

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO KỲ THI HỌC SINH GIỎI QUỐC GIA
THPT 2018

Môn thi: **VẬT LÝ**

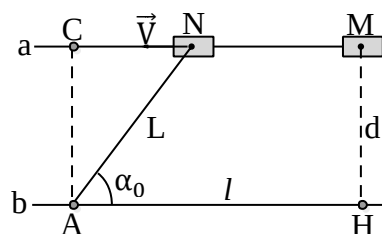
Thời gian làm bài: 180 phút

Ngày thi thứ nhất 11/01/2018

Câu I. (4,0 điểm)

“Running man” là câu chuyện về một cổ động viên tên là Tiến chạy đuổi theo một chiếc xe buýt của đội bóng mà anh yêu thích.

Cho a và b là hai con đường thẳng song song và ngăn cách nhau bởi một thảm cỏ. Tiến ban đầu ở điểm A, bến xe buýt ở điểm M, các điểm C và H được chọn sao cho ACMH là hình chữ nhật có chiều rộng d và chiều dài $l = \sqrt{3}d$ (Hình 1).



Hình 1

1. Biết độ lớn vận tốc mà Tiến khi chạy trên các đường là v_1 còn khi chạy trên thảm cỏ là $v_2 = v_1/n$ với $n = 2$ và v_1 không đổi.

a) Tiến cần phải chạy theo quỹ đạo có dạng gồm các đoạn thẳng như thế nào để thời gian đến bến M là ngắn nhất?

b) Khi quan sát thấy xe buýt bắt đầu rời bến M hướng về C với vận tốc không đổi và có độ lớn $V = 2v_2$ thì Tiến quyết định chạy theo đường thẳng qua thảm cỏ để gặp xe buýt. Từ điểm A, Tiến cần chạy theo hướng nào để gặp được xe buýt?

2. Xe buýt chuyển động từ bến M hướng về C với vận tốc không đổi có độ lớn $V = 36 \text{ km/h}$. Tại thời điểm xe buýt đi qua điểm N với $\angle NAH = \alpha_0 = 60^\circ$ (xem hình vẽ) thì Tiến bắt đầu di chuyển từ điểm A với vận tốc ban đầu bằng không. Tiến chọn cách chạy sao cho véc-tơ vận tốc của mình luôn hướng về xe buýt, còn độ lớn vận tốc luôn tăng để đảm bảo mình luôn tiến lại gần xe buýt với tốc độ không đổi. Tiến có đuổi kịp xe buýt không? Vì sao?

Câu II. (4,0 điểm)

Cho một khinh khí cầu nằm trên mặt đất, gồm khoang chứa hàng nặng $M = 300 \text{ kg}$ và phần khí cầu hình cầu chứa $V = 3000 \text{ m}^3$ không khí. Trên khí cầu có một lỗ thông hơi nên áp suất không khí bên trong khí cầu luôn bằng với áp suất khí quyển. Coi thể tích phần khí cầu luôn không đổi và không khí là khí lý tưởng lưỡng nguyên tử, có khối lượng mol $\mu = 29 \text{ g/mol}$. Biết ở sát mặt đất áp suất khí quyển $p_0 = 1,03 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, khối lượng riêng của không khí là $\rho_0 = 1,23 \text{ kg/m}^3$. Hằng số khí $R = 8,31 \text{ J/(mol.K)}$, gia tốc trọng trường được coi là không đổi theo độ cao và có giá trị $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Bỏ qua khối lượng của vỏ khí cầu và thể tích của khoang hàng.

1. Tính nhiệt độ T_0 của không khí ở sát mặt đất và trọng lượng P của khí cầu.

2. Khi không khí bên trong khí cầu bị làm nóng, một phần không khí trong khí cầu bị thoát ra ngoài qua lỗ thông hơi. Nhiệt độ phần không khí trong khí cầu nhỏ nhất bằng bao nhiêu để khí cầu có thể rời khỏi mặt đất?

3. Xét trong mô hình khí quyển mà áp suất p và mật độ ρ của không khí ở cùng một độ cao tuân theo phương trình $p = A\rho^{7/5}$, trong đó A là hằng số.

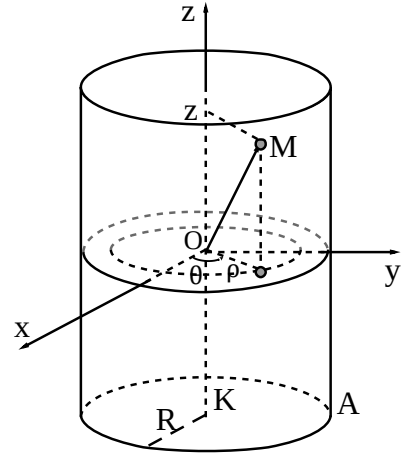
a) Chứng minh rằng nhiệt độ của không khí khí quyển giảm tuyến tính theo độ cao. Tìm độ cao cực đại và độ cao khối tâm của một cột không khí khí quyển hình trụ.

b) Bộ phận làm nóng khí cầu được điều chỉnh thích hợp để nhiệt độ không khí bên trong khí cầu luôn lớn hơn nhiệt độ khí quyển bên ngoài một lượng không đổi. Tính độ chênh nhiệt độ tối thiểu cần thiết để khí cầu có thể đạt tới độ cao của trọng tâm cột không khí khí quyển.

Câu III. (4,0 điểm)

Một linh kiện điện tử có cấu tạo gồm một catốt K dạng sợi dây dẫn mảnh, thẳng, dài và một anốt A dạng trụ rỗng, có bán kính R , bao quanh catốt và có trục trùng với catốt. Linh kiện đặt trong không gian có từ trường đều $\vec{B}$ hướng dọc theo catốt. Bằng một cách nào đó, người ta tạo một điện trường $\vec{E}$ hướng trục từ A đến K có độ lớn không đổi.

Do tính đối xứng trục của bài toán, ta xét một hệ trục tọa độ trụ như Hình 2. Hệ tọa độ được chọn sao cho gốc O nằm trên K, trục Oz theo chiều $\vec{B}$, từ trường $\vec{B} = (B_\rho, B_\theta, B_z) = (0, 0, B)$ và điện trường $\vec{E} = (E_\rho, E_\theta, E_z) = (E, 0, 0)$. Khi catốt K được đốt nóng sẽ bức xạ electron. Coi vận tốc của các electron phát ra từ catốt K là rất nhỏ và bỏ qua tác dụng của trọng lực lên các electron này. Khi xem xét chuyển động của electron, không gian trong linh kiện có thể coi là chân không. Kí hiệu điện tích nguyên tố là e và khối lượng electron là m_e . Giả sử ở thời điểm $t = 0$, electron có tọa độ $(0, 0, z_0)$, ở thời điểm $t > 0$ electron ở tọa độ (ρ, θ, z) , hãy:



Hình 2

1. Viết phương trình vi phân mô tả chuyển động của electron.

2. Tìm phương trình quỹ đạo của electron.

3. Tìm vận tốc dài của electron tại thời điểm t bất kì.

Cho biết, trong hệ tọa độ trụ:

- Chất điểm M xác định bởi véc-tơ tọa độ $\vec{OM} = (\rho, \theta, z)$ có vận tốc và gia tốc tương ứng là $\vec{v} = (\dot{\rho}, \rho\dot{\theta}, \dot{z})$ và $\vec{a} = (\ddot{\rho} - \rho\dot{\theta}^2, \rho^{-1}\frac{d}{dt}(\rho^2\dot{\theta}), \ddot{z})$.

- Nếu $\vec{a} = (a_\rho, a_\theta, a_z)$ và $\vec{b} = (b_\rho, b_\theta, b_z)$ thì

$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_\theta b_z - a_z b_\theta, a_z b_\rho - a_\rho b_z, a_\rho b_\theta - a_\theta b_\rho).$$

Câu IV. (4,0 điểm)

Mắt thần là một dụng cụ quang học thông dụng, thường được lắp trên các cánh cửa giúp người ở trong nhà có thể nhìn rõ bên ngoài. Mắt thần đơn giản có cấu tạo gồm hai thấu kính mỏng đặt đồng trục trong một ống hình trụ rỗng dài 3 cm. Trục chính của các thấu kính trùng với trục hình trụ. Một thấu kính được lắp ở sát đầu ống phía ngoài cửa và một thấu kính được lắp ở chính giữa ống. Người quan sát đặt mắt ở sát đầu hờ của ống ở phía trong cửa để quan sát bên ngoài cửa. Cho biết một thấu kính có độ tụ +50 dp, rìa hình tròn có đường kính 7,5 mm, còn một thấu kính có độ tụ -200 dp, rìa hình tròn có đường kính 1 cm.

1. Thấu kính nào được lắp ở chính giữa ống để thị trường của Mắt thần là lớn nhất? Tính góc mở của thị trường khi đó.
2. Tính số bội giác của Mắt thần đối với người có mắt tốt khi quan sát mà mắt không điều tiết.
3. Người có mắt tốt nhìn qua Mắt thần sẽ nhìn thấy rõ những vật đặt trong khoảng nào trước thấu kính ở đầu ống phía ngoài cửa? Biết khoảng cực cận của mắt người đó là $D = 20$ cm.

Câu V. (4,0 điểm)

Hiện tượng phóng xạ là hiện tượng một hạt nhân không bền tự phân rã, phát ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác. Trong quá trình phân rã, số hạt nhân N của chất phóng xạ ở thời điểm t tuân theo quy luật $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$, với N_0 là số hạt nhân ở thời điểm ban đầu, λ là hằng số phóng xạ đặc trưng cho từng loại chất phóng xạ. Nếu hạt nhân được tạo thành không bền, nó sẽ tiếp tục phân rã tạo thành chuỗi phóng xạ. Trong bài này, ta xét một chuỗi phóng xạ đơn giản.

Cho một chuỗi phóng xạ trong đó hạt nhân A phóng xạ β tạo thành hạt nhân B và hạt nhân B phóng xạ α tạo thành hạt nhân C bền. Giả thiết các hằng số phóng xạ của hạt nhân A và B bằng nhau và bằng λ (chưa biết giá trị). Ban đầu, mẫu chất chỉ gồm $N_{t0} = 2 \cdot 10^{18}$ hạt nhân A, các hạt nhân B và C chưa được tạo thành.

1. Để xác định hằng số phóng xạ λ , người ta dùng máy đếm hạt β : mỗi phân rã β sẽ tạo nên một xung và được máy ghi nhận. Máy được mở tại thời điểm $t = 0$, sau các khoảng thời gian $t_1 = 48$ giờ và $t_2 = 144$ giờ, máy đếm được số xung β tương ứng là n_1 và $n_2 = 2,334n_1$. Tính λ .
2. Tính số hạt nhân B tại thời điểm $t_2 = 144$ giờ.
3. Tính số hạt α được tạo thành sau 144 giờ kể từ thời điểm $t = 0$.

Gợi ý: Sự phụ thuộc của số hạt nhân B vào thời gian t có thể tìm dưới dạng $(p + q \cdot t)e^{-\lambda t}$, trong đó p và q là hệ số không phụ thuộc vào thời gian và chưa biết.

-----**Hết**-----