

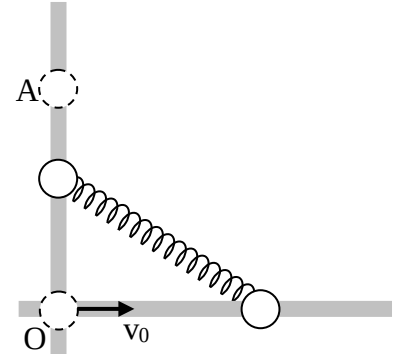
ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Môn thi: **VẬT LÝ**Thời gian: **240** phút (không kể thời gian giao đề)Ngày thi thứ nhất: **25/03/2014**

Đề thi gồm 04 trang

CÂU I (3,5 điểm)

1. Hai quả cầu nhỏ có cùng khối lượng $m = 10\text{g}$ được nối với nhau bởi một lò xo nhẹ, chiều dài $L = 10\text{cm}$ và độ cứng $k = 100\text{N/m}$. Hai quả cầu này chỉ có thể trượt không ma sát trên mặt phẳng nằm ngang dọc theo hai rãnh thẳng vuông góc với nhau như trên hình 1. Ban đầu hai quả cầu nằm yên, một quả ở A, một quả ở O và lò xo không biến dạng. Truyền cho quả cầu tại O vận tốc $v_0 = 2\text{m/s}$ theo phương ngang và vuông góc với trục lò xo. Cho biết lò xo luôn nằm trên đường nối hai quả cầu trong quá trình chuyển động. Tính độ giãn tỷ đối lớn nhất của lò xo.



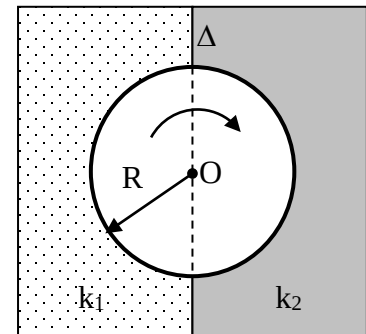
Hình 1

2. Giải lại bài toán trên trong trường hợp các quả cầu có thể chuyển động không ma sát trên mặt phẳng ngang.

CÂU II (2,0 điểm)

Một đĩa phẳng đồng chất, khối lượng M và bán kính R đang quay với vận tốc góc ω_0 quanh trục thẳng đứng đi qua tâm đĩa thì rơi nhẹ lên mặt sàn nằm ngang. Lực cản của sàn tác dụng lên phần đĩa diện tích ΔS có vận tốc $\vec{v}$ được xác định bằng biểu thức: $\vec{F}_c = -k \cdot \Delta S \vec{v}$, với k là hệ số cản.

Mặt sàn gồm hai phần được ngăn cách nhau bởi đường thẳng Δ , có hệ số cản tương ứng là k_1 và k_2 ($k_1 > k_2$). Tại thời điểm ban đầu, tâm đĩa nằm trên đường phân cách Δ (Hình 2).



Hình 2

1. Xác định độ lớn gia tốc góc và gia tốc khối tâm của đĩa tại thời điểm ban đầu.

2. Tìm khoảng cách mà tâm đĩa bị dịch đi từ thời điểm ban đầu cho đến khi dừng lại hẳn.

CÂU III (3,0 điểm)

Một bình hình trụ có vỏ dẫn nhiệt, chiều dài L chứa một lượng khí lý tưởng lưỡng nguyên tử có khối lượng mol μ . Bình được đặt thẳng đứng trong trọng trường có gia tốc g không đổi. Giữ cố định nhiệt độ đáy dưới của bình ở T_0 . Khi trạng thái dừng được thiết lập (không có đối lưu) nhiệt độ đáy trên của bình là T_L .

1. Tìm T_L theo T_0 , μ , g và L .
2. Xác định vị trí khối tâm của lượng khí trong bình.
3. Tìm nhiệt dung mol đẳng tích của khí trong bình.

CÂU IV (5,0 điểm)

Một từ trường $\vec{B}$ đối xứng xung quanh trục Oz. Trong hệ tọa độ trụ, tại điểm $M(r, \theta, z)$ ở lân cận trục (điều kiện cận trục), cảm ứng từ có các thành phần sau:

$$\begin{cases} B_z = B_z(z) \\ B_r = -\frac{r}{2} \frac{dB_z}{dz} \end{cases} \quad (*)$$

trong đó B_z là hàm khả vi đến bậc 2 của biến z .

Tại điểm A trên trục Oz có một nguồn phát ra các proton có khối lượng m, điện tích e và vận tốc $\vec{v}_0$ hợp với trục Oz một góc α nhỏ. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

1. Chứng minh rằng phương trình chuyển động của proton có dạng:

$$\frac{d\theta}{dt} = k B_z; \quad \frac{d^2 r}{dt^2} = -k^2 r B_z^2; \quad \frac{d^2 z}{dt^2} = 0$$

với k là một hằng số phụ thuộc vào m và e.

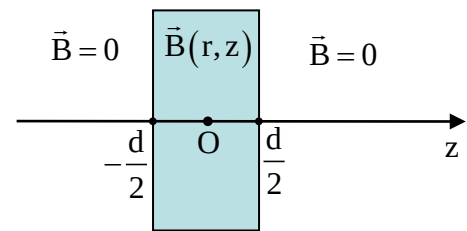
2. Chứng minh quỹ đạo của proton tuân theo phương trình vi phân sau:

$$\frac{d^2 r}{dz^2} + \left(\frac{e B_z}{2 m v_0} \right)^2 r = 0$$

và điều đó cho thấy các proton khác nhau có cùng độ lớn vận tốc phát ra với các hướng hợp với trục Oz những góc α nhỏ khác nhau sẽ hội tụ tại một điểm.

3. Một thấu kính từ mỏng là một vùng không gian có từ trường được giới hạn bởi hai mặt phẳng $z = \pm \frac{d}{2}$ và

$z = -\frac{d}{2}$ với d đủ nhỏ (Hình 3). Xét từ trường bên trong thấu kính có dạng (*), bỏ qua từ trường ở bên ngoài và coi khoảng cách r từ các proton tới trục là không đổi.



Hình 3

Xét một chùm proton có cùng vận tốc đi qua thấu kính mỏng song song với trục Oz, chứng minh rằng thấu kính này là thấu kính hội tụ có tiêu cự ảnh f' xác định bởi:

$$\frac{1}{f'} = \left(\frac{e}{2 m v_0} \right)^2 \int_{-d/2}^{d/2} B_z^2 dz$$

Áp dụng tính độ tụ của thấu kính từ trong trường hợp từ trường cho bởi công thức:

$$B_z(0, z) = B_0 e^{-az^2}$$

Cho $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, $v_0 = 2 \cdot 10^5$ m/s, $B_0 = 0,08$ T, $a = 72$ m⁻², $d = 8$ mm và tích phân $\int_0^{0,048} e^{-t^2} dt = 0,047963$.

CÂU V (5,0 điểm)

Một hạt nhân có A nucleon, trong đó gồm Z proton và N neutron. Năng lượng liên kết là năng lượng tối thiểu cần thiết để tách tất cả A nucleon ra khỏi nhau. Nó được cho bởi công thức bán thực nghiệm sau:

$$E(A, Z) = a_v A^\alpha - a_s A^\beta - \frac{a_c Z^2}{A^\delta} - \frac{a_A (A - 2Z)^\sigma}{A} \quad (**).$$

Các hệ số a_v, a_s, a_c, a_A và các chỉ số $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \sigma$ có thể được xác định bằng thực nghiệm hoặc bằng lý thuyết.

1. Trong mẫu giọt, hạt nhân được coi là gồm A quả bóng nucleon giống nhau đặt sát vào nhau và lực hạt nhân giữa các nucleon chỉ có tác dụng khi chúng tiếp xúc với nhau. Gọi u là năng lượng liên kết giữa hai nucleon. Khi các quả bóng xếp chặt nhau, một quả sẽ bị bao quanh bởi 12 quả khác. Tính chỉ số α và hệ số a_v theo u.

2. Thực tế, chỉ có các nucleon bên trong lòng hạt nhân mới có 12 nucleon khác bao quanh, còn các nucleon ở lớp ngoài cùng của hạt nhân chỉ có 6 nucleon khác bao quanh. Do vậy trong ý 1 ở trên ta đã tính thừa năng lượng. Số hạng thứ hai trong (**) là do hạt nhân có bề mặt. Biết

rằng hệ số xếp chặt, tức là tỷ lệ giữa thể tích tổng cộng của các nucleon và thể tích hạt nhân là η . Hãy tính chỉ số β và hệ số a_s theo u và η .

3. Do các proton mang điện tích dương giống nhau, nên số hạng thứ ba chính là độ giảm của năng lượng liên kết. Coi hạt nhân là một quả cầu tích điện đều, hãy tìm các chỉ số γ, δ và biểu diễn hệ số a_c theo hằng số điện môi chân không ϵ_0 , điện tích nguyên tố e và bán kính R_0 của nucleon.

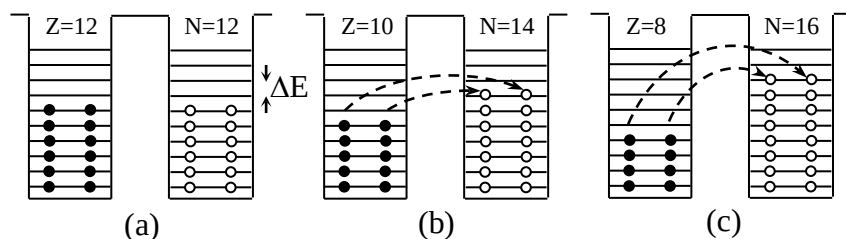
4. Số hạng thứ tư trong (**) là do sự bất đối xứng giữa số hạt proton và neutron. Ta sẽ kết hợp với mẫu vỏ để tìm biểu thức của số hạng này. Giả thiết các nucleon không tương tác với nhau và bị giam trong thể tích của hạt nhân mà thế năng có dạng $U(r) = \frac{1}{2}kr^2$, với k là một hằng số dương, còn r là khoảng cách từ tâm hạt nhân đến vị trí của nucleon. Năng lượng của các hạt nucleon sẽ bị lượng tử hoá.

a) Trước hết xét chuyển động của hạt nucleon theo trục x với $U(x) = \frac{1}{2}kx^2$. Về hệ toạ độ với trục hoành là x và trục tung là động lượng p . Hệ toạ độ như vậy gọi là không gian pha và trạng thái của nucleon tại thời điểm bất kỳ biểu diễn bởi một điểm trong không gian này gọi là điểm pha. Theo thời gian, điểm này di chuyển trong không gian pha và vẽ nên quỹ đạo pha. Một hạt cổ điển dao động điều hoà sẽ có quỹ đạo pha là đường elip mà diện tích của nó tỷ lệ với năng lượng của hạt. Với hạt lượng tử thì các trạng thái dừng sẽ ứng với một số giá trị xác định của diện tích thoả mãn điều kiện lượng tử hoá $S_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)h$, trong đó h là hằng số Planck,

$n = 0, 1, 2, \dots$. Chứng minh rằng các mức năng lượng của hạt nucleon có dạng $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\hbar\omega}{2\pi}$, với $\omega = \sqrt{k/m}$ (m là khối lượng của nucleon).

b) Tương tự, hãy tìm biểu thức các mức năng lượng của hạt chuyển động trong hố thế ba chiều với giả thiết dao động theo các phương là độc lập.

c) Các nucleon bị chi phối bởi nguyên lý loại trừ Pauli: ở mỗi mức năng lượng không có quá một hạt cùng loại. Vì nucleon có spin có thể hướng lên hoặc hướng xuống nên nguyên lý Pauli cho phép tối đa hai nucleon cùng loại ở trên cùng một mức năng lượng, một hạt có spin hướng lên, hạt kia có spin hướng xuống. Proton và neutron là hai loại hạt khác nhau nên nguyên lý Pauli áp dụng riêng biệt cho từng nhóm hạt. Bỏ qua sự chênh lệch khối lượng của hai loại hạt này thì các mức năng lượng của chúng là giống nhau hoàn toàn. Hình 4 là ví dụ về sự sắp xếp các nucleon của các hạt nhân có cùng số khối A : hình (4a) ứng với trường hợp $N = Z$, hình (4b) và (4c) ứng với $N \neq Z$. Năng lượng liên kết của hạt nhân bất đối xứng ($N \neq Z$) sẽ lớn hơn năng lượng liên kết của hạt nhân đối xứng ($N = Z$). Hãy tìm chỉ số σ .



Hình 4

5. Trong tất cả các hạt nhân có cùng số khối A , tìm hạt nhân bền nhất. Áp dụng với $a_c = 0,58 \text{ MeV}$, $a_A = 19,3 \text{ MeV}$.

CÂU VI (1,5 điểm)

Hệ thức bất định Heisenberg $\Delta x \cdot \Delta p \geq h$ cho chuyển động của một hạt theo phương Ox đã xác nhận rằng một hạt vi mô chuyển động không có quỹ đạo rõ rệt (Δx và Δp lần lượt là trung bình độ lớn sai số của tọa độ và động lượng).

Nếu với giả thiết hợp lý về sai số của tọa độ, hệ thức bất định cho sai số về xung lượng bé hơn chính xung lượng rất nhiều, thì ta nói hạt vi mô chuyển động giống hạt vĩ mô, nghĩa là có quỹ đạo rõ rệt.

Một hạt nhân ${}^4_2\text{He}$ có động năng ước chừng 200MeV khi chuyển động trong buồng bọt đã để lại dấu vết là một vết dài chuỗi những bọt nước nhỏ đánh dấu vị trí của hạt trên đường đi. Vết bọt nước này có bề rộng cỡ 10^{-6}m và được máy ảnh chụp lại. Có thể coi vết bọt nước này là quỹ đạo chuyển động của hạt nhân ${}^4_2\text{He}$ được không?

Cho $m_\alpha = 4,0015\text{u}$, $1\text{u} = 931,5\text{MeV} / c^2$.

HẾT

Ghi chú: - *Thí sinh không được sử dụng tài liệu.*
 - *Giám thị không giải thích gì thêm.*