

## ĐỀ THI OLYMPIC CHUYÊN KHOA HỌC TỰ NHIÊN 2014

Môn thi: Vật lý - Ngày thi: 24/05/2014

Thời gian làm bài: 180 phút (không kể thời gian phát đề)

**Bài 1:** Xét hệ gồm một quả cầu nhỏ khối lượng  $m$  được nối vào điểm treo  $O$  cố định nhờ một sợi dây mảnh, nhẹ, không giãn có chiều dài  $L$ . Ban đầu, vật được giữ ở vị trí sao cho dây treo căng và hợp với phương thẳng đứng một góc  $\alpha_0$ . Thả nhẹ cho vật bắt đầu chuyển động. Cho gia tốc trọng trường là  $g$ .

1. Xác định vận tốc của vật và độ lớn của lực căng dây tại vị trí dây treo hợp với phương thẳng đứng một góc  $\alpha$ . Tìm vị trí mà tại đó gia tốc toàn phần của vật đạt giá trị nhỏ nhất.
2. Khi đang chuyển động, dây bị vướng vào một cái đinh tại  $O'$ , nằm phía dưới  $O$  theo phương thẳng đứng và cách  $O$  một khoảng là  $l$ . Tìm điều kiện của  $l$  để dây luôn căng trong suốt quá trình chuyển động.
3. Giả sử rằng  $l$  nhận giá trị lớn nhất thỏa mãn điều kiện tìm được trong ý 2. Tại vị trí nào, áp lực của dây lên đinh là lớn nhất.
4. Ta xét trường hợp  $\alpha_0 = 90^\circ$  (dây treo ban đầu nằm ngang).
  - a. Biết  $l$  không thỏa mãn điều kiện tìm được trong ý 2, xác định vị trí lực căng dây giảm đến 0. Mô tả chuyển động của vật sau đó.
  - b. Tìm giá trị lớn nhất của  $l$  để sợi dây quấn được quanh  $O'$  ít nhất một vòng.

**Bài 2:** Một quả khí cầu có một lỗ hở ở phía dưới để trao đổi khí với môi trường xung quanh, có thể tích không đổi  $V = 1,1 \text{ m}^3$ . Vỏ khí cầu có thể tích không đáng kể và khối lượng  $m = 0,187 \text{ kg}$ . Nhiệt độ của không khí là  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , áp suất khí quyển tại mặt đất là  $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Trong các điều kiện đó, khối lượng riêng của không khí là  $1,20 \text{ kg/m}^3$ . Gia tốc trọng trường tại mặt đất là  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

1. Tìm khối lượng mol trung bình của không khí.
2. Để quả khí cầu lơ lửng trong không khí, ta cần nung nóng khí bên trong khí cầu đến nhiệt độ  $t_2$  bằng bao nhiêu?
3. Nung nóng khí bên trong khí cầu đến nhiệt độ  $t_3 = 110^\circ\text{C}$ . Tìm lực cần thiết để giữ khí cầu đứng yên.
4. Sau khi nung nóng khí bên trong khí cầu, người ta bịt kín lỗ hở lại và thả cho quả khí cầu bay lên. Cho nhiệt độ khí bên trong khí cầu  $t_3 = 110^\circ\text{C}$  không đổi, nhiệt độ của khí quyển  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  và gia tốc trọng trường  $g = 10 \text{ m/s}^2$  coi như không đổi theo độ cao.
  - a. Tìm khối lượng riêng của không khí tại độ cao  $h$  so với mặt đất.
  - b. Tìm độ cao cực đại mà quả khí cầu lên được.

**Bài 3:** Tụ điện phẳng gồm hai bản tụ phẳng có diện tích  $S$ , đặt song song cách nhau một đoạn  $d$ , được nối vào hiệu điện thế  $U$  không đổi. Phần không gian giữa hai bản tụ được lấp đầy bởi một chất có hằng số điện môi biến thiên theo phương vuông góc với mặt bản theo quy luật:

$$\varepsilon(x) = \frac{\varepsilon_1}{1 + \frac{x}{d}} \text{ với } x \text{ là khoảng cách đến bản tích điện dương.}$$

1. Độ lớn của vectơ cường độ điện trường tại một vị trí trong điện môi tuân theo quy luật:

$$E(x) = \frac{E_0}{\varepsilon(x)}. \text{ Tìm biểu thức của } E_0.$$

2. Tìm năng lượng của tụ điện.
3. Tìm mật độ điện tích khối tại vị trí cách bản dương một đoạn  $x$ .

**Bài 4:** Núi trên Trái Đất không thể cao quá một giá trị cực đại. Khi chiều cao của núi tăng lên, áp suất ép lên phần chân ngọn núi cũng tăng lên. Khi giá trị này vượt quá một giá trị xác định, phần đất đá ở chân núi bị biến dạng và làm ngọn núi “chìm” xuống. Trong bài này, ta coi rằng độ cao cực đại của một ngọn núi chỉ phụ thuộc vào gia tốc trọng trường  $g$ , khối lượng riêng  $\rho$  và giới hạn bền  $\sigma$  (áp suất lớn nhất vật liệu còn chịu được) của đất đá cấu tạo nên ngọn núi.

1. Giả thiết rằng biểu thức độ cao cực đại có dạng  $h = C \times \sigma^\alpha \times \rho^\beta \times g^\gamma$  với  $C$  là một hằng số không có đơn vị. Tìm  $\alpha$ ,  $\beta$  và  $\gamma$ .
2. Ước lượng giá trị độ cao cực đại mà một ngọn núi trên Trái Đất có thể đạt được với các số liệu  $C \approx 1$ ;  $\sigma = 2 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ ;  $\rho = 3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Liên hệ với thực tế: Đỉnh núi cao nhất trên Trái Đất là đỉnh Everest, cao hơn mực nước biển khoảng 8,8 km.