

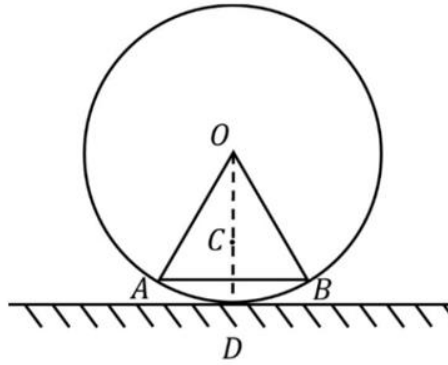
ĐỀ THI TỰ LUẬN
ÔN THI CHỌN ĐỘI TUYỂN QUỐC GIA – ĐỀ SỐ 11

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

Đề thi gồm 05 câu, tổng 20,0 điểm

Câu 1 (4,0 điểm)

Một tấm có hình tam giác đều, đồng chất với khối lượng m và chiều dài cạnh R , khối tâm là C . Đặt tấm hình tam giác này vào một vòng mỏng đồng nhất có thành trong nhẵn, khối lượng và bán kính lần lượt là m, R , tâm của vòng là O . Hệ đứng trên một mặt đất nằm ngang đủ gồ ghề sao cho vòng lăn không trượt trên sàn và tất cả các chuyển động tiếp theo bị hạn chế trong mặt phẳng thẳng như trong hình. D là điểm tiếp xúc giữa vòng và mặt đất. Ban đầu, C nằm ngay dưới O như hình vẽ. Biết rằng sự tiếp xúc của tấm tam giác và vòng là bỏ qua ma sát.



Hình 1

Ban đầu, đặt vòng sao cho vận tốc dài và vận tốc góc của nó bằng 0, cung cấp cho C một vận tốc ban đầu $\gamma_0\sqrt{gR}$ theo phương ngang sang phải. Gọi độ dịch chuyển theo phương ngang của O là x (chiều dương sang phải), góc quay của đường tròn là α (chiều dương theo chiều kim đồng hồ); góc giữa OC và đường thẳng đường thẳng là θ (chiều dương ngược chiều kim đồng hồ); áp lực của vòng lên tấm tam giác tại A, B lần lượt là N_A, N_B .

1. Tìm mômen quán tính I của tấm tam giác đối với trục đi qua khối tâm và vuông góc với mặt phẳng của nó.

2. Để thỏa mãn các ràng buộc, hãy tìm vận tốc góc ban đầu ω_0 của tấm tam giác, với chiều dương ngược chiều kim đồng hồ.

3. Tại một thời điểm nhất định, tấm tam giác vẫn còn tiếp xúc với vòng. Ngoài N_A, N_B, m, R và các hằng số cần thiết, các phương trình bên dưới chỉ được chứa $x, \dot{x}, \ddot{x}$ hoặc $\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$

a. Xác định phương trình chuyển động tịnh tiến theo phương ngang của vòng.

b. Xác định phương trình chuyển động quay của vòng

c. Biết γ_0 có giá trị đủ bé sao cho θ không vượt quá 90° , hãy tìm giá trị lớn nhất $\theta_{\max}$ của θ , và vận tốc tâm vòng v_2 khi $\theta = \theta_{\max}$.

Câu 2 (4,0 điểm)

Bầu khí quyển của một hành tinh như Trái Đất có cấu trúc khá phức tạp về sự đa dạng của các quá trình và hiện tượng liên quan đến sự hình thành của nó. Trong bài này, chúng ta sẽ xét một mô hình đơn giản của tầng thấp hơn của khí quyển, được gọi là tầng đối lưu, có độ cao từ 10 km đến 15 km so với bề mặt Trái Đất. Để hiểu được tính chất vật lý của một số hiện tượng, xem bầu khí quyển của Trái Đất bao gồm một loại khí lưỡng nguyên tử với khối lượng mol $\mu_{air} = 28,9 \cdot 10^{-3}$ kg / mol và biến đổi đoạn nhiệt.

Coi nhiệt độ và áp suất không khí trên bề mặt Trái Đất lần lượt là $T_0 = 293 \text{ K}$ và $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Gia tốc của trọng lực $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ không phụ thuộc vào độ cao so với bề mặt Trái Đất.

1. Tính nhiệt độ và áp suất không khí ở độ cao $H = 1500 \text{ m}$ so với bề mặt Trái Đất.

2. Trong mô hình được xây dựng, chiều cao của tầng đối lưu của Trái Đất được xác định bằng cách đặt đến một nhiệt độ tới hạn nhất định, tại đó các quá trình vật lý khác bắt đầu đóng một vai trò quan trọng. Ước tính chênh lệch độ cao tầng đối lưu của Trái Đất vào ban ngày và ban đêm nếu nhiệt độ bề mặt thay đổi trong khoảng thời gian này bằng $\Delta T_{dn} = 20 \text{ K}$.

3. Một người leo núi bắt đầu leo lên một ngọn núi khá cao, dưới chân nhiệt độ và áp suất không khí bằng $T_0 = 293 \text{ K}$ và $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Ở độ cao $H = 1500 \text{ m}$, anh ta quyết định thực hiện dừng lại để đun một ít nước và phát hiện ra rằng nó sôi nhanh hơn bình thường. Anh ta mở cuốn sổ tay về vật lý có sẵn tại thời điểm này và thấy rằng ở nhiệt độ $T_1 = 373 \text{ K}$, áp suất hơi nước bão hòa là $p_1 = p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, và ở nhiệt độ $T_2 = 365 \text{ K}$ nó bằng $p_2 = 0,757 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Tìm và tính nhiệt độ sôi của nước ở độ cao $H = 1500 \text{ m}$.

4. Sau khi tiếp tục leo núi, người leo núi phát hiện ra rằng tuyết xuất hiện ở một độ cao nhất định và cần có thiết bị đặc biệt để tiến xa hơn. Tính độ cao h_0 , tại đó người leo núi nhận thấy sự xuất hiện của một lớp tuyết phủ trên núi.

5. Người leo núi nhớ lại cuộc trò chuyện với người dân địa phương ngay trước khi leo lên, trong đó anh ta được thông báo rằng lớp tuyết phủ hoàn toàn biến mất khỏi ngọn núi ở nhiệt độ $T > 310 \text{ K}$ dưới chân núi. Tính chiều cao H_0 của ngọn núi mà người leo núi leo lên.

6. Khi leo lên độ cao H' , người leo núi nhận thấy sự xuất hiện của sương mù. Nhìn xung quanh, anh nhận ra rằng không có mây và không có gió. Người leo núi biết rằng khối lượng mol của nước là $\mu_{H_2O} = 18,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, và theo dự báo thời tiết, độ ẩm tương đối dưới chân núi bằng $\varphi = 0,15$. Trong cuốn cẩm nang về vật lý, ông tìm thấy một công thức cho áp suất của hơi nước bão hòa trong khoảng nhiệt độ $T \in (250, 300) \text{ K}$, có dạng sau: $\ln \frac{p_{vap}}{p_{vap0}} = a + b \ln \frac{T}{T_0}$. Trong đó p_{vap} biểu thị áp suất hơi bão hòa ở nhiệt độ T , p_{vap0} là viết tắt của áp suất hơi bão hòa ở nhiệt độ T_0 , $a = 3,63 \cdot 10^{-2}$, $b = 18,2$ là các hằng số. Coi hơi nước luôn ở trạng thái cân bằng nhiệt động với không khí xung quanh. Tính độ cao H' .

Câu 3 (4,0 điểm)

Chuyển động của một hạt tích điện q_e khối lượng m trong một từ trường tĩnh do đơn cực từ q_m tạo ra có dạng:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 q_m}{4\pi r^2} \vec{e}_r$$

1. Hãy biểu diễn gia tốc của hạt tích điện q_e , biểu diễn theo q_e , q_m , m , r (vị trí của hạt tích điện), và vận tốc v của hạt.

2. Chứng minh rằng giá trị vận tốc $v = |\vec{v}|$ của hạt là không đổi.

3. Chỉ ra rằng đại lượng

$$\vec{Q} = m(\vec{r} \times \vec{v}) - \frac{\mu_0 q_e q_m}{4\pi} \vec{e}_r$$

là một đại lượng không đổi.

4. Chọn hệ tọa độ cầu (r, θ, φ) , với trục z trùng với vector $\vec{Q}$.

a. Hãy tính $\vec{Q} \cdot \vec{e}_\varphi$ và chỉ ra rằng θ là một hằng số.

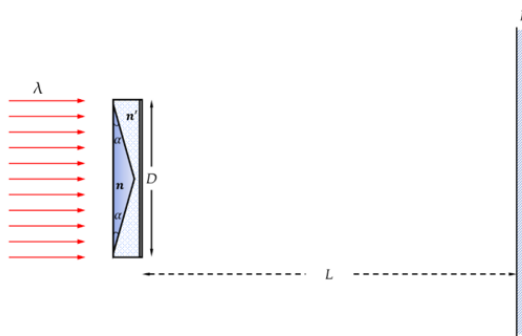
b. Hãy tính $\vec{Q} \cdot \vec{e}_r$ và chứng minh rằng độ lớn của $\vec{Q}$ là $Q = \frac{\mu_0}{4\pi} \left| \frac{q_e q_m}{\cos \theta} \right|$.

c. Hãy tính $\vec{Q} \cdot \vec{e}_\theta$, chỉ ra rằng $\frac{d\varphi}{dt} = \frac{k}{r^2}$ và xác định hằng số k .

d. Giả sử hạt ban đầu có vận tốc v_0 . Bằng việc biểu diễn giá trị $v = v_0$ không đổi trong hệ tọa độ cầu và biết phương trình quỹ đạo của hạt tích điện có dạng $\frac{dr}{d\varphi} = f(r)$, tìm hàm $f(r)$.

Câu 4 (4,0 điểm)

Một sóng phẳng đơn sắc chiếu từ đèn laser đỏ $\lambda = 0,65 \text{ m}$ rơi vuông góc phủ đầy lên một đáy của một lưỡng lăng kính Fresnel được hàn chung đáy dạng tam giác cân rỗng thành rất mỏng được làm đầy bởi nylon 6-6 có chiết suất $n = 1,530$, góc chiết quang của mỗi lăng kính là $\alpha = 2^\circ$, chiều rộng đáy là $D = 4 \text{ cm}$ (Hình 4). Phía sau lưỡng kính có một tấm phẳng mỏng song song, với khoảng trống giữa chúng chứa đầy silicon dioxide (SiO_2), chiết suất SiO_2 là $n' = 1,500$.



Hình 4

1. Phải đặt màn hứng E ở vị trí nào để quan sát thấy hình ảnh giao thoa. Tính độ rộng vân hứng được khi quan sát được hình ảnh giao thoa và chứng tỏ rằng khi màn E đặt trong khoảng có thể quan sát được vân thì độ rộng vân này không phụ thuộc vào vị trí đặt màn.

2. Số vân quan sát được nhiều nhất là khi màn đặt ở đâu và bao nhiêu vân. Tính độ đơn sắc (không thuần nhất) lớn nhất $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ của ánh sáng tới để có thể quan sát được tất cả các vân.

3. Màn hứng E cách lưỡng kính một khoảng $L = 1,5 \text{ m}$, tìm số vân quan sát được trên màn. Độ đơn sắc lớn nhất $\frac{\delta\lambda}{\lambda}$ của nguồn sáng khi này là bao nhiêu để hệ vân không bị nhòe ở biên miền giao thoa.

Câu 5 (4,0 điểm)

Xác định thông số tụ dò và tần số nguồn điện.

Cho các dụng cụ và linh kiện sau:

- Một tụ dò có thể coi như hệ gồm một tụ điện C_x và một điện trở R_x mắc song song với nhau (giá trị C_x và R_x chưa biết và cần xác định);
- Một nguồn điện xoay chiều có tần số f (giá trị tần số f của nguồn chưa biết và cần xác định);
- Một hộp điện có hai đầu ra gồm một tụ biến đổi C và hộp điện trở R mắc nối tiếp. Dụng cụ này cho phép đặt được giá trị của tụ và giá trị điện trở;
- Hai điện trở thuần có giá trị R_1 và R_2 biết trước;
- Một tụ điện có điện dung C_1 biết trước;
- Một còi điện D sẽ phát tiếng kêu khi có dòng điện chạy qua;
- Dây nối, khóa K cần thiết.

Yêu cầu:

1. Trình bày cách xác định R_x và C_x của tụ dò.
2. Trình bày cách xác định tần số f của nguồn xoay chiều.

----- Hết -----