

II. ĐÁP ÁN - THANG ĐIỂM

Câu	Nội dung	Điểm
Câu I (4,0 điểm)		
1.	Gọi v, v' là vận tốc của khối hàng trước và ngay sau va chạm với con quay. Định luật bảo toàn moment xung lượng $Mv' \left(r + \frac{b}{2} \right) + nI \frac{v'}{r} + I \frac{v}{r} = Mv \left(r + \frac{b}{2} \right) + nI \frac{v}{r} \Rightarrow v' = \frac{M \left(r + \frac{b}{2} \right) + \frac{nI}{r} - \frac{I}{r}}{M \left(r + \frac{b}{2} \right) + \frac{nI}{r}} v = a_1 v \quad (1)$	0,50
	Với $n = \frac{b}{a}$. Gọi v'' là vận tốc của khối hàng trước khi va chạm với con quay tiếp theo. Định luật bảo toàn năng lượng $Mga \sin \alpha = \frac{nI}{2} (\omega''^2 - \omega'^2) + \frac{M}{2} (v''^2 - v'^2) = \frac{1}{2} \left(\frac{nI}{r^2} + M \right) (v''^2 - v'^2)$ $\Rightarrow v''^2 - v'^2 = \frac{2Mga \sin \alpha}{\frac{nI}{r^2} + M} = b_1 \quad (2)$	0,50
	Từ (1) và (2) suy ra: $v'' = \sqrt{a_1^2 v^2 + b_1}$ Ta có: $v_1 = \sqrt{b_1}; \quad v_2 = \sqrt{a_1^2 b_1 + b_1}; \quad v_3 = \sqrt{a_1^2 (a_1^2 b_1 + b_1) + b_1} = \sqrt{b_1 (a_1^4 + a_1^2 + 1)}$	0,50
	Sử dụng công thức $\sum_{i=0}^m x^i = \frac{x^{m+1} - 1}{x - 1}$ ta có vận tốc của khối hàng ở lần va chạm thứ m $v_m = \sqrt{\frac{b_1 (a_1^{2m} - 1)}{a_1^2 - 1}} \quad (3)$ Vận tốc cực đại của khối hàng được xác định khi $m \rightarrow \infty$. Vì khi thay số $a_1 = 0.99 < 1$ chuỗi lũy thừa sẽ hội tụ nên $v_{\max} = v_{m \rightarrow \infty} = \sqrt{\frac{b_1}{1 - a_1^2}} = 5.2 \text{ (m/s)}$	0,50
2.	Độ cao của khối tâm G trước va chạm $h_2 = \frac{b}{\sqrt{2}} \sin(\alpha + 45)$ Gọi $\omega_{2(3)}, \vec{v}_{2(3)} (v_{2(3)} = \omega_{2(3)} AG)$ là vận tốc góc và vận tốc của khối hàng ngay sau va chạm (khi G ở vị trí cao nhất) với giá A. Moment quán tính so với trục qua tâm: $I_O = \frac{1}{6} Mb^2$ và qua A: $I_A = \frac{2}{3} Mb^2$.	0,50
	Sử dụng định luật bảo toàn năng lượng $E_3 = E_2$ $E_2 = \frac{1}{2} I_A \omega_2^2 + Mgh_2 = \frac{1}{3} Mb^2 \omega_2^2 + Mg \frac{b}{\sqrt{2}} \sin(\alpha + 45); \quad E_3 = \frac{Mgb}{\sqrt{2}}$ $E_2 = E_3 \Leftrightarrow \frac{1}{3} Mb^2 \omega_2^2 + Mg \frac{b}{\sqrt{2}} \sin(\alpha + 45) = \frac{Mgb}{\sqrt{2}} \quad (*)$ (Do để khối hàng đến được bằng tải C thì $\omega_3 \geq 0, v_3 \geq 0$).	0,50
	Định luật bảo toàn moment xung lượng: $Mv_m \frac{b}{2} = I_A \omega_2 \quad (**)$	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	Với v_m được cho bởi (3), (**) và (*) suy ra $m \approx 24 \Rightarrow L = b + m \cdot a = 1,60 \text{ m}$.	0,50
Câu II (4,0 điểm)		
1.	Số mức năng lượng trong khoảng $d\varepsilon$ ở nhiệt độ T: $dn(\varepsilon) = 2\pi(2m)^{3/2} gVh^{-3} \sqrt{\varepsilon} d\varepsilon$ (1) Trường hợp tổng quát, số hạt của hệ ở nhiệt độ T: $N = \int_0^\infty \bar{n}(\varepsilon, T) dn(\varepsilon) = \frac{2\pi(2m)^{3/2} gV}{h^3} \int_0^\infty \frac{\sqrt{\varepsilon} d\varepsilon}{\exp\left(\alpha + \frac{\varepsilon}{kT}\right) - 1} \quad (2)$ năng lượng của hệ: $E = \int_0^\infty \varepsilon \bar{n}(\varepsilon, T) dn(\varepsilon) = \frac{2\pi(2m)^{3/2} gV}{h^3} \int_0^\infty \frac{\varepsilon^{3/2} d\varepsilon}{\exp\left(\alpha + \frac{\varepsilon}{kT}\right) - 1} \quad (3)$	0,50
	Đây là các mối phụ thuộc ẩn của α (hoặc μ) và E vào T và N. Trường hợp suy biến, bỏ qua 1 so với hàm exponent: $N = \frac{2\pi(2m)^{3/2} gV}{h^3 e^\alpha} \int_0^\infty \varepsilon^{1/2} e^{-\frac{\varepsilon}{kT}} d\varepsilon = \frac{2\pi(2mkT)^{3/2} gV}{h^3 e^\alpha} \int_0^\infty x^{1/2} e^{-x} dx = \frac{(2m\pi kT)^{3/2} gV}{h^3 e^\alpha} \quad (4)$ $E = \frac{2\pi(2m)^{3/2} gV}{h^3 e^\alpha} \int_0^\infty \varepsilon^{3/2} e^{-\frac{\varepsilon}{kT}} d\varepsilon = \frac{2\pi(2m)^{3/2} gV(kT)^{5/2}}{h^3 e^\alpha} \int_0^\infty x^{3/2} e^{-x} dx = \frac{3(2m\pi)^{3/2} gV(kT)^{5/2}}{2h^3 e^\alpha} \quad (5)$	0,25
2.	Vì α không âm và đồng biến với T, nghĩa là khi T giảm đến T_0, α giảm dần đến 0 và không giảm hơn được nữa. Để tìm T_0, ta đặt trong (2) $\alpha = 0$ và $x = \frac{\varepsilon}{kT_0}$: $N = \frac{2\pi(2m)^{3/2} gV}{h^3} \int_0^\infty \frac{\sqrt{\varepsilon} d\varepsilon}{\exp\frac{\varepsilon}{kT_0} - 1} = \frac{2\pi(2mkT_0)^{3/2} gV}{h^3} \int_0^\infty \frac{\sqrt{x} dx}{e^x - 1} = \frac{4,62\pi(2mkT_0)^{3/2} gV}{h^3} \quad (6)$ $T_0 = \frac{h^2}{2mk(4,62\pi g)^{2/3}} \left(\frac{N}{V}\right)^{2/3} > 0 \quad (7)$ Thay số, trong (7) khối lượng riêng $m_0 = \frac{mN}{V}$ có $T_0 = \frac{h^2}{2m^{5/3}k(4,62\pi)^{2/3}} \left(\frac{mN}{V}\right)^{2/3} \approx 2,8K$	0,50
3.	Khi $0 < T < T_0$ thì số hạt tham gia chuyển động nhiệt còn lại là $N' = \frac{2\pi(2m)^{3/2} gV}{h^3} \int_0^\infty \frac{\sqrt{\varepsilon} d\varepsilon}{\exp\frac{\varepsilon}{kT} - 1} = \frac{2\pi(2mkT)^{3/2} gV}{h^3} \int_0^\infty \frac{\sqrt{x} dx}{e^x - 1} = \frac{4,62\pi(2mkT)^{3/2} gV}{h^3} < N$ $\frac{N'}{N} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2} \rightarrow \Delta N = N - N' = N \left(1 - \frac{T^{3/2}}{T_0^{3/2}}\right) \quad (8)$ là số hạt chuyển sang nằm ở pha ngưng tụ.	0,50
4.	Năng lượng bảo toàn, nên $E + \Delta E = \frac{NE - (1 + \beta)E \Delta N}{N - \Delta N} \quad (8)$ Bỏ qua VCB bậc cao $\frac{\Delta E}{E} = -\beta \frac{\Delta N}{N} \quad (9)$ Nhiệt độ của hệ sau chu kì đầu tiên là:	0,50

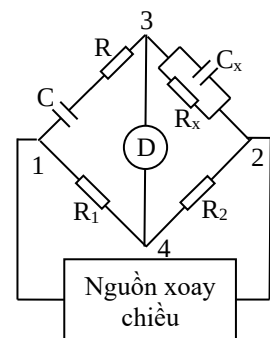
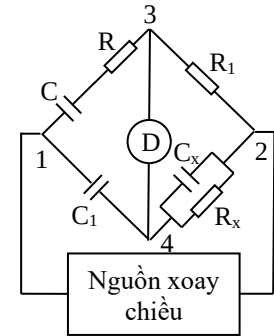
Câu	Nội dung	Điểm
	$T_1 = T_i + \Delta T = T_i \left(1 + \frac{\Delta T}{T_i} \right) = T_i \left(1 + \frac{\Delta E}{E} \right) = T_i \left(1 - \beta \frac{\Delta N}{N} \right)$ (ở đây sử dụng $\Delta T / T_i = \Delta E / E$ do năng lượng tỉ lệ với nhiệt độ). Nhiệt độ của hệ sau chu kì thứ hai là: $T_2 = T_1 + \Delta T = T_i \left(1 + \frac{\Delta T_1}{T_1} \right) = T_i \left(1 - \beta \frac{\Delta N}{N} \right) \left(1 - \beta \frac{\Delta N_1}{N_1} \right) = T_i \left(1 - \beta \frac{\Delta N}{N} \right)^2$ (do $\Delta N / N = \Delta N_1 / N_1$ là hằng số). Vậy nhiệt độ sau chu kì thứ n là: $T_n = T_i \left(1 - \beta \frac{\Delta N}{N} \right)^n$ (10) Tính số: $T_{350} = T_i \left(1 - \beta \frac{\Delta N}{N} \right)^{350} \approx 170 \text{ nK}$	0,25
5.	Áp suất của khí suy biến $p = \frac{2E}{3V} = \frac{4\pi(2m)^{3/2}g}{3h^3} \int_0^\infty \frac{\varepsilon^{3/2} d\varepsilon}{\exp\left(\alpha + \frac{\varepsilon}{kT}\right) - 1} \approx \frac{4\pi(2m)^{3/2}g}{3h^3 e^\alpha} \int_0^\infty \varepsilon^{3/2} e^{-\frac{\varepsilon}{kT}} d\varepsilon$ $= \frac{4\pi(2m)^{3/2}(kT)^{5/2}g}{3h^3 e^\alpha} \int_0^\infty x^{3/2} e^{-x} dx = \frac{(2\pi mkT)^{3/2}g}{3h^3 e^\alpha} kT = \frac{N}{V} kT \quad (11)$ Chính là phương trình Clapeyron – Mendeleev.	0,50
6.	Trong vùng $0 < T < T_0$, đặt $\alpha = 0$ và $x = \varepsilon/kT$: $p = \frac{4\pi(2m)^{3/2}g}{3h^3} \int_0^\infty \frac{\varepsilon^{3/2} d\varepsilon}{e^{\frac{\varepsilon}{kT}} - 1} = \frac{4\pi(2m)^{3/2}(kT)^{5/2}g}{3h^3} \int_0^\infty \frac{x^{3/2} dx}{e^x - 1} = 1,34 \frac{(2m\pi)^{3/2}g}{h^3} (kT)^{5/2} \quad (12)$ Như vậy ở vùng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn, áp suất chất khí Bose chỉ phụ thuộc nhiệt độ mà không phụ thuộc thể tích. Khi $T \rightarrow 0$ thì $p \rightarrow 0$, khí Bose không gây áp lực trên bề mặt bị phun vào.	0,50
7.	Từ (4) ta rút ra $e^\alpha = \frac{g(2m\pi kT)^{3/2}}{h^3} \frac{V}{N} = \frac{V}{N} \frac{g}{\lambda^3} \approx g \left(\frac{a}{\lambda} \right)^3$ Ở đây, $\lambda = h / \sqrt{2\pi mkT}$ là bước sóng de Broglie của hạt chuyển động nhiệt và $a = \sqrt[3]{V/N}$ là khoảng cách trung bình của các hạt. Trong vùng nhiệt độ cao $e^\alpha \gg 1$ nên chứng tỏ rằng $a \gg \lambda$.	0,50
Câu III (4,0 điểm)		
1.a)	Mỗi một vòng trên ống dây coi như một lưỡng cực từ p_m. Điều này có thể được tưởng tượng như hai đơn cực từ ngược chiều nhau $\pm q_m$ ở khoảng cách $d = \frac{L}{N}$, cũng là khoảng cách giữa hai vòng sát nhau. Xét toàn bộ ống dây, ta được một chuỗi các lưỡng cực như vậy, ở đây các đơn cực đối diện của các lưỡng cực lân cận triệt tiêu nhau, trừ hai đầu ống. Lưỡng cực của một vòng dây là: $p_m = IS = I\pi \frac{D^2}{4}; p_m = q_m d = q_m \frac{L}{N} \Rightarrow q_m = \frac{\pi D^2 IL}{4 N}$ Tương tự như điện tích điểm, từ tích điểm q_m gây ra từ trường tại điểm $\vec{r}$:	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	$\vec{B}(r) = \frac{\mu_0 q_m}{4\pi r^2} \vec{e}_r = \frac{\mu_0 D^2 I L}{16N} \frac{\vec{r}}{r^3}.$ Vậy, từ trường tại điểm $\vec{r}$ là do tổng hợp của hai đơn cực từ $\pm q_m$ đặt ở hai đầu ống dây: $\vec{B}(r) = \frac{\mu_0 D^2 I L}{16N} \frac{\vec{r}}{r^3} - \frac{\mu_0 D^2 I L}{16N} \frac{\vec{r} + L\vec{e}_z}{ \vec{r} + L\vec{e}_z ^3}; \vec{B}(r) = \lambda \left[\frac{\vec{r}}{r^3} - \frac{\vec{r} + L\vec{e}_z}{ \vec{r} + L\vec{e}_z ^3} \right]; \lambda = \frac{\mu_0 D^2 I L}{16N}$ Từ công thức (1), dễ dàng xác định được: $B_z(\rho, z) = \lambda \left[\frac{z}{(\rho^2 + z^2)^{3/2}} - \frac{z + L}{[\rho^2 + (z + L)^2]^{3/2}} \right]; B_\rho(\rho, z) = \lambda \rho \left[\frac{1}{(\rho^2 + z^2)^{3/2}} - \frac{1}{[\rho^2 + (z + L)^2]^{3/2}} \right]$	0,50
1.b)	Suất điện động cảm ứng trên vòng dây dẫn, sử dụng công thức: $\varepsilon_C = \left[\oint_L (\vec{v} \times \vec{B}) d\vec{\ell} \right] = v_z \cdot B_\rho(D/2, z) 2\pi \frac{D}{2}$ $\varepsilon_C = v_z \cdot 2\pi \frac{D^2 \lambda}{4} \left[\frac{1}{(D^2/4 + z^2)^{3/2}} - \frac{1}{[D^2/4 + (z + L)^2]^{3/2}} \right]$ Dòng điện cảm ứng: $i = \frac{\varepsilon_C}{R}$ Lực từ tác dụng lên vòng dây kim loại: $F = i \cdot B_\rho(D/2, z) \cdot 2\pi a$ $F = i B_\rho\left(\frac{D}{2}, z\right) 2\pi \frac{D}{2} = v_z \cdot \frac{4\pi^2 D^3 \lambda^2}{8R} \left[\frac{1}{(D^2/4)^{3/2}} - \frac{1}{[D^2/4 + (z + L)^2]^{3/2}} \right]^2$ Phương trình chuyển động của vòng: $F - Mg = -Ma_z \Rightarrow a_z = g - \frac{F}{M}$ $f(z) = -\frac{\pi^2 \mu_0^2}{512} \frac{D^5 I^2 L^2}{MRN^2} \left[\frac{1}{(D^2/4 + z^2)^{3/2}} - \frac{1}{[D^2/4 + (z + L)^2]^{3/2}} \right]^2$ $\frac{dv_z(t)}{dt} = g - v_z(t) \frac{\pi^2 \mu_0^2}{512} \frac{D^5 I^2 L^2}{MRN^2} \left[\frac{1}{(D^2/4 + z^2)^{3/2}} - \frac{1}{[D^2/4 + (z + L)^2]^{3/2}} \right]^2$ So sánh với biểu thức 1, suy ra: $C = g; f(z) = -\frac{\pi^2 \mu_0^2}{512} \frac{D^5 I^2 L^2}{MRN^2} \left[\frac{1}{(D^2/4 + z^2)^{3/2}} - \frac{1}{[D^2/4 + (z + L)^2]^{3/2}} \right]^2$	0,50
2.a)	Hiệu ứng vật lý đầu tiên và quan trọng nhất được xét đến là từ thông hiệu dụng địa phương trên tấm lưới siêu dẫn bị hãm tại chỗ. Nghĩa là, khi tấm lưới được làm lạnh đến khi chuyển sang trạng thái siêu dẫn, thì từ trường tại các vị trí trên tấm lưới sẽ không thay đổi, khi thay đổi vị trí của lưỡng cực từ p_m. Do từ trường dọc theo mặt phẳng của tấm siêu dẫn được xác định là từ trường hiệu dụng, do đó bài toán chuyển thành bài toán điều kiện biên và thường được giải bằng phương pháp “ảnh từ”. Nếu lưỡng cực được di chuyển đi ra rất xa lưới, khi đó bắt buộc phải có một lưỡng cực từ ảnh ở một vị trí xác định để cho từ trường trên lưới không thay đổi. Nghĩa là lưỡng cực ảnh từ này sẽ ở vị trí cách tâm lưới một khoảng z_0 (khác phía so với lưỡng cực từ thực), và có vectơ mô men từ cùng hướng và độ lớn với mô men từ của lưỡng cực từ thực. Khi đưa lưỡng cực từ thực ra xa về đặt tại vị trí của khoảng cách z. Để triệt tiêu từ trường trên tấm lưới siêu dẫn do lưỡng cực từ này gây ra thì cần có một lưỡng cực từ ảnh có mô men từ $-p_m$ (ngược chiều lưỡng cực từ thực) ở vị trí đối diện lưới một khoảng cách z. Như vậy, hệ gồm	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	một lưỡng cực từ p_m ở vị trí z và tấm lưới siêu dẫn được thay thế bởi hệ hiệu dụng gồm một lưỡng cực từ thực p_m ở vị trí z và hai lưỡng cực ảnh p_m và $-p_m$ ở vị trí lần lượt là $-z_0$ và $-z$. Trước hết, ta xét tính mô men lưỡng cực từ p_m, p_m có thể coi như một cặp đơn cực từ (từ tích điểm) lần lượt là q_m và $-q_m$ đặt cách nhau một khoảng d sao cho $p_m = q_m d$. Cảm ứng từ tại vị trí cách lưỡng cực từ một khoảng $x \gg d$ là: $B(x) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_m}{x^2} + \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{-q_m}{(x+d)^2}.$ Ở đây q_m đặt ở gốc 0, $-q_m$ đặt ở vị trí $-d$ trên trục Ox, điểm khảo sát x. Lấy gần đúng: $B(x) \approx \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_m}{x^2} - \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_m}{x^2} \left(1 - 2\frac{d}{x}\right) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{q_m d}{x^3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{p_m}{x^3}.$ Tại vị trí x, đặt một lưỡng cực từ khác có mô men cũng bằng p_m cùng chiều với lưỡng cực từ ở gốc tọa độ. Khi đó lực từ tác dụng lên lưỡng cực từ đặt tại x được tính bởi $F = -q_m B(x) + q_m B(x+d)$ $F \approx -q_m B(x) + q_m \left[B(x) + d \frac{dB}{dx} \right] = q_m d \left(-\frac{3\mu_0}{2\pi} \frac{p_m}{x^4} \right) = -\frac{3\mu_0}{2\pi} \frac{p_m^2}{x^4}$ Dấu “-” thể hiện hai lưỡng cực từ song song, cùng chiều, đặt cách nhau khoảng x sẽ hút nhau.	
	Trong bài toán này, lưỡng cực từ đặt tại z sẽ bị hút bởi lưỡng cực ảnh tại vị trí $-z_0$ và bị đẩy bởi lưỡng cực ảnh tại $-z$, vì vậy: $F = -\frac{3\mu_0}{2\pi} \frac{p_m^2}{(z+z_0)^4} + \frac{3\mu_0}{2\pi} \frac{p_m^2}{(z+z)^4} = \frac{3\mu_0 p_m^2}{2\pi} \left(\frac{1}{16z^4} - \frac{1}{(z+z_0)^4} \right)$	0,50
2.b)	Ta xét trường hợp thú vị khi z xấp xỉ bằng z_0, $z = z_0 + \delta$; $\delta \ll z_0$. Khi đó ta có: $F = \frac{3\mu_0 p_m^2}{2\pi} \left(\frac{1}{16(z_0 + \delta)^4} - \frac{1}{(2z_0 + \delta)^4} \right)$ $F \approx \frac{3\mu_0 p_m^2}{2\pi} \frac{1}{16z_0^4} \left[\left(1 - 4\frac{\delta}{z_0}\right) - \left(1 - 4\frac{\delta/2}{z_0}\right) \right] = -\frac{3\mu_0 p_m^2}{2\pi \cdot 16z_0^5} \delta. \quad F \approx -\frac{3\mu_0 p_m^2}{32\pi \cdot z_0^5} \delta.$	0,50
	Phương trình dao động của lưỡng cực từ: $\delta'' + \frac{3\mu_0 p_m^2}{32\pi \cdot z_0^5 M} \delta = 0; \Rightarrow \omega^2 = \frac{3\mu_0 p_m^2}{32\pi \cdot z_0^5 M}.$	0,50
Câu IV (4,0 điểm)		
1.	Lập trục Ox có gốc tại mép A của khe S_1 và hướng theo chiều từ mép A đến mép B của khe. Xét một dải hẹp độ rộng dx tại tọa độ x (các cạnh song song với các cạnh của khe). Gọi E_0 là biên độ của dao động sáng trên toàn bộ mặt khe thì biên độ dao động tại dx là $\frac{E_0}{a_1} dx$. Coi pha ban đầu của dao động trên màn do mép A gây ra bằng 0 thì phương trình dao động do dx gây ra trên màn theo phương θ là: $dE = \frac{E_0}{a_1} \cos\left(\omega t + \frac{2\pi x \sin \theta}{\lambda}\right) dx$ Phương trình dao động do toàn bộ khe gây ra trên màn là $E = \int_0^{a_1} \frac{E_0}{a_1} \cos\left(\omega t + \frac{2\pi x \sin \theta}{\lambda}\right) dx$	0,25
	Thực hiện tích phân sẽ có: $E = E_0 \frac{\sin\left(\frac{\pi a_1 \sin \theta}{\lambda}\right)}{\frac{\pi a_1 \sin \theta}{\lambda}} \cos\left(\omega t + \frac{\pi a_1 \sin \theta}{\lambda}\right)$ Như thế biên độ tổng hợp và cường độ sáng tương ứng là	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	$A_\theta = E_0 \frac{\sin u_1}{u_1} \rightarrow I_\theta = A_\theta^2 = I_0 \left(\frac{\sin u_1}{u_1} \right)^2 ; I_0 = E_0^2, u_1 = \frac{\pi a_1 \sin \theta}{\lambda}$	
2.a)	Gọi E_0 là biên độ dao động sáng tại mặt khe S_1 và cho rằng pha ban đầu của dao động sáng tại một điểm trên màn gây ra bởi khe này bằng không thì, theo kết quả của câu 1, phương trình dao động do khe S_1 gây ra trên màn E là : $u_1 = A_1 \cos \omega t$ Trong đó: $A_1 = E_0 \frac{\sin u_1}{u_1}, u_1 = \frac{\pi a_1 \sin \theta}{\lambda}$ Khi đó phương trình dao động gây bởi các khe S_2 và S_3 tương ứng là $u_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_{21}), u_3 = A_3 \cos(\omega t + \varphi_{31})$ Với: $A_2 = 2E_0 \frac{\sin u_2}{u_2}, u_2 = \frac{\pi a_2 \sin \theta}{\lambda}; A_3 = 3E_0 \frac{\sin u_3}{u_3}, u_3 = \frac{\pi a_3 \sin \theta}{\lambda}$ $\varphi_{21} = \frac{2\pi d_1 \sin \theta}{\lambda}; \varphi_3 = \frac{2\pi(d_1 + d_2) \sin \theta}{\lambda} = \frac{3\pi d_1 \sin \theta}{\lambda}$	0,50
	Do đó dao động sáng tổng hợp là (chuyển sang dạng phức) $u = e^{i\omega t} (A_1 + A_2 e^{2i\delta} + A_3 e^{3i\delta}), \delta = \frac{\pi d_1 \sin \theta}{\lambda}$	0,25
	Vì θ là nhỏ nên có thể coi: $\frac{\sin u_1}{u_1} \approx \frac{\sin u_2}{u_2} \approx \frac{\sin u_3}{u_3} \equiv \frac{\sin u}{u}$ Thành thử: $u = A e^{i\omega t} (1 + 2e^{2i\delta} + 3e^{3i\delta}), A = E_0 \frac{\sin u}{u}$	0,50
	và cường độ tổng hợp là: $I(\theta) = uu^* = I_0 (14 + 4\cos 2\delta + 6\cos 3\delta + 12\cos \delta), I_0 = E_0^2 \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2$ Cách khác: Có thể dùng phương pháp véc tơ quay cũng thu được kết quả như sau. Biểu diễn các dao động bằng các véc tơ $\vec{A}, 2\vec{A}, 3\vec{A}$ với các góc tạo với trục Ox tương ứng $0, 2\delta, 3\delta$. Từ đó dễ dàng tìm được các thành phần của véc tơ tổng $A_x = A + 2A\cos 2\delta + 3A\cos 3\delta; A_y = 2A\sin 2\delta + 3A\sin 3\delta$ Và do đó (chú ý $\cos 2\delta \cdot \cos 3\delta + \sin 2\delta \cdot \sin 3\delta = \cos(3\delta - 2\delta) = \cos \delta$) thu được $I(\theta) = A_x^2 + A_y^2 = I_0 (14 + 4\cos 2\delta + 6\cos 3\delta + 12\cos \delta), I_0 = E_0^2 \left(\frac{\sin u}{u} \right)^2$	0,50
2.b)	Cực đại chính tương ứng với các sóng đồng pha tức là $\delta = 2k\pi \rightarrow \sin \theta = 2k \frac{\lambda}{d_1}, k = 0, \pm 1, \pm 2...$ và khoảng cách giữa hai cực đại chính liên tiếp là: $\Delta x = f \cdot \theta \approx 2f \frac{\lambda}{d_1} = \frac{f}{600}$,	0,50
2.c)	Với $\theta = \theta_1$ thì $I = I_{\text{Max}} = 36I_0$, do đó với $\theta = \theta_1/2$ thì $\theta = \frac{\theta_1}{2} \approx \sin \frac{\theta_1}{2} = \frac{\lambda}{d_1}$, do đó $I\left(\frac{\theta_1}{2}\right) \approx 0$	0,50
2.d)	Cực tiểu do nhiễu xạ gây bởi một khe xác định bởi điều kiện $\sin \theta = k \frac{\lambda}{a}, k = \pm 1, \pm 2...$ Do đó độ rộng của vân sáng trung tâm là: $\Delta X = f \frac{2\lambda}{a}$,	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
2.d)	Các độ rộng của các vân trung tâm gây bởi nhiễu xạ của các khe riêng biệt là $\Delta X_1 = f \frac{2\lambda}{a_1} = \frac{f}{5}; \quad \Delta X_2 = f \frac{2\lambda}{a_2} = \frac{f}{10}; \quad \Delta X_3 = f \frac{2\lambda}{a_3} = \frac{f}{15}$ và số cực đại chính trong miền L là: $N = 2 \left[\frac{L}{2\Delta x} \right] + 1 = 7$	0,25
Câu V (4,0 điểm)		
1.	Do chỉ có một dụng cụ là còi D để nhận biết thông tin nên ta phải sử dụng phương pháp cầu cân bằng.	0,50
	Xác định giá trị của tụ dò. Mắc mạch điện như hình vẽ để tạo cầu cân bằng. Gọi tần số góc của nguồn xoay chiều là ω .	0,75
	Cầu cân bằng khi $Z_{13} \cdot Z_{24} = Z_{14} \cdot Z_{23}$ Có $Z_{13} = R + \frac{1}{j\omega C}$; $Z_{14} = \frac{1}{j\omega C_1}$; $Z_{23} = R_1$ $\frac{1}{Z_{24}} = \frac{1}{R_x} + j\omega C_x \rightarrow Z_{24} = \frac{R_x}{1 + j\omega R_x C_x}$ Từ (1) có $\left(R + \frac{1}{j\omega C} \right) \cdot \frac{R_x}{1 + j\omega R_x C_x} = \frac{1}{j\omega C_1} \cdot R_1$ $(1 + j\omega CR)j\omega C_1 R_x = (1 + j\omega R_x C_x)R_1 \cdot j\omega C$ $R_x C_1 + j\omega C R C_1 R_x = R_1 C + j\omega R_x C_x R_1 C$	0,75
	Giải và đặt các phần thực và phần ảo bằng nhau ta có $R_x C_1 = R_1 C \rightarrow R_x = R_1 \frac{C}{C_1}$ $R C_1 = C_x R_1 \rightarrow C_x = C_1 \frac{R}{R_1}$ Như vậy khi lắp mạch cầu như hình vẽ, bằng việc điều chỉnh R và C làm sao để cầu cân bằng tức trạng thái còi không còn kêu ta tính được R_x và C_x.	0.25
2.	Xác định tần số nguồn xoay chiều. Dựa theo phần trên ta đã xác định được các giá trị R_x , C_x . Ta mắc lại mạch như hình vẽ Trạng thái cầu cân bằng $Z_{13} \cdot Z_{24} = Z_{14} \cdot Z_{23}$ với	0,75
	$Z_{13} = R + \frac{1}{j\omega C}$; $Z_{14} = R_1$; $Z_{24} = R_2$ $\frac{1}{Z_{23}} = \frac{1}{R_x} + j\omega C_x \rightarrow Z_{23} = \frac{R_x}{1 + j\omega R_x C_x}$ Giải phương trình cân bằng ta có $\left(R + \frac{1}{j\omega C} \right) R_2 = \frac{R_x}{1 + j\omega R_x C_x} R_1$	0,50



Câu	Nội dung	Điểm
	$(1 + j\omega R_x C_x)(1 + j\omega CR)R_2 = j\omega CR_x R_1$ $1 - \omega^2 R_x C_x CR + j\omega(R_x C_x + CR) = CR_x \frac{R_1}{R_2}$ $1 = \omega^2 R_x C_x CR \rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{CRR_x C_x}}$ $R_x C_x + CR = CR_x \frac{R_1}{R_2} \rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{C_x}{C} + \frac{R}{R_x}$ Như vậy điều chỉnh R và C đến khi cầu cân bằng ta có thể xác định được tần số nguồn xoay chiều $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{CRR_x C_x}}$	0,50
Tổng điểm toàn bài		20,00

----- HẾT -----