

## ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Môn: VẬT LÝ

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

Ngày thi: 05/3/2022

Đề thi gồm 03 trang, 05 câu

## Câu I (4,0 điểm)

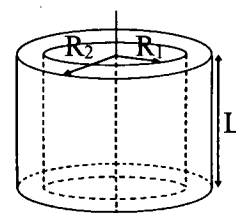
Một ống trụ đồng chất, tiết diện đều, có bán kính trong  $R_1$  và bán kính ngoài  $R_2$ , khối lượng riêng  $\rho$  và chiều dài  $L$  (Hình 1a). Gọi  $O$  là khối tâm của ống. Lấy gia tốc trọng trường là  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , bỏ qua sức cản của không khí.

1. Từ định nghĩa mômen quán tính của chất điểm, hãy chứng minh công thức tính mômen quán tính  $I_O$  của ống trụ đã cho đối với trục quay trùng với trục của ống là:

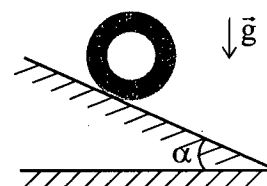
$$I_O = \frac{\pi \rho L}{2} (R_2^4 - R_1^4)$$

2. Ống trụ được đặt trên một mặt phẳng nghiêng cố định hợp với mặt phẳng ngang một góc  $\alpha$ , trục ống nằm ngang (Hình 1b). Cho hệ số ma sát trượt và hệ số ma sát nghỉ giữa ống trụ và mặt phẳng nghiêng đều bằng  $\mu$ . Thả cho ống trụ bắt đầu chuyển động. Biết ống trụ lăn không trượt trên mặt phẳng nghiêng. Tìm giá trị lớn nhất của  $\alpha$ .

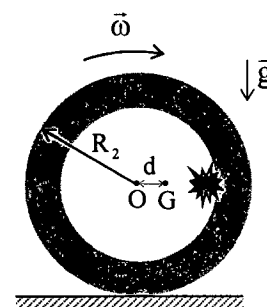
3. Người ta gắn chặt một vật nặng vào thành trong của ống. Hệ ống trụ và vật nặng có khối lượng  $M = 12 \text{ kg}$  và được xem là một vật rắn với khối tâm  $G$  bị dịch chuyển so với  $O$  theo phương bán kính của ống một đoạn  $d$ . Ống lăn không trượt trên một mặt sàn nằm ngang. Cho  $d = 10 \text{ cm}$ ,  $R_2 = 40 \text{ cm}$ , mômen quán tính của hệ so với trục quay song song với trục của ống và đi qua  $G$  là  $I_G = M \cdot k_G^2$ , với  $k_G = 38 \text{ cm}$ . Tại thời điểm hệ ống trụ và vật nặng chuyển động lăn với vận tốc góc  $\omega = 0,5 \text{ rad/s}$ , khối tâm  $G$  và  $O$  ở cùng độ cao so với mặt sàn (Hình 1c). Hãy xác định gia tốc góc của ống trụ và phản lực vuông góc do mặt sàn tác dụng lên ống trụ tại thời điểm này.



Hình 1a



Hình 1b



Hình 1c

## Câu II (4,0 điểm)

Bài toán này bàn về một trong các nguyên lý của việc sử dụng máy li tâm để tách các đồng vị nặng và nhẹ khỏi nhau, nguyên liệu ban đầu là hỗn hợp khí mà phân tử chứa nguyên tố cần tách đồng vị.

Xét mô hình một máy li tâm khí là một bình trụ kín bán kính trong  $R_0$ , chiều cao đủ nhỏ để có thể bỏ qua phân bố mật độ khí theo trọng lực và có trục quay thẳng đứng trùng với trục đối xứng của bình. Bình trụ chứa đầy hỗn hợp gồm hai khí lý tưởng A và B, có tỉ phần khối lượng lần lượt là  $a\%$  và  $b\%$  ( $a\% + b\% = 100\%$ ), có nhiệt độ  $T$  và có áp suất riêng phần lần lượt là  $p_{A0}$  và  $p_{B0}$ .

Cho bình trụ quay với tốc độ góc không đổi  $\omega$ , trong một thời gian đủ dài để áp suất thành bình ổn định và các phân tử khí quay cùng tốc độ  $\omega$  quanh trục của bình. Biết khối lượng mol của khí A và B lần lượt là  $\mu_A$  và  $\mu_B$  ( $\mu_B > \mu_A$ ), hằng số khí lý tưởng là  $R$ . Coi nhiệt độ  $T$  của khí không đổi.

1. Tính áp suất riêng phần do khí A và B tác dụng lên thành bình theo  $R_0, p_{A0}, p_{B0}, \mu_A, \mu_B, \omega, R, T$ .
2. Tính tỉ phần khối lượng của hai khí trên tại sát thành bình.

Áp dụng số:  $\mu_A = 311 \text{ g/mol}$ ,  $\mu_B = 314 \text{ g/mol}$ ,  $a\% = 99,3\%$ ,  $b\% = 0,7\%$ ,  $R = 8,31 \text{ J/(mol.K)}$ . Tính tỉ phần khối lượng của hai khí tại thành bình khi  $\omega = 30000 \text{ vòng/phút}$ , bán kính  $R_0 = 30 \text{ cm}$ , nhiệt độ khí là  $T = 400 \text{ K}$  không đổi.

3. Để làm giàu khí B đến một tỉ phần cho trước người ta phải ghép nối tiếp các bình li tâm thành tầng, trong đó đưa khí rút ra tại thành bình li tâm trước làm đầu vào cho bình li tâm tiếp theo. Với các số liệu và kết quả ở ý 2., thì bao nhiêu tầng cần được ghép để làm giàu khí B lên mức 2%? Cho biết các bình li tâm là giống hệt nhau và quay với cùng tốc độ.

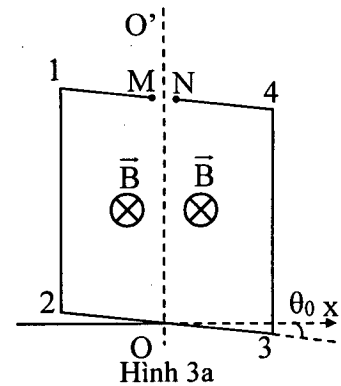
### Câu III (4,0 điểm)

Một dây kim loại đồng chất, cứng, tiết diện đều, khối lượng  $m$ , được uốn thành một khung hình vuông 1-2-3-4, có cạnh chiều dài  $L$  và hai đầu M, N (khoảng cách  $MN \ll L$ ). Đường kính của dây là rất nhỏ so với  $L$ . Khung nằm trong không khí. Cho hằng số từ là  $\mu_0$ .

1. Khung được đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ  $\vec{B}$ , phương vuông góc với mặt phẳng giấy, chiều hướng vào trong. Khung dây có thể quay không ma sát quanh trục  $OO'$  đi qua trung điểm của hai đoạn 1-4 và 2-3. Trục  $OO'$  vuông góc với trục  $Ox$  và nằm trong mặt phẳng giấy (Hình 3a). Bỏ qua hiện tượng tự cảm.

a) Tại thời điểm  $t = 0$ , mặt phẳng của khung hợp với trục  $Ox$  một góc nhỏ  $\theta_0$ . Từ thời điểm này, giữ cho trong khung dây luôn có một dòng điện  $I_0$  không đổi chiều từ  $N \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow M$  thì khung bắt đầu dao động. Xác định chu kỳ dao động và phương trình mô tả sự thay đổi góc hợp bởi mặt phẳng khung với trục  $Ox$  theo thời gian  $t$ .

b) Tại thời điểm  $t = t_0 > 0$ , nhìn từ điểm  $O$  theo hướng  $OO'$  thấy mặt phẳng khung dây đang quay cùng chiều kim đồng hồ đi qua vị trí mặt phẳng khung chứa trục  $Ox$ , ngắt bỏ dòng điện  $I_0$ . Mô tả chuyển động của khung dây sau khi ngắt dòng điện và xác định điện áp  $u_{MN}$  giữa hai điểm M và N theo thời gian  $t$ .

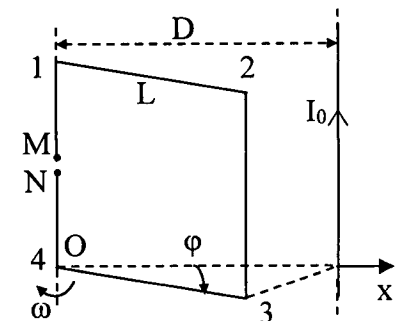


Hình 3a

2. Khung chỉ nằm trong từ trường của một dòng điện thẳng dài vô hạn song song với cạnh 1-4 của khung và khung quay đều với vận tốc góc  $\omega$  quanh trục trùng với cạnh 1-4. Trong dây vô hạn có dòng điện không đổi  $I_0$ . Khoảng cách từ dòng điện  $I_0$  đến trục quay của khung là  $D$  ( $D > L$ ) (Hình 3b).

a) Xác định điện áp  $u_{MN}$  ở vị trí cạnh 4-3 hợp với trục  $Ox$  một góc  $\varphi$ .

b) Tìm  $\varphi$  khi  $u_{MN}$  đạt giá trị lớn nhất và xác định giá trị lớn nhất này.



Hình 3b

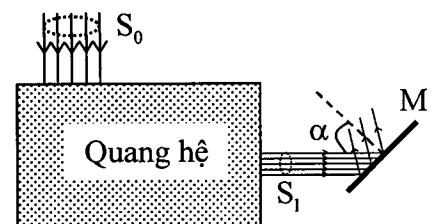
### Câu IV (4,0 điểm)

Cho một chùm sáng đơn sắc song song có bước sóng  $\lambda$ , tiết diện ngang  $S_0$  chiếu vào một quang hệ. Sau khi ra khỏi quang hệ, chùm sáng tới gương chắn M phẳng theo góc tới  $\alpha$  (Hình 4). Chùm sáng song song đi ra khỏi quang hệ có tiết diện ngang là  $S_1$  và mật độ hạt (số photon trong một đơn vị thể tích) là  $n$ .

1. Cho biết quang hệ gồm một gương phẳng và hai thấu kính hội tụ có tiêu cự lần lượt là  $f_1, f_2$  ( $f_1 > f_2$ ).

a) Hãy chỉ ra ít nhất một cách vẽ sơ đồ bố trí các dụng cụ quang học trong quang hệ để tạo ra chùm sáng song song có tiết diện ngang nhỏ hơn và có phương vuông góc với phương ban đầu.

b) Tìm mối liên hệ giữa  $\frac{S_1}{S_0}$  và  $f_1, f_2$ .



Hình 4

2. Cho biết gương chắn M được giữ cố định, không cho ánh sáng truyền qua và có hệ số phản xạ là R. Xác định độ lớn của lực gây bởi chùm sáng tác dụng lên một đơn vị diện tích ở bề mặt gương M theo  $n, \alpha, R, \lambda$ , hằng số Planck  $h$  và tốc độ ánh sáng  $c$ .

#### Câu V (4,0 điểm)

##### 1. Xử lý số liệu

Linh kiện nhiệt điện trở NTC là điện trở có giá trị giảm khi nhiệt độ của nó tăng và được sử dụng để làm cảm biến nhiệt độ, trở bù nhiệt trong các mạch khuếch đại... Vật liệu làm linh kiện là vật liệu bán dẫn. Lý thuyết và thực nghiệm đã chỉ ra rằng điện trở  $R$  của NTC phụ thuộc vào nhiệt độ tuyệt đối  $T$  theo công thức (trong hệ đơn vị SI):

$$R = A \cdot T^{-3/2} \cdot e^{\frac{\Delta E_g}{2k_B T}}$$

Trong đó  $\Delta E_g$  có thứ nguyên là năng lượng được gọi là độ rộng vùng cấm của vật liệu bán dẫn chế tạo NTC;  $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$  là hằng số Boltzmann;  $A$  là một hệ số không đổi.

Để xác định độ rộng vùng cấm của bán dẫn chế tạo NTC, một học sinh đã tiến hành đo điện trở của NTC theo nhiệt độ. Sơ đồ bố trí thí nghiệm như Hình 5: linh kiện NTC được nhúng trong nước (bọc cẩn thận để cách điện với nước nhưng linh kiện vẫn dễ trao đổi nhiệt với nước), nhiệt độ của nước đo bằng nhiệt kế, điện trở của NTC đo bằng ôm kế. Nước ban đầu là nước nóng.

Các bước tiến hành:

- Đọc giá trị nhiệt độ trên nhiệt kế để ghi lại nhiệt độ nước.
- Đọc giá trị điện trở hiển thị trên ôm kế để ghi lại điện trở của NTC.

Trong quá trình đo, nhiệt độ nước giảm chậm từ  $70^\circ\text{C}$  xuống  $40^\circ\text{C}$  theo thời gian. Học sinh thực hiện phép đo nhiệt độ nước và điện trở cùng lúc, ghi lại kết quả đo và được bảng số liệu như sau:

| $t (^\circ\text{C})$ | 70   | 65   | 60   | 55   | 50   | 45   | 40   |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $R (\text{k}\Omega)$ | 1,63 | 1,99 | 2,44 | 3,04 | 3,73 | 4,44 | 5,63 |

Hãy dùng phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm bằng đồ thị để xác định độ rộng vùng cấm  $\Delta E_g$  của vật liệu chế tạo NTC. Giá trị  $\Delta E_g$  ở đơn vị eV ( $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ). Không yêu cầu tính sai số.

##### 2. Phương án thí nghiệm

Xác định công suất hiệu dụng và hệ số công suất của quạt điện dùng phương pháp 3 vôn kế.

Khi quạt điện đang ở chế độ vận hành, quạt sẽ tiêu thụ một giá trị công suất hiệu dụng với một hệ số công suất xác định. Trong bài thí nghiệm này ta cần xây dựng phương án sử dụng đồng thời cả 3 vôn kế để xác định công suất hiệu dụng và hệ số công suất của một quạt điện khi quạt đang chạy ổn định.

Cho các dụng cụ sau:

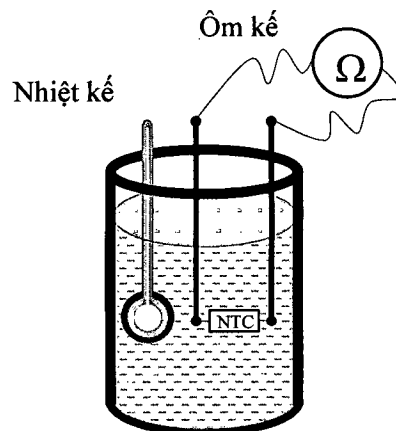
- 03 vôn kế dùng để đo điện áp hiệu dụng xoay chiều, có thể coi là lý tưởng;
- Một điện trở thuần có điện trở  $R$  đã biết;
- Nguồn điện xoay chiều thích hợp (chưa biết điện áp hiệu dụng);
- Quạt điện sử dụng nguồn điện xoay chiều;
- Dây điện, khoá K, đầu nối điện cần thiết.

Yêu cầu:

- Vẽ sơ đồ bố trí thí nghiệm để có thể xác định được công suất hiệu dụng và hệ số công suất của quạt điện khi nó hoạt động ổn định.
- Xây dựng công thức cần thiết, các bước tiến hành và cách xử lý số liệu thí nghiệm để xác định công suất hiệu dụng và hệ số công suất của quạt điện đã cho.

-----HẾT-----

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



Hình 5