

I. Hướng dẫn chung

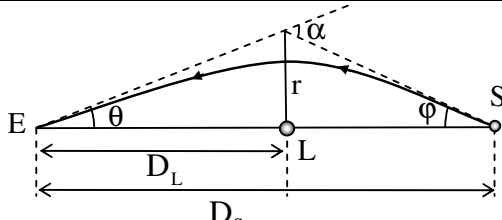
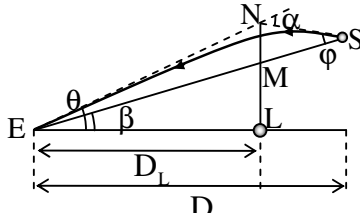
1. Cán bộ chấm thi chấm đúng như đáp án - thang điểm của Bộ Giáo dục và Đào tạo.
2. Nếu có câu nào, ý nào mà thí sinh có cách trả lời khác so với đáp án nhưng vẫn đúng thì vẫn cho điểm tối đa của câu, ý đó theo thang điểm.
3. Cán bộ chấm thi không quy tròn điểm bài thi.

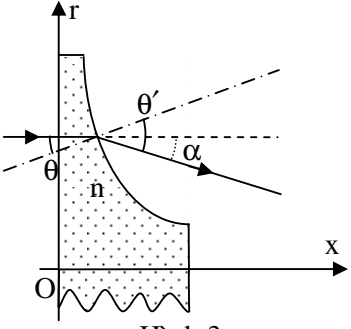
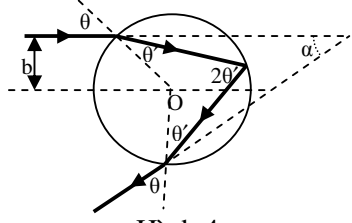
II. Đáp án - thang điểm

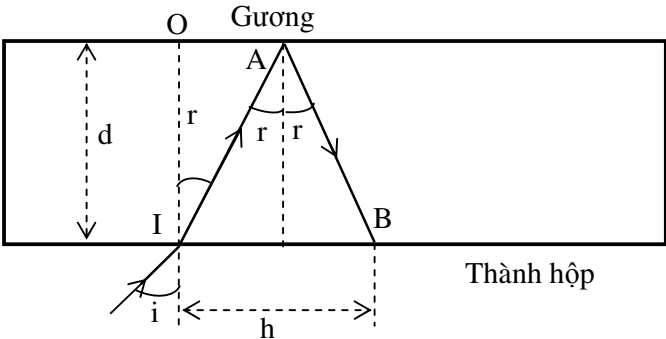
Câu	Nội dung	Điểm
	Câu 1 (3,5 điểm)	
1. 0,5 đ	Thế năng $U = mgL \cos \alpha + \frac{1}{2}k(L \sin \alpha - L_0)^2$ $\Rightarrow \frac{dU}{d\alpha} = -mgL \sin \alpha + k(L \sin \alpha - L_0)L \cos \alpha$ $\left. \frac{dU}{d\alpha} \right _{\alpha=\alpha_0} = 0 \Rightarrow \Delta L_0 = L \sin \alpha_0 - L_0 = \frac{mg \tan \alpha_0}{k}.$	0,50
2. 0,5 đ	$\frac{d^2U}{d\alpha^2} = -mgL \cos \alpha - k(L \sin \alpha - L_0)L \sin \alpha + kL^2 \cos^2 \alpha$ Sử dụng $L_0 = L \sin \alpha_0 - \frac{mg \tan \alpha_0}{k}$ và điều kiện cân bằng bền $\left. \frac{d^2U}{d\alpha^2} \right _{\alpha=\alpha_0} > 0$ ta thu được: $\frac{mg}{kL \cos^3 \alpha_0} < 1$	0,50
3. 1,0 đ	Dao động nhỏ của hệ, năng lượng của hệ khi thanh BC được kéo thêm một góc nhỏ $\alpha = \alpha_0 + \theta; \theta \ll \alpha_0$. Năng lượng của hệ: $E = mgL \cos \alpha + \frac{1}{2}k[L \sin \alpha - a]^2 + \frac{5}{24}mL^2\alpha'^2 + \frac{1}{2}m(v_{Gx}^2 + v_{Gy}^2).$ Với $a = \left(L \sin \alpha_0 - \frac{mg \tan \alpha_0}{k} \right).$ Vận tốc của khối tâm G của thanh BC là: $\begin{cases} x_G = \frac{3}{2}L \sin \alpha \\ y_G = \frac{1}{2}L \cos \alpha \end{cases} \Rightarrow v_G^2 = \frac{L^2}{4}(8 \cos^2 \alpha + 1)\alpha'^2$ $E = mgL \cos \alpha + \frac{1}{2}k[L \sin \alpha - a]^2 + \frac{1}{3}mL^2\alpha'^2(3 \cos^2 \alpha + 1).$ Đạo hàm hai vế: $\frac{dE}{dt} = -mgL \sin \alpha \cdot \alpha' + k[L \sin \alpha - a]L \cos \alpha \cdot \alpha'$ $+ \frac{2}{3}mL^2\alpha'\alpha''(3 \cos^2 \alpha + 1) - 2mL^2 \cos \alpha \sin \alpha \alpha'^3 = 0$ Bỏ qua thành phần cuối cùng (do dao động nhỏ) và sử dụng gần đúng:	0,25 0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	$\begin{cases} \cos \alpha = \cos (\alpha_0 + \theta) \approx \cos \alpha_0 - \sin \alpha_0 . \theta \\ \sin \alpha = \sin (\alpha_0 + \theta) \approx \sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 . \theta \end{cases}$ $\Rightarrow -mgL(\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 . \theta) + k[L(\sin \alpha_0 + \cos \alpha_0 . \theta) - a]L(\cos \alpha_0 - \sin \alpha_0 . \theta) + \frac{2}{3}mL^2\theta''(3\cos^2 \alpha_0 + 1) = 0$ $\Rightarrow \frac{2}{3}mL(3\cos^2 \alpha_0 + 1)\theta'' + \left(kL\cos^2 \alpha_0 - \frac{mg}{\cos \alpha_0}\right)\theta = 0$ $\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{3k\cos^2 \alpha_0}{2m(3\cos^2 \alpha_0 + 1)}\left(1 - \frac{mg}{kL\cos^3 \alpha_0}\right)}$	0,25 0,25
4. 1,5đ	$x_G = \frac{1}{2}L \sin \alpha; \Rightarrow a_{xG} = \frac{1}{2}L(-\sin \alpha . \omega^2 + \cos \alpha . \omega')$ Thanh OB bắt đầu rời khi phản lực của tường $Q = 0$ và $a_{xG} = 0$: $-\sin \alpha_1 . \omega_1^2 + \cos \alpha_1 . \omega_1' = 0 \Rightarrow \omega_1' = \tan \alpha_1 . \omega_1^2 \quad (1)$ Năng lượng ban đầu của hệ: $E_0 = mgL \cos \alpha_0$ Năng lượng của hệ tại góc α bất kỳ: $E = mgL \cos \alpha + mL^2\omega^2\left(\frac{1}{3} + \cos^2 \alpha\right)$ $\Rightarrow 0 = -g \sin \alpha + 2L\omega'\left(\frac{1}{3} + \cos^2 \alpha\right) - 2L\omega^2 \cos \alpha \sin \alpha$ Thay (1) vào tìm được: $\Rightarrow L\omega_1^2 = \frac{3g}{2} \cos \alpha_1 \quad (2)$ Năng lượng bảo toàn, ta có: $g \cos \alpha_0 = g \cos \alpha_1 + L\omega_1^2\left(\frac{1}{3} + \cos^2 \alpha_1\right)$ Thay (2) vào tìm được: $\cos^3 \alpha_1 + \cos \alpha_1 = \frac{2}{3} \cos \alpha_0$ $\alpha_0 = 60^\circ \Rightarrow \cos^3 \alpha_1 + \cos \alpha_1 = \frac{1}{3} \Rightarrow \alpha_1 \approx 71^\circ$	0,50 0,50 0,50
Câu 2 (3,5 điểm)		
1. 1,0 đ	Sử dụng phân bố Maxwell cho tốc độ nguyên tử: $\bar{v} = \int_0^\infty v \cdot 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left\{-\frac{mv^2}{2kT}\right\} v^2 dv = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$ Xác suất để một nguyên tử có tốc độ tương đối so với nguyên tử cho trước nằm trong khoảng v' đến $v' + dv'$: $dw(v') = \left(\frac{m}{4\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv'^2}{4kT}\right) 4\pi v'^2 dv'$ Số va chạm trong một đơn vị thời gian của một nguyên tử có tốc độ tương đối so với nguyên tử cho trước nằm trong khoảng v' đến $v' + dv'$: $dz(v') = nv' \pi d^2 \left(\frac{m}{4\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{mv'^2}{4kT}\right) 4\pi v'^2 dv'$ và số va chạm trung bình trong một đơn vị thời của một nguyên tử	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	$\overline{z(v')} = \int_0^{\infty} n v' \pi d^2 \left(\frac{m}{4\pi kT} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{m v'^2}{4kT}\right) 4\pi v'^2 dv' = 4n\pi d^2 \sqrt{\frac{kT}{\pi m}}$ Do đó quãng đường tự do trung bình: $\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{z} = \frac{1}{\sqrt{2} n \pi d^2}$	0,50
2. 1,0 đ	Gọi f_0, f tương ứng là tần số ánh sáng mà nguyên tử phát ra khi đứng yên và chuyển động với vận tốc v_x theo phương Ox thì: $f = f_0 \left(1 + \frac{v_x}{c} \right) \Rightarrow v_x = c \left(\frac{f - f_0}{f_0} \right) \quad (1)$ Phân bố Maxwell (đã chuẩn hóa) cho thành phần vận tốc: $dW(v_x) = \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{1/2} \exp\left(-\frac{m v_x^2}{2kT}\right) dv_x \quad (2)$ Thay (1) vào (2) tìm được: $dW(f - f_0) = \frac{c}{f_0} \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{1/2} \exp\left\{-\frac{m c^2}{2kT f_0^2} (f - f_0)^2\right\} d(f - f_0)$	0,25 0,75
3. 1,5 đ	a) Trung bình của bình phương độ lệch khỏi tần số trung tâm f_0: $\overline{\Delta f^2} = \int_{-\infty}^{\infty} (f - f_0)^2 g(f - f_0) d(f - f_0) =$ $= \int_{-\infty}^{\infty} (f - f_0)^2 \frac{c}{f_0} \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{1/2} \exp\left\{-\frac{m c^2}{2kT f_0^2} (f - f_0)^2\right\} d(f - f_0)$ Sử dụng tích phân Poisson sẽ tìm được: $\overline{\Delta f^2} = \frac{kT}{m c^2} f_0^2$ Do đó độ rộng Doppler: $\Delta f \equiv \sqrt{\overline{\Delta f^2}} = \frac{f_0}{c} \sqrt{\frac{kT}{m}} = \frac{1}{\lambda_0} \sqrt{\frac{RT}{\mu}}$ Thay số: $\lambda_0 = 0,5896 \cdot 10^{-6} \text{m}$; $R = 8,31$; $T = 500\text{K}$; $\mu = 23$ sẽ có $\Delta f = 7.2 \cdot 10^8 \text{ Hz}$ b) Theo kết quả câu a: $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} n \pi d^2} = \frac{kT}{\sqrt{2} p N_A \pi d^2} = \frac{RT}{\sqrt{2} p N_A \pi d^2}$; $\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$ với p là áp suất khí. Thời gian trung bình giữa hai lần va chạm cũng là độ bất định về thời gian của trạng thái là $\Delta t = \frac{\bar{\lambda}}{\bar{v}} = \frac{1}{4 p N_A \pi d^2} \sqrt{\pi \mu RT} \Rightarrow \Delta f' \sim \frac{1}{\Delta t} = \frac{4 p N_A \pi d^2}{\sqrt{\pi \mu RT}} = 4.2 \text{ Hz.}$	0,25 0,50 0,25 0,50
Câu 3 (3,5 điểm)		
1. 1,0 đ	Xung lượng ở bên trái và bên phải khung triệt tiêu nhau, do đó chỉ cần tính toán cho phần trên và phần dưới của khung. Gọi N_+ là số điện tích trên phần trên của khung chuyển động với vận tốc u_+ sang bên phải; N_- là số hạt mang điện tích ở phần dưới của khung và chuyển động với vận tốc u_- sang bên trái. Cường độ dòng điện phải có giá trị như nhau tại cả bốn phần của thanh, do đó $I = \frac{Q N_+}{L} u_+ = \frac{Q N_-}{L} u_-; \quad N_+ u_+ = \frac{IL}{Q}$ trong đó Q là điện tích của một hạt mang điện và L là chiều dài của khung. Trong cơ học Newton, xung lượng của một hạt có giá trị $\vec{p} = m\vec{u}$ và xung lượng toàn phần hướng	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	sang phải có biểu thức: $p_{\text{Newton}} = MN_+u_+ - MN_-u_- = M \frac{IL}{Q} - M \frac{IL}{Q} = 0$	0,50
2. 1,0 đ	Trong khuôn khổ cơ học tương đối tính, ta có $\vec{p} = \gamma M \vec{u}$ do đó ta có $p_{\text{Einstein}} = \gamma_+ MN_+u_+ - \gamma_- MN_-u_- = M \frac{IL}{Q} (\gamma_+ - \gamma_-),$ giá trị này khác không do hạt ở phần trên của khung chuyển động với vận tốc lớn hơn. Thực tế, độ tăng năng lượng γMc^2 khi hạt chuyển động đi lên ở phần bên trái của khung bằng công thực hiện bởi lực điện trường, QEW trong đó W là độ cao của khung chữ nhật, do đó $\gamma_+ - \gamma_- = \frac{QEW}{Mc^2} \text{ và do đó } p = \frac{ILEW}{c^2}$ Và $\vec{p}_h$ hướng sang phải.	0,50 0,50
3. 1,0 đ	Ta lấy tích phân trong thể tích của dây dẫn (do không gian bên ngoài $J = 0$), với J không đổi, phần bên trái và bên phải ngược chiều nhau bị triệt tiêu, phần trên và phần dưới xem gần đúng là đẳng thế và phần dưới có điện thế cao hơn nên: $\vec{p}_f = \frac{1}{c^2} \int \Phi \vec{J} dV = \frac{\vec{J}_-}{c^2} ELWS = \frac{ILEW}{c^2} \cdot \frac{\vec{J}_-}{J_-}$ Và $p_f = \frac{ILEW}{c^2}$ và hướng sang trái.	0,50 0,50
4. 0,5 đ	$\vec{p}_f + \vec{p}_h = \vec{0}$ Tổng động lượng của hệ (điện trường + mômen lưỡng cực từ) bằng 0. Động lượng ẩn được bù trừ bởi động lượng của trường điện từ.	0,50
Câu 4 (3,5 điểm)		
1. 1,0 đ	Sử dụng gần đúng góc nhỏ: $\theta_E = \frac{r}{D_L}, \varphi = \frac{r}{D_S - D_L} \Rightarrow \varphi = \theta_E \frac{D_L}{D_S - D_L}.$ Hệ thức góc ngoài tam giác: $\alpha = \theta_E + \varphi$ Điều kiện đề bài $\alpha = \frac{4GM}{rc^2} = \frac{4GM}{D_L \theta_E c^2}$ Kết hợp ba hệ thức trên: $\frac{4GM}{D_L \theta_E c^2} = \theta_E + \theta_E \frac{D_L}{D_S - D_L} = \theta_E \frac{D_S}{D_S - D_L}$ Giải ra: $\theta_E = \sqrt{\frac{D_S - D_L}{D_S D_L} \frac{4GM}{c^2}}.$	0,50
	 Hình 1	
2. 1,5 đ	Tương tự trên ta vẫn có $\alpha = \theta - \beta + \varphi$, $\theta = \frac{r}{D_L}$. Mặt khác: $MN = \varphi(D_S - D_L) = (\theta - \beta)D_L \Rightarrow \varphi = \frac{D_L(\theta - \beta)}{D_S - D_L}$ Vậy $\alpha = \frac{D_S(\theta - \beta)}{D_S - D_L}$ và $\alpha = \frac{4GM}{rc^2} = \frac{4GM}{D_L \theta c^2}$ Từ hai hệ thức cuối: $\beta = \theta - \frac{D_S - D_L}{D_S D_L} \frac{4GM}{c^2 \theta} \Rightarrow \beta = \theta - \frac{\theta_E^2}{\theta}$	0,50 0,50
	 Hình 2	

Câu	Nội dung	Điểm
	$\Rightarrow u = y - \frac{1}{y} \Rightarrow y^2 - uy - 1 = 0 \Rightarrow y = \frac{u \pm \sqrt{u^2 + 4}}{2}.$	0,50
3. 1,0 đ	Gọi góc tới là θ. Định luật khúc xạ cho ta $\theta' = n\theta \Rightarrow \alpha = (n-1)\theta$. Mặt khác $-\cot \theta$ là hệ số góc của đường viền, suy ra $\frac{dx}{dr} = -\theta$. Ngoài ra $\alpha = \frac{R}{r}$. Ta có: $\frac{R}{r} = -(n-1) \frac{dx}{dr} \Rightarrow \frac{dr}{r} = -\frac{(n-1)}{R} dx$ $\Rightarrow \ln r + C = -\frac{(n-1)}{R} x$ Hằng số C xác định từ điều kiện, tại $r = r_1, x = x_1$ $\ln r_1 + C = -\frac{(n-1)}{R} x_1.$ Trừ hai biểu thức cuối cho nhau ta được: $\ln \frac{r_1}{r} = -\frac{(n-1)}{R} (x_1 - x).$	0,50
	 Hình 3	0,50
Câu 5 (4,0 điểm)		
1. 2,0 đ	a) Điểm $Q(x = 0, \xi)$ phát ra một sóng trụ tới điểm $P(x = L, y)$ trên màn chắn. Khi nó tới P thì độ lệch pha Φ giữa hai điểm P, Q là $2\pi \frac{PQ}{\lambda}$. $\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{R^2 + \xi^2} - 2R\xi \sin \theta \approx \frac{2\pi}{\lambda} \left(R - \xi \sin \theta \right) = \frac{\omega}{c} R \left(1 - \frac{y\xi}{R^2} \right).$ Sóng trụ xuất phát từ Q khi tới P sẽ tỷ lệ với $\cos(\omega t - \Phi)$ theo biến ξ trong khoảng $-\frac{D}{2} < \xi < \frac{D}{2}$. $E(t) \propto \int_{-D/2}^{D/2} \cos \left\{ \omega t - \frac{\omega}{c} R \left(1 - \frac{y\xi}{R^2} \right) \right\} d\xi = 2 \frac{cR}{y\omega} \sin \frac{y\omega D}{2cR} \cos \left(\omega t - \frac{\omega}{c} R \right)$ Kết quả là sóng trên màn chắn sẽ tỷ lệ thuận với $\frac{\sin q}{q} \cos \left(\omega t - \frac{\omega}{c} R \right)$, trong đó $q = \frac{y\omega D}{2cR} = \frac{\pi y D}{\lambda R}$.	0,50
	b) Điều kiện để sóng triệt tiêu $\sin q = 0 \Rightarrow \frac{y\omega D}{2cR} = \pi$. Từ đây suy ra $\frac{y}{R} = \frac{\lambda}{D}$. Thay $R = \sqrt{L^2 + y^2}$ vào và biến đổi ta được: $y = \frac{\lambda L}{D} \frac{1}{\sqrt{1 - (\lambda/D)^2}} = \frac{\lambda L}{\sqrt{D^2 - \lambda^2}}.$	0,25
2. 2,0 đ	a) Gọi các góc tới và góc khúc xạ tại vị trí tia sáng khúc xạ vào giọt nước lần lượt là θ và θ'. Từ hình vẽ, ta có: $\alpha = 2\theta' - 2(\theta - \theta') = 4\theta' - 2\theta$ Mặt khác, theo các định luật khúc xạ ánh sáng: $\sin \theta = n \sin \theta'; \sin \theta = \frac{b}{a} \Rightarrow \sin \theta' = \frac{b}{na}.$ Lấy đạo hàm α theo b ta được:	0,25
	 Hình 4	

Câu	Nội dung	Điểm
	$\frac{d\alpha}{db} = 4 \frac{d\theta'}{db} - 2 \frac{d\theta}{db} = \frac{4}{\cos \theta'} \frac{d(\sin \theta)}{db} - \frac{2}{\cos \theta} \frac{d(\sin \theta)}{db} = \frac{4}{a n \sqrt{1 - \frac{b^2}{n^2 a^2}}} - \frac{2}{a \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}}$ Vậy: $\frac{d\alpha}{db} = 0 \Rightarrow \sqrt{n^2 - \frac{b^2}{a^2}} = 2 \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \Rightarrow \frac{b}{a} = \sqrt{\frac{4 - n^2}{3}}$.	0,25
	b) Cường độ sáng của chùm tia ló ra trong một đơn vị góc sẽ tỷ lệ thuận với đại lượng: $\left \frac{\Delta b}{\Delta \alpha} \right \approx \frac{1}{\left \frac{d\alpha}{db} \right }. \text{ Mà tại } \alpha = \alpha_0, \frac{d\alpha}{db} = 0 \text{ nên } \left \frac{\Delta b}{\Delta \alpha} \right \rightarrow \infty.$	0,50
	c) $\alpha_0 = 4 \arcsin \frac{b}{na} - 2 \arcsin \frac{b}{a}, \frac{b}{a} = \sqrt{\frac{4 - n^2}{3}}.$ Thay số vào tìm được: $n_{\text{đỏ}} = 1,3266; \frac{b}{a} = 0,8641, \alpha_{0(\text{đỏ})} = 43,02^\circ.$	0,25
	$n_{\text{tím}} = 1,3358; \frac{b}{a} = 0,8594, \alpha_{0(\text{tím})} = 41,67^\circ; \Delta \alpha = -1,35^\circ.$	0,25
	d) Góc tán xạ nhận được ở câu c có độ mờ, nguyên nhân là do sự nhiễu xạ ở ý 1. Nếu góc nhiễu xạ Fraunhofer đối với ánh sáng trong vùng dải mẫu quan sát lớn hơn hiệu hai góc tán xạ của tia đỏ và tím trong câu c thì các chùm sáng khác màu sẽ trộn vào nhau dẫn tới ta không quan sát được. Để điều này xảy ra, bán kính giọt nước phải vào cỡ $\frac{\lambda}{0,2a} < \Delta \alpha = 0,0232 \text{ rad} \Rightarrow a > 0,127 \text{ mm}.$ Chấp nhận các giá trị trong khoảng 0,1 đến 0,5 mm.	0,25 0,25
Câu 6 (2,0 điểm)		
1. 2,0 đ	* Các bước thí nghiệm cần thực hiện:  Hình 5 + Đầu tiên đo đối với bình không chứa chất lỏng. Hình 5 mô tả góc tới i và sin i cần xác định, dùng nguồn là bút laser. Do thành hộp rất mỏng, bỏ qua sự khúc xạ trong thành hộp. Góc tới i và sin i được xác định: $\sin i = \frac{IB}{2AB} = \frac{h_1}{2\sqrt{\left(\frac{h_1}{2}\right)^2 + d^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4d^2}{h_1^2}}}$ + Đổ chất lỏng vào trong bình, tính tương tự ta thu được góc khúc xạ r và sin r được xác định bởi:	0,50

Câu	Nội dung	Điểm																														
	$\sin r = \frac{h_2}{2\sqrt{\left(\frac{h_2}{2}\right)^2 + d^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4d^2}{h_2^2}}}$ Từ phương trình: $\sin i = n \sin r \Rightarrow \frac{1}{h_2^2} = \frac{n^2}{h_1^2} + \frac{n^2 - 1}{4d^2}$ + Quay bút laser để thay đổi góc tới, đo các cặp giá trị h_1 ứng với khi không có chất lỏng và h_2 khi có chất lỏng. Trong khi đo, cần giữ cố định bút và bình. + Lặp lại phép đo với nhiều góc tới và ghi vào bảng số liệu: <table><tr><th>TT</th><th>h_1</th><th>h_2</th><th>$\frac{1}{h_2^2}$</th><th>$\frac{1}{h_1^2}$</th></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> + Vẽ đồ thị $\frac{1}{h_2^2}$ theo $\frac{1}{h_1^2}$. + Xác định góc nghiêng của đồ thị $\tan \alpha = n^2$. <td> 0,50 0,50 0,50 </td>	TT	h_1	h_2	$\frac{1}{h_2^2}$	$\frac{1}{h_1^2}$	1					2					3					4					5					0,50 0,50 0,50
TT	h_1	h_2	$\frac{1}{h_2^2}$	$\frac{1}{h_1^2}$																												
1																																
2																																
3																																
4																																
5																																

HẾT