



KỶ THI CHỌN HỌC SINH GIỎI QUỐC GIA
TRUNG HỌC PHỔ THÔNG
NĂM HỌC 2022 - 2023

Môn: **VẬT LÝ**

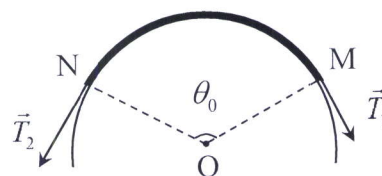
Thời gian: **180 phút** (không kể thời gian giao đề)

Ngày thi: **25/02/2023**

Đề thi gồm 04 trang, 05 câu

Câu I. (4,0 điểm)

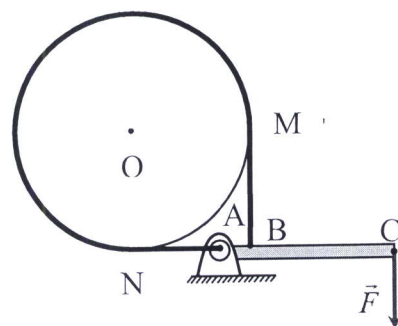
Một dây đai mỏng, nhẹ, mềm, không dẫn được vắt căng tiếp xúc với bề mặt một khối hình trụ. Khối hình trụ quay quanh trục cố định trùng với trục của nó, dây luôn tiếp xúc với bề mặt hình trụ và cân bằng. Hình 1a vẽ phần dây MN tiếp xúc với khối hình trụ trong mặt phẳng vuông góc với trục của khối hình trụ. Các điểm M và N được gọi là các điểm biên tiếp xúc, O là điểm thuộc trục của khối hình trụ, góc ở tâm $\angle MON = \theta_0$. Lực căng dây tác dụng lên M và N lần lượt là $\vec{T}_1$ và $\vec{T}_2$. Hệ số ma sát trượt giữa dây và hình trụ là μ . Bỏ qua khối lượng của dây.



Hình 1a

1. Giả sử $T_2 > T_1$, hãy chứng minh $T_2 = T_1 e^{\mu \theta_0}$.

2. Dây đai được sử dụng làm một phanh đai để giảm tốc độ quay của khối hình trụ. Hình 1b vẽ cấu tạo của phanh đai trong mặt phẳng vuông góc với trục của khối hình trụ. Cấu tạo của phanh đai gồm: thanh cứng AC có chiều dài 65 cm có thể quay quanh trục cố định đi qua A và vuông góc với mặt phẳng hình vẽ; dây đai có một đầu nối với điểm A, một đầu nối với thanh AC tại điểm B, với $BA = 5$ cm. Phanh hoạt động khi tác dụng vào đầu C một lực $\vec{F}$ và thanh AC được coi như lập tức đạt trạng thái cân bằng (Hình 1b). Khi thanh AC cân bằng, $MB \perp AC$, $\vec{F} \perp AC$, dây đai căng và tiếp xúc với bề mặt hình trụ với $\theta_0 = 270^\circ$. Bỏ qua khối lượng của thanh AC. Cho $F = 100$ N và $\mu = 0,24$.



Hình 1b

Thanh AC được coi như lập tức đạt trạng thái cân bằng (Hình 1b). Khi thanh AC cân bằng, $MB \perp AC$, $\vec{F} \perp AC$, dây đai căng và tiếp xúc với bề mặt hình trụ với $\theta_0 = 270^\circ$. Bỏ qua khối lượng của thanh AC. Cho $F = 100$ N và $\mu = 0,24$.

a) Tính lực căng dây tác dụng lên các điểm biên tiếp xúc M và N khi phanh hoạt động.

b) Biết khối hình trụ đặc, đồng chất, có khối lượng 200 kg, tiết diện có bán kính 26 cm. Khi khối hình trụ đang quay với tốc độ góc 200 vòng/phút thì phanh hoạt động. Bỏ qua tác dụng của lực ma sát tại trục quay của khối hình trụ. Tính thời gian từ lúc phanh hoạt động đến khi khối hình trụ dừng hẳn. Nhận xét kết quả thu được.

c) Xác định áp lực của dây đai tác dụng lên khối hình trụ khi phanh hoạt động.

Câu II. (4,0 điểm)

Đối với một vật rắn có cấu trúc mạng tinh thể, các hạt (phân tử, nguyên tử, ion) tạo thành vật rắn được sắp xếp một cách trật tự và tuần hoàn. Trong mạng tinh thể, ta có thể tìm được một ô hình hộp, gọi là ô cơ sở, sao cho: nếu tịnh tiến ô này dọc theo một trong ba cạnh, qua một đoạn bằng độ dài của cạnh ấy, thì ô đó lại trùng với mạng. Ta xét tinh thể LiF gồm các ion dương Li^+ xen kẽ với các ion âm F^- . Ô cơ sở có thể chọn là một khối lập phương. Vị trí cân bằng của ion F^- là các đỉnh và tâm của các mặt của khối lập phương, vị trí cân bằng của các ion Li^+ là điểm chính giữa của các cạnh và tâm của khối lập phương (Hình 2). Trong

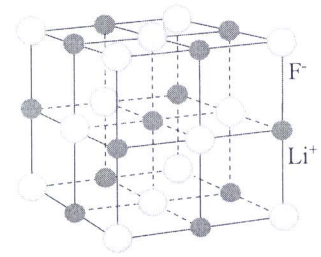
mạng tinh thể, 4 ion Li^+ và 4 ion F^- được tính cho mỗi ô cơ sở. Cho biết thế năng tương tác $U(r)$ giữa hai ion có điện tích q_1 và q_2 đặt cách nhau một khoảng r được mô tả bằng phương trình:

$$U(r) = k \frac{q_1 q_2}{r} + \frac{b}{r^7}$$

trong đó k là hằng số và b là hệ số dương. Cho khối lượng mol phân tử của LiF là M , độ lớn điện tích nguyên tố là e , số Avogadro là N_A .

Trong bài toán này, với mỗi ion ta chỉ tính đến tương tác của nó với các ion

khác cách vị trí của nó không quá $\frac{\sqrt{3}}{2}$ lần độ dài cạnh của ô cơ sở. Bỏ qua động năng dao động của mạng tinh thể. Coi tinh thể là hoàn toàn đẳng hướng.



Hình 2

1. Xét ion Li^+ nằm ở tâm hình lập phương (Hình 2). Gọi R là khoảng cách từ ion Li^+ đến ion gần nó nhất. Thiết lập biểu thức tính thế năng tương tác toàn phần U_{tp} của ion Li^+ theo R . Khi $R = R_0$ thì U_{tp} đạt giá trị cực tiểu. Thiết lập biểu thức tính R_0 theo b , k và e .

2. Thiết lập biểu thức tính mật độ ion n (số ion trên một đơn vị thể tích) và khối lượng riêng ρ của LiF.

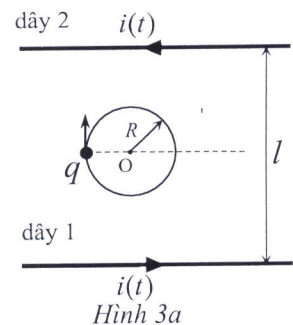
3. Thiết lập biểu thức tính nhiệt lượng Q cần cung cấp để tinh thể LiF dẫn nở từ thể tích ban đầu V_0 (ứng với thế năng tương tác toàn phần cực tiểu) đến thể tích $V = V_0(1 + \delta)$, với $\delta \ll 1$ (tính đến gần đúng bậc δ^2). Có thể sử dụng công thức gần đúng:

$$(1 \pm x)^m \approx 1 \pm mx + \frac{m(m-1)x^2}{2}, \text{ khi } x \ll 1.$$

Câu III. (4,0 điểm)

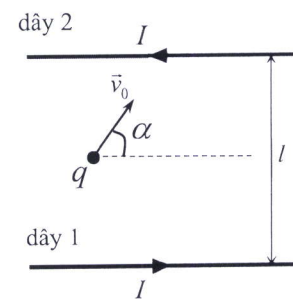
Trong chân không, xét hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt cố định, song song với nhau, cách nhau một khoảng l và một hạt được coi là chất điểm có khối lượng m mang điện tích dương q . Bỏ qua tác dụng của trọng lực, điện trường gây bởi từ trường biến thiên, từ trường gây bởi điện tích chuyển động, hiện tượng tự cảm và hồ cảm của hai dây dẫn. Dòng điện trong hai dây dẫn luôn ngược chiều nhau.

1. Dòng điện chạy trong mỗi dây là dòng điện có cường độ biến thiên theo thời gian $i(t)$ với chiều dương được quy ước như trong Hình 3a. Dưới tác dụng của từ trường tạo bởi hai dòng điện, hạt chuyển động tròn đều với tốc độ góc ω nằm trong mặt phẳng chứa hai dây dẫn. Tâm O của đường tròn quỹ đạo cách đều hai dây, bán kính quỹ đạo là R với $R < 0,5l$. Thời điểm ban đầu được chọn sao cho vận tốc của hạt hướng vuông góc với dây dẫn (Hình 3a). Hãy thiết lập biểu thức của $i(t)$. Chỉ rõ giá trị cực đại và tần số góc của cường độ dòng điện chạy trong dây.



Hình 3a

2. Dòng điện chạy trong mỗi dây là dòng điện không đổi có cùng cường độ I . Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, hạt cách đều hai dây và có vận tốc $\vec{v}_0$ theo phương tạo với dây 1 một góc α nằm trong mặt phẳng chứa hai dây dẫn như hình vẽ (Hình 3b). Thiết lập biểu thức tính:



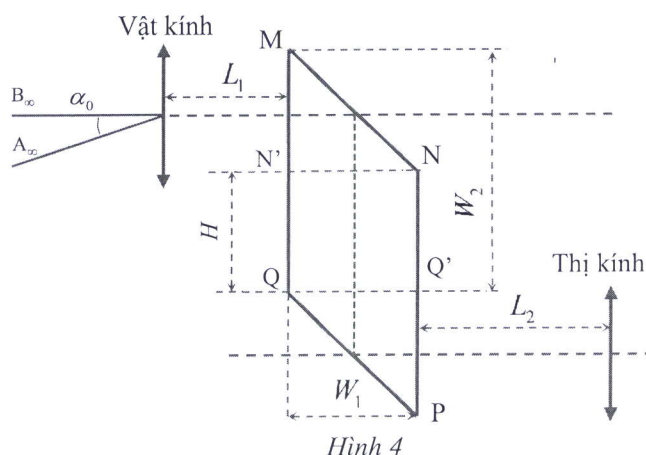
Hình 3b

a) Khoảng cách gần nhất $y_{\min}$ và khoảng cách xa nhất $y_{\max}$ từ hạt đến dây 1.

b) Gia tốc của hạt tại các vị trí tương ứng với $y_{\min}$ và $y_{\max}$.

Câu IV. (4,0 điểm)

Hệ quang học của một kính viễn vọng, đặt trong không khí, có vật kính và thị kính là các thấu kính hội tụ có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 35\text{ cm}$ và $f_2 = 5\text{ cm}$, giữa vật kính và thị kính là một khối chất hình lăng trụ đứng trong suốt, đồng tính. Hình 4 vẽ sơ đồ hệ quang học trong mặt phẳng chứa tiết diện của khối chất. Tiết diện của khối chất là hình bình hành MNPQ, khoảng cách giữa MQ và NP là $W_1 = 5\text{ cm}$, $MQ = W_2 = 10\text{ cm}$, $\angle NMQ = 45^\circ$. Trục chính của vật kính và thị kính cùng vuông góc với MQ, khoảng cách giữa chúng là W_2 . Quang tâm của vật kính đặt cách MQ một khoảng $L_1 = 5\text{ cm}$, quang tâm của thị kính đặt cách



Hình 4

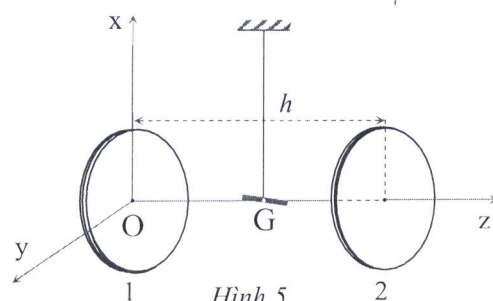
NP một khoảng L_2 có thể thay đổi được. Vật được quan sát $A_\infty B_\infty$ ở rất xa, có góc trông trực tiếp vật α_0 rất nhỏ (cỡ 10^{-2} rad) và chỉ xét các tia tới gần trục chính của vật kính. Cho chiết suất của khối chất là $n = 1,5$; chiết suất của không khí được lấy bằng 1.

1. Chứng tỏ rằng các tia sáng bị phản xạ toàn phần tại MN và QP.
2. Tính giá trị của L_2 để người quan sát ngắm chừng ở vô cực.
3. Xét trường hợp ngắm chừng ở vô cực, hãy vẽ hình thể hiện tất cả các ảnh của vật trong quá trình tia sáng truyền qua hệ quang học và tính số bội giác của kính viễn vọng.
4. Một người quan sát có mắt bị tật cận thị, để nhìn rõ được các vật ở xa cần đeo kính có độ tụ -2 dp . Người này quan sát vật qua kính viễn vọng mà không mang kính cận. Mắt người quan sát đặt cách thị kính 5 cm . Hãy tính giá trị của L_2 để người này ngắm chừng ở trạng thái không điều tiết.
5. Trong thực tế, người ta thay khối chất bằng hệ hai lăng kính tam giác vuông cân giống nhau $N'MN$ và $Q'PQ$, với cạnh góc vuông là $W_1 = 5\text{ cm}$ (Hình 4), có cùng chiết suất với khối chất. Hai lăng kính đặt cách nhau một khoảng $N'Q$ có giá trị $H = 5\text{ cm}$. Trong trường hợp này, hãy tính giá trị của L_2 để người quan sát ngắm chừng ở vô cực.

Câu V. (4,0 điểm)

1. Xử lý số liệu

Để xác định momen từ của một thanh nam châm nhỏ, người ta cho thanh nam châm dao động nhỏ trong từ trường, dựa vào chu kì dao động của thanh nam châm có thể xác định được momen từ của nó. Trong bài thí nghiệm này, từ trường được tạo bởi cuộn Helmholtz. Cuộn Helmholtz gồm hai cuộn dây giống nhau, đặt cách nhau một khoảng $h = 40\text{ cm}$ trong không khí, mỗi cuộn có bán kính $R = 20\text{ cm}$ và gồm $N = 50$ vòng dây. Dòng điện chạy trong mỗi vòng dây của cả hai cuộn có cùng cường độ $I = 0,5\text{ A}$ và cùng chiều. Cuộn Helmholtz được đặt sao cho trục của nó (trục Oz) trùng với thành phần nằm ngang của từ trường Trái Đất (Hình 5). Thanh nam châm nhỏ được treo bằng sợi dây đủ dài, phương của sợi dây đi qua khối tâm G của thanh (G nằm trên trục Oz) và song song với trục Ox (Ox có phương thẳng đứng). Kích thích cho thanh nam



Hình 5

châm dao động nhỏ quanh vị trí cân bằng. Biết chu kì dao động nhỏ T của thanh nam châm được tính theo công thức:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_G}{mB}}$$

với $I_G = 1,07 \cdot 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ là momen quán tính của thanh nam châm đối với trục quay đi qua G và vuông góc với thanh, m là momen từ của thanh nam châm, B là độ lớn cảm ứng từ của từ trường ngoài theo phương Oz tại vị trí G của thanh nam châm.

Khảo sát sự phụ thuộc của T theo vị trí z của thanh nam châm (z là khoảng cách từ G tới cuộn dây 1 – Hình 5) ta được bảng số liệu sau:

z (cm)	4	6	8	9	11	12	14	16	17	18
$\Delta t = 20T$ (s)	27,09	27,27	27,92	28,06	28,81	28,96	29,42	29,95	30,15	30,22

Dựa vào bảng số liệu hãy xác định (không yêu cầu tính sai số):

a) Độ lớn thành phần cảm ứng từ nằm ngang B_H của từ trường Trái Đất.

b) Momen từ m của thanh nam châm.

2. Phương án thí nghiệm

Cho các linh kiện và dụng cụ sau:

- Các bóng đèn sợi đốt giống hệt nhau, có dây tóc làm bằng sợi wolfram dạng hình trụ với đường kính d và chiều dài L đã biết.
- Vôn kế lí tưởng.
- Ampe kế có điện trở không thể bỏ qua.
- Các tụ điện có hiệu điện thế định mức và điện dung C khác nhau đã biết.
- Nguồn điện một chiều có thông số phù hợp.
- Biến trở, công tắc (khóa) điện, các dây nối.
- Nhiệt kế chỉ dùng để đo nhiệt độ phòng.

Cho biết khối lượng riêng của wolfram là D , mối liên hệ giữa nhiệt độ T của wolfram và điện trở suất ρ của nó trong vùng nhiệt độ từ 2500 K đến nhiệt độ 3695 K (nhiệt độ nóng chảy của wolfram) được cho theo hàm gần đúng:

$$T = \alpha \rho^\beta$$

với α và β là các hệ số đã biết.

Bỏ qua sự nở vì nhiệt của dây tóc; bỏ qua điện trở của chuỗi đèn, công tắc điện và các dây nối.

Yêu cầu:

a) Vẽ sơ đồ mạch điện khảo sát đường đặc tuyến vôn – ampe ($U - I$) của dây tóc bóng đèn. Đưa ra phương án xác định nhiệt độ lớn nhất T_C của dây tóc bóng đèn mà nó chưa bị đứt.

b) Xây dựng phương án xác định nhiệt dung riêng trung bình của wolfram trong khoảng từ nhiệt độ phòng T_p đến nhiệt độ T_C (Cho rằng nhiệt độ T_C của các bóng đèn là như nhau).

-----HẾT-----

- Thí sinh **KHÔNG** được sử dụng tài liệu.
- Giám thị **KHÔNG** giải thích gì thêm.