

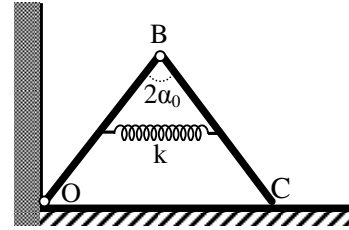
ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Môn thi: **VẬT LÝ**Thời gian: **240** phút (không kể thời gian giao đề)Ngày thi thứ hai: **25/3/2016**

(Đề thi gồm 04 trang, gồm 06 câu)

CÂU I (3,5 điểm)

Cho một cơ hệ được tạo từ hai thanh OB và BC giống hệt nhau, đều rắn, mảnh, đồng chất. Các thanh có cùng chiều dài L và được nối với nhau ở đầu B nhờ một bản lề nhẹ, sao cho các thanh có thể quay quanh trục của bản lề (vuông góc với mặt phẳng hình vẽ). Khối lượng mỗi thanh bằng m , trung điểm hai thanh được nối với nhau bằng một lò xo có độ cứng k , khối lượng lò xo không đáng kể. Nhờ một bản lề khác, đầu O của thanh OB được gắn vào chân một tường cứng, thẳng đứng sao cho thanh OB chỉ có thể quay quanh O trong mặt phẳng thẳng đứng và đầu C của thanh BC luôn trượt trên mặt phẳng nằm ngang (Hình 1). Bỏ qua mọi ma sát. Gia tốc trọng trường là g . Khi hệ ở trạng thái cân bằng, góc tạo bởi hai thanh bằng $2\alpha_0$.



Hình 1

1. Tính độ giãn của lò xo ΔL_0 khi hệ ở trạng thái cân bằng.
2. Tìm điều kiện để cân bằng của hệ đã cho là cân bằng bền.
3. Từ vị trí cân bằng bền, kéo đầu C theo phương ngang sang bên phải một đoạn nhỏ rồi thả nhẹ. Chứng minh hệ dao động điều hòa và tìm chu kỳ dao động của hệ.
4. Khi hệ đang đứng yên ở vị trí cân bằng, người ta rút chốt của bản lề tại O để di chuyển hệ đến vị trí khác. Đúng lúc đó thì lò xo bị tuột khỏi chốt nối với các thanh. Gọi α_1 là nửa góc tạo bởi hai thanh khi đầu O của thanh OB bắt đầu rời tường. Tính α_1 khi $\alpha_0 = \pi/3$.

CÂU II (3,5 điểm)

Xét sự phát xạ ánh sáng nhìn thấy gây bởi các nguyên tử của hơi Natri loãng ở nhiệt độ T . Các vạch phổ thu được trên máy quang phổ không sắc nét mà bị nhòe đi do một số nguyên nhân khác nhau.

Do chuyển động nhiệt, tần số ánh sáng f do các nguyên tử phát ra không như nhau mà có trị số nằm trong một khoảng Δf_D được gọi là độ rộng Dopp-ple của vạch phổ. Hiện tượng này được gọi là “sự mở rộng Dopp-ple”. Do vận tốc chuyển động nhiệt của các nguyên tử là nhỏ so với tốc độ ánh sáng nên có thể sử dụng biểu thức gần đúng liên hệ giữa tần số và vận tốc nguyên tử dạng $f = f_0 \left(1 + \frac{v_x}{c}\right)$, trong đó f_0 và f tương ứng là tần số ánh sáng mà nguyên tử phát ra khi đứng yên và khi chuyển động với vận tốc v_x theo phương Ox hướng từ nguyên tử đến máy quang phổ, c là tốc độ ánh sáng. Ở đây, kí hiệu $\Delta f_D = \sqrt{(f - f_0)^2}$ là độ lệch căn quân phương của tần số, kí hiệu $\bar{A}$ để chỉ phép lấy trung bình đại lượng A .

Ngoài ra, theo nguyên lý bất định trong cơ học lượng tử thì một trạng thái có thời gian sống Δt sẽ có độ bất định về năng lượng ΔE thỏa mãn $\Delta t \Delta E \sim h$, trong đó h là hằng số Plăng. Do đó, vạch phổ sẽ có độ rộng tự nhiên Δf_N . Đó là “sự mở rộng tự nhiên” của vạch phổ.

Biết các phân bố Mắc-xoen đối với độ lớn vận tốc nguyên tử v và đối với thành phần vận tốc theo phương Ox tương ứng có biểu thức: $dW(v) = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right) 4\pi v^2 dv$;

$dW(v_x) = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{1/2} \exp\left(-\frac{mv_x^2}{2kT}\right) dv_x$, trong đó k là hằng số Bôn-xơ-man, m là khối lượng nguyên tử.

1. Chứng minh các công thức tốc độ trung bình $\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$ và quãng đường tự do trung bình $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} n \pi d^2}$, với n và d tương ứng là mật độ và đường kính nguyên tử.

2. Tìm biểu thức của phân bố xác suất $dW(f-f_0) = g(f-f_0) d(f-f_0)$ cho độ lệch tần số f khỏi tần số trung tâm f_0 .

3. Với nhiệt độ $T = 500K$ và áp suất $p = 10^{-3} N/m^2$. Hãy:

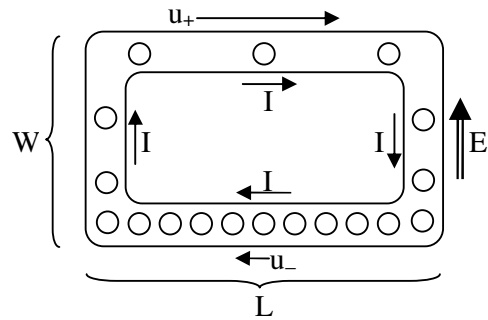
a) Tính độ rộng Dopp-ple Δf_D của vạch phổ ứng với bước sóng 589,6 nm.

b) Tính độ rộng tự nhiên Δf_N cho vạch phổ bất kì.

Biết: hằng số khí $R = 8,31 J/mol.K$; số Avôgađrô $N_A = 6,02.10^{23} mol^{-1}$; nguyên tử lượng của Natri là 23; đường kính nguyên tử $d \approx 10^{-10} m$; $\int_0^\infty e^{-\alpha x^2} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}}$ với $\alpha > 0$.

CÂU III (3,5 điểm)

Động lượng khác không của một vật thể đứng yên gọi là động lượng ẩ. Động lượng ẩ là một hệ quả của thuyết tương đối hẹp Anh-xtanh. Trong bài này ta nghiên cứu một mô hình đơn giản cho động lượng ẩ. Xét một mô-men lưỡng cực từ $\vec{m}$, có dạng một khung dây mảnh, hình chữ nhật, mang dòng điện không đổi I như hình 2. Khung dây được giữ cố định, dây có dạng ống hình trụ, thiết diện đều S đủ nhỏ. Dòng điện gồm các hạt tải mang điện tích dương không tương tác với nhau, các hạt có thể



Hình 2

chuyển động tự do trong khung dây. Toàn bộ khung dây được đặt trong một điện trường đều $\vec{E}$ khiến các điện tích ở bên trái khung được tăng tốc còn các điện tích bên phải khung bị giảm tốc. Trên hình vẽ u_+ , u_- là vận tốc của các hạt khi chuyển động trên các cạnh vuông góc với điện trường. Cho biết hạt tải điện có điện tích Q và khối lượng M , khung có chiều dài L và chiều rộng W , tốc độ ánh sáng trong chân không là c , bỏ qua tác dụng của trọng lực và điện trở của khung dây.

1. Xác định hướng và độ lớn của tổng động lượng của tất cả các hạt mang điện trong khung dây theo cơ học phi tương đối tính Niu-ơn.

2. Xác định hướng và độ lớn của tổng động lượng của tất cả các hạt mang điện trong khung dây theo thuyết tương đối hẹp Anh-xtanh.

3. Động lượng của trường điện từ $\vec{P}_f$ có biểu thức $\vec{P}_f = \epsilon_0 \int [\vec{E} \times \vec{B}] dV = \frac{1}{c^2} \int \Phi \vec{J} dV$, trong đó

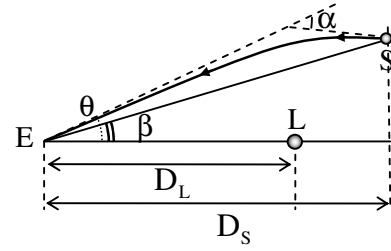
ϵ_0 là độ điện thẩm của chân không; $\vec{E}$ và $\vec{B}$ tương ứng là các véc tơ cường độ điện trường và cảm ứng từ; Φ và $\vec{J}$ tương ứng là điện thế và véc tơ mật độ dòng điện; dV là yếu tố vi phân thể tích; tích phân được lấy trong toàn bộ không gian. Xác định hướng và độ lớn động lượng của trường điện từ của hệ đã cho.

4. Kết quả tìm được trong ý 2 gọi là động lượng ẩ $\vec{P}_h$. Tính tổng động lượng ẩ và động lượng của trường điện từ. Nhận xét về kết quả.

CÂU IV (3,5 điểm)

Theo thuyết tương đối rộng của Anh-xtanh, khi một tia sáng đi gần một vật hình cầu có khối lượng M , hướng của nó bị lệch về phía vật một góc nhỏ $\alpha = \frac{4GM}{rc^2}$, trong đó G là hằng số hấp dẫn, c là tốc độ ánh sáng và r là khoảng cách gần nhất từ tâm vật hấp dẫn tới tia sáng. Như vậy, vật thể hình cầu giống như một thấu kính bẻ cong đường truyền của tia sáng.

Xét một ngôi sao L có khối lượng M nằm cách Trái Đất E một khoảng D_L . Ngôi sao L đóng vai trò như là một thấu kính hấp dẫn. Một ngôi sao S khác, có vai trò như một nguồn sáng, nằm cách E một khoảng D_S theo phương EL ($D_S > D_L$). Các đoạn EL và ES tạo với nhau một góc nhỏ β (Hình 3). Kí hiệu α là góc lệch của tia sáng khi đi lại gần L, còn θ là góc quan sát ngôi sao S từ Trái Đất (tương đối so với EL). Giả thiết tất cả các góc đều nhỏ.



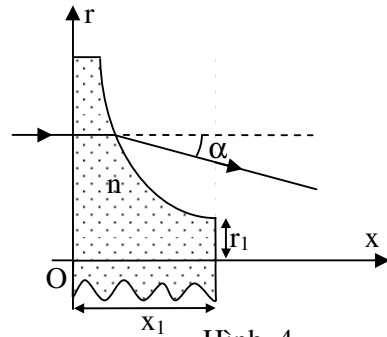
Hình 3

1. Xét trường hợp $\beta = 0$. Ảnh của S có dạng một chiếc vòng, được gọi là vòng Anh-xanh. Tìm biểu thức cho bán kính góc θ_E của vòng Anh-xanh.

2. Khi thấu kính, nguồn sáng và điểm quan sát không thẳng hàng, tồn tại hai ảnh của S. Để thuận tiện, ta biểu diễn β và θ theo đơn vị bán kính góc Anh-xanh θ_E bằng cách đặt $u = \frac{\beta}{\theta_E}$

và $y = \frac{\theta}{\theta_E}$. Tìm biểu thức cho vị trí y của hai ảnh theo u.

3. Với mục đích biểu diễn hiệu ứng thấu kính hấp dẫn trong dạy học, người ta chế tạo một thấu kính làm từ chất liệu trong suốt có chiết suất n. Mặt trước của thấu kính là phẳng, mặt sau gồm hai phần: một phần là hình tròn bán kính r_1 ; phần kia là một mặt tròn xoay quanh trục Ox và bán kính thay đổi theo tọa độ x. Mặt cắt dọc theo trục đối xứng biểu diễn như hình 4, trong đó x_1 là độ dày của thấu kính. Hình dạng mặt sau được chọn sao cho khi chiếu một tia sáng vuông góc bất kì tới mặt trước thấu kính tại điểm thỏa mãn $r > r_1$, sau khi



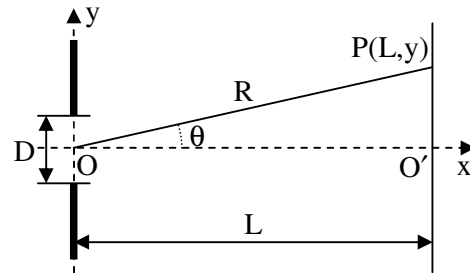
Hình 4

khúc xạ tia sáng bị lệch một góc $\alpha = \frac{R}{r}$, với R là một hằng số

và r là khoảng cách giữa tia tới và trục Ox. Hãy tìm liên hệ giữa bán kính r của phần tròn xoay và tọa độ x.

CÂU V (4,0 điểm)

1. Nhiễu xạ Fraunhofer là hiện tượng nhiễu xạ, quan sát được trên màn ảnh nằm đủ xa nguồn nhiễu xạ. Xét một chùm sáng song song đơn sắc bước sóng λ , chiếu vuông góc tới một khe hẹp bề rộng D và có chiều dài vô hạn theo trục z vuông góc với mặt phẳng xOy (Hình 5). Đặt màn chắn song song với mặt phẳng khe, cách khe một khoảng L ($L \gg D$). Sự phân bố cường độ sáng trên màn chắn được xác định bởi sự giao thoa của các sóng thứ cấp xuất phát từ khe hẹp (coi là đồng pha) theo nguyên lí Huyghens.



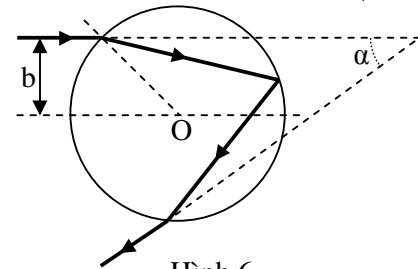
Hình 5

a) Chứng minh rằng biên độ sóng trên màn chắn tại điểm có tọa độ y tỷ lệ thuận với $\left| \frac{\sin q}{q} \right|$

và biểu diễn q theo các đại lượng y, λ , D và $R = \sqrt{L^2 + y^2}$.

b) Trên màn ảnh, y_1 là tọa độ của điểm nằm gần điểm trung tâm O' nhất mà tại đó sóng tổng hợp có biên độ bằng 0. Hãy biểu diễn y_1 theo D, L và λ .

2. Nguyên lí tạo cầu vòng có thể hiểu được thông qua việc xem xét sự tán sắc của ánh sáng sau khi đi qua giọt nước. Xét một tia sáng tới giọt nước hình cầu bán kính a có



Hình 6

mặt phẳng tới đi qua tâm O của giọt nước và O nằm cách phương của tia sáng tới một khoảng là b. Chiết suất của không khí coi như bằng 1, của nước là n. Tia sáng truyền qua giọt nước theo đường đi như hình 6. Phương của tia tới và tia ló hợp với nhau góc α .

a) Góc α đạt giá trị cực đại α_0 ứng với tỉ số b/a bằng bao nhiêu?

b) Chùm sáng tới giới hạn bởi hai đường thẳng có khoảng cách b và b + Δb sẽ cho chùm ló bị lệch dưới các góc nằm trong vùng α và $\alpha + \Delta\alpha$. Chứng tỏ rằng cường độ sáng của chùm tia ló sẽ mạnh nhất quanh góc lệch α_0 .

c) Xét các tia sáng đi ra dưới các góc quanh vùng giá trị của α_0 . Trong vùng khả kiến, chiết suất của nước thay đổi quanh giá trị đối với ánh sáng màu vàng bước sóng $\lambda_0 = 589\text{nm}$ có dạng

gần đúng là $n = 1,33 - 0,018 \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$. Tìm góc lệch của hai chùm tia đỏ và tia tím $\alpha_{0(\text{đỏ})} - \alpha_{0(\text{tím})}$,

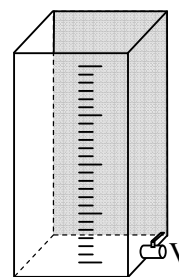
biết tia đỏ và tia tím lần lượt có bước sóng là 700 nm và 400 nm.

d) Do có sự nhiễu xạ ánh sáng nên ta chỉ có thể quan sát được cầu vồng khi kích cỡ các giọt nước đủ lớn. Các tia sáng tạo nên cầu vồng có tỉ số b/a vào cỡ 0,7 tới 0,9. Cho rằng sự nhiễu xạ của các tia này tương đương với bài toán nhiễu xạ trên một khe hẹp có bề rộng 0,2a. Tìm điều kiện của bán kính giọt nước để có thể quan sát được cầu vồng.

CÂU VI (2,0 điểm) Xác định chiết suất của một chất lỏng cho trước:

Cho các dụng cụ sau:

- 01 can chứa chất lỏng cần tìm chiết suất;
- 01 bình hình hộp chữ nhật. Một thành bình mỏng, trong suốt có khắc thước chia vạch, mặt trong của thành bình đối diện được mạ bạc. Đáy bình có van xả nước V (Hình 7);
- 01 bút laser;
- Giá đỡ, kẹp cần thiết.



Hình 7

Đề xuất một phương án thí nghiệm để xác định chiết suất của chất lỏng cho trước (vẽ sơ đồ thí nghiệm, nêu các bước tiến hành thí nghiệm và xử lý kết quả).

HẾT

Ghi chú:

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