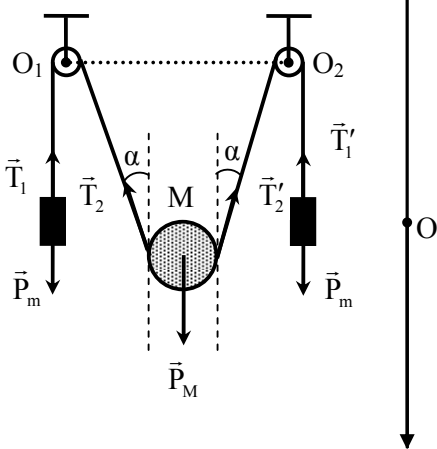


I. Hướng dẫn chung

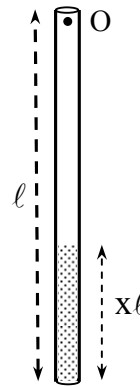
1. Cán bộ chấm thi chấm đúng như đáp án - thang điểm của Bộ Giáo dục và Đào tạo.
2. Nếu có câu nào, ý nào mà thí sinh có cách trả lời khác so với đáp án nhưng vẫn đúng thì vẫn cho điểm tối đa của câu, ý đó theo thang điểm.
3. Cán bộ chấm thi không quy tròn điểm bài thi.

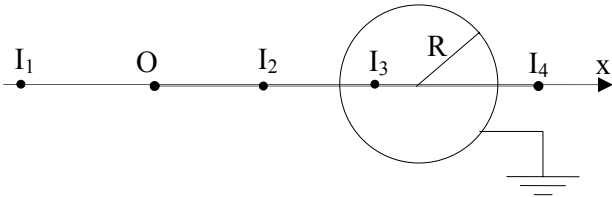
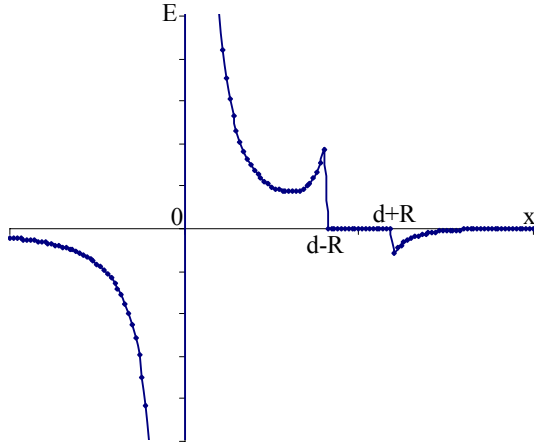
II. Đáp án - thang điểm

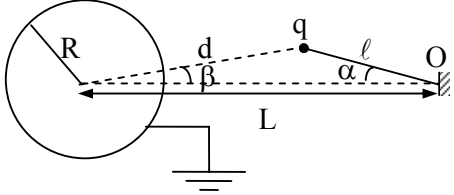
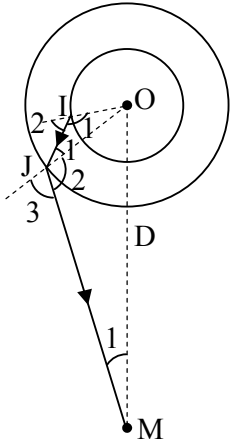
Câu	Nội dung	Điểm
Câu 1 (3,5 điểm)		
1. 0,5 đ	Sử dụng điều kiện cân bằng kết hợp với tính đối xứng của cơ hệ ta có $T_1 = T_2 = T'_1 = T'_2 = mg$ Áp dụng định luật II Newton cho M ta được $\vec{T}_2 + \vec{T}'_2 + \vec{P}_M = 0$ Chiều lên Ox ta được $-2mg \cos \alpha + Mg = 0 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{M}{2m}$ Khi cân bằng: $\cos \alpha = \frac{M}{2m} \Rightarrow$ Điều kiện cần thiết để hệ cân bằng: $M \leq 2m$ 	0,25
	Khoảng cách từ tâm hình học của M đến mặt phẳng chứa hai trục của ròng rọc $d = \frac{L}{\tan \alpha} = \frac{M}{\sqrt{4m^2 - M^2}} L$	0,25
2.	Chọn gốc thế năng là lúc hệ ở trạng thái cân bằng khi đó theo định luật bảo toàn cơ năng ta có:	
a) 1,5 đ	$2 \frac{1}{4} m_0 v_m^2 + 2 \frac{1}{2} m v_m^2 + \frac{1}{2} M v_M^2 - M g x_M + 2 m g x_m = \text{const} \quad (1)$ $v_M = \dot{x}_M, v_m = \dot{x}_m \quad (2)$	0,25
	Vì tổng chiều dài của hai sợi dây là không đổi nên $2v_m + 2 \frac{d + x_M}{\sqrt{L^2 + (d + x_M)^2}} v_M = 0$ hay $v_m = -\frac{M}{2m} v_M \quad (3)$	0,25
	$x_m = \sqrt{L^2 + (d + x_M)^2} - \sqrt{L^2 + d^2} \approx \sqrt{L^2 + d^2} \left(\frac{1}{2} \left(\frac{2dx_M + x_M^2}{L^2 + d^2} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{2dx_M + x_M^2}{L^2 + d^2} \right)^2 \right)$ Ta chỉ lấy đến vô cùng bé bậc hai của x_M, khi đó $x_m = \frac{dx_M}{\sqrt{L^2 + d^2}} + \frac{L^2 x_M^2}{2(L^2 + d^2)^{3/2}} = \frac{M}{2m} x_M + \frac{(4m^2 - M^2)^{3/2}}{16m^3 L} x_M^2 \quad (4)$	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	Thế (2), (3) và (4) vào (1) rồi đạo hàm hai vế ta được: $\ddot{x}_M + \frac{(4m^2 - M^2)^{3/2}}{(m_0M + 2mM + 4m^2)M} \frac{g}{L} x_M = 0$	0,25
	Các vật dao động điều hoà với chu kì: $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g} \frac{\left((m_0M + 2mM + 4m^2)M\right)^{1/2}}{(4m^2 - M^2)^{3/4}}}$	0,25
b) 0,5 đ	$(v_M)_{\max} = \omega A = \sqrt{\frac{g}{L}} \frac{(4m^2 - M^2)^{3/4}}{M^{1/2}(m_0M + 2mM + 4m^2)^{1/2}} A$	0,25
	$(v_m)_{\max} = \omega A_m = \omega \frac{M}{2m} A = \sqrt{\frac{Mg}{L}} \frac{(4m^2 - M^2)^{3/4}}{2m(m_0M + 2mM + 4m^2)^{1/2}} A$	0,25
3. 1,0 đ	Chọn hệ quy chiếu như hình vẽ. Áp dụng định luật II Newton ta có $\vec{T}_1 + M\vec{g} = M\vec{a}_c = M(\vec{a}_A - \vec{\gamma} \times \vec{AC}) = M(\vec{a}_1 + \vec{a}_2 - \vec{\gamma} \times \vec{AC}) \quad (5)$ $\vec{T}_2 + m\vec{g} = m\vec{a}_m \quad (6)$ Trong đó $\vec{a}_c$ và $\vec{a}_A$ lần lượt là gia tốc của khối tâm C và điểm treo dây A trên quả cầu, $\vec{a}_1$ và $\vec{a}_2$ lần lượt là hai thành phần của $\vec{a}_A$, $\vec{a}_1$ cùng phương với dây treo còn $\vec{a}_2$ vuông góc với dây treo, $\vec{\gamma}$ là gia tốc góc của quả cầu. Ta có các liên hệ $\gamma = \frac{5T_1 \cos \alpha}{2MR}$ và $T_2 = T_1 + \frac{1}{2}m_0a_1$ Chiều (5)(6) lên xOy ta có: $\begin{cases} T_1 \sin \alpha = M(a_1 \sin \alpha + a_2 \cos \alpha) \\ T_1 \cos \alpha - Mg = M\left(a_1 \cos \alpha - a_2 \sin \alpha - \frac{5T_1 \cos \alpha}{2M}\right) \\ T_1 + \frac{1}{2}m_0a_1 - mg = -ma_1 \end{cases}$ Giải hệ phương trình trên ta được: $a_m = \frac{m\left(1 + \frac{M^2}{8m^2}\right)}{M + m + \frac{1}{2}m_0 + \frac{5}{8}\left(m + \frac{1}{2}m_0\right)\frac{M^2}{m^2}} g$ $T_1 = \frac{m + \frac{M}{2} + \frac{Mm_0}{4m}}{M + m + \frac{1}{2}m_0 + \frac{5}{8}\left(m + \frac{1}{2}m_0\right)\frac{M^2}{m^2}} Mg; T_2 = \frac{m + \frac{M}{2} + \frac{5Mm_0}{16m} + \frac{mm_0}{2M}}{M + m + \frac{1}{2}m_0 + \frac{5}{8}\left(m + \frac{1}{2}m_0\right)\frac{M^2}{m^2}} Mg$	0,25 0,25 0,50
Câu 2 (3,5 điểm)		
1. 1,50 đ	Chiều dài phần thủy ngân trong ống là ℓx ($0 < x < 1$). Khoảng cách từ điểm treo đến trọng tâm thủy ngân là $a = \ell(1 - \frac{x}{2})$	0,25

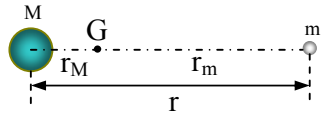
Câu	Nội dung	Điểm
	Chiều dài và thể tích ống là $\ell = \ell_0(1 + \beta t)$; $V = V_0(1 + 3\beta t)$	
	Thể tích thủy ngân $V_{\text{Hg}} = V_{0\text{Hg}}(1 + \alpha t)$; $x = \frac{V_{\text{Hg}}}{V} = x_0[1 + (\alpha - 3\beta)t]$	0,25
	Để a không đổi thì $\ell_0(1 - \frac{x_0}{2}) = \ell(1 - \frac{x}{2}) = \ell_0(1 + \beta t)\{1 - \frac{x_0}{2}[1 + (\alpha - 3\beta)t]\}$ hay $\left[\beta - \frac{x_0}{2}(\alpha - 2\beta)\right]t + \beta(\alpha - 3\beta)t^2 = 0$	0,50
	Bỏ qua thành phần t^2 (do độ thay đổi nhiệt độ t rất nhỏ) và cho hệ số trước t bằng 0 $\Rightarrow x = \frac{2\beta}{\alpha - 2\beta} = \frac{1}{8}$	0,50
2. 1,25 đ	Ống và thủy ngân dao động như con lắc vật lý với trọng tâm cách điểm treo $d = \ell(1 - \frac{x}{2})$	
	Mô men quán tính của hệ đối với điểm treo $I = \frac{m(\ell x)^2}{12} + m\ell^2(1 - \frac{x}{2})^2 = \frac{m\ell^2}{3}(x^2 - 3x + 3)$	0,25
	Chu kỳ dao động của con lắc là $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}} = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{m\ell^2}{3}(x^2 - 3x + 3)}{mg\ell(1 - \frac{x}{2})}} = 2\pi\sqrt{\frac{2\ell(x^2 - 3x + 3)}{3g(2 - x)}}$	0,25
	Để chu kỳ dao động không phụ thuộc vào nhiệt độ thì $y = \frac{\ell(x^2 - 3x + 3)}{2 - x}$ không đổi hay $\frac{(1 + \beta t)\left[(1 - (\alpha - 3\beta)t)^2 x_1^2 - 3(1 - (\alpha - 3\beta)t)x_1 + 3\right]}{2 - (1 - (\alpha - 3\beta)t)x_1} = \frac{x_1^2 - 3x_1 + 3}{2 - x_1}$	0,50
	Bỏ qua các thành phần bậc cao của t, và đặt hệ số trước t bằng 0: $16x^3 - 65x^2 + 54x - 6 = 0$ Giải phương trình trên, ta được $x = 0,131$ hoặc $x = 0,963$.	0,25
3. 0,75 đ	$x = \frac{V_{\text{Hg}}}{V} = x_0(1 + (\alpha - 3\beta)t) \Rightarrow dx = x_0(\alpha - 3\beta)dt$ $a = \ell(1 - \frac{x}{2}) \Rightarrow da = (1 - \frac{x}{2})d\ell - \frac{\ell}{2}dx = (1 - \frac{x}{2})\ell\beta dt - \frac{x\ell}{2}(\alpha - 3\beta)dt$	0,50
	$Q = mC\Delta t - mg\Delta a = m[C + g((1 - \frac{x}{2})\beta\ell - (\alpha - 3\beta)\frac{x\ell}{2})]\Delta t$	0,25
Câu 3 (3,5 điểm)		
1. 1,75 đ	Dùng phương pháp ảnh điện, xác định điện tích q' tương đương với điện tích trên mặt quả cầu: Điện tích q' nằm trên đường thẳng nối tâm quả cầu và điện tích q, cách tâm quả cầu một đoạn d'. Do quả cầu nối đất, điện thế tại một điểm B bất kỳ trên mặt cầu bằng 0. B cách q, q' lần lượt là r ₁ , r ₂ . Ta có: $V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q}{r_1} + \frac{q'}{r_2}\right) = 0 \Rightarrow \frac{q}{r_1} + \frac{q'}{r_2} = 0 \quad (1)$	
	Trong đó: $r_1 = \sqrt{R^2 + d^2 - 2Rd\cos\alpha}$ và $r_2 = \sqrt{R^2 + d'^2 - 2Rd'\cos\alpha}$ (2)	0,5



Câu	Nội dung	Điểm
	(1) và (2) $\Rightarrow q' = -q \frac{R}{d}$ (3) và $d' = \frac{R^2}{d}$ (4)	
	* Ta đi xét điện trường tổng hợp tạo ra bởi điện tích q và ảnh điện q':  Tại các điểm nằm ngoài quả cầu nằm trên đường nối điện tích và tâm quả cầu, cách điện tích một khoảng $r > 0$: $\vec{E}_{I_1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q}{r^2} - \frac{q \frac{R}{d}}{\left(r + d - \frac{R^2}{d}\right)^2} \right] \vec{r}; \quad \vec{E}_{I_2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q}{r^2} + \frac{q \frac{R}{d}}{\left(-r + d - \frac{R^2}{d}\right)^2} \right] \vec{r};$ $\vec{E}_{I_4} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q}{r^2} - \frac{q \frac{R}{d}}{\left(r - d + \frac{R^2}{d}\right)^2} \right] \vec{r};$ Tại các điểm bên trong quả cầu: $\vec{E}_{I_3} = 0$ Đồ thị E(x) có dạng như hình vẽ: 	0,75
	Đồ thị E(x) có dạng như hình vẽ:	0,50
2. 1,75 đ	Khoảng cách từ điện tích q đến tâm quả cầu là: $d = \sqrt{L^2 + \ell^2 - 2L\ell \cos \alpha}$ (6) Điện tích cảm ứng trên mặt cầu tương đương với điện tích q' được xác định trong câu a. Do đó lực điện tác dụng lên q là: $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{(d-d')^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R d}{(d^2 - R^2)^2}$ (7) Thay giá trị của d từ (6) vào (7): $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R \sqrt{L^2 + \ell^2 - 2L\ell \cos \alpha}}{(L^2 + \ell^2 - 2L\ell \cos \alpha - R^2)^2}$ (8)	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	Lực $\vec{F}$ là lực hút, có hướng dọc theo đường thẳng nối q và q'. Lực làm điện tích q dao động là thành phần hình chiếu $F_{\perp}$ của $\vec{F}$ lên phương vuông góc với dây treo l. $F_{\perp} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R \sqrt{L^2 + \ell^2 - 2L\ell \cos \alpha}}{(L^2 + \ell^2 - 2L\ell \cos \alpha - R^2)^2} \sin(\alpha + \beta); \text{ với } \ell \sin \alpha = d \sin \beta. \quad (9)$ 	0,25
	Áp dụng định luật II Newton: $m\ell\alpha'' = -F_{\perp} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R \sqrt{L^2 + \ell^2 - 2L\ell \cos \alpha}}{(L^2 + \ell^2 - 2L\ell \cos \alpha - R^2)^2} \sin(\alpha + \beta) \quad (10)$ Với các dao động bé, ta được: $m\ell\alpha'' + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R d}{(d^2 - R^2)^2} \left(1 + \frac{\ell}{d}\right) \alpha = 0 \quad \text{với } \beta \approx \frac{\alpha \ell}{L - \ell} \quad (11)$	0,50
	Từ (11) $\Rightarrow$ tần số góc dao động bé của q là $\omega = \frac{q}{d^2 - R^2} \sqrt{\frac{Rd}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{m\ell} \left(1 + \frac{\ell}{d}\right)}$ (12) Hay $\omega = \frac{q}{(L - \ell)^2 - R^2} \sqrt{\frac{RL}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{m\ell}}$	0,5
Câu 4 (2,5 điểm)		
1,5 đ	Xét một tia sáng nằm trong mặt phẳng nằm ngang từ điểm I trên bề mặt cột chất lỏng, khúc xạ vào thủy tinh rồi truyền đến mặt ngoài của vỏ thủy tinh tại điểm J và khúc xạ ra ngoài không khí đến mắt M như trên hình vẽ. Góc trông trong mặt phẳng nằm ngang mà mắt người đó nhìn thấy được cột chất lỏng là $\alpha = 2M_{1\max}$.  Từ hình vẽ ta có: $\sin(M_1) = R\sin(J_2)/D = R\sin(J_3)/D \quad (1)$ $\sin(J_2) = \sin(J_3) = n_{tt}\sin(J_1) \quad (2)$ $\sin(I_2) = \sin(I_1) = R\sin(J_1)/r \quad (3)$ (1), (2), (3) $\rightarrow \sin(M_1) = R\sin(J_3)/D = r.n_{tt}\sin(I_2)/D \quad (4)$	0,5
	Vì các góc M_1, J_3 và I_2 đều không phải góc tù nên hàm sin đồng biến với góc. $M_1 = M_{1\max}$ khi $\sin(M_1) = \sin(M_{1\max}) = \text{Min}[R\sin(J_{3\max})/D; r.n_{tt}\sin(I_{2\max})/D]$	0,5
	Xét hai trường hợp: + Trường hợp 1: $R\sin(J_{3\max})/D = R/D \leq r.n_{tt} \sin(I_{2\max})/D$ $\rightarrow J_3$ đạt cực đại khi $I_2 < I_{2\max}$ hay $R/r.n_{tt} \leq \sin(I_{2\max})$ $\rightarrow \sin(M_1) = \sin(M_{1\max}) = R/D \rightarrow \alpha = 2M_{1\max} = 2\arcsin(R/D)$	0,25
	+ Trường hợp 2: $r.n_{tt} \sin(I_{2\max})/D \leq R\sin(J_{3\max})/D = R/D$ $\rightarrow I_3$ đạt cực đại khi $J_3 < J_{3\max} = 90^\circ$ hay $\sin(I_{2\max}) \leq R/r.n_{tt}$ $\rightarrow \sin(M_1) = \sin(M_{1\max}) = r.n_{tt} \sin(I_{2\max})/D$ $\rightarrow \alpha = 2M_{1\max} = 2\arcsin(r.n_{tt} \sin(I_{2\max})/D)$	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
1. 0,5 đ	Xét hai trường hợp cụ thể: 1. Chất lỏng là Thủy ngân phản xạ hoàn toàn ánh sáng từ không khí khúc xạ qua thủy tinh đến bề mặt của nó. Do bề mặt thủy tinh phản xạ hoàn toàn các tia sáng từ môi trường thủy tinh nên góc I_2 nhận mọi giá trị trong khoảng từ 0^0 đến 90^0. Như vậy cột thủy ngân cho $I_{2\max} = 90^0$ nên: + Trường hợp 1: $R/r \leq n_{tt} \rightarrow \alpha = 2M_{1\max} = 2\arcsin(R/D)$. + Trường hợp 2: $R/r \geq n_{tt} \rightarrow \alpha = 2M_{1\max} = 2\arcsin(r.n_{tt}/D)$.	0,50
2. 0,5 đ	2. Chất lỏng là một dung dịch chiết suất n_{dd} đã được hòa tan một chất huỳnh quang phát ánh sáng đỏ theo mọi phương khi được chiếu rọi bởi ánh sáng trắng (ban ngày). Khi đó ánh sáng đỏ mà mắt nhìn thấy được khúc xạ từ dung dịch vào thủy tinh. Vì $n_{dd} < n_{tt}$ nên góc I_2 có giá trị nhỏ hơn góc giới hạn thỏa mãn: $\sin(I_{2\max}) = \sin(I_{2gh}) = n_{dd}/n_{tt}.$ Khi đó: + Trường hợp 1: $R/r \leq n_{dd} \rightarrow \alpha = 2M_{1\max} = 2\arcsin(R/D)$. + Trường hợp 2: $R/r \geq n_{dd} \rightarrow \alpha = 2M_{1\max} = 2\arcsin(r.n_{dd}/D)$.	0,5
Câu 5 (3,5 điểm)		
1. 2,0 đ	Gọi K là hệ quy chiếu gắn với Trái Đất, K' là HQC quán tính có vận tốc bằng vận tốc u của tàu ở mỗi thời điểm thì: $u + du = \frac{u + du'}{1 + \frac{udu'}{c^2}}$ (1) Khai triển và bỏ qua vô cùng bé bậc 2, ta có $du' = \frac{du}{1 - \frac{u^2}{c^2}} = \frac{du}{1 - \beta^2}$ với $\beta = u/c$.	0,5
	Vì $dt' = \sqrt{1 - \beta^2} dt$ nên gia tốc: $\frac{du'}{dt'} = \frac{1}{(1 - \beta^2)^{3/2}} \frac{du}{dt}$. Theo giả thiết: $\frac{du'}{dt'} = a = \text{const}$. Tích phân với điều kiện biên $t = 0, u = 0$ ta có: $\frac{du}{(1 - \frac{u^2}{c^2})^{3/2}} = a dt$.	0,5
	Tích phân 2 vế: $\int \frac{du}{(1 - \frac{u^2}{c^2})^{3/2}} = \int a dt; \frac{uc}{\sqrt{c^2 - u^2}} = at$ $\Rightarrow$ Vận tốc $u = \frac{at}{\sqrt{1 + \frac{a^2 t^2}{c^2}}} = \frac{ds}{dt}$	0,5
	Tích phân hai vế theo t ta có: $s = \frac{c^2}{a} (\sqrt{1 + \frac{a^2 t^2}{c^2}} - 1)$ (2)	0,5
2. 1,5 đ	Từ (2) suy ra $t = \frac{s}{c} \sqrt{1 + \frac{2c^2}{as}}$ Thay $s = L/2$ ta tìm được thời gian đi $\frac{1}{2}$ quãng đường đầu là $t_1 = \frac{L}{2c} \sqrt{1 + \frac{4c^2}{aL}}$. Do đối xứng ta thấy thời gian đi 2 nửa quãng đường bằng nhau. Do đó thời gian đi hết cả quãng đường là $t_{12} = 2t_1 = \frac{L}{c} \sqrt{1 + \frac{4c^2}{aL}}$.	0,5

Câu	Nội dung	Điểm
	Thời gian đo trên tàu trên $\frac{1}{2}$ quãng đường đầu là $t'_1 = \int_0^{t_1} dt' = \int_0^{t_1} \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} dt = \frac{1}{a} \int_0^{t_1} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{(at)^2}{c^2}}} d(at).$	0,25
	Áp dụng $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \ln(x + \sqrt{a^2 + x^2})$ Ta có $t'_1 = \frac{c}{a} \ln \left[\frac{at}{c} + \sqrt{1 + \frac{(at)^2}{c^2}} \right] \Big _0^{t_1} = \frac{c}{a} \ln \left[\frac{La}{2c^2} \sqrt{1 + \frac{4c^2}{aL}} + \sqrt{1 + \frac{L^2 a^2}{4c^4} (1 + \frac{4c^2}{aL})} \right].$	0,5
	Trên cả quãng đường: $2t'_1 = \frac{2c}{a} \ln \left[\frac{La}{2c^2} \sqrt{1 + \frac{4c^2}{aL}} + \sqrt{1 + \frac{L^2 a^2}{4c^4} (1 + \frac{4c^2}{aL})} \right].$	0,25
Câu 6 (3,5 điểm)		
1. 1,5 đ	Gọi khoảng cách giữa electron và hạt nhân là r. Hạt nhân và electron chuyển động tròn quanh khối tâm hệ với tốc độ góc ω. Khoảng cách từ chúng đến khối tâm là r_m, r_M. Ta có $mr_m = Mr_M; r_m + r_M = r$ Động năng hệ $T = \frac{mr_m^2 \omega^2}{2} + \frac{Mr_M^2 \omega^2}{2} = \frac{Mmr^2 \omega^2}{2(M+m)} = \frac{\mu r^2 \omega^2}{2}$. với $\mu = \frac{Mm}{(M+m)}$ là khối lượng rút gọn. 	0,50
	Lực hướng tâm là lực Culông nên: $\frac{ke^2}{r^2} = mr_m \omega^2 = mr \frac{M}{M+m} \omega^2 = \mu r \omega^2$; Theo giả thiết $L = (mr_m^2 + Mr_M^2) \omega = \left[m \left(\frac{rM}{m+M} \right)^2 + M \left(\frac{rm}{m+M} \right)^2 \right] \omega = \mu r^2 \omega = n\hbar$.	0,25
	Tại mức năng lượng thứ n: Bán kính quỹ đạo $r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{\mu k e^2} = n^2 . 5,3 . 10^{-11} \text{ (m)}$; Vận tốc electron $v = \frac{\mu k e^2}{n \hbar} \approx \frac{2,18 . 10^6}{n} \text{ (m/s)}$.	0,5
	Năng lượng $E = T + U = \frac{\mu r^2 \omega^2}{2} - \frac{ke^2}{r} = -\frac{\mu r^2 \omega^2}{2} = -\frac{\mu k^2 e^4}{2n^2 \hbar^2}$ Các giá trị tần số nguyên tử có thể hấp thụ khi đang ở trạng thái cơ bản: $\nu = \frac{2\pi^2 \mu k^2 e^4}{h^3} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \approx 3,28 . 10^{15} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \text{ (Hz)}.$	0,25
2. 0,5 đ	Theo nguyên lý bất định Heizenberg: $\Delta p . \Delta x \geq \frac{\hbar}{2} \Rightarrow \Delta v \geq \frac{\hbar}{2pm\ell} \gg 1,10 . 10^6 \text{ (m/s)}$ Giá trị này cùng cấp với vận tốc điện tử ta tính được trong ý 1.	0,5
3. 1,5 đ	Khi đặt trong từ trường, xuất hiện lực Lorentz nằm trong mặt phẳng quỹ đạo và luôn vuông góc với vận tốc. Lực Lorentz ngược chiều với lực Culông nếu chiều chuyển động của electron và chiều từ trường tuân theo quy tắc đinh ốc và cùng chiều nếu electron chuyển động theo chiều ngược lại. Với từ trường yếu thì mỗi bán kính quỹ đạo bây giờ tách thành 2 quỹ đạo có bán kính gần nhau $r_n^\pm$, trong đó dấu “+” ứng với chuyển động ngược và “-” ứng với chuyển động thuận.	

Câu	Nội dung	Điểm
	Quy tắc lượng tử hóa bây giờ vẫn giữ nguyên. Tuy nhiên định luật II Niuton bây giờ trở thành $\frac{mv^2}{r_n^\pm} \pm eBv = \frac{ke^2}{(r_n^\pm)^2}$ hay $\frac{L^2}{m(r_n^\pm)^2} \mp \frac{eBL}{m} = \frac{ke^2}{r_n^\pm} \Rightarrow L^2 - mke^2 r_n^\pm \mp eBL(r_n^\pm)^2 = 0$	0,5
	Dấu “-” cho hai nghiệm dương $r_n^- = \frac{mke^2 \pm \sqrt{m^2 k^2 e^4 - 4eBL^3}}{2eBL}$ Ứng với dấu “+” chỉ có 1 nghiệm dương $r_n^+ = \frac{-mke^2 + \sqrt{m^2 k^2 e^4 + 4eBL^3}}{2eBL}$	0,25
	Như vậy mỗi quỹ đạo r_n bây giờ tách ra thành ba quỹ đạo. Nếu từ trường rất nhỏ thì nghiệm ứng với dấu cộng trước căn trong biểu thức của r_n^- xấp xỉ bằng $r_n^- = \frac{mke}{BL}$ tức là rất lớn, electron gần như chuyển động tự do. Ta chỉ xét hai nghiệm ứng với hai quỹ đạo bán kính nhỏ $r_n^\pm = \frac{2L^2}{mke^2} \cdot \frac{1}{1 \pm \sqrt{1 \pm \frac{4BL^3}{m^2 k^2 e^3}}} \approx \frac{2L^2}{mke^2} \left(\frac{1}{2} \mp \frac{BL^3}{2m^2 k^2 e^3} \right) = n^2 r_0 \left(1 \mp \frac{n^3 h^3 B}{8\pi^3 e^3 m^2 k^2} \right)$	0,5
	Từ đây tính được sự phân tách mức năng lượng thành hai mức $E_n^\pm = -\frac{ke^2}{2r_n^\pm} = -\frac{ke^2}{2n^2 r_0 \left(1 \mp \frac{n^3 h^3 B}{8\pi^3 e^3 m^2 k^2} \right)}$	0,25

HẾT