

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 hai: **26/3/2015****CÂU I (4,0 điểm)**

Một giọt mưa được hình thành và rơi xuyên qua đám mây chứa các hạt nước nhỏ li ti, phân bố đều và nằm lơ lửng trong không trung. Trong khi rơi, giọt mưa tích dần nước bằng việc nhập tất cả những hạt nước nhỏ trên đường mà nó quét qua đám mây. Ta giả thiết một cách lý tưởng hóa bài toán này: Không khí không làm ảnh hưởng đến chuyển động của giọt mưa, kích thước ban đầu của giọt mưa nhỏ không đáng kể và giọt mưa luôn có dạng hình cầu. Khối lượng riêng của giọt mưa và của đám mây hơi nước tương ứng là ρ , ρ_0 và được coi là các hằng số.

1. Bán kính giọt mưa r phụ thuộc vào thời gian t theo một hàm số $r(t)$ nào đó. Lập phương trình vi phân của hàm này.

2. Giả thiết $r(t)$ có dạng $r(t) = A \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^\alpha g^\beta t^\gamma$. Trong đó A , α , β , γ là các hệ số không thứ

nguyên và A là một số không phụ thuộc vào tham số nào; g là gia tốc trọng trường. Xác định giá trị của các hệ số A , α , β , γ .

3. Tìm gia tốc của giọt mưa khi nó chuyển động trong đám mây.

4. Tính độ biến thiên cơ năng của giọt mưa theo độ cao h mà nó đã rơi kể từ lúc được hình thành.

CÂU II (3,0 điểm)

Một bình hình trụ chứa nước có bán kính trong $r = 10$ cm và chiều cao đủ nhỏ. Hình trụ được đậy chặt bằng một nắp hình bán cầu có cùng bán kính trong với hình trụ. Ban đầu nhiệt độ của bình là $t_1 = 90^\circ\text{C}$ và áp suất bên trong bán cầu là $p_0 = 10^5$ Pa. Biết rằng dưới áp suất p_0 nước sẽ sôi ở nhiệt độ $t_0 = 100^\circ\text{C}$.

1. Nếu bình đậy và nắp cách nhiệt tuyệt đối thì có thể đun sôi được nước ở trong bình hay không, khi quá trình đun là đủ chậm để bình luôn ở trạng thái cân bằng nhiệt? Tại sao?

2. Chứng minh rằng áp suất hơi bão hòa p phụ thuộc vào nhiệt độ T theo phương trình Claperon-

Clausius:
$$\frac{1}{T} \frac{dT}{dp} = \frac{V_h - V_\ell}{L} \approx \frac{V_h}{L}.$$

trong đó V_h , V_ℓ lần lượt là thể tích riêng của chất ở thể hơi, thể lỏng và $V_h \gg V_\ell$; L là nhiệt hóa hơi riêng.

3. Giả sử có một cơ chế nào đó để truyền nhiệt từ trong bình ra ngoài thông qua nắp đậy (cho một dòng nước làm mát chạy qua liên tục chẳng hạn), sao cho trong suốt quá trình đun, nhiệt độ của hỗn hợp khí và hơi nước ở trong vùng không gian dưới nắp đậy luôn được duy trì ở nhiệt độ t_0 . Cho nước có khối lượng mol là $\mu = 18,0$ g.mol⁻¹, nhiệt hóa hơi riêng ở áp suất p_0 là $L = 2260$ J.g⁻¹ và có thể coi nhiệt hóa hơi riêng là hằng số khi nhiệt độ thay đổi nhỏ, hằng số khí $R = 8,31$ J.mol⁻¹.K⁻¹. Có thể coi gần đúng hơi nước bão hòa là khí lý tưởng.

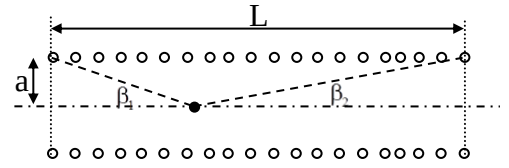
a) Nước trong bình sẽ sôi khi được đun đến nhiệt độ t bằng bao nhiêu?

b) Tính nhiệt lượng mà bình truyền cho hệ thống làm mát trong một giây để trạng thái sôi của nước trong bình luôn được duy trì một cách ổn định.

CÂU III (3,0 điểm)

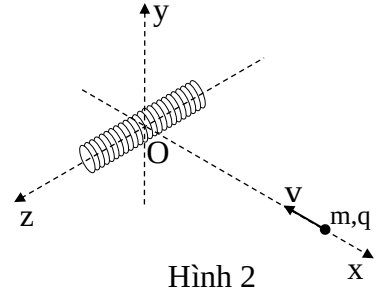
Một ống dây solenoid hình trụ, chiều dài L , bán kính a , gồm N vòng dây quấn sát nhau (cách điện với nhau). Cho dòng điện cường độ I chạy trong dây.

1. Xác định cảm ứng từ tại một điểm trên trục của ống dây và nhìn bán kính hai đầu ống solenoid dưới các góc lần lượt là β_1 và β_2 (Hình 1).



Hình 1

2. Chọn hệ trục tọa độ như Hình 2, gốc O nằm trên trục và cách đều hai đầu ống. Một hạt có điện tích q ($q > 0$), khối lượng m chuyển động với vận tốc ban đầu v từ rất xa theo phương trục Ox về phía ống dây. Tìm tốc độ lớn nhất để điện tích q không chạm vào ống. Giả thiết rằng tại vùng bên trong và gần tâm của ống solenoid, từ trường là đều và có giá trị bằng từ trường trên trục của ống. Bỏ qua mọi ma sát và ảnh hưởng của trọng lực.



Hình 2

CÂU IV (4,5 điểm)

1. Một chùm sáng hẹp công suất P chiếu tới quả cầu trong suốt, chiết suất n dưới góc tới θ . Các hệ số truyền qua và phản xạ tại mặt phân cách tương ứng là T và R . Chọn hệ trục tọa độ Oyz trùng với mặt phẳng tới của chùm sáng, có gốc O tại tâm quả cầu, trục Oz hướng theo hướng của chùm sáng tới. Chứng minh rằng các thành phần lực F_z và F_y mà chùm sáng tác dụng lên quả cầu có biểu thức như sau:

$$\begin{cases} F_z = \frac{P}{c} \left\{ 1 + R \cos 2\theta - \frac{T^2 [\cos(2\theta - 2\varphi) + R \cos 2\theta]}{1 + R^2 + 2R \cos 2\varphi} \right\} \\ F_y = \frac{P}{c} \left\{ R \sin 2\theta - \frac{T^2 [\sin(2\theta - 2\varphi) + R \sin 2\theta]}{1 + R^2 + 2R \cos 2\varphi} \right\} \end{cases}$$

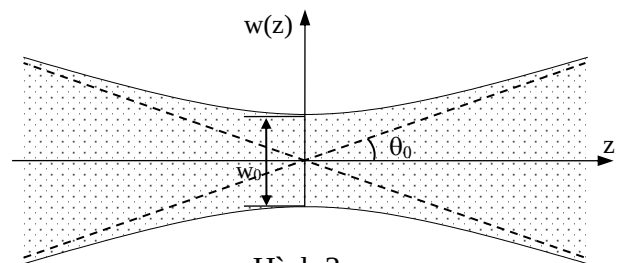
trong đó φ là góc khúc xạ lần đầu, c là vận tốc ánh sáng trong chân không.

2. Chùm sáng song song lý tưởng là một chùm sáng có mặt phân cách rõ nét giữa môi trường có sóng truyền qua và môi trường không có sóng truyền qua, đồng thời cường độ sáng được phân bố đều bên trong chùm. Tuy nhiên do nguyên lý bất định Heisenberg (hay nói cách khác do nhiễu xạ theo quan điểm sóng) mà thực tế các chùm sáng không có mặt phân cách rõ nét và sóng truyền đi chiếm toàn bộ không gian. Trong hệ tọa độ trụ mà trục Oz trùng với đường thẳng nằm ở tâm của chùm và hướng theo chiều truyền sóng, phân bố cường độ ánh sáng trong chùm có dạng:

$$I(r, z) = \frac{P}{\pi w^2(z)} \exp\left(-\frac{2r^2}{w^2(z)}\right) \quad (*)$$

trong đó P là công suất của chùm sáng và

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_0}\right)^2}, \text{ với } z_0 \text{ là một hằng số.}$$



Hình 3

a) Xét luồng photon đến mặt phẳng $z = \text{const}$. Công thức (*) cho thấy mật độ dòng photon tại trục ($r = 0$) là lớn nhất, sau đó giảm rất nhanh theo r . Để mô tả chùm sáng, người ta dùng đại

lượng gọi là bán kính của chùm σ được định nghĩa là căn quân phương của tọa độ r mà các photon đập tới, tức là $\sigma = \sqrt{\langle r^2 \rangle}$. Chứng minh rằng $\sigma = \frac{w(z)}{2}$.

b) Tại mặt phẳng $z = 0$, bề rộng của chùm sáng là nhỏ nhất và bằng w_0 . Khi z càng lớn, chùm sáng càng xòe rộng ra. Khi z đủ lớn thì biên của chùm sáng có dạng mặt nón với đỉnh ở tâm chùm sáng và góc ở đỉnh là θ_0 (Hình 3). Sử dụng hệ thức bất định Heisenberg, chứng tỏ rằng giữa

θ_0 , w_0 và bước sóng λ có mối liên hệ: $\theta_0 \sim \frac{\lambda}{w_0}$.

3. Đặt quả cầu có bán kính $a \ll w_0$ và các hệ số $T = 0$, $R = 1$ vào chùm sáng nói ở ý 2 sao cho tâm quả cầu có tọa độ $z = 0$, $r = 0$. Tính lực tác dụng lên quả cầu đó.

Cho: - Công thức Euler: $e^{i\alpha} = \cos \alpha + i \sin \alpha$;

- Khai triển $\frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + \dots$ với $|x| < 1$.

CÂU V(3,5 điểm)

Trong bài toán này, ta xét bức xạ điện từ trong một hộp kín có thành phản xạ lý tưởng. Theo quan điểm của Vật lý Lượng tử, bức xạ điện từ là tập hợp các hạt chuyển động hỗn loạn không tương tác với nhau gọi là các photon. Nói một cách khác, bức xạ điện từ là một khí photon có nhiều mặt tương tự như khí lý tưởng và do đó nhiều tính chất của nó có thể được thiết lập dựa trên thuyết động học phân tử. Tất nhiên cũng có những khác biệt căn bản. Chẳng hạn, trong cùng một môi trường tất cả các photon đều chuyển động với cùng một vận tốc. Ngoài ra số lượng các photon cũng không phải là không đổi khi thay đổi trạng thái: chúng có thể được sinh ra hoặc bị hấp thụ.

1. Trước hết, ta giả thiết các photon trong hộp chỉ có một tần số f duy nhất. Gọi u là mật độ năng lượng của khí photon trong hộp.

a) Chứng minh rằng áp suất P do khí photon tạo ra khi va chạm vào thành hộp có giá trị:

$$P = \frac{1}{3}u$$

b) Tưởng tượng trên thành hộp có khoét một lỗ nhỏ, hãy biểu diễn năng lượng do các photon bay ra mang đi trong một đơn vị thời gian trên một đơn vị diện tích theo u và c .

2. Thực tế, bức xạ điện từ trong hộp là tập hợp các photon với rất nhiều tần số khác nhau từ 0 đến vô cùng. Gọi $du(f)$ là mật độ năng lượng của khí photon có tần số nằm trong khoảng f đến $f + df$.

a) Chứng tỏ rằng áp suất và năng suất bức xạ của khí photon vẫn được tính theo ý 1, không phụ thuộc vào dạng cụ thể của hàm $du(f)$.

b) Lý thuyết lượng tử cho biết $du(f) = \frac{8\pi hf^3}{c^3(e^{hf/kT} - 1)} df$, trong đó h là hằng số Planck, k là hằng

số Boltzmann, T là nhiệt độ tuyệt đối của khí photon. Tìm mật độ năng lượng tổng cộng u của khí photon ứng với mọi tần số.

c) Entropi S của một hệ phụ thuộc vào thể tích V và nhiệt độ T dưới dạng $S = f(V, T) + S_0$, với S_0 là một hằng số. Tìm $f(V, T)$, biết độ biến thiên entropi dS trong quá trình cân bằng vô cùng bé liên hệ với nhiệt lượng trao đổi δQ và nhiệt độ T bằng biểu thức $dS = \frac{\delta Q}{T}$. Từ đó suy ra phương trình đoạn nhiệt của khí photon.

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

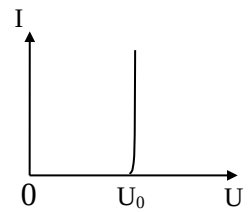
CÂU VI (2,0 điểm) *Xác định điện dung của một tụ điện cho trước:*

Cho các dụng cụ sau:

- Tụ điện cần xác định điện dung (giá trị cỡ vài μF);
- 01 nguồn điện một chiều có các thông số chưa biết (suất điện động cỡ 20 V, điện trở trong dưới 100Ω);
- 01 đèn LED có đường đặc trưng V-A như Hình 4 (đèn có thể xem là điốt lý tưởng, giá trị U_0 cỡ vài V);
- 01 hộp điện trở thuần có thể đặt được các giá trị điện trở; 01 điện trở thuần có độ lớn chưa biết (các giá trị điện trở vào cỡ $\text{k}\Omega$);
- Đồng hồ bấm giây;
- Khóa điện, dây nối đủ dùng.

Hãy:

1. Xây dựng công thức để tìm điện dung của tụ điện.
2. Đề xuất một phương án thí nghiệm để xác định điện dung của tụ điện (vẽ sơ đồ thí nghiệm, nêu các bước tiến hành thí nghiệm và xử lý kết quả).



Hình 4

HẾT

Ghi chú:

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