

Môn: **VẬT LÝ**

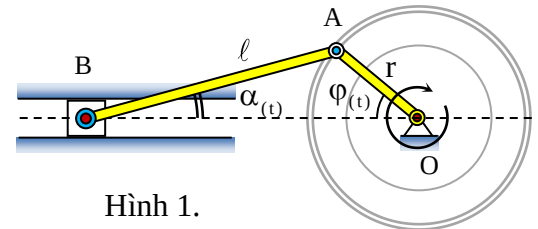
Thời gian: **180 phút** (không kể thời gian giao đề)

Ngày thi thứ nhất: **27/12/2019**

(Đề thi có 03 trang, gồm 05 câu)

Câu I (4,5 điểm).

Một cơ cấu cơ khí thanh truyền - tay quay như Hình 1. Tay quay OA có chiều dài r và quay đều với vận tốc góc ω quanh trục quay cố định O, chiều quay cùng chiều kim đồng hồ. Thanh truyền AB có chiều dài ℓ và điểm B ở đầu thanh gắn với con trượt luôn chuyển động thẳng trên một rãnh nằm ngang. Xét trong hệ quy chiếu gắn với mặt đất, ta cần xác định các đặc trưng động học của thanh AB.



Hình 1.

1. Tại thời điểm tay quay OA tới vị trí có góc $OAB = \frac{\pi}{2}$,

hãy xác định:

- Vận tốc $\vec{v}_B$ của đầu B.
- Vận tốc góc ω_{AB} của thanh AB.
- Gia tốc $\vec{a}_B$ của đầu B và gia tốc góc γ_{AB} của thanh AB.

Áp dụng bằng số tính v_B , ω_{AB} , a_B , γ_{AB} với các giá trị $r = 10 \text{ cm}$, $\omega = 5 \text{ rad/s}$, $\ell = 30 \text{ cm}$.

2. Khi tay quay OA tới vị trí ứng với góc $\varphi = BOA = \frac{\pi}{2}$, hãy xác định:

- Gia tốc $\vec{a}_B$ của đầu B.
- Gia tốc góc γ_{AB} của thanh AB.
- Vị trí M và N trên thanh AB tương ứng với điểm có gia tốc lớn nhất và gia tốc nhỏ nhất. Xác định gia tốc của các điểm đó.

3. Khảo sát chuyển động của đầu B của thanh AB theo thời gian t :

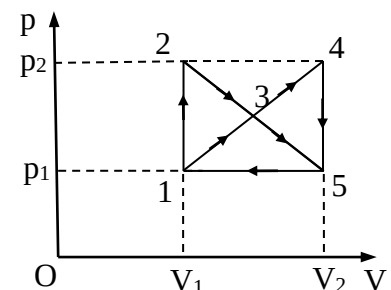
- a) Viết phương trình vận tốc v_B của điểm B theo thời gian t với $0 \leq t \leq \frac{2\pi}{\omega}$, chọn gốc thời gian $t = 0$

khí $\varphi_{(0)} = 0$.

- b) Cơ cấu cơ khí trên cần có điều kiện gì để con trượt dao động điều hòa?

Câu II (4,0 điểm).

Một lượng khí lí tưởng có nội năng tỉ lệ thuận với tích áp suất và thể tích thực hiện chu trình 1-2-3-4-5-1 trên giản đồ p - V như trên Hình 2. Điểm 3 là giao của hai đoạn thẳng nối giữa các điểm 1, 4 và 2, 5. Nội năng tại điểm 2 bằng nội năng tại điểm 5. Thể tích V_2 gấp hai lần thể tích V_1 . Nhiệt độ tại điểm 1 là $T_1 = 100 \text{ K}$. Biết chất khí trên khi thực hiện theo chu trình 1-3-5-1 thì hiệu suất là $\frac{4}{63}$.



Hình 2.

- Tính nhiệt độ tại các điểm 2, 3, 4, 5.
- Tính hiệu suất chu trình 1-2-5-1.

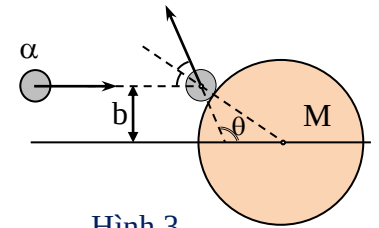
Câu III (4,5 điểm).

Phần 1. Nghiên cứu cấu tạo nguyên tử:

Đầu thế kỉ 20, để kiểm tra tính “đúng đắn” của mô hình nguyên tử “mút mận” do Tô-mơn đề xuất, Gây-ơ và Mat-xđen (dưới sự hướng dẫn của Rơ-dơ-pho) đã tiến hành bắn phá các lá kim loại mỏng bằng các hạt α phóng xạ ra từ khí radi bromua (RaBr_2). Theo như tiên đoán, với động năng lên tới hàng MeV, tất cả các hạt α sẽ xuyên qua tất cả các lá kim loại chắn nó. Tuy nhiên, kết quả của các thí nghiệm lại cho thấy vẫn có một số hạt α bị lệch đi so với phương chuyển động ban đầu những góc rất lớn, thậm chí có hạt còn gần như quay ngược trở lại. Điều này chứng tỏ hoặc là (1) các hạt nguyên tử phải rất cứng,

không gì xuyên thủng được nó hoặc là (2) hạt nhân của chúng phải thật nhỏ để tạo ra được một điện trường rất mạnh, đủ sức đẩy lùi được các hạt mang điện có động năng cực lớn.

Xét trường hợp hạt nguyên tử theo mẫu Tôm-sơn, nguyên tử được coi như những quả cầu cứng. Chiều dòng hạt α có lưu lượng I_0 (hạt/s), tiết diện đều S rất bé, về phía lá vàng (khối lượng riêng ρ) đủ mỏng có bề dày δ . Coi sự va chạm giữa hạt α với nguyên tử vàng là va chạm đàn hồi giữa quả cầu có khối lượng m_α , đường kính d , động năng T , dưới khoảng nhằm b với quả cầu có khối lượng M , đường kính D được giữ cố định như Hình 3. Coi mỗi hạt α chỉ tán xạ trên một hạt nguyên tử vàng. Sau va chạm, các hạt α tán xạ dưới góc tán xạ θ .



Hình 3.

1. Hãy xác định góc tán xạ θ của dòng hạt α .

2. Tìm mật độ dòng tán xạ toàn phần J của các hạt α dưới góc tán xạ θ ở vị trí khi đã đi xa tâm của nguyên tử M một khoảng $r \gg D + d$. Thực nghiệm cho thấy mật độ dòng hạt tán xạ toàn phần J tỉ lệ nghịch với $\sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)$. So sánh kết quả tìm được với kết quả thực nghiệm, có nhận xét gì về mẫu nguyên tử Tôm-sơn?

Phần 2. Nghiên cứu cấu tạo hạt nhân nguyên tử:

Khái niệm hạt nhân nguyên tử được đề xuất bởi nhóm của Rơ-đơ-pho, sau đó dựa trên sự tương tự giữa hạt nhân và giọt chất lỏng hình cầu thông thường, mẫu giọt chất lỏng ra đời bổ sung để hoàn thiện hơn. Theo mẫu giọt chất lỏng, khối lượng và điện tích của hạt nhân được coi là phân bố đồng đều bên trong một quả bóng có bán kính nhất định và “chất lỏng” nuclôn được đặc trưng bởi tham số σ tương tự như hệ số căng mặt ngoài của chất lỏng.

Cho hạt nhân nguyên tử chứa A nuclôn, cụ thể là Z hạt prôtôn và $(A - Z)$ hạt notron. Giả thiết rằng mỗi nuclôn (tức prôtôn và notron) có cùng khối lượng m . Thế năng tương tác $W_p(A, Z)$ của các nuclôn có thể được mô tả bởi công thức bán thực nghiệm Vây-xác-cơ:

$$W_p(A, Z) = -\alpha_1 A + \alpha_2 A^{2/3} + \alpha_3 \frac{Z^2}{A^{1/3}} + \alpha_4 \frac{\left(\frac{A}{2} - Z\right)^2}{A}$$

Trong đó $\alpha_1 = 15,8 \text{ MeV}$; $\alpha_2 = 16,8 \text{ MeV}$; $\alpha_3 = 0,72 \text{ MeV}$; $\alpha_4 = 23,5 \text{ MeV}$. Mỗi số hạng trong công thức ứng với các phần thế năng tương tác đóng góp vào $W_p(A, Z)$ dưới dạng thế năng tĩnh điện, thế năng mặt ngoài...

Vây-xác-cơ cũng nhận thấy bán kính của hạt nhân nguyên tử $R(A)$ phụ thuộc vào số lượng nuclôn A trong hạt nhân theo công thức: $R(A) = R_0 A^{1/3}$ với R_0 là một hằng số.

1. Hãy xác định thế năng tĩnh điện của quả cầu hạt nhân. Bạn sẽ tìm thấy một hệ thức có dạng $W_t = k_0 Z^2 A^h$. Hãy xác định các hệ số k_0 và h .

2. Tìm giá trị bằng số của hằng số R_0 , khối lượng riêng hạt nhân ρ_m , hệ số căng mặt ngoài σ của “chất lỏng” nuclôn.

Câu IV (4,0 điểm).

Một ống ngắm có các đặc điểm sau: Vật kính là một thấu kính mỏng có tiêu cự $f_1 = 1 \text{ m}$, đường kính rìa $D_1 = 10 \text{ cm}$. Thị kính đặt đồng trục với vật kính. Ống ngắm có số bội giác khi ngắm chừng ở vô cực là $G_\infty = 20$. Người quan sát có mắt tốt, mắt luôn đặt sát thị kính để quan sát vật trong trạng thái ngắm chừng ở vô cực.

1. Thị kính là một thấu kính hội tụ. Xác định tiêu cự của thị kính.

2. Thị kính là một hệ gồm hai thấu kính hội tụ có tiêu cự lần lượt là $2a$ và a , có cùng đường kính rìa $D_2 = 2 \text{ cm}$, khoảng cách giữa chúng là $1,5a$. Mắt đặt sát thấu kính có tiêu cự a . Số bội giác của ống ngắm khi ngắm chừng ở vô cực vẫn là 20.

a) Xác định a và khoảng cách từ vật kính đến mắt.

b) Sử dụng ống ngắm quan sát một đoàn tàu có chiều dài $\ell = 25 \text{ m}$ ở cách xa $L = 5 \text{ km}$. Biết đoàn

tàu chuyển động thẳng đều theo quỹ đạo vuông góc với trục chính và cắt đường kéo dài của trục chính. Thời gian từ khi phát hiện đoàn tàu đến khi đoàn tàu đi ra khỏi trường nhìn của kính là $t = 10$ s. Tính tốc độ chuyển động của đoàn tàu.

Câu V (3,0 điểm).

Năm 1905, Anh-xanh đã đề ra thuyết tương đối hẹp. Tới năm 1907, Anh-xanh tiếp tục xây dựng thuyết tương đối rộng mà nội dung cơ bản của nó là thiết lập mối quan hệ giữa tính chất của không gian - thời gian và vật chất. Ngay từ khi ra đời, thuyết tương đối rộng đã cho những hệ quả có tính cách mạng trong nhận thức của con người về thế giới khách quan, những hệ quả này đã được thực nghiệm xác nhận. Một trong những hệ quả quan trọng của thuyết tương đối rộng là tiên đoán “hiệu tượng dịch chuyển đỏ” do trường hấp dẫn: tần số của photon sẽ bị thay đổi khi nó chuyển động trong trường hấp dẫn. Xét chặt chẽ thì chỉ có thể thu được hệ quả này từ thuyết tương đối rộng, tuy nhiên bằng lập luận “cổ điển” sử dụng định luật vạn vật hấp dẫn của Niu-ton và thuyết tương đối hẹp, chúng ta cũng có thể nhận được kết quả tương đối phù hợp.

Một ngôi sao ở rất xa Trái Đất, coi như đứng yên so với Trái Đất. Một chùm photon A có tần số f_0 được phát ra từ bề mặt ngôi sao đó và hướng về phía Trái Đất. Khi ở rất xa các thiên thể, chùm photon A có tần số f_1 .

Biết Trái Đất có khối lượng M_d , bán kính R_d , ngôi sao có khối lượng M , bán kính R . Hằng số hấp dẫn là G , tốc độ ánh sáng trong chân không là c , hằng số Planck là h .

1. Xác định tần số f_1 theo f_0 .

2. Trong quá trình đi về phía Trái Đất, chùm photon A được cảm biến của tàu thám hiểm Voyager II ghi nhận có tần số là f'_1 (có sự sai lệch giữa f_1 và tần số f'_1 do hiệu ứng Dopp-ple). Khi đó tàu đang rời xa Trái Đất với tốc độ v và hướng về phía ngôi sao. Thông tin giá trị tần số f'_1 được tàu gửi về Trái Đất. Chùm photon A khi tới Trái Đất lại được các trạm quan sát ghi nhận có tần số là f_2 . Tìm tốc độ v của tàu Voyager II theo các giá trị tần số của chùm photon A mà con người nhận được.

-----HẾT-----

- *Thí sinh không được sử dụng tài liệu.*
- *Giám thị không giải thích gì thêm.*