

- Hai cuộn dây quấn vuông góc nhau: một cuộn quấn dọc xuyên lõi gọi là cuộn điều chế, một cuộn quấn quanh thành ngoài gọi là cuộn tín hiệu.

Hoạt động:

Khi cho dòng điện xoay chiều có tần số không quá cao chạy qua cuộn điều chế thì độ từ thẩm μ của lõi biến thiên theo thời gian.

Đặt biến từ công từ vào vùng từ trường đều do cuộn Hem-hôn (xem mô tả bên dưới) tạo ra. Lúc đó, giữa hai đầu cuộn tín hiệu xuất hiện một điện áp xoay chiều có biên độ E_0 tỷ lệ thuận với thành phần cường độ từ trường H_x dọc theo trục của lõi biến từ công từ. Khi không có từ trường ngoài (đã khử từ trường Trái Đất) nhưng vẫn giữ dòng xoay chiều trong cuộn điều chế, ta thấy điện áp trên cuộn tín hiệu cũng tắt theo.

Cuộn Hem-hôn (Helmholtz):

Cuộn Hem-hôn là thiết bị có thể tạo ra một vùng có từ trường đều trong lòng của nó khi có dòng điện chạy qua. Cường độ từ trường do cuộn Hem-hôn tạo ra liên hệ với cường độ I của dòng điện chạy trong nó theo công thức $H = \alpha I$, trong đó α là hằng số.

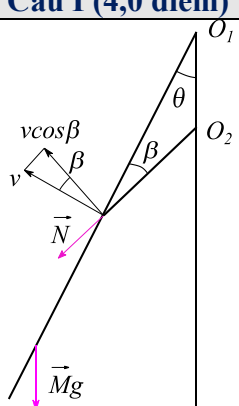
1. Hãy giải thích nguyên tắc hoạt động của biến từ công từ. Thành lập công thức tính E_0 phụ thuộc vào H_x .

2. Trong công thức tính E_0 tìm được ở ý 1, hệ số tỷ lệ được gọi là độ nhạy của biến từ công từ. Sử dụng các thiết bị dưới đây, hãy nêu cách bố trí thí nghiệm, thu thập và xử lý số liệu thực hành để xác định độ nhạy của biến từ công từ.

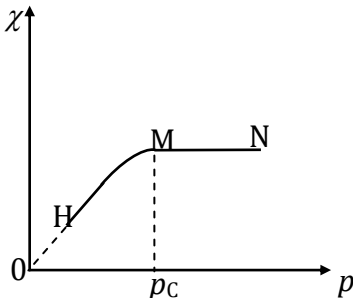
Thiết bị:

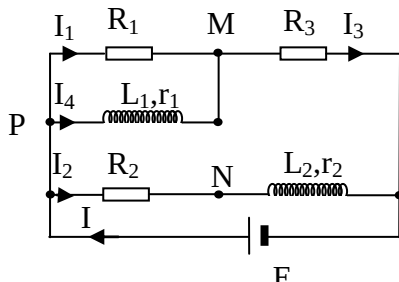
- Biến từ công từ;
- Cuộn Hem-hôn (đã biết hệ số α) có kích thước đủ lớn để có thể đặt biến từ công từ vào trong vùng có từ trường đều;
- La bàn;
- Nguồn điện một chiều có thể điều chỉnh hiệu điện thế ra, biến trở;
- Khuếch đại lock-in (là một dụng cụ có thể đo biên độ của tín hiệu điện áp xoay chiều có độ nhạy cao, lọc nhiễu rất tốt, điện trở lối vào rất lớn đủ để coi là hở mạch);
- Am-pe kế một chiều;
- Máy phát âm tần có thể đặt tần số, biên độ của điện áp ra;
- Các dụng cụ để treo, cố định biến từ công từ và cuộn Hem-hôn, các dây dẫn điện, dây đo.

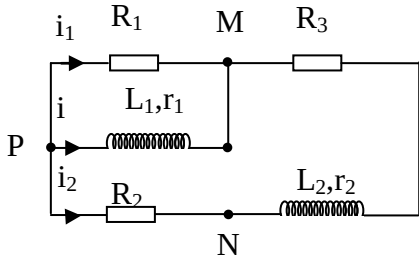
II. Đáp án - thang điểm

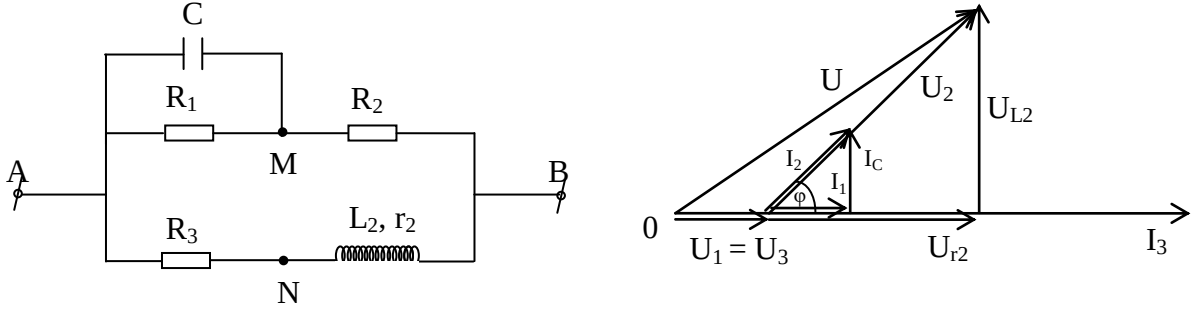
Câu	Nội dung	Điểm
	Câu I (4,0 điểm)	
1.		0,25
	Xét phương trình mô-men tác dụng lên thanh của đối với trục quay O_1 . Ta có:	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	$N.d_N = 2MgR \sin \theta \rightarrow d_N = R \sin \beta = R \frac{\frac{R}{2} \sin \theta}{\ell} = \frac{R^2}{2\ell} \sin \theta \Rightarrow N = \frac{4Mg\ell}{R}$	
	$\ell^2 = R^2 + \frac{R^2}{4} - 2R \frac{R}{2} \cos \theta \rightarrow \ell = \frac{R}{2} \sqrt{5 - 4 \cos \theta}$ $\Rightarrow N = \frac{4Mg}{R} \frac{R}{2} \sqrt{5 - 4 \cos \theta} = 2Mg \sqrt{5 - 4 \cos \theta}$	0,25
	Ta có $U = \frac{1}{2} k(\ell - \ell_o)^2 - 2MgR \cos \theta$ với $\ell = \frac{1}{2} R \sqrt{5 - 4 \cos \theta}$	0,25
	$\Rightarrow \frac{dU}{d\theta} = \frac{1}{2} R \left(4Mg + kR - \frac{2k\ell_o}{\sqrt{5 - 4 \cos \theta}} \right) \sin \theta = 0$ Cửa có các vị trí cân bằng tại: $\sin \theta = 0$ và $\left(4Mg + kR - \frac{2k\ell_o}{\sqrt{5 - 4 \cos \theta}} \right) = 0$	0,25
	Cân bằng trong câu hỏi ứng với trường hợp sau, tại đó ta có $\Rightarrow \left. \frac{d^2 U}{d\theta^2} \right _{\frac{dU}{d\theta}=0} = \frac{2Rk\ell_o \sin^2 \theta}{(5 - 4 \cos \theta)^{3/2}} > 0. \text{ Vậy cân bằng là cân bằng bền.}$	0,25
2.	Do tính liên tục của hàm thế năng nên dễ dàng suy ra cân bằng tại $\theta = 0$ là cân bằng không bền và từ góc $\theta = 0$ đến góc cân bằng bền θ không còn vị trí cân bằng nào khác. Khi mở chốt cửa xe, chỉ cần một tác động nhỏ, cửa xe sẽ trôi từ cân bằng không bền về cân bằng bền	0,25
	Để xe tự mở cửa đến vị trí nằm ngang, ta có: $4Mg + kR - \frac{2k\ell_o}{\sqrt{5 - 4 \cos \theta}} = 0$ khi $\theta = \theta_o$ $k = \frac{4Mg}{\frac{2\ell_o}{\sqrt{5 - 4 \cos \theta_o}} - R} \quad \text{hoặc} \quad \ell_o = \frac{(4Mg + kR)\sqrt{5 - 4 \cos \theta_o}}{2k}$	0,25
3.	Như ta thấy, khi trục pit-tông song song với cửa xe ta có vị trí cân bằng không bền. Để có cơ chế như câu hỏi, ta cần phải làm vị trí cân bằng này dịch tới vị trí θ_c . Có nhiều cách để thực hiện điều này.	0,25
		0,25
4a.	Xét chuyển động của điểm nối theo phương vuông góc với pittông ta có $\omega_1 \ell = \omega_2 R \cos \beta$	0,25
	Ta có: $\frac{R^2}{4} = R^2 + \ell^2 - 2R\ell \cos \beta \Rightarrow \cos \beta = \frac{2 - \cos \theta}{\sqrt{5 - 4 \cos \theta}} \Rightarrow \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\ell}{R \cos \beta} = \frac{5 - 4 \cos \theta}{2(2 - \cos \theta)}$	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
4b.	$E = \frac{1}{2} I \omega_1^2 - Mg2R \cos \theta + \frac{1}{2} k (\ell - \ell_o)^2$	0,25
	Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng ta có: $\frac{dE}{dt} = 0$ $I \omega_1 \gamma_1 + Mg2R \sin \theta \cdot \omega_1 + \frac{d}{dt} \left(k (\ell - \ell_o)^2 \right) = 0$	0,25
	$I \gamma_1 + Mg2R \sin \theta + k \left(\frac{R}{2} - \frac{\ell_o}{\sqrt{5-4 \cos \theta}} \right) R \sin \theta = 0$	0,25
	$\gamma_1 = \frac{\left(k \left(\frac{\ell_o}{\sqrt{5-4 \cos \theta}} - \frac{R}{2} \right) - 2Mg \right) R \sin \theta}{I}$	0,25
Câu II (4 điểm)		
1	Xét một lớp khí có nhiệt độ xác định: Có $pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \rho = \frac{p\mu}{RT} = \frac{p\mu}{k_B N_A T}$.	0,25
	Khi áp suất của lớp khí $p > p_c$ khí trong thành bình không được coi là chân không nên $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} d^2 \pi n} = \frac{k_B T}{\sqrt{2} d^2 \pi p}$	0,25
	$\Rightarrow \chi = \frac{1}{3} \rho c_v \bar{v} \bar{\lambda} = \frac{1}{3} \frac{p\mu}{RT} c_v \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \frac{1}{\sqrt{2} d^2 \pi n} = \frac{1}{3} \frac{c_v}{\sqrt{2} \pi d^2} \sqrt{\frac{8k_B \mu T}{\pi N_A}} \notin p$ Như vậy khi $p > p_c$ thì hệ số dẫn nhiệt sẽ không phụ thuộc vào áp suất của lớp khí (ứng với đoạn MN trên hình 2).	0,25
	Hệ số dẫn nhiệt của lớp khí sẽ phụ thuộc vào áp suất khi khí trong thành bình đủ loãng để được coi là chân không khi đó $\bar{\lambda} \geq (r_2 - r_1)$	0,25
	Khi này sẽ lấy $\bar{\lambda} = (r_2 - r_1)$, dẫn đến $\chi = \frac{1}{3} \rho c_v \bar{v} \bar{\lambda} = \frac{1}{3} p c_v (r_2 - r_1) \sqrt{\frac{8\mu}{\pi k_B N_A T}} \in p$, ứng với đoạn MH trên hình 2.	0,25
		
	Từ điều kiện $\bar{\lambda} \geq (r_2 - r_1) \Rightarrow$ $\Leftrightarrow \frac{k_B T}{\sqrt{2} d^2 \pi p} \geq (r_2 - r_1) \Leftrightarrow p \leq \frac{k_B T}{\sqrt{2} d^2 \pi (r_2 - r_1)} \Rightarrow p_c = \frac{k_B T}{\sqrt{2} d^2 \pi (r_2 - r_1)}$	0,25

Câu	Nội dung	Điểm	
2a	Tại chính giữa thành bình khí có nhiệt độ $T = \frac{T_t + T_n}{2} = 323\text{K}$, trong đó T_t, T_n nhiệt độ nước trong bình và nhiệt độ môi trường. Khi này ta có: $p_c = 1,67.10^{-2}\text{ mmHg}$.	0,25	
	+ Khi $p_1 = 10\text{ mmHg} > p_c$ $\Rightarrow \bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}d^2\pi n} \Rightarrow \chi_1 = \frac{1}{3}\rho c_v \bar{v}\bar{\lambda} = \frac{1}{3}\frac{c_v}{\sqrt{2}\pi d^2}\sqrt{\frac{8k_B\mu T}{\pi N_A}} = 1,397.10^{-2}\frac{\text{W}}{\text{m.K}}$	0,25	
	+ Khi $p_1 = 10^{-4}\text{ mmHg} < p_c$ $\Rightarrow \bar{\lambda} = r_2 - r_1 \Rightarrow \chi_2 = \frac{1}{3}\rho c_v \bar{v}\bar{\lambda} = \frac{1}{3}p c_v (r_2 - r_1)\sqrt{\frac{8\mu}{\pi k_B N_A T}} = 8,35.10^{-5}\frac{\text{W}}{\text{m.K}}$	0,25	
	Như vậy mật độ dòng nhiệt qua lớp khí chính giữa thành bình lần lượt là $j_1 = \chi_1 \frac{T_1 - T_2}{r_2 - r_1} = 167,7\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ $j_2 = \chi_2 \frac{T_1 - T_2}{r_2 - r_1} = 1\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	0,25	
	Nhận xét : $j_2 \ll j_1$, vậy khi áp suất của khí trong thành bình đủ nhỏ để khí trong thành bình được coi là chân không như thì sự dẫn nhiệt qua thành bình rất ít, vì thế để bình giữ nhiệt tốt thì chúng ta sẽ hút khí trong thành bình sao cho khí trong thành bình đủ loãng để trở thành chân không vật lý.	0,25	
2b	Nhiệt lượng truyền ra khỏi lớp khí có bán kính r_2 trong thời gian dt bằng với nhiệt lượng mà nước nóng trong bình mất đi trong thời gian dt (học sinh có thể chọn lớp khí ở bán kính khác vẫn cho điểm tối đa) $\Rightarrow \delta Q = \delta Q'$	0,25	
	$\Leftrightarrow \chi \frac{T_t - T_n}{r_2 - r_1} S \cdot dt = -mc \cdot dT_t \Leftrightarrow \frac{1}{3}\rho c_v \sqrt{\frac{8RT_n}{\pi\mu}}(r_2 - r_1) \frac{T_t - T_n}{r_2 - r_1} 2\pi r_2 h \cdot dt = -mc \cdot dT_t$	0,25	
	$\Rightarrow dt = -\frac{3mc}{2\rho c_v \pi r_2 h} \sqrt{\frac{\pi\mu}{8RT_n}} \frac{dT_t}{T_t - T_n}$	0,25	
	Dẫn đến $t = -\frac{3mc}{2\rho c_v \pi r_2 h} \sqrt{\frac{\pi\mu}{8k_B N_A T_n}} \ln T_t - T_n \Big _{353}^{313}, T_n = 293\text{K}$	0,25	
	Thay số vào, có $t = 14,65\text{ h}$	0,25	
Câu III (4 điểm)			
1a.	Mạch ổn định, các cuộn dây coi như các điện trở thuần có điện trở r_1, r_2 . Giả sử chiều dòng điện qua các điện trở như hình vẽ. $I_2 = \frac{E}{R_2 + r_2} = \frac{12}{60} = 0,2\text{A}$		0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	$R_{PMR_3} = \frac{R_1 r_1}{R_1 + r_1} + R_3 = 60\Omega \Rightarrow I_3 = \frac{E}{R_{PMR_3}} = \frac{12}{60} = 0,2A$	0,25
	$I = I_2 + I_3 = 0,4A$	0,25
	$I_1 R_1 = I_4 r_1 \Rightarrow I_4 = \frac{I_1 R_1}{r_1} = 2I_1; I_1 + I_4 = I_3 \Rightarrow I_1 = \frac{2}{30}A; I_4 = \frac{4}{30}A.$	0,25
1b.	Tại thời điểm bắt đầu mở khóa K, $t = 0$ dòng qua các điện trở r_1, r_2 chưa kịp thay đổi, do đó ta có: $i_2(0) = 0,2A; i(0) = \frac{4}{30}A.$ Xét dòng qua các điện trở tại thời điểm t bất kì. Giả sử chiều dòng điện như hình vẽ. Ta có hệ phương trình: 	0,25
	$\begin{cases} i + i_1 + i_2 = 0 \\ i_1 R_1 = i r_1 + L_1 i' \\ i r_1 + L_1 i' = i_2 (R_2 + r_2 + R_3) + L_2 i_2' \end{cases} \quad (1)$	0,25
	$\begin{cases} i_1 = -i - i_2 \\ 60i_1 = 30i + 0,2i' \\ 30i + 0,2i' = 100i_2 + 2i_2' \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0,2i' + 90i + 60i_2 = 0 \\ 2i_2' + 100i_2 - 0,2i' - 30i = 0 \end{cases} \quad (2)$	0,25
	$i'' + 530i' + 27000i = 0 \quad (3)$	
	Xác định điều kiện ban đầu đối với dòng qua điện trở r_1. $i(0) = \frac{4}{30}; i'(0) = -120.$	0,25
	Sử dụng nghiệm theo đề bài: $i(t) = A_1 e^{-(265+5\sqrt{1729})t} + A_2 e^{-(265-5\sqrt{1729})t}.$	0,25
	$A_1 = \frac{1729+127\sqrt{1729}}{25935}, A_2 = \frac{1729-127\sqrt{1729}}{25935}$	0,25
1c.	Giai đoạn 1, do hiện tượng tự cảm (xuất hiện lần 1) dòng $i(t)$, cùng chiều (gọi là chiều dương) với dòng điện ban đầu $i(0) = I_4 = \frac{4}{30}$. Do đó dòng $i(t)$ dương và sẽ giảm đến 0.	0,25
	Giai đoạn 2, khi dòng $i(t) = 0$, thì một phần dòng $i_2(t)$ (đang giảm) sẽ chạy qua điện trở r_1 và phần còn lại vẫn tiếp tục chạy qua R_1, lúc này $i(t)$ ngược chiều dương (mang giá trị âm) và giá trị tăng dần. Do hiện tượng tự cảm (xuất hiện lần 2) trong cuộn dây L_1 để chống lại sự tăng cường độ của dòng $i(t)$, nên dòng $i(t)$ tăng đến khi đạt cực đại và sau đó $i(t)$ giảm. Giai đoạn 3, dòng $i_2(t)$ và $i(t)$ cùng giảm đến 0 khi thời gian đủ lớn.	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
2.	 $U_{MN} = 0$, nên ta có: $u_C = u_1 = u_3; u_2 = u_{NB} = u_{rL} \Leftrightarrow U_C = U_1 = U_3; U_2 = U_{NB} = U_{rL}$ Giản đồ véc tơ cho mạch điện có thể được biểu diễn như hình vẽ:	0,25
	Nhánh mạch thứ nhất gồm $(C//R_1)$ nt R_2, nên ta có: $\frac{1}{Z_{RC}} = \frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{Z_C^2}$ Từ giản đồ: $\tan \varphi = \frac{U_{L_2}}{U_{r_2}} = \frac{I_C}{I_1} \Rightarrow \frac{Z_{L_2}}{r_2} = \frac{R_1}{Z_C} \Rightarrow Z_{L_2} = r_2 \frac{R_1}{Z_C} \Rightarrow L_2 = r_2 \cdot R_1 \cdot C$ (1)	0,25
	Mặt khác $U_{MN} = 0 \Rightarrow \frac{U_{AM}}{U_{AN}} = \frac{U_{MB}}{U_{NB}} \Leftrightarrow \frac{U_1}{U_3} = \frac{U_2}{U_{rL}} \Leftrightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{U_{rL}}{U_3}$ $\frac{R_2}{Z_{LC}} = \frac{Z_{rL}}{R_3} \Leftrightarrow \left(\frac{R_2}{Z_{LC}}\right)^2 = \left(\frac{Z_{rL}}{R_3}\right)^2 \Leftrightarrow R_2^2 \frac{Z_C^2 + R_1^2}{Z_C^2 \cdot R_1^2} = \frac{r_2^2}{R_3^2} \frac{Z_C^2 + R_1^2}{Z_C^2} \Rightarrow r_2^2 = R_2^2 \frac{R_3^2}{R_1^2} \Rightarrow r_2 = \frac{R_2 R_3}{R_1}$ (2)	0,25
	Thay (2) vào (1) và thay số: $r_2 = \frac{R_2 R_3}{R_1} = 36,67 \Omega; L_2 = R_2 R_3 C = 0,44 H$	0,25
Câu IV		
1a)	F có dạng $F(\varepsilon_0, m_e, e, \hbar) = \varepsilon_0^\alpha m_e^\beta e^\gamma \hbar^\delta$	0,25
	Thứ nguyên của các đại lượng trong biểu thức là $[\varepsilon_0] = C^2 M^{-1} L^{-3} T^2; [m_e] = M;$	0,25
	$[e] = C; [\hbar] = M \cdot L^2 T^{-1}.$	0,25
	Cân bằng thứ nguyên hai vế $ML^2 T^{-2} = (C^2 M^{-1} L^{-3} T^2)^\alpha M^\beta C^\gamma (ML^2 T^{-1})^\delta = C^{2\alpha+\gamma} M^{-\alpha+\beta+\delta} L^{-3\alpha+2\delta} T^{2\alpha-\delta}$	0,25
	thu được hệ phương trình : $\begin{cases} 2\alpha + \gamma = 0 \\ -\alpha + \beta + \delta = 1 \\ -3\alpha + 2\delta = 2 \\ 2\alpha - \delta = -2 \end{cases}$	0,25
	Giải hệ thu được $\alpha = -2; \beta = 1; \gamma = 4; \delta = -2$. Do đó $F = \frac{m_e e^4}{\varepsilon_0^2 \hbar^2} \rightarrow E_n = -\frac{m_e e^4}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2}.$ (Thí sinh có thể làm bài bằng cách phân tích đơn vị đo, nếu đúng vẫn được đủ điểm)	0,25
1b)	Photon phát ra khi electron chuyển từ quỹ đạo n về trạng thái cơ bản có bước sóng $\lambda_n = \frac{hc}{E_n - E_1}$	0,25
	$E_n - E_1 = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \rightarrow \lambda_n = \frac{2\pi \hbar c}{\frac{m_e e^4}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2} \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)}$	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
2a.	Ở nhiệt độ nhất định, các nguyên tử chuyển động với tốc độ trung bình v theo các hướng khác nhau. Do nguyên tử chuyển động, bước sóng của photon phát ra tăng hoặc giảm do hiệu ứng Doppler.	0,25
	Khi photon bay ra cùng hướng với vận tốc của nguyên tử hiđrô, photon thu được có bước sóng $\lambda_n^c = \lambda_n \sqrt{\frac{c-v}{c+v}}$	0,25
	Khi photon bay ra ngược hướng với vận tốc của nguyên tử hiđrô, photon thu được có bước sóng $\lambda_n^n = \lambda_n \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$	0,25
	Độ rộng vạch phổ $\Delta\lambda_n^D = \lambda_n \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - \lambda_n \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} = \lambda_n \left(\sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \right)$ $\rightarrow \Delta\lambda_n^D = \lambda_n \frac{2v}{\sqrt{c^2 - v^2}}$; $v \ll c$, lấy gần đúng ta được $\Delta\lambda_n^D \approx \lambda_n \frac{2v}{c}$ (Thí sinh có thể sử dụng điều kiện $v \ll c$ ngay từ đầu tính ra $\lambda_n^c = \lambda_n \left(1 - \frac{v}{c} \right)$ và $\lambda_n^n = \lambda_n \left(1 + \frac{v}{c} \right)$ rồi tính được $\Delta\lambda_n^D \approx \lambda_n \frac{2v}{c}$ vẫn được đủ điểm).	0,25
2b.	Độ bất định về năng lượng: $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar \rightarrow \Delta E \geq \frac{\hbar}{\Delta t}$. Lấy $\Delta t = \tau \rightarrow \Delta E \geq \frac{\hbar}{\tau}$	0,25
	$E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow dE = -hc \frac{d\lambda}{\lambda^2}$ Độ bất định về bước sóng: $\Delta\lambda = \lambda^2 \frac{\Delta E}{hc} \rightarrow \Delta\lambda_n^H \geq \frac{\lambda_n^2}{2\pi c\tau} \rightarrow (\Delta\lambda_n^H)_{\min} = \frac{\lambda_n^2}{2\pi c\tau}$	0,25
2c.	Nếu nguyên tử hiđrô đứng yên khi phát xạ ra photon, thì năng lượng toàn phần của nguyên tử biến đổi $\Delta E = (m_0 - m'_0)c^2 = hf_n = \frac{hc}{\lambda_n}$, trong đó m_0 và m'_0 lần lượt là khối lượng nghỉ của nguyên tử hiđrô trước và sau khi phát ra photon; f_n và λ_n là tần số và bước sóng của photon phát ra khi nguyên tử hiđrô được coi là đứng yên. Năng lượng của nguyên tử đứng yên trước khi phát ra photon là: $E = m_0 c^2$ Nếu sau khi phát ra photon mà nguyên tử hiđrô chuyển động thì năng lượng tương đối tính của nguyên tử sau khi phát xạ ra photon là $E' = \sqrt{p^2 c^2 + m'^2_0 c^4}$ với p là động lượng của nguyên tử sau khi phát xạ ra photon. Khi tính đến chuyển động giật lùi của nguyên tử hiđrô thì tần số photon phát ra không còn là f_n nữa mà là f. Theo định luật bảo toàn động lượng thì $p = \frac{hf}{c}$ Theo định luật bảo toàn năng lượng $E' + hf = E \rightarrow \sqrt{p^2 c^2 + m'^2_0 c^4} + hf = m_0 c^2$	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	$\rightarrow p^2 c^2 + m_0'^2 c^4 = (m_0 c^2 - hf)^2 \rightarrow p^2 c^2 + m_0'^2 c^4 = m_0^2 c^4 - 2m_0 c^2 hf + (hf)^2$ Với chú ý $p = \frac{hf}{c} \rightarrow (pc)^2 = (hf)^2$ $\rightarrow hf = \frac{(m_0^2 - m_0'^2) c^4}{2m_0 c^2} = \frac{(m_0 + m_0')(m_0 - m_0') c^4}{2m_0 c^2}$ $\rightarrow hf = \Delta E \left[1 - \frac{\Delta E}{2m_0 c^2} \right] \rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_n} \left[1 - \frac{\Delta E}{2m_0 c^2} \right] \rightarrow \frac{\lambda_n}{\lambda} = 1 - \frac{\Delta E}{2m_0 c^2} \rightarrow \lambda = \frac{\lambda_n}{1 - \frac{\Delta E}{2m_0 c^2}}$ $\rightarrow 1 - \frac{\lambda_n}{\lambda} = 1 - \left[1 - \frac{\Delta E}{2m_0 c^2} \right]$ $\Delta \lambda_n = \frac{hc}{2m_0 c^2 - \Delta E} = \frac{hc}{2m_0 c^2 - \frac{hc}{\lambda_n}} = \frac{\lambda_n hc}{2m_0 c^2 \lambda_n - hc}$ (Thí sinh có thể sử dụng các công thức cơ học cổ điển để giải vẫn được đủ điểm)	0,25
Câu V (4 điểm)		
1	Khi có dòng điện xoay chiều chạy trong cuộn điều chế, lõi từ sẽ thực hiện đường từ trễ. Từ trễ của lõi trong một nửa chu kỳ có thể chia làm hai giai đoạn. Giai đoạn chưa bão hòa và giai đoạn bão hòa. Ở giai đoạn chưa bão hòa, độ từ thẩm tương đối của lõi rất lớn. Ở giai đoạn bão hòa thì độ từ thẩm tương đối của lõi bằng một. Như vậy, bằng cách điều chế, ta đã làm cho độ từ thẩm của lõi phụ thuộc vào thời gian. Khi tần số dòng điều chế không lớn, suất điện động cảm ứng trên cuộn tín hiệu là:	
	$e(t) = N.S. \frac{dB_x}{dt}$	0,25
	$e(t) = N.S. \frac{d(\mu_o \mu_e H_x)}{dt} = N.S. \mu_o \cdot H_x \cdot \frac{d\mu_e}{dt}$	0,25
	Biên độ: $E_o = N.S. \mu_o \cdot \left(\frac{d\mu_e}{dt} \right)_{\max} H_x = k.H_x$	0,25
	Như vậy ta thấy, suất điện động xuất hiện trên cuộn tín hiệu tỷ lệ thuận với từ trường ngoài H_x. Đây chính là nguyên tắc hoạt động của biến từ công từ.	0,25
2	Xác định độ nhạy của biến từ: - Bước 1: Kết nối hệ đo: + Đặt cuộn Hem-hôn vuông góc với phương Bắc-Nam định hướng bởi la bàn. + Đặt biến từ vào vùng có từ trường đều bên trong cuộn Hem-hôn. + Nối máy phát âm tần vào cuộn điều chế để phát dòng điều chế cho biến từ. + Nối lock-in vào cuộn tín hiệu để đo E_o. + Nối cuộn Hem-hôn nối tiếp với Am-pe kế rồi mắc vào nguồn một chiều để cấp dòng tạo từ trường trong cuộn Hem-hôn.	0,25
	- Bước 2: Hiệu chỉnh để cực đại hóa biên độ tín hiệu E_o đo được trên lock-in: + Giữ nguyên dòng qua cuộn Hem-hôn. Dòng này phải đủ lớn để đo được E_o trên lock-in rõ ràng.	0,25
	+ Song song hóa từ trường ngoài do cuộn Hem-hôn tạo ra với trục cảm biến: thay đổi	0,25

Câu	Nội dung	Điểm																		
	góc định hướng của biến tử để tìm vị trí sao cho E_o cực đại.																			
	+ Tìm dòng điều chế thích hợp: Điều chỉnh máy phát âm tần để E_o đo được cực đại. Cần làm các bước sau (Học sinh trình bày một trong các cách tối ưu sau được tối đa ý này): + Thay đổi tần số phát của máy phát âm + Thay đổi biên độ phát của máy phát âm tần. + Thay đổi biên độ phát của máy phát âm tần.	0,25																		
	- Bước 3: Tiến hành đo đạc.	0,25																		
	<table><tr><th>Dòng điện qua cuộn Hem-hôn (I) I</th><th>Cường độ từ trường ngoài $H = \alpha . I$</th><th>Biên độ suất điện động của cuộn tín hiệu. E_o</th><th>Biên độ trung bình $\bar{E}_o$</th></tr><tr><td></td><td></td><td>Lần 1</td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td></td><td></td><td>Lần 2</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Lần 3</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Lần 1</td><td></td></tr></table>	Dòng điện qua cuộn Hem-hôn (I) I	Cường độ từ trường ngoài $H = \alpha . I$	Biên độ suất điện động của cuộn tín hiệu. E_o	Biên độ trung bình $\bar{E}_o$			Lần 1				Lần 2			Lần 3			Lần 1		0,25
Dòng điện qua cuộn Hem-hôn (I) I	Cường độ từ trường ngoài $H = \alpha . I$	Biên độ suất điện động của cuộn tín hiệu. E_o	Biên độ trung bình $\bar{E}_o$																	
		Lần 1																		
		Lần 2																		
		Lần 3																		
		Lần 1																		
	- Bước 4: Vẽ đồ thị $\bar{E}_o (H_x)$ Nếu không khử được hết hoặc không khử từ trường Trái Đất thì đồ thị cắt trục hoành tại điểm khác không. Tuy nhiên điều này không ảnh hưởng đến độ dốc của đồ thị nên vẫn chấp nhận. 	0,25																		
	- Bước 5: Độ nhạy của biến tử chính là hệ số góc của đồ thị này. Nêu phương pháp tính k bằng đồ thị. Yêu cầu thí sinh nắm được các bước xử lý số liệu bằng đồ thị.	0,25																		