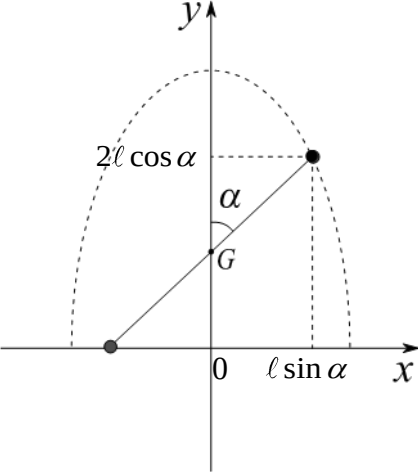
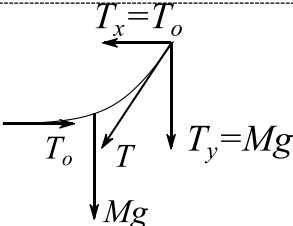


I. Hướng dẫn chung

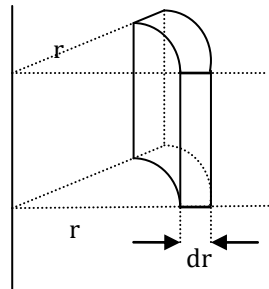
1. Cán bộ chấm thi chấm đúng như đáp án - thang điểm của Bộ Giáo dục và Đào tạo.
2. Nếu có câu nào, ý nào mà thí sinh có cách trả lời khác so với đáp án nhưng vẫn đúng thì vẫn cho điểm tối đa của câu, ý đó theo thang điểm.
3. Cán bộ chấm thi không quy tròn điểm thành phần, của từng câu, điểm của bài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

II. Đáp án - thang điểm

Câu	Nội dung	Điểm
	Câu I (4,0 điểm)	
1.		0,25
	Khối tâm là trung điểm của sợi dây chỉ chuyển động theo phương thẳng đứng do không có ma sát.	0,25
	Dây luôn căng nên tọa độ của vật trên thỏa mãn: $x = l \sin \alpha$	0,25
	$y = 2l \cos \alpha$	0,25
	Phương trình quỹ đạo của vật là: $\frac{x^2}{l^2} + \frac{y^2}{4l^2} = 1$	0,25
	Quỹ đạo là một nửa elip.	0,25
2.a.	Thành phần nằm ngang của lực căng dây trên toàn bộ sợi dây là không đổi là T_o .	0,25
	Tại đầu (2) dây nằm ngang, vật bắt đầu chuyển động nên $T_o = \mu mg$.	0,25
	Tại đầu (1), $T_{1x} = T_o = \mu mg; T_{1y} = Mg = 2\rho l g$	0,25
	$\Rightarrow T = \sqrt{(\mu mg)^2 + 4(\rho l g)^2}$; $\tan \alpha = \frac{2\rho l g}{\mu mg}$	0,25
		0,25

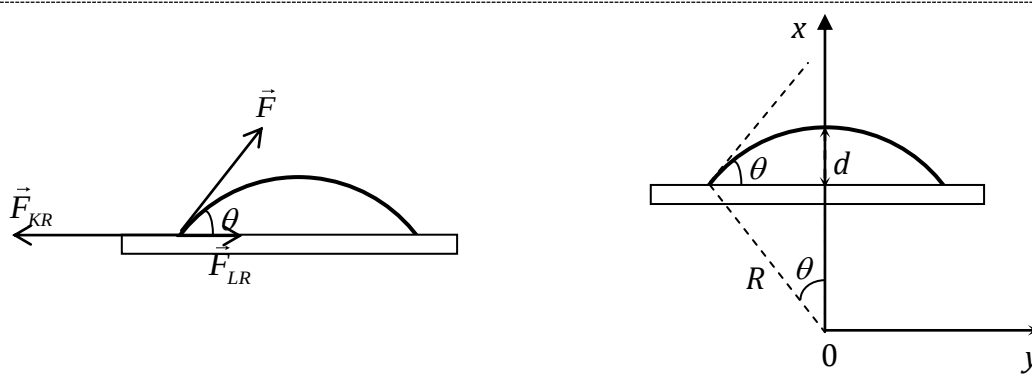
Câu	Nội dung	Điểm
2.b.	Xét đoạn dây chiều dài s bất kỳ như hình; Do $y = \delta \left(\frac{e^{x/\delta} + e^{-x/\delta}}{2} \right)$ và $s = \delta \left(\frac{e^{x/\delta} - e^{-x/\delta}}{2} \right)$ ta có: $\tan \alpha = \frac{M_s g}{T_o} = \frac{\rho s g}{T_o} = \frac{\rho g \delta \left(\frac{e^{x/\delta} - e^{-x/\delta}}{2} \right)}{T_o} = \frac{dy}{dx} = \left(\frac{e^{x/\delta} - e^{-x/\delta}}{2} \right)$	0,25
	$\Rightarrow T_o = \rho g \delta \Rightarrow T = \sqrt{T_o^2 + (\rho g s)^2} = \sqrt{(\rho g \delta)^2 + (\rho g s)^2} = \sqrt{(\rho g \delta)^2 + \left(\rho g \frac{\delta(e^{x/\delta} - e^{-x/\delta})}{2} \right)^2}$	0,25
	$\Rightarrow T = \rho g y$	0,25
	$\rho g \delta = T_o = \mu m g \Rightarrow T = \rho g(h + \delta) = \sqrt{(\mu m g)^2 + 4(\rho l g)^2}$	0,25
	$\Rightarrow h = \frac{\sqrt{(\mu m)^2 + 4(\rho l)^2} - \mu m}{\rho}$ hoặc $h = \frac{\sqrt{(\mu m)^2 + 4(\rho l)^2}}{\rho} - \delta$	0,25
Câu II (4,0 điểm)		
1a.	Khi pittông cân bằng: $p_1 S = p_0 S + Mg$ (1), trong đó p_1 là áp suất của khí trong xi lanh khi này, $S = \pi R_0^2$. Từ (1) có: $p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}$ (2)	0,25
	Quá trình biến đổi của khí trong bình là đoạn nhiệt nên: $p_0 V_0^\gamma = p_1 V_1^\gamma \Leftrightarrow p_0 h_0^\gamma = p_1 h_1^\gamma$, (3) trong đó h_1 là chiều cao của cột khí trong bình khi pittông cân bằng: $\Rightarrow h_1 = h_0 \left(1 + \frac{Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}}$	0,25
	Phương trình trạng thái của khối khí trong xi lanh: $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \Leftrightarrow \frac{p_0 h_0}{T_0} = \frac{p_1 h_1}{T_1}$, (3) trong đó T_1 là nhiệt độ của cột khí trong bình khi pittông cân bằng: $T_1 = T_0 \left(1 + \frac{Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$ (4)	0,25
1b.	Công mà khí trong xi lanh nhận được trong quá trình đoạn nhiệt: $A_k = \Delta U = \frac{m_k}{\mu} \frac{R}{\gamma-1} (T_1 - T_0) = \frac{p_0 h_0 S}{T_0 (\gamma-1)} (T_1 - T_0)$, với T_1 xác định theo (4), m_k là khối lượng khí.	0,25
	Công do khí quyển thực hiện từ thời điểm ban đầu đến khi pittông cân bằng: $A_{kq} = p_0 S (h_0 - h_1) = p_0 S h_0 \left[1 - \left(1 + \frac{Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}} \right]$	0,25
	Công do trọng lực của pittông thực hiện từ thời điểm ban đầu đến khi pittông cân bằng:	0,25

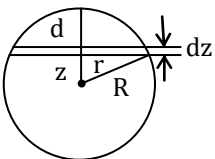
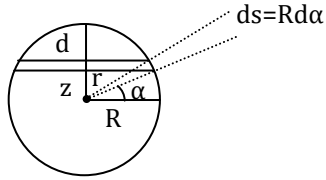
Câu	Nội dung	Điểm
	$A_p = Mg(h_0 - h_1) = Mgh_0 \left[1 - \left(1 + \frac{Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}} \right]$	
2a.	Khi thêm m, tại vị trí cân bằng mới của hệ: $p_2 S = p_0 S + 2Mg$, (5) do đó áp suất của khí trong xi lanh: $p_2 = p_0 + \frac{2Mg}{S}$. +) Chiều cao của cột khí: $h_2 = h_0 \left(1 + \frac{(M+m)g}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}} = h_0 \left(1 + \frac{2Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}}$	0,25
	Khi pittông lệch khỏi vị trí cân bằng mới một đoạn x: + Định luật 2 Niu-tơn cho hệ $m + M$: $p_0 S + 2Mg - pS = (m + M)a = (m + M)x''$ (6)	0,25
	+ Do $p(h_2 - x)^\gamma = p_2 h_2^\gamma \Rightarrow p = p_2 \left(\frac{h_2}{h_2 - x} \right)^\gamma = p_2 \left(1 - \frac{x}{h_2} \right)^{-\gamma} \approx p_2 \left(1 + \gamma \frac{x}{h_2} \right)$ (7) vì $x \ll h_2$ Thay (7) vào (6) và để ý đến (5) có: $-p_2 S \gamma \frac{x}{h_2} = 2Mx'' \Leftrightarrow x'' + \frac{p_2 S \gamma}{2M h_2} x = 0$ (8)	0,25
	Từ (8) có tần số góc của dao động: $\omega = \sqrt{\frac{p_2 S \gamma}{2M h_2}} = \sqrt{\frac{\gamma}{2M h_0} (p_0 S + 2Mg) \left(1 + \frac{2Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{1}{\gamma}}}$ Như vậy chu kỳ dao động của pittông $T = 2\pi \sqrt{\frac{2M h_0}{\gamma} \left(1 + \frac{2Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}} (p_0 S + 2Mg)^{-1}}$	0,25
	Ta đính nhẹ vật m lên M nên vị trí đặt m lên M chính là vị trí biên: $A = h_1 - h_2 = h_0 \left[\left(1 + \frac{Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}} - \left(1 + \frac{2Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}} \right]$	0,25
2b.	Khi pittông ở vị trí thấp nhất thì chiều cao của cột khí trong xi lanh nhỏ nhất: $h_{\min} = h_2 - A = h_2 - h_1 + h_2 = 2h_2 - h_1 = h_0 \left[2 \left(1 + \frac{2Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}} - \left(1 + \frac{Mg}{p_0 S} \right)^{\frac{-1}{\gamma}} \right]$	0,25
3	Khi xi lanh đứng yên khối lượng riêng và áp suất của khí trong xi lanh là ρ_1 và p_1. Khi hệ quay ổn định chất khí trong xi lanh cũng quay tròn với tốc độ ω. Xét một phần tử thể tích dV giới hạn bởi hai mặt trụ diện tích là S', bán kính lần lượt là r và $r + dr$. Ta có: $[p(r + dr) - p(r)] S' = F_{\text{liên}} = \rho(r) S' dr \omega^2 r = \frac{p(r) \mu}{RT} S' dr \omega^2 r$	0,25
	vì $\rho = \frac{p\mu}{RT}$. (9), Dẫn đến $\frac{dp}{p(r)} = \frac{\mu \omega^2}{RT} r dr \Rightarrow p(r) = p(0) \exp\left(\frac{\mu \omega^2}{2RT} r^2\right)$	0,25



Câu	Nội dung	Điểm
	$\Rightarrow \rho(r) = \rho(0) \exp\left(\frac{\mu\omega^2}{2RT} r^2\right)$	
	Vì khối lượng khí trong xi lanh khi xi lanh quay và xi lanh đứng yên là bằng nhau nên: $\int_V \rho(r) dV = \rho_1 V \Leftrightarrow 2\pi h_1 \int_0^{R_0} \rho(0) \exp\left(\frac{\mu\omega^2}{2RT} r^2\right) r dr = \rho_1 h_1 \pi R_0^2.$ Từ đây có: $\rho(0) = \rho_1 \frac{\mu\omega^2 R_0^2}{2RT} \frac{1}{\exp\left(\frac{\mu\omega^2 R_0^2}{2RT}\right) - 1},$	0,25
	Do đó: $\rho(r) = \rho_1 \frac{\mu\omega^2 R_0^2}{2RT} \frac{1}{\exp\left(\frac{\mu\omega^2 R_0^2}{2RT}\right) - 1} \exp\left(\frac{\mu\omega^2}{2RT} r^2\right)$ Dựa vào (9) có: $p(r) = p_1 \frac{\mu\omega^2 R_0^2}{2RT} \frac{1}{\exp\left(\frac{\mu\omega^2 R_0^2}{2RT}\right) - 1} \exp\left(\frac{\mu\omega^2}{2RT} r^2\right).$ Vậy áp suất chất khí tác dụng lên thành bình: $p(R_0) = p_1 \frac{\mu\omega^2 R_0^2}{2RT} \frac{1}{\exp\left(\frac{\mu\omega^2 R_0^2}{2RT}\right) - 1} \exp\left(\frac{\mu\omega^2}{2RT} R_0^2\right), \text{ trong đó } p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}.$	0,25
Câu III (4,0 điểm)		
1a.	Ký hiệu $r_s(r_0, t=0)$ là vị trí ban đầu khi hạt ở r_0. Giả thiết các hạt chỉ chuyển động theo phương bán kính và không vượt qua nhau, do đó tổng điện tích ở trong quả cầu bán kính $r_s(r_0, t)$ không thay đổi theo thời gian, theo Gauss: $4\pi r_s^2(r_0, t) E[r_s(r_0, t)] = -4\pi k N q \left(\frac{r_0}{R}\right)^3 \Rightarrow E[r_s(r_0, t)] = -\frac{k N q}{r_s^2(r_0, t)} \left(\frac{r_0}{R}\right)^3$	0,25
	Từ đây suy ra phương trình cần tìm: $m \frac{d^2 r_s}{dt^2} = k \frac{N q^2}{r_s^2} \left(\frac{r_0}{R}\right)^3$ (1) Đặt $x(t) = \frac{r_s(r_0, t)}{r_0}$, khi đó (1) là: $m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = k \frac{N q^2}{R^3 x^2(t)}$ (2)	0,25
	Nghiệm $x = x(t)$ của (2) không phụ thuộc vào r_0, nó được sử dụng cho tất cả các hạt trong đám mây. Số hạt nằm giữa lớp 1 và lớp 2 không đổi và bằng: $\delta N = \frac{N}{R^3} (r_{02}^3 - r_{01}^3)$	0,25
	Mật độ hạt ở giữa hai lớp cầu ở t bằng: $n(t) = \frac{3}{4\pi [r_2^3(t) - r_1^3(t)]} \delta N = \frac{3N}{4\pi R^3} \frac{r_{02}^3 - r_{01}^3}{(r_{02}^3 - r_{01}^3) x^3(t)} = \frac{3N}{4\pi R^3} x^{-3}(t).$ Mật độ hạt không phụ thuộc vào việc chọn hai lớp 1 và 2, mật độ này là đều (về không	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	gian) tại mọi thời điểm. Về thời gian, mật độ này giảm theo thời gian theo hàm $x^{-3}(t)$.	
1b.	Lực tương tác với các điện tích $-q$ trong hình cầu chính bằng lực tương tác của điện tích $-q$ với một điện tích điểm mà có điện tích bằng tổng điện tích của các hạt ở tâm hình cầu.	0,25
	Điện tích tổng trong hình cầu bán kính R (không tính điện tích $-q$) là $Q = -(N-1)q$. Khi $-q$ chuyển động đến $r, r > R$, $-q$ có vận tốc v .	0,25
	Theo định luật bảo toàn năng lượng: $\frac{mv^2}{2} = \frac{k(N-1)q^2}{R} - \frac{k(N-1)q^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2k(N-1)q^2}{m} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)}$	0,25
	$v = \frac{dr}{dt} = \sqrt{\frac{2k(N-1)q^2}{m} \left(\frac{r-R}{Rr} \right)} \Rightarrow dt = \sqrt{\frac{mR}{2k(N-1)q^2}} \sqrt{\frac{r}{r-R}} dr$	0,25
	$t = \int dt = \sqrt{\frac{mR}{2k(N-1)q^2}} \int_R^{9R} \sqrt{\frac{r}{r-R}} dr$	0,25
	$= \sqrt{\frac{mR}{2k(N-1)q^2}} \left\{ \sqrt{x(x-R)} + R \ln \left[\sqrt{x} + \sqrt{x-R} \right] \right\} \Big _R^{9R} = \frac{R}{q} \sqrt{\frac{mR}{2k(N-1)}} \left\{ 4\sqrt{2} + \ln(3+2\sqrt{2}) \right\}$	0,25
2a.	Xét đới cầu bán kính $R_0 < r \rightarrow r+dr < R$, điện tích trong đới cầu là: $dq(r) = \rho(r) dV = \frac{A}{r^\alpha} 4\pi r^2 dr = A 4\pi r^{2-\alpha} dr$	0,25
	$-Nq = \int_{R_0}^R A 4\pi r^{2-\alpha} dr = A 4\pi \frac{r^{3-\alpha}}{3-\alpha} \Big _{R_0}^R = \frac{A 4\pi}{3-\alpha} (R^{3-\alpha} - R_0^{3-\alpha}).$ $A = -\frac{Nq(3-\alpha)}{4\pi(R^{3-\alpha} - R_0^{3-\alpha})} \Rightarrow \rho(r) = -\frac{Nq(3-\alpha)}{4\pi(R^{3-\alpha} - R_0^{3-\alpha})} \frac{1}{r^\alpha}$	0,25
2b.	* Điện trường ở trong và ở ngoài đám mây, sử dụng định lý Gauss, tìm được: <i>Trường hợp:</i> $0 < r \leq R_0 \Rightarrow E_1(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Nq}{R_0^3} r = \frac{kNq}{R_0^3} r$ <i>Trường hợp:</i> $r \geq R; E_3(r) = 0$	0,25
	<i>Trường hợp:</i> $R_0 \leq r \leq R; E_2(r) = E_+ + E_-; E_+ = \frac{kNq}{r^2}$ Sử dụng định lý Gauss: $E_-(r+dr) - E_-(r) = \frac{dq(r)}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{\rho(r)dV}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{\rho(r)4\pi r^2 dr}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{\rho(r)dr}{\epsilon_0}$ $\Rightarrow dE_-(r) = \frac{A}{r^\alpha} \frac{dr}{\epsilon_0} = \frac{A}{\epsilon_0} r^{-\alpha} dr \Rightarrow E_-(r) = \frac{A}{\epsilon_0} \frac{r^{1-\alpha}}{1-\alpha} + D$	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	$\Rightarrow E_2(r) = kNq \frac{1}{r^2} + \frac{A(r^{1-\alpha} - R^{1-\alpha})}{\varepsilon_0(1-\alpha)} - kNq \frac{1}{R^2}$	
	* Điện thế ở trong và ở ngoài đám mây: $r \geq R; \Rightarrow V_3(r) = 0$ $R_0 \leq r \leq R; \Rightarrow V_2(r) = -\int \left[kNq \frac{1}{r^2} + \frac{A}{\varepsilon_0} \frac{r^{1-\alpha}}{1-\alpha} + D \right] dr + C_2 = \frac{kNq}{r} + \frac{Ar^{2-\alpha}}{\varepsilon_0(2-\alpha)(1-\alpha)} + Dr + C_2$ $V_3(R) = V_2(R) = 0 \Rightarrow V_2(r) = \frac{kNq}{r} + \frac{A(r^{2-\alpha} - R^{2-\alpha})}{\varepsilon_0(2-\alpha)(1-\alpha)} + D(r - R) - kNq \frac{1}{R}$	0,25
	$0 < r \leq R_0; V_1(r) = -\int \frac{kNq}{R_0^3} r dr + C_1 = -\frac{kNq}{R_0^3} \frac{r^2}{2} + C_1$ $V_1(R_0) = V_2(R_0); V_1(r) = -\frac{kNq}{R_0^3} \frac{r^2}{2} + \left(\frac{3kNq}{2R_0} - \frac{kNq}{R} \right) + \frac{A(R_0^{2-\alpha} - R^{2-\alpha})}{\varepsilon_0(2-\alpha)(1-\alpha)} + D(R_0 - R)$ Trong đó: $A = -\frac{Nq(3-\alpha)}{4\pi(R^{3-\alpha} - R_0^{3-\alpha})}; D = -\left(\frac{kNq}{R^2} + \frac{A}{\varepsilon_0} \frac{R^{1-\alpha}}{1-\alpha} \right).$	0,25
Câu IV (4 điểm)		
1	Do một mặt giới hạn của thấu kính là mặt phẳng nên tiêu cự thấu kính với bán kính cong mặt lồi R là $f_0 = \frac{R}{n-1}$	0,25
		0,25
	Theo hình vẽ ta có $\cos \theta = \frac{R-d}{R}$	0,25
	$d = R - R \cos \theta = R(1 - \cos \theta); R = f_0(n-1).$	0,25
	Khi $U = 0$ thì $\theta = \theta_0$. Độ dày của thấu kính tại đỉnh là $d = f_0(n-1)(1 - \cos \theta_0).$	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
2	Xét trên một đoạn chiều dài tiếp xúc của mặt phẳng thấu kính ta thấy các lực tác dụng như hình vẽ.	0,25
	Tại trạng thái ổn định ta có $\vec{F}_{KR} + \vec{F}_{LR} + \vec{F} = 0,$	0,25
	$F_{KR} = F \cos \theta + F_{LR}.$	0,25
	Chia hai vế cho chiều dài đoạn cong đang xét ta có $\sigma_{KR} = \sigma \cos \theta + \sigma_{LR}.$	0,25
3	Tính thể tích chỏm cầu. Thể tích $d\Omega$ của lớp cầu chiều dày dz $d\Omega = \pi r^2 dz; r^2 = R^2 - (R - h)^2 = 2Rz - z^2$ $d\Omega = \pi(2Rz - z^2) dz$ $\Omega = \int d\Omega = \int_0^d \pi(2Rz - z^2) dz = \pi \left(Rd^2 - \frac{d^3}{3} \right)$ 	0,25
	- Chuyển sang biến số là góc bờ với chú ý $d = R - R \cos \theta = R(1 - \cos \theta)$ $\rightarrow \Omega = \frac{\pi R^3}{3} (2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta) \rightarrow R = \left(\frac{3\Omega}{\pi(2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta)} \right)^{1/3}$	0,25
	$f = \frac{R}{n-1} \rightarrow \text{Tiêu cự thấu kính thỏa mãn } f = \frac{1}{n-1} \left(\frac{3\Omega}{\pi(2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta)} \right)^{1/3}.$	0,25
4	Khoảng biến thiên tiêu cự - Khi $U = 0$ ta có $f_0 = 8,24 \text{ mm}.$	0,25
	- Khi $U = 80 \text{ V}, f_0 = 8,94 \text{ mm}.$	0,25
	Diện tích của chỏm cầu. Diện tích dS của lớp cầu chiều dày dz : $dS = 2\pi r ds = 2\pi r \cdot R d\alpha;$ $r = R \cos \alpha;$ $z = R \sin \alpha \Rightarrow dz = R \cos \alpha d\alpha = r d\alpha$ $dS = 2\pi R dz \Rightarrow S = \int_0^d 2\pi R dz = 2\pi R d$  - Chuyển sang biến số thể tích và góc bờ $S = 2.3^{2/3} \pi^{1/3} (1 - \cos \theta) \left(\frac{\Omega}{(2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta)} \right)^{2/3};$	0,25
	- Năng lượng mặt ngoài $E = \sigma S$. Khi $U = 0$ thì $E_0 = 0,1405 \text{ mJ};$ Khi $U = 80 \text{ V}$ thì $E = 0,1460 \text{ mJ}.$ Vậy $\Delta E = E - E_0 = 0,0055 \text{ mJ}.$	0,25
Câu V (4 điểm)		
1	Biết cường độ của chùm laser phân bố đều trên độ rộng của chùm theo phương x , nhưng giảm tuyến tính theo khoảng cách dọc theo trục Oy tính từ trục z trở ra nên biểu thức của I có dạng $I = b - a y $ với $a, b > 0.$	0,25
	$I = I_1 = b - ay, \quad 0 \leq y \leq 2L$	0,25
	$I = I_2 = b + ay, \quad -2L \leq y \leq 0$	0,25
	Sử dụng điều kiện cường độ của chùm laser có giá trị cực đại bằng I_0 ở tâm của chùm tại vị	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	trí $y = 0$ ta tìm được $b = I_0$.	
	Sử dụng điều kiện cường độ của chùm laze giảm đến 0 tại $y = \pm 2L$ ta tìm được $a = \frac{I_0}{2L}$.	0,25
	Biểu thức của I là : $I = I_0 \left(1 - \frac{ y }{2L} \right) = \begin{cases} I_1 = I_0 \left(1 - \frac{y}{2L} \right), & 0 \leq y \leq 2L \\ I_2 = I_0 \left(1 + \frac{y}{2L} \right), & -2L \leq y \leq 0 \end{cases}$	0,25
2a	Khi tia laze tới mặt bên của lăng kính thì tia khúc xạ ra ngoài ứng với góc khúc xạ θ . Theo định luật khúc xạ ánh sáng: $\sin \theta = n \sin \alpha$ hay $\theta = \arcsin(n \sin \alpha)$	0,25
	Biến thiên động lượng của photon tới nửa phải sau khi đi qua lăng kính : $\Delta \vec{p}_{p1} = -\frac{hf}{c} \sin(\theta - \alpha) \vec{j} + \frac{hf}{c} [\cos(\theta - \alpha) - 1] \vec{k}$ $\vec{j}$ và $\vec{k}$ là các vectơ đơn vị trên trục Oy và Oz . $\sin(\theta - \alpha) = \sin \theta \cos \alpha - \cos \theta \sin \alpha = n \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha} \sin \alpha$ $\cos(\theta - \alpha) = \cos \theta \cos \alpha + \sin \theta \sin \alpha = \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha} \cos \alpha + \sin \theta \sin \alpha$	0,25
	Số photon tới một đơn vị diện tích trên nửa bên phải của mặt đáy của lăng kính trong thời gian Δt là : $n_1 = \frac{P_1 \Delta t}{hf}$, trong đó P_1 là công suất chiếu sáng tới nửa bên phải của lăng kính : $P_1 = \int_{y_0}^{y_0+L} I ds = \int_{y_0}^{y_0+L} I_0 \left(1 - \frac{y}{2L} \right) W dy$ $\rightarrow P_1 = I_0 WL - I_0 W \frac{1}{4L} [(y_0 + L)^2 - y_0^2] = I_0 WL \left(\frac{3}{4} - \frac{y_0}{2L} \right)$	0,25
	Lực tác dụng lên lăng kính do biến thiên động lượng của photon ở nửa phải gây ra là : $\vec{F}_1 = -\frac{n_1 \Delta \vec{p}_{p1}}{\Delta t} = \frac{P_1 \Delta t}{hf \cdot \Delta t} \left[\frac{hf}{c} \sin(\theta - \alpha) \vec{j} + \frac{hf}{c} [1 - \cos(\theta - \alpha)] \vec{k} \right]$ $\vec{F}_1 = \frac{I_0 WL}{c} \left(\frac{3}{4} - \frac{y_0}{2L} \right) [\sin(\theta - \alpha) \vec{j} + [1 - \cos(\theta - \alpha)] \vec{k}]$	0,25
	Biến thiên động lượng của photon sau khi đi qua nửa trái của lăng kính là: $\Delta \vec{p}_{p2} = \frac{hf}{c} \sin(\theta - \alpha) \vec{j} + \frac{hf}{c} [\cos(\theta - \alpha) - 1] \vec{k}$	0,25
	Số photon tới một đơn vị diện tích trên nửa bên phải của mặt đáy của lăng kính trong thời gian Δt là : $n_2 = \frac{P_2 \Delta t}{hf}$, trong đó P_2 là công suất chiếu sáng tới nửa bên trái của lăng kính : $P_2 = \int_{-(L-y_0)}^0 I_2 ds + \int_0^{y_0} I_1 ds = \int_{-(L-y_0)}^0 I_0 \left(1 + \frac{y}{2L} \right) W dy + \int_0^{y_0} I_0 \left(1 - \frac{y}{2L} \right) W dy$ $P_2 = \left\{ I_0 W (L - y_0) + I_0 W \frac{1}{4L} [0 - (L - y_0)^2] \right\} + \left\{ I_0 W y_0 - I_0 W \frac{1}{4L} [y_0^2 - 0] \right\}$ $\rightarrow P_2 = \left\{ I_0 WL \left(\frac{3}{4} - \frac{y_0}{2L} - \frac{y_0^2}{4L^2} \right) \right\} + \left\{ I_0 WL \left(\frac{y_0}{L} - \frac{y_0^2}{4L^2} \right) \right\} = I_0 WL \left(\frac{3}{4} + \frac{y_0}{2L} - \frac{y_0^2}{2L^2} \right)$	0,25
	Lực tác dụng lên lăng kính do biến thiên động lượng của các photon chiếu tới nửa trái của lăng kính gây ra là :	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	$\vec{F}_2 = -\frac{n_2 \Delta \vec{p}_{p2}}{\Delta t} = \frac{P_2 \Delta t}{hf \cdot \Delta t} \left[-\frac{hf}{c} \sin(\theta - \alpha) \vec{j} + \frac{hf}{c} [1 - \cos(\theta - \alpha)] \vec{k} \right]$ $\vec{F}_2 = \frac{I_0 WL}{c} \left(\frac{3}{4} + \frac{y_0}{2L} - \frac{y_0^2}{2L^2} \right) \left[-\sin(\theta - \alpha) \vec{j} + [1 - \cos(\theta - \alpha)] \vec{k} \right]$	
	Lực tổng hợp tác dụng lên lăng kính là : $\vec{F} = \frac{I_0 WL}{c} \left(\frac{3}{4} - \frac{y_0}{2L} \right) \left[\sin(\theta - \alpha) \vec{j} + [1 - \cos(\theta - \alpha)] \vec{k} \right]$ $+ \frac{I_0 WL}{c} \left(\frac{3}{4} + \frac{y_0}{2L} - \frac{y_0^2}{2L^2} \right) \left[-\sin(\theta - \alpha) \vec{j} + [1 - \cos(\theta - \alpha)] \vec{k} \right]$ $\rightarrow \vec{F} = \frac{I_0 WL}{c} \left[-\frac{y_0}{L} + \frac{y_0^2}{2L^2} \right] \sin(\theta - \alpha) \vec{j} + \frac{I_0 WL}{c} \left[\frac{3}{2} - \frac{y_0^2}{2L^2} \right] [1 - \cos(\theta - \alpha)] \vec{k}$	0,25
2b	Nếu dịch lăng kính khỏi vị trí cân bằng một đoạn $y \ll L$ thì do lăng kính không quay nên nó chỉ chuyển động dọc theo trục Oy, tại vị trí này ta có : $F_y = \frac{I_0 WL}{c} \left[-\frac{y}{L} + \frac{y^2}{2L^2} \right] \sin(\theta - \alpha)$	0,25
	Do $y \ll L$ nên có thể bỏ qua số hạng $\frac{y^2}{2L^2}$ bên cạnh số hạng $\frac{y}{L}$, từ đó ta có phương trình chuyển động cho lăng kính theo trục Oy là : $F_y = -\frac{I_0 WL}{cL} \sin(\theta - \alpha) y = my''$ Tức là lăng kính dao động điều hòa với chu kì $T = 2\pi \sqrt{\frac{mc}{I_0 W \sin(\theta - \alpha)}}$ $\sin(\theta - \alpha) = n \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \alpha} \sin \alpha$	0,25