

Môn: **VẬT LÝ**

Thời gian: **180 phút** (không kể thời gian giao đề)

Ngày thi thứ hai: **06/01/2017**

(Đề thi có 03 trang, gồm 05 câu)

Câu I (4,0 điểm).

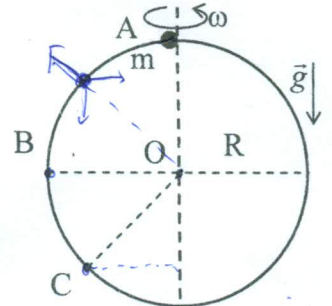
Một vành tròn bán kính R , cứng, mảnh, có lồng một hạt cườm nhỏ khối lượng m được đặt trong trọng trường với gia tốc g .

1. Đặt vành trong mặt phẳng thẳng đứng như hình 1.a. Tại thời điểm $t = 0$, hạt cườm đang ở vị trí gần sát đỉnh A và vành đang quay đều quanh trục thẳng đứng qua tâm O với tốc độ góc ω , người ta tác động nhẹ để hạt cườm bắt đầu trượt trên vành và đi xuống. Bỏ qua ma sát giữa hạt cườm và vành. Vành luôn quay đều với tốc độ góc ω khi hạt trượt.

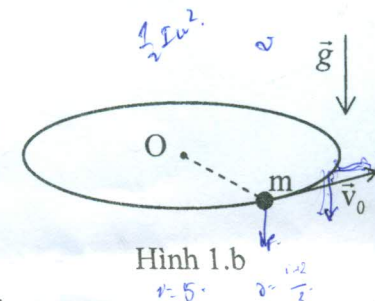
a) Xác định tốc độ của hạt cườm trong hệ quy chiếu gắn với vành tại thời điểm hạt cườm qua điểm A' bất kì trên vành với $\widehat{AOA'} = \alpha$ ($0 < \alpha \leq \pi$).

b) Xác định khoảng thời gian hạt cườm chuyển động từ điểm B (với $\widehat{AOB} = \frac{\pi}{2}$) tới điểm C (với $\widehat{AOC} = \frac{3\pi}{4}$), biết rằng $\omega \gg \sqrt{\frac{g}{R}}$.

2. Giữ vành cố định nằm ngang như hình 1.b. Ở thời điểm ban đầu hạt cườm trượt trên vành với vận tốc \vec{v}_0 . Hệ số ma sát trượt giữa hạt cườm và vành là μ . Xác định quãng đường hạt đi được trên vành.



Hình 1.a



Hình 1.b

Câu II (4,0 điểm).

Trong một xilanh kín hình trụ có một vách ngăn cứng, mỏng, có thể di chuyển được trong xilanh và chia xilanh thành hai phần. Ban đầu vách ngăn được giữ ở vị trí chính giữa của xilanh, phần bên trái của xilanh chứa một mol khí ở nhiệt độ T_1 và thể tích V_1 . Phần bên phải được hút chân không (Hình 2.a). Cho nhiệt dung mol đẳng tích của khí $C_V = \frac{5}{2}R$, R là hằng số khí. Xilanh và vách ngăn cách nhiệt tốt.

1. Vách ngăn kín, khí là khí lí tưởng. Vách ngăn được di chuyển chậm sang bên phải để khí giãn đoạn nhiệt thuận nghịch đến trạng thái khí chiếm toàn bộ thể tích trong xilanh. Xác định độ biến thiên nội năng của khí và công mà khí đã thực hiện.

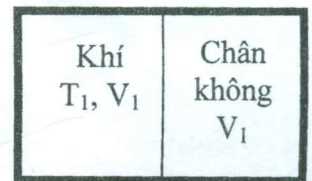
2. Vách ngăn được giữ cố định ở giữa xilanh. Tạo một lỗ thủng nhỏ trên vách ngăn làm cho khí bên ngăn trái tràn sang ngăn bên phải và chiếm toàn bộ thể tích trong xilanh (Hình 2.b). Hãy xác định áp suất và nhiệt độ của khí ở trạng thái cuối, độ biến thiên nội năng của khí và công mà khí đã thực hiện trong các trường hợp sau:

a) Khí trong xilanh là khí lí tưởng.

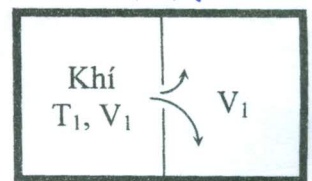
b) Khí trong xilanh là khí thực có phương trình trạng thái $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)V = RT$ và nội năng

$U = C_V T - \frac{a}{V}$, trong đó a là thông số khí thực đã biết.

3. Để đưa khí ở ý (2.a) khi ở trạng thái cuối cùng về trạng thái ban đầu (V_1, T_1), người ta nén đẳng nhiệt khí bằng cách sử dụng một pit-tông dẫn nhiệt như hình 2.c. Hệ được bố trí sao cho ở đầu

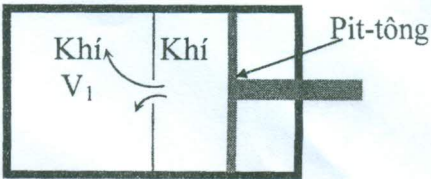


Hình 2.a



Hình 2.b

quá trình nén thể tích của hệ là $2V_1$. Quá trình nén diễn ra rất chậm và hệ luôn ở trạng thái cân bằng. Tính nhiệt lượng mà môi trường xung quanh hệ đã nhận được trong quá trình nén trên biết nhiệt độ môi trường xung quanh luôn là T_1 .



Hình 2.c

Câu III (4,0 điểm).

Hai thanh kim loại cứng, MN và PQ, được đặt vuông góc và luôn tiếp xúc với hai thanh ray kim loại cứng dài, song song, được giữ cố định trên mặt phẳng nằm ngang. Thanh MN có khối lượng m , thanh PQ có điện trở R , khoảng cách hai thanh ray là L . Bỏ qua điện trở của thanh MN và các thanh ray. Đặt cả hệ trên trong một vùng từ trường đều đủ rộng có cảm ứng từ \vec{B} vuông góc và hướng vào mặt phẳng hình vẽ. Xét hai trường hợp sau:

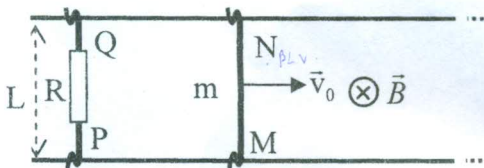
1. Thanh PQ được giữ cố định bên trái MN (Hình 3.a):

a) Kéo thanh MN chuyển động sang phải với vận tốc \vec{v}_0 không đổi. Xác định chiều dòng điện, cường độ dòng điện trong mạch và lực từ tác dụng lên thanh MN.

b) Ở thời điểm $t_0 = 0$ khi thanh MN đang có tốc độ v_0 , ta để cho thanh MN chuyển động tự do. Bỏ qua mọi ma sát và sự mất mát năng lượng do bức xạ điện từ.

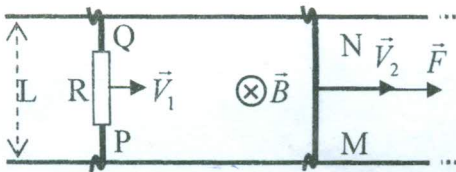
- Xác định tốc độ của thanh MN tại thời điểm $t > 0$ và quãng đường mà thanh MN trượt được.

- Khi thanh MN dừng lại, hãy nghiệm lại định luật bảo toàn năng lượng bằng cách chứng tỏ rằng năng lượng tỏa ra trên điện trở R đúng bằng động năng ban đầu của thanh MN.



Hình 3.a

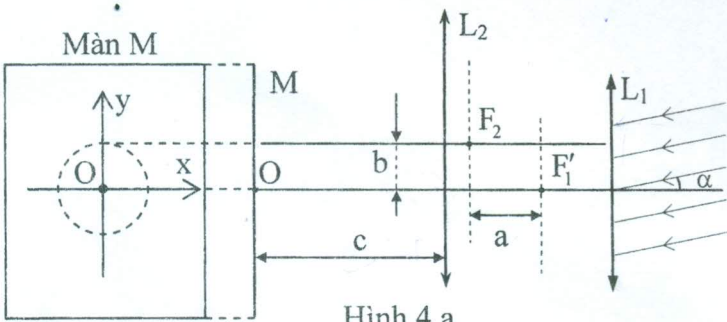
2. Thanh PQ có thể chuyển động trượt tịnh tiến trên hai thanh ray. Tác dụng một lực \vec{F} không đổi vào thanh MN (Hình 3.b), thanh MN chuyển động kéo theo sự chuyển động của thanh PQ. Khi đạt trạng thái chuyển động ổn định, hai thanh PQ và MN chuyển động sang phải với tốc độ không đổi tương ứng là V_1 và V_2 . Lực ma sát tác dụng lên hai thanh tỉ lệ thuận với tốc độ của từng thanh với cùng một hệ số tỉ lệ k . Xác định hệ số tỉ lệ k theo R, B, L, V_1, V_2 .



Hình 3.b

Câu IV (4,0 điểm).

Cho một hệ quang học như hình 4.a. Hệ gồm hai thấu kính hội tụ mỏng, L_1 và L_2 , tiêu cự tương ứng là f_1 và f_2 . F' là tiêu điểm ảnh của thấu kính L_1 còn F_2 là tiêu điểm vật của thấu kính L_2 . Thấu kính L_1 được giữ cố định còn thấu kính L_2 có thể quay sao cho: trục chính của L_2 luôn song song và cách trục chính của L_1 khoảng b không đổi; khoảng cách giữa tiêu diện vật của L_2 và tiêu diện ảnh của L_1 là a không đổi.



Hình 4.a

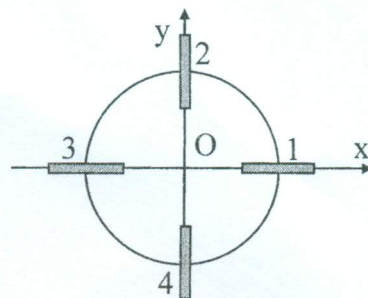
Các tia sáng phát ra từ vật ở xa được thu nhận bởi thấu kính L_1 và sau khi qua L_2 sẽ hiển thị ảnh là một điểm trên màn M. Gọi O là giao điểm của trục chính của thấu kính L_1 với màn M và góc hợp bởi chùm sáng song song từ vật đến thấu kính L_1 so với trục chính của thấu kính của L_1 là α .

1. Với góc $\alpha = 0$. Xác định khoảng cách c từ màn M đến thấu kính L_2 để ảnh hiện rõ nét trên màn và khoảng cách r_0 từ O đến vị trí của ảnh trên màn đó.

2. Quay thấu kính L_2 quanh trục chính của thấu kính L_1 với tốc độ góc ω không đổi. Khi $\alpha = 0$, ảnh của vật sẽ hiện trên màn trong vùng có bán kính đúng bằng r_0 . Với góc α nhỏ

($\alpha \neq 0, \tan \alpha \approx \alpha$), hãy xác định các giá trị $r_{0\min}$ nhỏ nhất và $r_{0\max}$ lớn nhất của khoảng cách từ O tới vị trí của ảnh trên màn. Tìm dạng quỹ đạo ảnh của vật trên màn M.

3. Hệ quang học trên có thể ứng dụng trong tên lửa tự dò mục tiêu. Để thu nhận tín hiệu nhằm điều khiển tự động tên lửa hướng đến mục tiêu ở xa, 4 cảm biến được đánh số từ 1 đến 4 được gắn cố định trên màn M dọc theo các trục Ox và Oy như hình 4.b. Căn cứ vào thứ tự và khoảng thời gian giữa các cảm biến nhận được liên tiếp người ta sẽ biết được góc lệch α của phương tên lửa với mục tiêu. Xác định các khoảng thời gian giữa hai cảm biến liên tiếp nhận được tín hiệu theo các đại lượng α, a, b , tiêu cự f_1, f_2 và ω .

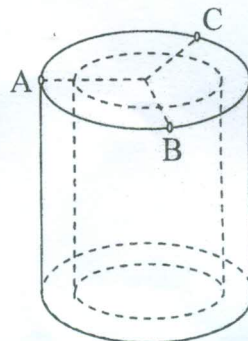


Hình 4.b

Câu V (4,0 điểm) Xác định đường kính trong của ống trụ nhưng không phá hỏng ống qua dao động xoay.

Cho các dụng cụ sau:

- Một ống hình trụ dày, nặng, đồng chất và đường kính ngoài có thể đo được. Hai đầu ống được bịt kín bằng vật liệu cứng, mỏng và rất nhẹ so với khối lượng ống. A, B, C là các móc treo nhỏ đặt đối xứng tam giác đều tại các điểm ở mép ngoài của ống (Hình 5) có thể được dùng để treo ống trụ này vào giá treo bằng các sợi dây;



Hình 5

- Một viên bi có móc treo nhỏ;
- Các sợi dây dài, mảnh, mềm, nhẹ, không giãn;
- Thước đo chiều dài;
- Đồng hồ bấm giây;
- Giá đỡ, giá treo cần thiết.

Yêu cầu:

1. Trình bày phương án thí nghiệm đo gia tốc trọng trường g tại nơi làm thí nghiệm.
2. Với giá trị của gia tốc trọng trường xác định được ở ý (1), trình bày phương án thí nghiệm xác định đường kính trong của ống.

Cho công thức: $\sqrt{1-x} \approx \left(1 - \frac{x}{2}\right)$ khi $|x| \ll 1$.

HẾT

- Thí sinh không được sử dụng tài liệu.
- Cán bộ coi thi không giải thích gì thêm.

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO ĐỀ THI CHỌN HỌC SINH GIỎI QUỐC GIA THPT
ĐỀ THI CHÍNH THỨC
NĂM 2017

Môn: VẬT LÍ

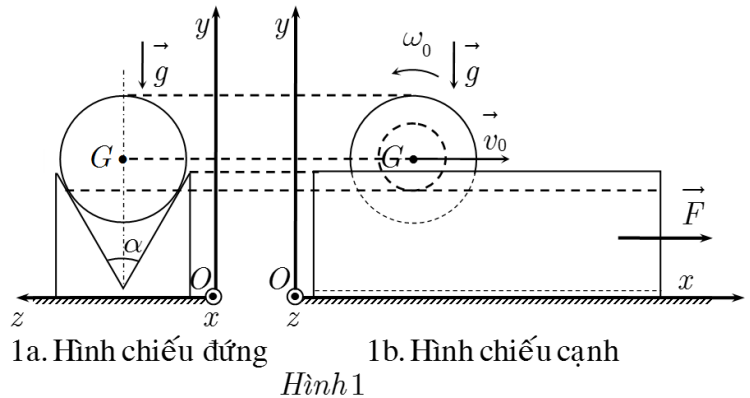
Thời gian làm bài: **180 phút** (không kể thời gian giao đề)

Ngày thi thứ nhất: **05/01/2017**

(Đề thi có 03 trang, gồm 05 câu)

Câu I (4,0 điểm).

Xét một cơ hệ gồm một quả cầu đặc đồng chất và một thanh cứng. Quả cầu nằm trên máng của thanh, máng được tạo bởi hai mặt phẳng hợp với nhau góc $\alpha = 60^\circ$, mặt phẳng phân giác của nó là mặt phẳng thẳng đứng. Hình 1a và 1b mô tả hình chiếu đứng và hình chiếu cạnh của hệ. Hệ được đặt trên mặt sàn nằm ngang. Coi thanh và quả cầu không bị biến dạng trong quá trình khảo sát. Thanh có khối lượng m và đủ dài. Quả cầu có bán kính R , khối lượng M , mô-men quán tính đối với trục quay đi qua khối tâm G là $I = \frac{2}{5}MR^2$.



Hệ số ma sát trượt giữa máng và quả cầu là μ . Gia tốc trọng trường là g . Cho hệ tọa độ $Oxyz$, xét hai trường hợp sau:

- Thanh được gắn cố định với sàn. Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, quả cầu đang quay ngược chiều kim đồng hồ quanh trục quay vuông góc với mặt phẳng Oxy và đi qua G với tốc độ góc ω_0 , đồng thời có vận tốc khối tâm là \vec{v}_0 theo chiều Ox (Hình 1b). Tới thời điểm $t = \tau$ quả cầu bắt đầu lăn không trượt, vận tốc khối tâm vẫn còn cùng chiều Ox trên thanh.
 - Mô tả quá trình chuyển động của quả cầu kể từ thời điểm ban đầu tới thời điểm $t = \tau$.
 - Tính quãng đường quả cầu đi được trên thanh trong khoảng thời gian τ nói trên.
- Thanh có thể trượt không ma sát trên sàn. Tác dụng vào thanh một lực \vec{F} không đổi theo phương Ox sao cho trong quá trình thanh chuyển động, quả cầu lăn không trượt trên máng.
 - Tại một thời điểm nào đó vận tốc của thanh là \vec{v}_1 vận tốc khối tâm quả cầu là \vec{v}_2 . Trong hệ quy chiếu gắn với thanh, hãy xác định vị trí của điểm có tốc độ lớn nhất trên quả cầu. Tính tốc độ lớn nhất đó.
 - Xác định biểu thức độ lớn cực đại của lực \vec{F} theo μ , g , M và m để trong quá trình thanh chuyển động quả cầu luôn lăn không trượt trên máng.

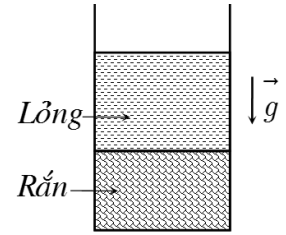
Câu II (4,0 điểm).

Ở sát bề mặt Trái đất, không khí có áp suất là p_0 và nước sôi ở nhiệt độ T_S . Cho biết phương trình vi phân Clau-di-út – Cla-pê-rôn mô tả mối quan hệ giữa nhiệt độ T và áp suất bão hòa p_{bh} xảy ra trong quá trình bay hơi là $\frac{dp_{bh}}{dT} = \frac{L}{T(V_h - V_l)}$. Ở đây L là ẩn nhiệt hóa hơi của nước và được coi là không đổi, V_h và V_l tương ứng là thể tích của một đơn vị khối lượng nước ở thể hơi và thể lỏng ($V_h \gg V_l$). Hơi nước và không khí được coi là khí lí tưởng với hằng số khí R . Cho khối lượng mol của nước và không khí tương ứng là μ và μ_k . Gia tốc trọng trường g được coi là không thay đổi theo độ cao.

- Tìm áp suất hơi nước bão hòa p_{bh} ở nhiệt độ T theo các đại lượng μ , p_0 , R , T , T_S và L . Tính giá trị cực đại của độ ẩm tuyệt đối (độ ẩm cực đại) của không khí ở nhiệt độ $T = \frac{T_S}{2}$.

2. Coi nhiệt độ không khí T_0 không đổi. Biết áp suất không khí phụ thuộc vào độ cao h theo công thức phong vũ biểu $p(h) = p_0 e^{-\frac{\mu_k g h}{RT_0}}$, với p_0 là áp suất không khí ở sát mặt đất ($h = 0$). Tìm độ cao h mà ở đó nước sôi ở nhiệt độ $T = \frac{T_S}{2}$.

3. Phần trên đã xét chuyển thể hơi-lỏng của nước, trong ý này ta xét sự chuyển thể rắn-lỏng. Cho một bình hình trụ đặt thẳng đứng đựng hỗn hợp gồm nước ở thể lỏng và nước ở thể rắn cùng ở nhiệt độ T . Giả thiết rằng dưới một điều kiện xác định nào đó, nước ở thể rắn và nước ở thể lỏng được phân tách bởi mặt phân cách rắn-lỏng như hình 2; đồng thời khi nhiệt độ tăng một lượng nhỏ ΔT ($\frac{\Delta T}{T} \ll 1$) thì mặt phân cách sẽ dịch xuống một đoạn Δh .



Hình 2

Cho biết trong quá trình chuyển thể rắn-lỏng của nước, sự thay đổi áp suất ở mặt phân cách rắn-lỏng theo nhiệt độ T có dạng $\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T(V_l - V_r)}$. Trong đó V_r và V_l tương ứng là thể tích của một đơn vị khối lượng nước ở thể rắn và thể lỏng, λ là ẩn nhiệt của chuyển pha rắn-lỏng. Bỏ qua sự giãn nở vì nhiệt. Gọi khối lượng riêng của nước ở thể lỏng và ở thể rắn tương ứng là ρ_l và ρ_r , tìm biểu thức ρ_l theo ρ_r , λ , ΔT , T , Δh và g .

Câu III (4,0 điểm).

Cho một điện trường đối xứng cầu có tâm đối xứng là O (chọn làm gốc tọa độ) có điện thế tại điểm có bán kính r là $V(r)$; điện trường này do một hệ điện tích phân tán trong không gian gây ra. Giả thiết hệ điện tích phân tán là hỗn hợp của các ion dương và các ion âm với mật độ điện tích dương và âm lần lượt là $\rho_+(r) = \rho_0 e^{-\alpha V(r)}$ và $\rho_-(r) = -\rho_0 e^{\alpha V(r)}$. Trong đó ρ_0 , α là các hằng số dương sao cho $\alpha V(r) \ll 1 \forall r$. Biết điện thế $V(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} e^{-\lambda r}$ và mật độ điện tích $p(r) = p_+(r) + p_-(r)$ thỏa mãn

phương trình $\frac{1}{r} \frac{d^2(rV)}{dr^2} + \frac{\rho}{\epsilon_0} = 0$, với ϵ_0 là hằng số điện, q là hằng số dương, λ không phụ thuộc vào r .

1. Tìm biểu thức cường độ điện trường $E(r)$ theo r , ϵ_0 , q và λ .

2. Tìm biểu thức của λ theo ρ_0 , α và ϵ_0 .

3. Chứng minh rằng:

a. Lượng điện tích chứa trong khối cầu tâm O bán kính r có biểu thức $Q(r) = q(1 + \lambda r)e^{-\lambda r}$.

b. Trong trường hợp r đủ nhỏ, $Q(r)$ tương đương với một điện tích q duy nhất đặt tại O , còn trong trường hợp r đủ lớn khối điện tích trung hòa về điện.

Bài giải:

Từ (11) ta thấy, khi $r \rightarrow 0$ thì $Q(r) \rightarrow q$, nghĩa là r đủ nhỏ, $Q(r)$ tương đương với một điện tích q duy nhất đặt tại O .

Từ (11) ta cũng nhận thấy, khi $r \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{1 + r\lambda}{e^{\lambda r}} \rightarrow 0 \Rightarrow Q(r) \rightarrow 0$, nghĩa là r đủ lớn khối điện tích trung hòa về điện.

4. Đại lượng $\frac{dQ(r)}{dr}$ được gọi là *mật độ điện tích theo bán kính*. Tìm r_0 mà tại đó $\frac{dQ(r)}{dr}$ đạt giá trị cực tiểu.

Cho công thức toán: $e^x \approx 1 + x$ khi $|x| \ll 1$.

Câu IV (4,0 điểm).

Bằng việc sử dụng vật liệu thủy tinh có chiết suất thay đổi, người ta có thể chế tạo được các bản thủy tinh mỏng có bề dày không đổi nhưng tính năng tương tự như thấu kính. Trong bài toán này, xét một đĩa phẳng mỏng có bán kính a , bề dày d không đổi ($d \ll a$). Đĩa làm bằng vật liệu thủy tinh có chiết suất chỉ thay đổi dọc theo phương bán kính và có tính năng tương đương như một thấu kính hội tụ có tiêu cự f .

Biết chiết suất tại tâm đĩa là n_0 .

1. Áp dụng nguyên lý Féc-ma, chứng minh rằng chiết suất của chất làm đĩa dọc theo phương bán kính có biểu thức $n(r) = n_0 - \frac{\sqrt{r^2 + f^2} - f}{d}$.
2. Xác định bán kính lớn nhất theo f , d và n_0 .
3. Cho đĩa chuyển động với vận tốc \vec{V} không đổi. Chiếu vuông góc vào bề mặt đĩa một chùm photon theo chiều chuyển động của đĩa. Xác định tốc độ truyền photon trong đĩa tại điểm cách tâm đĩa một khoảng r . Biết tốc độ ánh sáng trong chân không là c .

Câu V (4,0 điểm).

Cho hai hệ quy chiếu quán tính K và K' có các trục tọa độ tương ứng song song với nhau, K đứng yên còn K' chuyển động dọc theo phương Ox của K với vận tốc \vec{V} không đổi. Trong hệ K , một photon với năng lượng $0,800 \text{ (MeV)}$ chuyển động theo phương Ox và chạm với một electron đang đứng yên. Sau va chạm, photon chuyển động theo phương vuông góc với Ox với năng lượng $0,312 \text{ (MeV)}$. Cho năng lượng nghỉ của electron $E_0 = 0,512 \text{ (MeV)}$, điện tích electron $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ (C)}$, tốc độ ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$.

1. Với quan sát viên trong K , tính:

- a. Góc φ giữa hướng chuyển động của electron sau va chạm và phương Ox .
- b. Năng lượng E của electron sau va chạm.

2. Với quan sát viên trong K' :

- a. Chứng minh rằng năng lượng E' của electron sau va chạm tuân theo phương trình $E' = \frac{E - Vp_x}{\sqrt{1 - \beta^2}}$, trong

đó p_x là động lượng tương đối tính của hạt theo phương Ox và $\beta = \frac{V}{c}$.

- b. Cho $V = 0,6c$, tính tốc độ u' của electron sau va chạm trong K' .

Gợi ý:

Sử dụng công thức cộng vận tốc liên hệ giữa vận tốc $\vec{u}(u_x, u_y, u_z)$ trong K và vận tốc $\vec{u}'(u'_x, u'_y, u'_z)$ trong K' :

$$u'_x = \frac{u_x - V}{1 - \frac{V}{c^2}u_x}, \quad u'_y = \frac{u_y \sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \frac{V}{c^2}u_x}, \quad u'_z = \frac{u_z \sqrt{1 - \beta^2}}{1 - \frac{V}{c^2}u_x}, \quad \text{khai triển } u'^2 = u'^2_x + u'^2_y + u'^2_z$$

rồi tính $(c^2 - u'^2)(1 - \frac{V}{c^2}u_x)$.

–HẾT–

- Thí sinh không được sử dụng tài liệu.
- Cán bộ coi thi không giải thích gì thêm.