

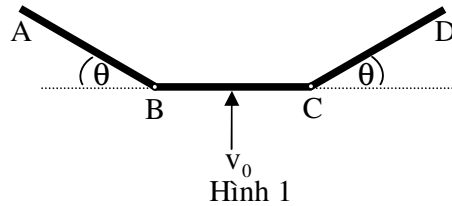
ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Môn thi: **VẬT LÝ**Thời gian: **240** phút (không kể thời gian giao đề)Ngày thi thứ nhất: **24/3/2016**

(Đề thi gồm 04 trang, gồm 06 câu)

CÂU I (3,5 điểm)

1. Cho một cơ hệ gồm ba thanh AB, BC và CD. Các thanh giống hệt nhau, đều mảnh, cứng, đồng chất, có khối lượng m và chiều dài 2ℓ . Các thanh được nối với nhau bằng các khớp nối B và C mà tại đó chúng có thể quay không ma sát trong mặt phẳng chứa các thanh. Ban đầu cơ hệ nằm yên trên một mặt bàn nằm ngang nhẵn, các thanh AB và CD tạo với đường thẳng đi qua thanh BC các góc bằng nhau và bằng θ . Một quả cầu nhỏ khối lượng $M = 3m$ chuyển động trên mặt bàn với vận tốc ban đầu v_0 tới và chạm vuông góc với thanh BC tại trung điểm của nó (Hình 1). Va chạm là hoàn toàn đàn hồi.

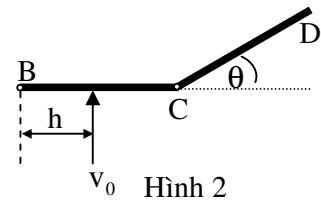


Hình 1

a) Sau va chạm, thanh BC chuyển động tịnh tiến với vận tốc u trong hệ quy chiếu gắn với mặt bàn. Trong hệ quy chiếu gắn với thanh BC, các thanh AB và CD quay xung quanh các khớp B và C với vận tốc góc ω . Tìm phương trình liên hệ giữa u và ω .

b) Tìm giá trị của u và vận tốc quả cầu sau va chạm trong hệ quy chiếu gắn với mặt bàn.

2. Bỏ thanh AB ra khỏi cơ hệ đã cho và gắn hệ còn lại gồm hai thanh vào một trục quay thẳng đứng đi qua B sao cho hệ có thể quay trên mặt bàn (Hình 2). Ban đầu hệ nằm yên và góc lệch của thanh CD so với đường thẳng đi qua thanh BC là θ . Quả cầu nhỏ khối lượng $M = 3m$ chuyển động với vận tốc ban đầu v_0 tới và chạm vuông góc với thanh BC tại một điểm cách đầu B một khoảng h như hình 2 ($h < 2\ell$). Va chạm là hoàn toàn đàn hồi.



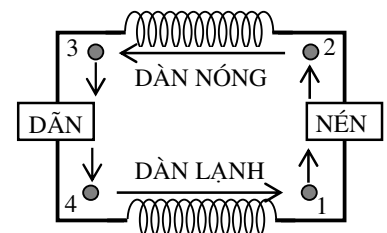
Hình 2

a) Trong hệ quy chiếu gắn với mặt bàn, tìm liên hệ giữa các vận tốc góc ω_1 và ω_2 của các thanh BC và CD ngay sau va chạm.

b) Tìm giá trị của h sao cho sau va chạm quả cầu đứng yên.

CÂU II (3,5 điểm)

Chu trình 1-2-3-4-1 của một máy làm lạnh dùng tác nhân là 1 mol không khí được mô tả như hình 3. Tác nhân ở trạng thái 1 có áp suất p_1 và nhiệt độ T_1 được nén theo quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch đến trạng thái 2 có áp suất p_2 và nhiệt độ T_2 . Từ trạng thái 2, tác nhân đi vào dàn nóng, tỏa nhiệt lượng Q_1 theo quá trình đẳng áp đến trạng thái 3 có áp suất p_2 và nhiệt độ T_3 . Từ trạng thái 3, tác nhân thực hiện quá trình giãn đoạn nhiệt thuận nghịch đến trạng thái 4 có áp suất p_1 và nhiệt độ T_4 . Từ trạng thái 4, tác nhân đi vào dàn lạnh, nhận nhiệt lượng Q_2 theo quá trình đẳng áp để trở về trạng thái 1.



Hình 3

1. Coi không khí là khí lí tưởng lưỡng nguyên tử, hãy thành lập công thức tính p_2 theo T_1 , T_2 và p_1 . Tính hiệu năng làm lạnh ε theo T_1 và T_2 .

2. Coi không khí là khí thực Van-der-Waals, tuân theo phương trình $\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$,

với a , b là các hằng số, R là hằng số khí. Giả thiết nhiệt dung mol đẳng tích của khí là một hàm chỉ phụ thuộc vào thể tích và ở giới hạn thể tích lớn, giá trị của nhiệt dung mol đẳng tích của khí Van-der-Waals trùng với giá trị nhiệt dung mol đẳng tích của khí lí tưởng lưỡng nguyên tử.

a) Chứng minh rằng nhiệt dung mol đẳng tích $C_V = 5R/2$.

b) Thành lập biểu thức tính nội năng U và nhiệt dung mol đẳng áp C_p của khí.

c) Chứng minh rằng đối với quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch đẳng entropy S , hệ số biến đổi nhiệt độ theo áp suất của khí là $\left. \frac{dT}{dp} \right|_S = \frac{1}{C_p} \frac{V-b}{1 - \frac{2a(V-b)^2}{RTV^3}}$.

d) Thực tế, trong quá trình 1-2, khí biến đổi đoạn nhiệt không thuận nghịch sao cho hàm nhiệt động enthalpy $H = U + pV$ là hằng số. Cho biết hệ số biến đổi nhiệt độ theo áp suất khí

trong quá trình này có dạng $\left. \frac{dT}{dp} \right|_H = \frac{1}{C_p} \left[\frac{V-b}{1 - \frac{2a(V-b)^2}{RTV^3}} - V \right]$. Khi các hệ số a, b là đủ bé

($a \ll pV^2, b \ll V$), hãy thành lập công thức tính p_2 theo a, b, T_1, T_2, C_p và p_1 .

Cho biết công thức vi phân: $df(x, y) = \left. \frac{df}{dx} \right|_y dx + \left. \frac{df}{dy} \right|_x dy$.

CÂU III (4,0 điểm)

Điện trường và từ trường là hai mặt của một trường thống nhất gọi là trường điện từ. Nhiều bài toán phức tạp về từ trường có thể được giải dễ dàng thông qua bài toán điện trường nhờ sự tương tự điện-từ. Từ trường của một mô-men lưỡng cực từ có dạng hoàn toàn tương tự như điện trường của một mô-men lưỡng cực điện. Điện trường do một mô-men lưỡng cực điện $\vec{P}$ gây ra

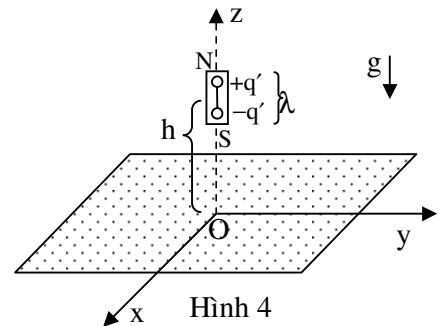
tại một điểm $\vec{r}$ cách xa nó có biểu thức $\vec{E} = k \left[\frac{3(\vec{P} \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{P}}{r^3} \right]$, còn từ trường do một mô-men

lưỡng cực từ $\vec{m}$ gây ra tại một điểm $\vec{r}$ cách xa nó cũng có biểu thức tương tự $\vec{B} = k' \left[\frac{3(\vec{m} \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{m}}{r^3} \right]$, trong đó k và k' tương ứng là hằng số điện và hằng số từ (chưa biết).

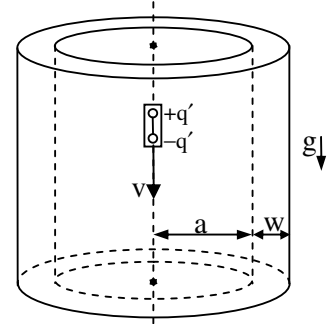
1. Xét mô hình mô-men lưỡng cực từ là một khung dây mảnh, hình tròn có dòng điện không đổi chạy bên trong. Từ định luật Biô-Sava, tìm k' .

Tiếp theo, ta xét mô hình mô-men lưỡng cực từ của một nam châm vĩnh cửu tương tự như mô hình của một mô-men lưỡng cực điện. Nam châm vĩnh cửu được coi như một hệ gồm hai “từ tích” q' có độ lớn bằng nhau nhưng trái dấu và được đặt cách nhau một khoảng ℓ . Khi đó mô-men từ của nam châm có biểu thức $\vec{m} = q'\vec{\ell}$, trong đó $\vec{\ell}$ hướng từ “từ tích âm” đến “từ tích dương”. Xét một nam châm vĩnh cửu nhỏ A có khối lượng là M và mô-men từ $\vec{m}$. Gia tốc trọng trường là g .

2. Nam châm vĩnh cửu A được đặt dọc theo phương thẳng đứng Oz ở phía trên của một màng mỏng siêu dẫn, rộng vô hạn nằm ngang như hình 4. Dòng điện ban đầu trong màng siêu dẫn khi chưa đặt nam châm là không đáng kể. Trọng lực khiến nam châm chuyển động lại gần màng siêu dẫn và tạo ra các dòng điện cảm ứng khép kín trên màng siêu dẫn. Theo định luật Lenz các dòng cảm ứng này có xu hướng chống lại nguyên nhân sinh ra nó. Trong màng mỏng siêu dẫn, các dòng này được duy trì, vì thế quan sát thấy nam châm đứng yên và cân bằng ở độ cao h so với mặt phẳng màng siêu dẫn. Tìm h biết $h \gg \ell$.



3. Nam châm A được thả không vận tốc ban đầu dọc theo trục đối xứng của một ống hình trụ, đủ dài, được làm bằng đồng, đặt thẳng đứng. Quan sát thấy nam châm luôn chuyển động dọc theo trục đối xứng của hình trụ và vận tốc của nam châm nhanh chóng đạt tới một giá trị không đổi v (Hình 5). Tìm v , biết ống đồng có điện trở suất ρ , bán kính a , độ dày w . Biết chiều dài lưỡng cực từ ℓ và độ rộng w của ống rất nhỏ so với bán kính a của ống.

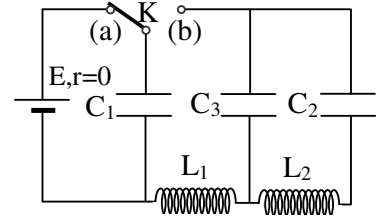


Hình 5

Cho biết: $\int_{-\infty}^{\infty} \left[\left(1 + (y-x)^2 \right)^{-3/2} - \left(1 + y^2 \right)^{-3/2} \right] dy \approx \frac{45\pi x^2}{128}$ với $|x| \ll 1$.

CÂU IV (3,0 điểm)

Cho mạch dao động như hình 6. Các cuộn dây thuần cảm, có hệ số tự cảm $L_1 = L_2 = L$. Các tụ điện có điện dung $C_1 = C_2 = C_0, C_3 = C$. Nguồn điện một chiều có suất điện động E , điện trở trong $r = 0$. Bỏ qua điện trở của khóa K và các dây nối. Ban đầu các tụ điện C_2, C_3 chưa tích điện, khóa K đặt ở vị trí (a), sau đó khóa K chuyển sang vị trí (b).



Hình 6

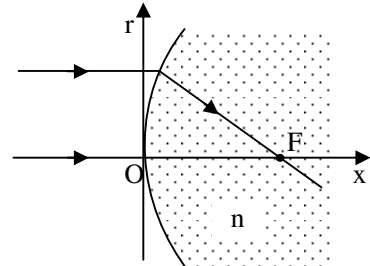
1. Xác định các tần số đặc trưng dao động và biểu thức cường độ dòng điện theo thời gian qua các nhánh trong mạch kể từ khi khóa K chuyển sang vị trí (b).

2. Trong trường hợp $C \gg C_0$, vẽ phác đồ thị của cường độ dòng điện qua tụ C_1 theo thời gian.

CÂU V (3,0 điểm)

Một môi trường trong suốt được ngăn cách với không khí bởi một mặt tròn xoay $r(x)$ có trục đối xứng Ox , với O là đỉnh của mặt tròn xoay.

1. Chiết suất của môi trường không đổi và bằng n . Tìm dạng mặt ngăn cách để một chùm sáng tới song song với Ox , sau khi qua mặt ngăn cách thì hội tụ tại điểm F trên Ox , cách O một khoảng f (Hình 7).



Hình 7

2. Xét trường hợp mặt ngăn cách là mặt phẳng $x = 0$ và chiết suất của môi trường $n(r)$ thay đổi theo khoảng cách r đến trục Ox . Chiếu chùm sáng hẹp vào môi trường tại A cách O một khoảng $OA = a$ theo phương vuông góc với mặt ngăn cách, thì chùm sáng truyền trong môi trường này theo một đường cong được mô tả bởi phương trình $r = a \cos(kx)$, trong đó k là hằng số.

a) Tìm hàm $n(r)$. Cho n_A là chiết suất của môi trường tại A .

b) Chiếu chùm sáng hẹp vào môi trường tại B cách O một khoảng $OB = b$ theo phương vuông góc với mặt ngăn cách. Tìm phương trình quỹ đạo của chùm sáng trong môi trường.

3. Chiết suất của môi trường thay đổi theo quy luật tìm được ở ý 2. Xét trong trường hợp $ka \ll 1$ và các tia sáng tới nằm gần trục chính. Tìm phương trình $x(r)$ của mặt ngăn cách giữa môi trường và không khí để một chùm sáng tới song song với Ox , sau khi qua mặt ngăn cách thì hội tụ tại một điểm trên Ox .

CÂU VI (3,0 điểm)

Muon μ^- là hạt sơ cấp có điện tích giống như điện tích của electron. Ở trạng thái nghỉ μ^- có thời gian sống 10^{-6} s và khối lượng bằng $206,8m_e$ ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg là khối lượng của electron). Bỏ qua ảnh hưởng của tương tác hấp dẫn đối với muon.

1. Tính tốc độ cần thiết để muon có thể tới bề mặt Trái Đất nếu nó được sinh ra từ lớp khí quyển ở độ cao 10^4 m.

2. Giả thiết rằng trong phạm vi 10^4 m, từ trường của Trái Đất là đều, có độ lớn 10^{-4} T, phương song song với mặt đất và chiều từ địa cực Nam đến địa cực Bắc. Hạt muon ở ý 1 đi tới theo phương vuông góc với mặt đất tại một vị trí trên đường xích đạo sẽ bị lệch theo phương nào và một khoảng bằng bao nhiêu? Bỏ qua độ cong của Trái Đất và sự tự xoay của nó.

3. “Nguyên tử muon” là nguyên tử mà trong đó electron được thay bằng μ^- . Dựa vào mẫu Bohr hãy tính năng lượng của nguyên tử hydro muon trong trường hợp tính đến chuyển động của proton. Từ đó tính tần số của photon được phát ra khi nguyên tử chuyển từ trạng thái ứng với $n = 3$ về $n = 1$. Cho khối lượng proton $m_p = 1836,1 m_e$.

4. Muon được sinh ra trong phản ứng phân rã kaon thành muon và neutrino. Tính động năng (theo MeV) mà muon nhận được trong hệ quy chiếu gắn với kaon khi một kaon có năng lượng nghỉ 495 MeV phân rã. Coi khối lượng nghỉ của neutrino là không đáng kể.

Cho: hằng số điện $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$; điện tích nguyên tố $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; tốc độ ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ và hằng số Planck $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$.

HẾT

Ghi chú:

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