



Môn: VẬT LÝ

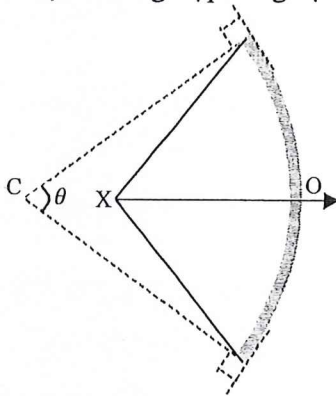
Thời gian làm bài: 180 phút (không kể thời gian giao đề)

Ngày thi thứ nhất: 25/12/2025

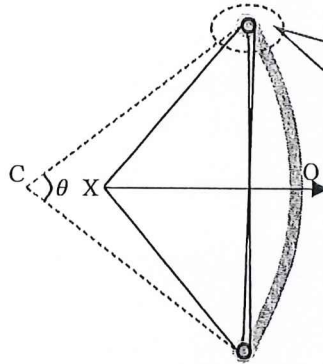
Đề thi gồm 04 trang, có 05 câu

**Câu 1. (4,0 điểm) Cung truyền thống và cung gắn ròng rọc**

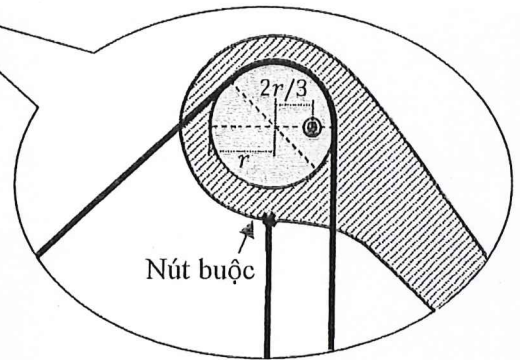
Trong môn bắn cung, khi kéo dây cung để thân cung bị uốn cong, năng lượng được tích trữ chủ yếu ở thân cung dưới dạng thế năng. Để đạt được tốc độ ban đầu của mũi tên khoảng  $45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  thì thế năng cần phải tích trữ ở thân cung khi giương cung ngắm bắn là khoảng  $W_t = 50 \text{ J}$ . Đối với cung truyền thống (Hình 1a), khi ngắm bắn, lực do tay tác dụng lên dây cung tại trung điểm X của nó theo phương mũi tên khá lớn nên gây mỏi và rung tay, làm giảm độ chính xác. Để khắc phục điều đó, thân cung được chế tạo với hai ròng rọc nhỏ, nhẹ ở hai đầu cung và dây cung được mắc như Hình 1b. Trong các cung có ròng rọc, lực tay kéo dây cung khi giương cung ngắm bắn có thể giảm đến 80% so với cung truyền thống mà thế năng tích trữ vẫn tương đương. Ròng rọc có thể có trục quay không lệch tâm hoặc lệch tâm. Hình 1c thể hiện trường hợp ròng rọc có trục quay lệch tâm, cách tâm một khoảng  $2/3$  bán kính  $r$  của ròng rọc.



Hình 1a



Hình 1b



Hình 1c

Khi thân cung bị dây kéo căng, góc tạo bởi hai đường pháp tuyến của thân cung tại hai đầu buộc dây cung được gọi là góc biến dạng  $\theta$ . Khi đó, thân cung có moment uốn  $M = k_1 \theta$  với  $k_1$  là độ cứng uốn của thân cung và không đổi đối với mỗi thân cung,  $\theta$  tính theo rad. Moment uốn  $M$  cân bằng với moment lực căng dây tác dụng lên một cánh cung (nửa thân cung) đối với trung điểm O của thân cung. Thế năng tích trữ ở thân cung khi nó có góc biến dạng  $\theta$  là  $W_t = \frac{1}{2} k_2 \theta^2$ , với  $k_2 = \beta k_1$ ,  $\beta$  là hệ số.

1. Xét ba loại cung có cùng chiều dài thân cung là  $L = 160 \text{ cm}$ . Cung loại 1 là cung truyền thống, dây cung có chiều dài  $L$ . Cung loại 2 và cung loại 3 được chế tạo từ cùng một loại thân cung và cùng có ròng rọc, các dây cung có cùng chiều dài  $3L$ . Cung loại 2 sử dụng ròng rọc có trục quay không lệch tâm; cung loại 3 sử dụng ròng rọc có trục quay lệch tâm. Giả thiết rằng kích thước của các ròng rọc có thể bỏ qua so với chiều dài dây cung; hai đoạn dây bắt chéo (Hình 1b) có thể coi là thẳng đứng; dây cung nhẹ và không giãn. Khi dây cung chưa được kéo, thân cung có dạng thẳng, dây có lực căng nhỏ (coi bằng không) và không chùng.

Một người sử dụng ba loại cung trên. Ở trạng thái ngắm bắn, người bắn cung tác dụng lực  $\vec{F}$  tại điểm X của dây cung, theo phương XO, dây được kéo căng sao cho  $XO = 80 \text{ cm}$ . Khi đó các thân cung đều có dạng một cung tròn và đều tích trữ được thế năng  $W_t = 50 \text{ J}$ . Biết rằng đối với cung dùng ròng rọc lệch tâm, vị trí cuối cùng của ròng rọc (lúc giương cung ngắm bắn) như Hình 1c.

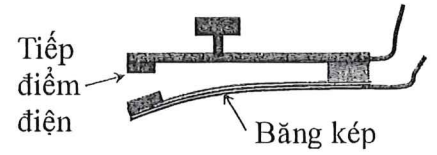
Với mỗi loại cung, tính độ lớn của lực  $\vec{F}$ .

Cho biết: Ở trạng thái ngắm bắn, góc biến dạng  $\theta$  khi sử dụng cung loại 1 là  $\theta = 2,00 \text{ rad}$ , khi sử dụng cung loại 2 và loại 3 là  $\theta = 1,34 \text{ rad}$ ;  $\beta = 0,588$  đối với cả ba trường hợp ( $k_2 = 0,588 k_1$ ).

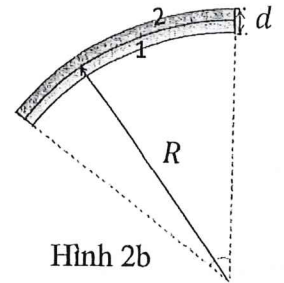
2. Tính giá trị của  $\beta$  khi thân cung có góc biến dạng  $\theta$  nhỏ.

### Câu 2. (4,0 điểm) Rơ-le nhiệt

Rơ-le nhiệt là linh kiện dùng để đóng, ngắt mạch điện, thường dùng trong một số thiết bị điện. Cấu tạo đơn giản của rơ-le nhiệt (Hình 2a) gồm băng kép và các tiếp điểm điện. Băng kép (Hình 2b) gồm hai thanh kim loại hoặc hợp kim có hệ số giãn nở nhiệt khác nhau. Thanh 1 có hệ số giãn nở nhiệt  $\alpha_1$  thấp, thanh 2 có hệ số giãn nở nhiệt  $\alpha_2$  cao hơn nhiều. Kết quả là khi nhiệt độ tăng, thanh 2 sẽ giãn nở nhiều hơn thanh 1, làm băng kép bị uốn cong về phía thanh 1 nên không tiếp xúc với tiếp điểm điện, mạch điện bị ngắt. Ngược lại, khi nhiệt độ giảm, băng kép sẽ duỗi thẳng trở lại và tiếp xúc với tiếp điểm điện, mạch điện được đóng trở lại.



Hình 2a



Hình 2b

1. Xét một băng kép được tạo thành bởi hai thanh kim loại 1 và 2 ở trên ( $\alpha_2 > \alpha_1$ ). Khi ở nhiệt độ  $t_0$  băng kép có dạng đoạn thẳng, dài  $L_0$ . Hai thanh có cùng bề dày, độ cứng tương đương. Bề dày băng kép là  $d$  và coi là không đổi. Khi nhiệt độ của băng kép tăng thêm một lượng  $\Delta t$ , băng kép có dạng cung tròn với bán kính  $R$  (Hình 2b). Tìm bán kính  $R$  theo  $d$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  và  $\Delta t$ .

Áp dụng băng kép với băng kép Invar-Cu làm rơ-le nhiệt đóng ngắt cho bàn là điện. Thanh 1 là Invar có  $\alpha_1 = 1,20 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , thanh 2 là đồng có  $\alpha_2 = 1,80 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

Khi ở nhiệt độ  $t_0 = 20^\circ \text{C}$  băng kép thẳng;  $L_0 = 30,0 \text{ mm}$ ,  $d = 1,00 \text{ mm}$  và  $\Delta t = 180^\circ \text{C}$ . Tính  $R$ .

Cho biết: Chiều dài một thanh phụ thuộc theo nhiệt độ  $L = L_0(1 + \alpha(t - t_0))$  với  $L_0$  và  $L$  tương ứng là chiều dài thanh ở nhiệt độ  $t_0$  và  $t$ ;  $\alpha$  là hệ số giãn nở nhiệt của thanh.

2. Một ấm điện có công suất định mức  $2000 \text{ W}$ , sử dụng rơ-le nhiệt đóng ngắt điện để có thể giữ được nước luôn nóng. Khi nước sôi ở  $t_1 = 100^\circ \text{C}$ , rơ-le ngắt điện và khi nhiệt độ nước hạ xuống  $t_2 = 80^\circ \text{C}$  thì rơ-le đóng điện. Quá trình này lặp đi lặp lại để giữ nước luôn nóng. Do ấm làm bằng inox dẫn nhiệt tốt nên có thể coi nhiệt độ của nước và ấm là như nhau. Ấm mất nhiệt chủ yếu do bức xạ nhiệt và truyền nhiệt ra môi trường xung quanh. Nhiệt dung của ấm và nước là  $C = 6800 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ ; diện tích bề mặt xung quanh của ấm là  $A = 750 \text{ cm}^2$ ; hệ số bức xạ nhiệt của bề mặt ấm là  $\varepsilon = 0,3$ ; hệ số truyền nhiệt của môi trường là  $k = 15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ; nhiệt độ môi trường luôn là  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ .

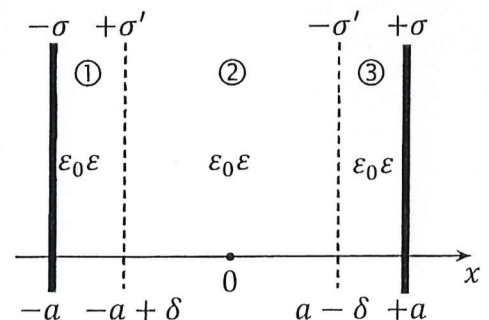
a) Tính thời gian kể từ khi rơ-le ngắt điện khi nước ở  $100^\circ \text{C}$  đến khi rơ-le đóng điện lại ở  $80^\circ \text{C}$ .

b) Tính thời gian kể từ khi rơ-le đóng điện lại ở  $80^\circ \text{C}$  đến khi rơ-le ngắt điện khi nước đạt  $100^\circ \text{C}$ .

Cho biết: Một vật có nhiệt độ tuyệt đối  $T$ , diện tích bề mặt  $A$ , nhiệt độ tuyệt đối của môi trường xung quanh vật là  $T_0$ , hệ số bức xạ nhiệt từ bề mặt vật là  $\varepsilon$  thì công suất bức xạ nhiệt ra môi trường là  $P_{bx} = \varepsilon A \sigma (T^4 - T_0^4)$  với  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$  là hằng số Stefan-Boltzmann. Nếu vật có nhiệt độ tuyệt đối ban đầu  $T_i$  và nhiệt độ vật thay đổi không nhiều thì công suất bức xạ nhiệt có thể tính gần đúng là  $P_{bx} = 4\varepsilon A \sigma \bar{T}^3 (T - T_0)$  với  $\bar{T} = \frac{1}{2}(T_i + T_0)$ . Công suất truyền nhiệt ra môi trường là  $P_{tr} = kA(T - T_0)$  với  $k$  là hệ số truyền nhiệt.

### Câu 3. (4,0 điểm) Siêu tụ điện

Siêu tụ điện là tụ điện có điện dung rất lớn dùng để lưu trữ và giải phóng năng lượng điện một cách nhanh chóng. Lượng điện năng tích trữ trong siêu tụ điện lớn hơn nhiều so với tụ điện thông thường. Hình 3a biểu diễn một siêu tụ điện phẳng có hai bản đặt vuông góc với trục  $Ox$ . Hai bản đặt tại  $x = -a$  và  $x = +a$  và diện tích của mỗi bản là  $S$ , với  $\sqrt{S} \gg a$ . Khác với tụ điện thông thường, giữa hai bản của siêu tụ điện là dung dịch điện li chứa các ion.



Hình 3a

Khi đặt một hiệu điện thế một chiều  $U$  vào hai bản tụ, các ion trong dung dịch điện li di chuyển dưới tác dụng của điện trường mà không xảy ra quá trình điện phân. Các ion âm chuyển động về phía bản dương, các ion dương chuyển động về phía bản âm, chúng không đi vào bản tụ mà theo thời gian tích tụ tạo thành các lớp màng ion, sát bề mặt mỗi bản. Lớp màng ion mỏng hình thành trong dung dịch điện li cách bản một khoảng nhỏ  $\delta$ , với  $\delta \ll a$ , có độ lớn mật độ điện mặt  $\sigma'$ . Độ lớn mật độ điện mặt trên mỗi bản tụ là  $\sigma$  (Hình 3a). Vùng ① và ③ coi như không có dung dịch điện li, là lớp cách điện có hằng số điện môi là  $\varepsilon_0\varepsilon$ , trong đó  $\varepsilon_0$  là hằng số điện,  $\varepsilon$  là hằng số điện môi tương đối. Vùng ② là vùng có dung dịch điện li và cũng có hằng số điện môi  $\varepsilon_0\varepsilon$ .

1. Xác định điện trường trong các vùng ①, ② và ③ theo  $\sigma$ ,  $\sigma'$  và  $\epsilon_0\epsilon$ .

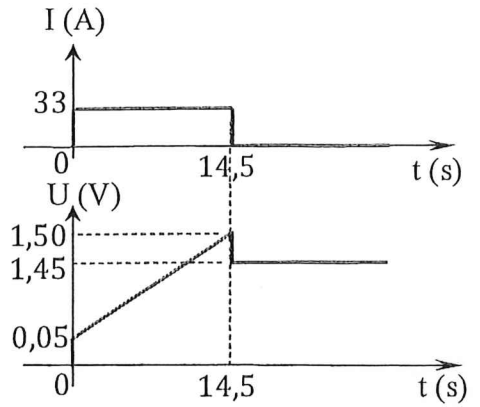
*Cho biết:* Điện trường gây bởi mặt phẳng rộng (coi là vô hạn) có mật độ điện mặt  $\sigma$  tại một điểm gần mặt phẳng trong môi trường có hằng số điện môi  $\epsilon_0\epsilon$  có độ lớn là  $E = \sigma/(2\epsilon_0\epsilon)$ .

2. Khi siêu tụ điện ở trạng thái ổn định, các ion trong dung dịch không còn chuyển động có hướng, siêu tụ điện có điện dung là  $C$ . Xác định biểu thức của  $C$ .

3. Một cách đơn giản có thể coi siêu tụ điện giống như một tụ điện có điện dung  $C$  mắc nối tiếp với điện trở  $R_0$ . Biết độ dẫn điện của chất điện li trong vùng ② là  $\gamma$  và coi là không đổi.

a) Xác định biểu thức của  $R_0$  theo  $a$ ,  $S$  và  $\gamma$ .

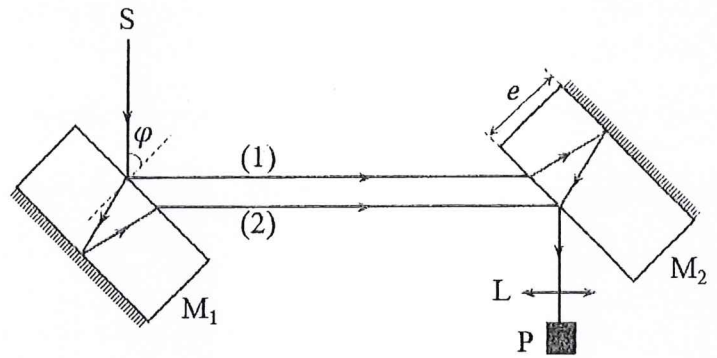
b) Để xác định giá trị  $C$  và  $R_0$  bằng thực nghiệm, ta tiến hành nạp điện cho siêu tụ điện bởi nguồn dòng (nguồn cho phép cung cấp dòng điện với cường độ  $I$  không đổi). Đồ thị mô tả sự thay đổi của  $I$  và hiệu điện thế  $U$  giữa hai đầu siêu tụ điện theo thời gian như Hình 3b. Tính các giá trị  $C$  và  $R_0$ .



Hình 3b

#### Câu 4. (4,0 điểm) Giao thoa kế

Một giao thoa kế có sơ đồ cấu tạo như Hình 4. Giao thoa kế có hai tấm thủy tinh  $M_1$  và  $M_2$  giống nhau. Mỗi tấm có hai mặt phẳng song song nhau, với mặt sau được tráng bạc để có thể phản xạ toàn phần ánh sáng chiếu tới. Hai tấm thủy tinh đặt song song với nhau và các mặt trước quay về phía nhau. Tia laser có bước sóng  $\lambda$  từ nguồn  $S$  chiếu tới mặt trước của tấm thứ nhất  $M_1$  với góc tới  $\varphi = 45^\circ$ . Tia sáng bị phản xạ và khúc xạ tạo thành hai tia song song, tia (1) và tia (2) do phản xạ tại bề mặt trên và bề mặt dưới của  $M_1$ . Hai tia này lại phản xạ tại hai bề mặt của  $M_2$ . Thấu kính hội tụ  $L$  có tiêu cự  $f$  được đặt như hình vẽ, trục chính của nó song song với tia tới tấm  $M_1$  (tia tới giao thoa kế). Máy thu kết nối máy tính  $P$  được đặt tại tiêu diện ảnh của  $L$ .



Hình 4

1. Để đo chiết suất của một khí ở nhiệt độ và áp suất xác định, hai ống giống nhau, ban đầu được hút chân không, có cùng chiều dài  $l$  được đặt trên đường truyền của các tia (1) và (2). Khí cần đo chiết suất được cho từ từ vào một trong hai ống. Từ khi bắt đầu nạp khí vào ống tới khi ống đạt được áp suất và nhiệt độ đã định, máy thu cho thấy cường độ sáng tại một điểm xác định trên máy thu đạt giá trị cực đại 40 lần. Biết  $l = 8$  cm, bước sóng laser dùng trong thí nghiệm là  $\lambda = 551$  nm. Tính chiết suất của khí tại áp suất và nhiệt độ đã định (lấy kết quả tới bốn chữ số sau dấu phẩy).

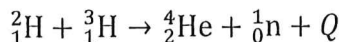
2. Để đo độ dày  $d$  của một màng mỏng trong suốt trên đế trong suốt, tấm  $M_2$  được điều chỉnh nghiêng so với  $M_1$  một góc rất nhỏ (trong mặt phẳng hình vẽ), hai phép đo được thực hiện. Trong phép đo thứ nhất, để có màng được đặt vuông góc trên đường truyền của cả hai tia (1) và (2). Trong phép đo thứ hai, để có màng được đặt vuông góc trên đường truyền của một tia, để không có màng được đặt vuông góc trên đường truyền của tia còn lại. Tất cả các đế đều giống nhau. Kết quả thu được hình ảnh giao thoa của hai phép đo có hình dạng giống nhau, có cùng khoảng vân  $i$ , nhưng các vân giao thoa bị dịch lệch nhau một khoảng  $s$ . Bước sóng laser dùng trong thí nghiệm là  $\lambda = 632,8$  nm, chiết suất của màng mỏng là  $n = 1,526$ , chiết suất của không khí coi như bằng 1, tỉ số  $s/i = 0,351$ . Coi đế và màng đều có các độ dày đồng đều. Biết  $d < \lambda$ . Tính bề dày  $d$  của màng mỏng.

3. Xét trường hợp tấm  $M_2$  không hoàn toàn song song với  $M_1$  mà bị nghiêng góc rất nhỏ  $\alpha$  (trong mặt phẳng hình vẽ) so với  $M_1$ . Gọi  $n_t$  là chiết suất của tấm thủy tinh,  $e$  là bề dày tấm thủy tinh. Chứng minh rằng hiệu quang trình của hai tia sáng khi tới vùng giao thoa là:

$$\Delta = \frac{\sin 2\varphi}{\sqrt{n_t^2 - \sin^2 \varphi}} \alpha e.$$

**Câu 5. (4,0 điểm) Phản ứng nhiệt hạch điều khiển được**

Phản ứng nhiệt hạch (phản ứng tổng hợp hạt nhân) là quá trình hai hạt nhân nhẹ kết hợp với nhau tạo thành hạt nhân nặng hơn và giải phóng năng lượng. Phản ứng nhiệt hạch điều khiển được hứa hẹn cung cấp nguồn năng lượng dồi dào hơn hầu hết các nguồn năng lượng hiện nay. Trong số các phản ứng nhiệt hạch có thể khai thác, phản ứng nhiệt hạch D-T đang được sử dụng trong hầu hết các chương trình nghiên cứu về phản ứng nhiệt hạch điều khiển được. Hạt nhân của các nguyên tử deuterium (D) và tritium (T) lần lượt là  ${}^2_1\text{H}$  và  ${}^3_1\text{H}$ . Phản ứng nhiệt hạch D-T được biểu diễn như sau:



trong đó  $Q = 17,59 \text{ MeV}$  là năng lượng tỏa ra của phản ứng. Động năng ban đầu của các hạt trong phản ứng có thể bỏ qua.

Để phản ứng nhiệt hạch xảy ra, các hạt nhân cần có động năng đủ lớn để thắng được thế năng Coulomb và tiến lại gần nhau tới phạm vi tác dụng của lực hạt nhân. Để tạo ra động năng đủ lớn cho các hạt nhân, nhiệt độ môi trường cần phải đủ lớn. Do đó, phản ứng nhiệt hạch xảy ra ở môi trường plasma có nhiệt độ rất cao.

Để duy trì phản ứng nhiệt hạch, các mất mát năng lượng của plasma cần phải được cân bằng. Mật độ công suất mất năng lượng  $P_l$  (công suất mất năng lượng trong một đơn vị thể tích) được mô tả qua thời gian giam giữ năng lượng  $\tau_E$ :

$$P_l = \frac{U}{\tau_E}$$

với  $U$  là mật độ năng lượng nhiệt bên trong plasma (tổng động năng trung bình của các hạt trong một đơn vị thể tích). Mật độ công suất  $P_\alpha$  tạo bởi hạt  $\alpha$  ( ${}^4_2\text{He}$ ) sinh ra được cho bởi công thức:

$$P_\alpha = n_1 n_2 \langle \sigma v \rangle K_\alpha$$

với  $n_1, n_2$  là các mật độ hạt nhân của các chất phản ứng  ${}^2_1\text{H}$  và  ${}^3_1\text{H}$ ;  $\langle \sigma v \rangle$  là hệ số phản ứng, đặc trưng cho khả năng xảy ra phản ứng tổng hợp hạt nhân giữa hai hạt nhân trong môi trường plasma ở một nhiệt độ nhất định;  $K_\alpha$  là động năng của hạt  $\alpha$ . Khi lò phản ứng nhiệt hạch hoạt động ổn định thì  $P_\alpha = P_l$ .

Xét plasma được tạo thành từ các nguyên tử deuterium (D) và tritium (T) với các mật độ nguyên tử xấp xỉ như nhau  $n_D \approx n_T \approx n/2$ , trong đó  $n$  là mật độ nguyên tử tổng cộng. Biết plasma trung hòa về điện và coi plasma như khí lí tưởng.

Cho biết: hằng số điện  $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ ; điện tích nguyên tố  $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ; hằng số Boltzmann  $k_B = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ .

1. Tính động năng  $K_\alpha$  của hạt  $\alpha$  sinh ra trong mỗi phản ứng D-T. Lấy tỉ số khối lượng các hạt bằng tỉ số số khối của chúng.

2. Cho rằng để các hạt nhân tiến tới phạm vi tác dụng của lực hạt nhân, động năng chuyển động nhiệt trung bình của mỗi hạt cần lớn hơn hoặc bằng thế năng Coulomb giữa hai hạt tại khoảng cách  $2,0 \times 10^{-15} \text{ m}$ . Tính nhiệt độ tối thiểu  $T_m$  của plasma để phản ứng nhiệt hạch có thể xảy ra. Trong thực tế, nhiệt độ  $T$  của lò phản ứng D-T có giá trị nhỏ hơn giá trị vừa tìm được. Hãy nêu ít nhất một nguyên nhân giải thích tại sao  $T < T_m$ .

3. Để giữ plasma ở nhiệt độ rất cao, kỹ thuật được dùng phổ biến hiện nay là sử dụng từ trường. Bao quanh plasma là lớp vỏ làm bằng vật liệu đặc biệt. Giải thích tại sao vật liệu đặc biệt đó cần phải chịu được bức xạ neutron năng lượng cao.

4. Lò phản ứng có  $n = 2,0 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$ , đang hoạt động ổn định ở nhiệt độ  $T$ , với  $k_B T = 15 \text{ keV}$  và giá trị của hệ số phản ứng là  $\langle \sigma v \rangle = 1,1 \times 10^{-22} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Tính thời gian giam giữ năng lượng  $\tau_E$ .

----- HẾT -----

\* Thí sinh KHÔNG được sử dụng tài liệu;

\* Giám thị KHÔNG giải thích gì thêm.



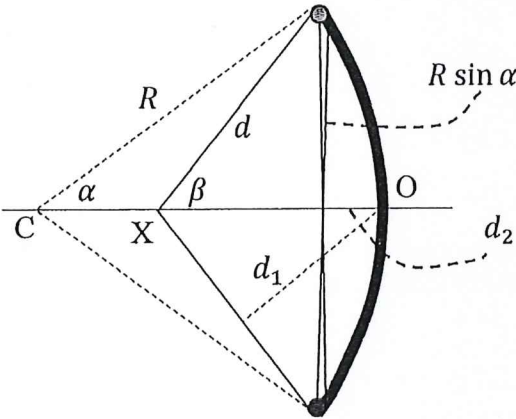
ĐÁP ÁN

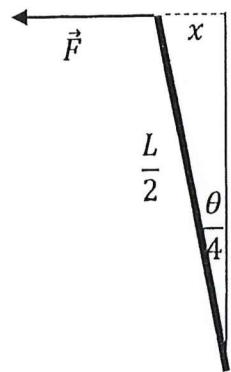
Đề thi chính thức

Môn: Vật lý

Ngày thi: 25/12/2025

Đáp án gồm 05 trang

|                     | Ý | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Câu 1<br>(4,0 điểm) | 1 | <p><b>Đối với cung cổ điển:</b> chiều dài dây cung bằng chiều dài thân cung <math>L</math></p> <p>- Khi giương cung, tâm của đường tròn tạo bởi thân cung trùng với trung điểm của dây cung.</p> <p>- Độ cứng thân cung: <math>k_2 = \frac{2W_t}{\theta^2} = \frac{2.50}{2^2} = 25 \left( \frac{\text{N.m}}{\text{rad}} \right)</math>;<br/> <math>k_1 = k_2/0,588 = 42,5 \left( \frac{\text{N.m}}{\text{rad}} \right)</math></p> <p>- Moment uốn:</p> $M = k_1 \cdot \theta = 42,5 \cdot 2 = 85 \text{ N.m}$ <p>- Điều kiện cân bằng: <math>M = T \cdot d_1</math></p> <p>Với: <math>d_1 = R \cdot \sin \alpha = \frac{L}{2} \cdot \sin \alpha \equiv l \cdot \sin \alpha</math>; Trong đó <math>l = \frac{L}{2}</math></p> $\rightarrow T = \frac{M}{d_1} = \frac{M}{l \cdot \sin \alpha} = \frac{85}{0,8 \cdot \sin 1} = 126,3 \text{ N}$ $F = 2 \cdot T \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 126,3 \cdot \cos 1 = 136,5 \text{ N}$ |
|                     |   | <p><b>Đối với cung sử dụng ròng rọc (không lệch tâm và lệch tâm):</b> chiều dài dây cung bằng <math>3L</math></p> <p>- Tại vị trí giương cung, theo hình vẽ:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                     |   |  <p> <math>R = l/\alpha = 1,194 \text{ m}</math><br/> <math>d = 3l - 2R \sin \alpha = 0,9171 \text{ m}</math><br/> <math>\alpha = 0,67 \text{ rad}</math><br/> <math>\beta = 0,9416 \text{ rad}</math><br/> <math>d_1 = 0,6468 \text{ m}</math><br/> <math>d_2 = 0,2581 \text{ m}</math> </p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                     |   | <p> <math>\alpha = 0,67 \text{ rad}; \theta = 2\alpha = 1,34 \text{ rad}; \beta = \arcsin(R \cdot \sin \alpha / d) = 0,9416 \text{ rad}</math><br/> <math>k_2 = \frac{2W_t}{\theta^2} = \frac{2.50}{1,34^2} = 55,69 \frac{\text{N.m}}{\text{rad}} \rightarrow k_1 = k_2/0,588 = 94,71 \frac{\text{N.m}}{\text{rad}}</math><br/> <math>M = k_1 \cdot \theta = 94,71 \cdot 1,34 = 126,9 \text{ N.m}</math> </p> <p>Đối với ròng rọc có trục không lệch tâm ta có:</p> $M = T \cdot d_1 + 2 \cdot T \cdot d_2 = 126,9 \text{ N.m}$ $d_1 = OX \cdot \sin \beta = 0,6468 \text{ m}$ $d_2 = R(1 - \cos \alpha) = 0,2581 \text{ m}$ $\rightarrow T = 109,1 \text{ N} \rightarrow F = 2 \cdot T \cos \beta = 128 \text{ N}$                                                                                                                                                                                                           |
|                     |   | <p><b>Đối với cung dùng ròng rọc có trục quay lệch tâm:</b></p> $M = T \cdot d_1 + 2 \cdot n \cdot T \cdot d_2 = 126,9$ <p>Với độ lợi về lực:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                    | Ý        | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    |          | $n = \frac{r + \frac{2}{3}r \cdot \sin \beta}{\frac{r}{3}} = \frac{1 + \frac{2}{3} \sin \beta}{\frac{1}{3}} = 4,617$ <p>Từ đó suy ra: <math>T = 41,88 \text{ N} \rightarrow F = 2 \cdot T \cos \beta = 49,3 \text{ N}</math></p> <p>2 Xét một cánh cung,</p> $M = F \cdot l = k_1 \cdot \theta \rightarrow F = \frac{k_1 \cdot \theta}{l}; x = l \cdot \frac{\theta}{4}$ $\rightarrow dx = \frac{l}{4} d\theta$ $\frac{W_t}{2} = \int_0^\theta F \cdot dx = \int_0^\theta \frac{k_1 \cdot \theta}{l} \cdot \frac{l}{4} \cdot d\theta = \frac{1}{2} \frac{k_1}{4} \theta^2 = \frac{1}{4} k_2 \theta^2$ <p>Vậy: <math>k_2 = \frac{k_1}{2} \rightarrow \beta = \frac{1}{2}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p><b>Câu 2</b><br/>(4,0 điểm)</p> | <p>1</p> | <p>Do hệ số giãn nở nhiệt của thanh 2 lớn hơn thanh 1 nên bằng kép sẽ uốn cong về phía thanh 1 với bán kính cong trung bình là R. Gọi bán kính trung bình của thanh 1 là <math>r_1</math>, của thanh 2 là <math>r_2</math>.</p> <p>Ta có <math>r_1 = R - \frac{d}{4}; r_2 = R + \frac{d}{4}</math></p> <p>Chiều dài thanh 1: <math>L'_1 = r_1 \theta = \left(R - \frac{d}{4}\right) \theta</math></p> $L'_2 = r_2 \theta = \left(R + \frac{d}{4}\right) \theta$ $L'_2 - L'_1 = \frac{d}{2} \theta = \frac{d}{2} \cdot \frac{L'_2 + L'_1}{2R} = \frac{d}{2} \cdot \frac{L_0(1 + \alpha_2 \cdot \Delta t) + L_0(1 + \alpha_1 \cdot \Delta t)}{2R}$ $L'_2 - L'_1 = \frac{L_0 d}{4R} [2 + (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \Delta t]$ <p>mà <math>L'_2 - L'_1 = L_0(1 + \alpha_2 \cdot \Delta t) - L_0(1 + \alpha_1 \cdot \Delta t) = L_0(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta t</math></p> <p>Do đó <math>\frac{L_0 d}{4R} [2 + (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \Delta t] = L_0(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta t \rightarrow R = d \cdot \frac{2 + (\alpha_1 + \alpha_2) \cdot \Delta t}{4(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \Delta t}</math></p> <p>Áp dụng bằng số có <math>R = 16,6 \text{ cm}</math>.</p> <p>2a Gọi nhiệt độ ẩm là T. Nhiệt dung của ẩm và nước là C</p> <p>Khi nước từ nhiệt độ <math>T_1 = 100^\circ \text{C} = 373 \text{ K}</math> hạ xuống <math>T_2 = 80^\circ \text{C} = 353 \text{ K}</math>:</p> <p>Công suất tỏa nhiệt do bức xạ nhiệt: <math>P_{\text{bx}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A(T^4 - T_0^4)</math></p> <p>Sử dụng gần đúng có <math>P_{\text{bx}} = 4\varepsilon \sigma A \cdot \bar{T}_1^3 (T - T_0)</math> với <math>\bar{T}_1 = \frac{1}{2}(T_1 + T_0)</math></p> <p>Công suất truyền nhiệt: <math>P_{\text{dl}} = k \cdot A(T - T_k)</math></p> <p>Phương trình cân bằng nhiệt: <math>-C \frac{dT}{dt} = 4\varepsilon \sigma A \cdot \bar{T}_1^3 (T - T_0) + k \cdot A(T - T_0)</math></p> $\frac{dT}{T - T_0} = -A \frac{4\varepsilon \sigma \bar{T}_1^3 + k}{C} dt$ <p>Khi nhiệt độ thay đổi từ <math>T_1</math> đến <math>T_2</math>:</p> $\int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T - T_0} = - \int_0^{t_1} A \frac{4\varepsilon \sigma \bar{T}_1^3 + k}{C} dt$ |

|                            | Ý  | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |    | $\ln \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0} = A \frac{4\varepsilon\sigma \bar{T}_1^3 + k}{C} t_1 \rightarrow t_1 = \frac{C}{A(4\varepsilon\sigma \bar{T}_1^3 + k)} \ln \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0}$ <p>Thay số có <math>t_1 = 1489 (s) \cong 24,8 \text{ phút}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 2b | <p>Khi nước trong ấm là <math>T_2 = 80^\circ C</math>, rơ-le đóng. Công suất điện cung cấp cho ấm là <math>P = 2000 \text{ W}</math>.</p> <p>Ta có <math>CdT = Pdt - (4\varepsilon\sigma A \cdot \bar{T}_1^3 (T - T_0) + k \cdot A(T - T_0)) dt</math></p> $\frac{dT}{P - (4\varepsilon\sigma A \cdot \bar{T}_1^3 + k \cdot A)(T - T_0)} = \frac{1}{C} dt$ $- \int_{T_2=353}^{T_1=373} \frac{d(P - (4\varepsilon\sigma A \cdot \bar{T}_1^3 + k \cdot A)(T - T_0))}{P - (4\varepsilon\sigma A \cdot \bar{T}_1^3 + k \cdot A)(T - T_0)} = \frac{4\varepsilon\sigma A \cdot \bar{T}_1^3 + k \cdot A}{C} \int_0^{t_2} dt$ $t_2 = - \frac{C}{4\varepsilon\sigma A \cdot \bar{T}_1^3 + k \cdot A} \cdot \ln \frac{P - (4\varepsilon\sigma A \cdot \bar{T}_1^3 + k \cdot A)(T_2 - T_0)}{P - (4\varepsilon\sigma A \cdot \bar{T}_1^3 + k \cdot A)(T_1 - T_0)} = 71,3s$ <p><math>\cong 1,2 \text{ phút}</math></p> <p>Nếu dùng <math>\bar{T}_2^3</math> thì kết quả là <math>t_2 = 70,3 s \cong 1,2 \text{ phút}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Câu 3</b><br>(4,0 điểm) | 1  | <p>Xác định điện trường trong từng miền</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Miền <math>-a &lt; x &lt; -a + \delta</math>: <math>\vec{E}_1(x) = -\frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} \vec{u}_x</math>.</li> <li>- Miền <math>-a + \delta &lt; x &lt; a - \delta</math>: <math>\vec{E}_2(x) = -\frac{\sigma - \sigma'}{\varepsilon_0 \varepsilon} \vec{u}_x</math>.</li> <li>- Miền <math>a - \delta &lt; x &lt; a</math>: <math>\vec{E}_3(x) = -\frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} \vec{u}_x</math>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                            | 2  | <p>Hiệu điện thế giữa hai bản là:</p> $U = V(a) - V(-a) = - \int_{-a}^a E(x) dx$ $= \int_{-a}^{-a+\delta} \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} dx + \int_{-a+\delta}^{a-\delta} \frac{\sigma - \sigma'}{\varepsilon_0 \varepsilon} dx + \int_{a-\delta}^a \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} dx.$ $\Rightarrow U = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon} [\sigma\delta + (\sigma - \sigma')(2a - 2\delta) + \sigma\delta] = \frac{2a\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} - \frac{2(a - \delta)\sigma'}{\varepsilon_0 \varepsilon}.$ <p>Tụ ổn định, các ion trong dung dịch không còn di chuyển. Trong vùng <math>-a + \delta &lt; x &lt; a - \delta</math> điện trường bằng 0 do đó</p> $\vec{E}_2(x) = -\frac{\sigma - \sigma'}{\varepsilon_0 \varepsilon} \vec{u}_x = \vec{0} \rightarrow \sigma = \sigma'$ <p>Hiệu điện thế giữa hai bản là:</p> $U = \frac{2a\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} - \frac{2(a - \delta)\sigma'}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{2\delta\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}$ $Q = \sigma S = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{2\delta} U = CU \Rightarrow C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{2\delta}$ <p>Do lớp điện đôi rất gần bản tụ (<math>\delta \ll a</math>) nên điện dung tụ rất lớn.</p> |
|                            | 3a | <p>Vùng ② là vùng chứa chất điện li và có độ dẫn điện <math>\gamma</math>, có hằng số điện môi <math>\varepsilon_0 \varepsilon</math>. Điện trở có giá trị:</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                            | Ý  | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |    | $R_0 = \frac{\rho L}{S} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{2(a - \delta)}{S} \cong \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{2a}{S}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                            | 3b | <p>Từ đồ thị có</p> $I \cdot R_0 = 0,05 \rightarrow R_0 = \frac{0,05}{33} = 1,5 \cdot 10^{-3} (\Omega)$ <p>Đến thời điểm <math>t = T = 14,5s</math> tụ nạp đầy.</p> $I \cdot R_0 + I \cdot T/C = 1,50 \rightarrow C = \frac{33 \times 14,5}{(1,50 - 0,05)} = 3,3 \cdot 10^2 (F)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Câu 4</b><br>(4,0 điểm) | 1  | <p>Quang trình của hai tia sáng chỉ khác nhau khi chúng truyền qua các ống khác nhau. Hiệu quang trình:</p> $\Delta = nl - n_0 l = (n - n_0)l = (n - 1)l$ <p>Số vân dịch chuyển thỏa mãn:</p> $\Delta = m\lambda \leftrightarrow (n - 1)l = m\lambda \leftrightarrow n = 1 + \frac{m\lambda}{l}$ <p>Thay số:</p> $n = 1 + \frac{40 \times 551 \cdot 10^{-7}}{8} = 1 + 3 \cdot 10^{-4} = 1,0003$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            | 2  | <p>Trong phép đo thứ nhất, gọi hiệu quang trình của hai tia sáng là <math>\Delta_1</math></p> <p>Trong phép đo thứ hai, hiệu quang trình của hai tia sáng:</p> $\Delta_2 = \Delta_1 + (n - 1)d$ <p>Độ dịch vân s:</p> $\frac{s}{i} = \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{(m_2 - m_1)\lambda} = \frac{(n - 1)d}{k\lambda} \rightarrow d = \frac{s}{i} \cdot \frac{\lambda}{n - 1} k$ <p>Thay số: <math>d = 0,351 \cdot \frac{632,8 \text{ nm}}{1,526 - 1} k = 422 \text{ nm} \times k</math></p> <p>Rút ra: <math>d = 422 \text{ nm}</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                            | 3  | <p>Xét sự khúc xạ tại bề mặt mỗi tấm. Các góc tới <math>i_1 = \varphi</math>; <math>i_2 = \varphi + \alpha</math>, các góc khúc xạ tương ứng là <math>r_1</math>; <math>r_2</math>.</p> <p>Định luật khúc xạ ánh sáng:</p> $\sin \varphi = n_t \sin r_1; \sin(\varphi + \alpha) = n_t \sin r_2$ <p>Hiệu quang trình của hai tia sáng:</p> $\Delta = 2e \sqrt{n_t^2 - \sin^2 \varphi} - 2e \sqrt{n_t^2 - \sin^2(\varphi + \alpha)}$ <p>Với <math>\alpha</math> rất nhỏ:</p> $\sin^2(\varphi + \alpha) = \sin^2 \varphi + \alpha \sin 2\varphi$ <p>Từ đó:</p> $\Delta = 2e \sqrt{n_t^2 - \sin^2 \varphi} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{\alpha \sin 2\varphi}{n_t^2 - \sin^2 \varphi}} \right)$ $\Delta = 2e \sqrt{n_t^2 - \sin^2 \varphi} \left( 1 - 1 + \frac{\alpha \sin 2\varphi}{2(n_t^2 - \sin^2 \varphi)} \right) = \frac{\sin 2\varphi}{\sqrt{n_t^2 - \sin^2 \varphi}} \alpha e$ |

|                                   | Ý        | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Câu 5</b><br><b>(4,0 điểm)</b> | <b>1</b> | <p>Từ định luật bảo toàn năng lượng: <math>K_\alpha + K_n = Q</math> (1)</p> <p>Từ định luật bảo toàn động lượng: <math>K_\alpha/K_n = m_n/m_\alpha</math> (2)</p> <p>Từ (1) và (2):</p> $K_\alpha = \frac{m_n}{m_\alpha + m_n} Q = \frac{1}{4 + 1} 17,59 \text{ MeV} = 3,518 \text{ MeV}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                   | <b>2</b> | <p>Thế năng Coulomb của hai hạt nhân ở khoảng cách r:</p> $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r} = 1,15 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 720 \text{ keV}$ <p>Động năng chuyển động nhiệt trung bình của mỗi hạt nhân phải lớn hơn hoặc bằng E:</p> $\frac{3}{2} k_B T \geq E \rightarrow T_m = 5,6 \cdot 10^9 \text{ K}$ <p>Nguyên nhân <math>T &lt; T_m</math> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Có những hạt nhân có động năng lớn hơn động năng trung bình.</li> <li>- Phản ứng có thể xảy ra ở khoảng cách xa hơn <math>2,0 \cdot 10^{-15} \text{ m}</math> do hiệu ứng xuyên hầm.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                   | <b>3</b> | <p>Lớp vật liệu cần chịu được bức xạ neutron năng lượng cao vì:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Động năng của neutron sinh ra: <math>K_n = Q - K_\alpha = 14,072 \text{ MeV}</math></li> <li>- Neutron không mang điện nên nhanh chóng rời khỏi plasma.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                   | <b>4</b> | <p>Mật độ công suất tạo bởi hạt <math>\alpha</math>: <math>P_\alpha = \frac{n}{2} \cdot \frac{n}{2} \langle \sigma v \rangle K_\alpha = \frac{1}{4} n^2 \langle \sigma v \rangle K_\alpha</math></p> <p>Mật độ năng lượng nhiệt bên trong plasma:</p> $U = N \cdot \frac{3}{2} k_B T = 2n \cdot \frac{3}{2} k_B T = 3nk_B T$ <p>Mật độ công suất mất năng lượng: <math>P_l = \frac{U}{\tau_E} = \frac{3nk_B T}{\tau_E}</math></p> <p>Lò phản ứng hoạt động ổn định: <math>P_\alpha = P_l</math></p> $\frac{1}{4} n^2 \langle \sigma v \rangle K_\alpha = \frac{3nk_B T}{\tau_E} \leftrightarrow n\tau_E = \frac{12k_B T}{\langle \sigma v \rangle K_\alpha} \rightarrow \tau_E = \frac{12k_B T}{n\langle \sigma v \rangle K_\alpha}$ <p>Thay số:</p> $\tau_E = \frac{12 \cdot 15}{2,0 \cdot 10^{20} \cdot 1,1 \cdot 10^{-22} \cdot 3,518 \cdot 10^3} = 2,3 \text{ (s)}$ |

----- HẾT -----



Môn: VẬT LÝ

Thời gian làm bài: 180 phút (không kể thời gian giao đề)

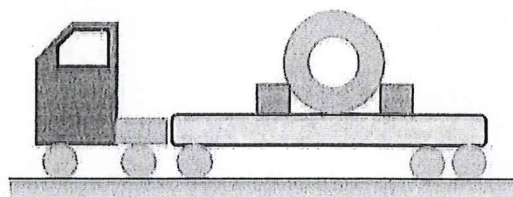
Ngày thi thứ hai: 26/12/2025

Đề thi gồm 04 trang, có 05 câu

**Câu 1. (4,0 điểm) An toàn trong vận chuyển cuộn thép**

Thép nguyên liệu trong công nghiệp thường được vận chuyển trên xe dưới dạng cuộn hình trụ rỗng. Cuộn thép được đặt trên sàn xe giữa hai khối chặn, sao cho trục đối xứng nằm ngang và vuông góc với chiều chuyển động của xe (Hình 1a). Ta đơn giản hóa thực tế, xem xét vai trò của các khối chặn và kích thước của cuộn thép trong an toàn vận chuyển nếu cuộn thép không được dùng dây ràng buộc thêm.

Cuộn thép được coi như vật rắn có khối lượng  $M$ , dạng hình trụ rỗng có bán kính ngoài và bán kính trong lần lượt là  $R$  và  $r$ . Cuộn thép có moment quán tính đối với trục quay trùng với trục trục của nó là:



Hình 1a

$$I_C = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{r^2}{R^2} \right) MR^2.$$

Các khối chặn được coi như vật rắn, có chiều cao  $h$  so với sàn xe. Xe coi như vật rắn có khối lượng  $M_0$  khi không có cuộn thép. Coi hệ số ma sát nghỉ và hệ số ma sát trượt của mỗi tiếp xúc có giá trị bằng nhau, gọi chung là hệ số ma sát. Hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường là  $\mu_1 = 0,8$  và hệ số ma sát giữa cuộn thép và sàn là  $\mu_2 = 0,5$ . Sàn xe phẳng và song song với mặt đường phẳng. Bỏ qua ma sát lăn và lực cản của không khí. Lấy gia tốc trọng trường  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Xét xe chở cuộn thép đang chuyển động thẳng đều trên con đường phẳng nằm ngang thì gặp tình huống người lái xe phải hãm phanh xe gấp nhất (độ lớn gia tốc của xe lớn nhất), xe vẫn tiếp tục chuyển động thẳng trong khi phanh.

1. Trường hợp cả hai khối chặn đều sát với cuộn thép.

a) Tính gia tốc của xe khi hãm phanh.

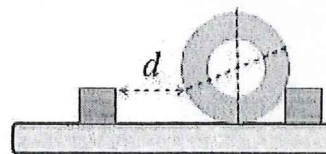
b) Tìm giá trị nhỏ nhất  $h_{\min}$  của  $h$  theo  $R$  để cuộn thép không vượt qua khối chặn.

2. Trường hợp khối chặn không sát với cuộn thép.

Ngay trước khi hãm phanh, cuộn thép nằm yên trên sàn xe, cách khối chặn phía trước khoảng cách  $d$  như thể hiện trên Hình 1b. Coi khối lượng của cuộn thép tương đương khối lượng của xe:  $M = M_0$ .

a) Tìm giá trị lớn nhất  $r_{\max}$  của  $r$  theo  $R$  để cuộn thép lăn không trượt trên sàn xe.

b) Xét trường hợp  $h = R/2$  và  $r = r_{\max}$ . Trong khi xe đang được hãm phanh, cuộn thép lăn không trượt tới khối chặn và va chạm đàn hồi với khối chặn. Tìm giá trị nhỏ nhất  $d_{\min}$  của  $d$  theo  $R$  để cuộn thép bị bay lên không trung ngay sau va chạm với khối chặn.



Hình 1b

**Câu 2. (4,0 điểm) Sự chuyển pha của nước**

1. Một trong các phương pháp bảo quản thực phẩm là giảm hàm lượng nước ở thể lỏng và làm đông đá bằng phương pháp hút chân không. Xét một lượng nước ban đầu ở nhiệt độ  $t = 0^\circ\text{C}$ , ở thể lỏng, khối lượng  $m = 100 \text{ g}$  nằm trong môi trường chân không được duy trì. Môi trường chân không làm quá trình hóa hơi của nước ở thể lỏng nhanh chóng xảy ra, kết quả là một phần nước chuyển thành nước đá và phần còn lại chuyển thành hơi. Cho biết ở nhiệt độ  $0^\circ\text{C}$ , nhiệt nóng chảy riêng của nước là  $\lambda = 3,34 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  và nhiệt hóa hơi riêng của nước là  $L = 2,51 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

a) Xác định lượng nước đá lớn nhất có thể có được.

b) Một nhiệt lượng kế chứa hệ gồm lượng nước đá đang ở  $0^\circ\text{C}$  có được ở ý 1a) và một viên bi kim loại, viên bi ban đầu ở nhiệt độ  $t > 0^\circ\text{C}$  và đường kính  $d = 4,6 \text{ cm}$ . Viên bi có dạng hình cầu, khối lượng

$M = 345$  g, nhiệt dung riêng của chất làm viên bi là  $c = 500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  và coi là không đổi. Khi ở nhiệt độ  $0^\circ\text{C}$ , viên bi đã cho có khối lượng riêng là  $\rho_0 = 6,8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Bỏ qua sự trao đổi nhiệt của hệ với nhiệt lượng kế và môi trường ngoài. Tính lượng nước đá lớn nhất chuyển thành nước khi hệ cân bằng nhiệt.

*Cho biết:* Khi nhiệt độ viên bi thay đổi một lượng  $\Delta t$  thì thể tích viên bi sẽ thay đổi một lượng  $\Delta V = V_0 \beta \Delta t$  với  $\beta = 3,3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  là hệ số giãn nở khối,  $V_0$  là thể tích viên bi trước khi thay đổi nhiệt độ.

2. Một động cơ hơi nước hoạt động theo chu trình với môi chất làm việc là một lượng nước nhất định. Chu trình bao gồm các quá trình như sau: Ban đầu ở trạng thái 1, nước ở nhiệt độ  $t_1 = 90^\circ\text{C}$  và ở áp suất khí quyển  $p_1 = 101,3 \text{ kPa}$ , thể tích nước là  $V_1$ . Tiếp theo nước được đun nóng ở áp suất khí quyển đến trạng thái 2 ứng với nhiệt độ sôi  $t_2 = 100^\circ\text{C}$ . Nước ở  $100^\circ\text{C}$  xảy ra quá trình hóa hơi và đến trạng thái 3 nước hóa hơi hoàn toàn. Sau đó hơi nước giãn nở đẳng áp đến trạng thái 4 ứng với thể tích  $V_4$ . Từ trạng thái 4, hơi nước được làm lạnh đẳng tích đến trạng thái 5 có nhiệt độ bằng với nhiệt độ  $t_1$ . Áp suất hơi nước ở trạng thái 5 là  $p_5 = 70,1 \text{ kPa}$ . Ở nhiệt độ  $t_1$  này xảy ra quá trình ngưng tụ và đến trạng thái 6 hơi nước hoàn toàn thành thể lỏng ở cùng nhiệt độ. Từ trạng thái 6, nước được nén đẳng nhiệt về trạng thái 1 ban đầu.

Coi hơi nước như là khí lí tưởng. Khối lượng mol của nước là  $\mu = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; nhiệt dung riêng của nước là  $c = 4,19 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ; hằng số khí là  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Ở  $100^\circ\text{C}$ , nhiệt hóa hơi riêng của nước là  $L = 2,26 \times 10^6 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

a) Hãy biểu diễn chu trình trên đồ thị  $p - V$  và đồ thị  $p - T$ .

b) Tính hiệu suất của chu trình và nhiệt hóa hơi riêng của nước ở  $90^\circ\text{C}$ , áp suất  $70,1 \text{ kPa}$ .

### Câu 3. (4,0 điểm) Lớp chuyển tiếp p-n

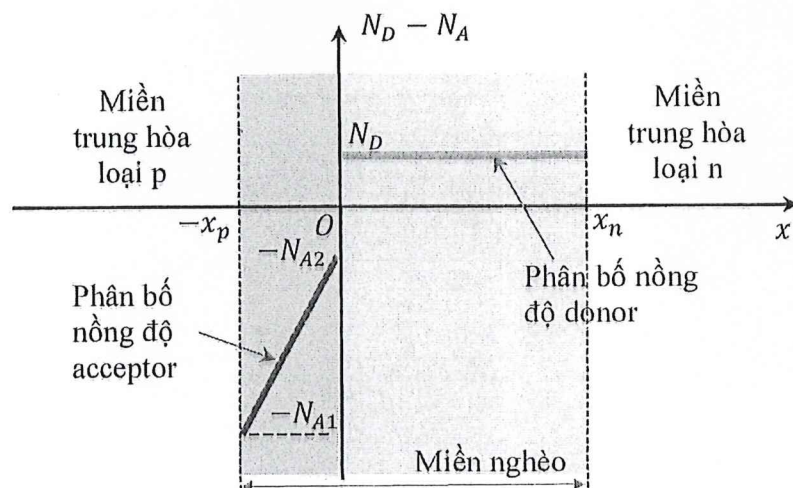
Silicon (Si) có hóa trị IV, khi pha tạp chất có hóa trị V (như phosphorus) ta được bán dẫn loại n (có điện tích tự do đa số là electron), khi pha tạp chất có hóa trị III (như boron) ta được bán dẫn loại p (có điện tích tự do đa số là lỗ trống). Tạp chất hóa trị V được gọi là tạp chất donor, tạp chất hóa trị III được gọi là tạp chất acceptor. Ta sẽ xét các bán dẫn pha tạp ở nhiệt độ  $300 \text{ K}$  mà tại nhiệt độ đó tạp chất được ion hóa toàn bộ, nồng độ điện tích tự do của bán dẫn coi như bằng nồng độ của tạp chất pha vào.

Khi silicon được pha tạp để tạo ra miền bán dẫn loại p và miền bán dẫn loại n tiếp xúc nhau, lớp chuyển tiếp p-n được hình thành. Electron bên bán dẫn loại n khuếch tán sang vùng bán dẫn loại p, các lỗ trống bên bán dẫn loại p khuếch tán sang vùng bán dẫn loại n. Các electron và lỗ trống đó tái hợp và trở nên trung hòa. Do đó, tại vùng tiếp xúc p-n, phía bên bán dẫn p hình thành lớp điện tích âm tạo bởi các ion acceptor, phía bên bán dẫn loại n hình thành lớp điện tích dương tạo bởi các ion donor. Các lớp điện tích đó tạo thành miền nghèo (còn gọi là miền điện tích không gian), trong đó hầu như không có điện tích tự do.

Xét tinh thể silicon tiết diện đều đặt dọc theo trục  $Ox$ , có phân bố nồng độ hạt pha tạp trong lớp chuyển tiếp p-n được thể hiện như trên Hình 3. Mật

tiếp xúc của phía bán dẫn loại p và phía bán dẫn loại n vuông góc với  $Ox$  tại  $O$ . Nồng độ acceptor  $N_A$  phía bên bán dẫn p thay đổi tuyến tính từ  $N_{A1} = 2,5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  về  $N_{A2} = 5,0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  (chuyển tiếp tuyến tính). Nồng độ donor phía bán dẫn loại n có giá trị không đổi  $N_D = 3,0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  (chuyển tiếp bước). Xét lớp chuyển tiếp ở điều kiện cân bằng nhiệt và không có điện áp ngoài. Biết bề rộng miền nghèo phía p là  $x_p = 0,10 \mu\text{m}$ , điện trường tại hai biên miền nghèo bằng 0.

Cho: hằng số điện môi của Si là  $\epsilon_s = \epsilon_0 \epsilon = 1,05 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{cm}^{-1}$ ; điện tích nguyên tố  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

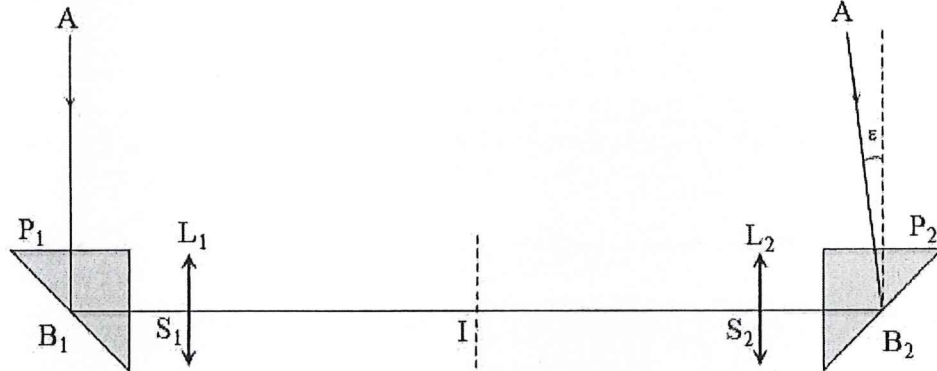


Hình 3

1. Biết tổng điện tích của miền nghèo bằng 0, tính bề rộng của miền nghèo.
2. Tìm biểu thức  $E(x)$  của điện trường  $E$  trong miền nghèo theo  $x$  và vẽ phác đồ thị  $E(x)$ .
3. Sự chênh lệch điện thế giữa hai biên miền nghèo được gọi là chiều cao rào thế  $V_{bi}$ . Tính  $V_{bi}$ .
4. Gọi lớp chuyển tiếp tuyến tính – chuyển tiếp bước ở trên là lớp chuyển tiếp 1. Xét lớp chuyển tiếp 2 là chuyển tiếp bước – chuyển tiếp bước, chỉ khác lớp chuyển tiếp 1 là nồng độ acceptor phía bên bán dẫn loại p có giá trị không đổi  $N_A = 1,5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Cho rằng bề rộng miền nghèo phía p vẫn là  $x_p = 0,10 \text{ }\mu\text{m}$ . Nêu sự khác biệt của điện trường  $E$  và chiều cao rào thế  $V_{bi}$  của hai lớp chuyển tiếp đó.

**Câu 4. (4,0 điểm) Máy quang học đo khoảng cách kiểu trùng ảnh**

Máy đo khoảng cách kiểu trùng ảnh được sử dụng để đo khoảng cách  $D$  từ máy đo tới một điểm A ở xa. Máy gồm hai ống quang học giống nhau, cách nhau khoảng  $d = B_1B_2$ , mỗi ống có một lăng kính phản xạ toàn phần,  $P_1$  và  $P_2$  được đặt như Hình 4. Hai thấu kính hội tụ giống nhau  $L_1$  và  $L_2$  có cùng tiêu cự  $f$  được đặt tại các điểm  $S_1$  và  $S_2$  sao cho trục chính của chúng trùng với đường  $B_1B_2$ . Gọi I là trung điểm của  $S_1S_2$ . Ánh sáng từ điểm A tới mỗi ống quang học được biểu diễn qua các tia  $AB_1$  và  $AB_2$  với giả định tia  $AB_1$  vuông góc với  $B_1B_2$ , tia  $AB_2$  nghiêng một góc  $\varepsilon$  ( $\varepsilon$  rất nhỏ) so với đường vuông góc với  $B_1B_2$ , như thể hiện trên hình vẽ. Gọi  $A_1$  và  $A_2$  lần lượt là ảnh của A qua các thấu kính  $L_1$  và  $L_2$ .



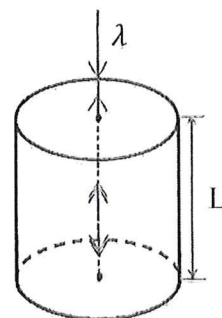
Hình 4

1. Xét trường hợp I là tiêu điểm ảnh của cả hai thấu kính  $L_1$  và  $L_2$ , tức là  $IS_1 = IS_2 = f$ 
  - a) Vẽ hình thể hiện đường truyền của các tia  $AB_1$  và  $AB_2$  lần lượt tới vị trí của hai ảnh  $A_1$  và  $A_2$ .
  - b) Đặt một lăng kính P có góc chiết quang  $\alpha$  nhỏ, có chiết suất  $n$ , trong khoảng  $IS_2$ , cách I đoạn  $x$  sao cho hai ảnh  $A_1$  và  $A_2$  trùng nhau. Tìm biểu thức của khoảng cách  $D$  theo  $x$  và  $d, f, n, \alpha$ .  
Cho biết: Góc lệch của tia sáng có góc tới nhỏ qua lăng kính P là  $\beta = (n - 1)\alpha$ .
- Trong các ý tiếp theo, lăng kính P vẫn được sử dụng trong máy đo.
2. Để có thể dùng một thị kính L quan sát các ảnh  $A_1$  và  $A_2$ , khoảng cách  $S_1S_2$  phải nhỏ hơn  $2f$ . Đặt hai lăng kính phản xạ toàn phần  $P'_1$  và  $P'_2$  tại I sao cho tạo được hai kính viễn vọng ( $L_1, L$ ) và ( $L_2, L$ ) có chung thị kính L. Vẽ hình thể hiện cách bố trí  $P'_1, P'_2$  và L. Viết lại biểu thức tính khoảng cách  $D$ .
3. Một máy đo khoảng cách có các thông số:  $d = 25,0 \text{ cm}$ ;  $f = 80,0 \text{ mm}$ ;  $n = 1,52$ ;  $\alpha = 3,00^\circ$ . Khi đo khoảng cách  $D$  từ máy đo tới một tòa nhà, người ta điều chỉnh lăng kính P đến vị trí sao cho hai ảnh  $A_1$  và  $A_2$  trùng nhau và đo được giá trị  $x = 1,40 \text{ mm}$  (giá trị của  $x$  đọc được trên một thước gắn sẵn trên máy). Sai số khi đo giá trị  $x$  là  $\Delta x = \pm 0,01 \text{ mm}$ , bỏ qua sai số của các thông số khác. Tính khoảng cách  $D$  từ máy đo tới tòa nhà và tính sai số tương đối của phép đo khoảng cách  $D$ .

**Câu 5. (4,0 điểm) Phương án thực hành và xử lý số liệu**

1. Một học sinh phát hiện khi bật quạt điện, quạt quay chậm hơn so với bình thường. Học sinh nghi ngờ tụ điện khởi động của quạt điện không đảm bảo giá trị điện dung so với thông số ghi trên tụ điện. Học sinh tháo tụ điện ra khỏi quạt và tìm cách xác định giá trị điện dung  $C$  của tụ điện. Học sinh tìm thấy có ba điện trở khác nhau với các giá trị là  $R_1, R_2, R_3$ . Ngoài ra còn có một biến thế hạ áp có điện áp đầu vào  $220 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$  và điện áp đầu ra thấp (điện áp đầu ra không biết giá trị); một ampe kế xoay chiều; một số dây nối điện.  
Hãy đề xuất cách lấy được nhiều số liệu nhất và xử lý số liệu để giúp bạn học sinh có được kết quả đo điện dung  $C$  của tụ điện chính xác nhất.

2. Khi nhiệt độ thay đổi, hai đặc tính quan trọng của vật liệu liên quan đến các ứng dụng trong cơ học và quang học, đó là sự thay đổi của kích thước và chiết suất theo nhiệt độ. Nếu ở nhiệt độ phòng  $t_0$ , chiều dài và chiết suất của vật hình trụ tương ứng là  $L_0$  và  $n_0$  thì khi ở nhiệt độ  $t$ , chiều dài  $L$  và chiết suất  $n$  của vật tương ứng là  $L = L_0(1 + \alpha(t - t_0))$  và  $n = n_0 + \beta(t - t_0)$  với  $\alpha, \beta$  tương ứng là hệ số giãn nở nhiệt và hệ số quang nhiệt và coi là không đổi. Nếu  $\alpha$  đã biết, ta có thể xác định được  $\beta$  thông qua quan sát ảnh giao thoa hình thành bởi sự phản xạ tại mặt trên và mặt dưới hình trụ của chùm tia laser có bước sóng  $\lambda$  chiếu gần như vuông góc với bề mặt mẫu (Hình 5). Ở nhiệt độ không đổi, tại một điểm xác định trên ảnh giao thoa thì độ sáng là không đổi. Khi nhiệt độ tăng dần sẽ nhận thấy độ sáng thay đổi dạng chớp sáng, mỗi một lần chớp sáng là một lần vân sáng đi qua điểm quan sát và là kết quả do sự dịch vân giao thoa theo nhiệt độ. Bằng việc đếm số lần dịch vân giao thoa  $m$  ứng với các nhiệt độ  $t$  khác nhau trong quá trình tăng dần nhiệt độ từ nhiệt độ phòng  $t_0$  ta xác định được  $\beta$ .



Hình 5

a) Tìm  $\beta$  theo  $m, t, t_0, \alpha, L_0, n_0$  và  $\lambda$ .

b) Kết quả thực nghiệm với một mẫu thủy tinh khi ở nhiệt độ phòng  $t_0$  có chiều dài  $L_0 = 1,0$  cm, chiết suất  $n_0 = 1,515$ . Hệ số giãn nở nhiệt của thủy tinh là  $\alpha = 0,72 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Laser sử dụng là laser khí He-Ne có bước sóng  $\lambda = 632,8$  nm. Quan sát tại một điểm trên màn, dữ liệu  $m$  theo nhiệt độ  $t$  của mẫu cho ở bảng dưới:

| $t$ (°C) | 25,5 | 28,9 | 33,5 | 37,8 | 42,5 | 46,6 | 51,6 | 56,2 | 61,2 | 69,0 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $m$      | 1    | 3    | 5    | 7    | 9    | 11   | 13   | 15   | 17   | 20   |

Hãy xác định nhiệt độ phòng  $t_0$  và hệ số quang nhiệt  $\beta$  của mẫu thủy tinh trên (không yêu cầu tính sai số).

----- HẾT -----

\* Thí sinh KHÔNG được sử dụng tài liệu;

\* Giám thị KHÔNG giải thích gì thêm.

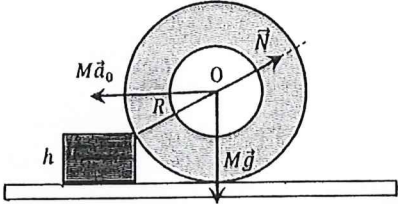


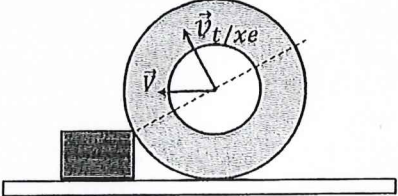
ĐÁP ÁN  
Đề thi chính thức

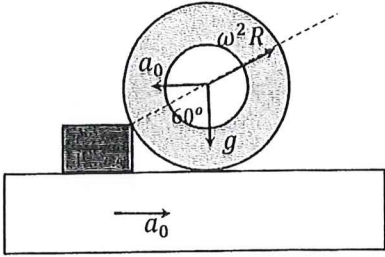
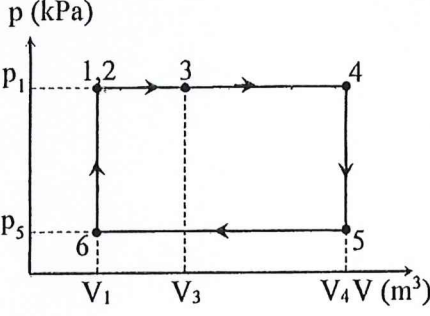
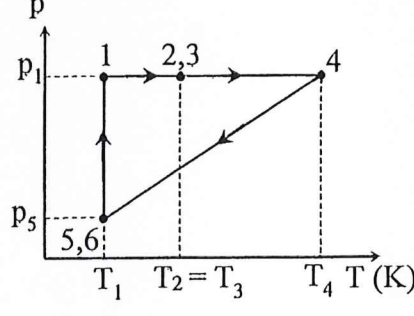
Môn: VẬT LÝ

Ngày thi: 26/12/2025

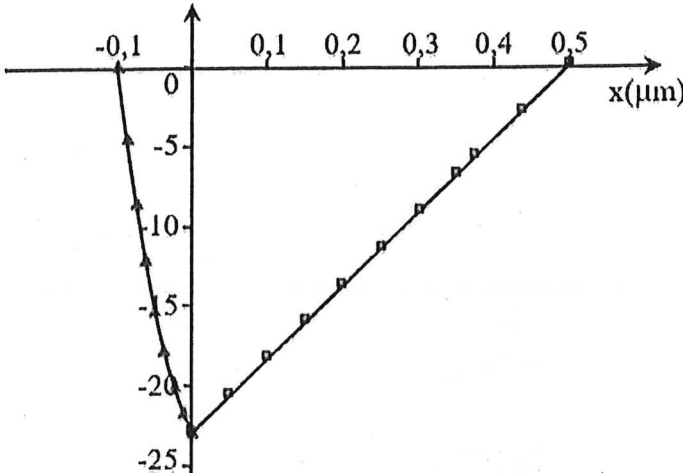
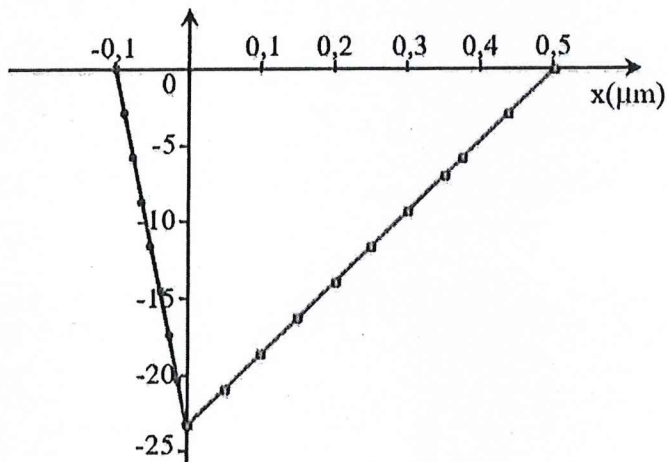
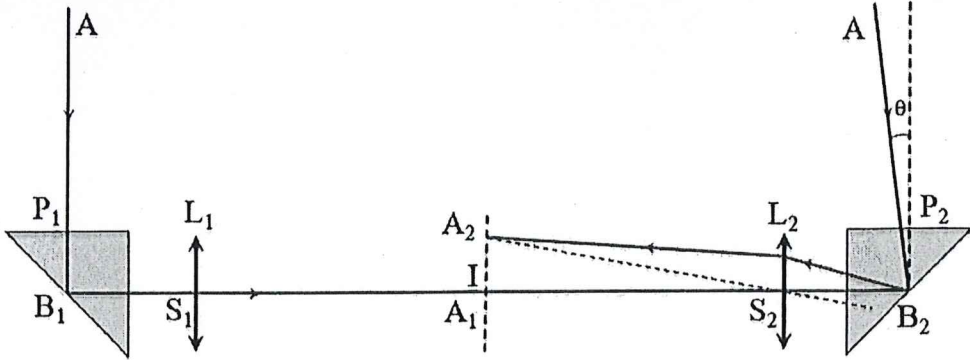
Đáp án gồm 08 trang

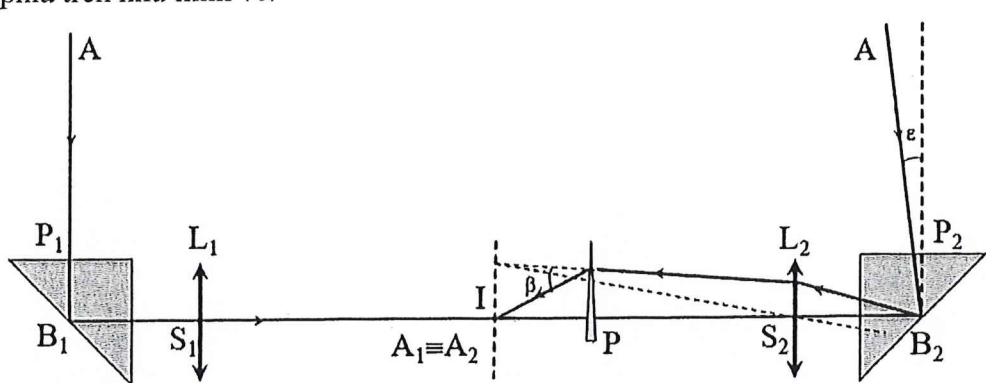
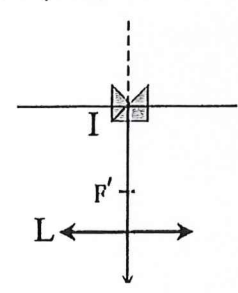
|                                    | Ý  | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Câu 1</b><br/>(4,0 điểm)</p> | 1a | <p>Gia tốc hãm lớn nhất khi lực ma sát nghỉ cực đại:</p> $\rightarrow a_0 = \frac{F_{ms \max}}{M + M_0} = \frac{\mu_1 \cdot (M + M_0) \cdot g}{M + M_0} = \mu_1 \cdot g = 7,84 \text{ m/s}^2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                    | 1b | <p>Điều kiện để cuộn thép bị chặn lúc phanh và không vượt qua khối gỗ chặn:</p> $M a_0 (R - h) \leq M g \sqrt{R^2 - (R - h)^2}$ $\rightarrow \frac{a_0}{g} \leq \frac{\sqrt{1 - (1 - h/R)^2}}{1 - h/R} \quad (1.1)$ <p>Thay vào biểu thức (1.1)</p> $\rightarrow 0,8 \leq \frac{\sqrt{1 - (1 - h/R)^2}}{1 - h/R} \rightarrow h \geq 0,219R;$ <p>Vậy <math>h_{\min} = 0,219R</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                    | 2a | <p>Ngay sau khi phanh, áp dụng định luật 2 của Newton:</p> <p>Đối với xe: <math>(M + M_0)\mu_1 \cdot g - F_{ms} = M_0 \cdot a_x \quad (1)</math></p> <p>Đối với cuộn thép:</p> <p>PTĐL của khối tâm: <math>F_{ms} = M \cdot a_t \quad (2)</math></p> <p>PTĐL quay với trục quay qua khối tâm: <math>F_{ms} \cdot R = I_c \cdot \gamma = \beta \cdot m \cdot R^2 \cdot \gamma \quad (3)</math></p> <p>Phương trình cho gia tốc: <math>a_t = a_x - \gamma \cdot R \quad (4)</math></p> $\rightarrow a_x = \mu_1 \cdot g \cdot \frac{M + M_0}{M} \cdot \frac{\beta + 1}{2\beta + 1}$ <p>và <math>a_t = \mu_1 \cdot g \cdot \frac{M + M_0}{M} \cdot \frac{\beta}{2\beta + 1}</math></p> <p>Gia tốc <math>a_{t/x}</math> của cuộn thép so với xe:</p> $\rightarrow a_{t/x} = a_t - a_x = -\frac{M + M_0}{M} \cdot \frac{\mu_1 \cdot g}{2\beta + 1}$ <p>Vậy <math>a_{t/x}</math> có độ lớn <math>\frac{M + M_0}{M} \cdot \frac{\mu_1 \cdot g}{2\beta + 1}</math> theo hướng đi về phía đầu xe.</p> <p>Để cuộn thép lăn không trượt</p> $\mu_2 M g \geq F_{ms} = \beta \cdot M \cdot a_{t/x} = \beta \cdot \frac{(M + M_0) \cdot \mu_1 \cdot g}{2\beta + 1}$ $\mu_2 \geq \mu_1 \frac{\beta}{2\beta + 1} \cdot \frac{M + M_0}{M} \rightarrow \beta \leq \frac{\mu_2}{2(\mu_1 - \mu_2)} = \frac{5}{6} = \beta_{\max}$ <p><math>r</math> càng lớn thì <math>\beta</math> càng lớn. <math>r = r_{\max}</math> thì <math>\beta = \beta_{\max} = \frac{5}{6}</math>.</p> <p>Đặt <math>r = R/k</math></p> $\rightarrow I = \frac{1}{2} M R^2 \left(1 + \frac{1}{k^2}\right) = \frac{5}{6} M R^2 \rightarrow \frac{k^2 + 1}{k^2} = \frac{5}{3} \rightarrow k^2 = 1,5$ |

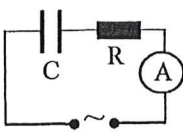
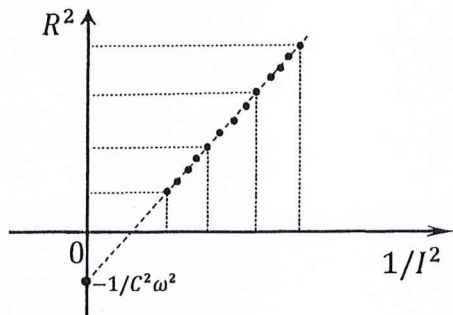
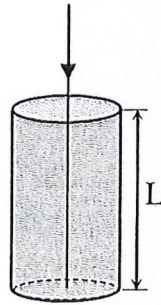
| Ý  | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | $r = R/\sqrt{1,5}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2b | <p>Với cấu tạo như ý 2c, cuộn thép lăn không trượt</p> $a_{t/x} = 2\mu_1 \cdot g \cdot \frac{1}{2\beta + 1} = 5,88 \text{ m/s}^2$ <p>Đến cuối quãng đường trước khi va chạm, gọi vận tốc của cuộn thép so với xe là: <math>v_0</math> thì <math>s = \frac{v_0^2}{2a_{t/x}}</math></p> <p>Khi va chạm là đàn hồi nên không có sự trượt ở các bề mặt tiếp xúc.</p> <p>Có ma sát trượt tại má phanh nhưng lực này không phải là lực va chạm nên có thể bỏ qua trong quá trình va chạm. Dẫn tới ma sát giữa lốp và mặt đường cũng có thể bỏ qua trong quá trình va chạm (do bị giới hạn bởi lực phanh tại đĩa phanh nên). Vì vậy lúc va chạm, bảo toàn động lượng theo phương ngang.</p> <p>Xét hệ quy chiếu gắn với xe trước va chạm (hệ quy chiếu quán tính), trong hệ quy chiếu này, cuộn thép có vận tốc <math>v_0</math> trước va chạm:</p> $Mv_0 = M_0V + Mv_x \rightarrow v_0 = V + v_x \quad (1)$ <p>Trong đó <math>V</math> là vận tốc của xe sau va chạm, <math>v_x, v_y</math> là thành phần vận tốc theo phương ngang và phương thẳng đứng của cuộn thép sau va chạm.</p> <p>Va chạm đàn hồi, bảo toàn năng lượng:</p> $\frac{1}{2}M(1+\beta)v_0^2 = \frac{1}{2}M(v_x^2 + v_y^2) + \frac{1}{2}\beta MR^2\omega^2 + \frac{1}{2}M_0V^2$ $(1+\beta)v_0^2 = (v_x^2 + v_y^2) + \beta\omega^2 R^2 + V^2 \quad (2)$ <p>Cuộn thép lăn không trượt trong quá trình va chạm nên đứng trên hệ quy chiếu gắn với xe (phi quán tính) ta có:</p> $\vec{v}_{t/xe} = \vec{\omega} \times \vec{AO}$ <p>Vận tốc của cuộn thép so với hệ quán tính</p> $\vec{v} = \vec{v}_{t/xe} + \vec{v}_{xe} = \vec{\omega} \times \vec{AO} + \vec{V}$  $\rightarrow v_x = \omega R \cdot \cos(60^\circ) + V = \frac{\omega R}{2} + V \quad (3)$ $v_y = \omega R \cdot \cos(30^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2} \omega R \quad (4)$ <p>Rút (1), (3), (4) thay vào (2): <math>\omega R = \frac{2v_y}{\sqrt{3}}; V = v_x - \frac{\omega R}{2};</math></p> $(1+\beta)v_0^2 = (v_x^2 + v_y^2) + \beta\omega^2 R^2 + V^2$ $\rightarrow (1+\beta) = \frac{v_x^2}{v_0^2} + \frac{v_y^2}{v_0^2} + \beta \cdot \frac{4v_y^2}{3v_0^2} + \left(\frac{v_x}{v_0} - \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{v_y}{v_0}\right)^2 \quad (*)$ <p>Mà <math>v_0 = V + v_x \rightarrow v_x = v_0 - v_x + \frac{\omega R}{2} \rightarrow 2 \frac{v_x}{v_0} - \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{v_y}{v_0} = 1 \quad (**)</math></p> <p>Thay <math>\beta = 5/6</math> và giải hệ với hai biến <math>\frac{v_x}{v_0}</math> và <math>\frac{v_y}{v_0}</math> được <math>\frac{v_y}{v_0} = 0,765; \frac{v_x}{v_0} = 0,721</math></p> <p>Có <math>\omega R = \frac{2v_y}{\sqrt{3}}</math> nên <math>\frac{\omega}{v_0} = \frac{2 \cdot 0,765}{\sqrt{3}R} = \frac{2,0,765}{\sqrt{3}R} = \frac{1,53}{\sqrt{3} \cdot R}</math></p> |

|                            | Ý  | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |    | <p>Xét hệ quy chiếu gắn với xe sau va chạm, và cuộn thép vừa đủ mắt liên kết:</p> $N = \omega^2 R - g \cos 60^\circ - a_0 \cos 30^\circ = 0$ <p>Trong đó <math>a_0</math> là gia tốc của xe khi khối thép đã mắt liên kết với xe:</p> $a_0 = \frac{\mu_1 M_0 g}{M_0} = \mu_1 g = 0,8.9,8 = 7,84$ $\frac{v_0^2}{R} = \frac{3(g \cos 60^\circ + a_0 \cos 30^\circ)}{4\left(\frac{v_0}{v_0}\right)^2} = 15$ $d_{min} = \frac{v_0^2}{2a_{t/x}} = \frac{15.R}{2.5,88} = \frac{R}{0,784}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Câu 2</b><br>(4,0 điểm) | 1a | <p>Gọi lượng nước đá lớn nhất là <math>m_1</math>, lượng nước hóa hơi sẽ là <math>m - m_1</math></p> <p>Cân bằng nhiệt: <math>m_1 \lambda = (m - m_1) L \rightarrow m_1 = m \cdot \frac{L}{L + \lambda} = 88,2 \text{ g}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                            | 1b | <p>Nếu lượng nhiệt cung cấp từ viên bi làm một phần nước đá có khối lượng <math>\Delta m</math> tan chảy thành nước, khi đó nhiệt độ của viên bi giảm một lượng <math>\Delta t</math> và ổn định ở <math>0^\circ \text{C}</math>.</p> <p>Ở nhiệt độ <math>0^\circ \text{C}</math>, viên bi có thể tích <math>V_0 = M/\rho_0</math></p> <p>Ở nhiệt độ ban đầu <math>t</math>, thể tích kim loại là <math>V = \frac{4}{3} \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 = 50,96 \text{ cm}^3</math></p> $V = V_0(1 + \beta \cdot \Delta t)$ $\Delta t = \frac{V - V_0}{V_0 \beta} = \frac{\frac{4}{3} \cdot \pi \left(\frac{4,6}{2}\right)^3 - \frac{345}{6,8}}{\frac{345}{6,8} \cdot 3,3 \cdot 10^{-5}} \cong 137,2^\circ \text{C}$ <p>Ta có <math>\Delta m \cdot \lambda = Mc\Delta t \rightarrow \Delta m = \frac{Mc}{\lambda} \cdot \Delta t = \frac{345 \cdot 0,5}{334} \cdot 137,2 = 70,9 \text{ g}</math></p> <p>Khối lượng nước đá tan thành nước nhỏ hơn lượng nước đá ban đầu nên giả thiết thỏa mãn. Vậy lượng nước đá tan là <math>70,9 \text{ g}</math>.</p> |
|                            | 2  | <p>Đồ thị sẽ có dạng:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>b. Gọi khối lượng nước là <math>m</math>.</p> <p>(1) Đoạn 1→2 (đun nóng nước lỏng): <math>Q_{12} = cm(T_2 - T_1)</math></p> <p>(2) Đoạn 2→3: nước sôi – hấp thụ nhiệt hóa hơi: <math>Q_{23} = Lm</math></p> <p>(3) Đoạn 3→4: hơi nước giãn nở đẳng áp</p> $Q_{34} = \frac{m}{\mu} C_p (T_4 - T_3)$ <p>Quá trình 4-5 là đẳng tích nên <math>p_4/T_4 = p_5/T_5 \rightarrow p_1/T_4 = p_5/T_1</math></p> <p><math>\rightarrow T_4 = T_1 \cdot p_1/p_5</math>. Do đó :</p> $Q_{34} = \frac{m}{\mu} C_p \left( T_1 \cdot \frac{p_1}{p_5} - T_2 \right)$                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                   | Ý | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |   | <p>Nhiệt nhận trong chu trình:</p> $Q^+ = Q_{12} + Q_{23} + Q_{34} = m \left[ c(T_2 - T_1) + L + \frac{C_p}{\mu} \left( T_1 \cdot \frac{p_1}{p_5} - T_2 \right) \right]$ $Q^+ = 2582m \text{ (J)}$ <p>Trong toàn bộ quá trình, hơi nước thực hiện công:</p> $A = (p_1 - p_5)(V_4 - V_1) \cong (p_1 - p_5)V_4$ <p>Quá trình 3-4 đẳng áp có <math>V_4/V_3 = T_4/T_3</math> nên <math>V_4 = V_3 T_1 p_1 / (p_5 T_2) = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{p_5}</math></p> <p>Công thực hiện của chu trình:</p> $A = (p_1 - p_5)V_4 = (p_1 - p_5) \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{p_5} = 74,6 m \text{ (J)}$ <p>Hiệu suất chu trình <math>\eta = \frac{A}{Q^+} \cong 2,9\%</math></p> <p>Nhiệt tỏa từ chu trình <math>Q^- = Q^+ - A = (2582 - 74,6)m = 2507,2m</math></p> <p>Quá trình 4-5: hơi nước nén đẳng tích, tỏa nhiệt lượng:</p> $Q_{45}^- = (C_p - R) \frac{m}{\mu} (T_4 - T_1) = 3R \frac{m}{\mu} (T_4 - T_1)$ <p>Qua trình 5-6: hơi nước ngưng tụ, tỏa nhiệt: <math>Q_{56}^- = L'm</math></p> <p>Do đó <math>Q^- = 3R \frac{m}{\mu} (T_4 - T_1) + L'm = m \left[ \frac{3RT_1}{\mu} \left( \frac{p_1}{p_5} - 1 \right) + L' \right] = 2507,4m</math></p> $L' = 2507,4 - \frac{3RT_1}{\mu} \left( \frac{p_1}{p_5} - 1 \right) = 2,28 \times 10^6 \text{ J/kg}$ |
| <b>Câu 3</b><br><b>(4,0 điểm)</b> | 1 | <p>Lớp chuyển tiếp p-n ở trạng thái cân bằng nhiệt có tổng điện tích trong miền nghèo bằng 0. Nên:</p> $\frac{1}{2}(N_{A1} + N_{A2})x_p = N_D x_n$ <p>Độ rộng vùng nghèo bên phía n: <math>x_n = 0,50 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 0,50 \mu\text{m}</math></p> <p>Độ rộng vùng nghèo: <math>W = x_n + x_p = 0,60 \mu\text{m}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                   | 2 | <p>Tại miền nghèo phía p (<math>-x_p \leq x \leq 0</math>):</p> $N_A(x) = \frac{N_{A1} - N_{A2}}{x_p} x - N_{A2} \rightarrow \frac{dE_p}{dx} = \frac{\rho_{ps}}{\epsilon_s} = \frac{q \cdot N_A(x)}{\epsilon_s}$ $E_p = \int (304,76 \cdot 10^{12} x - 7,619 \cdot 10^8) dx$ $E_p = 1,5 \times 10^{14} x^2 - 7,6 \times 10^8 x + C_1$ $E_p(x = -x_p) = 0 \rightarrow C_1 = -2,3 \times 10^4 \text{ V/cm}$ <p>Tại miền nghèo phía n (<math>0 \leq x \leq x_n</math>):</p> $\frac{dE_n}{dx} = \frac{\rho_{ns}}{\epsilon_s} = \frac{q \cdot N_D}{\epsilon_s} \rightarrow E_n = \int \frac{q \cdot N_D}{\epsilon_s} dx = 4,6 \times 10^8 x + C_2$ $E_n(x = x_n) = 0 \rightarrow C_2 = -\frac{q \cdot N_D x_n}{\epsilon_s} = -2,3 \times 10^4 \text{ V/cm}$ <p>Biểu thức của điện trường:</p> $E = \begin{cases} 1,5 \times 10^{14} x^2 - 7,6 \times 10^8 x - 2,3 \times 10^4 \frac{\text{V}}{\text{cm}}, & -x_p \leq x \leq 0 \\ 4,6 \times 10^8 x - 2,3 \times 10^4 \frac{\text{V}}{\text{cm}} & 0 \leq x \leq x_n \end{cases}$                                                                                                                                                                                                                        |

|                                    | Ý  | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    |    | <p style="text-align: center;"><math>E (10^3 \text{ V/cm})</math></p>  <p style="text-align: right;"><math>x(\mu\text{m})</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                    | 3  | <p>Chiều cao rào thế:</p> $V_{bi} = -\int_{-x_p}^{x_n} E(x)dx = -\int_{-x_p}^0 E_p(x)dx - \int_0^{x_n} E_n(x)dx = 0,711 \text{ V}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                    | 4  | <p>Sự khác nhau của điện trường: Điện trường trong miền nghèo lớp p biến đổi tuyến tính từ 0 đến <math>-2,3 \times 10^4 \text{ V/cm}</math>.</p> <p style="text-align: center;"><math>E (10^3 \text{ V/cm})</math></p>  <p style="text-align: right;"><math>x(\mu\text{m})</math></p> <p>- Chiều cao rào thế: Lớp chuyển tiếp 1 có chiều cao rào thế lớn hơn lớp chuyển tiếp 2.</p> |
| <p><b>Câu 4</b><br/>(4,0 điểm)</p> | 1a |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| Ý  | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>- Vật A qua <math>L_1</math> tạo ra ảnh <math>A_1</math> tại I.</p> <p>- Vật A qua <math>L_2</math> tạo ra ảnh <math>A_2</math> trong mặt phẳng tiêu diện ảnh của <math>A_2</math>.</p> <p><b>1b</b> <math>A_2</math> nằm phía trên <math>A_1</math> so với trục quang học, lăng kính có tác dụng làm lệch tia sáng về phía đáy của nó. Đặt P sao cho mặt đáy của nó ở phía dưới và đỉnh ở phía trên như hình vẽ.</p>  <p>- Khoảng cách <math>A_1A_2</math> là:</p> $a = f \cdot \varepsilon \quad (1)$ <p>- Các tia ló từ <math>L_2</math> đến P dưới một góc tới nhỏ <math>i</math>. Do đó, góc lệch qua lăng kính: <math>\beta = (n - 1)\alpha</math> cũng nhỏ.</p> <p>- Ảnh <math>A_2</math> sẽ được đưa về I (trùng với <math>A_1</math>) nếu P được đặt tại đoạn <math>x</math> sao cho:</p> $a = x\beta = x(n - 1)\alpha \quad (2)$ <p>- Khoảng cách <math>D</math> được xác định:</p> $D = \frac{d}{\varepsilon} \quad (3)$ <p>- Thay (1) và (2) vào (3) được:</p> $D = \frac{d}{\varepsilon} = d \frac{f}{a} = \frac{fd}{(n - 1)\alpha} \cdot \frac{1}{x}$ |
| 2. | <p>Sơ đồ của máy đo khoảng cách được trình bày dưới đây. Hai kính viễn vọng (<math>L_1, L</math>) và (<math>L_2, L</math>) có cùng một thị kính <math>L</math>.</p>  <p>Ghi chú:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cạnh góc vuông của mỗi lăng kính vuông góc với <math>B_1B_2</math>.</li> <li>- Thấu kính <math>L</math> đặt sau tiêu điểm ảnh <math>F'</math> của <math>L_1</math> và <math>L_2</math>.</li> </ul> <p>Biểu thức mới của <math>D</math> không khác so với biểu thức trong ý 1b:</p> $D = \frac{f \cdot d}{(n - 1)\alpha} \cdot \frac{1}{x}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3. | $D = \frac{f \cdot d}{(n - 1)\alpha} \cdot \frac{1}{x} = \frac{0,080 \times 0,250}{(1,52 - 1) \cdot (3,00 \times \pi/180)} \cdot \frac{1}{0,0014} = 525 \text{ m}$ $\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta x}{x} = \frac{0,01}{1,40} = 0,7 \%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                      | Ý                    | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                      |                   |       |             |             |             |              |              |              |                   |                     |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |  |
|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|-------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|--|--|
| Câu 5<br>(4,0 điểm)  | 1                    | <p>Cách bố trí thí nghiệm: Mắc nối tiếp tụ điện với điện trở, ampe kế và nối với đầu ra của biến áp,</p> <p>Từ ba điện trở ban đầu ta có thể tạo được 17 giá trị điện trở khác nhau.</p> <p>Như vậy có 17 bộ số liệu (R,V)</p> <table border="1"> <tr> <td><math>R_1</math></td> <td><math>R_2</math></td> <td><math>R_3</math></td> <td><math>R_1 + R_2</math></td> <td><math>R_1 + R_3</math></td> </tr> <tr> <td><math>R_2 + R_3</math></td> <td><math>R_1 // R_2</math></td> <td><math>R_1 // R_3</math></td> <td><math>R_2 // R_3</math></td> <td><math>R_1 + R_2 + R_3</math></td> </tr> <tr> <td><math>R_1 // R_2 // R_3</math></td> <td><math>(R_1 + R_2) // R_3</math></td> <td><math>(R_1 + R_3) // R_2</math></td> <td><math>(R_2 + R_3) // R_1</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>(R_1 // R_3) + R_2</math></td> <td><math>(R_2 // R_3) + R_1</math></td> <td><math>(R_1 // R_2) + R_3</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Ta có tổng trở mạch là <math>Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}</math></p> <p>Nguồn cấp có hiệu điện thế hiệu dụng U nên dòng <math>I = \frac{U}{Z}</math></p> $I^2 = \frac{U^2}{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}$ $\rightarrow R^2 = U^2 \cdot \frac{1}{I^2} - \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2$ <p>Dựng đồ thị <math>R^2</math> theo <math>\left(\frac{1}{I}\right)^2</math> ta có phương trình dạng đường thẳng. Từ đồ thị xác định giao cắt với trục tung ta được giá trị <math>\left(\frac{1}{C\omega}\right)^2</math> từ đó tìm được C.</p>   | $R_1$                | $R_2$             | $R_3$ | $R_1 + R_2$ | $R_1 + R_3$ | $R_2 + R_3$ | $R_1 // R_2$ | $R_1 // R_3$ | $R_2 // R_3$ | $R_1 + R_2 + R_3$ | $R_1 // R_2 // R_3$ | $(R_1 + R_2) // R_3$ | $(R_1 + R_3) // R_2$ | $(R_2 + R_3) // R_1$ |  | $(R_1 // R_3) + R_2$ | $(R_2 // R_3) + R_1$ | $(R_1 // R_2) + R_3$ |  |  |
| $R_1$                | $R_2$                | $R_3$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $R_1 + R_2$          | $R_1 + R_3$       |       |             |             |             |              |              |              |                   |                     |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |  |
| $R_2 + R_3$          | $R_1 // R_2$         | $R_1 // R_3$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $R_2 // R_3$         | $R_1 + R_2 + R_3$ |       |             |             |             |              |              |              |                   |                     |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |  |
| $R_1 // R_2 // R_3$  | $(R_1 + R_2) // R_3$ | $(R_1 + R_3) // R_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $(R_2 + R_3) // R_1$ |                   |       |             |             |             |              |              |              |                   |                     |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |  |
| $(R_1 // R_3) + R_2$ | $(R_2 // R_3) + R_1$ | $(R_1 // R_2) + R_3$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                      |                   |       |             |             |             |              |              |              |                   |                     |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |  |
|                      | 2a                   | <p>Ở nhiệt độ <math>t_0</math>, hiệu quang trình giữa hai tia phản xạ ở mặt dưới và mặt trên của mẫu khi chiếu chùm tia laze là: <math>n_0 \cdot 2L_0 - \frac{\lambda}{2}</math></p> <p>Tại điểm trên màn có vân sáng với bậc vân <math>m_1</math> thì</p> $n_0 \cdot 2L_0 - \frac{\lambda}{2} = m_1 \lambda \quad (1)$ <p>Khi mẫu có nhiệt độ <math>t = t_0 + \Delta t</math> và lúc này nếu tại điểm trên màn có vân sáng với bậc vân <math>m_2</math></p> <p>Hiệu quang trình</p> $n \cdot 2L - \frac{\lambda}{2} = m_2 \lambda$ $\rightarrow (n_0 + \Delta n) \cdot 2 \cdot (L_0 + \Delta L) - \frac{\lambda}{2} = m_2 \lambda \quad (2)$ <p>Từ (1) và (2): <math>(n_0 + \Delta n) \cdot 2 \cdot (L_0 + \Delta L) - n_0 \cdot 2L_0 = (m_2 - m_1) \lambda</math></p> $2L_0 \Delta n + 2n_0 \Delta L = (m_2 - m_1) \lambda$ $\rightarrow 2L_0 \beta \Delta t + 2n_0 L_0 \alpha \Delta t = (m_2 - m_1) \lambda$ $\beta = \frac{m \lambda}{2L_0 \Delta t} - n_0 \alpha = \frac{m \lambda}{2L_0 (t - t_0)} - n_0 \alpha \quad (3)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                      |                   |       |             |             |             |              |              |              |                   |                     |                      |                      |                      |  |                      |                      |                      |  |  |

|  | Ý  | Nội dung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | 2b | <p>Xác định hệ số <math>\beta</math></p> <p>Từ (3) có <math>t = \frac{\lambda}{2L_0(\beta+n_0\alpha)}m + t_0</math> (4)</p> <p>Từ bảng số liệu ban đầu, lập bảng số liệu của <math>t</math> theo <math>m</math>. Mối quan hệ <math>t</math> theo <math>m</math> là tuyến tính và đồ thị có dạng đường thẳng. Vẽ đồ thị <math>t</math> theo <math>m</math> (hình vẽ).</p> <p>Từ đồ thị ta có độ dốc là <math>\frac{\lambda}{2L_0(\beta+n_0\alpha)} = 2,294</math></p> <p>Do đó <math>\beta = 1,27 \cdot 10^{-5} K^{-1}</math></p> <p>Từ đồ thị xác định giao điểm với trục tung. Ta có <math>t_0 = 22,1^\circ C</math> (<math>295,1 K</math>)</p> |

