đối với ròng rọc: $(T_A - T_B)R = I\gamma$

$$\Rightarrow T_B = T_A - I\gamma / R = 6,03(\text{N})$$

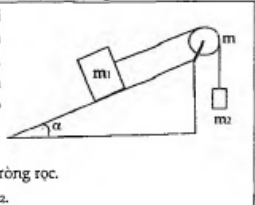
- Hệ số ma sát được tính:

$$\text{Đối với vật B: } T_B - F_{ms} = ma \Rightarrow F_{ms} = T_B - ma = 5,4(\text{N})$$

$$\text{Hệ số ma sát trượt giữa vật B và mặt bàn là: } \mu = F_{ms} / mg = 0,55$$

Ví dụ 3: Cho cơ hệ như hình vẽ. Khối lượng của các vật và ròng rọc lần lượt là: $m_1 = 4\text{kg}$, $m_2 = 1\text{kg}$, $m = 1\text{kg}$. Ròng rọc được xem như đĩa tròn đồng chất có bán kính $R = 10\text{cm}$. Bỏ qua ma sát. Lấy $g = 10\text{m/s}^2$. Cho $\alpha = 30^\circ$. Hãy tính:

- Gia tốc của m_1 , m_2 và gia tốc góc của ròng rọc.
- Lực căng của sợi dây nối với m_1 và m_2 .



Phân tích và hướng dẫn giải

- Các lực tác dụng lên m_1 gồm: $\vec{P}_1, \vec{T}_1, \vec{N}$

- Các lực tác dụng lên m_2 gồm: \vec{P}_2, \vec{T}_2

- Các lực tác dụng lên ròng rọc gây ra mô men đối với trục quay: \vec{T}_1, \vec{T}_2

Áp dụng định luật II Niu-ton cho vật m_1 và vật m_2 , ta được:

$$m_1 g \sin \alpha - T_1 = m_1 a_1 \quad (1)$$

$$T_2 - m_2 g = m_2 a_2 \quad (2)$$

Áp dụng phương phương động lực học cho chuyển động quay của ròng rọc ta có:

$$T_1 R - T_2 R = I \gamma \quad (3)$$

Mặt khác:

$$T'_1 = T_1, T'_2 = T_2,$$

$$a_1 = a_2 = a = R\gamma, I = \frac{1}{2} m R^2 \quad (4)$$

Từ (1), (2), (3), (4) ta có:

$$\gamma = \frac{2g(m_1 \sin \alpha - m_2)}{R(2m_1 + 2m_2 + m)} = \frac{2 \cdot 10(4,0 \cdot 0,5 - 1)}{0,1 \cdot (2 \cdot 4 + 2 \cdot 1 + 1)} (\text{rad/s}^2) = \frac{200}{11} (\text{rad/s}^2)$$

$$a_1 = a_2 = a = R\gamma = 0,1 \cdot \frac{200}{11} \approx 1,8 (\text{m/s}^2).$$

b) Lực căng các dây được tính:

$$T_2 = m_2(g + a_2) = 1 \cdot (10 + 1,8) = 11,8 (\text{N})$$

$$T_1 = m_1 g \sin \alpha - m_1 a_1 = 4 \cdot 10 \cdot 0,5 - 4 \cdot 1,8 = 12,8 (\text{N})$$

Dạng 7: Xác định gia tốc góc của vật rắn trong chuyển động quay quanh một trục cố định khi mô men lực tác dụng lên vật thay đổi.

PHƯƠNG PHÁP

Bài tập loại này thường chỉ yêu cầu xác định gia tốc góc khi vật ở một vị trí đặc biệt nào đó. Vì mô men lực thay đổi nên gia tốc góc cũng thay đổi. Để làm bài tập loại này ta cũng làm giống như dạng 1 đó là:

- Xác định mô men lực tác dụng lên vật
- Áp dụng phương trình động lực học vật rắn chuyển động quay
- Dùng toán học tìm kết quả.

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Thanh đồng chất OA khối lượng m và chiều dài l có thể quay tự do trong mặt phẳng thẳng đứng với trục quay (O) nằm ngang. Ban đầu thanh được giữ nằm ngang rồi thả cho rơi.



Tính gia tốc góc của thanh, gia tốc dài của đầu thanh tại thời điểm bắt đầu thả.

A. $a = g$

B. $a = 2g$

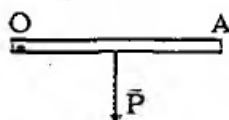
C. $a = \frac{3}{2}g$

D. $a = \frac{2}{3}g$

Phân tích và hướng dẫn giải

Tại thời điểm thả để thanh chuyển động (thanh đang nằm ngang), mô men lực làm thanh quay là:

$$M = P \frac{l}{2} = \frac{mgl}{2}$$



Áp dụng phương trình động lực học cho chuyển động quay ta có :

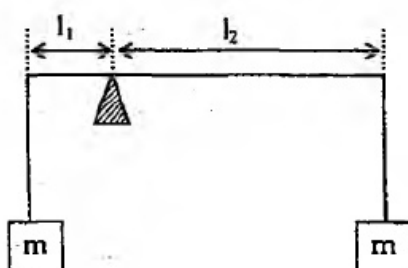
$$M = I\gamma \Rightarrow \gamma = \frac{M}{I} \text{ với } I = \frac{1}{3}ml^2 \Rightarrow \gamma = \frac{mgl/2}{ml^2/3} = \frac{3g}{2l}$$

Gia tốc dài của đầu A thanh tại thời điểm bắt đầu thả:

$$a = \gamma \cdot l = \frac{3g}{2l} \cdot l = \frac{3}{2}g$$

Chọn C

Ví dụ 2: Có hai vật nặng, mỗi vật có khối lượng $m = 100g$ treo vào hai đầu của một thanh không trọng lượng, độ dài $l_1 + l_2$ với $l_1 = 20cm$ và $l_2 = 80cm$. Thanh được giữ ở vị trí nằm ngang, như trên hình vẽ, sau đó được buông ra. Tính gia tốc của hai vật nặng và lực căng của dây treo khi các vật bắt đầu chuyển động. Lấy $g = 10m/s^2$.



Phân tích và hướng dẫn giải

Các lực tác dụng lên m_1 và m_2 như hình vẽ 13.

Áp dụng định luật II Niu-ton cho m_1 và m_2 ta được:

$$m_2g - T_2 = m_2a_2 \quad (1)$$

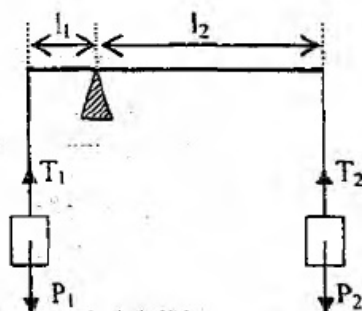
$$T_1 - m_1g = m_1a_1 \quad (2)$$

$$\text{Đôi với thanh: } T_2l_2 - T_1l_1 = 0 \quad (3)$$

$$\text{Mặt khác: } \frac{a_1}{a_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad (4)$$

Từ (1), (2), (3), (4)

với lưu ý $m_1 = m_2 = m = 100g$ ta có:



Phân tích và hướng dẫn giải

Áp dụng công thức: $M = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{L - L_{01}}{t - t_0} = \frac{L}{t}$

Suy ra: $L = M.t = 50.5 = 250 \text{ kg.m}^2/\text{s}$

Chọn D

Đạng 9: Bài tập áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng**PHƯƠNG PHÁP**

- Kiểm tra điều kiện bài toán để áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng.
- Tính mô men động lượng của hệ ngay trước và ngay sau khi tương tác. Trường hợp có sự tương tác giữa chất điểm với vật rắn thì mô men động lượng của chất điểm đối với trục quay được viết theo công thức:

$$L = mv.r = mr^2\omega.$$

- Áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng: $L_{hệ} = \text{hằng số}$
- Từ phương trình định luật bảo toàn, ta dùng toán học để tìm kết quả.

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Một sàn quay có dạng một đĩa tròn đồng chất khối lượng $M = 25 \text{ kg}$, bán kính $R = 2\text{m}$. Một người khối lượng $m = 50 \text{ kg}$ đứng tại mép sàn. Sàn và người quay đều với tốc độ $0,2 \text{ vòng/s}$. Khi người đó đi tới điểm cách trục quay 1m thì tốc độ góc của người và sàn bằng bao nhiêu?

- A. $0,5 \text{ vòng/s}$ B. $0,6 \text{ vòng/s}$ C. 5 vòng/s D. 6 vòng/s

Phân tích và hướng dẫn giải

Mô men quán tính ban đầu của hệ:

$$I_1 = \frac{1}{2}MR^2 + mR^2 = \frac{1}{2} \cdot 25 \cdot 2^2 + 50 \cdot 2^2 = 250(\text{kg.m}^2).$$

Mô men quán tính của hệ khi người cách trục quay 1m :

$$I_2 = \frac{1}{2}MR^2 + m\frac{R^2}{4} = \frac{1}{2} \cdot 25 \cdot 2^2 + 50 \cdot \frac{2^2}{4} = 100(\text{kg.m}^2)$$

Momen động lượng của hệ ban đầu: $L_1 = I_1\omega_1$

Khi người cách trục quay 1m thì momen động lượng của hệ là: $L_2 = I_2\omega_2$

Áp dụng định luật bảo toàn momen động lượng, ta có:

$$L_1 = L_2 \text{ hay } I_1\omega_1 = I_2\omega_2 \Rightarrow \omega_2 = \frac{I_1\omega_1}{I_2} = \frac{250 \cdot 0,2}{100} = 0,5 \text{ vòng/s}.$$

Chọn A

Ví dụ 2: Một người ngồi trên một chiếc ghế đang quay, hai tay cầm hai quả tạ, mỗi quả 3,0kg. Khi người ấy dang tay theo phương ngang, các quả tạ cách trục quay 1,0m và người quay với tốc độ góc 0,75rad/s. Giả thiết mô men quán tính của hệ "người + ghế" là không đổi và bằng 3,0kg.m². Sau đó kéo quả tạ theo phương ngang lại gần trục quay cách trục quay 0,30m. Tốc độ góc mới của hệ "người + ghế".

- A. 1,5 rad/s B. 1,9 rad/s C. 1,1 rad/s D. 0,5 rad/s

Phân tích và hướng dẫn giải

Coi người, ghế và quả tạ là một hệ.

Áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng cho hệ nói trên ta có

$$L_1 = L_2 \rightarrow I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

Với: $I_1 = 3 + 2 \cdot 3 \cdot 1^2 = 9 \text{ (kgm}^2\text{)}$

$$I_2 = 3 + 2 \cdot 3 \cdot (0,3)^2 = 3,54 \text{ (kgm}^2\text{)}$$

$$\text{Do đó: } \omega_2 = \frac{I_1 \omega_1}{I_2} = \frac{9 \cdot 0,75}{3,54} = 1,9 \text{ (rad/s)}$$

Chọn B

Ví dụ 3: Một đứa trẻ, khối lượng M đứng ở mép một sàn quay có bán kính và mô men quán tính I. Sàn đứng yên. Bỏ qua ma sát ở trục quay. Đứa trẻ ném một hòn đá khối lượng m theo phương ngang, tiếp tuyến với mép của sàn. Tốc độ của hòn đá so với mặt đất là v. Hỏi :

- Tốc độ góc của sàn quay.
- Tốc độ dài của đứa trẻ.

Phân tích và hướng dẫn giải

Coi sàn, đứa trẻ và hòn đá là một hệ. Thời gian ném đá là rất nhỏ ta có thể bỏ qua xung của mô men lực tác dụng vào hệ và coi mô men động lượng của hệ là bảo toàn trong thời gian tương tác.

Mô men động lượng của hệ ngay trước khi ném đá là $L_0 = 0$ (sàn, đứa trẻ, đá đứng yên)

Mô men động lượng của hệ ngay sau khi ném đá là:

$$L_{\text{hệ}} = L_{\text{sàn}} + L_{\text{trẻ}} + L_{\text{đá}}; L_{\text{hệ}} = I\omega + MR^2\omega + mvR$$

Áp dụng định luật vào toàn mô men động lượng:

$$L_{\text{hệ}} = 0 \Rightarrow (I + MR^2)\omega + mvR = 0$$

$$\text{a) Tốc độ góc của đứa trẻ: } \omega = \frac{-mvR}{I + MR^2}$$

$$\text{b) Tốc độ dài của đứa trẻ: } v = \omega R = \frac{-mvR^2}{I + MR^2}$$

Ví dụ 4: Một thanh mảnh, đồng tính, dài 0,5m, khối lượng 0,4kg. Thanh có thể quay trên một mặt phẳng nằm ngang, quanh một trục thẳng đứng đi qua khối tâm của nó. Thanh đang đứng yên, thì một viên đạn khối lượng 3,0g bay trên mặt phẳng ngang của thanh và cắm vào một đầu thanh. Phương của vận tốc của viên đạn làm với thanh một góc 60° . Vận tốc góc của thanh ngay sau va chạm là 10rad/s. Hỏi tốc độ của viên đạn ngay trước va chạm là bao nhiêu?

- A. 1,28m/s B. 1,58m/s C. 2,18m/s D. 3,28m/s

Phân tích và hướng dẫn giải

Mô men động lượng của đạn ngay trước va chạm:

$$L_1 = mv \cdot \frac{l}{2} \sin 60^\circ = 3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,5}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} v = 0,650v$$



Mô men động lượng của hệ ngay sau khi viên đạn cắm vào thanh:

$$L_h = \left[\frac{1}{12} M l^2 + m \frac{l^2}{4} \right] \omega = \left[\frac{1}{12} \cdot 4 \cdot (0,5)^2 + 3 \cdot 10^{-3} \cdot (0,25)^2 \right] \omega = 0,835 \omega$$

Áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng:

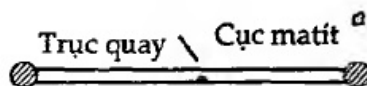
$$L_h = L_1 \Rightarrow v = \frac{0,835}{0,650} \omega = 1,28 \text{ (m/s) Chọn A}$$

Ví dụ 5: Hai quả cầu, mỗi quả khối lượng $M = 2,0\text{kg}$ được gắn ở hai đầu thanh mảnh khối lượng không đáng kể dài 50,0cm. Thanh có thể quay không ma sát trong mặt phẳng thẳng đứng quanh một trục nằm ngang đi qua tâm của nó. Khi thanh đang nằm ngang thì có một cục matit có khối lượng $m = 50,0\text{g}$ rơi vào một quả cầu vào một quả cầu và dính vào đó. Tốc độ góc của hệ ngay sau khi cục matit rơi vào?

- A. 0,44rad/s B. 0,15rad/s C. 3,5rad/s D. 6,5rad/s

Phân tích và hướng dẫn giải

Coi thanh với hai quả cầu và cục matit là một hệ. Vì thời gian va chạm là rất ngắn và khối lượng của cục matit rất nhỏ nên ta có thể bỏ qua xung của mô men lực tác dụng vào hệ và coi mô men động lượng của hệ là bảo toàn trong thời gian va chạm.



Mô men của hệ ngay trước khi va chạm

(mô men động lượng của cục ma tí) là: $L_1 = mv \frac{1}{2}$

Mô men động lượng của hệ ngay sau va chạm là:

$$L_2 = I_{\text{hệ}} \omega = \left(2I + m \left(\frac{1}{2} \right)^2 \right) \omega \text{ với } I = M \left(\frac{1}{2} \right)^2 \Rightarrow L_2 = (2M + m) \frac{1}{4} \omega$$

Theo định luật bảo toàn mô men động lượng:

$$L_2 = L_1 \Leftrightarrow (2M + m) \frac{1}{4} \omega = mv \frac{1}{2}$$

$$\text{Suy ra: } \omega = \frac{2mv}{(2M + m) \cdot 1} = \frac{2 \cdot 0,050 \cdot 3,0}{(4,00 + 0,050) \cdot 0,50} = 0,15 \text{ rad/s}$$

Chọn B

Đang 10: Tính động năng của vật rắn trong chuyển động quay quanh một trục cố định

PHƯƠNG PHÁP

- Viết công thức tính động năng của vật hoặc hệ vật: $W_d = \frac{1}{2} I \omega^2$.
- Nếu đề bài cho mô men quán tính và tốc độ góc thì ta áp dụng công thức.
- Nếu đề bài chưa cho I và ω thì ta tìm mômen quán tính và tốc độ góc theo các đại lượng động học, động lực học hoặc áp dụng các định luật bảo toàn.

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Một sàn quay hình trụ có khối lượng 80kg và có bán kính 1,5m. Sàn bắt đầu quay nhờ một lực không đổi nằm ngang, có độ lớn 500N tác dụng vào sàn theo phương tiếp tuyến với mép sàn. Tìm động năng của sàn sau 3,0s.

- A. 281KJ B. 22125J C. 28125J D. 18425J

Phân tích và hướng dẫn giải

Mô men quán tính của sàn đối với trục quay của nó:

$$I = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot (1,50)^2 = 90 \text{ kgm}^2$$

Mô men quay của lực tác dụng vào sàn:

$$M = F \cdot R = 500 \cdot 1,50 = 750 \text{ N.m}$$

$$\text{Giá tốc góc của sàn sau 3s: } \gamma = \frac{M}{I} \cdot t = \frac{750}{90} \cdot 3 = 25 \text{ rad/s}$$

$$\text{Vận tốc góc của sàn sau 3s } \Rightarrow \omega = \gamma t = \frac{25}{3} \cdot 3,0 = 25 \text{ rad/s}$$

$$\text{Động năng của sàn sau 3s: } W_d = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot 90 \cdot (25,0)^2 = 28125 \text{ J}$$

Chọn C

Đang 11: Tính động năng của vật rắn trong chuyển động lăn.

PHƯƠNG PHÁP

Áp dụng công thức: $W = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$ và xác định các đại lượng trong công thức để tìm động năng.

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Một cái đĩa hình trụ đặc khối lượng $M = 1,4\text{kg}$ và bán kính $R = 8,5\text{cm}$ lăn trên một mặt bàn nằm ngang với tốc độ 15cm/s .

- Vận tốc tức thời của đỉnh đĩa đang lăn là bao nhiêu?
- Tốc độ góc của đĩa đang quay là bao nhiêu?
- Động năng của đĩa là bao nhiêu?

Phân tích và hướng dẫn giải

- Tốc độ của một vật đang lăn là tốc độ khối tâm của nó.

Tốc độ của đỉnh đĩa gấp đôi tốc độ ấy nên:

$$v_{\text{đỉnh}} = 2v_{\text{kt}} = 2 \cdot 15 \text{ (cm/s)} = 30 \text{ (cm/s)}$$

- Tốc độ góc của đĩa đang quay là:

$$\omega = \frac{v_{\text{kt}}}{R} = \frac{15}{8,5} \text{ (rad/s)} = 1,8 \text{ (rad/s)}$$

- Động năng của đĩa:

Ta có mô men quán tính đối với khối tâm:

$$I = \frac{1}{2} MR^2$$

$$W = \frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m v_{\text{kt}}^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} MR^2 \right) \left(\frac{v_{\text{kt}}}{R} \right)^2 + \frac{1}{2} M v_{\text{kt}}^2 = \frac{3}{4} M v_{\text{kt}}^2$$

$$\Rightarrow W = \frac{3}{4} \cdot 1,4 \cdot (0,15)^2 = 0,024 \text{ J}$$

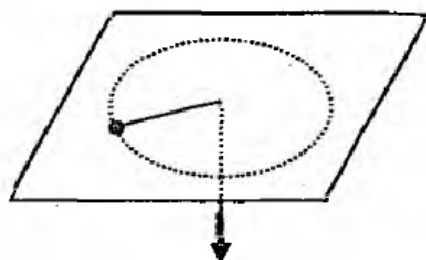
Dạng 12: Bài tập áp dụng định lí động năng trong chuyển động quay.

PHƯƠNG PHÁP

Áp dụng công thức: $A = \Delta W_d$ để đi tìm lực hoặc các đại lượng liên quan.

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Một quả bóng có khối lượng 0,12kg được buộc vào đầu một sợi dây luôn qua một lỗ thủng nhỏ ở mặt bàn (hình vẽ). Lúc đầu quả bóng chuyển động trên đường tròn, bán kính 40cm, với tốc độ dài 80cm/s. Sau đó dây được kéo qua lỗ xuống dưới 15 cm. Bỏ qua ma sát với bàn. Hãy xác định:



- Tốc độ góc của quả bóng trên đường tròn mới.
- Công của lực kéo.

Phân tích và hướng dẫn giải

- Tốc độ góc của quả bóng khi dây chưa kéo:

$$\omega_1 = \frac{v}{R} = \frac{80}{40} = 2(\text{rad/s})$$

Gọi ω_2 là tốc độ góc của quả bóng sau khi dây được kéo qua lỗ xuống dưới
Áp dụng định luật bảo toàn mô men động lượng:

$$L_1 = L_2 \Rightarrow I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$

$$\Rightarrow \omega_2 = \frac{I_1 \omega_1}{I_2} = \frac{m R_1^2 \omega_1}{m R_2^2} = \frac{40^4}{(40 - 15)^2} \cdot 2 = 5,12(\text{rad/s})$$

- Áp dụng định lí động năng:

$$A = \Delta W_d = \frac{1}{2} I_2 \omega_2^2 - \frac{1}{2} I_1 \omega_1^2 = \frac{1}{2} m R_2^2 \omega_2^2 - \frac{1}{2} m R_1^2 \omega_1^2$$

$$\text{Thay số: } A = 0,06 \text{ (J)}$$

Ví dụ 2: Công cần thiết để tăng tốc đều một bánh xe từ nghỉ đến tốc độ góc 200rad/s là 3000J trong 10s. Tìm momen lực tác dụng vào bánh xe?

- A. $M = 30\text{Nm}$ B. $M = 40\text{Nm}$ C. $M = 50\text{Nm}$ D. $M = 60\text{Nm}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Theo định lý biến thiên động năng: $A = \Delta W_d = W_d - W_{d0}$

$$\Rightarrow A = \frac{1}{2} I \omega^2 \Rightarrow I = \frac{2A}{\omega^2} = \frac{2.300}{200^2} = 0,15 \text{ (kgm}^2\text{)}.$$

Gia tốc góc của vật: $\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow \gamma = \frac{\omega}{t} = \frac{200}{10} = 20 \text{ (rad/s)}.$

Momen lực tác dụng vào bánh xe là: $M = I\gamma = 0,15.20 = 30 \text{ (Nm)}$

Chọn A

Đạng 13: Bài tập áp dụng định luật bảo toàn cơ năng trong chuyển động quay.

PHƯƠNG PHÁP

Bài tập lại này chủ yếu áp dụng định luật bảo toàn cơ năng cho vật rắn có trục quay cố định nằm ngang trong trường hợp bỏ qua ma sát. Do đó khi Phân tích và hướng dẫn giải ta áp dụng công thức:

$$W = W_t + W_d = mgh_c + \frac{1}{2} I \omega^2 = \text{hằng số}$$

Trong đó: $h_c = l(1 - \cos\alpha)$ độ cao khối tâm của vật rắn so với mốc ta chọn thế năng bằng 0, l là khoảng cách từ khối tâm đến trục quay, α là góc giữa đường thẳng nối khối tâm và trục quay so với phương thẳng đứng.

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Một cái cột dài 2,5m đứng cân bằng trên mặt đất nằm ngang. Do bị đụng nhẹ cột rơi xuống trong mặt phẳng thẳng đứng. Giả sử đầu dưới của cột không bị trượt. Tính tốc độ của đầu trên của cột ngay trước khi nó chạm đất. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

- A. $v = 7,7 \text{ m/s}$ B. $v = 8,6 \text{ m/s}$ C. $v = 6,8 \text{ m/s}$ D. $v = 10 \text{ m/s}$

Phân tích và hướng dẫn giải

Chọn gốc thế năng ở mặt đất. Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng cho cột ở vị trí thẳng đứng và ngay trước khi chạm đất, ta có:

$$\Delta W_t = -\Delta W_d \Rightarrow \frac{1}{2} I \omega^2 = mg \frac{l}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} ml^2 \omega^2 = mg \frac{l}{2} \Rightarrow \frac{1}{6} ml^2 \frac{v^2}{l^2} = mg \frac{l}{2}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{3gl} = \sqrt{3 \cdot 9,8 \cdot 2,5} \text{ (m/s)} \approx 8,6 \text{ (m/s)}$$

Chọn đáp án B

Ví dụ 2: Một ròng rọc khối lượng M , bán kính R , có thể quay tự do xung quanh trục cố định của nó. Một sợi dây quấn quanh ròng rọc và đầu tự do của dây có gắn một vật khối lượng m . Giữ cho vật đứng yên rồi thả nhẹ ra. Khi vật m rơi xuống được một đoạn bằng h thì tốc độ của nó ở thời điểm đó có phụ thuộc bán kính R không?

Phân tích và hướng dẫn giải:

Chọn mốc tính thế năng tại chân độ cao h là O'

Cơ năng của hệ ban đầu: $W = W_t = mgh$

Cơ năng của hệ khi vật rơi đến O':

$$W' = W_{đr} + W_{đq} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mv^2$$

$$\text{Theo ĐLBT cơ năng ta có: } W' = W \Rightarrow \frac{3}{4}mv^2 = mgh \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4gh}{3}}$$

Vậy: Tốc độ của vật không phụ thuộc R

BÀI TẬP VẬN DỤNG:

Câu 1: Hệ cơ học gồm một thanh AB có chiều dài l, khối lượng không đáng kể, đầu A của thanh được gắn chặt điểm có khối lượng m và đầu B của thanh được gắn chặt điểm có khối lượng 3m. Momen quán tính của hệ đối với trục vuông góc với AB và đi qua trung điểm của thanh là

- A. $I = ml^2$. B. $I = 3ml^2$. C. $I = 4ml^2$. D. $I = 2ml^2$.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Momen quán tính của hệ đối với trục vuông góc với AB và đi qua trung điểm của thanh là

$$I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 = m\left(\frac{l}{2}\right)^2 + 3m\left(\frac{l}{2}\right)^2 = ml^2$$

Chọn A.

Câu 2: Một thanh OA đồng chất, tiết diện đều, có khối lượng 1 kg. Thanh có thể quay quanh một trục cố định theo phương ngang đi qua đầu O và vuông góc với thanh. Đầu A của thanh được treo bằng sợi dây có khối lượng không đáng kể. Bỏ qua ma sát ở trục quay, lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Khi thanh ở trạng thái cân bằng theo phương ngang thì dây treo thẳng đứng, vậy lực căng của dây là

- A. 1,0 N. B. 10 N. C. 20 N. D. 5,0 N.

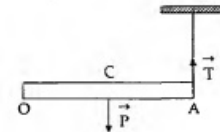
Phân tích và hướng dẫn giải:

Khi thanh cân bằng:

$$P \cdot OC = T \cdot OA$$

$$\Rightarrow T = P \cdot \frac{OC}{OA} = \frac{mg}{2} = 5 \text{ N.}$$

Chọn D



Câu 3: Tại thời điểm $t = 0$, một vật rắn bắt đầu quay quanh một trục cố định xuyên qua vật với gia tốc góc không đổi. Sau 5 s nó quay được một góc 25 rad. Vận tốc góc tức thời của vật tại thời điểm $t = 5 \text{ s}$ là

- A. 5 rad/s. B. 15 rad/s. C. 10 rad/s. D. 25 rad/s.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Sau 5 s nó quay được một góc 25 rad nên từ biểu thức

$$\varphi = \frac{1}{2}\gamma t^2 \Rightarrow \gamma = \frac{2\varphi}{t^2} = \frac{2 \cdot 25}{5^2} = 2 \text{ rad/s}^2.$$

Vận tốc góc tức thời của vật tại thời điểm $t = 5 \text{ s}$ là: $\omega = \gamma t = 2.5 = 10 \text{ rad/s}$.

Chọn C.

Câu 4: Một vật rắn đang quay quanh một trục cố định xuyên qua vật.

Các điểm trên vật rắn không thuộc trục quay

- A. quay được những góc không bằng nhau trong cùng một khoảng thời gian.
B. ở cùng một thời điểm, có cùng vận tốc góc.
C. ở cùng một thời điểm, không cùng gia tốc góc.
D. ở cùng một thời điểm, có cùng vận tốc dài.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Trong cùng khoảng thời gian dt các điểm của vật rắn đều quay được cùng một góc $d\varphi$, do đó các điểm này có cùng vận tốc góc $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ và cùng gia

tốc góc $\gamma = \frac{d\omega}{dt}$. Do đó A, C sai

$v = \omega R$ nên các điểm này có vận tốc dài khác nhau nên D sai. Vậy chọn B

Câu 5: Một vật rắn đang quay chậm dần đều quanh một trục cố định xuyên qua vật thì

- A. tích vận tốc góc và gia tốc góc là số âm.
B. vận tốc góc luôn có giá trị âm.
C. gia tốc góc luôn có giá trị âm.
D. tích vận tốc góc và gia tốc góc là số dương.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Vật rắn quay chậm dần đều, nếu $\omega > 0$ thì $\gamma < 0$ và nếu $\omega < 0$ thì $\gamma > 0 \Rightarrow \omega, \gamma < 0$. **Chọn A**

- Câu 6:** Một người đang đứng ở mép của một sàn hình tròn, nằm ngang. Sàn có thể quay trong mặt phẳng nằm ngang quanh một trục cố định, thẳng đứng, đi qua tâm sàn. Bỏ qua các lực cản. Lúc đầu sàn và người đứng yên. Nếu người ấy chạy quanh mép sàn theo một chiều thì sàn
- quay ngược chiều chuyển động của người.
 - vẫn đứng yên vì khối lượng của sàn lớn hơn khối lượng của người.
 - quay cùng chiều chuyển động của người rồi sau đó quay ngược lại.
 - quay cùng chiều chuyển động của người.

Phân tích và hướng dẫn giải:

- Ban đầu momen động lượng của hệ (người và bàn) bằng 0
- Khi người chạy quanh mép bàn theo một chiều sẽ có momen động lượng là L_1 và bàn có momen động lượng L_2
- Theo định luật bảo toàn momen động lượng $L_1 + L_2 = 0 \Rightarrow L_1 = -L_2$. Do đó bàn sẽ quay theo chiều ngược với chiều chuyển động của người. **Chọn A**.

- Câu 7:** Một bánh xe có momen quán tính đối với trục quay Δ cố định là I kg.m² đang đứng yên thì chịu tác dụng của một momen lực 30 N.m đối với trục quay Δ . Bỏ qua mọi lực cản. Sau bao lâu, kể từ khi bắt đầu quay, bánh xe đạt tới vận tốc góc có độ lớn 100 rad/s?

A. 12 s. B. 15 s. C. 20 s. D. 30 s.

Phân tích và hướng dẫn giải:

- Phương trình động lực học của vật rắn quay quanh trục cố định là $M = I\gamma \Rightarrow \gamma = \frac{M}{I} = \frac{30}{I} = 5 \text{ rad/s}^2$.
- Kể từ khi bắt đầu quay, thời gian để bánh xe đạt tới vận tốc góc có độ lớn 100 rad/s là: $\omega = \gamma t \Rightarrow t = \frac{\omega}{\gamma} = \frac{100}{5} = 20 \text{ s}$. **Chọn C**

- Câu 8:** Phát biểu nào sai khi nói về momen quán tính của một vật rắn đối với một trục quay xác định?

- Momen quán tính của một vật rắn luôn luôn dương.
- Momen quán tính của một vật rắn có thể dương, có thể âm tùy thuộc vào chiều quay của vật.
- Momen quán tính của một vật rắn đặc trưng cho mức quán tính của vật trong chuyển động quay.
- Momen quán tính của một vật rắn phụ thuộc vào vị trí trục quay.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Dựa vào định nghĩa về momen quán tính: $I = \sum m_i r_i^2 \Rightarrow I$ có giá trị dương

và I phụ thuộc vào vị trí trục quay và đặc trưng cho mức quán tính của vật trong chuyển động quay. Do đó B sai. **Chọn B**

- Câu 9:** Một bánh xe đang quay với tốc độ góc 24 rad/s thì bị hãm. Bánh xe quay chậm dần đều với gia tốc góc có độ lớn 2 rad/s². Thời gian từ lúc hãm đến lúc bánh xe dừng là

A. 24 s. B. 8 s. C. 12 s. D. 16 s.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Ta có: $\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow t = \frac{\omega - \omega_0}{\gamma} = \frac{0 - 24}{-2} = 12 \text{ s}$. **Chọn B**

- Câu 10:** Vật rắn thứ nhất quay quanh trục cố định Δ_1 có momen động lượng là L_1 , momen quán tính đối với trục Δ_1 là $I_1 = 9 \text{ kg.m}^2$. Vật rắn thứ hai quay quanh trục cố định Δ_2 có momen động lượng là L_2 , momen quán tính đối với trục Δ_2 là $I_2 = 4 \text{ kg.m}^2$. Biết động năng quay của hai vật rắn trên là bằng nhau. Tỉ số $\frac{L_1}{L_2}$ bằng

A. $\frac{4}{9}$. B. $\frac{2}{3}$. C. $\frac{9}{4}$. D. $\frac{3}{2}$.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Ta có: $W_{d1} = W_{d2} \Rightarrow I_1 \omega_1^2 = I_2 \omega_2^2 \Rightarrow \frac{\omega_1}{\omega_2} = \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} = \frac{3}{2}$

$\frac{L_1}{L_2} = \frac{I_1 \omega_1}{I_2 \omega_2} = \frac{9}{4} \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2}$. **Chọn D.**

- Câu 11:** Một vật rắn quay nhanh dần đều từ trạng thái nghỉ quanh một trục cố định. Góc mà vật quay được sau khoảng thời gian t , kể từ lúc vật bắt đầu quay tỉ lệ với

A. t^2 . B. t . C. \sqrt{t} . D. $1/t$.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Vật rắn quay nhanh dần đều từ trạng thái nghỉ nên có gia tốc góc là hằng số ($\gamma = \text{const}$) và vận tốc góc lúc đầu bằng 0 ($\omega_0 = 0$)

$\Rightarrow \Delta\varphi = \frac{1}{2} \gamma t^2 \Rightarrow \Delta\varphi \propto t^2$. **Vậy chọn A**

Câu 12: Một vật rắn quay quanh trục cố định Δ dưới tác dụng của momen lực 3 N.m. Biết gia tốc góc của vật có độ lớn bằng 2 rad/s². Momen quán tính của vật đối với trục quay Δ là

- A. 0,7 kg.m². B. 1,2 kg.m². C. 1,5 kg.m². D. 2,0 kg.m².

Phân tích và hướng dẫn giải:

Ta có: $M = I\gamma \Rightarrow I = \frac{M}{\gamma} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ kg.m}^2$. Chọn C

Câu 13: Một thanh AB đồng chất, tiết diện đều, chiều dài L được đỡ ngang nhờ một giá đỡ ở đầu A và một giá đỡ ở điểm C trên thanh. Nếu giá đỡ ở đầu A chịu 1/4 trọng lượng của thanh thì giá đỡ ở điểm C phải cách đầu B của thanh một đoạn

- A. $\frac{2L}{3}$. B. $\frac{3L}{4}$. C. $\frac{L}{3}$. D. $\frac{L}{2}$.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Điều kiện cân bằng của thanh AB:

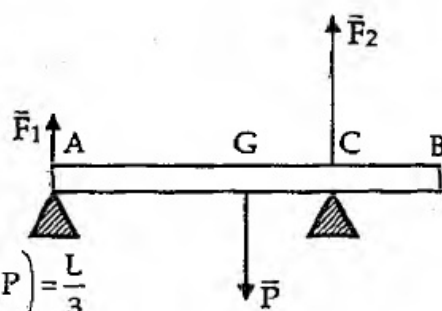
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{P} = \vec{0} \quad (1)$$

$$M_B(\vec{F}_1) + M_B(\vec{F}_2) + M_B(\vec{P}) = 0 \quad (2)$$

Từ (1): $F_2 = P - F_1 = P - \frac{1}{4}P = \frac{3}{4}P$ (3)

Từ (2): $AB.F_1 - GB.P + CB.F_2 = 0$

$$\Rightarrow CB = \frac{1}{F_2}(GB.P - AB.F_1) = \frac{4}{3P}\left(\frac{L}{2}P - \frac{L}{4}P\right) = \frac{L}{3}$$



Vậy chọn C

Câu 14: Momen lực tác dụng lên vật rắn có trục quay cố định có giá trị

- A. bằng không thì vật đứng yên hoặc quay đều
B. không đổi và khác không thì luôn làm vật quay đều
C. dương thì luôn làm vật quay nhanh dần
D. âm thì luôn làm vật quay chậm dần

Phân tích và hướng dẫn giải:

Phương động lực học của vật rắn quay quanh một trục cố định: $M = I\gamma$

- Khi $M = 0 \Rightarrow \gamma = 0$. Do đó A đúng
- Khi $M = \text{const}$ và $M \neq 0 \Rightarrow \gamma \neq 0$. Do đó B sai
- Dấu của M phụ thuộc vào chiều dương quy ước, khi chọn chiều quay là chiều dương thì $M > 0$ mới làm cho vật quay nhanh dần. Do đó C và D là chưa chính xác. Chọn A.

Câu 15: Một bàn tròn phẳng nằm ngang bán kính 0,5 m có trục quay cố định thẳng đứng đi qua tâm bàn. Momen quán tính của bàn đối với trục quay này là 2 kg.m^2 . Bàn đang quay đều với tốc độ góc $2,05 \text{ rad/s}$ thì người ta đặt nhẹ một vật nhỏ khối lượng $0,2 \text{ kg}$ vào mép bàn và vật dính chặt vào đó. Bỏ qua ma sát ở trục quay và sức cản của môi trường. Tốc độ góc của hệ bàn và vật là

- A. $0,25 \text{ rad/s}$ B. $1,0 \text{ rad/s}$ C. $2,05 \text{ rad/s}$ D. 2 rad/s

Phân tích và hướng dẫn giải:

- Theo định luật bảo toàn momen động lượng: $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$

với I_2 là momen quán tính của hệ (bàn và vật)

$$I_2 = I_1 + mR^2 = 2 + 0,2 \cdot 0,5^2 = 2,05 \text{ kg.m}^2.$$

$$\Rightarrow \omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{I_1}{I_2} = 2 \text{ rad/s. Chọn D.}$$

Câu 16: Một ròng rọc có trục quay nằm ngang cố định, bán kính R , khối lượng m . Một sợi dây không giãn có khối lượng không đáng kể, một đầu quấn quanh ròng rọc, đầu còn lại treo một vật khối lượng cũng bằng m . Biết dây không trượt trên ròng rọc. Bỏ qua ma sát của ròng rọc với trục quay và sức cản của môi trường. Cho momen quán tính của ròng rọc đối với trục quay là $I = \frac{1}{2}mR^2$ và gia tốc rơi tự do g .

- A. $\frac{g}{3}$ B. $\frac{g}{2}$ C. g D. $\frac{2g}{3}$

Phân tích và hướng dẫn giải:

- Phương trình động lực học cho chuyển động quay của ròng rọc:

$$M = T.R = I\gamma \Rightarrow T = I \frac{a}{R^2} \quad (1)$$

- Định luật II Newton cho vật: $P - T = ma$ (2)

Từ (1) và (2) ta suy ra:

$$mg - \frac{I}{R^2}a = ma \Leftrightarrow a = \frac{mg}{m + \frac{I}{R^2}} = \frac{mg}{m + \frac{\frac{1}{2}mR^2}{R^2}} = \frac{2g}{3}. \text{ Chọn D}$$

Câu 17: Một thanh mảnh đồng chất tiết diện đều, khối lượng m , chiều dài l , có thể quay xung quanh trục nằm ngang đi qua một đầu thanh và vuông góc với thanh. Bỏ qua ma sát ở trục quay và sức cản của môi trường. Mômen quán tính của thanh đối với trục quay là $I = \frac{1}{3}ml^2$ và gia tốc rơi tự

do là g . Nếu thanh được thả không vận tốc đầu từ vị trí nằm ngang thì khi tới vị trí thẳng đứng thanh có tốc độ góc ω bằng

- A. $\sqrt{\frac{2g}{3l}}$ B. $\sqrt{\frac{3g}{l}}$ C. $\sqrt{\frac{3g}{2l}}$ D. $\sqrt{\frac{g}{3l}}$

Phân tích và hướng dẫn giải:

Chọn gốc thế năng tại vị trí của khối tâm lúc thanh thẳng đứng

Theo định luật bảo toàn cơ năng: $\frac{1}{2}I\omega^2 = mgh$

$$\text{Với } I = \frac{1}{3}ml^2 \text{ và } h = \frac{l}{2} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2mgh}{I}} = \sqrt{\frac{2mg \cdot \frac{l}{2}}{\frac{1}{3}ml^2}} = \sqrt{\frac{3g}{l}}. \text{ Chọn B}$$

Câu 18: Một vật rắn quay quanh một trục cố định đi qua vật có phương trình chuyển động $\varphi = 10 + t^2$ (φ tính bằng rad, t tính bằng giây). Tốc độ góc và góc mà vật quay được sau thời gian 5 s kể từ thời điểm $t = 0$ lần lượt là

- A. 10 rad/s và 25 rad B. 5 rad/s và 25 rad
C. 10 rad/s và 35 rad D. 5 rad/s và 35 rad

Phân tích và hướng dẫn giải:

$$\begin{cases} \omega = \frac{d\varphi}{dt} = 2t = 2 \cdot 5 = 10 \text{ rad/s} \\ \varphi = 10 + t^2 = 5^2 = 25 \text{ rad} \end{cases}$$

Chọn A

Câu 19: Một đĩa phẳng đang quay quanh trục cố định đi qua tâm và vuông góc với mặt phẳng đĩa với tốc độ góc không đổi. Một điểm bất kỳ nằm ở mép đĩa

- A. không có cả gia tốc hướng tâm và gia tốc tiếp tuyến
B. chỉ có gia tốc hướng tâm mà không có gia tốc tiếp tuyến
C. chỉ có gia tốc tiếp tuyến mà không có gia tốc hướng tâm
D. có cả gia tốc hướng tâm và gia tốc tiếp tuyến

Phân tích và hướng dẫn giải:

- ω không đổi suy ra vật quay đều
- Khi đĩa quay, một điểm bất kỳ nằm ở mép đĩa cách trục quay một khoảng r sẽ chuyển động tròn đều và chỉ có gia tốc hướng tâm, gia tốc tiếp tuyến bằng 0. Do đó A, C, D sai. Chọn B

Câu 20: Một thanh cứng đồng chất có chiều dài l , khối lượng m , quay quanh một trục Δ qua trung điểm và vuông góc với thanh. Cho momen quán tính của thanh đối với trục Δ là $I = \frac{1}{12}ml^2$. Gắn chất điểm có khối lượng $m/3$ vào một đầu thanh. Momen quán tính của hệ đối với trục Δ là

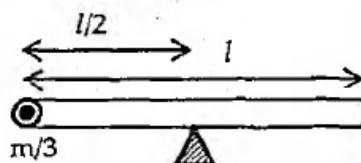
- A. $\frac{1}{6}ml^2$ B. $\frac{13}{12}ml^2$ C. $\frac{4}{3}ml^2$ D. $\frac{1}{3}ml^2$

Phân tích và hướng dẫn giải:

Momen quán tính của hệ đối với trục Δ là:

$$I = \frac{1}{12}ml^2 + \frac{m}{3} \cdot \frac{l^2}{4} = \frac{1}{6}ml^2.$$

Chọn A.



Câu 21: Coi Trái Đất là một quả cầu đồng chất có khối lượng $m = 6,0 \cdot 10^{24}$ kg, bán kính $R = 6400$ km và momen quán tính đối với trục Δ qua tâm là $\frac{2}{5}mR^2$. Lấy $\pi = 3,14$. Momen động lượng của Trái Đất trong chuyển động quay xung quanh trục Δ với chu kì 24 giờ, có giá trị bằng

- A. $2,9 \cdot 10^{32}$ kg.m²/s. B. $8,9 \cdot 10^{33}$ kg.m²/s.
C. $1,7 \cdot 10^{33}$ kg.m²/s. D. $7,1 \cdot 10^{33}$ kg.m²/s.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Momen động lượng của Trái Đất trong chuyển động quay xung quanh trục Δ với chu kì 24 giờ:

$$\begin{aligned} L &= I\omega = I \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{2}{5}mR^2 \cdot \frac{2\pi}{T} \\ &= \frac{2\pi}{5} \cdot 6,0 \cdot 10^{24} \cdot (6400 \cdot 10^3)^2 \cdot \frac{2\pi}{24 \cdot 3600} = 7,1 \cdot 10^{33} \text{ kg.m}^2/\text{s}. \end{aligned}$$

Chọn D

Câu 22: Một đĩa tròn phẳng, đồng chất có khối lượng $m = 2$ kg và bán kính $R = 0,5$ m. Biết momen quán tính đối với trục Δ qua tâm đối xứng và vuông góc với mặt phẳng đĩa là $\frac{1}{2}mR^2$. Từ trạng thái nghỉ, đĩa bắt đầu quay xung quanh trục Δ cố định, dưới tác dụng của một lực tiếp tuyến với mép ngoài và đồng phẳng với đĩa. Bỏ qua các lực cản. Sau 3 s đĩa quay được 36 rad. Độ lớn của lực này là

- A. $F = 4$ N. B. $F = 3$ N. C. $F = 6$ N. D. $F = 2$ N.

Phân tích và hướng dẫn giải:

- Phương trình động học của chuyển động quay:

$$\varphi = \frac{1}{2}\gamma t^2 \Rightarrow \gamma = \frac{2\varphi}{t^2} = \frac{2.36}{3^2} = 8 \text{ rad/s}$$

- Phương trình động lực học của vật rắn quay quanh một trục cố định:

$$M = I\gamma$$

Mặt khác: $I\gamma = F.R \Rightarrow F = \frac{I\gamma}{R} = \frac{\frac{1}{2}mR^2\gamma}{R} = \frac{1}{2}mR\gamma = 4\text{N}$. **Chọn A**

Câu 23: Một vật rắn quay quanh một trục cố định dưới tác dụng của momen lực không đổi và khác không. Trong trường hợp này, đại lượng thay đổi là

- A. Momen quán tính của vật đối với trục.
- B. Khối lượng của vật
- C. Momen động lượng của vật đối với trục đó.
- D. Gia tốc góc của vật.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Ta có: $M = I\gamma = \frac{dL}{dt} \Rightarrow$ Đại lượng thay đổi là momen động lượng. **Chọn B.**

Câu 24: Từ trạng thái nghỉ, một đĩa bắt đầu quay quanh trục cố định của nó với gia tốc không đổi. Sau 10 s, đĩa quay được một góc 50 rad. Góc mà đĩa quay được trong 10 s tiếp theo là

- A. 50 rad.
- B. 150 rad.
- C. 100 rad.
- D. 200 rad.

Phân tích và hướng dẫn giải:

- Góc quay trong 10 s đầu là:

$$\varphi_1 = \frac{1}{2}\gamma t^2 \Rightarrow \gamma = \frac{2\varphi_1}{t^2} = \frac{2.50}{10^2} = 1 \text{ rad/s}^2.$$

- Tốc độ góc tại thời điểm 10 s đầu tiên là:

$$\omega_0 = \gamma t = 10 \text{ rad/s}$$

- Góc quay trong 10 s tiếp theo là:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2 = 10.10 + \frac{1}{2}1.10^2 = 150 \text{ rad}.$$

Chọn B

Câu 25: Một vật rắn quay nhanh dần đều quanh một trục cố định, trong 3,14 s tốc độ góc của nó tăng từ 120 vòng/phút đến 300 vòng/phút. Lấy $\pi = 3,14$. Gia tốc góc của vật rắn có độ lớn là

- A. 3 rad/s²
- B. 12 rad/s²
- C. 8 rad/s²
- D. 6 rad/s²

Phân tích và hướng dẫn giải:

$$\omega_0 = 120 \text{ vòng/phút} = 4\pi \text{ rad/s}; \omega = 300 \text{ vòng/phút} = 10\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow \gamma = \frac{\omega - \omega_0}{3,14} = \frac{10\pi - 4\pi}{\pi} = 6 \text{ rad/s}^2. \text{ Chọn D}$$

câu 26: Momen quán tính của một vật rắn đối với một trục quay cố định

- A. Có giá trị dương hoặc âm tùy thuộc vào chiều quay của vật rắn.
- B. Phụ thuộc vào momen của ngoại lực gây ra chuyển động quay của vật rắn.
- C. Đặc trưng cho mức quán tính của vật rắn trong chuyển động quay quanh trục ấy.
- D. Không phụ thuộc vào sự phân bố khối lượng của vật rắn đối với trục quay.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Momen quán tính của một vật rắn đối với một trục quay cố định không phụ thuộc vào momen của ngoại lực gây ra chuyển động quay của vật rắn. nên A sai

$$I = \sum m_i r_i^2 \Rightarrow I \text{ có giá trị dương và } I \text{ phụ thuộc vào sự phân bố khối lượng của vật rắn đối với trục quay nên B và D sai.}$$

Momen quán tính của một vật là đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của vật rắn trong chuyển động quay quanh trục ấy. Vậy C đúng.

Chọn C.

Câu 27: Một bánh đà đang quay đều quanh trục cố định của nó. Tác dụng vào bánh đà một momen hãm, thì momen động lượng của bánh đà có độ lớn giảm đều từ $3,0 \text{ kg.m}^2/\text{s}$ xuống còn $0,9 \text{ kg.m}^2/\text{s}$ trong thời gian $1,5 \text{ s}$. Momen hãm tác dụng lên bánh đà trong khoảng thời gian đó có độ lớn là

- A. $3,3 \text{ N.m}$ B. 14 N.m C. $1,4 \text{ N.m}$ D. 33 N.m

Phân tích và hướng dẫn giải:

$$\text{Ta có: } L_2 - L_1 = I(\omega_2 - \omega_1)$$

$$\text{Mặt khác, trong thời gian } 1,5 \text{ s: } \omega_2 = \omega_1 + \gamma t$$

$$\text{Suy ra: } L_2 - L_1 = I(\omega_2 - \omega_1) = I\gamma t$$

$$\text{Phương trình chuyển động vật rắn quay quanh trục cố định: } M = I\gamma$$

$$L_2 - L_1 = I(\omega_2 - \omega_1) = I\gamma t = M.t \Rightarrow M = \frac{L_2 - L_1}{t} = \frac{0,9 - 3}{1,5} = -1,4 \text{ N.m}$$

Dấu "-" cho thấy momen hãm có tác dụng làm giảm tốc độ quay của bánh đà. Chọn C.

Câu 28: Một vật rắn quay nhanh dần đều quanh một trục cố định. Tại $t = 0$, tốc độ góc của vật là ω_0 . Kể từ $t = 0$, trong 10 s đầu, vật quay được một góc 150 rad và trong giây thứ 10 vật quay được một góc 24 rad. Giá trị của ω_0 là
A. 2,5 rad/s B. 5,0 rad/s C. 7,5 rad/s D. 10 rad/s

Phân tích và hướng dẫn giải:

Chọn $\varphi_0 = 0$ tại $t = 0$;

$$\text{Trong 9 s đầu: } \varphi_1 = \omega_0 t_1 + \frac{1}{2} \gamma t_1^2 \Rightarrow \varphi_1 = 90\omega_0 + 40,5\gamma \quad (1)$$

$$\text{Trong 10 s đầu: } \varphi_2 = \omega_0 t_2 + \frac{1}{2} \gamma t_2^2 \Rightarrow 150 = 10\omega_0 + 50\gamma \quad (2)$$

$$\text{Trong giây thứ 10: } \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \Rightarrow 24 = 150 - \varphi_1 \Rightarrow \varphi_1 = 126.$$

Thay vào (1) và giải hệ (1) và (2), ta suy ra $\omega_0 = 5 \text{ rad/s}$. **Chọn B.**

Câu 29: Một vật rắn quay quanh một trục cố định, có momen quán tính không đổi đối với trục này. Nếu momen lực tác dụng khác không và không đổi thì vật sẽ quay
A. với gia tốc góc không đổi. B. với tốc độ góc không đổi.
C. chậm dần đều rồi dừng hẳn. D. nhanh dần đều rồi chậm dần đều

Phân tích và hướng dẫn giải:

$M = I\gamma = \text{const} \Rightarrow$ Với I không đổi $\Rightarrow \gamma$ không đổi. **Chọn A**

Câu 30: Một đĩa tròn mỏng đồng chất có đường kính 30 cm, khối lượng 500 g, quay đều quanh trục cố định đi qua tâm đĩa và vuông góc với mặt phẳng đĩa. Biết chu kỳ quay của đĩa là 0,03 s. Công cần thực hiện để làm cho đĩa dừng lại có độ lớn là
A. 820 J. B. 123 J. C. 493 J. D. 246 J.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Định lý động năng:

$$W_{đ_2} - W_{đ_1} = A_{\text{nguồn lực}} \Leftrightarrow 0 - \frac{1}{2} I \omega^2 = A$$

$$\text{Với momen quán tính: } I = \frac{1}{2} m R^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot \frac{0,3^2}{4} = 5,625 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Tần số góc: } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,03} = 209,4 (\text{rad/s})$$

$$\Rightarrow A = -\frac{1}{2} \cdot 5,625 \cdot 10^{-3} \cdot 209,4^2 = 123 \text{ J.}$$

Chọn B

Câu 31: Một đĩa bắt đầu xoay quay quanh trục cố định của nó với gia tốc góc không đổi, sau 10s quay được góc 50 rad. Sau 20s kể từ lúc bắt đầu quay, góc mà đĩa quay được là
A. 400 rad B. 100 rad C. 300 rad D. 200 rad

Phân tích và hướng dẫn giải:

$$\varphi = \frac{1}{2} \gamma t^2 \Rightarrow \gamma = \frac{2\varphi}{t^2} = \frac{2 \cdot 50}{10^2} = 2 \text{ rad/s}^2.$$

Sau 20 s kể từ lúc bắt đầu quay, góc mà đĩa quay được là:

$$\Delta\varphi = \frac{1}{2} \gamma t^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 20^2 = 200 \text{ rad. Chọn D}$$

Câu 32: Tại thời điểm $t = 0$, một vật rắn bắt đầu quay nhanh dần đều từ trạng thái nghỉ quanh một trục cố định Δ . Ở các thời điểm t_1 và $t_2 = 4t_1$, momen động lượng của vật đối với trục Δ lần lượt là L_1 và L_2 . Hệ thức liên hệ giữa L_1 và L_2 là
A. $L_2 = 4L_1$. B. $L_2 = 2L_1$. C. $L_1 = 2L_2$. D. $L_1 = 4L_2$.

Phân tích và hướng dẫn giải:

$$\text{Ta có: } L_1 = I\omega_1 = I\gamma t_1; \quad L_2 = I\omega_2 = I\gamma t_2$$

$$\Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{t_2}{t_1} = 4 \Rightarrow L_2 = 4L_1. \text{ Chọn A}$$

Câu 33: Một bánh xe đang quay quanh một trục cố định (Δ) với động năng 1000J. Biết momen quán tính của bánh xe đối với trục Δ là 0,2 kg.m². Tốc độ góc của bánh xe là
A. 50 rad/s B. 10 rad/s C. 200 rad/s D. 100 rad/s

Phân tích và hướng dẫn giải:

Động năng vật rắn quay quanh một trục cố định:

$$W_d = \frac{1}{2} I \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2W_d}{I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000}{0,2}} = 100 \text{ rad/s. Chọn D.}$$

Câu 34: Một đĩa tròn bắt đầu quay nhanh dần đều từ trạng thái nghỉ quanh trục qua tâm và vuông góc với mặt đĩa, với gia tốc 0,25 rad/s². Sau bao lâu, kể từ lúc bắt đầu quay, góc giữa vectơ gia tốc tiếp tuyến và vectơ gia tốc của một điểm nằm trên mép đĩa bằng 45°?
A. 4 s B. 2 s C. 1 s D. 3 s

Phân tích và hướng dẫn giải:

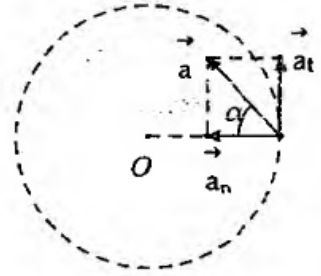
Vectơ gia tốc tiếp tuyến và vectơ

gia tốc hợp nhau một góc 45°:

$$\Rightarrow a_t = a_n \Rightarrow \gamma R = \omega^2 R$$

$$\Rightarrow \gamma = (\gamma t)^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{1}{\gamma}} = 2s$$

Chọn B.



Câu 35: Một vật rắn đang quay quanh một trục cố định xuyên qua vật.

Các điểm trên vật rắn không thuộc trục quay

- A. có cùng gia tốc góc tại cùng một thời điểm.
- B. có cùng tốc độ dài tại cùng một thời điểm.
- C. quay được những góc khác nhau trong cùng một khoảng thời gian.
- D. có tốc độ góc khác nhau tại cùng một thời điểm.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Trên một vật rắn thì mọi điểm đều có cùng gia tốc góc.

Chọn A.

Câu 36: Một vật rắn quay quanh nhanh dần đều từ trạng thái nghỉ quanh một trục cố định xuyên qua vật. Sau 4s đầu tiên, vật rắn này đạt tốc độ góc là 20 rad/s. Trong thời gian đó, một điểm thuộc vật rắn không nằm trên trục quay quay được một góc có độ lớn bằng

- A. 40 rad.
- B. 10 rad.
- C. 20 rad.
- D. 120 rad

Phân tích và hướng dẫn giải:

$$\text{Ta có } \gamma = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{20 - 0}{4} = 4 \text{ rad/s}^2.$$

$$\text{Mà } \Delta\varphi = \frac{1}{2} \gamma t^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 4^2 = 40 \text{ rad. Chọn A.}$$

Chuyên đề 2

CON LẮC VẬT LÍ

+ Con lắc vật lí là một vật rắn quay được quanh một trục nằm ngang cố định.

+ Phương trình dao động: $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$

Trong đó:

- Tần số góc: $\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$

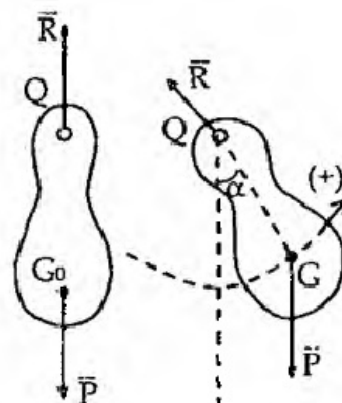
m : khối lượng vật rắn

I : momen quán tính đối với trục qua.

d : khoảng cách từ trọng tâm đến trục quay GQ.

- Chu kỳ dao động: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$

- Tần số dao động $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{mgd}{I}}$



+ Ứng dụng:

- Đo gia tốc trọng trường g .

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Con lắc đơn là trường hợp đặc biệt của con lắc vật lí: từ công

thức $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$ cho chu kỳ của con lắc vật lí suy ra công thức cho chu kỳ của con lắc đơn.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Con lắc đơn là trường hợp đặc biệt của con lắc vật lí khi xem vật m ở đúng vị trí của khối tâm của con lắc vật lí

$\Rightarrow I = md^2 \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{md^2}{mgd}} = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ trong đó l là chiều dài của con lắc đơn.

Ví dụ 2: Con lắc vật lí là một vật rắn quay được quanh một trục nằm ngang cố định. Dưới tác dụng của trọng lực, khi ma sát không đáng kể thì chu kỳ dao động nhỏ của con lắc

- không phụ thuộc vào gia tốc trọng trường tại vị trí con lắc dao động
- phụ thuộc vào biên độ dao động của con lắc
- phụ thuộc vào khoảng cách từ trọng tâm của vật rắn đến trục quay của nó
- không phụ thuộc vào momen quán tính của vật rắn đối với trục quay của nó

Phân tích và hướng dẫn giải:

Từ công thức tính chu kỳ dao động của con lắc vật lý:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

Ta có: chu kỳ dao động của con lắc vật lý phụ thuộc vào gia tốc trọng trường, momen quán tính của vật rắn đối với trục quay của nó, khối lượng của con lắc và khoảng cách từ trọng tâm của vật rắn đến trục quay của nó.

Vì thế câu này, chọn C

Ví dụ 3: Một con lắc vật lý là một thanh mảnh, hình trụ, đồng chất, khối lượng m , chiều dài l , dao động điều hòa (trong một mặt phẳng thẳng đứng) quanh một trục cố định nằm ngang đi qua một đầu thanh. Biết momen quán tính của thanh đối với trục quay đã cho là $I = \frac{1}{3}ml^2$. Tại nơi có gia tốc trọng trường g , dao động của con lắc này có tần số góc là

A. $\omega = \sqrt{\frac{2g}{3l}}$ B. $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ C. $\omega = \sqrt{\frac{3g}{2l}}$ D. $\omega = \sqrt{\frac{g}{3l}}$

Phân tích và hướng dẫn giải:

Tần số góc của con lắc vật lý với $I = \frac{1}{3}ml^2$ và $d = \frac{l}{2}$:

$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}} = \sqrt{\frac{mg \frac{l}{2}}{\frac{1}{3}ml^2}} = \sqrt{\frac{3g}{2l}}. \text{ Chọn C}$$

Ví dụ 4: Một vật rắn có khối lượng $m = 1,5\text{kg}$ có thể dao động quanh một trục nằm ngang dưới tác dụng của trọng lực. Chu kỳ của các dao động nhỏ là $T = 1,4\text{s}$. Khoảng cách từ trục quay đến khối tâm của vật là $d = 10\text{cm}$. Tính mômen quán tính I của vật đối với trục quay.

Lấy $g = 10\text{m/s}^2$.

A. $I = 0,075\text{kg.m}^2$ B. $I = 0,75\text{kg.m}^2$ C. $I = 7,5\text{kg.m}^2$ D. $I = 75\text{kg.m}^2$

Phân tích và hướng dẫn giải:

Chu kỳ dao động của con lắc vật lý: $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$

$$\Rightarrow I = \frac{mgd}{4\pi^2} T^2 = \frac{1,5 \cdot 10 \cdot 0,1}{4\pi^2} \cdot 1,4^2 = 0,075\text{kg.m}^2$$

Chọn A.

BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Một vật rắn có khối lượng $m = 1,2\text{kg}$ có thể dao động quanh một trục nằm ngang dưới tác dụng của trọng lực. Khoảng cách từ trục quay đến trọng tâm của vật là $d = 12\text{cm}$. Momen quán tính của vật đối với trục quay là $I = 0,03\text{ kg.m}^2$. Biết $g = 10\text{m/s}^2$. Chu kỳ dao động nhỏ của vật là

- A. $T = 0,4\text{s}$ B. $T = 1,2\text{s}$ C. $T = 0,9\text{s}$ D. $T = 1,8\text{s}$

Phân tích và hướng dẫn giải:

Áp dụng công thức tính chu kỳ con lắc vật lý:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}} = 2\pi \sqrt{\frac{0,03}{1,2 \cdot 10 \cdot 0,12}} = 0,9\text{s}$$

Chọn đáp án C

Câu 2: Một con lắc vật lý là một vật rắn có khối lượng $m = 4\text{ kg}$ dao động điều hòa với chu kỳ $T = 0,5\text{s}$. Lấy $g = 10\text{ m/s}^2$ và $\pi^2 = 10$. Mômen quán tính của vật đối với trục quay là $0,05\text{ kg.m}^2$. Khoảng cách từ trọng tâm của vật đến trục quay của nó là .

- A. 20cm. B. 25. C. 30cm. D. 35cm.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Theo bài ra ta có:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}} \Rightarrow d = \frac{4\pi^2 I}{mgT^2} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 0,05}{4 \cdot 10 \cdot 0,5^2} = 0,2\text{m} = 20\text{cm}.$$

Chọn A.

Chuyên đề 3

HIỆU ỨNG DOPPLER

Định nghĩa: Hiệu ứng Đốp-ple là hiện tượng thay đổi tần số sóng do nguồn sóng chuyển động tương đối với máy thu.

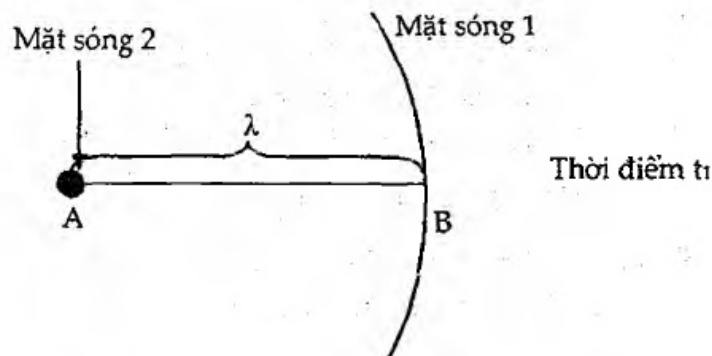
Giải thích hiệu ứng Doppler:

Trường hợp 1. Nguồn âm và máy thu đều đứng yên.

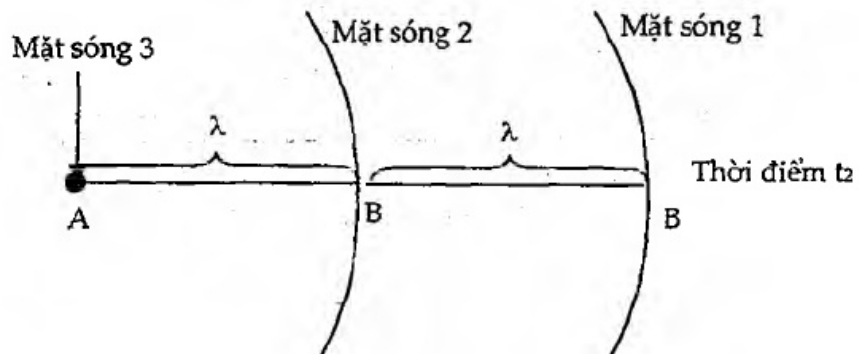
Giả sử ở thời điểm t_0 tại A, nguồn âm bắt đầu phát ra âm có vận tốc v và chu kỳ T từ A bắt đầu phát ra một mặt sóng cầu thứ nhất. Lúc này ở vị trí B, máy thu chưa nhận được âm.



Đến thời điểm $t_1 = T$, mặt sóng thứ nhất truyền đến B. Lúc này máy thu bắt đầu nhận được âm truyền đến. Ta có quãng đường AB đúng bằng bước sóng λ .



Sau một chu kỳ T nữa, tức là vào thời điểm $t_2 = 2T$ thì mặt sóng thứ nhất truyền đi được một quãng đường λ , lúc này mặt sóng thứ hai truyền đến B, thế chỗ vào vị trí của mặt sóng thứ nhất vào thời điểm $t_1 = T$.



Như vậy sau một chu kỳ T của sóng từ nguồn phát thì máy thu lại nhận được âm lần thứ hai. Điều đó có nghĩa là chu kỳ của sóng âm mà máy thu nhận được trong trường hợp này là như nhau. Nguồn âm phát ra âm có tần số bao nhiêu thì máy thu sẽ thu được âm có cùng tần số đó.

Từ trường hợp này ta có thể định nghĩa:

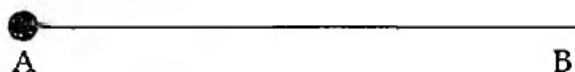
Chu kỳ biểu kiến của sóng (tức là chu kỳ của sóng mà máy thu nhận được) là khoảng thời gian tính từ lúc mặt sóng thứ nhất đi qua máy thu đến thời điểm mặt sóng thứ hai đi qua máy thu.

Và

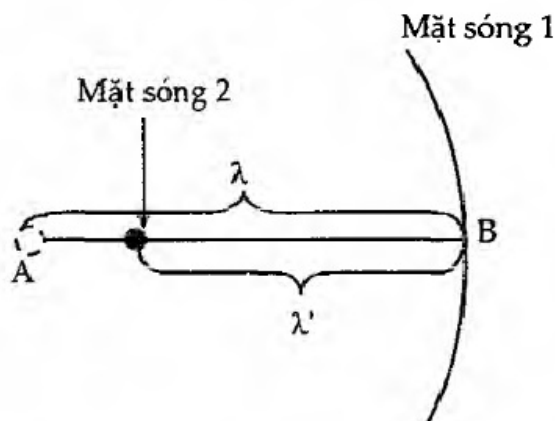
Bước sóng biểu kiến là quãng đường mà sóng âm truyền được kể từ thời điểm mặt sóng thứ nhất gặp máy thu cho đến thời điểm mặt sóng thứ hai gặp máy thu.

Trường hợp 2: Nguồn âm chuyển động với vận tốc v_s , máy thu đứng yên.

Giả sử ở thời điểm t_0 tại A, nguồn âm bắt đầu phát ra âm có vận tốc v và chu kỳ T từ A bắt đầu phát ra một mặt sóng cầu thứ nhất. Lúc này ở vị trí B, máy thu chưa nhận được âm.



Đến thời điểm $t_1 = T$, mặt sóng thứ nhất truyền đến B. Lúc này máy thu tại B bắt đầu nhận được âm truyền đến.



Nhưng do nguồn âm chuyển động nên ở thời điểm $t_1 = T$ thì nguồn âm ở vị trí A' cách A một đoạn $AA' = v_s \cdot T$. Lúc này nó bắt đầu phát ra mặt sóng thứ hai.

Tính từ lúc máy bắt đầu nhận được âm thì cần thêm thời gian $T' = \frac{A'B}{v}$ nữa thì máy thu lại nhận được âm lần thứ hai. Điều đó có nghĩa là thời gian kể từ lúc mặt sóng thứ nhất đi qua máy thu đến lúc mặt sóng thứ hai đi qua

máy thu là $T' = \frac{A'B}{v}$. Hay nói cách khác chu kỳ biểu kiến của sóng âm mà

máy thu nhận được là $T' = \frac{A'B}{v}$. Từ hình vẽ trên ta suy ra:

$$\lambda' = \lambda - v_s \cdot T \Leftrightarrow \frac{v}{f'} = \frac{v}{f} - \frac{v_s}{f}$$

Từ đó ta suy ra công thức tính tần số biểu kiến mà máy thu ghi nhận được

tại B là: $f' = \frac{v}{v - v_s} f$

Từ đây ta có: tần số mà máy thu nhận được lớn hơn tần số do nguồn âm phát ra.

Trong khoảng thời gian của chu kỳ biểu kiến T' , sóng âm truyền được quãng đường $\lambda' = A'B$. Quãng đường này chính là bước sóng biểu kiến của sóng âm mà máy thu nhận được.

Khi nguồn âm đứng yên thì bước sóng biểu kiến mà máy thu nhận được là $\lambda = AB$.

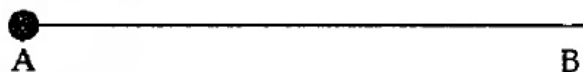
Như vậy, so với trường hợp nguồn âm đứng yên thì khi nguồn âm chuyển động, bước sóng biểu kiến của nó đã thay đổi một lượng là $AA' = v_s \cdot T$.

Từ trường hợp này ta có nhận xét sau:

Khi nguồn âm chuyển động với vận tốc v_s thì nó làm cho bước sóng biểu kiến thay đổi một lượng là $v_s \cdot T = \frac{v_s}{f}$. Với T và f là chu kỳ và tần số của sóng âm do nguồn phát ra.

Trường hợp 3: Nguồn âm đứng yên, máy thu chuyển động với vận tốc v_n

Giả sử ở thời điểm t_0 tại A, nguồn âm bắt đầu phát ra âm vận tốc v và chu kỳ T từ A bắt đầu phát ra một mặt sóng cầu thứ nhất. Lúc này ở vị trí B, máy thu chưa nhận được âm.



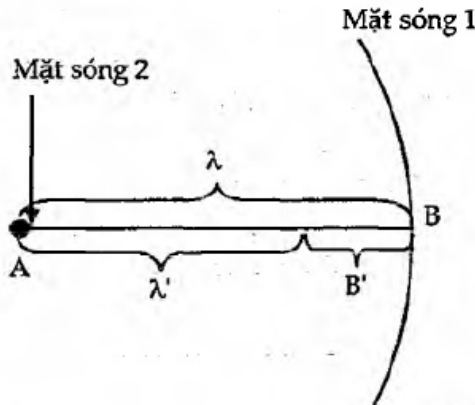
Đến thời điểm $t_1 = T$, mặt sóng thứ nhất truyền đến B. Lúc này máy thu bắt đầu nhận được âm truyền đến.

Bắt đầu từ thời điểm t_1 , mặt sóng thứ hai bắt đầu truyền từ A, máy thu bắt đầu chuyển động từ B, đến B' thì mặt sóng thứ hai gặp máy thu.

Như vậy, tính từ lúc mặt sóng thứ nhất gặp máy thu tại B cho đến lúc mặt sóng thứ hai gặp máy thu tại B' sóng âm chỉ phải truyền đi quãng đường $\lambda' = AB'$. Đó chính là bước sóng biểu kiến của sóng âm mà máy thu nhận

được. Chu kỳ dao động biểu kiến mà máy thu nhận được là $T' = \frac{\lambda'}{v} = \frac{AB'}{v}$

So với bước sóng λ khi máy thu đứng yên thì khi máy thu chuyển động bước sóng này đã thay đổi một đoạn $BB' = v_n \cdot T'$



Từ hình vẽ ta có: $\lambda' + BB' = \lambda \Leftrightarrow v \cdot T' + v_n T' = v \cdot T \Leftrightarrow \frac{v}{f'} + \frac{v_n}{f'} = \frac{v}{f}$

Từ đó ta tính được tần số biểu kiến của sóng âm mà máy thu nhận được là:

$$f' = f \cdot \frac{(v + v_n)}{v}$$

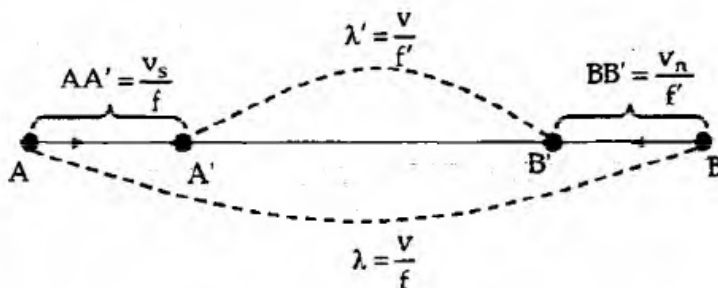
Tần số này lớn hơn tần số biểu kiến f mà máy âm nhận được khi nó đứng yên. Từ trường hợp này ta có nhận xét sau:

Khi máy thu chuyển động với vận tốc v thì nó làm cho bước sóng biểu kiến thay đổi một đoạn $BB' = v_n T' = \frac{v_n}{f'}$. Với T' và f' là chu kỳ và tần số biểu kiến của sóng âm do máy thu nhận được.

Bây giờ ta vận dụng hai nhận xét ở hai trường hợp trên để xét trường hợp còn lại.

Trường hợp 4. Nguồn âm chuyển động với vận tốc v_s , máy thu chuyển động với vận tốc v_n .

Ví dụ 1. Nguồn âm và máy thu chuyển động lại gần nhau.



Từ hình vẽ ta thấy:

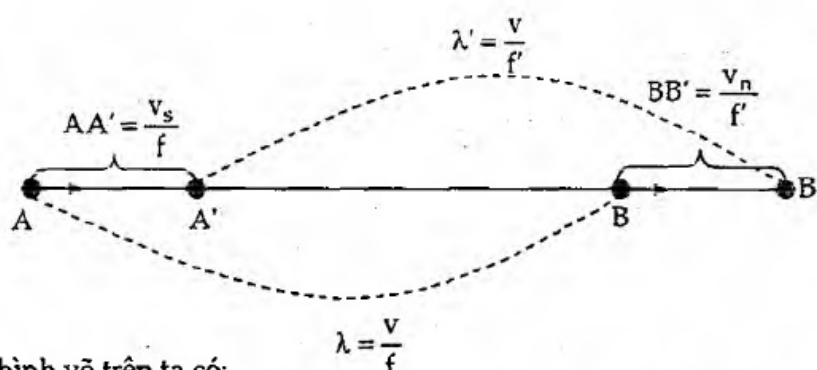
- + Sự chuyển động của nguồn âm làm cho bước sóng biểu kiến giảm đi đoạn AA' .
- + Sự chuyển động của máy thu làm cho bước sóng biểu kiến giảm đi đoạn BB' .

Như vậy, bước sóng biểu kiến mà máy thu nhận được là:

$$\lambda = AA' + \lambda' + BB' \Leftrightarrow \frac{v}{f} = \frac{v_s}{f} + \frac{v}{f'} + \frac{v_n}{f'} \Rightarrow \frac{v + v_n}{f'} = \frac{v - v_s}{f} \Rightarrow f' = \frac{v + v_n}{v - v_s} f$$

Như vậy trong trường hợp nguồn âm và máy thu chuyển động lại gần nhau thì tần số biểu kiến mà máy thu nhận lớn hơn tần số phát ra từ nguồn âm.

Ví dụ 2. Nguồn âm chuyển động đuổi theo máy thu.



Từ hình vẽ trên ta có:

$$\lambda + BB' = AA' + \lambda' \Leftrightarrow \frac{v}{f} + \frac{v_n}{f'} = \frac{v_s}{f} + \frac{v}{f'} \Leftrightarrow \frac{v}{f} - \frac{v_s}{f} = \frac{v}{f'} - \frac{v_n}{f'} \Rightarrow f' = \frac{v - v_n}{v - v_s} f$$

Từ kết quả trên ta có nhận xét rằng: khi $v_s = v_n$ thì $f' = f$. Nghĩa là, nếu nguồn âm và máy thu chuyển động cùng chiều với cùng một vận tốc thì tần số âm biểu kiến của máy thu nhận được đúng bằng tần số phát ra từ nguồn. Tổng quát cho các trường hợp ta có công thức sau để tính tần số biểu kiến mà máy thu nhận được.

$$f' = f \cdot \frac{v \pm v_n}{v \pm v_s}$$

Trong đó cần lưu ý hai điều sau đây:

- + Về vị trí: Vận tốc của máy thu (nếu có) xuất hiện ở trên tử số, vận tốc của nguồn âm (nếu có) thì xuất hiện ở mẫu số.
- + Về dấu: Dấu của v_n và v_s được lấy theo nguyên tắc: tiến lại gần thì làm f' tăng, tiến ra xa thì làm f' giảm

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Để kiểm chứng hiệu ứng Dopp-ple, người ta bố trí trên một đường ray thẳng một nguồn âm chuyển động đều với tốc độ 30m/s, phát ra âm với tần số xác định và một máy thu âm đứng yên. Biết âm truyền trong

không khí với tốc độ 340m/s. Khi nguồn âm lại gần thì máy thu đo được tần số âm là 740 Hz. Tần số của âm mà máy thu đo được khi nguồn âm ra xa máy thu là

- A. 620Hz B. 710Hz C. 740Hz D. 540Hz

Phân tích và hướng dẫn giải:

Tần số của máy thu khi nguồn âm tiến lại gần máy thu: $f' = \frac{v}{v - v_s} f$ (1)

Tần số của máy thu khi nguồn âm ra xa máy thu: $f'' = \frac{v}{v + v_s} f$ (2)

Từ (1) và (2) ta có: $f'' = \frac{v - v_s}{v + v_s} f' = \frac{340 - 30}{340 + 30} \cdot 740 = 620(\text{Hz})$.

Vậy chọn A

Ví dụ 2: Một người cảnh sát giao thông đứng ở một bên đường dùng còi phát điện phát ra âm có tần số 1020 Hz hướng về một chiếc ô tô đang chuyển động về phía mình với tốc độ 36km/h. Sóng truyền âm trong không khí với tốc độ 340m/s. Xác định tần số âm của tiếng còi mà người ngồi trong xe nghe được và tần số âm của còi phản xạ lại từ ô tô mà người cảnh sát nghe được.

- A. 1020Hz B. 1050Hz C. 1082Hz D. 1090Hz

Phân tích và hướng dẫn giải:

Đổi đơn vị: $v_n = 36\text{km/h} = 10\text{m/s}$

Tần số âm của còi mà người ngồi trên ô tô nghe được tương ứng với trường hợp nguồn âm đứng yên, máy thu chuyển động lại gần:

$$f' = \frac{v + v_n}{v} f = \frac{340 + 10}{340} \cdot 1020 = 1050\text{Hz}.$$

Tần số âm của còi phản xạ từ ô tô mà người cảnh sát nghe được tương ứng với trường hợp nguồn âm chuyển động lại gần máy thu (tần số nguồn âm bây giờ là $f' = 1050\text{Hz}$):

$$f'' = \frac{v}{v - v_s} f' = \frac{340}{340 - 10} \cdot 1050 = 1082\text{Hz}.$$

Chọn C

Ví dụ 3: Một người cảnh sát giao thông đứng ở bên kia đường dùng một thiết bị phát ra âm có tần số 800 Hz về phía một ô tô vừa đi qua trước mặt. Máy thu của người cảnh sát nhận được một âm phản xạ có tần số 650 Hz. Tính tốc độ của ô tô. Biết tốc độ của âm trong không khí là 340 m/s.

- A. 60Km/h B. 82,4Km/h
C. 137,5Km/h D. 126,6Km/h

Phân tích và hướng dẫn giải:

Tần số âm mà ô tô nhận được trong trường hợp này tương ứng với máy thu chuyển động ra xa nguồn và nguồn đứng yên ($v_n = v_{\text{ôtô}}$; $v_s = 0$)

Tần số âm ô tô nhận được: $f' = \frac{v - v_n}{v} f = \frac{v - v_{\text{ôtô}}}{v} f$.

Tần số âm mà cảnh sát giao thông nhận được ứng với trường hợp nguồn âm chuyển động ra xa máy thu và máy thu đứng yên ($v'_s = v_{\text{ôtô}}$; $v'_n = 0$).

Tần số âm cảnh sát giao thông thu được:

$$f'' = \frac{v}{v + v'_s} f' = \frac{v}{v + v_{\text{ôtô}}} f' = \frac{v - v_{\text{ôtô}}}{v + v_{\text{ôtô}}} f$$

$$\Rightarrow v_{\text{ôtô}} = \frac{v(f - f'')}{f + f''} = \frac{340(800 - 650)}{800 + 650} = 35,2 \text{ m/s} = 126,6 \text{ km/h}.$$

Chọn D

Chú ý: Thông thường thì cảnh sát giao thông bắn tốc độ các phương tiện giao thông khi phương tiện giao thông tiến về phía cảnh sát. Trong bài vừa rồi là trường hợp khi xe qua mặt cảnh sát mới bắn tốc độ. Nghĩa là cảnh sát giao thông kiểm tra tốc độ của các phương tiện tham gia giao thông được theo cả hai chiều.

Ví dụ 4: Một ô tô đang chạy vào khu dân cư thì phát hiện phía trước có cảnh sát giao thông đang ở bên lề đường dùng súng bắn tốc độ để kiểm tra tốc độ của mình. Biết súng bắn tốc độ phát ra một tín hiệu dạng sóng âm phản xạ có tần số 2000 Hz. Máy thu của người cảnh sát nhận được âm phản xạ có tần số 2200 Hz. Biết tốc độ âm trong không khí là 340 m/s. Biết tốc độ cho phép trong khu dân cư đối với ô tô này là không quá 60 km/h. Hỏi ô tô có vi phạm tốc độ hay không?

A. Có, vì tốc độ của ô tô mà cảnh sát giao thông đo được là 70km/h
 B. Có, vì tốc độ của ô tô mà cảnh sát giao thông đo được là 100km/h
 C. Không, vì tốc độ của ô tô mà cảnh sát giao thông đo được là 44,8km/h
 D. Không, vì tốc độ của ô tô mà cảnh sát giao thông đo được là 58,3km/h

Phân tích và hướng dẫn giải:

Tần số âm mà ô tô nhận được trong trường hợp này tương ứng với máy thu chuyển động lại gần nguồn và nguồn đứng yên ($v_n = v_{\text{ôtô}}$; $v_s = 0$)

Tần số âm ô tô nhận được: $f' = \frac{v + v_n}{v} f = \frac{v + v_{\text{ôtô}}}{v} f$.

Tần số âm mà cảnh sát giao thông nhận được ứng với trường hợp nguồn âm chuyển động lại gần máy thu và máy thu đứng yên ($v'_s = v_{\text{ôtô}}$; $v'_n = 0$).

Tần số âm cảnh sát giao thông thu được:

$$f'' = \frac{v}{v - v_s} f' = \frac{v}{v - v_{\text{ôtô}}} f' = \frac{v + v_{\text{ôtô}}}{v - v_{\text{ôtô}}} f$$

$$\Rightarrow v_{\text{ôtô}} = \frac{v(f'' - f)}{f'' + f} = \frac{340(2200 - 2000)}{2200 + 2000} = 16,2 \text{ m/s} = 58,3 \text{ km/h} < 60 \text{ km/h}$$

Vậy ô tô này chạy với tốc độ cho phép. Chọn D.

Ví dụ 5: Một người đang ngồi trên ô tô khách chạy với tốc độ 72km/h nghe tiếng còi phát ra từ một ô tô tải. Tần số âm nghe được khi hai ô tô chuyển động lại gần nhau cao gấp 1,2 lần khi hai ô tô chuyển động rất xa nhau. Biết tốc độ của âm thanh là 340 m/s. Tốc độ của ô tô tải là

- A. 50km/h B. 39,5km/h C. 117,5km/h D. 110km/h

Phân tích và hướng dẫn giải:

Đổi đơn vị: $v_k = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$

Khi hai ô tô chuyển động lại gần nhau: $f' = \frac{v + v_k}{v - v_t} f$.

Khi hai ô tô chuyển động ra xa nhau: $f'' = \frac{v - v_k}{v + v_t} f$

Theo đề bài ra, ta có:

$$\Rightarrow \frac{f'}{f''} = 1,2 = \frac{(v + v_k)(v + v_t)}{(v - v_k)(v - v_t)} \Leftrightarrow 1,2 = \frac{360(340 + v_t)}{320(340 - v_t)}$$

$$\Leftrightarrow 384.340 - 384.v_t = 360.340 + 360.v_t$$

$$\Rightarrow v_t = \frac{384.340 - 360.340}{744} = 11 \text{ m/s} = 39,5 \text{ km/h}$$

Chọn B.

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Một con dơi đang bay với tốc độ 9 km/h thì phát ra sóng siêu âm có tần số 50000 Hz. Sóng siêu âm này gặp vật cản đang đứng yên phía trước và truyền ngược lại. Biết tốc độ truyền âm trong không khí là 340 m/s. Tần số sóng siêu âm phản xạ mà con dơi nhận được là

- A. 8020Hz B. 10050Hz C. 50741Hz D. 49090Hz

Phân tích và hướng dẫn giải:

Đổi đơn vị: $v_d = 9 \text{ km/h} = 2,5 \text{ m/s}$

Tần số sóng siêu âm phản xạ: $f' = \frac{v + v_d}{v} f$.

Tần số sóng siêu âm dơi thu được: $f'' = \frac{v}{v - v_d} f' = \frac{v + v_d}{v - v_d} f = 50741 \text{ Hz}$.

Chọn C.

Câu 2: Một máy đo tần số âm chuyển động với vận tốc u đến gần một nguồn âm đang phát ra âm có tần số f_0 đối với đất, máy đo được âm có tần số là $f_1 = 630 \text{ Hz}$. Khi máy đo chạy ra xa nguồn âm với vận tốc trên thì tần số đo được là $f_2 = 560 \text{ Hz}$. Tính u và f_0 .

Lấy vận tốc truyền âm trong không khí là 340 m/s .

- A. $u = 20 \text{ m/s}; f_0 = 595 \text{ Hz}$ B. $u = 20 \text{ m/s}; f_0 = 625 \text{ Hz}$
C. $u = 25 \text{ m/s}; f_0 = 595 \text{ Hz}$ D. $u = 25 \text{ m/s}; f_0 = 625 \text{ Hz}$

Phân tích và hướng dẫn giải:

Khi máy đo chuyển động lại gần: $f_1 = \frac{v+u}{v} f_0$.

Khi máy đo chuyển động ra xa: $f_2 = \frac{v-u}{v} f_0$.

$$\Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = 1,125 = \frac{v+u}{v-u} \Rightarrow u = \frac{(1,125-1)v}{1,125+1} = 20 \text{ m/s}; f_0 = \frac{v}{v+u} f_1 = 595 \text{ Hz}.$$

Chọn A

Câu 3: Một cái còi phát sóng âm có tần số 1000 Hz chuyển động đi ra xa bạn về phía một vách đá với tốc độ 10 m/s , biết tốc độ truyền âm trong không khí là 340 m/s . Tần số mà bạn nghe được trực tiếp từ còi và tần số âm phản xạ từ vách đá mà bạn nghe được?

- A. $f' = 971 \text{ Hz}$ và $f'' = 971 \text{ Hz}$ B. $f' = 971 \text{ Hz}$ và $f'' = 1030,3 \text{ Hz}$
C. $f' = 1000 \text{ Hz}$ và $f'' = 1030,3 \text{ Hz}$ D. $f' = 1000 \text{ Hz}$ và $f'' = 1000 \text{ Hz}$

Phân tích và hướng dẫn giải:

Nguồn âm chuyển động ra xa bạn, nên tần số âm mà bạn nghe trực tiếp từ còi là:

$$f' = \frac{v}{v+v_s} f = \frac{340}{340+10} \cdot 1000 \approx 971 \text{ Hz}$$

Nguồn âm chuyển động lại gần vách đá, nên tần số ở vách đá nhận được là:

$$f'' = \frac{v}{v-v_s} f = \frac{340}{340-10} \cdot 1000 \approx 1030,3 \text{ Hz}$$

Khi đó tần số người nhận được là tần số phản xạ từ vách đá

$$f'' = f'' = 1030,3 \text{ Hz}$$

Chọn B

Câu 4: Một máy dò tốc độ đang đứng yên phát sóng âm có tần số 150 KHz về phía một ô tô đang chuyển động lại gần nó với tốc độ 45 m/s , biết tốc độ truyền âm trong không khí là 340 m/s . Hỏi tần số mà máy dò tốc độ nhận được là bao nhiêu?

- A. 150 KHz B. 175 KHz C. 130 KHz D. 196 KHz

Phân tích và hướng dẫn giải:

Tần số âm mà ô tô nhận được trong trường hợp này tương ứng với máy thu chuyển động lại gần nguồn và nguồn đứng yên ($v_n = v_{\text{ôtô}}$; $v_s = 0$)

Tần số âm ô tô nhận được:

$$f' = \frac{v + v_n}{v} f = \frac{v + v_{\text{ôtô}}}{v} f$$

Tần số âm mà máy dò nhận được ứng với trường hợp nguồn âm chuyển động lại gần máy thu và máy thu đứng yên ($v'_s = v_{\text{ôtô}}$; $v'_n = 0$).

Tần số âm máy dò thu được:

$$f'' = \frac{v}{v - v'_s} f' = \frac{v}{v - v_{\text{ôtô}}} f' = \frac{v + v_{\text{ôtô}}}{v - v_{\text{ôtô}}} f = \frac{340 + 45}{340 - 45} \cdot 150 = 196 \text{ KHz}$$

Chọn D.

Câu 5: Một nhà máy phát ra tiếng còi tan tằm có tần số 1200Hz. Cùng lúc đó, một người đang tiến về nhà máy bằng xe máy có vận tốc 36 km/h. Biết tốc độ truyền âm trong không khí là 330m/s. Tần số âm mà người đó nghe thấy là

- A. 1234,5Hz B. 1236,4Hz C. 1235,4Hz D. 1237,4Hz

Phân tích và hướng dẫn giải:

Ta có $f = 1200 \text{ Hz}$

Đổi đơn vị: $v_n = 36 \text{ km/h} = 10 \text{ m/s}$

Vận tốc của nguồn âm $v_s = 0$ (Vì nhà máy cố định)

Vậy tần số âm biểu kiến mà người đi xe máy nghe được là:

$$f' = f \cdot \frac{v + v_n}{v} = 1200 \cdot \frac{330 + 10}{330} = 1236,4 \text{ Hz}$$

Chọn B.

Chuyên đề 4

GAO THOA ÁNH SÁNG VỚI CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

▣ VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Trong thí nghiệm giao thoa với lưỡng lăng kính Fresnel, khoảng cách từ nguồn sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,6\mu\text{m}$ đến lưỡng lăng kính là 20 cm; khoảng cách từ lưỡng lăng kính tới màn quan sát là 180 cm; góc chiết quang của lưỡng lăng kính $A = 0,01\text{rad}$ và chiết suất của lăng kính là $n = 1,5$. Tổng số vân quan sát được trên màn là

- A. 30 vân sáng và 31 vân tối. B. 30 vân sáng và 31 vân tối.
C. 31 vân sáng và 30 vân tối. D. 31 vân sáng và 32 vân tối.

Phân tích và hướng dẫn giải

Các tia sáng đi từ nguồn sáng S, sau khi đi qua lăng kính bị lệch một góc $\alpha = A(n - 1)$ về phía đáy của lăng kính. Các ảnh thu được S_1 và S_2 của S qua hai lăng kính được dựng như hình vẽ, chúng là hai nguồn kết hợp. Hai chùm sáng do chúng phát ra có phần chung là MO_1N nên trên màn E sẽ có hiện tượng giao thoa trong khoảng này.

Khoảng cách giữa hai khe trong trường hợp này là khoảng cách giữa hai ảnh của S.

$$a = S_1S_2 = 2SO_1 \cdot \tan \alpha \approx 2d_1(n - 1)A \\ = 2 \cdot 20 \cdot 0,01(1,5 - 1) = 0,2(\text{cm}) = 2(\text{mm})$$

Bề rộng vùng giao thoa là độ dài đoạn MN:

$$L = MN = 2OO_1 \cdot \tan \alpha \approx 2d_2(n - 1)A \\ = 2 \cdot 180 \cdot 0,01(1,5 - 1) = 1,8(\text{cm}) = 18(\text{mm})$$

Khoảng vân giao thoa đo được trên màn là:

$$i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{\lambda(d_1 + d_2)}{a} = \frac{0,6(1,8 + 0,2)}{2} = 0,6(\text{mm})$$

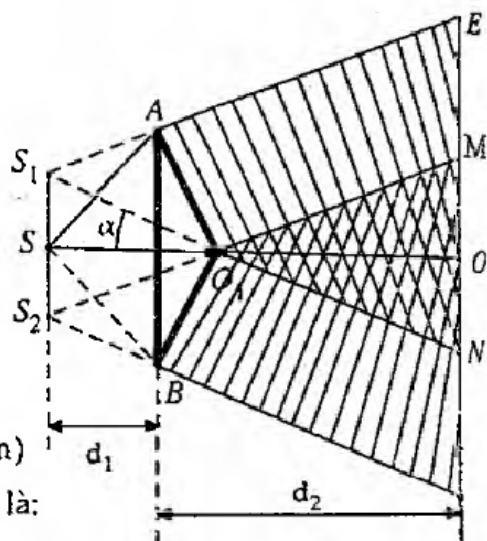
Số vân sáng quan sát được trên màn:

$$N_s = \left[\frac{L}{2i} \right] \cdot 2 + 1 = \left[\frac{18}{2 \cdot 0,6} \right] \cdot 2 + 1 = 15 \cdot 2 + 1 = 31 \text{ vân}$$

Số vân tối quan sát được trên màn:

$$N_t = 2 \cdot \left[\frac{L}{2i} + 0,5 \right] = 2 \cdot \left[\frac{18}{2 \cdot 0,6} + 0,5 \right] = 2 \cdot [15,5] = 2 \cdot 15 = 30 \text{ vân}$$

Vậy đáp án cần tìm là C



Ví dụ 2: Trong thí nghiệm giao thoa với hai gương phẳng Fresnel, hai gương hợp nhau một góc $\alpha = 5 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$. Khoảng cách từ giao tuyến I của hai gương đến nguồn sáng S và màn quan sát E lần lượt là $d_1 = 0,1 \text{ m}$ và $d_2 = 1 \text{ m}$. Nguồn sáng S phát ra ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$. Số vân sáng và vân tối quan sát được trên màn là

- A. 20 vân sáng và 21 vân tối. B. 19 vân sáng và 20 vân tối.
C. 19 vân sáng và 20 vân tối. D. 19 vân sáng và 18 vân tối.

Phân tích và hướng dẫn giải

Nguồn sáng S qua hai gương G_1 và G_2 cho hai ảnh S_1 và S_2 . Hai ảnh này có vai trò tương đương như hai khe S_1 và S_2 trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Young.

Từ hình vẽ ta có, khoảng cách giữa hai khe S_1, S_2 là:

Ta có: $a = S_1S_2 = 2d_1 \sin \alpha \approx 2d_1 \alpha$

Khoảng cách từ hai khe tới màn: $D = HO = d_1 \cos \alpha + d_2 \approx d_1 + d_2$

Khoảng vân giao thoa trên màn:

$$i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{\lambda(d_1 + d_2)}{2d_1 \alpha}$$

$$= \frac{0,50 \cdot (0,1 + 1)}{2 \cdot 0,1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 0,55 (\text{mm})$$

Bề rộng trường giao thoa:

$$L = 2d_2 \sin \alpha \approx 2d_2 \alpha$$

$$= 2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^{-3} (\text{m}) = 10 (\text{mm})$$

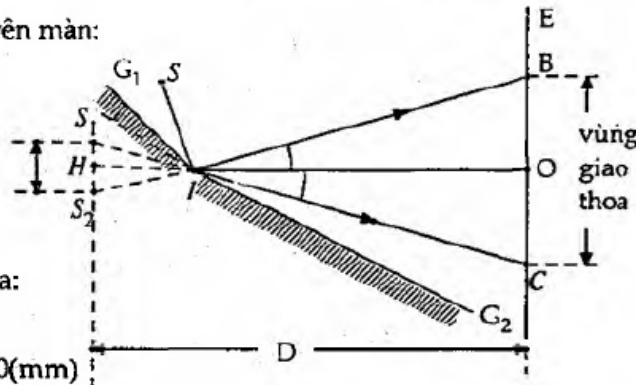
Số vân sáng quan sát được trên màn:

$$N_s = \left[\frac{L}{2i} \right] \cdot 2 + 1 = \left[\frac{10}{2 \cdot 0,55} \right] \cdot 2 + 1 = 19 \text{ vân}$$

Số vân tối quan sát được trên màn:

$$N_t = 2 \cdot \left[\frac{L}{2i} + 0,5 \right] = 2 \cdot \left[\frac{10}{2 \cdot 0,55} + 0,5 \right] = 18 \text{ vân}$$

Chọn D

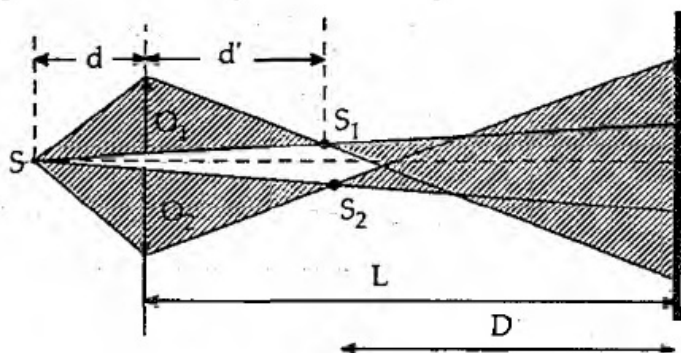


Ví dụ 3: trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng với thấu kính Bi-ê, hai nửa thấu kính cách nhau $b = 1 \text{ mm}$ và cách màn $L = 2,6 \text{ m}$. Nguồn sáng cách thấu kính $d = 25 \text{ cm}$ phát ra ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,70 \mu\text{m}$. Tiêu cự của thấu kính đối với ánh sáng trên là $f = 13 \text{ cm}$. Khoảng cách từ vân tối thứ 2 đến vân sáng thứ 5 nằm ở hai bên vân sáng trung tâm là

- A. 3,44mm. B. 5,07mm. C. 4,23mm. D. 10,5mm.

Phân tích và hướng dẫn giải

Nguồn sáng S sau khi qua hai nửa thấu kính cho hai ảnh thật S_1 và S_2 như hình vẽ. Hai ảnh này có vai trò tương đương như hai khe S_1 và S_2 trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Young.



Áp dụng công thức thấu kính, ta có:

$$\text{Khoảng cách từ ảnh đến thấu kính: } d' = \frac{df}{d-f} = \frac{25 \cdot 13}{25-13} = 27 \text{ cm}$$

$$\text{Khoảng cách từ ảnh đến màn: } D = L - d' = 2,6 - 0,27 = 2,33 \text{ m}$$

$$\text{Khoảng cách giữa hai khe: } a = b \cdot \frac{d+d'}{d} = 1 \cdot \frac{250+270}{250} = 2,08 \text{ mm}$$

$$\text{Khoảng vân giao thoa trên màn: } i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0,70 \cdot 2,33}{2,08} = 0,78 \text{ mm}$$

$$\text{Vị trí vân tối thứ 2: } x_t^2 = 1,5i = 1,5 \cdot 0,78 = 1,17 \text{ mm}$$

$$\text{Vị trí vân sáng thứ 5: } x_s^5 = 5i = 5 \cdot 0,78 = 3,9 \text{ mm}$$

$$\text{Khoảng cách từ vân tối thứ 2 đến vân sáng thứ 5 nằm ở hai bên vân sáng trung tâm là: } \Delta x = x_s^5 + x_t^2 = 3,9 + 1,17 = 5,07 \text{ mm}$$

Vậy chọn B.

BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Trong thí nghiệm giao thoa với lưỡng lăng kính Fresnel, khoảng cách từ nguồn sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,56 \mu\text{m}$ đến lưỡng lăng kính là 30 cm; khoảng cách từ lưỡng lăng kính tới màn quan sát là 170 cm; góc chiết quang của lưỡng lăng kính $A = 0,01 \text{ rad}$ và chiết suất của lăng kính là $n = 1,5$. Vị trí vân sáng bậc 3 cách vân tối bậc 3 một khoảng

- A. $\Delta x = 3,80 \text{ mm}$ khi hai vân cùng phía so với vân sáng trung tâm.
- B. $\Delta x = 0,28 \text{ mm}$ khi hai vân khác phía so với vân sáng trung tâm.
- C. $\Delta x = 3,80 \text{ mm}$ khi hai vân khác phía so với vân sáng trung tâm.
- D. $\Delta x = 3,08 \text{ mm}$ khi hai vân khác phía so với vân sáng trung tâm.

Phân tích và hướng dẫn giải

Từ kết quả ở trên ta có:

khoảng giữa hai ảnh S_1, S_2 (khoảng cách giữa hai khe a)

$$a = S_1 S_2 = 2SO_1 \cdot \tan \alpha = 2d_1(n-1)A \\ = 2 \cdot 30 \cdot 0,01(1,5 - 1) = 0,3(\text{cm}) = 3(\text{mm})$$

Khoảng vân giao thoa đo được trên màn là:

$$i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{\lambda(d_1 + d_2)}{a} \\ = \frac{0,56(1,7 + 0,3)}{2} = 0,56(\text{mm})$$

Vị trí vân sáng bậc 3:

$$x_s^3 = 3i = 3 \cdot 0,56 = 1,68\text{mm}$$

Vị trí vân tối bậc 3:

$$x_t^3 = 2,5i = 2,5 \cdot 0,56 = 1,4\text{mm}$$

Khoảng cách giữa hai vân trên là:

$$\left[\begin{aligned} \Delta x &= x_s^3 + x_t^3 = 1,68 + 1,4 = 3,08\text{mm} \quad (\text{hai vân khác phía}) \\ \Delta x &= |x_s^3 - x_t^3| = |1,68 - 1,4| = 0,28\text{mm} \quad (\text{hai vân cùng phía}) \end{aligned} \right.$$

Vậy chọn D

Câu 2: Trong thí nghiệm giao thoa với hai gương phẳng Fresnel, hai gương hợp nhau một góc $\alpha = 20'$ biết $1' = 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$. Khoảng cách từ giao tuyến I của hai gương đến nguồn sáng S và màn quan sát E lần lượt là $d_1 = 0,15\text{m}$ và $d_2 = 1,2\text{m}$. Nguồn sáng S phát ra ánh sáng có bước sóng $0,38\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76\mu\text{m}$. Số vân sáng tại vị trí M cách vân sáng trung tâm $3,5\text{mm}$ là
A. 4 vân sáng. B. 6 vân sáng. C. 3 vân sáng. D. 5 vân sáng.

Phân tích và hướng dẫn giải

Từ kết quả tính được ở trên, ta có:

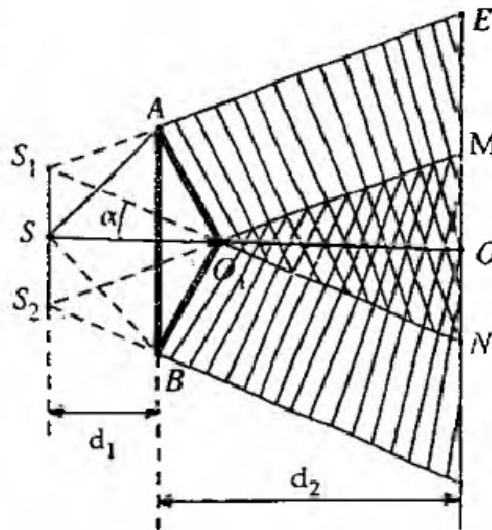
Khoảng cách giữa hai khe S_1, S_2 là: $a = 2d_1\alpha$

Khoảng cách từ hai khe tới màn: $D = d_1 + d_2$

Khoảng vân giao thoa trên màn: $i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{\lambda(d_1 + d_2)}{2d_1\alpha}$

Tại M là vân sáng khi:

$$x_M = ki = k \frac{\lambda(d_1 + d_2)}{2d_1\alpha} \Rightarrow \lambda = \frac{2d_1\alpha x_M}{k(d_1 + d_2)}$$



mà $0,38\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76\mu\text{m}$

$$\Leftrightarrow 0,38\mu\text{m} \leq \frac{2d_1\alpha x_M}{k(d_1 + d_2)} \leq 0,76\mu\text{m}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2d_1\alpha x_M}{0,76(d_1 + d_2)} \leq$$

$$k \leq \frac{2d_1\alpha x_M}{0,38(d_1 + d_2)}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2 \cdot 0,15 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 3,5 \cdot 10^{-3}}{0,76 \cdot 10^{-6} (0,15 + 1,2)} \leq$$

$$k \leq \frac{2 \cdot 0,15 \cdot 20 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 3,5 \cdot 10^{-3}}{0,38 \cdot 10^{-6} (0,15 + 1,2)}$$

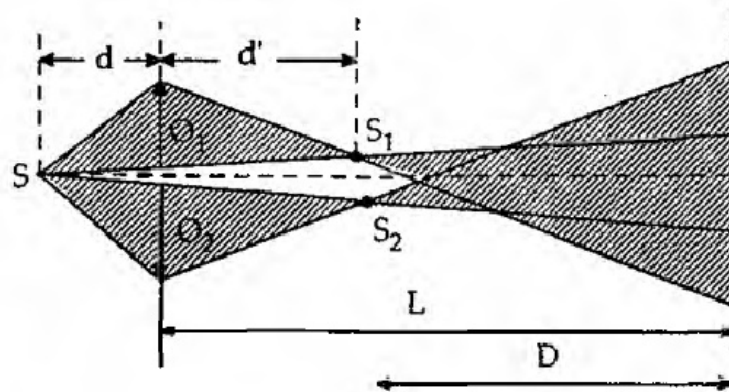
$$\Leftrightarrow 6,14 \leq k \leq 12,28 \Rightarrow k = 7; 8; 9; 10; 11; 12$$

Vậy số vân sáng quan sát được tại M là 6. **Chọn B**

Câu 3: Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng với thấu kính Bi-ê, hai nửa thấu kính cách nhau $b = 0,6 \text{ mm}$. Nguồn sáng cách thấu kính $d = 32 \text{ cm}$ phát ra ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,60\mu\text{m}$. Tiêu cự của thấu kính đối với ánh sáng trên là $f = 16 \text{ cm}$. Khoảng cách giữa hai vân tối liên tiếp đo được trên màn là 1 mm . Khoảng cách từ hai nửa thấu kính tới màn là

A. 2,32 mm. B. 2,53 mm. C. 3,0 mm. D. 1,95 mm.

Phân tích và hướng dẫn giải



Theo giả thiết bài cho ta có:

$$\text{Khoảng cách từ ảnh đến thấu kính: } d' = \frac{df}{d-f} = \frac{32 \cdot 16}{32-16} = 32 \text{ cm}$$

$$\text{Khoảng cách giữa hai ảnh (hai khe): } a = b \cdot \frac{d+d'}{d} = 0,6 \cdot \frac{320+320}{320} = 1,2 \text{ mm}$$

$$\text{Khoảng vân giao thoa trên màn: } i = \frac{\lambda D}{a} = 1 \text{ mm} \Rightarrow D = \frac{ai}{\lambda} = \frac{1,2 \cdot 1}{0,6} = 2 \text{ mm}$$

Khoảng cách từ ảnh đến màn: $L = D + d' = 2 + 0,32 = 2,32 \text{ mm}$. **Vậy chọn A.**

Dạng 1: Các bài toán liên quan đến hệ thức Anhxtanh

PHƯƠNG PHÁP

- Giới hạn quang điện: $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$;
 - Công thoát $A = \frac{hc}{\lambda_0}$; A : J hoặc eV; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 - Phương trình Anhxtanh: $hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$
 - Động năng cực đại: $W_{d\max} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \Leftrightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_0^2$
- $$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2hc}{m_e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)}$$
- ác hằng số:
- $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Công thoát electron của kim loại dùng làm catốt của một tế bào quang điện là 2,4843 eV. Hỏi khi chiếu lần lượt hai bức xạ có tần số $f_1 = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ và $f_2 = 9,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ thì có xảy ra hiện tượng quang điện hay không? Nếu có, hãy tính vận tốc cực đại của các quang electron khi bứt khỏi catốt.

Hướng dẫn giải

Ta có $A = 4,4843\text{eV} = 3,97488 \times 10^{-19} \approx 3,975 \times 10^{-19} \text{ J}$

- Mặt khác $A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A}$

Thế số: $\lambda_0 = \frac{6,625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3,975 \times 10^{-19}} = 0,5 \times 10^{-6} \text{ m} \Rightarrow \lambda_0 = 0,5 \mu\text{m}$

- Bước sóng ánh sáng đối với f_1 là: $\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{14}} = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,6 \mu\text{m}$

- Bước sóng ánh sáng đối với f_2 là:

$\lambda_2 = \frac{c}{f_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{9,5 \cdot 10^{14}} = 3,15789 \times 10^{-7} \text{ m} = 0,315789 \mu\text{m}$

- Ta thấy $\lambda_2 > \lambda_0 > \lambda_1$

Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra đối với bức xạ λ_2 .

- Theo công thức Anhxtanh:

$$hf_2 = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow V_{0\max} = \sqrt{\frac{2}{m}(hf_2 - A)}$$

$$\begin{aligned} \text{- Thay số: } V_{0\max} &= \sqrt{\frac{2}{9.1 \times 10^{-31}} (6.625 \times 10^{-34} \times 9.5 \times 10^{14} - 3.975 \times 10^{-19})} \\ &= 7.1387 \cdot 10^5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{- Vậy } V_{0\max} = 7.1387 \times 10^5 \text{ (m/s)}$$

Ví dụ 2: Catốt của tế bào quang điện làm bằng vonfram, biết công thoát của electron với vonfram là $7,2 \cdot 10^{-19}$ J. Chiếu vào catốt ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,18 \mu\text{m}$. Động năng cực đại của electron khi bức ra khỏi catốt là bao nhiêu?

Hướng dẫn giải

$$\text{Công thức } \varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2} = A + E_{d_0}$$

$$\Rightarrow E_{d_0} = \frac{hc}{\lambda} - A = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,18 \cdot 10^{-6}} - 7,2 \cdot 10^{-19} = 3,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Ví dụ 3: Chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng λ vào catốt của một tế bào quang điện. Biết công thoát electron của kim loại làm catốt là 3eV và các electron bắn ra với vận tốc ban đầu cực đại là $7 \cdot 10^5 \text{ m/s}$. Xác định bước sóng của bức xạ điện từ đó và cho biết bức xạ điện từ đó thuộc vùng nào trong thang sóng điện từ.

Hướng dẫn giải

$$\text{Theo hệ thức Anhxtanh: } \varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \lambda &= \frac{hc}{A + \frac{1}{2}mv_0^2} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,1 \cdot 10^{-19} + \frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (7 \cdot 10^5)^2} \\ &= 0,283 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,283 \mu\text{m} < \lambda_1 = 0,38 \mu\text{m} \end{aligned}$$

Suy ra bức xạ đó thuộc vùng tử ngoại.

Ví dụ 4: Kim loại làm catốt của một tế bào quang điện có giới hạn quang điện λ_0 . Lần lượt chiếu tới bề mặt catốt hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,4 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,5 \mu\text{m}$ thì vận tốc ban đầu cực đại của electron bắn ra khỏi bề mặt catốt khác nhau 2 lần. Tính λ_0 .

Hướng dẫn giải

Tính λ_0 .

- Áp dụng hệ thức Anhxtanh với λ_1, λ_2 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2}mV_1^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mV_1^2 \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{1}{2}mV_2^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mV_2^2 \end{array} \right. \quad (2)$$

Vì $\lambda_1 < \lambda_2 \Rightarrow V_1 > V_2$ nên $V_1 = 2V_2$ thay vào (1) và (2)

Ta có
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_0} + 4 \times \frac{1}{2}mV_2^2 \\ 4 \frac{hc}{\lambda_2} = 4 \frac{hc}{\lambda_0} + 4 \times \frac{1}{2}mV_2^2 \end{array} \right. \Rightarrow 3 \frac{hc}{\lambda_0} = 4 \frac{hc}{\lambda_2} - \frac{hc}{\lambda_1}$$

$$\Rightarrow \frac{3}{\lambda_0} = \frac{4}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{3\lambda_1\lambda_2}{4\lambda_1 - \lambda_2}. \text{ Thế số vào ta được: } \lambda_0 = 0,545\mu\text{m}$$

Ví dụ 5: Chiếu lần lượt 3 bức xạ đơn sắc có bước sóng theo tỉ lệ $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = 1 : 2 : 1,5$ vào catốt của một tế bào quang điện thì nhận được các electron quang điện có vận tốc ban đầu cực đại tương ứng và có tỉ lệ $v_1 : v_2 : v_3 = 2 : 1 : k$, với k bằng:

A. $\sqrt{3}$

B. $1/\sqrt{3}$

C. $\sqrt{2}$

D. $1/\sqrt{2}$

Hướng dẫn giải

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{hc}{\lambda} = A + 4 \frac{mv^2}{2} \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{hc}{2\lambda} = A + \frac{mv^2}{2} \end{array} \right. \quad (2) \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{hc}{1,5\lambda} = A + k^2 \frac{mv^2}{2} \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (1) - (2) \Rightarrow \frac{hc}{2\lambda} = 3 \frac{mv^2}{2} \\ (3) - (2) \Rightarrow \frac{hc}{6\lambda} = (k^2 - 1) \frac{mv^2}{2} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow 3 = \frac{3}{k^2 - 1} \Rightarrow k = \sqrt{2} \text{ suy ra chọn C}$$

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG:

Câu 1: Khi chiếu bức xạ có bước sóng $0,4 \mu\text{m}$ vào catốt của một tế bào quang điện, muốn triệt tiêu dòng quang điện thì hiệu điện thế giữa A và K bằng $-1,25\text{V}$. Công thoát của các e của kim loại làm catốt đó (tính ra eV).

Hướng dẫn giải

Công thoát:

$$A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2}mv_{0\text{max}}^2 = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,4 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (0,663 \cdot 10^6)^2$$

$$= 2,97 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,855 \text{ eV}.$$

Câu 2: Công thoát của vonfram là 4,5 eV. Chiếu vào vonfram bức xạ có bước sóng λ thì động năng ban đầu cực đại của e quang điện là $3,6 \cdot 10^{-19}$ J. Tính λ .

Hướng dẫn giải

$$\frac{hc}{\lambda} = A + W_d \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{A + W_d} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 3,6 \cdot 10^{-19}} = 0,184 \mu\text{m}.$$

Câu 3: Chiếu chùm bức xạ điện từ có tần số $f = 5,76 \cdot 10^{14}$ Hz vào một miếng kim loại thì các quang electron có vận tốc ban đầu cực đại là $v = 0,4 \cdot 10^6$ m/s. Tính công thoát electron và bước sóng giới hạn quang điện của kim loại đó.

Hướng dẫn giải

Áp dụng công thức Anhxtanh: $\epsilon = hf = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2}$

$$\Rightarrow A = hf - \frac{mv_{0\max}^2}{2}$$

$$= 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 5,76 \cdot 10^{14} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (0,4 \cdot 10^6)^2}{2} = 3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Giới hạn quang điện của kim loại đó:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{-19}} = 0,6625 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,6625 \mu\text{m}$$

Câu 4: Khi chiếu lần lượt hai bức xạ có bước sóng $0,25 \mu\text{m}$ và $0,3 \mu\text{m}$ vào một tấm kim loại thì vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện lần lượt là $7,31 \cdot 10^5$ m/s và $4,93 \cdot 10^5$ m/s. Tìm khối lượng của các electron?

Hướng dẫn giải

Từ giả thiết để cho ta có:

$$\begin{cases} \frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{mv_{01\max}^2}{2} \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{mv_{02\max}^2}{2} \end{cases} \Rightarrow hc \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) = m \left(\frac{v_{01\max}^2}{2} - \frac{v_{02\max}^2}{2} \right)$$

$$m = \frac{2hc}{v_{01\max}^2 - v_{02\max}^2} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

$$= \frac{2 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{53,4361 \cdot 10^{10} - 24,3049 \cdot 10^{10}} \left(\frac{1}{0,25 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{0,3 \cdot 10^{-6}} \right)$$

$$m = 1,3645 \cdot 10^{-36} \cdot 0,667 \cdot 10^6 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}.$$

Dạng 2: Tìm hiệu điện thế hãm để không một electron bay về anốt (hay dòng quang điện triệt tiêu)

Hiện tượng các electron không về được anốt do điện trường sinh công cản trở chúng.

Muốn vậy thì: Công cản điện trường có giá trị bé nhất bằng động năng ban đầu cực đại của các electron quang điện.

Ta có: $|eU_h| = \frac{mv_{0\max}^2}{2}$ suy ra: $U_h = \frac{mv_0^2}{2|e|}$

Lưu ý: Khi chọn kết quả thì $U_h < 0$.

Liên hệ giữa động năng ban đầu (vận tốc ban đầu) và hiệu điện thế hãm giữa 2 cực của A và K để triệt tiêu dòng quang điện.

PT Anhxtanh: $hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$

Định lý động năng: $|eU_h| = W_{d\max} \Rightarrow |U_h| = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$

▣ VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Khi chiếu bức xạ có bước sóng $0,4 \mu\text{m}$ vào catốt của một tế bào quang điện, muốn triệt tiêu dòng quang điện thì hiệu điện thế giữa A và K bằng $-1,25\text{V}$. Vận tốc ban đầu cực đại của các e quang điện.

Hướng dẫn giải

Theo định lý biến thiên động năng ta có: $\frac{mv_{0\max}^2}{2} = |eU_h|$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2|eU_h|}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,25}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 0,663 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

Ví dụ 2: Catốt của tế bào quang điện bằng xêdi (Cs) có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,66 \mu\text{m}$. Chiếu vào catốt bức xạ tử ngoại có bước sóng $\lambda = 0,33 \mu\text{m}$. Hiệu điện thế hãm U_{AK} cần đặt giữa anốt và catốt để triệt tiêu dòng quang điện là bao nhiêu?

Hướng dẫn giải

Để triệt tiêu dòng quang điện, công của lực điện trường phải triệt tiêu được động năng ban đầu cực đại của quang electron (không có một electron nào có thể đến được anốt)

$$|eU_{AK}| = \frac{mv_{0\max}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\Rightarrow |U_{AK}| = \frac{hc}{|e|\lambda_0} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,66 \cdot 10^{-6}} = 1,88 \text{ (V)}$$

Như vậy để triệt tiêu hoàn toàn dòng quang điện thì: $U_{AK} \leq -1,88 \text{ V}$.

Ví dụ 3: Chiếu một ánh sáng có bước sóng $0,45 \mu\text{m}$ vào catot của một tế bào quang điện. Công thoát kim loại làm catot là 2 eV . Tìm hiệu điện thế giữa anot và catot để dòng quang điện triệt tiêu?

Hướng dẫn giải

$$\text{Ta có: } |eU_h| = \frac{1}{2} m v_{0\text{max}}^2 = E_{d_0} \Rightarrow |U_h| = \frac{E_{d_0}}{|e|}$$

$$\text{Áp dụng công thức Anhtxtanh: } \epsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{m v_{0\text{max}}^2}{2} = A + E_{d_0}$$

$$\Rightarrow E_{d_0} = \frac{hc}{\lambda} - A = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,45 \cdot 10^{-6}} - 2,1 \cdot 10^{-19} = 1,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Từ đó ta tìm được: } |U_h| = \frac{m v_{0\text{max}}^2}{2|e|} = \frac{E_{d_0}}{|e|} = \frac{1,2 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,75 \text{ V}$$

$$\text{Do } U_h < 0 \Rightarrow U_h = -0,75 \text{ V}$$

Ví dụ 4: Khi chiếu bức xạ có tần số $f = 2,1 \times 10^{15} \text{ Hz}$ vào catot của một tế bào quang điện thì các electron quang điện bắn ra đều bị giữ lại bởi hiệu điện thế hãm có độ lớn $U_h = 6,625 \text{ V}$. Xác định giới hạn quang điện của kim loại làm catot.

Hướng dẫn giải

Áp dụng công thức Anhtxtanh:

$$hf = \frac{hc}{\lambda_0} + |eU_h| \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{hf - |eU_h|} = \frac{c}{f - \frac{|eU_h|}{h}}$$

$$\text{Thế số } \lambda_0 = \frac{3 \cdot 10^8}{2,1 \cdot 10^{15} - \left(\frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6,625}{6,625 \cdot 10^{-34}} \right)} = 0,6 \mu\text{m}$$

Ví dụ 5: Chiếu bức xạ có bước sóng $0,35 \mu\text{m}$ vào một kim loại, các electron kim quang điện bắn ra đều bị giữ lại bởi một hiệu điện thế hãm. Khi thay chùm bức xạ có bước sóng giảm $0,05 \mu\text{m}$ thì độ lớn hiệu điện thế hãm tăng $0,59 \text{ (V)}$. Tính điện tích của electron quang điện. Cho biết: $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ (J.s)}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$.

Hướng dẫn giải

$$\text{Ta có } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{m v_{0\text{max}}^2}{2} = A + |eU_h| \quad (\text{Phương trình Anhtxtanh})$$

$$\text{Theo điều kiện bài toán: } \begin{cases} \frac{hc}{\lambda} = A + |eU_h| \\ \frac{hc}{\lambda - \Delta\lambda} = A + |e|(|U_h| + |\Delta U|) \end{cases}$$

$$\text{Với } \Delta U = 0,59 \text{ (V) và } \Delta\lambda = 0,05 \mu\text{m}.$$

$$\text{Suy ra: } |e| = \frac{hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda - \Delta\lambda} \right)}{|\Delta U|} = 1,604 \cdot 10^{-19} \text{ (C)}.$$

$$\text{Vì điện tích } e < 0 \text{ nên } e = -1,604 \cdot 10^{-19} \text{ (C)}$$

BÀI TẬP VẬN DỤNG:

Đề 1: Công thoát của vonfram là $4,5 \text{ eV}$. Chiếu vào tấm vonfram một bức xạ có bước sóng λ . Muốn triệt tiêu dòng quang điện thì phải cần một hiệu điện thế hãm $1,5 \text{ V}$. Tính λ ?

Hướng dẫn giải

$$\frac{hc}{\lambda} = A + |eU_h| \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{A + |eU_h|} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + (-1,5) \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19})} = 0,207 \mu\text{m}.$$

Đề 2: Ta chiếu ánh sáng có bước sóng $0,42 \mu\text{m}$ vào K của một tế bào quang điện. Công thoát của kim loại làm K là 2 eV . Để triệt tiêu dòng quang điện thì phải duy trì một hiệu điện thế hãm U_{AK} bằng bao nhiêu?

Cho rằng số Planck $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ điện tích electron $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; Vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Hướng dẫn giải

$$\text{Áp dụng công thức Anhtxtanh: } \epsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{m v_{0\text{max}}^2}{2} = A + E_{d_0}$$

$$\text{Định lý động năng: } |e \cdot U_h| = E_{d_0}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = A + |eU_h| \Rightarrow |U_h| = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A}{|e|} = \frac{\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,42 \cdot 10^{-6}} - 2,1 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,96 \text{ V}$$

$$\text{Do } U_h < 0 \Rightarrow U_h = -0,96 \text{ V}$$

Vậy để triệt tiêu dòng quang điện thì $U_{AK} \leq -0,96 \text{ V}$

Đề 3: Chiếu ánh sáng đơn sắc bước sóng $\lambda = 0,22 \mu\text{m}$ vào catot của tế bào quang điện thì dòng quang điện triệt tiêu khi hiệu điện thế giữa anot và catot $U_{AK} \leq -6 \text{ V}$. Giới hạn quang điện của kim loại làm catot. Cho hằng số

Plăng $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J.s, vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \times 10^8$ m/s, điện tích $e = -1.6 \times 10^{-19}$ C.

Hướng dẫn giải

- Từ công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện ta có

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2} m v_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + |eU_{AK}| \Rightarrow \frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{\lambda} - \frac{|eU_{AK}|}{hc}$$

$$\frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{0.122 \times 10^{-6}} - \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 6}{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 3.366 \times 10^6$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = 0.297 \times 10^{-6} \text{ m} = 0.297 \mu\text{m}.$$

Câu 4: Khi chiếu một chùm sáng vào một kim loại thì có hiện tượng quang điện xảy ra. Nếu dùng hiệu điện thế hãm bằng 3(V) thì các electron quang điện bị giữ lại không bay sang anốt được. Cho biết giới hạn quang điện của kim loại đó là: $\lambda_0 = 0,5$ (μm); $h = 6,625.10^{-34}$ (J.s); $c = 3.10^8$ (m/s); $e = -1,6.10^{-19}$ (C). Tính tần số của chùm ánh sáng tới kim loại.

Hướng dẫn giải

Các electron quang điện bị giữ lại hoàn toàn không qua được anốt nên:

$$|eU_{AK}| = |eU_h| = \frac{1}{2} m v_{0\max}^2$$

$$\text{Phương trình Anh-xanh: } hf = A + \frac{1}{2} m v_{0\max}^2.$$

$$\text{Hay } hf = |eU_h| + A = |eU_h| + \frac{hc}{\lambda_0}; \text{ Suy ra: } f = \frac{|eU_h|}{h} + \frac{c}{\lambda_0}.$$

$$\text{Thay số, ta được: } f = \frac{-1,6.10^{-19} \cdot (-3)}{6,625.10^{-34}} + \frac{3.10^8}{0,5.10^{-6}} = 13,245.10^{14} \text{ (Hz)}.$$

Câu 5: Lần lượt chiếu hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,405$ (μm), $\lambda_2 = 0,436$ (μm) vào bề mặt của một kim loại và đo hiệu điện thế hãm tương ứng $U_{h1} = 1,15$ (V); $U_{h2} = 0,93$ (V). Cho biết: $h = 6,625.10^{-34}$ (J.s); $c = 3.10^8$ (m/s); $e = 1,6.10^{-19}$ (C). Tính công thoát của kim loại đó.

Hướng dẫn giải

$$\text{Ta có: } \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2} = A + |eU_h| \text{ (Phương trình Anh-xanh)}$$

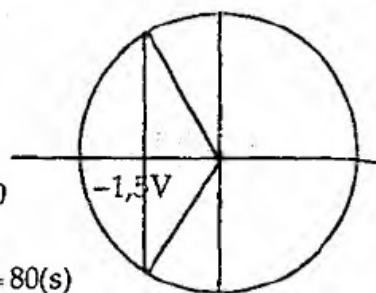
$$\text{Theo điều kiện bài toán: } \begin{cases} \frac{hc}{\lambda_1} = A + |eU_{h1}| \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A + |eU_{h2}| \end{cases}$$

Suy ra:

Căn cứ vòng tròn lượng giác suy ra trong mỗi chu kỳ $T = 0,02$ s thời gian dòng điện chạy qua tế bào là $\frac{2T}{3} = 0,04/3$ (s).

Trong 2 phút, số chu kỳ là $n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{2.60}{0,02} = 6000$

Thời gian chạy qua là: $t = n \cdot \frac{2T}{3} = 6000 \cdot \frac{2 \cdot 0,02}{3} = 80$ (s)



Chọn C

Ví dụ 3: Chiếu bức xạ có tần số f_1 vào quả cầu kim loại đặt cô lập thì xảy ra hiện tượng quang điện với điện thế cực đại của quả cầu là V_1 và động năng ban đầu cực đại của e quang điện đúng bằng một nửa công thoát của kim loại. Chiếu tiếp bức xạ có tần số $f_2 = f_1 + f$ vào quả cầu đó thì điện thế cực đại của quả cầu là $5V_1$. Hỏi chiếu riêng bức xạ có tần số f vào quả cầu trên (đang trung hòa về điện) thì điện thế cực đại của quả cầu là:

- A. $2V_1$ B. $2,5V_1$ C. $4V_1$ D. $3V_1$.

Hướng dẫn giải

* Chiếu f_1 thì: $hf_1 = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = A + \frac{1}{2}A = 1,5A$

Điện thế cực đại: $hf_1 = A + |e|V_1$ hay $eV_1 = \frac{1}{2}A$

* Chiếu $f_2 = f_1 + f$ thì: $hf_2 = hf_1 + hf = A + |e|V_2 = A + |e|5V_1 = A + 5 \cdot 0,5A = 3,5A$

* Chiếu f thì: $hf = A + |e|V_{\max}$

Vậy:

$$hf = A + |e|V_{\max} \Leftrightarrow 3,5A - hf_1 = A + |e|V_{\max} \Leftrightarrow 3,5A - 1,5A = A + |e|V_{\max}$$

$$\Leftrightarrow |e|V_{\max} = A = 2|e|V_1 = 2V_1$$

Chọn A

Ví dụ 4: Catốt của tế bào quang điện có công thoát $1,5eV$, được chiếu bởi bức xạ đơn sắc λ . Lần lượt đặt vào tế bào, điện áp $U_{AK} = 3V$ và $U'_{AK} = 15V$, thì thấy vận tốc cực đại của electron khi đập vào anốt tăng gấp đôi. Giá trị của λ là:

- A. $0,259 \mu m$. B. $0,795 \mu m$. C. $0,497 \mu m$. D. $0,211 \mu m$.

Hướng dẫn giải

Theo Định lý động năng: $eU_{AK} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_{0\max}^2}{2}$ (1)

$$eU'_{AK} = \frac{mv'^2}{2} - \frac{mv_{0\max}^2}{2} = 4 \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_{0\max}^2}{2}$$
 (2)

$$\Rightarrow (2) - (1): 3 \frac{mv^2}{2} = e(U'_{AK} - U_{AK}) = 12\text{eV} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = 4\text{eV} \quad (3)$$

$$\text{Thế (3) vào (1)} \Rightarrow \frac{mv_{0\max}^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - eU_{AK} = 1\text{eV}$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2} = 1,5\text{eV} + 1\text{eV} = 2,5\text{eV}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{2,5\text{eV}} = 0,497\text{ }\mu\text{m}. \text{ Chọn C}$$

BÀI TẬP VẬN DỤNG:

Câu 1: Catốt của một tế bào quang điện làm bằng kim loại có công thoát $A_0 = 4,5\text{eV}$. Chiếu vào catốt một bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,185\text{ }\mu\text{m}$, đặt vào giữa anốt và catốt một hiệu điện thế $U_{AK} = 2\text{V}$. Tìm động năng của electron khi đập vào anốt. Cho $h = 6,625 \times 10^{-34}\text{ Js}$; $c = 3 \times 10^8\text{ m/s}$; $|e| = 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$.

Hướng dẫn giải

$$\cdot \text{ Ta có: } \frac{hc}{\lambda} = A_0 + E_{d0}$$

$$\Rightarrow E_{d0} = \frac{hc}{\lambda} - A_0 \Rightarrow E_{d0} = \frac{19,875 \times 10^{-26}}{0,185 \times 10^{-6}} - 4,5 \times 1,6 \times 10^{-19}$$

$$\cdot \text{ Vậy } \Rightarrow E_{d0} = 3,54 \times 10^{-19}\text{ J}$$

• Định lí động năng:

$$|e|U_{AK} = E_{dA} - E_{d0} \Rightarrow E_{dA} = |e|U_{AK} + E_{d0} = 3,2 \times 10^{-19} + 3,54 \times 10^{-19}$$

$$\text{Vậy } E_{dA} = 6,74 \times 10^{-19}\text{ J}$$

Câu 2: Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,4\text{ }\mu\text{m}$ vào catốt của một tế bào quang điện. Biết công thoát electron của kim loại làm catốt là $A = 2\text{eV}$, điện áp giữa anốt và catốt là $U_{AK} = 5\text{V}$. Tính động năng cực đại của các quang electron khi tới anốt.

Hướng dẫn giải

$$\text{Ta có hệ thức Anhxtanh: } \frac{hc}{\lambda} = A + E_{d0}$$

Suy ra động năng ban đầu cực đại khi bức ra khỏi Catot:

$$E_{d0} = \frac{hc}{\lambda} - A = 8,17 \cdot 10^{-19}\text{ J};$$

Động năng cực đại của các quang electron khi tới anốt

$$E_{d\max} = E_{d0} + |e|U_{AK} = 16,17 \cdot 10^{-19}\text{ J} = 10,1\text{ eV}.$$

Câu 3: Người ta chiếu đồng thời hai loại ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,656\mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,486\mu\text{m}$ vào catốt của một tế bào quang điện có công thoát $A = 3,61 \times 10^{-19} \text{ J}$. Hiệu điện thế giữa anốt và catốt của tế bào quang điện là $1,2 \text{ V}$ (anốt nối với cực dương của nguồn điện). Tính vận tốc cực đại của các electron quang điện khi đập vào anốt. Biết rằng:
 $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ Js}$; $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$; $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Hướng dẫn giải

Tính vận tốc cực đại của các electron quang điện khi đập vào anốt.

Động năng cực đại của electron khi bứt ra khỏi catốt

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A + W_{\text{omax}} \Rightarrow W_{\text{omax}} = \frac{hc}{\lambda_2} - A = 0,4795 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Động năng cực đại của các electron khi đập vào anốt:

$$W_d = W_{\text{omax}} + eU = 0,4795 \times 10^{-19} + 1,2 \times 1,6 \times 10^{-19} = 2,4 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Vận tốc cực đại của các electron khi đập vào catốt:

$$v = \sqrt{\frac{2W_d}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 2,4 \times 10^{-19}}{9,1 \times 10^{-31}}} \approx 0,73 \times 10^6 \text{ m/s}$$

Câu 4: Chiếu bức xạ có tần số f_1 vào quả cầu kim loại đặt cô lập thì xảy ra hiện tượng quang điện với điện thế cực đại của quả cầu là V_1 và động năng ban đầu cực đại của electron quang điện đúng bằng một phần ba công thoát của kim loại. chiếu tiếp bức xạ có tần số $f_2 = f_1 + f$ vào quả cầu kim loại đó thì điện thế cực đại của quả là $7V_1$. hỏi chiếu riêng bức xạ có tần số f vào quả cầu kim loại trên (đang trung hòa điện) thì điện thế cực đại của quả cầu là

Hướng dẫn giải

$$\text{Điện thế của quả cầu đạt được khi } e(V_{\text{max}} - 0) = \frac{mv_{0\text{max}}^2}{2} = eU_h$$

$$\text{Ta có } hf_1 = A + \frac{mv_1^2}{2} = A + eV_1 \quad (1)$$

$$\text{Với } A = 3 \frac{mv_1^2}{2} = 3eV_1 \quad (2)$$

$$h(f_1 + f) = A + \frac{mv_{21}^2}{2} = A + eV_2 = A + 7eV_1 \quad (3)$$

$$hf = A + \frac{mv^2}{2} = A + eV \quad (4)$$

$$\text{Lấy (3) - (1): } hf = 6eV_1 \Rightarrow 6eV_1 = A + eV \Rightarrow eV = 6eV_1 - A = 3eV_1.$$

$$\text{Do đó } V = 3V_1$$

Dạng 4: bài toán liên quan đến công suất của nguồn bức xạ, dòng quang điện bão hòa và hiệu suất lượng tử.

Phương pháp giải:

Năng lượng của chùm photon rơi vào Catot sau khoảng thời gian t : $W = P \cdot t$

Số photon đập vào Catot khoảng thời gian t : $N_\lambda = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{P \cdot \lambda \cdot t}{h \cdot c}$

Công suất của nguồn: $P = n_\lambda \cdot \varepsilon$.

(n_λ là số photon tương ứng với bức xạ λ phát ra trong 1 giây).

Cường độ dòng điện bão hòa: $I_{bh} = n_e \cdot e$.

(n_e là số electron quang điện từ catot đến anot trong 1 giây).

Hiệu suất quang điện: $H = \frac{n_e}{n_\lambda}$

Dạng 5: Tìm số electron bay ra khỏi anot, số photon đập vào anot trong một thời gian t bất kỳ. Tìm hiệu suất quang điện.

Phương pháp giải:

Hiệu suất lượng tử của tế bào quang điện là đại lượng được tính bằng tỉ số giữa số e quang điện bật ra khỏi Katot với số photon đập vào Catot.

$$H = \frac{n_e}{n_\lambda} \Rightarrow H = \frac{\frac{I_{bh} \cdot t}{e}}{\frac{P \cdot \lambda \cdot t}{h \cdot c}} = \frac{I_{bh} \cdot h \cdot c}{e \cdot P \cdot \lambda}$$

Tìm số electron bay ra khỏi catot là số electron tạo ra dòng quang điện do vậy ta vận dụng công thức: $I = q/t = n_e \cdot e / t$ từ đó suy ra n_e

Tìm số photon đập vào anot: Ta tìm năng lượng của chùm photon và lấy năng lượng của chùm photon chia cho năng lượng của một photon thì ta có số photon cần tìm. Với bài toán này đề thường cho công suất bức xạ P nên ta có: $n_p = A_p / \varepsilon = P \cdot t / h \cdot f$.

Muốn tìm hiệu suất quang điện ta dùng công thức: $H = \frac{n_e}{n_p}$

Dạng 6: Cho cường độ dòng quang điện bão hòa. Tính số e quang điện bật ra khỏi Catot sau khoảng thời gian t .

Phương pháp giải:

Điện lượng chuyển từ K \rightarrow A: $q = I_{bh} \cdot t = n_e \cdot e \cdot t$

$$\Rightarrow n_e = \frac{q}{e \cdot t} = \frac{I_{bh} \cdot t}{e \cdot t} = \frac{I_{bh}}{e}$$

Gọi n_e là số e quang điện bật ra ở catốt ($n_e \leq n_\lambda$);

Gọi n là số e quang đến được anốt ($n \leq n_e$, Khi $I = I_{bh}$. Thì $n = n_e$)

Lưu ý: Nếu đề không cho rõ % e quang điện bật ra về được anốt thì lúc đó ta có thể cho $n = n_e = n_\lambda$.

▣ VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1 Chiếu một chùm bức xạ vào tế bào quang điện có catot làm bằng Na thì cường độ dòng quang điện bão hòa là $3\mu A$. Số electron bị bật ra ra khỏi catot trong hai phút là bao nhiêu?

Hướng dẫn giải

Cường độ dòng quang điện bão hòa:

$$I_{bh} = \frac{q}{t} = \frac{n_e \cdot |e|}{t} \Rightarrow n_e = \frac{I_{bh} \cdot t}{|e|} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 60}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 225 \cdot 10^{13} \text{ hạt}$$

Ví dụ 2: Một ngọn đèn phát ra ánh sáng đơn sắc có $\lambda = 0,6\mu m$ sẽ phát ra bao nhiêu photon trong 10s nếu công suất đèn là $P = 10W$.

Hướng dẫn giải

Năng lượng của chùm photon rơi vào Catot sau khoảng thời gian t : $W = P \cdot t$

Số photon đập vào Catot khoảng thời gian t :

$$N_\lambda = \frac{W}{\epsilon} = \frac{P \cdot \lambda \cdot t}{h \cdot c} = \frac{10 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 3 \cdot 10^{20} \text{ photon}$$

Ví dụ 3: Người ta chiếu đồng thời hai loại ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,656\mu m$ và $\lambda_2 = 0,486\mu m$ vào catốt của một tế bào quang điện có công thoát $A = 3,61 \cdot 10^{-19} J$. Cho công suất bức xạ ánh sáng có bước sóng λ_1 và λ_2 nói trên tương ứng là $P_1 = 0,2W$ và $P_2 = 0,1W$. Tính số photon đập vào catốt trong mỗi giây.

Biết rằng: $h = 6,625 \cdot 10^{-34} Js$; $C = 3 \cdot 10^8 m/s$;

$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$.

Hướng dẫn giải

Tính số photon đập vào catốt mỗi giây: $n = \frac{P}{\epsilon}$ và $\epsilon = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{P\lambda}{hc}$

Số photon đập vào catốt trong 1 giây do bức xạ λ_1 và λ_2 chiếu vào catốt:

$$N = \frac{P_1 \lambda_1}{hc} + \frac{P_2 \lambda_2}{hc} = 6,6 \cdot 10^{17} + 2,45 \cdot 10^{17} = 9,05 \cdot 10^{17}$$

Ví dụ 4: Chiếu vào catốt một ánh sáng có bước sóng $0,546\mu m$, thì dòng quang điện bão hòa có giá trị là $2mA$. Công suất bức xạ là $1,515W$. Hiệu suất lượng tử là bao nhiêu?

Hướng dẫn giải

Cường độ dòng quang điện bão hòa: $I_{bh} = n_e \cdot |e| \Rightarrow n_e = \frac{I_{bh}}{|e|}$

Công suất bức xạ: $P = N_\lambda \varepsilon = N_\lambda \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow N_\lambda = \frac{P}{\frac{hc}{\lambda}} = \frac{P \cdot \lambda}{hc}$

Hiệu suất lượng tử:

$$H = \frac{n_e}{N_\lambda} = \frac{\frac{I_{bh}}{|e|}}{\frac{P \cdot \lambda}{hc}} = \frac{I_{bh} \cdot hc}{P \cdot \lambda \cdot |e|} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,515 \cdot 0,546 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3 \cdot 10^{-3} = 0,3\%$$

BÀI TẬP VẬN DỤNG:

Câu 1: Công tối thiểu để bức một electron ra khỏi bề mặt một tấm kim loại của một tế bào quang điện là 1,88eV. Khi chiếu một bức xạ có bước sóng 0,489 μm thì dòng quang điện bão hòa đo được là 0,26mA. Số electron tách ra khỏi catốt trong 1 phút.

Hướng dẫn giải

$I_{bh} = n|e| = 26 \cdot 10^{-5} \text{A}$. (n là số electron tách ra khỏi catốt trong 1s).

$$n = \frac{26 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 16,25 \cdot 10^{14};$$

Số electron tách ra khỏi K trong 1 phút: $N = 60n = 975 \cdot 10^{14}$.

Câu 2: Nguồn sáng thứ nhất có công suất P_1 phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 450 \text{nm}$. Nguồn sáng thứ hai có công suất P_2 phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_2 = 0,60 \mu\text{m}$. Trong cùng một khoảng thời gian, tỉ số giữa số photon mà nguồn thứ nhất phát ra so với số photon mà nguồn thứ hai phát ra là 3:1. Tỉ số P_1 và P_2 là:

- A. 4. B. 9/4 C. 4/3. D. 3.

Hướng dẫn giải

Công suất do nguồn thứ nhất phát ra trong thời gian t:

$$P_1 = N_1 \varepsilon_1 = \frac{N_1}{t} \frac{hc}{\lambda_1};$$

Công suất do nguồn thứ hai phát ra trong thời gian t:

$$P_2 = N_2 \varepsilon_2 = \frac{N_2}{t} \frac{hc}{\lambda_2};$$

Lập tỉ số P_1 và P_2 , ta được: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{N_1}{N_2} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{3}{1} \frac{0,6}{0,45} = 4$.

Chọn A.

Câu 3: Khi chiếu 1 bức xạ điện từ có bước sóng 0,5 micromet vào bề mặt của tế bào quang điện tạo ra dòng điện bão hòa là 0,32A. Công suất bức xạ đập vào Catot là $P = 1,5W$. tính hiệu suất của tế bào quang điện.

Hướng dẫn giải

$$\text{Hiệu suất lượng tử: } H = \frac{I_{bh} \cdot h \cdot c}{e \cdot P \cdot \lambda} = \frac{0,32 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}} \cdot 100\% = 53\%$$

Câu 4: Công thoát của electron đối với Natri là 2,48 (eV). Catot của tế bào quang điện làm bằng Natri được chiếu sáng bởi bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,36 (\mu m)$ thì có dòng quang điện bão hòa $I_{bh} = 50 (mA)$.

Cho biết: $h = 6,625 \cdot 10^{-34} (J.s)$; $c = 3 \cdot 10^8 (m/s)$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} (kg)$; $e = -1,6 \cdot 10^{-19} (C)$.

Hiệu suất quang điện bằng 60%, tính công suất của nguồn bức xạ chiếu vào catot.

Hướng dẫn giải

$$\text{Cường độ dòng quang điện bão hòa: } I_{bh} = n_e \cdot |e| \Rightarrow n_e = \frac{I_{bh}}{|e|}$$

$$\text{Công suất bức xạ: } P = N_\lambda \varepsilon = N_\lambda \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow N_\lambda = \frac{P}{\frac{hc}{\lambda}} = \frac{P \cdot \lambda}{hc}$$

$$\text{Hiệu suất lượng tử: } H = \frac{n_e}{N_\lambda} = \frac{\frac{I_{bh}}{|e|}}{\frac{P \cdot \lambda}{hc}} = \frac{I_{bh} \cdot hc}{P \cdot \lambda \cdot |e|} \Rightarrow P = \frac{I_{bh} \cdot hc}{H \cdot \lambda \cdot |e|}$$

$$\text{Thay số vào ta được kết quả: } P = \frac{I_{bh} \cdot hc}{H \cdot \lambda \cdot |e|} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,6 \cdot 0,36 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,29W$$

Dạng 7: Chiếu ánh sáng kích thích có bước sóng thích hợp vào bề mặt tấm kim loại (hay quả cầu) được cô lập về điện. Tính hiệu điện thế cực đại mà tấm kim loại đạt được.

Phương pháp giải:

Khi chiếu ánh sáng kích thích vào bề mặt kim loại thì e quang điện bị bật ra, tấm kim loại mất điện tử (-) nên tích điện (+) và có điện thế là V. Điện trường do điện thế V gây ra sinh ra 1 công cản $A_c = e \cdot V$ ngăn cản sự bật ra của các e tiếp theo. Nhưng ban đầu $A_c < W_{d \max}$, nên e quang điện vẫn bị bật ra. Điện tích (+) của tấm kim loại tăng dần, điện thế V tăng dần. Khi $V = V_{\max}$ thì công lực cản có độ lớn đúng bằng $W_{d \max}$ của e quang điện nên e không còn bật ra.

$$\text{Ta có: } eV_{\max} = \frac{1}{2} m_e v_{0 \max}^2 \Rightarrow eV_{\max} = \varepsilon - A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\text{Vậy } V_{\max} = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

VÍ DỤ MẪU:

Ví dụ 1: Khi rọi ánh đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,5\mu\text{m}$ lên một lá kim loại cô lập chưa nhiễm điện thì lá kim loại nhiễm điện đến điện thế tối đa $V_{\text{max}} = 1,5\text{V}$. Giải thích sự nhiễm điện này và xác định giới hạn quang điện của kim loại đó. Cho hằng số Plăng, vận tốc ánh sáng trong chân không, giá trị tuyệt đối của điện tích electron lần lượt là: $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ K.s}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Hướng dẫn giải

- Giải thích sự nhiễm điện: Khi một electron hấp thụ một photon của ánh sáng tới, electron sẽ có năng lượng lớn hơn công thoát A nên nó có thể bứt khỏi bề mặt kim loại được chiếu sáng, làm cho kim loại thiếu điện tích âm nên kim loại tích điện dương.
- Xác định λ_0 .

Từ công thức Anhtan về hiện tượng quang điện: $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + |e| \cdot |V_{\text{max}}|$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{\lambda} - \frac{|e| \cdot |V_{\text{max}}|}{hc} = \frac{1}{0,5 \cdot 10^{-6}} - \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \times 1,5}{6,625 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = 1,2619 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1,2619 \mu\text{m}.$$

Ví dụ 2: Một quả cầu bằng đồng (Cu) cô lập về điện được chiếu bởi 1 bức xạ điện từ có $\lambda = 0,14 (\mu\text{m})$. Cho giới hạn quang điện của Cu là $\lambda_1 = 0,3 (\mu\text{m})$. Tính điện thế cực đại của quả cầu.

Phân tích và hướng dẫn giải

Khi chiếu ánh sáng kích thích vào bề mặt kim loại thì e quang điện bị bật ra, tấm kim loại mất điện tử (-) nên tích điện (+) và có điện thế là V . Điện trường do điện thế V gây ra sinh ra 1 công cản $A_c = e \cdot V$ ngăn cản sự bứt ra của các e tiếp theo. Nhưng ban đầu $A_c < W_{\text{dmax}}$, nên e quang điện vẫn bị bứt ra. Điện tích (+) của tấm kim loại tăng dần, điện thế V tăng dần.

Khi $V = V_{\text{max}}$ thì công lực cản có độ lớn đúng bằng W_{dmax} của e quang điện nên e không còn bật ra.

$$\text{Ta có: } eV_{\text{Max}} = \frac{1}{2} m_e v_{0\text{max}}^2 \Rightarrow eV_{\text{Max}} = \varepsilon - A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\text{Vậy } V_{\text{Max}} = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$V_{\text{Max}} = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{1}{0,14 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{0,3 \cdot 10^{-6}} \right) = 4,73\text{V}$$

Ví dụ 3: Công thoát của electron đối với đồng là 4,47 eV. Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,14 \text{ } (\mu\text{m})$ vào một quả cầu bằng đồng cách li với vật khác thì tích điện đến hiệu điện thế cực đại là bao nhiêu?
Cho biết: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ (J.s)}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ (kg)}$.

Hướng dẫn giải

Gọi điện thế cực đại của quả cầu bằng đồng là: V_{\max} .

Khi chiếu bức xạ có bước sóng λ đến quả cầu bằng đồng cách ly với các vật khác, các electron quang được bứt ra khỏi quả cầu, điện tích dương của quả cầu tăng dần nên điện thế V của quả cầu tăng dần. Điện thế $V \rightarrow V_{\max}$.

Khi các electron quang bứt ra khỏi quả cầu đều bị điện trường kéo trở lại.

Theo công thức Einstein: $\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$

Mà điện thế cực đại của vật tính theo công thức: $\frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = |e|V_{\max}$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = A + |e|V_{\max}$$

$$\Rightarrow V_{\max} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A}{|e|} = \frac{\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,14 \cdot 10^{-6}} - 4,47 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,402 \text{ V}$$

$$W_{d0\max} = eV_{\max} = 3 \text{ eV}; \lambda = \frac{hc}{A + W_{d0\max}} = 0,274 \cdot 10^{-6} \text{ m}; f = \frac{c}{\lambda} = 1,1 \cdot 10^{14} \text{ Hz.}$$

Ví dụ 4: Chiếu lên bề mặt một tấm kim loại có công thoát electron là $A = 2,1 \text{ eV}$ chùm ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,485 \mu\text{m}$. Người ta tách ra một chùm hẹp các electron quang điện có vận tốc ban đầu cực đại hướng vào một không gian có cả điện trường đều E và từ trường đều B . Ba véc tơ v , E , B vuông góc với nhau từng đôi một. Cho $B = 5 \cdot 10^{-4} \text{ T}$. Để các electron vẫn tiếp tục chuyển động thẳng và đều thì cường độ điện trường E có giá trị nào sau đây?

- A. 201,4 V/m. B. 80544,2 V/m. C. 40,28 V/m. D. 402,8 V/m.

Hướng dẫn giải

Vận tốc ban đầu cực đại của electron;

$$v = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,485 \cdot 10^{-6}} - 2,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right)}$$

$$= 0,403 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Để electron vẫn tiếp tục chuyển động thẳng đều thì lực Lorentz cân bằng với lực điện tác dụng lên electron:

$$Bve = eE \Rightarrow E = Bv = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,403 \cdot 10^6 = 201,4 \text{ V/m. Chọn A}$$

BÀI TẬP VẬN DỤNG:

Câu 1: Công thoát electron khỏi đồng là 4,57eV. Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,14 \mu\text{m}$ vào một quả cầu bằng đồng đặt xa các vật khác. Tính giới hạn quang điện của đồng và điện thế cực đại mà quả cầu đồng tích được.

Hướng dẫn giải

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,57 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,27 \cdot 10^{-6} \text{ m};$$

$$W_{d0} = \frac{hc}{\lambda} - A = 6,88 \cdot 10^{-19} \text{ J}; V_{\max} = \frac{W_{d0}}{e} = 4,3 \text{ V}.$$

Câu 2: Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$ vào catot của 1 tế bào quang điện có công thoát $A = 1,8 \text{ eV}$. Dùng màn chắn tách ra một chùm hẹp các electron quang điện và cho chúng bay vào một điện trường từ A đến B sao cho $U_{AB} = -10 \text{ V}$. Vận tốc nhỏ nhất và lớn nhất của electron khi tới B lần lượt là:

- A. $18,75 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ và $18,87 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ B. $18,87 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ và $18,75 \cdot 10^5 \text{ m/s}$
C. $16,75 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ và $18,87 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ D. $18,75 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ và $19,00 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

Hướng dẫn giải

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,69 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,69 \mu\text{m};$$

Khi vận tốc ban đầu cực đại của e theo chiều tăng tốc với U_{AB} thì ta có vận tốc lớn nhất của electron khi tới B là v. Gọi v (hay v_{\max}) là vận tốc cực đại của e khi đến B. Áp dụng định lí động năng:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 &= |eU_{AB}| \\ \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 &= \frac{1}{2}mv_0^2 + |eU_{AB}| \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = +\varepsilon - A + |eU_{AB}| \\ \frac{1}{2}mv^2 &= hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) + |eU_{AB}| \\ \Rightarrow v_{\max} &= \sqrt{\frac{2hc}{m} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) + \frac{2|eU_{AB}|}{m}} \end{aligned}$$

Thế số:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9 \cdot 1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-6}} \left(\frac{1}{0,6} - \frac{1}{0,69} \right) + \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{9 \cdot 1 \cdot 10^{-31}} \cdot 10} = 19,00 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

Khi vận tốc ban đầu của e bằng 0 thì ta có vận tốc nhỏ nhất của electron khi

$$\text{tới B là } v_{\min}: \frac{1}{2}mv_{\min}^2 = eU_{AB} \Rightarrow v_{\min} = \sqrt{\frac{2}{m}eU_{AB}}$$

$$\text{Thế số: } v_{\min} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{9 \cdot 1 \cdot 10^{-31}} \cdot 10} = 18,75228 \cdot 10^5 \text{ m/s. Chọn D}$$

Chuyên đề 5

THUYẾT TƯƠNG ĐỐI

A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Hạn chế của cơ học cổ điển.

- + Cơ học cổ điển (cơ học Niu-ơn) không còn đúng đối với những trường hợp vật chuyển động với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng

2. Các tiên đề của Anhtanh.

Tiên đề I (nguyên lý tương đối):

Các định luật vật lý (cơ học, điện từ học...) có cùng một dạng như nhau trong mọi hệ quy chiếu quán tính.

Hiện tượng vật lý diễn ra như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính.

Tiên đề II (nguyên lý về sự bất biến của tốc độ ánh sáng):

Tốc độ ánh sáng trong chân không có cùng độ lớn bằng c trong mọi hệ quy chiếu quán tính, không phụ thuộc vào phương truyền và vào tốc độ của nguồn sáng hay máy thu: $c = 299\,792\,458 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Đây là giá trị tốc độ lớn nhất của hạt vật chất trong tự nhiên (hiện nay).

3. Hệ quả của thuyết tương đối hẹp:

a) Sự co của độ dài:

Độ dài của một thanh bị co lại dọc theo phương chuyển động của nó

$$\ell = \ell_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} < \ell_0 \quad (1)$$

ℓ : độ dài riêng: độ dài của thanh khi đứng yên dọc theo trục tọa độ trong hệ quy chiếu K

ℓ : độ dài của thanh đo được trong hệ K, khi thanh chuyển động với tốc độ v dọc theo trục tọa độ trong hệ K

b) Sự chậm lại của đồng hồ chuyển động:

Đồng hồ gắn với quan sát viên chuyển động chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} > \Delta t_0 \quad (2)$$

Δt : khoảng thời gian đo được theo đồng hồ gắn vào quan sát viên đứng yên

Δt_0 : khoảng thời gian đo được theo đồng hồ gắn vào quan sát viên chuyển động.

VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một đồng hồ chuyển động thẳng đều với tốc độ $v = 0,8c$ (với c là tốc độ ánh sáng trong chân không). Sau 12 phút (tính theo đồng hồ đó), đồng hồ này chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên là

A. 7,2 phút. B. 4,8 phút. C. 8 phút. D. 20 phút.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Thời gian đồng hồ chạy được trong hệ quy chiếu chuyển động là Δt_0 .

Thời gian đồng hồ chạy được trong hệ quy chiếu đứng yên (hệ quy chiếu gắn với quan sát viên đứng yên) là Δt .

$$\text{Ta có: } \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{12}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = 20 \text{ phút}$$

Suy ra đồng hồ gắn với hệ quy chiếu chuyển động chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên là 8 phút. **Chọn D**

Ví dụ 2: Một cái thước khi nằm yên dọc theo một trục tọa độ của hệ quy chiếu quán tính K thì có chiều dài là ℓ_0 . Khi thước chuyển động dọc theo trục tọa độ này với tốc độ bằng 0,8 lần tốc độ ánh sáng trong chân không thì chiều dài của thước đo được trong hệ K là

- A. $0,8\ell_0$ B. $0,6\ell_0$ C. $0,36\ell_0$ D. $0,64\ell_0$

Phân tích và hướng dẫn giải:

Chiều dài của thước khi thước chuyển động với vận tốc $0,8c$:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}} = 0,6l_0$$

Đáp án B

Ví dụ 5: Tính tốc độ của 1 electron được tăng tốc bởi hiệu điện thế 10^5V

Phân tích và hướng dẫn giải:

$$W_d = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) m_0 c^2 = eU, \text{ với } \beta = \frac{v}{c} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = 1 + \frac{eU}{m_0 c^2}$$

$$\Rightarrow \sqrt{1 - \beta^2} = \frac{1}{1 + \frac{eU}{m_0 c^2}} \Rightarrow 1 - \beta^2 = \frac{1}{\left(1 + \frac{eU}{m_0 c^2} \right)^2} \Rightarrow \beta^2 = 1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{eU}{m_0 c^2} \right)^2}$$

$$\Rightarrow \beta \approx 0,55$$

$$v = 3.10^8 \cdot 0,55 = 1,65.10^8 \text{ m/s.}$$

▣ BÀI TẬP VẬN DỤNG

Câu 1: Độ co chiều dài của một cái thước có chiều dài riêng 30cm, chuyển động với tốc độ $v = 0,8c$ là

- A. 12cm. B. 13cm. C. 18cm. D. 10cm.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Độ dài l của thanh, khi thanh chuyển động

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 18\text{cm}$$

Vậy thước đã bị co lại so lúc đầu một đoạn: $30 - 18 = 12\text{cm}$

Chọn A.

Câu 2: Một đồng hồ chuyển động với tốc độ $v = 0,8c$. Hỏi sau 30 phút (tính theo đồng hồ đó) thì đồng hồ này chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên bao nhiêu phút

- A. 12 phút. B. 48 phút. C. 20 phút. D. 15 phút.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Khoảng thời gian Δt đo được theo đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{30}{0,6} = 50 \text{ phút}$$

Vậy đồng hồ này chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên:

$$50 - 30 = 20 \text{ phút}$$

Chọn C.

Chuyên đề 6

SỰ HẤP THỤ ÁNH SÁNG. MÀU SẮC CỦA CÁC VẬT

1. Hấp thụ ánh sáng

Thực nghiệm chứng tỏ rằng, khi một chùm ánh sáng đi qua một môi trường vật chất bất kì, thì cường độ sáng bị giảm.

Một phần năng lượng của chùm sáng đã bị hấp thụ và biến thành nội năng của môi trường.

Hấp thụ ánh sáng là hiện tượng môi trường vật chất làm giảm cường độ của chùm sáng truyền qua nó.

Thực nghiệm chứng tỏ, khi truyền trong chân không, chùm sáng hoàn toàn không bị hấp thụ.

Điều đó chứng tỏ chính sự tương tác giữa ánh sáng với các nguyên tử (hay phân tử) cấu tạo nên môi trường đã gây ra hiện tượng hấp thụ ánh sáng.

a) Định luật về sự hấp thụ ánh sáng

Việc khảo sát định lượng sự hấp thụ ánh sáng đã cho thấy:

Cường độ I của chùm sáng đơn sắc khi truyền qua môi trường hấp thụ, giảm theo định luật hàm mũ của độ dài d của đường tia sáng: $I = I_0 e^{-\alpha d}$

Cường độ I của chùm sáng đơn sắc khi truyền qua môi trường hấp thụ, giảm theo định luật hàm mũ của độ dài d của đường tia sáng: $I = I_0 e^{-\alpha d}$

Cường độ của một chùm sáng được xác định bằng lượng quang năng mà chùm sáng tải qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với tia sáng trong một giây. Đơn vị của cường độ sáng là oát trên mét vuông.

$$I = \frac{\text{Năng lượng [J]}}{\text{Diện tích [m}^2\text{]} \cdot \text{Thời gian [s]}}$$

b) Hấp thụ lọc lựa

Khi cho chùm ánh sáng trắng đi qua một chất nào đó, ta quan sát thấy quang phổ hấp thụ (vật hấp thụ hay đám mây hấp thụ), trên quang phổ của ánh sáng trắng mất đi một số vạch ứng với các bước sóng đặc trưng cho chất đang xét.

Các ánh sáng có bước sóng khác nhau bị môi trường hấp thụ nhiều, ít khác nhau. Nói cách khác, sự hấp thụ ánh sáng của một môi trường có tính chọn lọc, hệ số hấp thụ của môi trường phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng.

Mọi chất đều hấp thụ có chọn lọc ánh sáng.

Những chất hầu như không hấp thụ ánh sáng trong miền nào của quang phổ được gọi là gần trong suốt với miền quang phổ đó.

Những vật không hấp thụ ánh sáng trong miền nhìn thấy của quang phổ được gọi là *vật trong suốt không màu* (chẳng hạn, nước nguyên chất, không khí, thủy tinh không màu...).

Thủy tinh không màu hấp thụ mạnh tia tử ngoại!

Những vật hấp thụ hoàn toàn mọi ánh sáng nhìn thấy thì có màu đen.

Những vật hấp thụ lọc lựa ánh sáng trong miền nhìn thấy thì được gọi là *vật trong suốt có màu*.

2. *Phản xạ (hoặc tán xạ) lọc lựa. Màu sắc các vật*

- Ở một số vật, khả năng phản xạ (hoặc tán xạ) ánh sáng mạnh, yếu khác nhau phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng tới. Đó là *sự phản xạ (hoặc tán xạ) lọc lựa*.
- Có những vật phản xạ (hoặc tán xạ) mạnh các ánh sáng có bước sóng dài, nhưng lại phản xạ (hoặc tán xạ) yếu các ánh sáng có bước sóng ngắn, chẳng hạn một tấm đồng có mặt đánh bóng thì tỉ lệ phần trăm cường độ phản xạ là:

Bước sóng (nm)	357	500	600	700	800	1000
Tỉ lệ %	27	44	72	83	89	90

Khi chiếu một chùm sáng trắng vào một vật, thì do vật có khả năng phản xạ (hoặc tán xạ) lọc lựa, nên ánh sáng phản xạ (hoặc tán xạ) là ánh sáng màu. Điều đó giải thích tại sao các vật có màu sắc khác nhau.

Các vật thể khác nhau có màu sắc khác nhau là do chúng được cấu tạo từ những vật liệu khác nhau.

Khi ta chiếu ánh sáng trắng vào các vật, chúng hấp thụ một số ánh sáng đơn sắc và phản xạ, tán xạ, hoặc cho truyền qua các ánh sáng đơn sắc khác nhau. Do đó, ta thấy các vật có màu sắc khác nhau.

Màu sắc các vật phụ thuộc vào sự hấp thụ lọc lựa và phản xạ lọc lựa của vật (phản xạ lọc lựa của chất cấu tạo nên vật hoặc của chất phủ bề mặt vật) đối với ánh sáng chiếu vào vật.

Tấm gỗ sơn màu đỏ hấp thụ ánh sáng màu lam, tím và tán xạ ánh sáng màu đỏ.

Do đó, nếu chiếu một chùm ánh sáng trắng vào tấm gỗ đó thì ta thấy nó có màu đỏ của tấm gỗ.

Nhưng nếu chiếu vào tấm gỗ đó một chùm ánh sáng lam hoặc tím thì nó hấp thụ hoàn toàn chùm ánh sáng đó và nó trở thành có màu đen.

Màu sắc các vật không những phụ thuộc bản chất của vật mà còn phụ thuộc màu sắc của ánh sáng rọi vào nó.

Khi nói một vật có màu này hay màu khác ta đã giả định nó được chiếu ánh sáng bằng chùm ánh sáng trắng.

VÍ DỤ MẪU:**Ví dụ 1:** Cường độ của chùm ánh sáng đơn sắc truyền qua môi trường hấp thụ

- A. giảm theo định luật hàm mũ của độ dài đường đi của tia sáng
- B. giảm tỉ lệ với độ dài đường đi của tia sáng
- C. giảm tỉ lệ nghịch với độ dài đường đi của tia sáng
- D. giảm tỉ lệ với bình phương độ dài đường đi của tia sáng

*Phân tích và hướng dẫn giải:*Theo định luật về sự hấp thụ ánh sáng: $I = I_0 \cdot e^{-\alpha d}$

Vì thế cường độ của chùm ánh sáng đơn sắc truyền qua môi trường hấp thụ giảm theo định luật hàm mũ của độ dài đường đi của tia sáng nên B; C; D đều sai. **Chọn A**

Ví dụ 2: Chiếu một chùm sáng đơn sắc theo phương vuông góc vào một tấm thủy tinh có độ dày d . Thấy rằng cường độ của chùm sáng ló bằng k lần cường độ chùm sáng tới. Coi rằng ánh sáng không bị phản xạ ở mặt trước và mặt sau tấm thủy tinh. Hệ số hấp thụ của thủy tinh đối với ánh sáng đơn sắc này là α . Hãy chọn biểu thức đúng

- A. $e^{\alpha d} = k$.
- B. $d = -\alpha \ln k$.
- C. $\alpha = \frac{d}{\ln k}$.
- D. $d = -\frac{\ln k}{\alpha}$.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Theo định luật về sự hấp thụ ánh sáng:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha d} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha d} = k \Rightarrow d = -\frac{\ln k}{\alpha}. \text{ Vậy chọn D.}$$

Ví dụ 3: Khi chiếu sáng vào tấm gỗ sơn màu đỏ chùm sáng ánh sáng lam, thì ta thấy có màu gì từ tấm gỗ?

- A. Tím.
- B. Đỏ.
- C. lam.
- D. Đen.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Tấm gỗ sơn màu đỏ hấp thụ ánh sáng màu lam hoặc tím và phản xạ ánh sáng màu đỏ. Vì thế khi chiếu sáng vào tấm gỗ sơn màu đỏ ánh sáng lam, ánh sáng lam bị tấm gỗ màu đỏ hấp thụ nên ta thấy tấm gỗ trên màu đen.

Vậy chọn D.

Ví dụ 3: Chọn câu Đúng: Màu sắc các vật là do vật được cấu tạo từ những vật liệu xác định và

- A. hấp thụ ánh sáng chiếu vào.
- B. phản xạ ánh sáng chiếu vào.
- C. cho ánh sáng truyền qua.
- D. hấp thụ một số bước sóng ánh sáng và phản xạ, tán xạ những bước sóng khác.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Các vật thể có màu sắc là do vật được cấu tạo từ những vật liệu xác định và vật hấp thụ một số bước sóng ánh sáng và phản xạ, tán xạ những bước sóng khác. Chọn D

❏ BÀI TẬP VẬN DỤNG:

Câu 1: Định luật về sự hấp thụ ánh sáng cho biết mối quan hệ giữa cường độ chùm ánh sáng

- A. qua môi trường với cường độ chùm sáng tới môi trường;
- B. tới môi trường với hệ số hấp thụ của môi trường
- C. qua môi trường với độ dài đường đi trong môi trường
- D. tới môi trường với độ dài đường đi trong môi trường

Phân tích và hướng dẫn giải:

Theo định luật về sự hấp thụ ánh sáng: $I = I_0 \cdot e^{-\alpha d}$

Với I_0 và I là cường độ chùm sáng trước khi vào môi trường và sau khi ra môi trường. α là hệ số hấp thụ của môi trường đối với ánh sáng đơn sắc chiếu vào và d là độ dài đường đi của tia sáng trong môi trường.

Vì thế: Định luật về sự hấp thụ ánh sáng cho biết mối quan hệ giữa cường độ chùm ánh sáng qua môi trường với độ dài đường đi trong môi trường.

Vậy chọn C.

Câu 2: Chiếu một chùm sáng đơn sắc theo phương vuông góc vào một tấm thủy tinh có độ dày $d = 2\text{mm}$. Thấy rằng cường độ của chùm sáng ló bằng 0,75 lần cường độ chùm sáng tới. Coi rằng ánh sáng không bị phản xạ ở mặt trước và mặt sau tấm thủy tinh. Hệ số hấp thụ của thủy tinh đối với ánh sáng đơn sắc này là

- A. $\alpha = 143,84\text{m}^{-1}$.
- B. $\alpha = 134,48\text{m}^{-1}$.
- C. $\alpha = 150\text{m}^{-1}$.
- D. $\alpha = 113,42\text{m}^{-1}$.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Theo định luật về sự hấp thụ ánh sáng:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha d} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha d} \Rightarrow \alpha = -\frac{\ln \frac{I}{I_0}}{d} = -\frac{\ln 0,75}{2 \cdot 10^{-3}} = 143,84\text{m}^{-1}$$

Vậy chọn D.

Câu 3: Khi chiếu sáng vào vật màu đỏ chùm sáng ánh sáng tím thì ta thấy có màu gì từ vật trên? Biết vật màu đỏ hấp thụ ánh sáng lam hoặc tím.

- A. Tím.
- B. Đỏ.
- C. Vàng.
- D. Đen.

Phân tích và hướng dẫn giải:

Vật màu đỏ hấp thụ ánh sáng lam hoặc tím nên khi chiếu ánh sáng màu tím vào vật màu đỏ thì ta quan sát được màu đen từ vật trên

Vậy chọn D.

Chuyên đề 7

TỪ VI MÔ ĐẾN VĨ MÔ

A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

CÁC HẠT SƠ CẤP

Hạt sơ cấp

Các hạt sơ cấp là các hạt vi mô có kích thước cỡ hạt nhân trở xuống và khi khảo sát quá trình biến đổi của chúng, ta tạm thời không xét đến cấu tạo bên trong của chúng.

Tạo ra các hạt sơ cấp mới

Để tạo ra các hạt sơ cấp mới, người ta làm tăng vận tốc của một số hạt bằng máy gia tốc và cho chúng bắn vào các hạt khác.

Phân loại các hạt sơ cấp

Dựa vào độ lớn của khối lượng và đặc tính tương tác, người ta phân hạt sơ cấp thành các loại sau:

• Photon: hạt có khối lượng tĩnh bằng 0.

• Lepton (các hạt nhẹ): có khối lượng từ 0 đến $200m_e$: neutrino, electron, pozitron, mezon μ .

• Hadron: gồm hai loại mezon và barion

- Mezon: có khối lượng trên $200m_e$ nhưng nhỏ hơn khối lượng nucleon gồm hai nhóm mezon π (π^0, π^+, π^-) và mezon K (K^0, K^+).

- Barion: các hạt có khối lượng bằng hoặc lớn hơn khối lượng nucleon, gồm hai nhóm: nucleon p, n và hiperon ($\Lambda^0, \Sigma^0, \Sigma^+, \Sigma^-$: khối lượng lớn hơn khối lượng nucleon) và các phản hạt của chúng.

Tính chất của các hạt sơ cấp

• Trong số các hạt sơ cấp, chỉ có 4 hạt không phân rã thành hạt khác, gọi là các hạt bền (proton, electron, photon, neutrino). Còn tất cả các hạt khác là không bền và phân rã thành các hạt khác.

• Mỗi hạt sơ cấp đều có một phản hạt tương ứng. Phản hạt của một hạt sơ cấp có cùng khối lượng nhưng có điện tích trái dấu và cùng giá trị tuyệt đối. Trường hợp hạt sơ cấp không mang điện thì phản hạt của nó có mômen từ cùng độ lớn nhưng ngược hướng.

Tương tác của các hạt sơ cấp

Các hạt sơ cấp luôn biến đổi và tương tác với nhau.

Có bốn loại tương tác của các hạt sơ cấp:

• Tương tác hấp dẫn: là tương tác giữa các hạt vật chất có khối lượng.