

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.

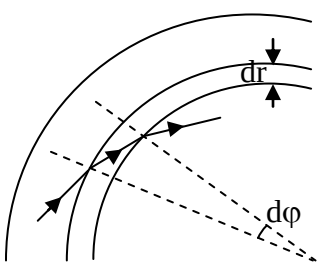
II. Đáp án - thang điểm

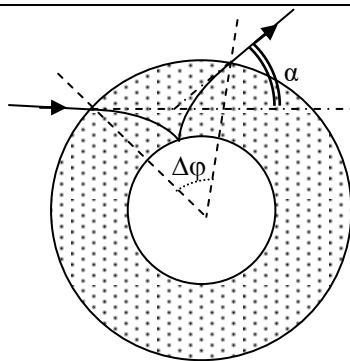
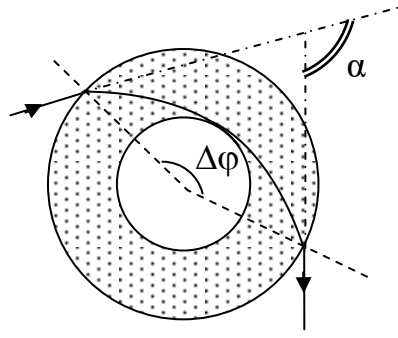
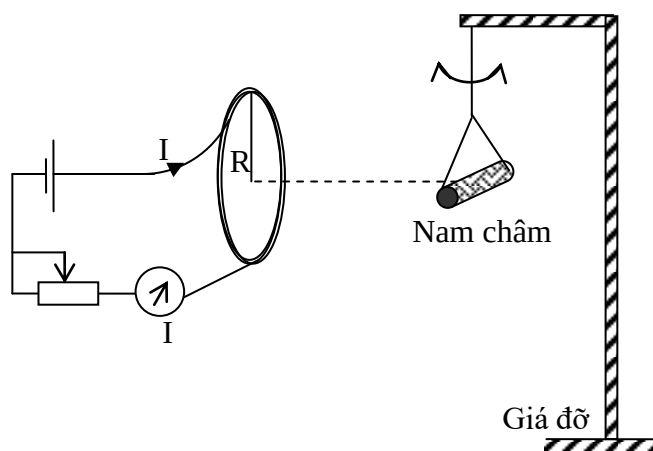
Câu	Nội dung	Điểm
	Câu I (4,0 điểm)	
	* Vật chịu tác dụng của 4 lực: + Trọng lực P hướng theo phương thẳng đứng xuống dưới. + Phản lực N hướng vuông góc với mặt phẳng nghiêng. + Do dây luôn căng nên vật chuyển động tròn quanh O. Lực ma sát f_{ms} hướng dọc theo mặt nghiêng vuông góc với sợi dây và ngược chiều với chiều chuyển động. + Lực căng dây T hướng dọc theo sợi dây về O. * Do chỉ có trọng lực P và phản lực N là có thành phần hướng theo phương vuông góc với mặt phẳng nghiêng nên: $N = mg \cos \alpha \Rightarrow f_{ms} = \mu mg \cos \alpha .$ * Xét vị trí dây hợp với phương ngang một góc bất kỳ là φ (rad) và có vận tốc tức thời v. Chọn mốc tính thế năng tại vị trí thấp nhất của vật. * Trước khi vật đảo chiều chuyển động: $\frac{1}{2}mv^2 = mgR \sin \varphi \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha . R . \varphi \quad (1)$ $mg \sin \alpha . \cos \varphi - \mu mg \cos \alpha = ma_{tt} \quad (2)$ $T - mg \sin \alpha \sin \varphi = ma_{ht} = \frac{mv^2}{R} \quad (3)$	0,75
1.	Vật dừng lại khi $v = 0$. Từ (1) suy ra $\sin \varphi_0 \sin \alpha = \mu \cos \alpha . \varphi_0 \Rightarrow \mu = \frac{\tan \alpha . \sin \varphi_0}{\varphi_0} = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{2\pi}{3}} = \frac{3}{4\pi} .$	0,75
2.	Độ lớn vận tốc đạt cực đại địa phương tại vị trí $a_{tt} = 0$ ("vị trí cân bằng"). Mặt khác, do cơ năng của vật giảm dần và động năng luôn nhỏ hơn cơ năng nên để thấy động năng của vật đạt giá trị lớn nhất khi đi qua "vị trí cân bằng" lần đầu tiên.	

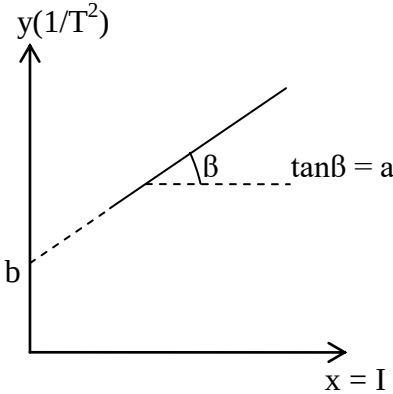
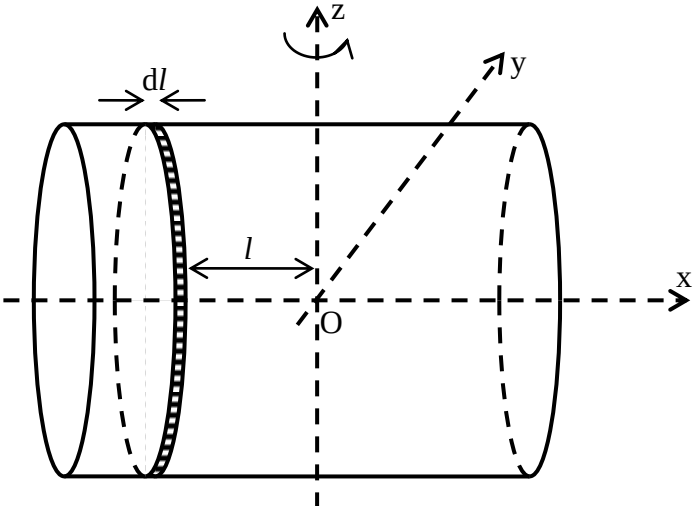
Câu	Nội dung	Điểm
	Từ (2) suy ra: $\sin \alpha \cdot \cos \varphi_1 = \mu \cos \alpha \Rightarrow \cos \varphi_1 = \frac{\mu}{\tan \alpha} = \frac{3\sqrt{3}}{4\pi} \Rightarrow \varphi_1 \approx 1,1445 \text{ rad}$	0,50
	Thay vào (1) ta tính được $v = \sqrt{2gR(\sin \alpha \sin \varphi_1 - \mu \varphi_1 \cos \alpha)} \approx 1,32 \text{ m/s}$.	0,25
	Do T phụ thuộc vào động năng theo (3) nên T đạt giá trị lớn nhất tại một vị trí nào đó trước khi vật đảo chiều chuyển động. Từ (1) và (3) ta có $T = mg \sin \alpha \sin \varphi + \frac{mv^2}{R} = 3mg \sin \alpha \sin \varphi - 2\mu mg \cos \alpha \cdot \varphi. \quad (4)$ Để tìm giá trị lớn nhất của T, ta lấy đạo hàm của T theo φ và đặt bằng 0 $\frac{dT}{d\varphi} = 3mg \sin \alpha \cos \varphi_2 - 2\mu mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow \cos \varphi_2 = \frac{2\mu}{3 \tan \alpha} = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \Rightarrow \varphi_2 \approx 1,29 \text{ rad}.$	0,50
	Thay vào (4), ta tính được: $T = mg(3 \sin \alpha \sin \varphi_2 - 2\mu \varphi_2 \cdot \cos \alpha) \approx 0,0907 \text{ N}$.	0,25
3.	Sau khi vật đảo chiều chuyển động, lực ma sát đổi chiều $mg \sin \alpha \cdot \cos \varphi + \mu mg \cos \alpha = ma_{tt} \quad (5)$ Gia tốc tiếp tuyến của vật bằng 0 khi: $mg \sin \alpha \cdot \cos \varphi_3 + \mu mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow \cos \varphi_3 = -\frac{\mu}{\tan \alpha}$ $\Rightarrow \varphi_3 = (\pi - \varphi_1) \text{ rad} \approx 1,997 \text{ rad}. \text{ Hay } \varphi_3 \approx 114,4^\circ. \varphi_3 \text{ là "vị trí cân bằng" mới.}$ Vị trí vật dừng lại lần đầu tiên cách vị trí φ_3 khoảng $\theta_0 = 5,6^\circ$ Ở các vị trí lệch ít so với vị trí này, $\varphi = \varphi_3 + \theta$ với θ đủ nhỏ, từ (5) ta có: $\begin{aligned} ma_{tt} &= mg \sin \alpha \cdot \cos \varphi + \mu mg \cos \alpha \\ &= mg \sin \alpha \cdot \cos \varphi_3 \cdot \cos \theta - mg \sin \alpha \cdot \sin \varphi_3 \cdot \sin \theta + \mu mg \cos \alpha \\ &\approx -mg \sin \alpha \cdot \sin \varphi_3 \cdot \theta \end{aligned}$ $\Rightarrow \ddot{\theta} + \frac{g \sin \alpha \cdot \sin \varphi_3}{R} \theta = 0 \Rightarrow \text{Chuyển động của vật có thể xem là dao động điều hòa quanh}$ vị trí φ_3 với "biên độ" θ_0 trước khi vật đổi chiều chuyển động lần thứ hai. → Vật dừng lại tại vị trí: $\varphi_4 = \varphi_3 - \theta_0 = 2\varphi_3 - \varphi_0$. Tại vị trí này, thành phần song song với mặt nghiêng vuông góc với dây treo của trọng lực $mg \sin \alpha \cdot \cos \varphi$ nhỏ hơn lực ma sát nghỉ cực đại $\mu mg \cos \alpha$ nên vật ngừng chuyển động. Tổng quãng đường vật đi được cho đến khi dừng lại là: $L = R(2\varphi_0 - \varphi_4) = R(3\varphi_0 + 2\varphi_1 - 2\pi) \approx 0,92 \text{ m}.$	1,00
Câu II (4,0 điểm)		
1.	Gọi khối lượng hơi nước bão hòa ở trạng thái ban đầu là m_1, khối lượng nước là m_2 và số mol không khí là n. Thể tích hỗn hợp hơi nước và không khí ở trạng thái ban đầu là V_1. Áp suất hỗn hợp khí ban đầu là $P_1 = P_{h1} + P_{kk1}$, trong đó $P_{h1} = P_{kk1}$ là áp suất riêng phần của hơi nước bão hòa và không khí ở thời điểm ban đầu. → $P_{h1} = P_{kk1} = P_{bh} = P_1/2$.	1,00

Câu	Nội dung	Điểm
	Không khí tuân theo phương trình trạng thái khí lí tưởng nên trong quá trình đẳng nhiệt: $P_{kk1} \cdot V_1 = P_{kk2} \cdot V_2 \rightarrow P_{kk2} = \frac{V_1}{V_2} P_{kk1} = \frac{P_1}{6}.$ Áp suất hỗn hợp hơi nước và không khí lúc sau là $P_2 = P_1/2$ $\rightarrow$ Áp suất riêng phần của hơi nước: $P_{hn2} = P_1/2 - P_1/6 = P_1/3 < P_{bh}.$ Vậy hơi nước ở trạng thái cuối là hơi khô hay toàn bộ nước trong xi lanh đã hóa hơi hết. Khối lượng hơi nước ở trạng thái cuối $m = m_1 + m_2.$	
2.	Ta có các phương trình trạng thái: $P_{hn1} V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT; \quad P_{hn2} V_2 = \frac{m}{\mu} RT \rightarrow \frac{m}{m_1} = \frac{P_{hn2} V_2}{P_{hn1} V_1} = 2 \rightarrow \frac{m_2}{m_1} = 1.$	1,00
3.	Trước tiên cần tìm trạng thái C mà tại đó nước vừa hóa hơi hết. Gọi thể tích của hệ trong trạng thái này là V_C. Ở trạng thái này nước vừa hóa hơi hết nên áp suất của hơi nước $P_{hnC} = P_{bh} = P_{hn1}$. Khối lượng hơi nước trong trạng thái C là $2m_1$. Ta viết các phương trình trạng thái cho hơi nước và không khí: $P_{hnC} V_C = \frac{2m_1}{\mu} RT; \quad P_{hn1} V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT \rightarrow V_C = 2V_1.$ $P_{kkC} V_C = nRT = P_{kk1} V_1 \rightarrow P_{kkC} = \frac{P_1}{4}.$ Áp suất lên thành bình $P_C = P_{hnC} + P_{kkC} = 3P_1/4.$ + Khi $V_1 \leq V < V_C$ hơi nước là hơi bão hòa, áp suất hơi nước $P_{hn} = P_{bh}$. Áp suất không khí $P_{kk} = P_{kk1} V_1/V$ và áp suất lên thành bình: $P = P_{hn} + P_{kk} = \frac{P_1}{2} \left(1 + \frac{V_1}{V} \right).$ + Khi $V_C \leq V$ hệ chỉ gồm hơi nước và không khí, áp suất lên thành bình: $P = P_{hn} + P_{kk} = P_1 \frac{3V_1}{2V}$ * Ta có đồ thị như hình vẽ:	1,00
		0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	Câu III (4,0 điểm)	
	Ta đi xét các thành phần từ trường trên trục Ox và Oy: $B_x = B_0 \sin \omega t - \frac{1}{2} B_0 \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{2} B_0 \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$ $= B_0 \sin \omega t - \frac{1}{2} B_0 \left[2 \sin \omega t \cdot \cos \frac{2\pi}{3} \right] = \frac{3}{2} B_0 \sin \omega t$ $B_y = -\frac{\sqrt{3}}{2} B_0 \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{\sqrt{3}}{2} B_0 \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$ $= \frac{\sqrt{3}}{2} B_0 \cdot 2 \cos \omega t \cdot \sin \frac{2\pi}{3} = \frac{3}{2} B_0 \cos \omega t$	0,75
1.	$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = \frac{3}{2} B_0$	0,50
2.	$\tan$ góc hợp bởi vectơ $\vec{B}$ và trục Ox: $\tan \varphi = \frac{B_y}{B_x} = \tan \omega t \rightarrow \varphi = \omega t + k\pi (k \in \mathbb{Z})$ Vận tốc góc của vectơ $\vec{B}$ nhận được bằng cách đạo hàm góc φ theo t: $\dot{\varphi} = \omega$; nghĩa là véc tơ $\vec{B}$ quay trong mặt phẳng Oxy với vận tốc góc ω đúng bằng tần số góc của dòng ba pha, theo chiều từ cuộn dây có dòng điện sớm pha sang cuộn dây có dòng điện trễ pha hơn.	0,50
	Trong kỹ thuật, muốn thay đổi chiều quay của động cơ, chỉ cần trao vị trí của 2 trong 3 đầu vào ở ổ cắm của mạng điện ba pha. Việc làm này làm cho tính sớm pha hay trễ pha của các dòng điện trong các cuộn dây thay đổi, từ trường sẽ đảo chiều quay.	0,50
3.a	Từ thông qua khung dây S lúc đó là: $\Phi = \vec{B}\vec{S} = \frac{3}{2} B_0 S \cos \omega t$ Suất điện động cảm ứng trong khung được tính theo công thức: $e = -\dot{\Phi} = \frac{3}{2} B_0 S \omega \sin \omega t$	0,25
	Trong khung dây có điện trở R và độ tự cảm L, xuất hiện dòng tương ứng: $i = \frac{3B_0 S \omega}{2Z} \sin(\omega t - \varphi); \text{ với } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}; \tan \varphi = \frac{\omega L}{R}$ Bỏ qua độ tự cảm L thì: $Z = R$; $\varphi = 0 \Rightarrow i = \frac{3B_0 S \omega}{2R} \sin(\omega t)$; Mômen lực từ tác dụng lên khung: $M_B = BiS \sin \omega t = \frac{9B_0^2 S^2 \omega}{4R} \sin^2 \omega t = \frac{9B_0^2 S^2 \omega}{8R} [1 - \cos(2\omega t)] > 0$	0,75
3.b	* Cho khung dây có thể quay tự do quanh trục đối xứng. Xét khung tại thời điểm khung quay với tốc độ góc ω', từ trường B hợp với pháp tuyến của khung góc α ($0 \leq \alpha \leq \pi$). Từ thông qua khung: $\Phi = \vec{B}\vec{S} = \frac{3}{2} B_0 S \cos \alpha \Rightarrow e = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{3}{2} B_0 S \sin \alpha \cdot \frac{d\alpha}{dt} = \frac{3}{2} B_0 S \sin \alpha \cdot (\omega - \omega')$	

Câu	Nội dung	Điểm
	$\Rightarrow i = \frac{3B_0 S \sin \alpha}{2R} \cdot (\omega - \omega')$ Mômen lực từ tác dụng lên khung: $M_B = BiS \sin \alpha = \frac{9B_0^2 S^2 \sin^2 \alpha}{4R} (\omega - \omega') \geq 0$ Nhận xét: + Vật luôn chuyển động nhanh dần. + Lúc góc lệch α thay đổi từ 0 đến π, ban đầu mômen lực từ tăng dần rồi sau đó giảm dần. Lúc α thay đổi đến π, chiều dòng điện qua vòng dây đổi chiều $\rightarrow$ chiều pháp tuyến thay đổi, góc giữa từ trường B và phương pháp tuyến thay đổi về 0. Quá trình lại lặp lại như trên. + Mômen lực phụ thuộc vào độ lệch giữa tốc độ góc của vòng dây và của từ trường quay. * Vậy: vòng dây chuyển động nhanh dần với gia tốc góc thay đổi liên tục theo thời gian. Gia tốc góc tăng dần từ 0 đến một giá trị cực đại rồi lại giảm dần về 0, sau đó tiếp tục lặp lại các biến đổi tương tự như vậy nhưng giá trị cực đại ngày càng giảm dần còn thời gian thực hiện một biến đổi ngày càng dài (do độ lệch $\omega - \omega'$ giảm dần).	0,75
Câu IV (4,0 điểm)		
1.	Chia khối thành các lớp trụ mỏng. Chiết suất của các lớp trụ coi là không đổi. Tại mặt của lớp trụ cách trục là $(r + dr)$, theo định luật khúc xạ ánh sáng: $n_{r+dr} \sin i_{r+dr} = n_r \sin i'_{r+dr} \quad (1)$ $\Rightarrow n_{r+dr} (r + dr) \sin i_{r+dr} = n_r (r + dr) \sin i'_{r+dr}$ Tại hai mặt của lớp trụ, sử dụng định lý hàm số sin: $\frac{\sin i'_{r+dr}}{\sin i_r} = \frac{r}{r + dr} \Rightarrow n_r (r + dr) \sin i'_{r+dr} = n_r r \sin i_r \quad (2)$ Từ (1) và (2), tổng quát hóa lên ta được: $n_r r \sin i_r = \text{const} = R \sin i$ 	1,00
2.	Áp dụng công thức trên: Để đến được mặt trong của khối thủy tinh thì: $1.R.\sin i = \sqrt{3}.\frac{R}{2}\sin i_R \leq \frac{\sqrt{3}R}{2} \Rightarrow i \leq 60^\circ$	0,25
3.	Để lọt được vào trong hốc rỗng thì $1.R.\sin i = 1.\frac{R}{2}\sin i_R < \frac{R}{2} \Rightarrow i < 30^\circ$	0,25
4.	Ta có: $R.\sin i = n_r r \sin i_r \Rightarrow \sin i_r = \frac{R \sin i}{n_r r} \Rightarrow \tan i_r = \frac{\sqrt{\sin^2 i_r}}{\sqrt{1 - \sin^2 i_r}} = \frac{\sqrt{R^2 \sin^2 i}}{\sqrt{n_r^2 r^2 - R^2 \sin^2 i}}$ Mà dựa vào hình học: $r.d\phi = dr.\tan i_r$ $\Rightarrow d\phi = \frac{\sqrt{R^2 \sin^2 i}}{\sqrt{2r^2 + R^2 \left(\frac{1}{4} - \sin^2 i\right)}} \frac{dr}{r}$	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	* Trường hợp 1: góc tới $i = 30^\circ$ $\Rightarrow d\varphi = \frac{\sqrt{2}R}{4r^2} dr \Rightarrow \Delta\varphi = 2 \int_{R/2}^R \frac{\sqrt{2}R}{4r^2} dr = \frac{\sqrt{2}}{2}$ Góc lệch giữa tia tới và tia ló là: $\alpha = \pi - \Delta\varphi - 2i = \frac{2\pi}{3} - \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 1,39 \text{ rad.}$ 	1,00
	* Trường hợp 2: góc tới $i = 60^\circ$. $\Rightarrow d\varphi = \frac{R^2 \sin^2 i}{2r^2 + R^2 \left(\frac{1}{4} - \sin^2 i \right)} \frac{dr}{r} = \sqrt{\frac{3R^2}{8r^2 - 2R^2}} \frac{dr}{r}$ $\Rightarrow \Delta\varphi = 2 \int_{R/2}^R \sqrt{\frac{3R^2}{8r^2 - 2R^2}} \frac{dr}{r} = \sqrt{6} \int_{R/2}^R \frac{1}{\sqrt{\frac{4r^2}{R^2} - 1}} \frac{dr}{r}$ Đặt: $t = \sqrt{\frac{4r^2}{R^2} - 1} \Rightarrow dt = \frac{8rdr}{R^2 \sqrt{\frac{4r^2}{R^2} - 1}} \Rightarrow dr = \frac{R^2 \sqrt{\frac{4r^2}{R^2} - 1}}{8r} dt$ $\Delta\varphi = \sqrt{6} \int_0^{\sqrt{3}} \frac{R^2 dt}{8r^2} = \sqrt{6} \int_0^{\sqrt{3}} \frac{dt}{2(t^2 + 1)} = \frac{\sqrt{6}}{2} \arctan(t) \Big _0^{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{6}\pi}{6}$ Tương tự ở trên ta tính được: $\alpha = 2\pi - \Delta\varphi - 2i = \frac{8 - \sqrt{6}}{6} \pi \approx 2,91 \text{ rad.}$ 	1,00
Câu V (4,0 điểm)		
a.	Bố trí thí nghiệm như hình vẽ:  Cố định vị trí đặt khung dây (thẳng đứng) và vị trí treo nam châm trên trục của khung dây.	0,75

Câu	Nội dung	Điểm
b.	2. Từ trường tại vị trí treo nam châm gồm: $\vec{B} = \vec{B}_d + \vec{B}_{TD}$ với $\vec{B}_d \sim N \cdot I$, có thể viết dưới dạng $\vec{B}_d = A \cdot I$ trong đó A là hằng số phụ thuộc vào vị trí, số vòng dây và bán kính R, I là dòng điện chạy qua khung. Chọn phương $\vec{B}_d // \vec{B}_{TD}$ ta có $B = B_d + B_{TD} = A \cdot I + B_{TD}$ Phương trình dao động $\vec{M} = I_{qt} \vec{\gamma}$ hay $\mu B \alpha = -I_{qt} \gamma \rightarrow \alpha'' + \frac{\mu B}{I_{qt}} \alpha = 0$ Chu kỳ dao động $T = 2\pi \sqrt{\frac{I_{qt}}{\mu B}}$ từ đó: $\frac{1}{T^2} = \frac{\mu}{4\pi^2 I_{qt}} (B_d + B_{TD}) = \frac{\mu}{4\pi^2 I_{qt}} B_d + \frac{\mu}{4\pi^2 I_{qt}} B_{TD}$ Đặt $x = I$ (cường độ dòng điện) và $y = \frac{1}{T^2}$ ta có $y = ax + b$ trong đó $a = \frac{\mu A}{4\pi^2 I_{qt}}$, $b = \frac{\mu}{4\pi^2 I_{qt}} B_{TD}$ Đồ thị có dạng như hình vẽ bên: 	1,50
c.	Mô men từ của thỏi nam châm $\mu = \frac{4\pi^2 I_{qt}}{B_{TD}} b$; các hệ số a và b có thể được xác định bằng phương pháp đồ thị hoặc phương pháp bình phương tối thiểu. * Biểu thức mô men quán tính I_{qt} Mô men quán tính đối với trục ox: $I_x = \frac{MR^2}{2} \text{ . Chú ý } I_y = I_z \text{ .}$ Chia thành các đĩa mỏng và dùng định lý Huyghen-Steiner tính mô men quán tính của đĩa mỏng đối với trục oz và oy 	1,00

Câu	Nội dung	Điểm
	$dI_z = dI_y = \frac{R^2 dm}{4} + \ell^2 dm$ $I_z = I_y = 2 \int_0^L dI_y = m \left(\frac{R^2}{4} + \frac{\ell^2}{12} \right) = I_{qt}$	
d.	4. Nguyên nhân gây sai số - Tùy theo độ lớn của I_{qt}. Nếu I_{qt} lớn, dao động không rõ rệt $\Rightarrow$ cần hỗ trợ B_d khung dây (tăng dòng)... - Từ trường TĐ không đồng nhất trong khu vực đo.	0,75