



Môn: VẬT LÝ

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

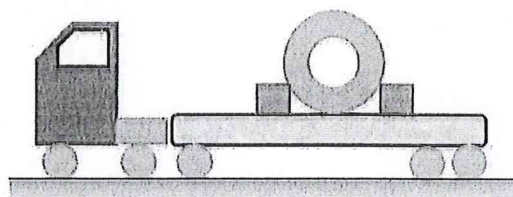
Ngày thi thứ hai: 26/12/2025

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.

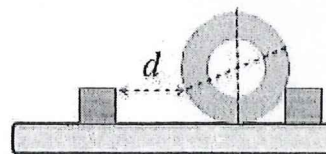
b) Tìm giá trị nhỏ nhất $h_{\min}$ của h theo R để cuộn thép không vượt qua khối chặn.

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°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°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°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 Δt 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°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°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°C , áp suất $70,1 \text{ kPa}$.

Câu 3. (4,0 điểm) Lớp chuyển tiếp p-n

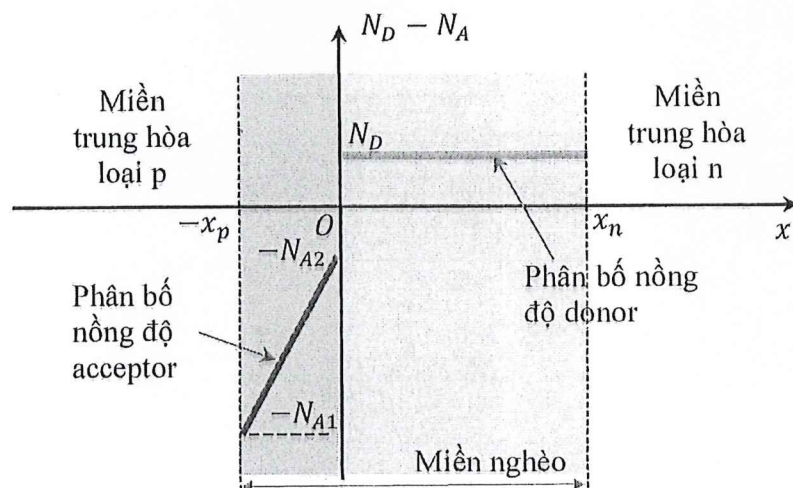
Silicon (Si) có hóa trị IV, khi pha tạp chất có hóa trị V (như phosphorus) ta được bán dẫn loại n (có điện tích tự do đa số là electron), khi pha tạp chất có hóa trị III (như boron) ta được bán dẫn loại p (có điện tích tự do đa số là lỗ trống). Tạp chất hóa trị V được gọi là tạp chất donor, tạp chất hóa trị III được gọi là tạp chất acceptor. Ta sẽ xét các bán dẫn pha tạp ở nhiệt độ 300 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 $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

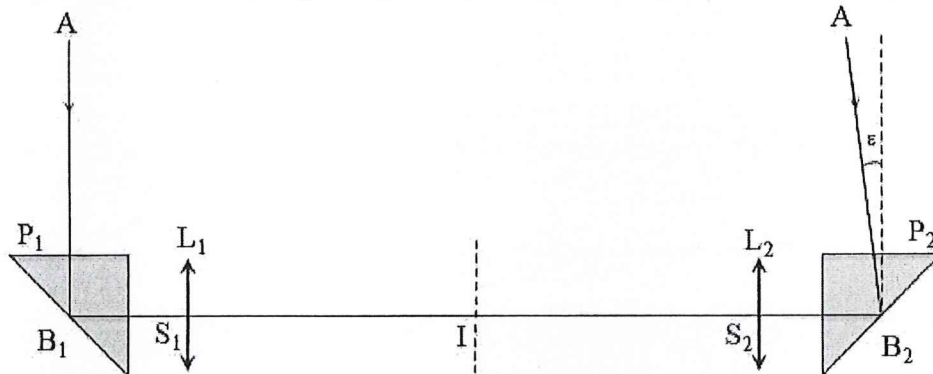


Hình 3

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 ε (ε 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 .



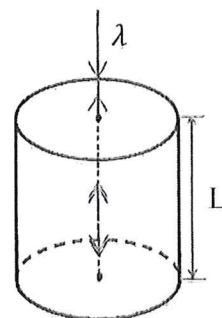
Hình 4

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 α 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, α .
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 α, β tương ứng là hệ số giãn nở nhiệt và hệ số quang nhiệt và coi là không đổi. Nếu α đã biết, ta có thể xác định được β 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 λ 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 β .



Hình 5

a) Tìm β theo $m, t, t_0, \alpha, L_0, n_0$ và λ .

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 β 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.