

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐỀ THI CHÍNH THỨC

KỲ THI CHỌN HỌC SINH GIỎI QUỐC GIA
TRUNG HỌC PHỔ THÔNG
NĂM HỌC 2023 – 2024

Môn: **VẬT LÝ**

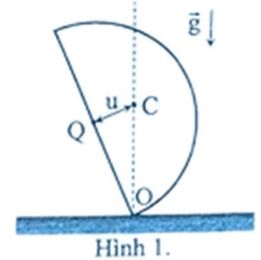
Thời gian 180 phút (không kể thời gian giao đề)

Ngày thi thứ hai: **05/01/2024**

(Đề thi gồm 03 trang, có 05 câu)

Câu I (4,0 điểm)

Một bán trụ đặc đồng chất, cứng, bán kính R , khối lượng m đặt trên sàn cứng ở trạng thái cân bằng không bền như Hình 1.0 là trung điểm đoạn thẳng tiếp xúc giữa bán trụ và sàn, Q là tâm mặt phẳng đáy (hình chữ nhật) và C là khối tâm của bán trụ, khoảng cách $QC = u$, $QO = R$, $OC = \ell$. Cho gia tốc trọng trường là $\vec{g}$. Bỏ qua mọi ma sát.



Hình 1.

1. Tìm u theo R .

2. Tìm mômen quán tính I_C của bán trụ đối với trục quay đi qua khối tâm C

và vuông góc với mặt phẳng hình vẽ.

3. Tìm mômen quán tính I_O của bán trụ đối với trục quay đi qua O và vuông góc với mặt phẳng hình vẽ.

Trong phần tiếp theo, đặt $k = \frac{I_C}{m\ell^2}$, $\omega_0^2 = \frac{g}{\ell}$ và kí hiệu α là góc quay của bán trụ so với vị trí ban đầu (chiều dương là chiều ngược chiều kim đồng hồ).

4. Bán trụ bị lật úp xuống theo chiều ngược chiều kim đồng hồ với tốc độ góc ban đầu rất nhỏ. Biết bán trụ bị trượt nhưng không rời khỏi sàn:

a) Tìm tốc độ góc ω của bán trụ theo α, ω_0, k .

b) Tìm gia tốc góc γ của bán trụ theo $\alpha, \omega_0, k, \omega$.

c) Tìm gia tốc a_C của khối tâm C theo α, k, g .

5. Bây giờ giữ bán trụ đứng yên ở vị trí QO có phương thẳng đứng rồi thả nhẹ, tìm gia tốc a_C của khối tâm C ngay sau khi thả.

Câu II (4,0 điểm)

Công suất phát xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối ở nhiệt độ T là $P = A\sigma T^4$ với hằng số Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$, A là diện tích bề mặt phát xạ. Coi Mặt Trời là vật đen tuyệt đối, nhiệt độ bề mặt $T_s = 6000 \text{ K}$ và bán kính $R_s = 7 \cdot 10^5 \text{ km}$; Trái Đất cũng là vật đen tuyệt đối, bán kính $R_E = 6400 \text{ km}$, nhiệt độ bề mặt là đồng đều. Biết bán kính quỹ đạo trung bình của Trái Đất xung quanh Mặt Trời $R_{SE} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$, tốc độ ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Ước tính năng lượng bức xạ Mặt Trời đến Trái Đất trong 1s.

2. Sản lượng điện trên toàn thế giới trong năm 2020 vào khoảng $2,6 \cdot 10^{13} \text{ kWh}$. Giả sử con người có thể chuyển hóa được 3% năng lượng bức xạ Mặt Trời tới Trái Đất thành điện năng và thời gian chuyển hóa không đáng kể. Ước tính thời gian thu năng lượng bức xạ Mặt Trời để được sản lượng điện của năm 2020.

3. Tính nhiệt độ bề mặt của Trái Đất khi ổn định.

4. Tìm lực do bức xạ Mặt Trời tác dụng lên Trái Đất.

5. Thực tế Trái Đất được bao bọc bởi một lớp khí quyển. Giả sử lớp khí quyển này phản xạ 30% bức xạ Mặt Trời trở lại không gian, 70% còn lại truyền qua được lớp khí quyển và bị Trái Đất hấp thụ hoàn toàn. Tính nhiệt độ bề mặt của Trái Đất.

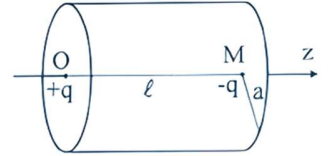
Câu III (4,0 điểm)

Cho trục Oz có phương nằm ngang, gốc tại một điểm O cố định. Xét một ống trụ cách điện đồng chất, cứng, thành mỏng, bán kính đáy a, chiều dài ℓ , trục ống trụ trùng với trục Oz, tâm một đáy tại O. Mặt ngoài ống trụ được tích điện với mật độ điện tích mặt ở tọa độ z là:

$$\sigma(z) = \sigma_0 \cos^2 \frac{\xi \pi z}{2\ell}$$

trong đó σ_0 là hằng số dương và ξ là một tham số không thứ nguyên. Hằng số điện là ϵ_0 .

1. Giữ ống trụ cố định. Một hệ gồm hai điện tích điểm $+q$ và $-q$ ($q > 0$) được gắn cố định ở hai đầu một thanh cách điện mảnh, cứng, không nhiễm điện, chiều dài ℓ , khối lượng không đáng kể, được đặt trùng với Oz, điện tích dương tại O, điện tích âm tại M như Hình 2. Bỏ qua tác dụng của trọng lực. Gọi lực điện trường tổng hợp do ống trụ tác dụng lên hệ hai điện tích điểm là $\vec{F}$.

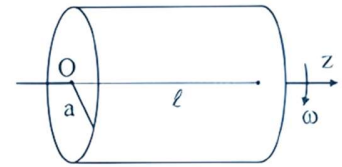


Hình 2.

a) Khi $\xi = 0$, tìm phương, chiều và độ lớn của $\vec{F}$ theo $\epsilon_0, q, \sigma_0, a, \ell$.

b) Khi $\xi = 1$, tìm phương, chiều và độ lớn của $\vec{F}$ theo $\epsilon_0, q, \sigma_0, a, \ell$.

2. Tại thời điểm $t = 0$, cho ống trụ quay chậm quanh trục Oz với gia tốc góc không đổi γ từ tốc độ ban đầu bằng 0 (Hình 3). Biết $\xi = 0$ và $\ell \gg a$. Hằng số từ là μ_0 . Coi từ trường trong ống trụ là đều và bỏ qua bức xạ điện từ, khi tốc độ góc của ống trụ là ω hãy xác định:



Hình 3.

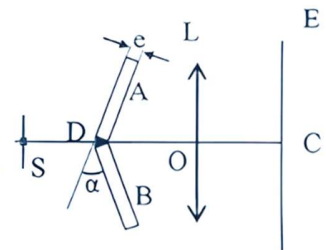
a) Vectơ cảm ứng từ bên trong ống trụ theo $\mu_0, \sigma_0, a, \omega$.

b) Vectơ cường độ điện trường tại điểm bên trong ống trụ, cách trục ống trụ một khoảng r theo $\mu_0, \sigma_0, a, \gamma, r$.

c) Tổng năng lượng điện trường và từ trường bên trong ống trụ theo $\epsilon_0, \mu_0, \sigma_0, a, \ell, \omega$

Câu IV (4,0 điểm)

Xét một quang hệ đặt trong không khí gồm: thấu kính hội tụ mỏng L, tiêu cự $f = 30\text{ cm}$, đường kính rìa $d = 2\text{ cm}$, quang tâm O; khe hẹp S; màn quan sát E; hai bản mặt song song A và B có dạng hình hộp chữ nhật giống hệt nhau có bề dày $e = 18\text{ mm}$ và chiết suất tỉ đối với môi trường $n = 1,5$; nêm chắn sáng cao su mềm D (Hình 4). A và B đặt đối xứng và hợp với nhau một góc $\beta = \pi - \alpha$ với $\alpha = 0,125\text{ rad}$. Màn E vuông góc với trục chính của thấu kính tại C. Nêm chắn sáng D (tam giác đen nhỏ trên trục chính) được đặt ở phần hờ giữa A và B. Khoảng cách $SO = 45,6\text{ cm}$. Chiếu chùm sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,5\mu\text{ m}$ đến quang hệ qua khe hẹp S thì quan sát được hiện tượng giao thoa trên màn E.



Hình 4.

1. Xác định vị trí các ảnh cuối cùng của S tạo bởi quang hệ và tính khoảng cách giữa các ảnh đó.

2. Tìm khoảng cách tối thiểu của OC để quan sát được các vân giao thoa trên màn E.

3. Cho $OC = 1,5\text{ m}$. Tính khoảng vân giao thoa quan sát được trên màn E.

4. Giảm dần góc α với tốc độ $\omega = \frac{\pi}{400}\text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ bằng cách quay đồng thời A và B quanh cạnh tiếp xúc

sao cho chúng vẫn giữ được tính đối xứng qua mặt phẳng đi qua khe S và O. Tìm tốc độ thay đổi của khoảng vân giao thoa trên màn E tại thời điểm A và B bắt đầu quay.

Câu V (4,0 điểm)

Câu này nghiên cứu mạch điện xoay chiều bằng cách sử dụng dao động kí điện tử hai chùm tia. Cho các dụng cụ sau:

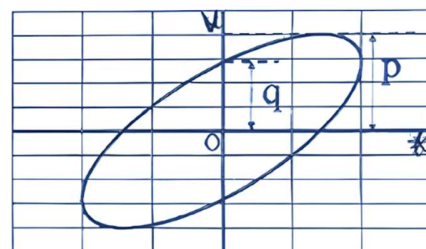
TT	Dụng cụ	Số lượng
1	Máy phát âm tần phát ra tín hiệu điện xoay chiều hình sin có thể điều chỉnh được điện áp, tần số. Trên máy phát âm tần, ngoài màn hình (A) hiển thị tần số và hai đầu ra của tín hiệu (D) còn có núm (B) cho phép điều chỉnh biên độ và núm (C) cho phép điều chỉnh tần số tín hiệu ra. Thiết bị đã được cấp nguồn.	1
2	Dao động kí điện tử hai chùm tia cho phép đưa đồng thời hai tín hiệu điện vào hai cổng CH ₁ và CH ₂ . Hình dạng của hai tín hiệu có thể quan sát đồng thời trên màn hình hiển thị E. Thiết bị đã được cấp nguồn.	1
3	Dây đo dao động kí để đưa tín hiệu điện vào dao động	2
4	Điện trở thuần có giá trị $R = 500\Omega$ với sai số tỉ đối 5%.	1
5	Tụ điện có điện dung C_x chưa biết	1
6	Các dây dẫn điện với các đầu có thể kết nối với các tụ điện, điện trở và với máy phát âm tần.	đủ số lượng cần thiết

1. Thí nghiệm đo độ lệch pha của điện áp trên một điện trở và điện áp trên hai đầu đoạn mạch gồm tụ điện và điện trở đó mắc nối tiếp, hãy:

a) Sử dụng chức năng quan sát đồng thời hai tín hiệu trên màn hình dao động kí:

- Vẽ sơ đồ mắc mạch điện: kết nối đoạn mạch với máy phát âm tần và các cổng vào của dao động kí.
- Vẽ phác dạng tín hiệu quan sát được trên màn hình dao động kí sau khi cả hai tín hiệu hiển thị rõ trên màn hình, từ đó chỉ ra cách xác định độ lệch pha.

b) Sử dụng chức năng tổng hợp dao động trên dao động kí: tín hiệu điện đưa vào cổng CH₁ (hoặc CH₂) sẽ điều khiển chùm tia trong dao động kí quét trên màn hình theo phương OX (hoặc OY). Mắc mạch điện giống ý a) và sử dụng chức năng tổng hợp dao động trên dao động kí, người ta quan sát được hình dạng tín hiệu tổng hợp trên màn hình dao động kí là một đường elip như Hình 5. Chỉ ra cách xác định độ lệch pha theo p và q .



2. Trong thí nghiệm để xác định điện dung của tụ điện C_x , ta lắp một mạch điện gồm điện trở R và tụ điện C_x mắc nối tiếp. Đặt một tín hiệu điện xoay chiều tần số f phát ra từ máy phát âm tần vào hai đầu mạch điện. Giữ cố định biên độ điện áp cấp cho mạch và xác định tỉ số biên độ tín hiệu điện áp giữa hai đầu điện trở U_{OR} và hai đầu tụ điện U_{OC} khi thay đổi tần số f . Kết quả thí nghiệm thu được cho trong bảng sau:

f (Hz)	99,8	199,0	300,0	400,1	500,3
U_{OR}/U_{OC}	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6

Từ số liệu trên, hãy xác định điện dung C_x của tụ điện. Cho biết sai số tỉ đối của U_{OR}/U_{OC} được đánh giá bằng 5%, bỏ qua sai số của tần số.

-----HẾT-----

* Thí sinh KHÔNG được sử dụng tài liệu và máy tính cầm tay;

* Giám thị KHÔNG giải thích gì thêm.