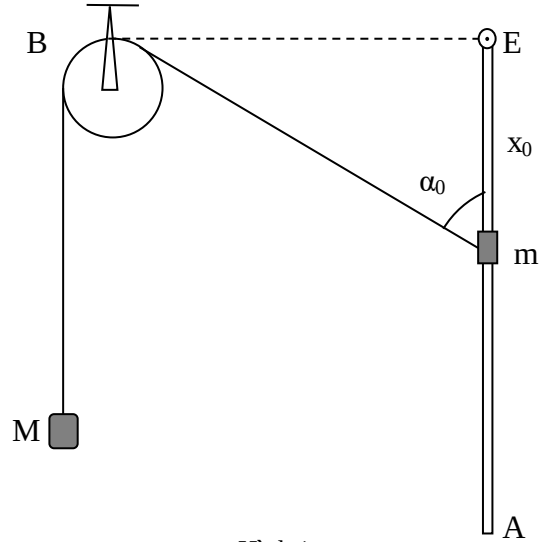


ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Đề thi gồm 04 trang

Môn thi: **VẬT LÝ**Thời gian: **240** phút (không kể thời gian giao đề)Ngày thi thứ nhất: **30/3/2018****CÂU I (4,0 điểm)**

Cho cơ hệ đặt trong mặt phẳng thẳng đứng như Hình 1. Thanh EA đồng chất có thể quay quanh trục cố định đi qua E và vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Thanh EA có chiều dài ℓ , mômen quán tính I_E đối với trục quay. Ròng rọc cố định B có momen quán tính I , bán kính r rất nhỏ so với khoảng cách từ trục ròng rọc đến điểm E. Sợi dây không dẫn, khối lượng không đáng kể, vắt qua ròng rọc B, một đầu treo vật khối lượng M , đầu còn lại nối với vật nhỏ có khối lượng m . Vật m chỉ có thể trượt dọc theo thanh EA. Gọi α_0 và x_0 lần lượt là góc ban đầu giữa đoạn dây bên phải so với phương thẳng đứng và khoảng cách ban đầu từ vật m đến điểm E. Bỏ qua mọi ma sát, dây nối không trượt trên B. Gọi g là độ lớn của gia tốc trọng trường. Ban đầu giữ M cho hệ đứng yên và thanh EA thẳng đứng.



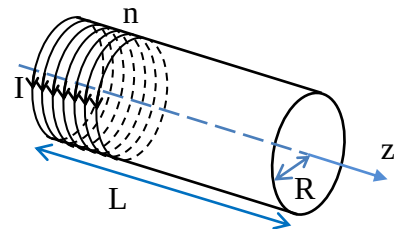
Hình 1

1. Thanh EA được giữ cố định, tính gia tốc của M ngay sau khi thả nhẹ.
2. Không giữ cố định thanh EA. Tính gia tốc của M và gia tốc góc của thanh EA ngay sau khi thả nhẹ M .

CÂU II (4,0 điểm)

Thực nghiệm cho thấy khi đặt vật liệu từ vào từ trường ngoài có vector cảm ứng từ $\vec{B}_0$ thì vật liệu từ sẽ bị từ hóa. Hiện tượng từ hóa này được mô tả bằng vector độ từ hóa $\vec{M}$ (momen từ trên một đơn vị thể tích vật liệu). Vật liệu bị từ hóa sẽ gây ra cảm ứng từ phụ $\vec{B}' = \mu_0 \vec{M}$ với μ_0 là độ từ thẩm của chân không, do đó cảm ứng từ tổng cộng trong vật liệu bị từ hóa là $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$.

1. Xét một khối vật liệu thuận từ lí tưởng, đồng chất, hình trụ, bán kính R và chiều dài L ($L \gg R$), xung quanh quấn dây dẫn (có lớp sơn cách điện) với mật độ đều n vòng trên đơn vị dài và có dòng điện một chiều cường độ I chạy qua (Hình 2). Giả thiết các vector $\vec{M}$ và cường độ từ trường $\vec{H}$ luôn cùng hướng và không phụ thuộc vào vị trí đang xét.



Hình 2

Khi thay đổi cường độ dòng điện một lượng nhỏ dI , nguồn điện thực hiện một công δW_0 , công này một phần làm thay đổi cường độ từ trường ngoài, phần còn lại là công δW_m mà vật liệu từ nhận được.

- a) Tìm cường độ từ trường trong khối vật liệu và momen từ của các vòng dây.
- b) Tìm δW_m theo các đại lượng μ_0, H và biến thiên độ từ hóa dM .

2. Theo quan điểm nhiệt động lực học, có thể giả thiết H đóng vai trò như áp suất p, M đóng vai trò như thể tích V.

a) Chứng tỏ rằng $\left. \frac{\partial S}{\partial H} \right|_T = \alpha \left. \frac{\partial M}{\partial T} \right|_H$ với S và T lần lượt là entropy và nhiệt độ tuyệt đối của hệ.

Tìm hệ số α .

b) Tương tự nhiệt dung đẳng áp và nhiệt dung đẳng tích của khí lí tưởng, ta định nghĩa nhiệt dung đẳng từ trường $C_H = \left. \frac{\delta Q}{dT} \right|_H$ và nhiệt dung đẳng từ hóa $C_M = \left. \frac{\delta Q}{dT} \right|_M$. Độ từ hóa phụ

thuộc vào từ trường ngoài theo định luật $M = \frac{C}{T}H$, trong đó C là hằng số. Biết ở nhiệt độ rất thấp $C_H(T, H=0) = 0$.

Tìm $C_H(T, H)$ và $C_M(T, M)$.

c) Xét quá trình biến đổi đoạn nhiệt của vật liệu từ mà ở đó từ trường ngoài thay đổi.

Tìm phương trình liên hệ giữa cường độ từ trường và nhiệt độ.

Cho biết $\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \right) \Big|_x = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \right) \Big|_y = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y \partial x}$. Trong môi trường đồng nhất và

đẳng hướng, cường độ từ trường $\vec{H} = \frac{\vec{B}_0}{\mu_0} = \frac{\vec{B}}{\mu \mu_0} = \text{const.}$

CÂU III (4,0 điểm)

Một lưỡng cực điện gồm hai điện tích điểm $+Q$ và $-Q$ ($Q > 0$), đặt rất gần và cách nhau một khoảng $|\vec{d}|$ không đổi trong không khí. Vector $\vec{d}$ hướng từ điện tích $-Q$ sang điện tích $+Q$. Khối lượng mỗi điện tích là M. Điện tích điểm q ($q > 0$) có khối lượng m, đặt rất xa lưỡng cực. Bỏ qua mọi ma sát và tác dụng của trọng lực.

1. Cố định điện tích điểm q tại gốc 0 sao cho vị trí của tâm lưỡng cực được xác định bởi $\vec{R}$ tạo với $\vec{d}$ một góc α và thỏa mãn $|\vec{R}| \gg |\vec{d}|$. Lưỡng cực điện ở trên một quỹ đạo bao quanh q. Trong quá trình di chuyển, lưỡng cực điện và điện tích q luôn nằm trong một mặt phẳng cố định. Chọn hệ tọa độ (R, θ, α) , với θ là góc hợp bởi $\vec{R}$ và chiều dương trục 0x (Hình 3.1).

a) Xác định các phương trình chuyển động của lưỡng cực.

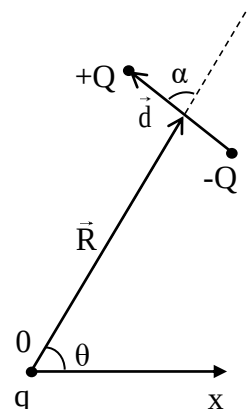
b) Khi tâm của lưỡng cực ở trên quỹ đạo tròn bán kính R quanh q, lưỡng cực dao động nhỏ quanh vị trí cân bằng. Lấy gần đúng $\theta \approx 0$. Tìm chu kì dao động nhỏ của lưỡng cực.

2. Cho lưỡng cực điện trên cố định sao cho tâm của lưỡng cực nằm tại điểm 0. Khảo sát chuyển động của q trong miền rất xa lưỡng cực. Để thuận tiện cho tính toán, ta khảo sát bài toán trong hệ tọa độ cầu (r, θ, φ) với trục 0z trùng với $\vec{d}$ (Hình 3.2).

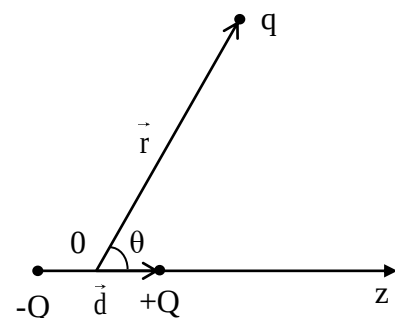
a) Tìm cường độ điện trường của lưỡng cực tại điểm $\vec{r}$. Chứng minh tồn tại một hằng số chuyển động $\beta = L^2 + \frac{qm}{2\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r}$,

trong đó $\vec{L}$ là momen động lượng của q, $\vec{p} = Q\vec{d}$ là momen lưỡng cực điện, ϵ_0 là hằng số điện môi của chân không.

b) Tìm hệ thức liên hệ giữa năng lượng E của q và hằng số β .



Hình 3.1



Hình 3.2

Viết phương trình chuyển động của q theo β và chứng tỏ rằng chuyển động của nó là chuyển động trong trường thế năng hiệu dụng $V_{\text{eff}}(r) = \frac{\beta}{2mr^2}$. Vẽ dạng đồ thị của $V_{\text{eff}}(r)$ và khảo sát chuyển động của q trong trường thế năng hiệu dụng này.

- c) Tại thời điểm ban đầu, q có tọa độ $(r_0, \theta_0, \varphi_0)$ và vận tốc $\vec{v}_0$. Tìm $\vec{v}_0$ theo m, p, q, r_0, θ_0 để q chuyển động trên một mặt cầu. Khi đó chứng minh rằng phương trình chuyển động của q có dạng

$$\frac{1}{2}mr_0^2\dot{\theta}^2 + V(\theta) = 0,$$

trong đó r_0 là bán kính của mặt cầu và

$$V(\theta) = \frac{L_z^2}{2mr_0^2 \sin^2 \theta} + \frac{qp}{4\pi\epsilon_0 r_0^2} \cos \theta,$$

với L_z là hình chiếu momen động lượng lên Oz . Vẽ dạng đồ thị của $V(\theta)$.

$$\text{Cho biết } \overrightarrow{\text{grad}} f(x, y, z) = \frac{\partial f}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial f}{\partial z} \vec{k}; \quad \vec{a} \times (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b}(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a} \cdot \vec{b}).$$

CÂU IV (4,0 điểm)

Lí thuyết lượng tử cho biết công thức tính mật độ năng lượng của khí photon có năng lượng ϵ trong thể tích V là

$$\bar{u}(\epsilon, T) = \frac{8\pi V}{(hc)^3} \frac{\epsilon^3}{e^{\frac{\epsilon}{kT}} - 1}. \quad (4.1)$$

Công thức (4.1) được gọi là công thức Planck, trong đó h là hằng số Planck, k là hằng số Boltzmann, c là tốc độ ánh sáng trong chân không, T là nhiệt độ tuyệt đối của khí photon.

1. Hãy tìm mật độ năng lượng tổng cộng, nhiệt dung đẳng tích và entropy của khí photon.
2. Định luật chuyển dời Wien về bức xạ của vật đen tuyệt đối cho biết bước sóng λ_{max} ứng với cực đại của mật độ năng lượng tỉ lệ nghịch với nhiệt độ tuyệt đối của vật đen

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{b}{T}, \quad (4.2)$$

với b là hằng số. Từ công thức (4.1), hãy biểu diễn mật độ năng lượng của khí photon như một hàm số của bước sóng λ và nhiệt độ tuyệt đối T . Xác định hằng số b trong công thức (4.2).

3. Theo định luật Stefan – Boltzmann, tổng công suất bức xạ từ một đơn vị diện tích bề mặt của vật đen tuyệt đối với mọi bước sóng là $P = \sigma T^4$ với σ là hằng số Stefan – Boltzmann. Tìm biểu thức xác định giá trị của σ .

4. Mặt Trời phát ra bức xạ liên tục có phổ năng lượng tuân theo công thức Planck (4.1). Một vệ tinh nhân tạo có dạng hình cầu bay trên quỹ đạo gần Trái Đất. Khi ánh sáng Mặt Trời chiếu vào vệ tinh thì tất cả các phần của vệ tinh coi như có cùng nhiệt độ. Coi Mặt Trời và vệ tinh đều là các vật đen tuyệt đối.

- a) Hãy ước tính nhiệt độ của vệ tinh.
 - b) Để hạ nhiệt độ của vệ tinh người ta sơn bên ngoài vệ tinh một lớp sơn có đặc điểm là phản xạ hoàn toàn tất cả các sóng điện từ có bước sóng nhỏ hơn $12 \mu\text{m}$ và hấp thụ hoàn toàn các sóng điện từ có bước sóng từ $12 \mu\text{m}$ trở lên. Xác định nhiệt độ của vệ tinh trong trường hợp này.
5. Hãy ước tính bán kính của hạt bụi nhôm được coi như quả cầu khi lực hấp dẫn của Mặt Trời tác dụng lên hạt bụi cân bằng với áp lực của các bức xạ Mặt Trời tác dụng lên nó. Khi bức xạ

chiếu tới hạt bụi thì bị phản xạ với hệ số phản xạ là $R=0,8$. Bỏ qua các tác dụng khác lên hạt bụi.

Cho biết bán kính Mặt Trời $R_s=7.10^8\text{ m}$, khoảng cách từ tâm Trái Đất đến tâm Mặt Trời $R_0=1,5.10^{11}\text{ m}$, khối lượng của Mặt Trời $M_s=1,95.10^{30}\text{ kg}$. Trong phổ bức xạ của Mặt Trời thì bước sóng $\lambda_{\max}=0,5\text{ }\mu\text{m}$. Khối lượng riêng của nhôm $D=2700\text{ kg/m}^3$. Hằng số Planck $h=6,625.10^{-34}\text{ Js}$, hằng số Boltzmann $k=1,38.10^{-23}\text{ J/K}$, tốc độ ánh sáng trong chân không $c=3.10^8\text{ m/s}$.

$$\text{Cho tích phân } \int_0^{\infty} \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^4}{15}.$$

CÂU V (4,0 điểm)

Mật độ các mức năng lượng của một hệ khí lượng tử gồm các hạt đồng nhất có cùng khối lượng m trong thể tích V được cho bởi công thức

$$\rho(\varepsilon) = \frac{g(2m)^{3/2} V}{4\pi^2 \hbar^3} \sqrt{\varepsilon},$$

trong đó g là bội suy biến của mức năng lượng ε , $\hbar$ là hằng số Planck rút gọn.

Giả sử các hạt tuân theo thống kê ν được mô tả bởi hàm phân bố

$$\bar{n}(\varepsilon) = \frac{1}{e^{\frac{\varepsilon - \mu}{kT}} + (-1)^\nu},$$

với $\bar{n}(\varepsilon)$ là số hạt trung bình trên mức ε ở nhiệt độ T ; μ là thế hóa học; k là hằng số Boltzmann; $\nu=0$ tương ứng với thống kê Bose – Einstein, $\nu=1$ tương ứng với thống kê Fermi – Dirac. Cho các hàm

$$F_\nu(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{x^{1/2}}{ze^x + (-1)^\nu} dx, \quad G_\nu(z) = \frac{3}{4\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{x^{3/2}}{ze^x + (-1)^\nu} dx, \quad \text{với } z = \exp\left(-\frac{\mu}{kT}\right).$$

1. Tính số mức năng lượng trong khoảng $\Delta\varepsilon$ và chứng tỏ rằng thống kê Fermi – Dirac ngăn cản việc tích tụ các hạt vào cùng một trạng thái còn thống kê Bose – Einstein thì không.

2. Tính mật độ của chất khí qua hàm $F_\nu(z)$.

3. Tính năng lượng của hệ theo số hạt N và tỉ số $\frac{G_\nu(z)}{F_\nu(z)}$.

4. Phân bố Boltzmann là giới hạn của phân bố ν khi $\frac{\varepsilon - \mu}{kT} \gg 1$. Hãy tìm nhiệt dung của chất khí lượng tử tuân theo phân bố Boltzmann.

$$\text{Cho các tích phân } \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\alpha x^2} x^2 dx = \frac{1}{4\alpha^{3/2}}, \quad \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty e^{-\alpha x^2} x^4 dx = \frac{3}{8\alpha^{5/2}}.$$

HẾT

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