

ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Đề thi gồm 05 trang

Môn thi: **VẬT LÝ**Thời gian: **240** phút (không kể thời gian giao đề)Ngày thi thứ nhất: **29/3/2019****CÂU I (4,0 điểm)**

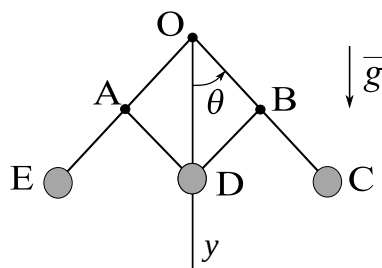
Xét mô hình đơn giản của một cơ cấu ổn định tốc độ quay (thường gặp trong các hộp số tự động, bộ li hợp...). Cơ cấu được mô tả như Hình 1, cụ thể như sau:

- Hai thanh cứng OE và OC khối lượng không đáng kể, chiều dài $2a$, có thể quay trong mặt phẳng hình vẽ quanh khớp O cố định trên trục thẳng đứng Oy.

- C, D, E là ba trọng vật có cùng khối lượng m , kích thước không đáng kể. Hai vật E và C gắn cố định vào thanh OE và OC. Vật D có thể trượt dọc trục quay thẳng đứng Oy.

- Các thanh cứng, nhẹ DA và DB có cùng chiều dài a , liên kết khớp nối tại hai đầu A và B là trung điểm của OE và OC.

Hệ có thể quay quanh trục thẳng đứng Oy, tuy nhiên các vật luôn nằm trên một mặt phẳng thẳng đứng. Bỏ qua mọi ma sát. Gia tốc trọng trường là g .



Hình 1

Tại thời điểm ban đầu ($t = 0$) hệ quay với tốc độ góc ω_0 quanh trục thẳng đứng Oy, các thanh OC và Oy tạo với nhau góc θ_0 và $\dot{\theta} = 0$.

1. Tìm cơ năng của hệ theo $\theta, \dot{\theta}, \theta_0, \omega_0, m, g$ và a tại thời điểm $t > 0$. Chọn gốc thế năng của trường trọng lực tại O.

2. Chứng minh rằng tồn tại một vị trí cân bằng bền của hệ.

3. Cho $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$, $a = 5 \text{ cm}$, $\theta_0 = 45^\circ$.

a) Tính $\theta_{\min}$ và $\theta_{\max}$ nếu $\omega_0 = 2\pi \text{ rad.s}^{-1}$.

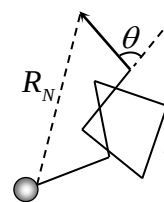
b) Tính tốc độ góc ban đầu ω_0 để hệ luôn cân bằng tại $\theta = \theta_0 = 45^\circ$.

CÂU II (4,0 điểm) (Thí sinh làm câu này trên Phiếu trả lời câu II)

Hạt Brown không hòa tan, có khối lượng $m = 5,24 \cdot 10^{-16} \text{ kg}$ và khối lượng riêng xấp xỉ bằng khối lượng riêng của nước, thực hiện chuyển động Brown trong nước ở nhiệt độ 300 K .

1. Đánh giá tốc độ chuyển động trung bình $\bar{v}$ của hạt. Cho biết hằng số Boltzmann $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$.

2. Do bản chất ngẫu nhiên của va chạm giữa hạt Brown với các phân tử nước, quỹ đạo của hạt là một đường gấp khúc phức tạp (Hình 2a). Giả thiết giữa hai lần va chạm liên tiếp, hạt chuyển động thẳng đều với các quãng đường như nhau (gọi là quãng đường tự do trung bình l), còn hướng chuyển động sau va chạm hợp với hướng chuyển động trước va chạm một góc θ có giá trị ngẫu nhiên từ 0° đến 180° . Tìm khoảng cách trung bình $\bar{R}_N$ của hạt tới vị trí ban đầu sau N lần va chạm với các phân tử nước. Kết quả biểu diễn qua l, N .

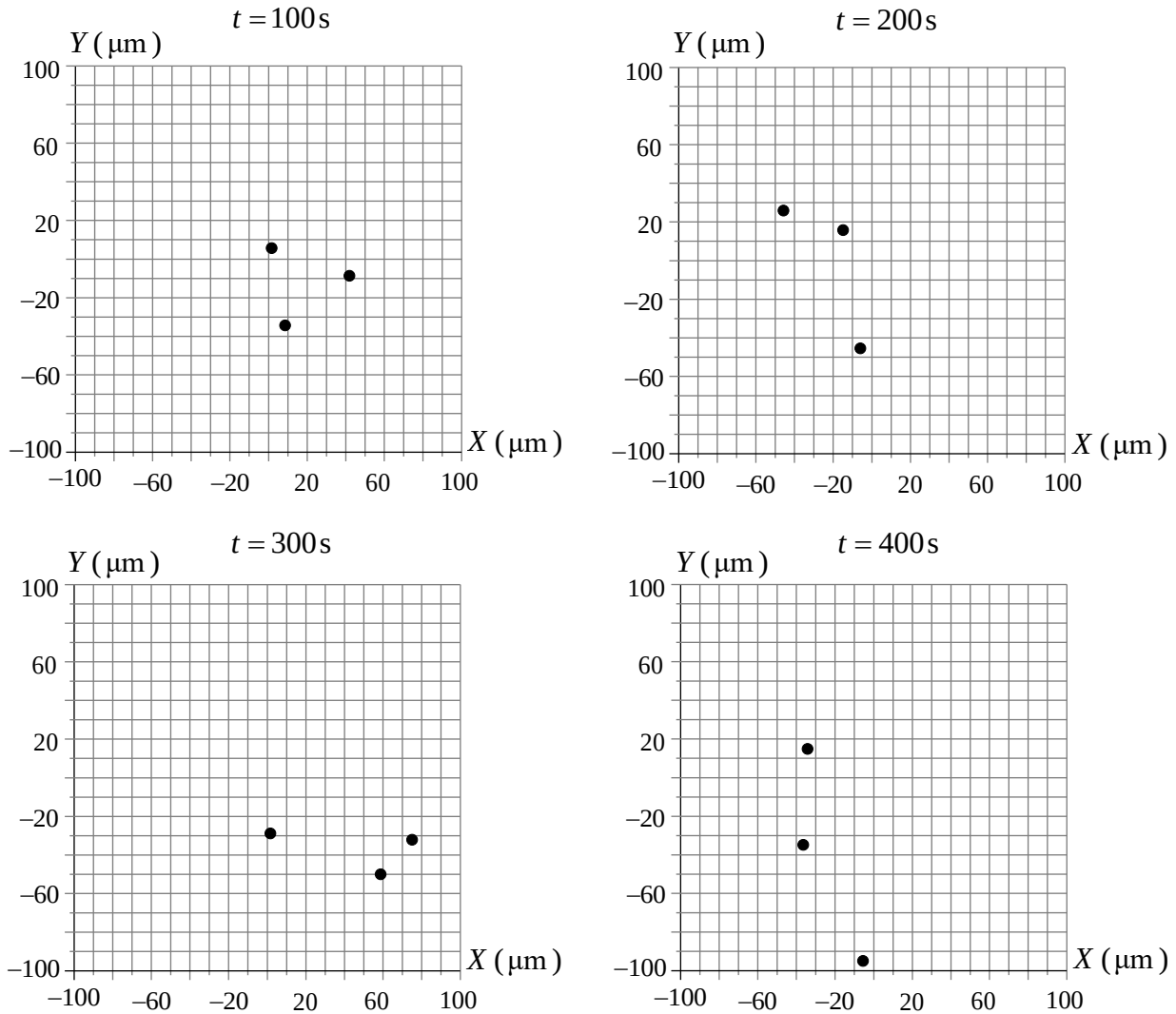


Hình 2a

3. Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, ba hạt Brown giống hệt nhau như được mô tả ở trên đều nằm ở gốc tọa độ ($X = 0, Y = 0$). Chuyển động của chúng được quan sát dưới kính hiển vi và được chụp ảnh tại các thời điểm cách nhau những khoảng thời gian $\Delta t = 100 \text{ s}$ như trên Hình 2b. Chuyển động thực tế của các hạt Brown là chuyển động trong không gian ba chiều, tuy nhiên ta chỉ chụp được ảnh hai chiều. Sử dụng dữ liệu từ Hình 2b, đánh giá quãng đường tự do trung

bình l của hạt Brown và khoảng thời gian trung bình giữa hai va chạm liên tiếp của chúng với các phân tử nước.

Gợi ý: một đại lượng X có thể lấy giá trị dương ngẫu nhiên thì $\overline{X^2} \approx \overline{X}^2$, tức là giá trị trung bình của bình phương xấp xỉ bằng bình phương của giá trị trung bình của nó.



Hình 2b

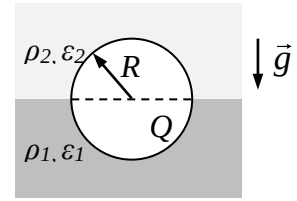
CÂU III (4,0 điểm)

1. Một bong bóng xà phòng hình cầu chứa không khí có khối lượng riêng ρ_i và bán kính R_0 . Không khí bao quanh bong bóng có khối lượng riêng ρ_a , áp suất P_a và có nhiệt độ không đổi (cỡ nhiệt độ phòng). Khối lượng riêng của màng xà phòng là ρ_s , hệ số sức căng mặt ngoài γ , bề dày màng bong bóng là $t (t \ll R_0)$. Bong bóng được tích điện với điện tích tổng cộng là q . Khi ổn định, bán kính bong bóng là R_1 . Giả sử bong bóng không bị vỡ sau quá trình tích điện và nhiệt độ khí trong bong bóng luôn bằng nhiệt độ môi trường.

a) Xác định áp suất tĩnh điện lên mặt bong bóng xà phòng. Giả thiết $\frac{q^2}{P_a \epsilon_0 R_0^4} \ll 1$, bán kính bong bóng biến thiên một lượng $\Delta R = R_1 - R_0 \ll R_0$. Tính ΔR theo R_0, P_a, q, γ và hằng số điện môi của chân không ϵ_0 .

b) Xác định điện tích q theo $t, \rho_a, \rho_s, \epsilon_0, R_0, P_a$ và γ để cho bong bóng đứng yên trong không khí. Tính giá trị của q với $t=100$ nm, $\rho_a=1,18\text{kg.m}^{-3}$, $\rho_s=1,3\text{kg.m}^{-3}$, $\epsilon_0=8,85.10^{-12}\text{F.m}^{-1}$, $R_0=1$ cm, $P_a=1,013.10^5\text{N.m}^{-2}$, $\gamma=0,025\text{N.m}^{-1}$.

2. Xét một quả cầu dẫn điện có khối lượng riêng ρ , bán kính R nổi trong một chất lỏng có khối lượng riêng ρ_1 ($\rho_1 > 2\rho$) và hằng số điện môi ϵ_1 trong trường hấp dẫn. Bên trên chất lỏng là môi trường khí có khối lượng riêng ρ_2 và hằng số điện môi $\epsilon_2 < \epsilon_1$. Quả cầu được tích điện Q sao cho khi cân bằng thì 1/2 quả cầu chìm trong chất lỏng (Hình 3). Bỏ qua các hiệu ứng rìa. Lấy gia tốc trọng trường là g .



Hình 3

a) Xác định vector cường độ điện trường trong toàn không gian, mật độ điện tích tự do σ_f ở mặt cầu và mật độ điện tích liên kết mặt σ_b ở mặt phân cách giữa quả cầu và hai lớp điện môi theo $R, \epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, Q$.

b) Tìm lực tĩnh điện tác dụng lên quả cầu theo $R, \epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, Q$.

c) Tìm Q theo $\rho, \rho_1, \rho_2, R, \epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2, g$.

Gợi ý:

- Trong tĩnh điện học, ta có phương trình Maxwell $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$. Dùng hệ tọa độ cầu (r, θ, φ) , vector $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ có các thành phần sau

$$+ \text{Thành phần theo tọa độ } r: \frac{1}{r \sin \theta} \left[\frac{\partial}{\partial \theta} (E_\varphi \sin \theta) - \frac{\partial E_\theta}{\partial \varphi} \right];$$

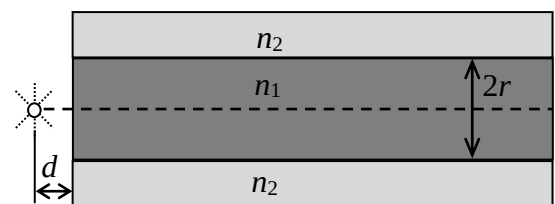
$$+ \text{Thành phần theo tọa độ } \theta: \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial E_r}{\partial \varphi} - \frac{1}{r} \frac{\partial (r E_\varphi)}{\partial r};$$

$$+ \text{Thành phần theo tọa độ } \varphi: \frac{1}{r} \left[\frac{\partial (r E_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial E_r}{\partial \theta} \right].$$

- Có thể sử dụng các công thức $\vec{P} = \epsilon_0 (\epsilon - 1) \vec{E}$ và $\sigma_b = \vec{P} \cdot \vec{n}$, $\vec{P}$ là vector phân cực, $\vec{n}$ là vector pháp tuyến của mặt phân cách hai môi trường.

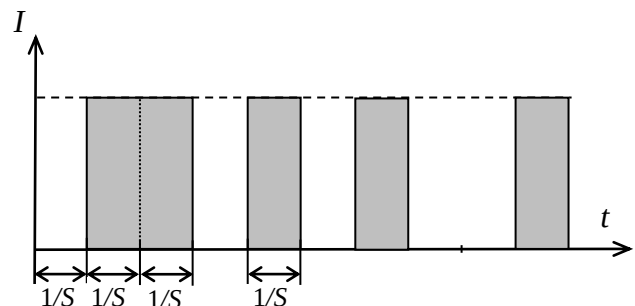
CÂU IV (4,0 điểm)

Xét mô hình sợi quang (thường được sử dụng làm phương tiện truyền dẫn tín hiệu) gồm một lõi hình trụ có bán kính $r = 25 \mu\text{m}$ và chiết suất $n_1 = 1,475$ được bao ngoài bởi lớp vỏ có chiết suất $n_2 = 1,46$.



Hình 4a

Một nguồn điểm đẳng hướng ở trong không khí (giả thiết có chiết suất $n=1$), nằm trên trục sợi quang và cách đầu sợi quang $d = 25 \mu\text{m}$ (Hình 4a). Nguồn phát ra bức xạ điện từ với công suất $P=1$ mW. Bỏ qua sự phản xạ của ánh sáng tại mặt phân cách của sợi quang với không khí. Ánh sáng khúc xạ đi vào vùng vỏ sẽ nhanh chóng bị suy giảm do đó vai trò của nó trong truyền thông tin có thể bỏ qua. Tốc độ ánh sáng trong chân không là $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.



Hình 4b

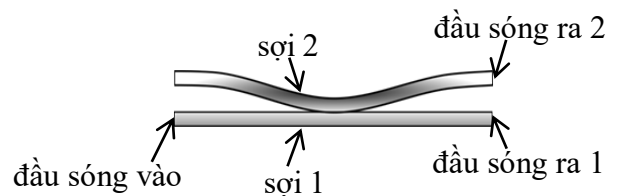
Tín hiệu được gửi đi dưới dạng các xung ngắn với tốc độ truyền là S . Một xung đơn lẻ (bit-kí hiệu là b) ban đầu có dạng hình chữ nhật có độ dài (khoảng thời gian từ lúc bắt đầu đến khi kết thúc việc gửi xung) là $\frac{1}{S}$ (Hình 4b-ví dụ cho tín hiệu ứng với chuỗi 0110101001).

1. Trước tiên ta xem xét ảnh hưởng của sự suy giảm năng lượng đến quãng đường mà tín hiệu truyền được trong sợi quang. Nếu tại đầu vào năng lượng của tín hiệu là E_{in} , thì khi đi qua khoảng cách L , năng lượng còn lại là E_{out} . Hệ số suy giảm năng lượng α được định nghĩa $\alpha = \frac{1}{L} \log_{10} \frac{E_{out}}{E_{in}}$. Trong các tính toán của ý này ta lấy $\alpha = -0,02 \text{ km}^{-1}$. Xung chỉ được ghi nhận

ở đầu ra của sợi quang nếu năng lượng của nó lớn hơn giá trị ngưỡng $E_d = 10^{-15} \text{ J}$. Nếu chiều dài của sợi quang là $L = 200 \text{ km}$ thì tốc độ truyền tín hiệu lớn nhất bằng bao nhiêu b/s?

2. Bây giờ ta khảo sát ảnh hưởng của sự mở rộng xung lên quãng đường mà tín hiệu truyền được trong sợi quang. Giả thiết tín hiệu truyền đi bị lỗi nếu kết quả của việc truyền xung là độ dài của một xung tăng lên quá hai lần. Nếu chiều dài của sợi quang là $L = 200 \text{ km}$ thì tốc độ truyền tín hiệu lớn nhất bằng bao nhiêu b/s?

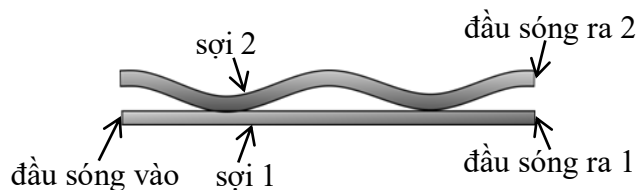
3. Một thiết bị quan trọng trong truyền thông tin sử dụng sợi quang là bộ chia. Đó là thiết bị đơn giản bao gồm hai sợi quang có lõi ép sát tiếp xúc nhau sao cho sóng điện từ lan truyền trong một sợi, đến điểm tiếp xúc sẽ tách thành hai nửa. Bộ chia được gọi là *bộ chia đều* khi biên độ hai sóng đi ra có cùng độ lớn (Hình 4c). Bỏ qua ảnh hưởng của sự suy giảm năng lượng và sự mở rộng xung.



Hình 4c

a) Tìm độ lệch pha giữa hai sóng đi ra theo hai sợi của bộ chia đều tại điểm tiếp xúc.

b) Bây giờ xét hai bộ chia đều, đặt liên tiếp nhau như Hình 4d (thiết bị này còn được gọi là giao thoa kế Mach – Zehnder). Hiệu đường đi của tia sáng trong hai đoạn sợi quang giữa hai điểm tiếp xúc là $\Delta l = 30 \mu\text{m}$.

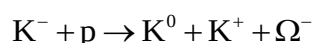


Hình 4d

Sóng ánh sáng vào sợi 1 được phát ra từ nguồn đơn sắc, có bước sóng điều chỉnh được trong khoảng từ $\lambda_{\min} = 600 \text{ nm}$ tới $\lambda_{\max} = 660 \text{ nm}$ (các bước sóng này đo trong sợi quang). Các bước sóng nào sẽ ra toàn bộ từ sợi 2?

CÂU V (4,0 điểm)

Cho hạt meson mang điện tích âm K^- chuyển động đến va chạm với proton p đứng yên trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm, sinh ra hạt meson trung hòa K^0 , hạt meson mang điện tích dương K^+ và hạt Ω^- . Phản ứng được viết dưới dạng:



Cho biết khối lượng nghỉ của các hạt $K^-, K^+, K^0, \Omega^-, p$ lần lượt là $m_{K^-} = 494 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$, $m_{K^+} = 494 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$, $m_{K^0} = 498 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$, $m_{\Omega^-} = 1675 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$, $m_p = 938 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$; tốc độ ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Để phản ứng trên xảy ra thì hạt K^- phải có động năng tối thiểu $T_{\min}$ trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm. Biểu diễn $T_{\min}$ theo $m_{K^-}, m_{K^+}, m_{K^0}, m_{\Omega^-}, m_p$ và c . Tính giá trị của $T_{\min}$.

2. Hạt Ω^- được sinh ra trong phản ứng này khi hạt K^- chuyển động tới có động năng tối thiểu. Biết rằng thời gian sống của hạt Ω^- trong hệ quy chiếu riêng là $\tau = 1,3 \cdot 10^{-10}$ s. Tính quãng đường mà hạt Ω^- chuyển động được trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm trước khi phân rã.

3. Hạt K^0 sinh ra trong phản ứng trên đang chuyển động trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm thì phân rã thành hai hạt pion trung hòa π . Khối lượng nghỉ của hạt pion là $m_\pi = 135 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$.

a) Nếu hạt K^0 đang chuyển động trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm với động năng bằng 330 MeV thì động năng của một trong hai hạt pion trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm lớn nhất bằng bao nhiêu?

b) Trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm, gọi u là tốc độ của hạt K^0 và θ là góc hợp bởi phương chuyển động của một trong hai pion với phương chuyển động của K^0 . Tính góc θ lớn nhất khi $u = 0,8c$ và $u = 0,9c$.

Gợi ý: Hai hệ quy chiếu quán tính S và S' có các trục tọa độ tương ứng song song với nhau, S đứng yên còn S' chuyển động dọc theo phương Ox của hệ S với vận tốc $\vec{v}$ không đổi. Công thức biến đổi của năng lượng và các thành phần của động lượng của một hạt khi chuyển từ hệ S' sang hệ S là

$$E = \gamma(E' + p'_x v); p_x = \gamma\left(p'_x + E' \frac{v}{c^2}\right); p_y = p'_y; p_z = p'_z,$$

trong đó $\vec{p}, E$ ($\vec{p}', E'$) lần lượt là vector động lượng và năng lượng của hạt trong hệ quy chiếu S (S') và $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}, \beta = v/c$.

HẾT

Ghi chú:

- Thí sinh không được sử dụng tài liệu.
- Cán bộ coi thi không giải thích gì thêm.