

ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Môn: VẬT LÝ

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

Ngày thi thứ nhất: 13/01/2019

(Đề thi có 03 trang, gồm 05 câu)

Câu I (4,0 điểm).

Có hai vật nhỏ giống nhau, có cùng khối lượng m , được nối với nhau bởi một sợi dây không giãn, chiều dài 2ℓ đặt đứng yên trên một mặt phẳng nằm ngang như Hình 1.a. Gia tốc trọng trường là $\vec{g}$.

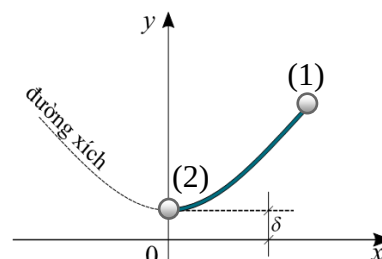
1. Sợi dây có khối lượng không đáng kể. Đặt hai vật trên mặt nằm ngang sao cho sợi dây căng ngang. Truyền cho vật (1) vận tốc ban đầu theo phương thẳng đứng lên trên. Giả sử trong quá trình hệ chuyển động, dây luôn căng, vật (2) không rời khỏi mặt phẳng nằm ngang. Bỏ qua mọi ma sát. Hãy xác định quỹ đạo của vật (1) cho đến khi nó chạm mặt nằm ngang.



Hình 1.a

2. Xét trường hợp sợi dây đồng nhất với mật độ khối lượng trên mỗi đơn vị chiều dài là ρ . Hệ số ma sát nghỉ giữa vật (2) và mặt nằm ngang là μ .

Cho hai vật cách nhau một khoảng nhỏ hơn ℓ . Nâng rất chậm vật (1) lên theo phương thẳng đứng. Tại thời điểm ngay trước khi vật (2) dịch chuyển, ta thấy tiếp tuyến của sợi dây tại đầu nối vào vật (2) nằm ngang và dây không chạm đất, sợi dây có dạng là một phần của đường cong (đường xích). Trong hệ tọa độ Oxy như trên Hình 1.b, phương trình đường xích này có dạng $y = \delta \cdot P(x)$, trong đó δ là hằng số dương và $P(x) = (e^{x/\delta} + e^{-x/\delta})/2$.



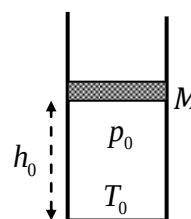
Hình 1.b

a) Tìm phương, chiều và độ lớn của lực căng sợi dây tác dụng lên vật (1) lúc đó.

b) Tìm độ cao h của vật (1) so với mặt nằm ngang khi đó. Biết chiều dài dây tính từ điểm thấp nhất đến điểm có tọa độ x là $s = \delta \cdot Q(x)$, với $Q(x) = (e^{x/\delta} - e^{-x/\delta})/2$.

Câu II (4,0 điểm).

Pit-tông khối lượng M được giữ trong một xilanh hình trụ đặt thẳng đứng có tiết diện ngang hình tròn với bán kính trong R_0 , đáy dưới kín (Hình 2). Dưới pit-tông là một khối khí lí tưởng có áp suất p_0 bằng áp suất khí quyển, nhiệt độ T_0 , khối lượng mol μ , chỉ số đoạn nhiệt (tỉ số giữa nhiệt dung đẳng áp và nhiệt dung đẳng tích) γ , chiều cao cột khí trong xilanh là h_0 . Giả thiết bỏ qua ma sát giữa pit-tông và xilanh, khí trong xilanh không thoát được ra bên ngoài, xilanh và pit-tông hoàn toàn cách nhiệt với bên ngoài, nhiệt độ và áp suất khí trong xilanh phân bố đều. Gia tốc trọng trường là $\vec{g}$.



Hình 2

1. Pit-tông được thả ra sao cho khí trong xilanh thực hiện một quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch đến khi pit-tông nằm cân bằng.

a) Tìm áp suất, nhiệt độ, độ cao của cột khí trong xilanh khi pit-tông cân bằng.

b) Tìm công mà khí trong xilanh đã nhận được, công do khí quyển và công do trọng lực của pit-tông đã thực hiện từ khi thả pit-tông đến khi pit-tông cân bằng. Giả thiết pit-tông nằm cân bằng ngay khi đến vị trí này lần đầu.

2. Khi pit-tông đang cân bằng ta đánh nhẹ nhàng một vật hình trụ có khối lượng $m = M$ vào pit-tông sao cho trục của vật m trùng với trục của M , sau đó hệ (vật m đánh vào M) sẽ dao động điều hòa với biên độ rất nhỏ so với chiều cao của cột khí trong xilanh khi pit-tông ở vị trí cân

bằng. Giả thiết trong quá trình hệ dao động, khí trong xilanh biến đổi đoạn nhiệt thuận nghịch. Tìm:

- Chu kỳ và biên độ dao động của hệ pit-tông và vật m .
- Tìm chiều cao nhỏ nhất của cột khí bên trong xilanh.

3. Khi pit-tông đang cân bằng như ở ý 1, thay vì dính thêm m như ý 2, ta cố định pit-tông với xilanh và cho xilanh quay tròn quanh trục đối xứng thẳng đứng. Khi hệ ổn định, nhiệt độ khí trong xilanh là T , khí trong xilanh, pittông và xilanh quay với cùng tốc độ góc ω không đổi, áp suất khí trong xilanh phụ thuộc vào khoảng cách từ trục quay đến điểm khảo sát. Tính áp suất của khí tại thành bình.

Câu III (4,0 điểm)

Trong không gian giữa các vì sao có một đám mây được tạo bởi N hạt coi như các điện tích điểm đặt trong chân không, mỗi hạt có điện tích $-q$ ($q > 0$), khối lượng m . Ở thời điểm ban đầu ($t = 0$) các điện tích của đám mây đang đứng yên và phân bố đều trong một quả cầu bán kính R . Giả thiết các điện tích không bức xạ năng lượng và bỏ qua hiệu ứng tương đối tính.

1. Do lực đẩy Cu-lông (Coulomb), đám mây bắt đầu dần nở nhưng vẫn giữ được tính đối xứng cầu. Giả thiết các hạt chỉ chuyển động theo phương bán kính và không vượt qua nhau. Bỏ qua tác dụng của tất cả các lực khác.

a) Tìm phương trình vi phân mô tả chuyển động của lớp cầu có bán kính từ r_0 đến $r_0 + dr$, với $r_0 + dr < R$. Chứng minh rằng mật độ hạt trong không gian luôn đều trong quá trình đám mây dần nở.

b) Xét một điện tích của đám mây mà tại thời điểm $t = 0$ nó đang ở vị trí có bán kính R . Tính thời gian để điện tích này chuyển động đến vị trí có bán kính $9R$.

2. Ở thời điểm $t = 0$, xuất hiện một quả cầu điện môi mang điện tích dương có tâm trùng với tâm của đám mây, bán kính R_0 ($R_0 < R$). Tại thời điểm nào đó, điện tích của quả cầu phân bố đều với mật độ $\rho = \frac{3Nq}{4\pi R_0^3}$ còn các điện tích âm của đám mây chỉ phân bố trong không gian từ R_0 đến R với mật độ được giả thiết chỉ phụ thuộc vào khoảng cách r (tính từ tâm quả cầu điện môi)

theo quy luật $\rho(r) = \frac{A}{r^\alpha}$, $\alpha > 3$ và không đổi, A là hệ số.

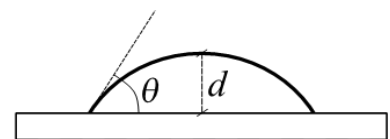
a) Tìm A theo α, q, N, R_0, R .

b) Tính cường độ điện trường, điện thế ở trong và ngoài đám mây.

Cho biết: $\int \sqrt{\frac{x}{x-a}} dx = \sqrt{x(x-a)} + a \ln \left[\sqrt{x} + \sqrt{x-a} \right] + C$, với a, C là hằng số, $0 < a < x$.

Câu IV (4,0 điểm).

Vật kính trong máy ảnh của điện thoại thông minh (smartphone) được chế tạo từ giọt chất lỏng trong suốt, đồng nhất có chiết suất n đặt trên một tấm điện môi mỏng, trong suốt. Phía trên mặt lồi của giọt chất lỏng là không khí với chiết suất bằng 1. Mặt dưới của tấm điện môi được phủ một lớp điện cực rất mỏng, trong suốt. Điện cực còn lại được nối vào mặt thoáng (mặt tiếp xúc giữa giọt chất lỏng và không khí) của giọt chất lỏng. Do hiện tượng dính ướt, giọt chất lỏng tạo thành một chòm cầu có tác dụng như một thấu kính mỏng phẳng-lồi (Hình 3). Độ dày thấu kính ở đỉnh là d , góc bờ θ .



Hình 3

Độ lớn của góc bờ θ phụ thuộc vào hiệu điện thế U giữa mặt thoáng và lớp điện cực phủ dưới tấm điện môi theo công thức

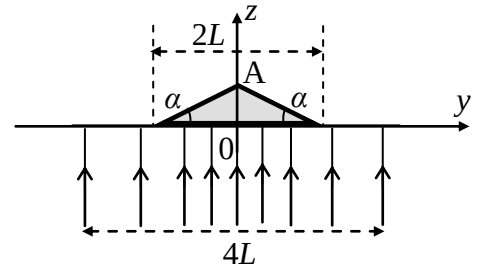
$$\cos \theta = \cos \theta_0 + \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{2\ell \sigma} U^2,$$

với θ_0 là góc bờ khi $U = 0$, ℓ là khoảng cách giữa các tấm điện cực liên tiếp (không mô tả ở Hình 4) ở mặt dưới tấm điện môi, $\varepsilon_0 = 8,854.10^{-12}$ F/m là hằng số điện, ε là hằng số điện môi của giọt chất lỏng, σ là hệ số căng mặt ngoài của giọt chất lỏng đối với không khí. Coi n và σ không thay đổi.

1. Khi $U = 0$ thì tiêu cự thấu kính là f_0 . Tìm d theo các đại lượng n , f_0 và θ_0 .
2. Gọi σ_{LR}, σ_{KR} lần lượt là hệ số căng mặt ngoài của giọt chất lỏng với tấm điện môi và hệ số căng mặt ngoài của không khí đối với tấm điện môi. Khi giọt chất lỏng ổn định với góc bờ θ , tìm biểu thức liên hệ giữa các đại lượng $\sigma, \sigma_{LR}, \sigma_{KR}$ và θ .
3. Khi sử dụng làm vật kính máy ảnh trong điện thoại thông minh thì thể tích Ω của giọt chất lỏng là một thông số quan trọng vì nó có giá trị không thay đổi. Tìm biểu thức tính tiêu cự f của thấu kính này theo các đại lượng n, θ, Ω .
4. Trong thí nghiệm do Cơ-ru-pen-kin (Krupenkin) và cộng sự thực hiện năm 2003, giọt chất lỏng là dầu silicon AF1600 có $\Omega = 2\mu\text{l}$ và các tham số $\varepsilon = 2,1$, chiết suất $n = 1,405$, $\ell = 250\mu\text{m}$ và $\sigma = 0,015\text{ N/m}$. Thay đổi hiệu điện thế U từ 0 đến 80 V, tính khoảng biến thiên tiêu cự của thấu kính và năng lượng mà mặt thoáng thấu kính nhận được.

Câu V (4,0 điểm).

Trong bài này ta khảo sát lực do chùm laser đơn sắc tác dụng lên một lăng kính thủy tinh nhỏ có dạng lăng trụ tam giác, chiết suất n không đổi, khối lượng m , đặt trong không khí. Tiết diện của lăng kính là tam giác cân với góc ở đáy là α , mặt đáy lăng kính là hình chữ nhật. Chọn hệ trục tọa độ $Oxyz$ sao cho mặt phẳng Oxy trùng với mặt đáy của lăng kính, gốc O nằm tại tâm của mặt đáy và mặt phẳng Oyz trùng với tiết diện của lăng kính (Hình 4). Kích thước hai cạnh của đáy theo các phương Ox và Oy lần lượt là W và $2L$. Đặt



Hình 4

lăng kính lên một tấm kính mỏng trong suốt, nhẵn, nằm ngang. Chiều chùm laser vuông góc với đáy lăng kính sao cho trục của chùm laser trùng với trục Oz và độ rộng của chùm laser theo các phương Ox và Oy lần lượt là W và $4L$. Biết cường độ (công suất trên một đơn vị diện tích) của chùm laser phân bố đều trên độ rộng của chùm theo phương Ox nhưng giảm tuyến tính theo khoảng cách dọc theo trục Oy tính từ trục Oz trở ra. Cường độ của chùm laser có giá trị cực đại bằng I_0 ở trục của chùm tại $y = 0$ và giảm đến 0 tại $y = \pm 2L$. Giả sử lăng kính không hấp thụ, không phản xạ chùm laser và không bị quay. Tấm kính mỏng được giữ cố định và cho chùm laser truyền qua hoàn toàn. Bỏ qua mọi ma sát. Tốc độ ánh sáng trong chân không là c .

1. Tìm biểu thức cường độ của chùm laser phụ thuộc vào y .
2. Người ta dịch chuyển lăng kính dọc theo trục Oy sao cho đỉnh A của lăng kính có tọa độ y_0 với $0 < y_0 < L$.

- a) Tìm biểu thức của lực do chùm laser tác dụng lên lăng kính.
- b) Với $y_0 \ll L$, xác định chu kỳ dao động nhỏ của lăng kính.

-----HẾT-----

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