



BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

ĐÁP ÁN

Đề thi chính thức

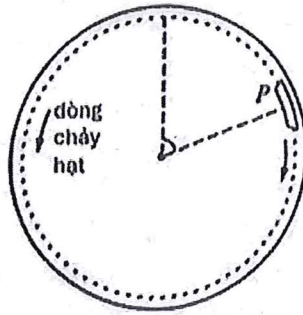
KỲ THI CHỌN HỌC SINH GIỎI QUỐC GIA
TRUNG HỌC PHỔ THÔNG
NĂM HỌC 2024 – 2025

Môn: Vật lý

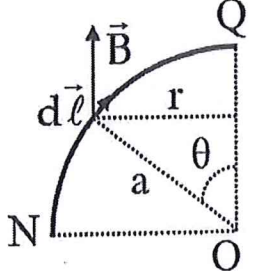
Ngày thi: 25 - 26/12/2024

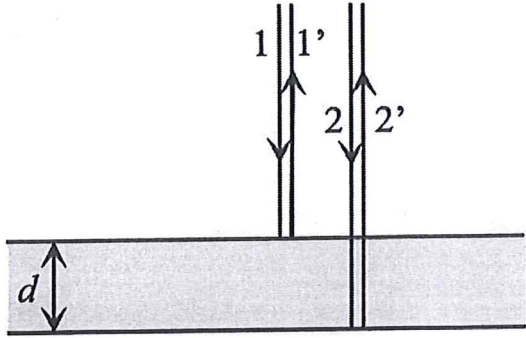
Đáp án gồm 14 trang.

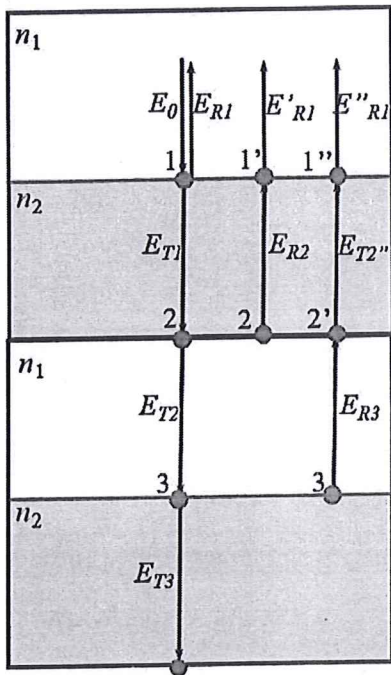
I. Ngày thi 25/12/2024

	Ý	Nội dung
Câu I (4,0 điểm)	1.a	Xét quá trình từ thời điểm $t > 0$ đến thời điểm $t + dt$, khối lượng thiết bị và các hạt trong nó biến đổi từ M đến $M + dM$ với $dM < 0$, lượng hạt phóng ra có khối lượng $-dM$. Vận dụng định luật bảo toàn động lượng, có $Mdv + u dM = 0$ từ đó tính được $v = u \ln \frac{2m}{M}$.
	1.b	Khối lượng các hạt phóng ra từ P trong một đơn vị thời gian là không đổi là $\eta = \frac{m}{T}$ Khối lượng P và các hạt chưa phóng ở thời điểm t là $M = 2m - \eta t$ Từ $t=0$ bắt đầu phóng, đến $t=T$ kết thúc phóng, trong toàn bộ quá trình phóng P đi được tổng quãng đường l là $l = \int_0^T v dt = \int_0^T u \ln \frac{2m}{2m - \eta t} dt = uT \ln \frac{e}{2}$.
	2	Tại thời điểm phóng hết, trạng thái của hệ thống như trong hình, P vừa phóng hết tất cả các hạt, và vừa gặp hạt đầu tiên được phóng ra, tất cả các hạt phân bố dọc theo mặt trong của vòng tròn. Do đó P sẽ lần lượt nuốt tất cả các hạt.
		
		Trong toàn bộ quá trình hệ gồm P và các hạt chỉ chịu ngoại lực là phản lực vuông góc từ vành tròn làm đổi hướng chuyển động. Moment của lực này đối với tâm của vành tròn bằng không. Do đó moment động lượng của hệ đối với tâm vành tròn được bảo toàn. Tại thời điểm $t=0$, P đứng yên, hạt đầu tiên chưa được phóng ra, moment động lượng của hệ bằng không: $L_{t=0} = 0$. Tại thời điểm P nuốt hết tất cả các hạt, P và các hạt có cùng vận tốc, moment động lượng là: $L_{sau} = 2mRv_C$ (R là bán kính vành tròn). Ta có $L_{sau} = L_{t=0}$ Suy ra $v_C = 0$

	Ý	Nội dung
Câu II (4,0 điểm)	1	Từ phương trình vi phân đã cho: $\frac{dT}{T} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{\rho_n} - \frac{1}{\rho_d} \right) dp$ Lấy tích phân hai vế, được: $T = \exp \left(\frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{\rho_n} - \frac{1}{\rho_d} \right) (p - p_0) \right) T_0 = \exp(X) \cdot T_0$ Ta có: $X \leq \frac{1}{3,4 \cdot 10^5} \left \frac{1}{1,0 \cdot 10^3} - \frac{1}{9,2 \cdot 10^2} \right (2,5 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 10^5) = 6,1 \cdot 10^{-4} \ll 1$ Do đó: $T = \left(\frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{\rho_n} - \frac{1}{\rho_d} \right) (p - p_0) + 1 \right) T_0$ Ta thấy T phụ thuộc tuyến tính vào p. Độ tăng áp suất để giảm nhiệt độ nóng chảy của nước đá xuống 1°C: $\Delta p = \frac{-1}{\frac{T_0}{\lambda} \left(\frac{1}{\rho_n} - \frac{1}{\rho_d} \right)} = \frac{-1}{\frac{273}{3,4 \cdot 10^5} \left(\frac{1}{1,0 \cdot 10^3} - \frac{1}{9,2 \cdot 10^2} \right)} = 1,4 \cdot 10^7 \text{ (Pa)}$
	2.a	Độ giảm nhiệt độ nóng chảy của nước đá do sự tăng áp suất: $\Delta T_{nc} = \left(\frac{p_1 - p_0}{\Delta p} \right) \cdot 1 \text{ K} = \left(\frac{2,5 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 10^5}{1,4 \cdot 10^7} \right) \cdot 1 \text{ K} = 0,17 \text{ K}$ Khi hệ cân bằng nhiệt, nhiệt độ của hệ giảm $\Delta T = \Delta T_{nc} = 0,17 \text{ K}$
	2.b	Theo định luật bảo toàn năng lượng: $\lambda \Delta m = \Delta Q + A$ (1) Với ΔQ là nhiệt lượng hệ tỏa ra khi nhiệt độ thay đổi; A là công của ngoại lực. Sự thay đổi nhiệt độ $\Delta T = 0,17 \text{ K}$ rất nhỏ, cho thấy rằng chỉ một khối lượng rất nhỏ nước đá tan chảy, tức là $\Delta m \ll m_d, m_n$. Ta có thể bỏ qua khối lượng nước đá tan chảy, nhiệt lượng mà hệ tỏa ra: $\Delta Q = (m_n c_n + m_d c_d) \Delta T$ $\Delta Q = (1,0 \cdot 4,2 \cdot 10^3 + 0,50 \cdot 2,1 \cdot 10^3) \cdot 0,17$ $\Delta Q = 0,89 \text{ kJ}$ Sự giảm thể tích của hỗn hợp do sự tan chảy của khối lượng nước đá Δm là $\Delta V = \left(\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_n} \right) \Delta m \quad (2)$ Đối với sự tăng áp suất chậm, có thể coi sự thay đổi thể tích tỉ lệ với sự thay đổi áp suất, do đó công do ngoại lực thực hiện: $A = \frac{p_0 + p_1}{2} \Delta V$ (3) Từ (2) và (3), do $\Delta m \ll m_d$: $A \ll \frac{p_0 + p_1}{2} \left(\left(\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_n} \right) m_d \right) = 68 \text{ J} < \Delta Q$ Vì $A \ll \Delta Q$, Từ (1) ta có thể cho rằng $\lambda \Delta m = \Delta Q$, từ đó: $\Delta m = \frac{\Delta Q}{\lambda} = 2,6 \text{ g.}$

	Ý	Nội dung
	2.c	Với $\Delta m = 2,6 \text{ g}$: $\Delta V = \left(\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_n} \right) \Delta m = \left(\frac{1}{920} - \frac{1}{1000} \right) \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$ Công do ngoại lực thực hiện lên piston: $A = \frac{1}{2} (p_0 + p_1) \Delta V = \frac{1}{2} (1 \cdot 10^5 + 2,5 \cdot 10^6) \cdot 2,3 \cdot 10^{-7} = 0,30 \text{ (J)}$
Câu III (4,0 điểm)	1	Cường độ dòng điện ngay khi đóng khóa K $I = \frac{E}{R} = \frac{6}{30} = 0,2 \text{ A}$
	2	Moment từ chỉ tác dụng lên vỏ cầu là mô men từ tác dụng lên cung QN. Xét vi phân trên cung QN $d\ell = a d\theta$ Lực từ tác dụng lên phần từ $a d\theta$ là $dF = I(B \cos \theta)(a d\theta).$ Moment lực từ tác dụng lên vi phân $a d\theta$ đối với trục Oz là $dM = r dF = (a \sin \theta) I (B \cos \theta) (a d\theta)$ Suy ra moment lực tác dụng lên vỏ cầu $M = \int dM = \int_0^{\pi/2} I B a^2 \sin \theta d(\sin \theta) = \frac{1}{2} I B a^2 \quad (1)$ 
	3	Khi vỏ cầu quay với tốc độ góc ω, suất điện động cảm ứng ε_c trong mạch xuất hiện trên cung QN. ε_c xác định như sau $d\varepsilon_c = (B \cos \theta)(a d\theta)(\omega r)$ $\varepsilon_c = \int d\varepsilon_c = \int_0^{\pi/2} B \omega a^2 \sin \theta d(\sin \theta) = \frac{1}{2} B \omega a^2$
	4	Dòng điện trong mạch là: $I = \frac{E - \varepsilon_c}{R} = \frac{E}{R} - \frac{B a^2 \omega}{2R} \quad (2)$ Moment quán tính của vỏ cầu đối với trục Oz là $J_z = \frac{2}{3} m a^2$ Phương trình động học đối với vỏ cầu là: $M = J_z \gamma = \frac{2 m a^2}{3} \frac{d\omega}{dt} \quad (3)$ Thay (1), (2) vào (3) tìm được: $\frac{1}{2} B a^2 \left(\frac{E}{R} - \frac{B a^2 \omega}{2R} \right) = \frac{2 m a^2}{3} \omega'$ Biến đổi, tìm được: $\omega' + \frac{3 B^2 a^2}{8 R m} \omega = \frac{3 E B}{4 R m}$ Giải phương trình trên tìm được:

	Ý	Nội dung
		$\omega(t) = Ae^{-\frac{3B^2a^2}{8Rm}t} + \frac{2E}{Ba^2}$ Từ điều kiện ban đầu, tìm được: $A = -\frac{2E}{Ba^2}; \omega(t) = \frac{2E}{Ba^2} \left(1 - e^{-\frac{3B^2a^2}{8Rm}t} \right) = \omega_r \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$ Thay số : $\omega(t) = 240 \left(1 - e^{-0,0012t} \right) \text{rad/s}; \omega_r = 240 \text{rad/s}.$
Câu IV (4,0 điểm)	1.a	Do ánh sáng phản xạ tại bề mặt có tính chiết quang hơn nên pha của chùm sáng thứ nhất bị phản xạ tại bề mặt bị thay đổi là π. Chùm sáng thứ hai có độ lệch pha ứng với quang trình đi đoạn d và phản xạ lại tại mặt dưới của lớp nên độ lệch pha là: $\frac{2\pi}{\lambda_0} 2nd$.  Áp dụng điều kiện cực đại giao thoa: $\frac{2\pi}{\lambda_0} 2nd - \pi = 2k\pi \quad k = 0, 1, 2, \dots$ Từ đó suy ra $\lambda_0 = \frac{4nd}{2k+1} \quad (1)$ Lưu ý: cũng có thể lập luận từ điều kiện $2nd - \frac{\lambda_0}{2} = k\lambda_0$ Để suy ra phương trình (1)
	1.b	Bước sóng ánh sáng trong vùng nhìn thấy thỏa mãn điều kiện $380 \leq \lambda \leq 760 \text{nm}$ Thay pt(1) vào ta có $380 \leq \frac{4nd}{2k+1} \leq 760 \text{nm}$ Thay số, ta được $2,06 \leq k \leq 4,63$ Vậy $k = 3, 4$. Ta tìm được các bước sóng có thể quan sát được là 433,3 nm (màu tím-chàm) và 557,1 nm (màu lục)
	2	Nếu ánh sáng truyền từ n_1 sang n_2, ta đặt $r_1 = \left \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right ; \quad t_1 = \frac{2n_1}{n_2 + n_1}$ Nếu ánh sáng truyền từ n_2 sang n_1, ta đặt $r_2 = \left \frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2} \right = r_1 = r; \quad t_2 = \frac{2n_2}{n_2 + n_1}$

Ý	Nội dung
	Nhận xét được $r_1 = r_2$ và $t_1 \neq t_2$ Gọi E_0 là biên độ cường độ điện trường của ánh sáng tới thiết bị Ta xét sự truyền của một ánh sáng như hình vẽ - Tại điểm 1: $E_{R1} = r \cdot E_0$ $E_{T1} = t_1 \cdot E_0$ - Tại điểm 2: $E_{R2} = r \cdot E_{T1} = r \cdot (t_1 E_0)$ $E_{T2} = t_2 \cdot E_{T1} = t_2 \cdot (t_1 E_0)$ - Tại điểm 1': $E'_{R1} = t_2 \cdot E_{R2} = t_2 \cdot (r t_1 E_0) = r(t_1 t_2) E_0$ (do chỉ xét sự phản xạ một lần của ánh sáng tại mặt phân cách, ta không cần xét đến sự phản xạ tại 1') - Tại điểm 3: $E_{R3} = r \cdot E_{T2} = r \cdot (t_2 t_1 E_0)$ $E_{T3} = t_1 \cdot E_{T2} = t_1 \cdot (t_2 t_1 E_0)$ - Tại điểm 2': $E_{T2'} = t_1 \cdot E_{R3} = t_1 \cdot (r t_2 t_1 E_0)$ - Tại điểm 1'': $E''_{R1} = t_2 \cdot E_{T2'} = t_2 \cdot (t_1 r t_2 t_1 E_0) = r(t_1 t_2)^2 E_0$ 
	Vậy cường độ ánh sáng phản xạ toàn phần cho N lớp sẽ là $E_R^{\text{tổng cộng}} = E_{R1} + E'_{R1} + E''_{R1} + \dots$ $E_R^{\text{tổng cộng}} = rE_0 + rE_0(t_1 t_2) + rE_0(t_1 t_2)^2 + \dots + rE_0(t_1 t_2)^N$
	$E_R^{\text{tổng cộng}} = rE_0 [1 + (t_1 t_2) + (t_1 t_2)^2 + \dots + (t_1 t_2)^N] = rE_0 \frac{1 - (t_1 t_2)^{N+1}}{1 - (t_1 t_2)}$
	Theo đề bài $R = \left(\frac{E_R^{\text{tổng cộng}}}{E_0} \right)^2 = \left(r \frac{1 - (t_1 t_2)^{N+1}}{1 - (t_1 t_2)} \right)^2 = 0,10$
	Rút ra $N = \frac{\ln \left[1 - \frac{\sqrt{0,1} (1 - (t_1 t_2))}{r} \right]}{\ln(t_1 t_2)} - 1 \approx 18,33$ Vậy số lớp tối thiểu là 19.

	Ý	Nội dung
Câu V (4,0 điểm)	1	$I_H = E_\infty - E_1 = 0 - \left(-\frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2}\right) = \frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2}$
		$I_H = \frac{2\pi^2 \cdot (8,99 \cdot 10^9)^2 \cdot (1,60 \cdot 10^{-19})^4 \cdot (9,11 \cdot 10^{-31})}{(6,626 \cdot 10^{-34})^2 \cdot (1,60 \cdot 10^{-19})} = 13,6 \text{ (eV)}$
	2	Các vạch phổ trong vùng nhìn thấy được phát ra khi nguyên tử chuyển từ trạng thái kích thích về trạng thái có $n = 2$. Nếu $n > 5$ thì quang phổ sẽ có 4 vạch thuộc vùng nhìn thấy.
		Nguyên tử hấp thụ photon tới và chuyển lên trạng thái có số lượng tử $n = 5$
		Năng lượng của photon tới: $\varepsilon = E_5 - E_1 = \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{5^2}\right) 13,6 \text{ eV} = 13,056 \text{ eV}$
		Bước sóng photon tới:
		$\lambda = \frac{hc}{\varepsilon} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{13,056 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}} = 9,51 \cdot 10^{-8} \text{ m}$
	3	Khi coi khối lượng hạt nhân là hữu hạn thì hệ electron – hạt nhân cách nhau một khoảng r chuyển động đối với khối tâm là tương đương với chuyển động theo quỹ đạo của một hạt có khối lượng rút gọn μ .
		Khối lượng rút gọn: $\mu = \frac{mM}{m+M} = \frac{m}{\frac{m}{M} + 1}$
		$\frac{hc}{\lambda_H} = \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) \frac{I_H}{\frac{m}{M_H} + 1}; \quad \frac{hc}{\lambda_X} = \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) \frac{I_H}{\frac{m}{M_X} + 1};$
		suy ra: $\frac{\lambda_X}{\lambda_H} = \frac{\frac{m}{M_X} + 1}{\frac{m}{M_H} + 1}$
	4	Với $M_H / m = 1836$, Tính được $M_X = 2,00 M_H$
		Gọi r là bán kính quỹ đạo tròn ở trạng thái cơ bản, khoảng cách giữa 2 electron là $2r$. Áp dụng định luật II Newton cho mỗi electron trên phương hướng tâm quỹ đạo:
		$\frac{kZe^2}{r^2} - \frac{ke^2}{(2r)^2} = m \frac{v^2}{r}$
		Kết hợp với điều kiện $rmv = \frac{h}{2\pi}$
		Tính được $r = \frac{h^2}{4\pi^2 kme^2 \left(Z - \frac{1}{4}\right)} = \frac{r_0}{Z - \frac{1}{4}}$, với $r_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 kme^2}$
		Năng lượng của nguyên tử ở trạng thái cơ bản:
		$E = 2 \cdot \frac{1}{2} mv^2 - 2 \cdot \frac{kZe^2}{r} + \frac{ke^2}{2r}$
		Tính được $E = -2 \left(Z - \frac{1}{4}\right)^2 I_H$, với $I_H = \frac{2\pi^2 k^2 e^4 m}{h^2} = 13,6 \text{ eV}$

	Ý	Nội dung
		Năng lượng ion hóa thứ nhất nguyên tử helium từ trạng thái cơ bản: $I = E' - E, \text{ với } E' = -\frac{Z^2}{1^2} I_H = -Z^2 I_H$
		Tính được: $I = \left(Z^2 - Z + \frac{1}{8} \right) I_H = \left(2^2 - 2 + \frac{1}{8} \right) 13,6 \text{ eV} = 28,9 \text{ eV}$ Giá trị tính được khác (lớn hơn) so với kết quả thực nghiệm.

II. Ngày thi 26/12/2024

	Ý	Nội dung
Câu I (4,0 điểm)	1	Chọn hệ trục Dxy, có Dx trùng với thanh b, Dy trùng với thanh a. Vị trí khối tâm C (x_c, y_c): $x_c = 0; y_c = \frac{m.L + 2m.0}{3m} = \frac{L}{3}$
		Suy ra: $OC = 2L - \frac{L}{3} = \frac{5L}{3}$
		Mômen quán tính của thanh a đối với trục quay qua O: $I_a = \frac{1}{12} m(2L)^2 + mL^2 = \frac{4}{3} mL^2$
		Mômen quán tính của thanh b đối với trục quay qua O: $I_b = \frac{1}{12} 2mL^2 + 2m(2L)^2 = \frac{49}{6} mL^2$
		Mômen quán tính của con lắc đối với trục quay qua O: $I = I_a + I_b = \frac{4}{3} mL^2 + \frac{49}{6} mL^2 = \frac{19}{2} mL^2$
	2	Phương trình động lực học của con lắc đối với trục quay Δ: $M_{\vec{p}} = I \cdot \alpha''$
		Moment của trọng lực đối với trục quay Δ: $M_{\vec{p}} = -3mg \cdot OC \cdot \sin \alpha$
		Suy ra: $\frac{19mL^2}{2} \cdot \alpha'' + 5mgL \cdot \sin \alpha = 0 \Leftrightarrow \alpha'' + \frac{10g}{19L} \cdot \sin \alpha = 0$
		Với α nhỏ: $\sin \alpha \approx \alpha \Rightarrow \alpha'' + \frac{10g}{19L} \alpha = 0$
		Chu kì dao động nhỏ của con lắc: $T = 2\pi \sqrt{\frac{19L}{10g}}$
	3	Cơ năng của con lắc tại vị trí biên α : $E = 3mg\Delta h_c = 5mgL(1 - \cos \alpha)$ Động năng của con lắc khi qua vị trí cân bằng: $E = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \frac{19}{2} mL^2 \omega^2 = \frac{19}{4} mL^2 \omega^2$