

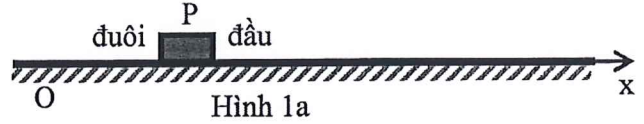


KỲ THI CHỌN HỌC SINH GIỎI QUỐC GIA
TRUNG HỌC PHỔ THÔNG
NĂM HỌC 2024 - 2025

Môn: **VẬT LÝ**
Thời gian: **180 phút** (không kể thời gian giao đề)
Ngày thi thứ nhất: **25/12/2024**
Đề thi gồm 03 trang, 05 câu

Câu I (4,0 điểm)

Một thiết bị P dạng hình trụ có kích thước nhỏ, khối lượng m . Đặt vào bên trong thiết bị P các hạt nhỏ giống nhau, tổng khối lượng của các hạt này cũng là m . Thiết bị P có thể phóng ra liên tục các hạt nhỏ về phía đuôi theo phương trục của trụ. Tốc độ tương đối u của các hạt so với P khi rời khỏi P là không đổi và khối lượng các hạt được phóng ra trong một đơn vị thời gian cũng là không đổi. Bỏ qua mọi ma sát và lực cản không khí.



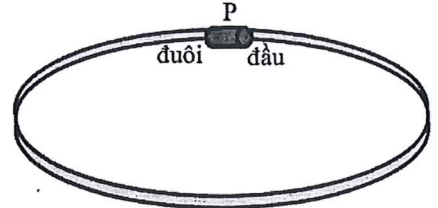
Hình 1a

1. Thiết bị P ban đầu đứng yên trên mặt sàn nằm ngang rất rộng, đầu của P hướng theo chiều dương trục Ox (Hình 1a). Tại thời điểm $t = 0$, P bắt đầu phóng ra các hạt nhỏ về phía đuôi theo chiều âm trục Ox. Đến thời điểm $t = T$, thiết bị P phóng hết tất cả các hạt bên trong.

a) Tại thời điểm t ($0 < t < T$), gọi tốc độ của P so với mặt sàn là v , tổng khối lượng của P và các hạt chưa phóng là M . Tìm v theo u , m và M .

b) Xác định quãng đường mà P đi được từ thời điểm $t = 0$ đến thời điểm $t = T$ theo u và T .

2. Thiết bị P ban đầu đứng yên và nằm sát mặt trong của một vành tròn lớn. Vành tròn này được giữ cố định trên mặt sàn nằm ngang (Hình 1b). Tại thời điểm $t = 0$, P bắt đầu phóng ra các hạt nhỏ về phía đuôi. Trong quá trình phóng, P và các hạt nhỏ luôn chuyển động dọc theo mặt trong của vành. Đến thời điểm đầu của P gặp hạt nhỏ đầu tiên mà P phóng ra thì P vừa kịp phóng hết tất cả các hạt bên trong. Biết rằng khi gặp các hạt nhỏ chuyển động từ phía trước đến, P nuốt các hạt vào bên trong và không phóng các hạt đó nữa. Xác định tốc độ chuyển động cuối cùng v_c của P so với vành tròn.



Hình 1b

Câu II (4,0 điểm)

Một bình hình trụ đặt thẳng đứng chứa hỗn hợp gồm nước và nước đá ở điều kiện cân bằng nhiệt, khối lượng của nước và nước đá lần lượt là $m_n = 1,0 \text{ kg}$ và $m_d = 0,50 \text{ kg}$. Sát bề mặt nước của hỗn hợp đặt một piston nhẹ, vừa khít với thành trong của bình. Bình và piston cách nhiệt hoàn toàn và không có ma sát giữa chúng. Tác dụng ngoại lực để áp suất p lên piston tăng chậm từ giá trị ban đầu $p_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ lên đến giá trị $p_1 = 2,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$. Cho rằng nước và nước đá không nén được. Khối lượng riêng của nước và nước đá lần lượt là $\rho_n = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ và $\rho_d = 9,2 \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; nhiệt nóng chảy riêng của nước đá là $\lambda = 3,4 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$; nhiệt dung riêng của nước và nước đá lần lượt là $c_n = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ và $c_d = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; các giá trị đó đều coi là không thay đổi. Nhiệt độ nóng chảy của nước đá tại áp suất p_0 là $T_0 = 273 \text{ K}$. Xét quá trình áp suất p tăng chậm từ áp suất ban đầu p_0 lên đến áp suất p_1 :

1. Cho phương trình vi phân mô tả mối quan hệ giữa nhiệt độ nóng chảy T của nước đá và áp suất p là:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T \left(\frac{1}{\rho_n} - \frac{1}{\rho_d} \right)}$$

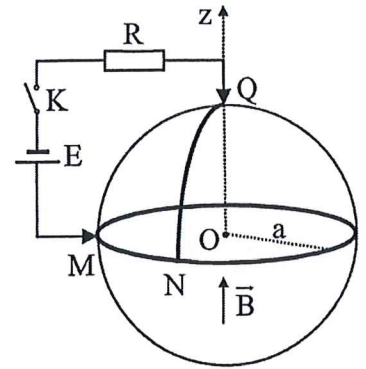
Chứng minh rằng T phụ thuộc gần như tuyến tính vào p và độ tăng áp suất để làm giảm nhiệt độ nóng chảy của nước đá xuống 1°C là $\Delta p = 1,4 \cdot 10^7 \text{ Pa}$. Cho biết: khi $|x| \ll 1$ thì $e^x \approx 1 + x$.

2. Hãy tính:

- Độ giảm nhiệt độ ΔT của hỗn hợp khi hệ cân bằng nhiệt.
- Khối lượng Δm của nước đá tan chảy.
- Công A mà ngoại lực thực hiện.

Câu III (4,0 điểm)

Khảo sát một mô hình động cơ điện tạo bởi vỏ cầu mỏng, cứng, đồng chất, không từ tính, không dẫn điện, bán kính $a = 50 \text{ cm}$ và khối lượng $m = 0,1 \text{ kg}$. Chọn hệ tọa độ có trục Oz đi qua đường kính, gốc O đặt tại tâm vỏ cầu. Vỏ cầu có thể quay tự do không ma sát quanh trục Oz . Hai dây dẫn điện nhẹ (điện trở không đáng kể) được dán chặt trên vỏ cầu: dây thứ nhất dán dọc theo đường tròn lớn nhất của vỏ cầu và có mặt phẳng chứa dây vuông góc với trục Oz ; dây thứ hai dán trên cung QN theo một phần tư đường tròn lớn nhất của vỏ cầu và có mặt phẳng chứa dây đi qua trục Oz (Hình 3). Đoạn mạch điện gồm điện trở $R = 30 \Omega$, nguồn điện có suất điện động $E = 6 \text{ V}$ (điện trở trong không đáng kể) tiếp xúc với hai dây dẫn tại Q và M thông qua hai tiếp điểm (hai mũi tên màu đen) như Hình 3. Toàn bộ hệ được đặt trong vùng từ trường đều có cảm ứng từ $\vec{B}$ hướng dọc theo chiều dương trục Oz và độ lớn $B = 0,2 \text{ T}$. Cho biết moment quán tính của vỏ cầu đối với trục quay đi qua tâm là $\frac{2}{3}ma^2$. Bỏ qua ảnh hưởng của vỏ cầu lên cảm ứng từ $\vec{B}$, từ trường sinh ra bởi các dây dẫn, ma sát tại các tiếp điểm, điện trở dây dẫn, điện trở tại các điểm tiếp xúc và độ tự cảm của mạch điện. Ban đầu khóa K mở, vỏ cầu đứng yên. Tại thời điểm $t = 0$, đóng khóa K :

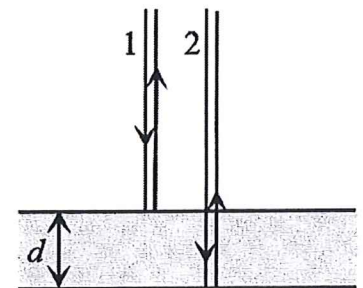


Hình 3

1. Tính cường độ dòng điện trong mạch ngay sau khi đóng khóa K .
2. Khi có dòng điện I chạy trong mạch, xác định moment lực từ tác dụng lên vỏ cầu theo I, B, a .
3. Khi vỏ cầu đang quay với tốc độ góc ω , tìm suất điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch theo B, a, ω .
4. Xác định tốc độ góc của vỏ cầu theo thời gian t và tính giá trị tốc độ góc lớn nhất.

Câu IV (4,0 điểm)

1. Màu sắc của nhiều loài sinh vật như bọ câu, công, vẹt xuất hiện do hiện tượng giao thoa của ánh sáng trên lớp lông vũ của các sinh vật đó. Nhờ hiện tượng này, ánh sáng phản xạ của một số bước sóng được tăng cường và chúng ta nhìn thấy màu sắc nổi bật của sinh vật. Xét một loài bọ câu, coi sợi lông ở vùng cổ như một lớp mỏng song song có độ dày $d = 650 \text{ nm}$ và chiết suất $n = 1,5$ đặt trong không khí có chiết suất $n_{kk} = 1$ (Hình 4a). Ánh sáng chiếu tới và ánh sáng quan sát đều theo phương vuông góc với lớp mỏng.



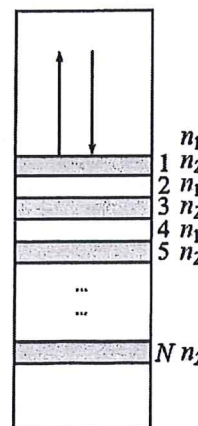
Hình 4a

Bảng 1. Màu tương ứng với dải bước sóng.

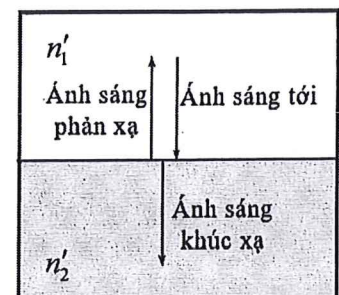
Bước sóng	Màu	Bước sóng	Màu
380 nm - 450 nm	tím - chàm	570 nm - 590 nm	vàng
450 nm - 495 nm	lam	590 nm - 620 nm	cam
495 nm - 570 nm	lục	620 nm - 760 nm	đỏ

- a) Ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_0 chiếu đến mặt trên của lớp mỏng. Tìm điều kiện của bước sóng λ_0 để có cực đại giao thoa của tia phản xạ tại mặt trên và phản xạ tại mặt dưới của lớp mỏng.
- b) Ánh sáng nhìn thấy có bước sóng trong khoảng 380 nm đến 760 nm chiếu đến mặt trên của lớp mỏng. Tính các bước sóng thỏa mãn điều kiện có cực đại giao thoa. Từ Bảng 1, giải thích tại sao chúng ta thấy màu lục và màu tím - chàm trên cổ bọ câu.

2. Một thiết bị quang học có N lớp gồm các lớp vật liệu có chiết suất $n_1 = 1,50$ xếp xen kẽ với các lớp vật liệu có chiết suất $n_2 = 1,55$ (Hình 4b). Chiếu ánh sáng vào mặt trên của thiết bị theo phương vuông góc. Bỏ qua sự hấp thụ ánh sáng trong toàn bộ quá trình truyền. Chỉ xét sự phản xạ một lần tại mỗi mặt phân cách. Cho biết: Ánh sáng chiếu từ môi trường có chiết suất n'_1 sang môi trường có chiết suất n'_2 (Hình 4c) thì đồng thời xuất hiện cả ánh sáng phản xạ và khúc xạ. Gọi biên độ cường độ điện trường của ánh sáng tới, ánh sáng phản



Hình 4b



Hình 4c

xạ và ánh sáng khúc xạ lần lượt là E_0, E_R và E_T . Trong trường hợp ánh sáng chiếu theo phương vuông góc với mặt phân cách giữa hai môi trường, ta có

$$r = \frac{E_R}{E_0} = \left| \frac{n'_1 - n'_2}{n'_1 + n'_2} \right|; \quad t = \frac{E_T}{E_0} = \frac{2n'_1}{n'_1 + n'_2}.$$

$R = \left(\frac{E_{\text{tổng}}}{E_{\text{tới}}} \right)^2$ là độ phản xạ tổng cộng của thiết bị, trong đó $E_{\text{tổng}}$ là tổng biên độ cường độ điện trường của các ánh sáng phản xạ, $E_{\text{tới}}$ là biên độ cường độ điện trường của ánh sáng tới thiết bị. Tính số lớp N nhỏ nhất để sao cho thiết bị có độ phản xạ tổng cộng $R \geq 10\%$.

Câu V (4,0 điểm)

Năm 1913, nhà vật lý Niels Bohr đã đưa ra lý thuyết lượng tử bán cổ điển áp dụng thành công cho nguyên tử hydrogen và các ion tương tự (ion chỉ có 1 electron ở lớp vỏ), gọi là lý thuyết Bohr. Theo lý thuyết Bohr, electron trong nguyên tử hydrogen (và trong ion tương tự) chuyển động trên quỹ đạo tròn quanh hạt nhân. Lực tương tác giữa electron và hạt nhân là lực Coulomb. Các quỹ đạo tròn của electron phải là các quỹ đạo dừng sao cho moment động lượng L của electron trên quỹ đạo dừng chỉ nhận các giá trị thoả mãn:

$$L = n \frac{h}{2\pi},$$

với $n = 1, 2, 3, \dots$ gọi là số lượng tử và $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ là hằng số Planck.

Khi electron chuyển động trên quỹ đạo dừng có số lượng tử n , nguyên tử (ion) có năng lượng tương ứng E_n . Coi hạt nhân là đủ nặng so với electron để có thể xem khối lượng M của hạt nhân là lớn vô cùng, từ lý thuyết Bohr tính được:

$$E_n = - \left(\frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2} \right) \frac{Z^2}{n^2},$$

trong đó: hằng số điện $k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$; điện tích nguyên tố $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; khối lượng electron $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ và Z là số hiệu nguyên tử ($Z = 1$ đối với nguyên tử hydrogen, $Z \geq 2$ đối với các ion). Bohr cho rằng khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_{n_2} về trạng thái dừng có năng lượng E_{n_1} thấp hơn thì nguyên tử phát ra photon có năng lượng $\varepsilon = E_{n_2} - E_{n_1}$. Ngược lại, nếu nguyên tử ở trạng thái dừng có năng lượng E_{n_1} mà hấp thụ photon có năng lượng $\varepsilon = E_{n_2} - E_{n_1}$ thì nguyên tử chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng E_{n_2} .

1. Tính năng lượng ion hóa nguyên tử hydrogen từ trạng thái cơ bản, theo đơn vị eV. Biết $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
2. Khi chiếu dòng photon đơn sắc tới các nguyên tử hydrogen đang ở trạng thái cơ bản thì thu được quang phổ vạch. Quang phổ vạch đó có đúng ba vạch thuộc vùng nhìn thấy: vạch đỏ H_α , vạch lam H_β và vạch chàm H_γ . Cho tốc độ ánh sáng trong chân không $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Tính bước sóng λ của photon chiếu tới.
3. Thực tế, khối lượng M của hạt nhân là hữu hạn. Bằng phép đo có độ chính xác cao, bước sóng vạch H_α của nguyên tử hydrogen và của nguyên tử một đồng vị hydrogen đo được lần lượt là $\lambda_H = 6562,80 \text{ \AA}$ và $\lambda_X = 6561,01 \text{ \AA}$. Cho tỉ số giữa khối lượng hạt nhân nguyên tử hydrogen M_H và khối lượng electron m là $M_H / m = 1836$. Tính khối lượng hạt nhân của nguyên tử đồng vị theo M_H .
4. Nguyên tử helium ($Z = 2$) có lớp vỏ gồm hai electron. Cho rằng ở trạng thái cơ bản, hai electron đó luôn ở trên cùng quỹ đạo tròn và xa nhau nhất. Vận dụng lý thuyết Bohr, tính năng lượng ion hóa thứ nhất của nguyên tử helium từ trạng thái cơ bản. So sánh kết quả tính được với kết quả thực nghiệm là $24,6 \text{ eV}$.

-----HẾT-----

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