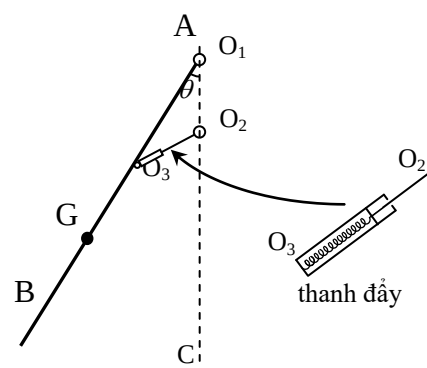


Câu I (4,0 điểm).

Xét một cơ cấu thanh trượt Ghi-nê-va (Geneva) dùng để mở cửa khoang chứa đồ trên xe ô tô (thường gọi là cốp xe) mà mô hình đơn giản có mặt cắt thẳng đứng được vẽ trên Hình 1. Cửa xe có khối lượng M và được coi là một thanh thẳng AB có thể quay quanh trục O_1 (gắn cố định trên xe) vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Trọng tâm G của cửa cách O_1 một khoảng bằng $2R$. Thanh đẩy O_2O_3 hoạt động tương đương với hệ gồm một lò xo độ cứng k đẩy một pit-tông dọc theo trục của nó nhờ xilanh bọc bên ngoài. Liên kết của thanh O_2O_3 ở hai đầu là các ổ bi O_2 gắn cố định trên xe và O_3 gắn cố định trên cửa sao cho $O_1O_2 = \frac{R}{2}$, $O_1O_3 = R$. Độ dài của thanh O_2O_3 khi lò



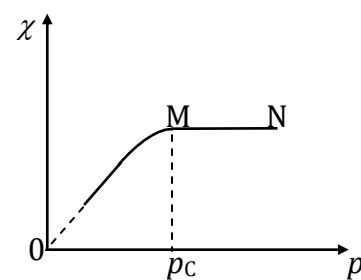
Hình 1

xo không biến dạng là ℓ_0 . Khi đóng, cửa cốp xe nằm theo phương thẳng đứng AC . Bỏ qua mọi ma sát và khối lượng của thanh đẩy. Lấy gia tốc trọng trường là $\vec{g}$.

1. Khi hệ cân bằng tại vị trí mà AB hợp với phương thẳng đứng góc θ ($0 < \theta < 90^\circ$), tìm lực đẩy do thanh O_2O_3 tác dụng lên AB . Cân bằng này là bền hay không bền?
2. Giả sử khi mở chốt, cửa xe có khả năng tự mở lên đến góc θ_0 nào đó rồi dừng lại. Tìm liên hệ giữa k và ℓ_0 trong trường hợp này.
3. Trong thực tế, cửa xe ô tô không những tự mở mà còn tự sập khi cửa xe đi quá một vị trí nào đó ứng với góc tới hạn θ_c . Anh/chị sẽ thay đổi thiết kế trên như thế nào để đạt được điều này? (chỉ nêu và vẽ một ý tưởng khả thi, không cần tính toán).
4. Xét thời điểm cánh cửa xe đi qua vị trí ứng với góc θ .
 - a) Tìm mối liên hệ giữa tốc độ góc của cửa xe với tốc độ góc của thanh đẩy qua θ .
 - b) Tính gia tốc góc của cửa xe. Biết momen quán tính của cửa xe đối với trục quay O_1 là I .

Câu II (4,0 điểm).

Bình giữ nhiệt Đê-ua (Dewar) là một vật dụng thường gặp trong đời sống hàng ngày. Mô hình bình giữ nhiệt đơn giản là một hình trụ tròn, rỗng có chiều cao h , hai đáy phẳng. Thành bình gồm hai lớp kim loại hình trụ tròn, mỏng, bán kính r_1 và r_2 ($r_2 > r_1$), đặt đồng trục với nhau, giữa hai lớp kim loại có một chất khí. Bỏ qua sự truyền nhiệt ở đáy và nắp bình, coi hai lớp kim loại của thành bình dẫn nhiệt tốt nên khả năng giữ nhiệt của bình được đặc trưng bởi hệ số dẫn nhiệt χ của lớp khí. Dạng đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của χ vào áp suất p của lớp khí tại một nhiệt độ xác định được biểu diễn trên Hình 2, trong đó đoạn MN song song với trục hoành.



Hình 2

Đối với lớp khí này, khi ở nhiệt độ T , vận tốc trung bình và quãng đường tự do trung bình (giá trị trung bình của khoảng cách giữa hai lần va chạm liên tiếp giữa các phân tử khí) của các phân tử khí là $\bar{v} = \sqrt{\frac{8k_B N_A T}{\pi \mu}}$, $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} n d}$, hệ số dẫn nhiệt $\chi = \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda} c_v$, trong đó μ, d, n, ρ, c_v lần lượt là khối lượng mol, đường kính phân tử, mật độ phân tử, khối lượng riêng và nhiệt dung

riêng đẳng tích của khí; $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$, $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ là hằng số Bôn-xơ-man (Boltzmann) và số A-vô-ga-đrô (Avogadro). Trong bài này ta coi sự truyền nhiệt chỉ do dẫn nhiệt gây ra. Bỏ qua ảnh hưởng của trọng lực lên các phân tử khí.

1. Giải thích tại sao khi áp suất của lớp khí trong thành bình lớn hơn giá trị p_C nào đó thì hệ số dẫn nhiệt không phụ thuộc vào áp suất? Tính p_C theo r_1, r_2, T, d .

2. Mật độ dòng nhiệt (nhiệt lượng truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương dẫn nhiệt trong một đơn vị thời gian) từ nơi A có nhiệt độ T_A đến nơi B có nhiệt độ T_B ($T_B < T_A$)

được tính theo định luật Furiê (Fourier) $j = \chi \frac{T_A - T_B}{\ell}$, với ℓ là khoảng cách từ A đến B. Cho

biết $r_1 = 4,5 \text{ cm}$, $r_2 = 5 \text{ cm}$, $h = 20 \text{ cm}$. Các thông số của lớp khí trong thành bình là $c_V = 717 \frac{J}{\text{kg} \cdot K}$, $d = 3 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$, $\mu = 29 \text{ g/mol}$. Tại thời điểm ban đầu trong bình có 1,27 kg nước

nóng ở nhiệt độ 80°C , nhiệt độ của môi trường bên ngoài là 20°C . Cho rằng nhiệt độ của chất khí giảm đều từ trong ra ngoài.

a) Tính mật độ dòng nhiệt qua lớp khí chính giữa thành bình ứng với hai giá trị khác nhau của áp suất lớp khí là $p_1 = 10 \text{ mmHg}$ và $p_2 = 10^{-4} \text{ mmHg}$ tại thời điểm ban đầu. Hãy nhận xét kết quả tìm được.

b) Cho nhiệt dung riêng của nước là $c = 4200 \frac{J}{\text{kg} \cdot K}$ và coi nó là hằng số. Tìm thời gian để

nước trong bình giảm nhiệt độ đến 40°C khi lớp khí trong thành bình là khí loãng (có thể coi là chân không) với $\rho = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}^3$. Coi toàn bộ nhiệt lượng mà nước tỏa ra được truyền cho môi trường ngoài.

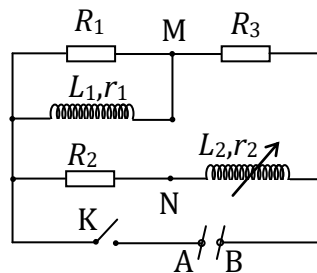
Câu III (4,0 điểm).

Cho mạch điện như Hình 3.a. Biết $R_1 = 60 \Omega$, $R_2 = 55 \Omega$, $R_3 = 40 \Omega$. Cuộn dây thứ nhất có độ tự cảm $L_1 = 0,2 \text{ H}$, điện trở $r_1 = 30 \Omega$. Bỏ qua điện trở của dây nối và khóa K. Ban đầu K mở, trong mạch chưa có dòng điện.

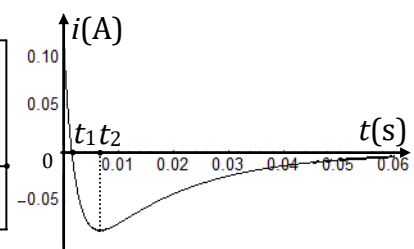
1. Nối hai điểm A và B vào hai cực của nguồn điện một chiều có suất điện động $E = 12 \text{ V}$, điện trở trong bằng 0, cực dương mắc vào điểm A. Cuộn dây thứ hai có độ tự cảm $L_2 = 2 \text{ H}$ và điện trở $r_2 = 5 \Omega$.

a) Đóng khóa K. Khi dòng điện trong mạch ổn định, xác định cường độ dòng điện qua các điện trở.

b) Tại thời điểm $t = 0$ ta mở khóa K, cường độ dòng điện qua cuộn dây



Hình 3.a



Hình 3.b

thứ nhất biến thiên theo thời gian t theo quy luật $i(t) = A_1 e^{-(265+5\sqrt{1729})t} + A_2 e^{-(265-5\sqrt{1729})t}$, trong đó A_1 và A_2 là các hằng số, t đo bằng giây. Tìm A_1 và A_2 .

c) Cường độ dòng điện qua cuộn dây thứ nhất tìm được ở ý 1.b biến thiên theo thời gian có dạng như Hình 3.b. Hãy giải thích tại sao dòng điện này đổi chiều tại thời điểm t_1 rồi đạt cực trị tại thời điểm t_2 .

2. Thay cuộn dây thứ nhất bằng tụ điện có điện dung $C = 200 \mu\text{F}$. Đặt vào AB một điện áp xoay chiều $u = U_0 \cos(\omega t)$, với U_0, ω là các hằng số dương. Tìm r_2, L_2 để điện áp hiệu dụng $U_{MN} = 0$.

Câu IV (4,0 điểm).

Nghiên cứu quang phổ của nguyên tử hiđrô đóng vai trò quan trọng trong việc hoàn thiện mô hình về cấu trúc nguyên tử. Trong bài này chúng ta khảo sát các vạch quang phổ phát xạ của nguyên tử hiđrô.

1. Theo mẫu Bo (Bohr) về cấu trúc nguyên tử, năng lượng của các trạng thái dừng trong nguyên tử hiđrô ứng với quỹ đạo n được tính theo công thức

$$E_n = -\frac{1}{32\pi^2 n^2} F(\varepsilon_0, m_e, e, \hbar),$$

trong đó n là các số nguyên dương; F là một hàm số bằng tích số và/hoặc thương số của hằng số điện ε_0 , điện tích nguyên tố e , khối lượng nghỉ m_e của electron và hằng số Plăng (Planck) rút gọn $\hbar$ được xác định qua hằng số Plăng h theo công thức $\hbar = h / (2\pi)$.

a) Công thức xác định sự phụ thuộc của đơn vị đo một đại lượng nào đó vào các đơn vị đo cơ bản được gọi là thứ nguyên của đại lượng đó. Sử dụng phép phân tích thứ nguyên, hãy xác định hàm số $F(\varepsilon_0, m_e, e, \hbar)$.

b) Tìm biểu thức bước sóng λ_n của vạch quang phổ được tạo thành do nguyên tử hiđrô chuyển từ trạng thái kích thích ứng với quỹ đạo n về trạng thái cơ bản theo $\varepsilon_0, m_e, e, \hbar$ và c (tốc độ ánh sáng trong chân không).

2. Trên thực tế, các vạch quang phổ của nguyên tử hiđrô có độ rộng nhất định. Trong mục này chúng ta khảo sát độ rộng $\Delta\lambda_n$ của bước sóng λ_n (ứng với vạch quang phổ tìm được trong ý 1.b) do một số nguyên nhân khác nhau gây ra một cách độc lập.

a) Khi các nguyên tử hiđrô nằm trong môi trường có nhiệt độ xác định thì các nguyên tử bức xạ tham gia chuyển động nhiệt hỗn loạn với tốc độ trung bình là v . Do hiệu ứng Doppler, vạch quang phổ tương ứng với bước sóng λ_n có độ rộng $\Delta\lambda_n^D$. Tìm biểu thức của $\Delta\lambda_n^D$ theo λ_n, v và c .

b) Theo nguyên lý bất định Hai-xen-béc (Heisenberg), độ bất định năng lượng ΔE và độ bất định thời gian Δt của nguyên tử thỏa mãn $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$. Biết thời gian sống của nguyên tử hiđrô ở trạng thái ứng với quỹ đạo n có giá trị trung bình là τ . Do tính bất định nên vạch quang phổ tương ứng với bước sóng λ_n có độ bất định là $\Delta\lambda_n^H$. Tìm độ bất định nhỏ nhất $(\Delta\lambda_n^H)_{\min}$ theo λ_n, τ và c .

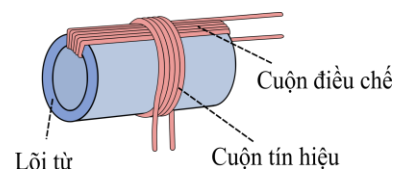
c) Giả sử rằng nguyên tử hiđrô với khối lượng nghỉ m_0 đang đứng yên. Khi nguyên tử phát ra photon thì nó bị giật lùi, khi đó vạch quang phổ tương ứng với bước sóng λ_n có độ rộng $\Delta\lambda_n^R$. Tìm biểu thức của $\Delta\lambda_n^R$ theo λ_n, m_0, h và c .

Câu V (4,0 điểm).

Biến từ công từ là một loại biến từ đo từ trường nhỏ, có độ nhạy cao, ổn định, gọn, nhẹ, bền và giá thành không cao. Bài này sẽ nghiên cứu hoạt động của loại biến từ này.

Cấu tạo (Hình 4):

- Lõi là một ống trụ làm bằng vật liệu từ. Khi đặt lõi trong từ trường có cường độ $\vec{H}$ thì cảm ứng từ trong lõi là $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$, trong đó μ_0 là hằng số từ, μ (phụ thuộc vào H) là độ từ thẩm của lõi.



Hình 4