

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: **01/4/2021****CÂU I (4,0 điểm)**

Một đĩa tròn có bán kính lớn đang quay đều quanh trục quay cố định đi qua tâm đĩa và vuông góc với bề mặt đĩa với vận tốc góc Ω . Người ta đặt một quả cầu đặc, đồng chất, bán kính R đang quay quanh trục của nó lên bề mặt đĩa với một vận tốc khỏi tâm ban đầu nào đó sao cho nó tiếp tục chuyển động lăn không trượt trên mặt đĩa. Cho gia tốc trọng trường là $\vec{g}$. Khi quan sát từ bên ngoài đĩa, xét các trường hợp sau:

1. Trục quay của đĩa theo phương thẳng đứng (Hình 1a).

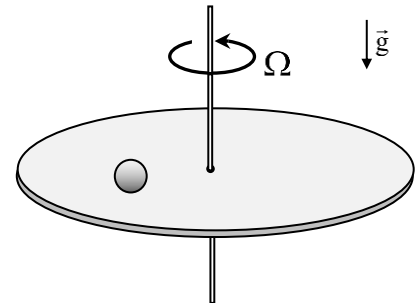
a) Tìm vận tốc khỏi tâm $\vec{v}_0$ và vận tốc góc $\vec{\omega}_0$ ban đầu của quả cầu để nó chỉ chuyển động lăn không trượt trên đường tròn bán kính r_0 có tâm trùng với tâm của mặt đĩa.

b) Tìm quỹ đạo chuyển động của quả cầu nếu vận tốc ban đầu của khỏi tâm quả cầu bằng $2\vec{v}_0$.

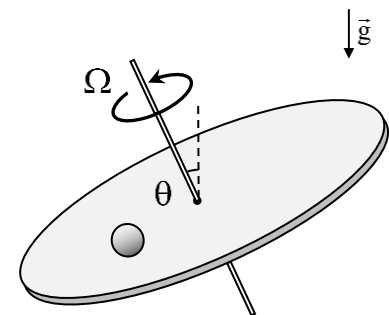
2. Trục quay của đĩa bây giờ hợp với phương thẳng đứng một góc θ (Hình 1b).

a) Tìm vận tốc khỏi tâm ban đầu $\vec{v}_1$ của quả cầu để quỹ đạo chuyển động của quả cầu là đường thẳng.

b) Tìm vận tốc khỏi tâm của quả cầu khi nó ở vị trí cao nhất trong trường hợp vận tốc khỏi tâm quả cầu ban đầu bằng $-\vec{v}_1$.



Hình 1a

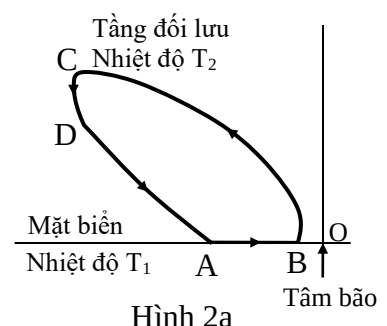


Hình 1b

CÂU II (4,0 điểm)

1. Xét một đám mây trên ngôi sao kích cỡ tương đương Mặt Trời được tạo thành từ khí hiđrô luôn giãn nở và đang có sự phân li hiđrô phân tử thành các nguyên tử. Tại một thời điểm nào đó, một phần khí “không lớn lắm” có thể tích $V_1 = 1 \text{ km}^3$ và nhiệt độ $T_1 = 4500 \text{ K}$ bên trong của đám mây này bắt đầu giãn nở. Coi sự giãn nở này là đoạn nhiệt và luôn ở trạng thái cân bằng cơ học với khí xung quanh. Cho biết: năng lượng phân li của một phân tử hiđrô $W = 4,5 \text{ eV}$; trong vùng nhiệt độ đang xét, tỉ phần của các phân tử hiđrô bị phân li phụ thuộc tuyến tính vào nhiệt độ và giảm từ 0,7 xuống 0,3 khi nhiệt độ giảm từ T_1 xuống $T_2 = 4000 \text{ K}$; khí coi là khí lý tưởng. Xác định thể tích V_2 của khối khí giãn nở trong đám mây tại nhiệt độ T_2 .

2. Xét mô hình của một cơn bão hình thành trên hành tinh kích thước cỡ Trái Đất như chỉ ra trên Hình 2a. Ban đầu, khí tại A di chuyển tới vùng áp suất thấp hơn B. Trong quá trình di chuyển này, khí tích lũy hơi ẩm và ẩm nhiệt hóa hơi, đạt trạng thái quá bão hòa tại B, ngưng tụ tạo mưa, giải phóng ẩm nhiệt. Đây là nguồn năng lượng chủ yếu của cơn bão. Sau đó, khí đi lên cao là vùng có nhiệt độ và áp suất thấp nên mất nhiệt lượng rồi trở về A. Đây là một chu trình kín có trao đổi nhiệt nên ta có thể áp dụng các hiểu biết về động cơ nhiệt cho mô hình. Bài



Hình 2a

này yêu cầu sử dụng chu trình Carnot tương ứng (Hình 2b) cho các tính toán. Khí được coi là khí lí tưởng.

Cho: nhiệt độ tại các điểm A, B là $T_A = T_B = T_1 = 310 \text{ K}$, tại các điểm C, D là $T_C = T_D = T_2 = 210 \text{ K}$; độ ẩm tỉ đối của khí tại A và B là $f_A = 75\%$, $f_B = 100\%$; áp suất hơi bão hòa tại T_1 là $p_{bh} = 6,276 \text{ kPa}$; áp suất khí tại A và B lần lượt là $P_A = 100 \text{ kPa}$, $P_B = 95 \text{ kPa}$; khối lượng mol trung bình của khí là $M = 29 \text{ g/mol}$; khối lượng mol của nước là 18 g/mol ; ẩn nhiệt hóa hơi là $L = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$; khối lượng riêng của khí tại A là $1,3 \text{ kg/m}^3$.

Yêu cầu:

- Tính nhiệt lượng Q_1 và công toàn phần cho mỗi kg khí tại A (Hình 2b).
- Giả sử công thực hiện của khối khí trong một chu trình làm tăng động năng của khối khí, tính vận tốc khối khí v_B tại B với giả thiết vận tốc khối khí tại A là $v_A \approx 0 \text{ m/s}$.
- Vùng chịu ảnh hưởng của cơn bão được tính từ vị trí mà khí có tốc độ $v_A \approx 10 \text{ m/s}$; Cho rằng tốc độ khối khí v và khoảng cách r (bán kính tính từ tâm bão) thỏa mãn điều kiện $v \cdot r^{1/2}$ không đổi. Biết $r_B \approx 10 \text{ km}$. Tính bán kính hiệu dụng r_A của cơn bão.

Cho: số Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ và $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$.

CÂU III (4,0 điểm)

Cho một tụ điện không khí phẳng gồm hai bản song song, bản 1 và bản 2, diện tích cùng là S . Ban đầu các bản tụ giữ cố định và nằm ngang, khoảng cách giữa chúng là d . Cho gia tốc trọng trường là $\vec{g}$. Nguồn một chiều có hiệu điện thế U không đổi. Bỏ qua điện trở dây dẫn và điện trở tiếp xúc. Xét các trường hợp sau:

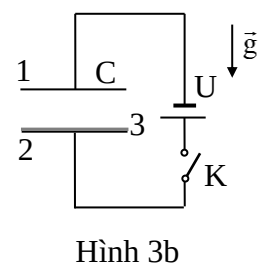
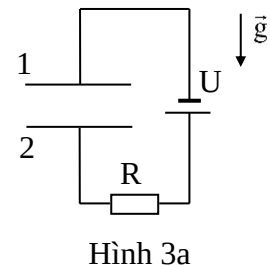
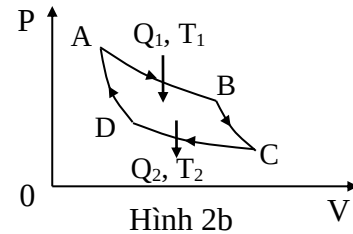
1. Tụ điện được mắc nối tiếp với điện trở R và nguồn U thành mạch kín (Hình 3a). Khi mạch ổn định, người ta dịch chuyển hai bản của tụ điện lại gần nhau rất nhanh trong khoảng thời gian Δt cho đến khi khoảng cách giữa chúng chỉ còn bằng một nửa khoảng cách ban đầu.

Yêu cầu:

- Giả thiết rằng trong thời gian các bản tụ dịch chuyển điện tích trên các bản tụ gần như không đổi. Hãy tính tổng nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R cho đến khi mạch ổn định theo U, S, ϵ_0, d .
- Tìm khoảng giá trị của R để giả thiết nêu trong ý 1.a “trong thời gian các bản tụ dịch chuyển, điện tích trên các bản tụ gần như không đổi” được thỏa mãn, cho biết $\Delta t = 10^{-2} \text{ s}$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, $S = 0,6 \text{ m}^2$, $d = 5 \text{ cm}$.

2. Người ta đặt thêm một bản 3 có diện tích S , dẫn điện lí tưởng, đủ mỏng, ban đầu chưa tích điện và có khối lượng m . Bản 3 được đặt khít ngay trên bản 2 và tiếp xúc điện tốt với bản 2 (Hình 3b). Bản 1 và bản 2 của tụ được nối với nguồn U thông qua khóa K lí tưởng. Bản 1 và bản 2 luôn được giữ cố định và cách nhau là d . Từ khi đóng khóa K, ta quan sát thấy bản 3 chuyển động tịnh tiến lên xuống trong tụ điện và va chạm lần lượt vào bản 1 và bản 2. Giả thiết rằng: điện trường giữa các bản dẫn điện là điện trường đều; thời gian tích điện và phóng điện trên bản 3 là không đáng kể; các bản 1, 2 và 3 ngay lập tức đạt trạng thái cân bằng điện trong thời gian rất ngắn; va chạm giữa bản 3 vào bản 1 hoặc 2 là va chạm mềm.

Yêu cầu:



- a) U có độ lớn nhỏ nhất là bao nhiêu để bản 3 có thể chuyển động từ bản 2 lên bản 1 và chuyển từ bản 1 xuống bản 2?
- b) Tính tổng thời gian bản 3 chuyển động từ bản 2 lên bản 1 và từ bản 1 xuống bản 2 trong hai va chạm đầu tiên theo $U, S, d, m, g, \varepsilon_0$.

Cho:

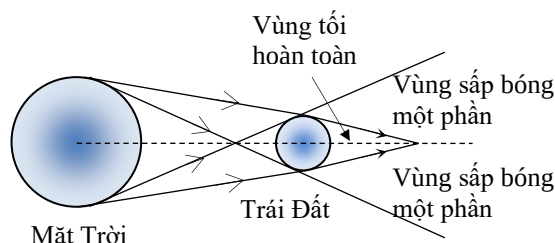
(1) Khi x thay đổi trong khoảng rất nhỏ ($\Delta x \ll 1$), thì $y(\Delta x) \approx A \left[\frac{1}{F(0)} + \Delta x \right]$ là nghiệm riêng của

phương trình vi phân: $\frac{dy(x)}{dx} + F(x).y(x) = A$, với $F(x)$ là hàm cho trước của x , A là hằng số.

$$(2) \int \frac{dx}{\sqrt{ax^2 + bx}} = \frac{1}{\sqrt{a}} \ln \frac{b + 2ax + 2\sqrt{a}\sqrt{ax^2 + bx}}{2\sqrt{a}}.$$

CÂU IV (4,0 điểm)

Mặt Trời là nguồn sáng có kích thước đối với Trái Đất. Ta có thể coi Mặt Trời như là một vật đen tuyệt đối có nhiệt độ bề mặt là $T_s = 6000 \text{ K}$. Một cách gần đúng có thể coi góc trông Mặt Trời và Mặt Trăng từ Trái Đất là như nhau và là $2\alpha = 0,52^\circ$. Mặt Trời sẽ tạo thành vùng sấp bóng phía sau Trái Đất bao gồm vùng sấp bóng một phần và vùng tối hoàn toàn. Khi Mặt Trăng đi vào trong vùng tối hoàn toàn ta sẽ quan sát thấy hiện tượng nguyệt thực. Cho: khoảng cách Mặt Trời-Trái Đất là $d = 1,5.10^8 \text{ km}$; bán kính Trái Đất $R_E = 6,4.10^3 \text{ km}$; gia tốc trọng trường tại bề mặt Trái Đất là $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; chu kỳ Mặt Trăng quay quanh Trái Đất là $T_0 = 27,3$ ngày; vùng khí quyển bao quanh Trái Đất có chiều cao $h = 7,9 \text{ km}$ và có chiết suất coi là không đổi $n = 1,00028$; quỹ đạo Mặt Trăng cắt qua đường thẳng đi qua tâm của Mặt Trời và Trái Đất. Yêu cầu:



Hình 4

- Bỏ qua sự lệch đường truyền của các tia sáng bởi vùng khí quyển của Trái Đất. Hãy xác định khoảng thời gian kể từ khi bắt đầu có nguyệt thực đến khi kết thúc nguyệt thực và thời gian nguyệt thực toàn phần.
- Thực tế có sự tác động đáng kể của vùng khí quyển đến đường truyền của tia sáng. Hãy xác định khoảng cách từ điểm tối xa nhất trong vùng tối hoàn toàn đến tâm Trái Đất và thời gian nguyệt thực toàn phần.
- Trên mặt đất người ta dùng một thấu kính hội tụ có đường kính khẩu độ (tỷ lệ giữa đường kính đường rìa và tiêu cự) bằng $1/32$ để thu bức xạ của Mặt Trời vào trong hộp kín qua lỗ tròn nhỏ A trên mặt hộp. Trục chính của thấu kính đi qua tâm Mặt Trời, tâm lỗ và vuông góc với mặt lỗ. Vì kích thước lỗ A nhỏ hơn chùm sáng khúc xạ qua thấu kính nên chỉ một phần chùm khúc xạ đi vào hộp. Vỏ hộp làm bằng vật liệu cách nhiệt và ở mặt trong có phủ lớp vật liệu hấp thụ, lỗ như là vật đen tuyệt đối, bỏ qua bức xạ của môi trường xung quanh. Hãy xác định nhiệt độ của hộp khi đạt trạng thái cân bằng nhiệt. Biết rằng chỉ có 64% công suất ánh sáng tới thấu kính đi qua được thấu kính.

Cho: công suất phát xạ toàn phần của một vật đen tuyệt đối ở nhiệt độ T có diện tích bề mặt S là $P = S\sigma T^4$ với $\sigma = 5,67.10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ là hằng số Stephan-Boltzmann.

CÂU V (4,0 điểm)

Nhiều lý thuyết (hoặc theo quan niệm cổ điển, hoặc quan niệm lượng tử) đã cố gắng giải thích kết quả thực nghiệm, đó là nhiệt dung riêng của chất rắn ở vùng nhiệt độ cao thì tuân theo định luật Dulong – Petit $c_v = 3R$, còn ở vùng nhiệt độ thấp thì $c_v \sim T^3$. Tuy nhiên, những cố gắng này mới chỉ giải thích được nhiệt dung chất rắn ở vùng nhiệt độ cao, nhưng không thể giải thích được sự giảm đi

của nhiệt dung chất rắn khi nhiệt độ hạ xuống. Cho đến nay lý thuyết thành công nhất về nhiệt dung chất rắn vẫn được cho là lý thuyết của Debye (1912).

Theo Debye: trong mạng tinh thể chất rắn các nguyên tử chất rắn khác nhau sẽ dao động với các tần số khác nhau; vì số các nguyên tử là rất lớn nên thực tế có thể coi phổ các tần số dao động riêng như là một phổ liên tục, do đó trong quá trình tính toán tổng phải được thay bằng tích phân.

Do trong chất rắn các nguyên tử tương tác rất mạnh với nhau, nên có thể xem chất rắn như một môi trường liên tục có một hệ sóng đàn hồi với $3N$ tần số khác nhau, kể từ tần số thấp nhất $f = 0$ đến tần số cực đại $f = f_M$, các sóng có tần số cao quá sẽ có bước sóng nhỏ hơn khoảng cách giữa các nguyên tử và sẽ không thể truyền trong chất rắn được. Các sóng đàn hồi này truyền đi trong thể tích V với 3 loại sóng: hai sóng ngang vận tốc v_n và một sóng dọc vận tốc v_d .

Số tần số từ f đến $f + df$ của loại sóng i được tính bằng công thức:

$$dn_i(f) = \frac{4\pi V f^2}{v_i^3} df,$$

năng lượng trung bình của một sóng dừng có tần số f được tính bằng công thức:

$$\bar{\epsilon} = \frac{hf}{2} + \frac{hf}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1},$$

sử dụng vận tốc thu gọn v (thay cho các vận tốc v_n và v_d) định nghĩa bởi:

$$\frac{3}{v^3} = \frac{2}{v_n^3} + \frac{1}{v_d^3}$$

và hàm Debye định nghĩa bởi $F(x) = \frac{3}{x^3} \int_0^x \frac{z^3 dz}{e^z - 1}$.

Yêu cầu:

1. Thiết lập biểu thức tính số các sóng dừng đàn hồi có tần số từ f đến $f + df$ trong V .
2. Tìm f_M theo mật độ hạt và v .
3. Gọi $T_D = \frac{hf_M}{k}$ là nhiệt độ Debye. Chứng minh rằng biểu thức tính nhiệt dung riêng (nhiệt dung

$$\text{mol}) \text{ của chất rắn có dạng } c_v = 3R \left\{ F\left(\frac{T_D}{T}\right) - \frac{T_D}{T} \frac{dF\left(\frac{T_D}{T}\right)}{dT} \right\}.$$

4. Tính nhiệt dung của chất rắn trong miền nhiệt độ thấp ($T \rightarrow 0$) và so sánh với thực nghiệm.
5. Tính nhiệt dung của chất rắn trong miền nhiệt độ cao ($T \gg T_D$) và so sánh với thực nghiệm.
6. Có thể coi các sóng truyền trong chất rắn là các sóng âm dừng nếu bước sóng ngắn nhất của chúng vào cỡ khoảng cách trung bình a giữa các hạt (cỡ hằng số mạng). Hãy giải thích tại sao các sóng đàn hồi truyền trong chất rắn là các sóng âm.
7. Vận tốc truyền âm trong chất rắn có thể tính qua suất Y-âng E và khối lượng riêng ρ của nó qua biểu thức $v = \sqrt{E/\rho}$. Tìm biểu thức tính T_D qua a , E , ρ . Tính T_D của đồng (Cu) qua bộ số liệu $a = 0,3615 \text{ nm}$, $E = 1,3 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$, $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$.

$$\text{Cho: } \int_0^\infty \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{\pi^4}{15}, \quad h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \text{ và } k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}.$$

HẾT

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