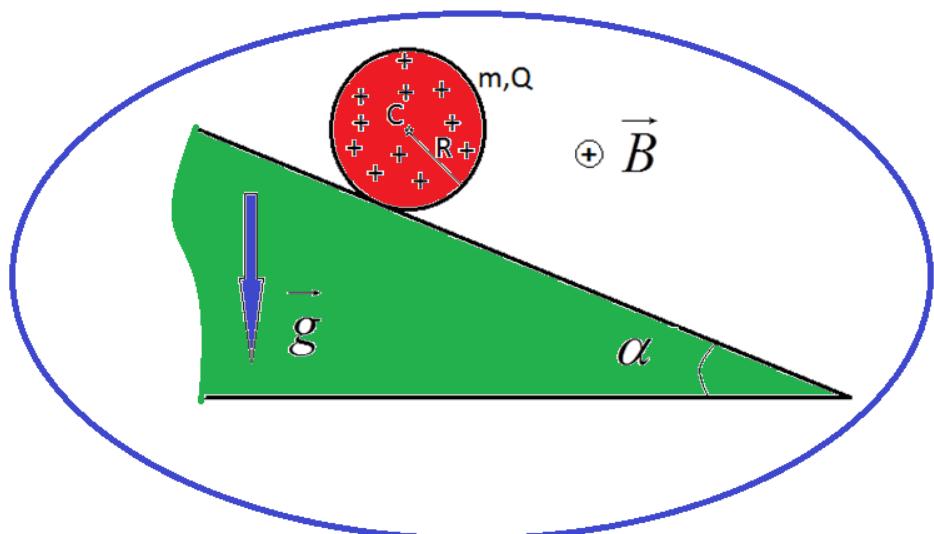


**BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ
TRUNG HỌC PHỔ THÔNG**



TẬP 2P

ĐIỆN TỬ VÀ QUANG HÌNH HỌC

**TP.HCM, THÁNG 5 NĂM 2020
LUU HÀNH NỘI BỘ**

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

MỤC LỤC

CHƯƠNG I. ĐIỆN TÍCH- ĐIỆN TRƯỜNG- ĐIỆN THẾ	
I.1. ĐIỆN TÍCH -ĐIỆN TRƯỜNG-----	Trang 3
I.2. ĐIỆN TÍCH CHUYỂN ĐỘNG TRONG ĐIỆN TRƯỜNG-----	Trang 6
I.3. ĐIỆN TRƯỜNG, ĐIỆN THẾ GÂY RA BỐI VẬT NHIỄM ĐIỆN CÓ KÍCH THƯỚC -----	Trang 14
I.4. VẬT DẪN, ĐIỆN MÔI TRONG ĐIỆN TRƯỜNG. PHÂN CỰC ĐIỆN MÔI.-----	Trang 24
CHƯƠNG II. TỰ ĐIỆN	
II. 1. TỰ ĐIỆN-GIỚI HẠN HOẠT ĐỘNG TỰ ĐIỆN -----	Trang 31
II.2. TỰ ĐIỆN PHÓNG ĐIỆN -----	Trang 35
CHƯƠNG III. ẢNH ĐIỆN	
PHƯƠNG PHÁP ẢNH ĐIỆN -----	Trang 46
CHƯƠNG IV. LUÔNG CỰC ĐIỆN	
LUÔNG CỰC ĐIỆN -----	Trang 53
CHƯƠNG V. DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU	
V.1. DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU-----	Trang 58
V.2. KHẢO SÁT DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU-----	Trang 68
V.3. DÒNG ĐIỆN TRONG KHÔNG GIAN. -----	Trang 74
CHƯƠNG VI.TỰ TRƯỜNG	
VI.1. TỰ TRƯỜNG- LỰC TỰ -----	Trang 76
VI.2. ĐIỆN TÍCH CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỰ TRƯỜNG-----	Trang 79
CHƯƠNG VII.CẨM ÚNG ĐIỆN TỰ	
VII.1. CẨM ÚNG ĐIỆN TỰ -----	Trang 98
VII.2. THANH KIM LOẠI CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỰ TRƯỜNG-----	Trang 102
VII.3. KHUNG DÂY CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỰ TRƯỜNG-----	Trang 117
VII.4. DÒNG ĐIỆN PHU CÔ.-----	Trang 122
VII.5. DÒNG ĐIỆN THẮNG VÀ CẨM ÚNG ĐIỆN TỰ -----	Trang 129
VII.6. CẨM ÚNG ĐIỆN TỰ TRONG VẬT LIỆU SIÊU DẪN-----	Trang 133
VII.7. HIỆN TƯỢNG TỰ CẨM-----	Trang 137
CHƯƠNG VIII. PHẢN XẠ VÀ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG	
VIII.1. PHẢN XẠ ÁNH SÁNG. GUỒNG PHẲNG- GUỒNG CÀU-----	Trang 143
VIII.2. HIỆN TƯỢNG KHÚC XẠ PHẢN XẠ TOÀN PHẦN-----	Trang 146
VIII.3. LĂNG KÍNH- BẢN MẶT SONG SONG -----	Trang 152
VIII.4. LUÔNG CHẤT CÀU -----	Trang 154
VIII.5. NGUYÊN LÝ FECMA- HUYGHEN-----	Trang 164
CHƯƠNG IX. CHIẾT SUẤT THAY ĐỔI	
IX.1. XÁC ĐỊNH QUY LUẬT BIẾN ĐỔI CHIẾT SUẤT-----	Trang 169
IX.2. PHƯƠNG TRÌNH ĐƯỜNG TRUYỀN ÁNH SÁNG-----	Trang 170
IX.3. CHIẾT SUẤT TỔNG HỢP-----	Trang 181
CHƯƠNG X. THẨU KÍNH – QUANG HỆ GHÉP	
X.1. THẨU KÍNH-----	Trang 192
X.2. THẨU KÍNH GHÉP CÁC QUANG CỤ-----	Trang 199
X.3. HỆ THẨU KÍNH ĐỒNG TRỰC-----	Trang 210

TÀI LIỆU LUU HÀNH NỘI BỘ

BIÊN SOẠN: PHẠM VŨ KIM HOÀNG

Email: hoangptnk2015@gmail.com

Điện thoại: 0944821087

CHƯƠNG I

ĐIỆN TÍCH- ĐIỆN TRƯỜNG- ĐIỆN THẾ

I.1. ĐIỆN TÍCH -ĐIỆN TRƯỜNG

Bài 1. Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau được treo vào một điểm bởi hai sợi dây nhẹ không dãn, dài $\ell = 40$ cm. Truyền cho hai quả cầu **điện tích bằng nhau** có điện tích tổng cộng $q = 8.10^{-6}$ C thì chúng đẩy nhau, các dây treo hợp với nhau một góc 90^0 . Lấy $g = 10$ m/s².

a/ Tìm khối lượng mỗi quả cầu.

b/ Truyền thêm điện tích q' cho một quả cầu, thì thấy góc giữa hai dây treo giảm đi còn 60^0 . Xác định cường độ điện trường tại trung điểm của sợi dây treo quả cầu được truyền thêm điện tích này?

ĐS: a. 45 g; b. Nếu $q' > 0$ thì $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = 3,97.10^5$ V/m, $\alpha = 49^0$. Nếu $q' < 0$ thì $E \approx 5,06.10^5$ V/m, $\alpha \approx 18^0$

Bài 2. Một vòng dây hình tròn **bán kính R** mang **điện tích Q** phân bố đều và nằm có định trong một mặt phẳng thẳng đứng. Một **điện tích q** (cùng dấu với Q) có **khối lượng m** nằm cân bằng tại một điểm ở trục vòng dây. Điện tích **q** được gắn ở đầu một sợi chỉ mảnh cách điện, còn **đầu kia** của sợi dây buộc vào **điểm cao nhất** của vòng dây. Toàn bộ đặt trong trường trọng lực.

a) **Hãy tìm chiều dài cần thiết của sợi dây đó**

b) Nếu điện tích q nằm ở vị trí mà lực điện tác dụng lên nó là lớn nhất thì chiều dài và lực căng dây ở vị trí đó bằng bao nhiêu?

ĐS: a. $\sqrt[3]{\frac{kQqR}{mg}}$; b. $l = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot R$; $T = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot mg$

Bài 3. Có 4 quả cầu nhỏ giống hệt nhau, mỗi quả có **khối lượng m**, **điện tích q**. Treo 4 quả vào điểm O bằng **4 sợi dây mảnh cách điện dài l**, tất cả đặt trong không khí. Khi cân bằng, bốn điện tích **nằm tại 4 đỉnh của hình vuông ABCD cạnh a=1**. Bỏ qua lực đẩy Ácsimet trong không khí.

a) Tính lực điện do ba điện tích đặt tại A, B, D tác dụng lên điện tích đặt tại C theo q, l và hằng số điện k.

b) Tính giá trị của q theo m, l và giá tốc trọng trường g.

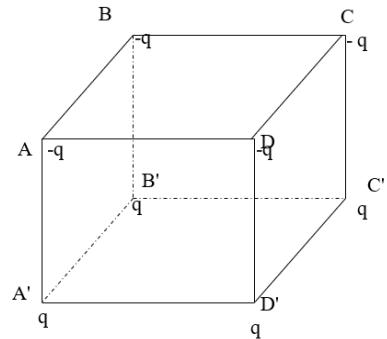
Áp dụng bằng số: $l=20$ cm, $m=(1+2\sqrt{2})$ gam, $g=10$ m/s², $k=9.10^9(\frac{Nm^2}{C^2})$.

ĐS: a. $F = \frac{kq^2}{l^2} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)$; b. $q = \sqrt{\frac{mgl^2}{k(0,5 + \sqrt{2})}} = 3.10^{-7}$ C.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 4. Tại 8 đỉnh của hình lập phương cạnh $a = 0,2\text{m}$ ở trong chân không, có đặt 8 điện tích điểm có cùng độ lớn là $q = 9.0^{-8}$, bốn điện tích ở đáy trên có trị số âm, bốn điện tích đáy dưới có trị số dương. Xác định cường độ điện trường tại tâm hình lập phương.

$$\text{ĐS: } E = \frac{32kq}{3\sqrt{3}a^2} \approx 1,25 \cdot 10^5 \text{V/m}$$

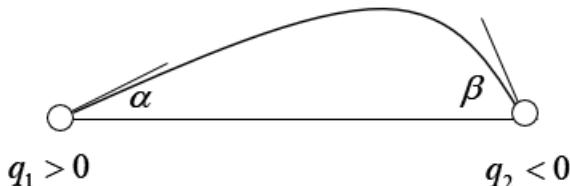


Bài 5. Điện tích Q được phân bố đều trên một mặt cầu kim loại rắn tuyệt đối với bán kính R . Hãy xác định lực F tác dụng lên một đơn vị diện tích của mặt đó từ phía điện tích còn lại.

$$\text{ĐS: } F = \frac{Q^2}{32\pi^2 \epsilon_0 R^4}$$

Bài 6. Trong một điện trường tạo bởi một điện tích điểm $+q_1$ và một điện tích điểm $-q_2$, có một đường sức xuất hiện từ $+q_1$ hở với đoạn thẳng nối hai điện tích một góc α .

a. Hãy tính góc β mà đường sức đó hợp với đoạn thẳng trên tại $-q_2$



b. Thảo luận kết quả thu được câu a) nếu $|q_1| \neq |q_2|$.

Cho biết công thức tính diện tích chỏm cầu bán kính r , góc mở 2α là $S = 2\pi r^2 (1 - \cos \alpha)$.

ĐS: a. $\sin \frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} \sin \frac{\alpha}{2}$ nếu $\sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} \sin \frac{\alpha}{2} \leq 1$. Nếu $\sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}} \sin \frac{\alpha}{2} > 1$ thì đường sức đi khỏi q_1 sẽ đi

ra xa vô cùng và không đi tới $-q_2$.

b. Nếu $|q_1| \neq |q_2|$ thì phương trình (4) vô nghiệm, khi đó đường sức xuất phát từ q_1 dưới góc α không đến được q_2 . Tức là điện tích q_2 không ảnh hưởng đến điện trường của điện tích q_1 , lúc đó có thể xem q_2 như là điện tích thử.

Bài 7. Nguyên tử của một nguyên tố bao gồm hạt nhân mang điện Ze đặt tại tâm (Z là nguyên tử số của nguyên tố, e là điện tích nguyên tử) và lớp vỏ do các electron chuyển động xung quanh hạt nhân tạo thành. Coi phân bố điện tích của lớp vỏ chỉ phụ thuộc khoảng cách r tới tâm hạt nhân với mật độ điện khối như sau:

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\rho(r) = \frac{A}{r^n} \text{ nếu } r \geq a$$

$$\rho(r) = 0 \text{ nếu } r < a$$

Trong đó n, A và a là các hằng số.

- Chỉ ra rằng n phải lớn hơn một giá trị xác định. Tìm giá trị đó.
- Nguyên tử đang trung hòa về điện, hãy tìm hằng số A.
- Tìm điện trường và điện thế tại một điểm bất kỳ trong không gian do nguyên tử gây ra.

ĐS : a. $n > 3$; b. $A = \frac{3-n}{4\pi} \cdot \frac{Ze}{a^{3-n}}$; c. Khi $r < a$ thì $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze}{r^3} \vec{r}$ và

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze}{a} \left(\frac{a}{r} + \frac{3-n}{n-2} \right); \text{ Khi } r \geq a \text{ thì } \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze}{r^2} \left(\frac{a}{r} \right)^{n-3} \vec{r} \text{ và } V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze}{a} \left(\frac{a}{r} \right)^{n-2}$$

Bài 8. Ba đồng xu nhỏ đồng chất, **khối lượng m** được nối với nhau bằng hai sợi dây nhẹ, không dẫn điện, **mỗi dây có chiều dài d**. **Mỗi đồng xu này có điện tích q**. Các đồng xu này được đặt trên một mặt phẳng nhẵn nằm ngang và cách điện (góc hợp bởi giữa các sợi dây này gần bằng 180°). Sau đó người ta thả tự do cho các đồng xu này dao động, người ta nhận thấy **chu kỳ dao động của các đồng xu là T**. Tìm điện tích q của mỗi đồng xu.

$$\text{ĐS: } q \approx \frac{4\pi}{T} \sqrt{\frac{md^3/3}{1/4\pi\epsilon_0}}$$

Bài 9. Ba mặt mặt cầu kim loại **đồng tâm** có **bán kính R, 2R và 3R**. Mặt cầu bán kính **2R** tích điện **Q**. Khoan **một lỗ nhỏ** trên quả cầu bán kính **2R**. Dùng dây dẫn xuyên qua lỗ nhỏ **nối hai mặt cầu bán kính R và 3R** sao cho dây không tiếp xúc với mặt cầu bán kính **2R**, sau đó **nối mặt cầu ngoài cùng với đất**.

a. Tính điện thế ở tại mặt cầu thứ nhất, mặt cầu thứ hai và hiệu điện thế giữa hai mặt cầu.

b. Tính điện lượng chuyển qua dây dẫn nối đất và tổng nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở các dây nối trong thời gian dài.

ĐS: a. $V_1 = k \frac{Q}{2R} + k \frac{q}{3R}$, $V_2 = k \frac{Q}{3R}$, $U_{12} = \frac{1}{6} k \frac{Q-4q}{R}$;

b. Điện tích dịch chuyển qua dây dẫn nối đất $q' = Q$

$$W = \frac{9}{48} k \frac{Q^2}{R}$$

Bài 10. Mạng tinh thể muối ăn đơn giản là một hình hộp có các iôn trái dấu gồm iôn dương Na ($A_{Na}=23$) và iôn âm Cl ($A_{Cl}=35$) được đặt tại các nút mạng của khối hộp. Bán

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

kính các iôn này xấp xỉ bằng nhau. Trong bài toán này được coi như những quả cầu cứng, cách điện, tích điện đều, có bán kính giống nhau và đặt sát nhau. Khi khoảng cách giữa các iôn lớn hơn hoặc bằng đường kính iôn thì sự tương tác giữa chúng đơn thuần là tương tác tĩnh điện.

1. Biết khối lượng riêng của muối ăn là $\rho = 2,16 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$. Hãy xác định đường kính trung bình của các iôn.

2. Tính năng lượng tương tác của một iôn tinh thể với tất cả các iôn còn lại. Khi giải bài toán này có thể sử dụng công thức:

$$C = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=-\infty}^{+\infty} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \frac{(-1)^{k+l+m}}{(k^2 + l^2 + m^2)^{\frac{1}{2}}} \approx -1,75; \text{ trong đó } (k^2 + l^2 + m^2) \neq 0.$$

ĐS: 1. $d = \sqrt[3]{\frac{M_{Na} + M_{Cl}}{2\rho N_A}} \approx 2,82 \cdot 10^{-10} m$; 2. $W = C \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 d} \approx -7,14 \cdot 10^{-19} J$

I.2. ĐIỆN TÍCH CHUYÊN ĐỘNG TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

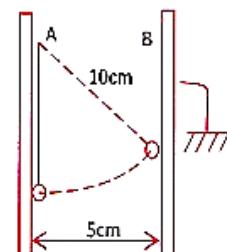
Bài 1. Hai quả cầu kim loại, lúc đầu trung hoà về điện, mỗi quả cầu có bán kính r và khối lượng m , được nối với nhau bằng một dây dẫn nhẹ và mềm có chiều dài L . Sau đó các quả cầu được đặt trong điện trường đều \vec{E} có phương song song với đường thẳng nối tâm của hai quả cầu. Các quả cầu được giữ đứng yên, cách nhau một khoảng ℓ ($r \ll \ell < L$). Xác định tốc độ lớn nhất mỗi quả cầu đạt được sau khi được thả tự do. Bỏ qua tác dụng của trường trọng lực.

ĐS: $v = \frac{E}{2} \sqrt{\frac{r(L - \ell)}{mk}}(L + \ell - r)$

Khi $r \ll (L + \ell)$, ta có: $v \approx \frac{E}{2} \sqrt{\frac{r(L^2 - \ell^2)}{mk}}$

+ Khi $L \gg \ell$, ta có: $v \approx \frac{EL}{2} \sqrt{\frac{r}{mk}}$

Bài 2. Treo quả cầu gỗ vào bản A của tụ bằng sợi dây cách điện dài 10cm, hình vẽ. Nối bản B của tụ với đất. Nối bản A với điện thế 60.000V rồi ngắn điện ngay. Người ta quan sát thấy quả cầu gỗ từ bản A nẩy lên, chạm vào bản B rồi nảy ngược trở lại chạm vào A, nhiều lần như thế. Cuối cùng quả cầu dừng lại, khi dây treo hợp góc θ so với phương thẳng đứng.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

- a) Tính hiệu điện thế cuối cùng giữa hai bản tụ song song.
 b) Khi quả cầu gỗ đứng yên thì nó đã qua lại giữa hai bản tụ bao nhiêu lần?

ĐS: a. $U_f = \sqrt{\frac{mgd \tan \theta}{C}} = 8836V$; b. 22 lần

Bài 3. Hai quả cầu nhỏ tích điện có khối lượng và điện tích lần lượt $m_1=m$, $q_1=+q$; $m_2=4m$, $q_2=+2q$ được đặt cách nhau một khoảng a . Ban đầu quả cầu 2 đứng yên và quả cầu 1 chuyển động hướng thẳng vào quả cầu 2 với vận tốc v_0 . Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

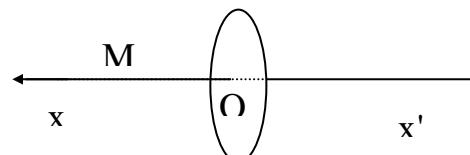
- a) Tính khoảng cách cực tiểu r_{\min} giữa 2 quả cầu?
 b) Xét trường hợp $a=\infty$, tính r_{\min} ?
 c) Tính vận tốc v_1 , v_2 của hai quả cầu khi chúng lại chuyển động ra xa nhau vô cùng?
 Xét khi $a=\infty$?

ĐS: a. $r_{\min} = \frac{5kaq^2}{mv_0^2a + 5kq^2}$; b. $r_{\min} = \frac{5kq^2}{mv_0^2}$; c. $v_2 = \frac{2v_0}{2}, v_1 = -\frac{3v_0}{5} < 0$

Bài 4. Điện tích dương q_0 được phân bố đều trên dây

dẫn mảnh hình tròn, bán kính R .

Một điện tích điểm $-q$ đặt tại M trên trục xx' của đường



tròn và cách tâm O của đường tròn một khoảng $OM = x$.

Xác định lực điện tác dụng lên điện tích $-q$? Hỏi x bằng bao nhiêu để lực điện đó đạt cực đại? Tính lực cực đại đó?

ĐS: $x = \frac{R}{\sqrt{2}}$, $F_{\max} = \frac{2kqq_0}{3\sqrt{3}R^2}$

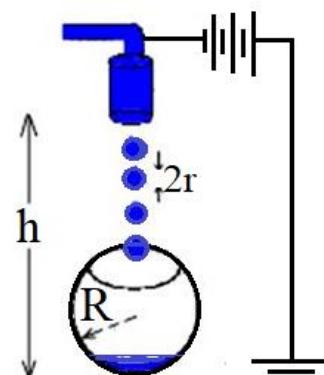
Bài 5. Mô hình máy phát tĩnh điện Kelvin là một vỏ cầu rỗng bằng kim loại có bán kính R được tĩnh điện thông qua một chất lỏng có khối lượng riêng ρ . Các giọt chất lỏng từ độ cao $h > R$ được tích cho một hiệu điện thế V_0 và rò vào trong vỏ cầu qua một lỗ thủng nhỏ (hình vẽ).

1. Xác định điện tích của mỗi giọt chất lỏng theo V_0 , xem rằng các giọt này đều có bán kính r .

2. Biết rằng kích thước của vỏ cầu là khá lớn, một cách định tính hãy chứng minh rằng vỏ cầu kim loại chỉ có thể được tích tới một giá trị điện thế cực đại V_{\max} nào đó (khi điện thế của vỏ cầu vượt qua giá trị này thì các giọt chất lỏng không còn có thể “lọt” vào trong vỏ cầu được nữa mặc dù chất lỏng vẫn chưa chiếm đầy nó).

3. Bỏ qua hiện tượng hao hụt điện giữa các giọt chất lỏng đang “rơi” đối với vỏ cầu kim loại, tìm V_{\max} theo các hằng số đã cho của bài toán.

ĐS: 1. $q_0 = V_0 \cdot 4\pi\epsilon_0 r$; 3. $V_{\max} = \frac{\rho g}{3\epsilon_0} \frac{r^2(h-R)}{V_0}$



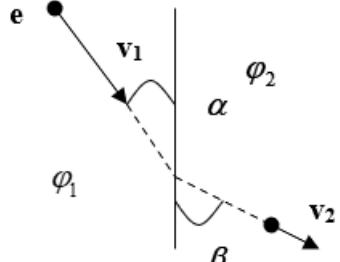
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 6. Ở cách xa các vật thể khác trong không gian, có hai quả cầu nhỏ tích điện. Điện tích và khối lượng của các quả cầu lần lượt là $q_1 = q_2$, $m_1 = 1\text{g}$; $q_1 = q_2$, $m_2 = 2\text{g}$. Ban đầu, khoảng cách hai quả cầu là $a = 1\text{m}$, vận tốc quả cầu m_2 là 1m/s , hướng dọc theo đường nối hai quả cầu và đi ra xa m_1 , và vận tốc quả cầu m_1 là 1m/s , nhưng hướng vuông góc với đường nối hai quả cầu. Hỏi với giá trị điện tích q bằng bao nhiêu thì trong chuyển động tiếp theo, các quả cầu có hai lần cách nhau một khoảng bằng 3m ? Chỉ xét tương tác điện của hai quả cầu.

$$\text{ĐS: } v_0 \sqrt{\frac{8\pi\epsilon_0 ma}{3}} \leq q \leq v_0 \sqrt{\frac{34\pi\epsilon_0 ma}{9}} \text{ hay } 0,27\text{C} \leq q \leq 0,32\text{C}.$$

Bài 7. Một electron bay trong điện trường đều từ một vùng đẳng thế có điện thế φ_1 sang vùng đẳng thế có điện thế φ_2 . Mặt phân cách giữa hai vùng đẳng thế là mặt phẳng. Trong vùng đẳng thế φ_1 electron có vận tốc v_1 hợp với mặt phân cách một góc α . Xác định góc hợp bởi vectơ vận tốc của electron trong vùng đẳng thế φ_2 với mặt phân cách. Bỏ qua sức cản không khí và tác dụng của trọng lực.

$$\text{ĐS: } \tan \beta = \tan \alpha \sqrt{1 + \frac{2e(\varphi_1 - \varphi_2)}{mv_1^2 \cdot \sin^2 \alpha}}$$



Bài 8. Cho biết: điện thế do một điện tích điểm q gây ra tại điểm M cách q một khoảng r trong chân không là $V_M = k \cdot q / r$, với $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$; khối lượng và điện tích của electron lần lượt là $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ và $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; điện tích của proton là $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

1. Với nguyên tử hidrô ở trạng thái cơ bản, electron chuyển động tròn đều quanh hạt nhân đứng yên, với bán kính quỹ đạo là $a_0 = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$. Tính:

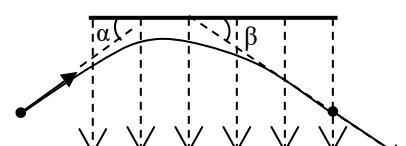
- lực điện mà hạt nhân hút electron và tốc độ của electron;
- tổng động năng và thế năng của electron trong điện trường của hạt nhân (tính theo eV).

2. Hai electron, ban đầu, ở cách nhau một khoảng rất lớn và chạy đến gần nhau với vận tốc tương đối có độ lớn $v_0 = 500 \text{ m/s}$. Tìm khoảng cách nhỏ nhất a mà các electron có thể đến gần nhau. Chỉ xét tương tác điện giữa các electron.

ĐS: 1a. $8,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$; 1b. $-13,6 \text{ eV}$; 2. $4,05 \text{ mm}$

Bài 9.

Các hạt khối lượng m , mang điện tích q bay vào vùng không gian giữa hai bản tụ điện phẳng dưới góc α so với mặt bản và ra khỏi dưới góc β (hình bên). Tính động năng ban đầu của hạt, biết điện



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

trường có **cường độ E**, **chiều dài các bán tụ là d**. Bỏ qua hiệu ứng bờ của tụ điện

$$\text{ĐS: } W_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{q.E.d}{2\cos^2\alpha.(\tan\beta + \tan\alpha)}$$

Bài 10. Hạt proton có **khối lượng m** ban đầu **ở rất xa hạt nhân X** có **điện tích +ze** được **bắn về phía hạt nhân** với **tốc độ ban đầu v_0** khi proton **cách phía hạt nhân khoảng R** thì **tốc độ nó chỉ còn $\frac{v_0}{2}$** . Coi $m_X \gg m_p$. Hỏi:

a. Khi tốc độ proton chỉ còn $\frac{v_0}{4}$ thì có cách hạt nhân X bao xa.

b. Khoảng cách R_{\min} gần nhất mà proton tới được hạt nhân.

$$\text{ĐS: a. } R_1 = \frac{32kze^2}{15mv_0^2} = \frac{4}{5}R; \text{ b. } R_{\min} = \frac{2kze^2}{mv_0^2} = \frac{3}{4}R$$

Bài 11. Trên một mặt phẳng nằm ngang, **hệ số ma sát μ** có hai quả cầu nhỏ đứng yên, có **khối lượng m** và **M**, **tích điện trái dấu Q** và **-Q**. Người ta bắt đầu đẩy chậm chậm quả cầu m cho chuyển động về phía quả cầu M cho đến khi tự quả cầu m chuyển động được thì thôi. Đến lúc quả cầu M dịch chuyển được thì người ta lấy đi nhanh các **điện tích** của nó. Hỏi **khối lượng** hai quả cầu phải thoả mãn điều kiện nào để chúng có thể chạm được vào nhau sau khi đã tiếp tục chuyển động? Bỏ qua kích thước của hai quả cầu.

$$\text{ĐS: } M \geq 4m.$$

Bài 12. Hai quả cầu **kim loại**, **bán kính r** được nối với nhau bằng một sợi

dây thép mảnh, **dai l**. Các quả cầu **được đặt cách một điện tích điểm Q**

một đoạn R như hình vẽ (Với $R \gg l \gg r$). Hỏi điện tích Q tác dụng lên hệ hai quả cầu một lực bằng bao nhiêu? Điện tích toàn phần của hệ 2 quả cầu bằng 0.

$$\text{ĐS: Lực hút } F = \frac{kQ^2l^2r}{R^5}.$$

Bài 13. Hai quả cầu có cùng **khối lượng m**, **điện tích q** nối với nhau bằng sợi dây dài l.

Hệ số ma sát giữa quả cầu và sàn là μ . Đốt cháy dây nối giữa hai quả cầu. Tính vận tốc

cực đại của quả cầu phụ thuộc vào điện tích q.

$$\text{ĐS: } v_{\max} = \sqrt{\frac{kq^2}{ml}} - \sqrt{\mu gl}.$$

Bài 14. Hai quả cầu nhỏ có **điện tích** và **khối lượng lần lượt là q_1, m_1, q_2, m_2** . Ban đầu chúng có **vận tốc giống nhau về độ lớn và hướng**. Chúng bắt đầu chuyển động vào trong một **điện trường** đều, sau một khoảng thời gian người ta thấy **hướng chuyển động** của

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

quả cầu 1 quay đi một góc 60° và độ lớn vận tốc giảm đi hai lần, còn hướng chuyển động của quả cầu 2 thì quay đi 90° .

1) Vận tốc của quả cầu 2 thay đổi như thế nào?

2) Xác định các tỷ số $K_2 = \frac{q_2}{m_2}$ theo $K_1 = \frac{q_1}{m_1}$.

ĐS: 1. Vận tốc quả cầu 2 giảm $\sqrt{3}$ lần; 2. $K_2 = \frac{3}{4}K_1$.

Bài 15. Trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm. Xét hai loại hạt M_1 và M_2 khối lượng m_1 và m_2 có điện tích q_1 và q_2 cùng dấu. Ở thời điểm ban đầu hai hạt được buông ra không vận tốc đâu ở khoảng cách r_0 giữa chúng. Bỏ qua trường trọng lực. Tính vận tốc giới hạn v_1 và v_2 của chúng.

a) Bằng cách tích phân của năng lượng.

b) Bằng cách khảo sát chuyển động của hạt rút gọn M trong hệ quy chiếu khối tâm.

$$\text{ĐS: } v_1 = -\sqrt{\frac{2km_2 q_1 q_2}{m_1(m_1 + m_2)r_0}}; v_2 = -\sqrt{\frac{2km_1 q_1 q_2}{m_2(m_1 + m_2)r_0}}$$

Bài 16. Hai quả cầu kim loại cùng khối lượng m, có bán kính tương ứng là r và $2r$, tâm của chúng cách nhau $4r$, được đặt trong một điện trường đều E có hướng từ quả lớn đến quả nhỏ. Quả cầu lớn hơn được tích điện q ($kq/r^2 \ll E$), quả cầu nhỏ không mang điện. Người ta thả đồng thời các quả cầu. Thời gian giữa va chạm thứ nhất và va chạm thứ hai là τ . Tìm thời gian giữa lần va chạm thứ n và lần thứ (n+1) và quãng đường mà mỗi quả cầu đi được trong khoảng thời gian ấy. Gia tốc của các quả cầu bằng bao nhiêu sau thời gian đủ lớn. Xem rằng các va chạm là tuyệt đối đàn hồi và thời gian xảy ra va chạm là rất nhỏ.

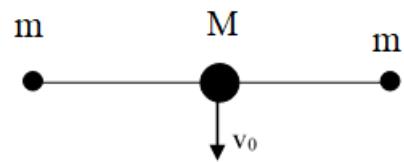
ĐS: Thời gian giữa hai va chạm thứ n và n+1 là τ ; mỗi quả cầu đi được giữa va chạm

thứ n và n+1 bằng: $S = \frac{a\tau^2}{2}(n - \frac{1}{2}) + \frac{\sqrt{2ar}}{2}\tau$; Sau thời gian đủ lớn gia tốc

$$a_{tb} = \frac{qE}{2m}.$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 17. Ba quả cầu nhỏ có khối lượng m, M, m cùng điện tích Q nối với nhau bằng hai dây nhẹ không dẫn và không dẫn điện, chiều dài ℓ . Hệ thống được đặt trên mặt bàn nhẵn nằm ngang. Quả cầu giữa khối lượng M được truyền vận tốc v_0 theo hướng vuông góc với dây. Bỏ qua mọi ma sát.

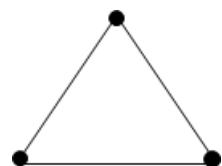


- Tìm khoảng cách nhỏ nhất giữa 2 quả cầu m trong quá trình chuyển động.
- Tính vận tốc của quả cầu M ở thời điểm cả 3 quả cầu lại thẳng hàng.

ĐS: a. $r_{\min} = \frac{2\ell Q^2(M+2m)}{Q^2(M+2m) + 2\ell Mmv_0^2};$

b. $u_M = v_0$ hoặc $u_M = v_0 \frac{\frac{M}{2m}-1}{\frac{M}{2m}+1}.$

Bài 18. Ba quả cầu cùng khối lượng m , điện tích cùng dấu, đều bằng q , được nối với nhau bằng ba sợi dây dài ℓ , không giãn, không khối lượng, không dẫn điện. Hệ được đặt trên mặt phẳng ngang, nhẵn. Người ta đứt một trong ba sợi dây đó.



- Xác định vận tốc cực đại v_{\max} của các quả cầu trong quá trình chuyển động.
- Mô tả chuyển động của các quả cầu sau khi đã đạt được v_{\max} .

ĐS: a. Hai quả cầu 2 bên $v_1 = v_3 = \sqrt{\frac{kq^2}{6ml}}$; quả cầu ở giữa $v_2 = 2\sqrt{\frac{kq^2}{6ml}}$; b. Sau đó hệ dao

động tuần hoàn quanh khối tâm G.

Bài 19. Tại ba đỉnh của một tứ diện đều cạnh a giữ ba quả cầu giống nhau có khối lượng và điện tích tương ứng là M và Q . Tại đỉnh thứ tư giữ một quả cầu khác điện tích q , khối lượng m ($m \ll M, Q = 2q$). Tất cả các quả cầu được thả đồng thời. Bỏ qua tác dụng trọng lực lên m .

- Tính độ lớn vận tốc các quả cầu sau khi chúng đã bay rất xa nhau.
- Sau khi đã bay ra xa nhau, các quả cầu này chuyển động theo phương hợp với mặt phẳng tứ diện chứa ba quả cầu M một góc bao nhiêu?

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

$$\text{ĐS: a. } v = \sqrt{\frac{2kQ^2}{Ma}} = \sqrt{\frac{8kq^2}{Ma}}; \text{ b. } \alpha \approx \frac{v_Z}{v} = \sqrt{\frac{m}{6M}} \text{ (rad)}$$

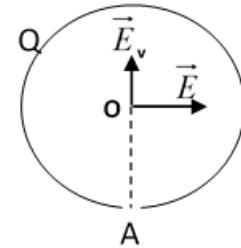
Bài 20. Có bốn hạt mang điện giống nhau, khối lượng mỗi hạt là m , điện tích mỗi hạt là q , được giữ trên bốn đỉnh của một hình vuông cạnh a .

- a) Hãy xác định động năng cực đại của mỗi hạt khi chúng được thả ra đồng thời.
- b) Hãy xác định động năng của từng hạt khi người ta lần lượt thả từng hạt một sao cho hạt tiếp theo được thả ra khi hạt trước nó đã đi khá xa hêt.

$$\text{ĐS: a. } K_{\max} = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 a} (4 + \sqrt{2}); \text{ b. Hạt thứ nhất, hai, ba theo thứ tự được thả lần lượt:}$$

$$K_1 = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} (4 + \sqrt{2}); \quad K_2 = \frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 a}; \quad K_3 = \frac{q^2}{4\sqrt{2}\pi\epsilon_0 a}$$

Bài 21. Một vòng dây mảnh khối lượng M tích điện đều có điện tích Q . Tại điểm A trên vòng có một khe hở nhỏ chiều dài ℓ (ℓ rất nhỏ so với bán kính của vòng dây). Vòng được đặt trong mặt phẳng nằm ngang và có thể quay xung quanh trục thẳng đứng đi qua O. Ban đầu vòng đứng yên. Đặt vòng trong một điện trường đều có \vec{E} song song với mặt phẳng vòng dây và vuông góc với OA. Tìm vận tốc cực đại của vòng dây.



$$\text{ĐS: } v = \sqrt{\frac{QE\ell}{\pi M}}$$

Bài 22. Một bình hình cầu bán kính R lớn, chứa đầy một chất lỏng không chịu nén, có khối lượng riêng là ρ và hằng số điện môi ϵ . Chất lỏng tích điện đều với mật độ điện tích là δ . Trong bình có hai quả cầu nhỏ giống hệt nhau, không tích điện, được làm bằng chất điện môi, bán kính r ($r << R$) và khối lượng riêng ρ_0 . Hỏi các quả cầu nhỏ nằm ở đâu? Cho gia tốc rơi tự do là g . Bỏ qua sự phân cực của các quả cầu.

ĐS: Hai quả cầu nhỏ nằm cạnh nhau, đều cách tâm quả cầu lớn một đoạn

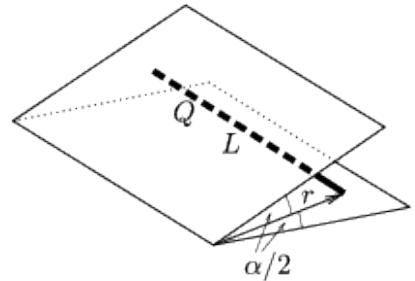
$$x = \frac{3(\rho_0 - \rho)g\epsilon\epsilon_0}{\delta^2}. \text{ Tuỳ theo vào dấu của hiệu } (\rho_0 - \rho) \text{ mà các quả cầu sẽ nằm thấp hơn}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

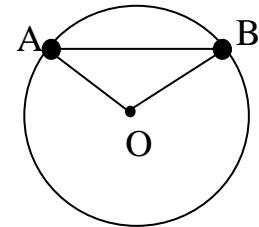
(hình vẽ) hay cao hơn so với tâm của quả cầu lớn.

Bài 23. Hai tâm kim loại phẳng, rộng, nổi đất, đặt hợp với nhau một góc α như hình vẽ. Trên mặt phẳng phân giác và cách giao tuyến của hai tâm một khoảng r đặt một thanh mảnh chiều dài L ($L \gg r$) tích điện đều với điện tích tổng cộng Q . Xác định độ lớn lực điện tác dụng lên thanh nếu : a) $\alpha = 180^\circ$ b) $\alpha = 18^\circ$

$$\text{ĐS: a. } F = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 L \cdot r}; \text{ b. } F = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 Lr}.$$



Bài 24. Hai quả cầu nhỏ, mỗi quả có khối lượng m và điện tích q được giữ tại hai điểm A và B cách nhau một khoảng r bên trong một vỏ cầu cách điện có bán kính $OA = OB = r$ và khối lượng $4m$. Hãy xác định vận tốc cực đại của vỏ cầu sau khi thả tự do hai quả cầu. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



$$\text{ĐS: } v = \sqrt{\frac{kq^2}{12m}}.$$

Bài 25. Hai quả cầu nhỏ tích điện 1 và 2, có khối lượng và điện tích tương ứng là $m_1 = m$; $q_1 = +q$; $m_2 = 4m$; $q_2 = +2q$ được đặt cách nhau một đoạn a trên mặt phẳng nhẵn nằm ngang. Ban đầu giữ hai quả cầu đứng yên. Đẩy quả cầu 1 chuyển động hướng thẳng vào quả cầu 2 với vận tốc v_0 , đồng thời buông quả cầu 2:

- a) Tính khoảng cách cực tiểu r_{\min} giữa hai quả cầu.
- b) Xét trường hợp $a = \infty$ tính r_{\min} .
- c) Tính vận tốc u_1 , u_2 của hai quả cầu (theo v_0 , r_{\min}) khi chúng lại ra xa nhau vô cùng. Xét trường hợp $a = \infty$.

$$\text{ĐS: a. } r_{\min} = \frac{a}{1 + \frac{mv_0^2 a}{5kq}}; \text{ b. } r_{\min} = \frac{5kq^2}{mv_0^2}; \text{ c. } u_1 = -\frac{3v_0}{5} \text{ và } u_2 = \frac{2v_0}{5}.$$

Bài 26. Hai ion M_1 và M_2 lần lượt có khối lượng m_1 , m_2 có điện tích q_1 và q_2 trái dấu, được thả ra không vận tốc ban đầu ở khoảng cách r_0 giữa hai ion.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

- 1) Tìm thời điểm t_0 các ion sẽ gặp nhau.
- 2) Tìm khoảng cách r_1 mà ta phải thả các ion ra không vận tốc đầu để chúng gặp nhau ở thời điểm $t_1 = 8t_0$.

ĐS: 1. $t_0 = \pi \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0\mu}{8|q_1q_2|}} \frac{3}{r_0^2}$; 2. $r_1 = 4r_0$.

Bài 27. Tại các đỉnh của một đa giác đều gồm 2004 cạnh, có gắn các viên bi giống nhau, mang điện tích giống nhau. Mỗi cạnh đa giác bằng a . Vào một thời điểm nào đó người ta thả một viên bi ra, và sau một khoảng thời gian đủ lâu, người ta thả tiếp viên nằm cạnh viên đã thả lúc trước. Nhận thấy rằng khi đã cách đa giác một khoảng đủ lớn thì động năng của hai viên bi đã thả chênh nhau một lượng bằng K . Hãy tìm điện tích q của mỗi viên bi.

ĐS: $q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 K a}$.

Bài 28. Hai vật có kích thước nhỏ, khối lượng m_1 và m_2 , mang các điện tích cùng dấu q_1 và q_2 nằm cách nhau một khoảng a trong chân không. Hãy tính công của lực điện trường khi thả đồng thời cả hai điện tích cho chúng tự do chuyển động. Xét trường hợp các khối lượng bằng nhau và trường hợp các khối lượng không bằng nhau.

ĐS: a. Trường hợp khối lượng các hạt bằng nhau $A = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 a}$.

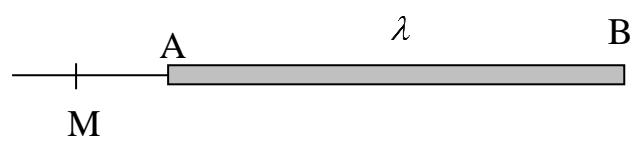
b. Trường hợp các khối lượng m_1, m_2 khác nhau: $A = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{a}$.

I.3. ĐIỆN TRƯỜNG, ĐIỆN THẾ GÂY RA BỞI VẬT NHIỄM ĐIỆN CÓ KÍCH THƯỚC

Bài 1. Một thanh mảnh thẳng AB, chiều dài L tích điện đều với mật độ điện tích dài $\lambda > 0$, đặt trong không khí.

Xác định cường độ điện trường và điện thế do thanh gây ra tại điểm M nằm trên trục của thanh cách đầu A của thanh đoạn $AM = a$ như HV.

ĐS: $E = \frac{k\lambda L}{a(a+L)}$; $V = k\lambda \ln\left(1 + \frac{L}{a}\right)$

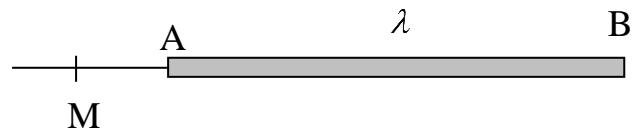


BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 2. Một thanh mảnh thẳng AB đặt trong không khí, chiều dài L tích điện với mật độ điện tích dài tăng từ A đến B theo quy luật $\lambda = b \cdot \ell > 0$, với $b = \text{const}$; ℓ là biến số theo chiều dài. Xác định

cường độ điện trường và điện thế do thanh gây ra tại điểm M nằm trên trực của thanh cách đầu A của thanh đoạn $AM = a$ như HV.

$$\text{ĐS: } E = k \cdot b \left[\ln \left(1 + \frac{L}{a} \right) - \frac{L}{a + L} \right]; V = k \cdot b \left[L - a \ln \left(1 + \frac{L}{a} \right) \right]$$



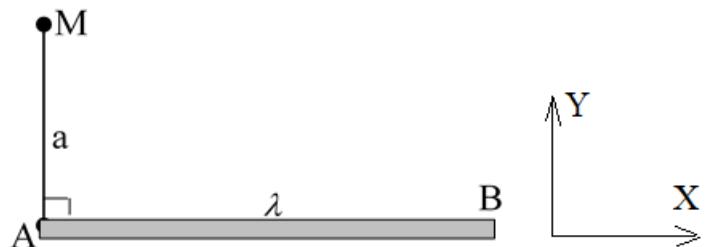
Bài 3. Một thanh mảnh thẳng AB, chiều dài L tích điện đều với mật độ điện tích dài $\lambda > 0$, đặt trong không khí.

Xác định cường độ điện trường do thanh gây ra tại điểm M cách đầu A của thanh đoạn a như HV.

ĐS:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

$$\begin{cases} E_x = \int_{AB} dE_x = \frac{k\lambda}{a} \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + L^2}} - 1 \right) < 0 \\ E_y = \int_{AB} dE_y = \frac{k\lambda}{a} \cdot \frac{L}{\sqrt{a^2 + L^2}} > 0 \end{cases};$$

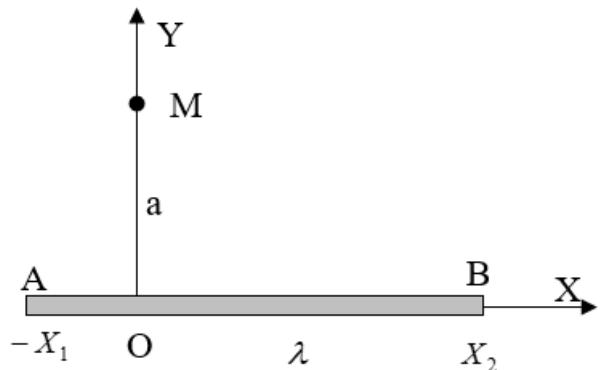


$$\vec{E} \text{ hợp với OX góc } \beta \text{ thoả mãn: } \tan \beta = \frac{E_y}{E_x}$$

Bài 4. Một thanh mảnh thẳng AB, chiều dài L tích điện đều với mật độ điện tích dài $\lambda > 0$, đặt trong không khí.

Xác định cường độ điện trường do thanh gây ra tại điểm M cách trực của thanh đoạn a như HV.

$$\text{ĐS: } \begin{cases} E_x = k\lambda \left(-\frac{1}{\sqrt{a^2 + X_1^2}} + \frac{1}{\sqrt{a^2 + X_2^2}} \right) < 0 \\ E_y = \frac{k\lambda}{a} \left(\frac{X_1}{\sqrt{a^2 + X_1^2}} + \frac{X_2}{\sqrt{a^2 + X_2^2}} \right) > 0 \end{cases}$$



$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}; \vec{E} \text{ hợp với OX góc } \beta \text{ thoả mãn: } \tan \beta = \frac{E_y}{E_x}$$

Bài 5. Một sợi dây có dạng một cung tròn mảnh, bán kính R, góc ở tâm 2α , sợi dây tích điện đều là $q > 0$ đặt trong không khí. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại tâm của cung tròn.

$$\text{ĐS: } E = \frac{kq \sin \alpha}{\alpha \cdot R^2}, V = \frac{kq}{R}$$

Bài 6. Thanh nhựa tích điện âm $-q$ uốn thành $\frac{1}{2}$ cung tròn bán kính R có tâm là O.

a. Xác định hướng và độ lớn của cường độ điện trường tại tâm O.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b. Một thanh nhựa khác tích điện dương $+q$ uốn thành $\frac{1}{2}$ cung tròn bán kính R được nối liền với nhau tạo thành đường tròn (O,R) . Xác định cường độ điện trường tại tâm O .

ĐS: a. $E = \frac{2kq}{\pi R^2}$ với hướng \vec{E} theo OC ; b. $E = \frac{4kq}{\pi R^2}$.

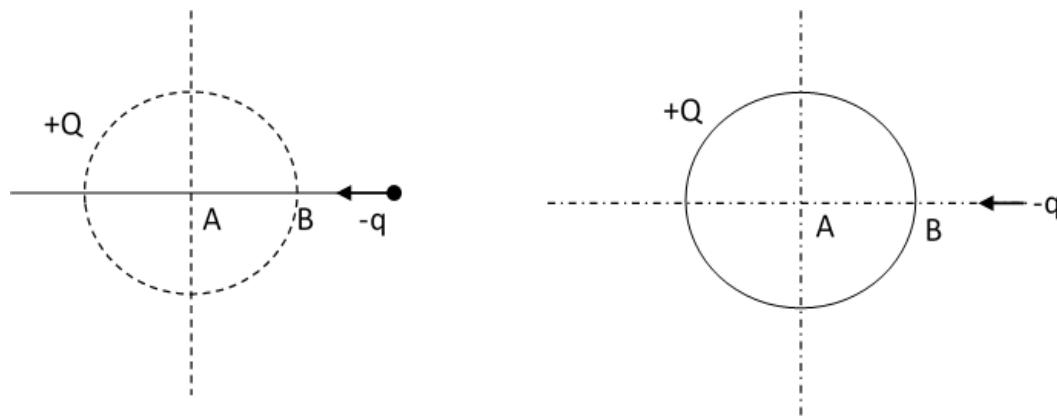
Bài 7. Có hai cung tròn mảnh giống nhau bán kính R có dạng nửa vòng tròn, một cung tròn tích điện đều với mật độ điện tích dài là $\lambda > 0$, cung tròn còn lại tích điện đều với mật độ điện tích dài là $-\lambda$. Ghép hai cung tròn nói trên lại với nhau thành một vòng tròn kín rồi đặt trong không khí. Lấy trực OZ đi qua tâm của vòng dây và vuông góc với mặt phẳng chứa vòng dây. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại điểm M nằm trên trực OZ , giả sử không có sự phân bố lại điện tích sau khi ghép hai cung tròn lại với nhau.

ĐS: $E = \frac{4k\lambda R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}}$.

Bài 8. Có một nửa vòng trong tích điện trên hình vẽ. Một hạt mang điện trái dấu với điện một điểm nửa vòng tròn đó. Được thả ra từ một điểm rất xa trên đường thẳng AB

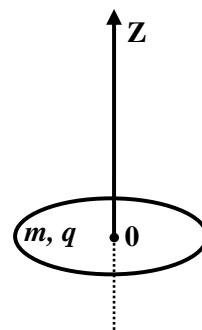
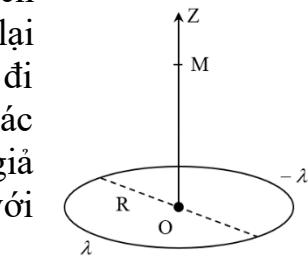
với vận tốc ban đầu bằng 0. Biết tỉ số vận tốc của hạt khi đi qua A và B $\frac{v_A}{v_B} = n$. Hãy

tìm tỉ số gia tốc của hạt ở hai điểm đó.



ĐS: $\frac{a_A}{a_B} = \frac{4n^2}{\pi}$.

Bài 9. Điện tích q được phân bố đều trên một vòng dây mảnh, tròn có bán kính R được đặt nằm ngang trong không khí (hình vẽ 1). Lấy trực OZ thẳng đứng trùng với trực của vòng dây. Gốc O tại tâm vòng.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

1. Tính điện thế V và cường độ điện trường E tại điểm M nằm trên trục Oz với $OM = z$. Nhận xét kết quả tìm được khi $z \gg R$.

2. Xét một hạt mang điện tích đúng bằng điện tích q của vòng và có khối lượng m . Ta chỉ nghiên cứu chuyển động của hạt dọc theo trục Oz .

a. Từ độ cao h so với vòng dây, người ta truyền cho hạt vận tốc \vec{v}_0 hướng về phía vòng. Tìm điều kiện của v_0 để hạt có thể vượt qua vòng dây. Bỏ qua ảnh hưởng của trọng lực.

b. Xét có ảnh hưởng của trọng lực, chọn khối lượng m thỏa mãn điều kiện

$$2\sqrt{2}mg = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 R^2}. \text{ Chứng tỏ rằng trên trục } OZ \text{ tồn tại vị trí cân bằng ứng với } z=R. \text{ Cân}$$

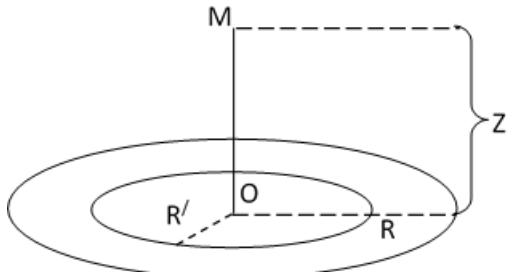
bằng đó là bền hay không bền.

$$\text{ĐS: 1. } V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{R^2 + z^2}}; E = \frac{qz}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{(R^2 + z^2)^3}}. \text{ Khi } z \gg R \text{ thì } V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 z};$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 z^2}; 2a. v_0 \geq \sqrt{\frac{q^2}{2\pi m \epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + h^2}} \right)}; 2b. \text{ Cân bằng bền.}$$

Bài 10. Một đĩa mỏng hình tròn bán kính R đặt ngoài không khí, tích điện đều với mật độ điện tích mặt là $\sigma > 0$. Đĩa bị khoét đi một phần bên trong, phần bị khoét đi là một hình tròn bán kính R' đồng tâm với đĩa tròn ban đầu. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại M cách tâm O của đĩa tròn đoạn Z .

$$\text{ĐS: } E = 2k\pi\sigma \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R'}{Z}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{Z}\right)^2}} \right); V = 2k\pi\sigma \cdot [\sqrt{R^2 + Z^2} - \sqrt{R'^2 + Z^2}]$$

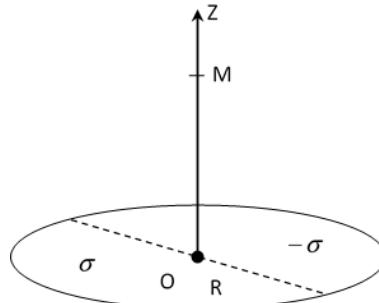


Bài 11. Có hai mặt phẳng có dạng bán nguyệt giống hệt nhau bán kính R đặt trong không khí. Hai mặt tích điện đều với mật độ điện tích mặt lần lượt là $\sigma > 0$ và $-\sigma$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

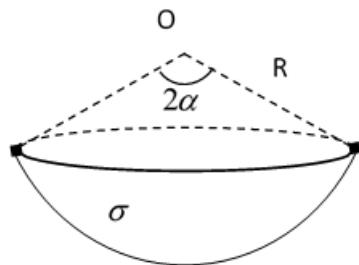
Ghép hai mặt bán nguyệt lại với nhau thành một mặt tròn tâm O bán kính R. Lấy trục OZ đi qua tâm mặt tròn và vuông góc với mặt tròn. Xác định cường độ điện trường và điện thế tại điểm M nằm trên trục OZ, giả sử không có sự phân bố lại điện tích sau khi ghép hai mặt bán nguyệt lại với nhau.

$$\text{ĐS: } E = 4k\sigma \left(\ln \frac{\sqrt{R^2 + Z^2} + R}{Z} - \sin(\arctg \frac{R}{Z}) \right); V = 0$$



Bài 12. Một chỏm cầu rỗng bằng kim loại bán kính R, góc ở đỉnh chỏm cầu là 2α như HV. Chỏm cầu tích điện đều với mật độ điện tích mặt là $\sigma > 0$ và đặt ngoài không khí. Xác định cường độ điện trường tại tâm O của chỏm cầu.

$$\text{ĐS: } E = \frac{k\pi\sigma(1-\cos 2\alpha)}{2}$$



Bài 13. Quả cầu Q bị cắt hai nửa

Một quả cầu dẫn điện có tổng điện tích bị cắt làm đôi. Phải dùng một lực như thế nào để giữ các nửa này với nhau.

$$\text{ĐS: } F = \frac{Q^2}{32\pi\epsilon_0 R^2}.$$

Bài 14. Khi một quả cầu kim loại trung hòa về điện, có bán kính R được đặt vào trong một điện trường đều có độ lớn E, có θ là góc giữa chiều của \vec{E} với bán kính đến P. Tính mật độ điện tích mặt σ . Chứng minh thông lượng điện toàn phần xuất phát và kết thúc trên quả cầu bằng 0.

$$\text{ĐS: } \sigma = 3\epsilon_0 \cos \theta E$$

Bài 15. Một quả cầu không dẫn điện với bán kính R có sự phân bố điện tích không đều với mật độ thể tích là $\rho = \rho_s \cdot \frac{r}{R}$. Trong đó ρ_s là một hằng số và r là khoảng cách tính đến tâm quả cầu. Chứng minh rằng:

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

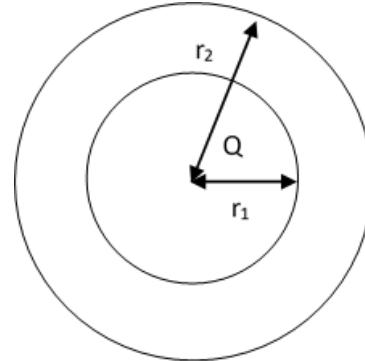
a, Điện tích toàn phần trên quả cầu là $q = \pi \cdot \rho_s \cdot R^3$

b, Điện trường trong quả cầu có độ lớn $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^4} \cdot r^2$

Bài 16. Một vỏ cầu dày với điện tích $+Q$ và mật độ điện khối ρ được xác định bởi bán kính r_1, r_2 . Với $V = O$ ở vô cực, tìm điện thế V_m như một hàm của khoảng cách r kể từ tâm trong các miền

a, $r > r_2$ **b, $r_2 > r > r_1$** **c, $r < r_1$**

ĐS: a. **a, $r > r_2$** : $V_m = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \cdot (r_2^3 - r_1^3) \cdot \frac{1}{r}$;



b, $r_2 > r > r_1$: $V_m = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \cdot \left(\frac{3}{2} \cdot r_2^2 - \frac{1}{2} \cdot r^2 - \frac{r_1^3}{r} \right)$.

c. $r < r_1$: $V_m = \frac{\rho}{2\epsilon_0} \cdot (r_2^2 - r_1^2)$

Bài 17. Hai bản của một tụ điện phẳng là hai tấm kim loại điện tích S , đặt cách nhau một khoảng d , mang điện tích $+q$ và $-q$. Khoảng không gian giữa 2 bản là 1 khối điện môi có hằng số điện môi phụ thuộc vào tọa độ x (Ox vuông góc với các bản) ở sát bản dương, hằng số điện môi có giá trị ϵ_1 , ở sát bản âm có giá trị ϵ_2 , $\epsilon_2 > \epsilon_1$. Tìm lượng điện tích phân cực tổng cộng bên trong khối điện môi.

ĐS: Điện tích phân cực tổng cộng bên trong khối điện mới là: $q' = q \cdot \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 \cdot \epsilon_2}$

Bài 18. Đặt n tấm kim loại phẳng diện tích S đủ rộng mang điện tích lần lượt là q_1, q_2, \dots, q_n song song với nhau trong chân không và ở rất xa các điện tích khác. Biết rằng $n > 3$, khoảng cách giữa hai tấm ngoài cùng d thỏa mãn $d^2 \ll S$, điện tích trên các mặt của mỗi tấm kim loại trên gần như phân bố đều.

1. Tính mật độ điện tích trên mỗi mặt của tấm kim loại thứ k .
2. Tính hiệu điện thế giữa tấm kim loại thứ k và tấm kim loại thứ $k + 1$ biết khoảng cách của khe hở giữa hai tấm này là d_k .

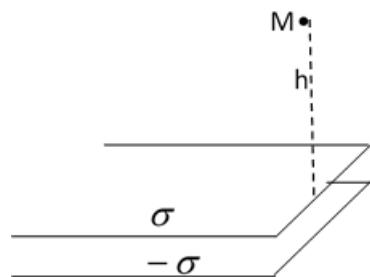
1. $\sigma_{k,1} = \frac{-q_1 - q_2 - \dots - q_{k-1} + q_k + q_{k+1} + \dots + q_n}{2S}; \quad \sigma_{k,2} = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_{k-1} + q_k - q_{k+1} - \dots - q_n}{2S}$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$2. U_{k,k+1} = E_k d_k = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_{k-1} + q_k - q_{k+1} - \dots - q_n}{2\epsilon_0} d_k$$

Bài 19. Hai tấm phẳng, rộng giống nhau tích điện đều với mật độ điện mặt tấm trên là σ và tấm dưới là $-\sigma$. Chúng được đặt song song và đối diện như hình. Tính cường độ điện trường tại M ở độ cao h so với tấm trên, biết M nằm trong mặt phẳng chứa hai mép và mặt phẳng đối xứng. Khoảng cách giữa các tấm $d \ll h \ll$ bê rộng của các tấm.

$$\text{ĐS: } E_M \approx \frac{\sigma \cdot d}{2\pi\epsilon_0 h}$$



Bài 20. Điện thế của điện trường gây bởi một hệ điện tích có dạng $\varphi = a^2(x^2+y^2) + b^2z^2$, trong đó a, b là những hằng số dương. Xác định:

1. Cường độ điện trường .

2. Hình dạng mặt đặng thế.

$$\text{ĐS: } 1. E = |\vec{E}| = 2\sqrt{a^4(x^2+y^2) + b^4z^2}; 2. \frac{x^2}{(\sqrt{\varphi}/a)^2} + \frac{y^2}{(\sqrt{\varphi}/b)^2} + \frac{z^2}{(\sqrt{\varphi}/b)^2} = 1$$

Do đó mặt đặng thế là một ellipsoid tròn xoay quanh trục Oz.

Bài 21. Một mặt cầu dẫn tích điện bán kính R_1 được bao quanh một lớp cầu làm bằng điện môi, bán kính ngoài R_2 . Hãy tìm phân bố điện thế $V(r)$ trong toàn không gian và vẽ phác đồ thị tương ứng, nếu biết điện tích của mặt cầu là Q.

$$\text{ĐS: } r > R_2 \text{ thì } V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r};$$

$$R_1 \leq r \leq R_2 \text{ thì } V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{Q(\epsilon-1)}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R_2};$$

$$r \leq R_1, V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R_1} + \frac{Q(\epsilon-1)}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R_2}.$$

Bài 22. Trong một khối trụ đặc, rất dài, tích điện đều với mật độ điện tích là ($\rho_1 = 7,08 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^3$), bán kính $R_1 = 10 \text{ cm}$, người ta khoét một hốc cũng hình trụ có bán kính $R_2 = 2 \text{ cm}$ (hai hình trụ có trục song song với nhau, rồi lồng vào trong đó một khối trụ tích điện đều (với mật độ điện tích là $\rho_2 = 1,77 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^3$) có cùng bán kính với hốc. Khoảng cách hai trục của hai khối trụ là $a = 5 \text{ cm}$, biết chất tạo nên hai khối trụ có $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 1$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.

a. Tìm cường độ điện trường bên trong khối trụ nhỏ.

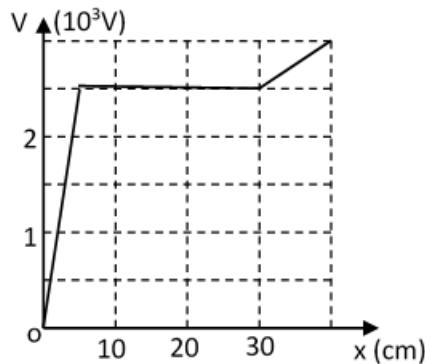
b. Vẽ bức tranh các đường đặng thế của điện trường trong khối trụ nhỏ, trên mặt phẳng vuông góc với trục của khối trụ đó.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

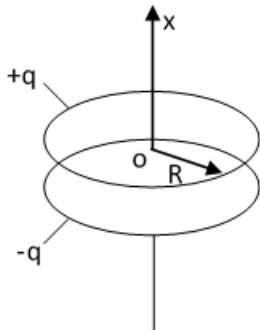
ĐS: a. $\vec{E}_M = \frac{\rho_1}{2\epsilon_0} \vec{a} + \frac{\rho_2}{2\epsilon_0} \vec{r}_2$.

Bài 23.

Phân bố điện thế $V(x)$ giữa các điện cực của một ống phóng điện qua chất khí trong thời gian phóng được cho như hình vẽ. Hãy dựng phân bố cường độ điện trường $E(x)$.



Bài 24. Hai vòng tròn đồng trục mỗi vòng có bán kính R được làm bằng sợi dây dẫn mảnh, và cách nhau một khoảng $l \ll R$, và chúng mang các điện tích q và $-q$. Hãy tính điện thế V và véc tơ cường độ điện trường \vec{E}_0 trên trực của hệ theo x . Hãy biểu diễn trên cùng một hình vẽ, đồ thị $V(x)$ và $E(x)$. Xét V và E khi $x \gg R$.



ĐS: $V_M = \frac{px}{4\pi\epsilon_0\epsilon(R^2+x^2)^{3/2}}$; $E = E_x = \frac{ql(2x^2-R^2)}{4\pi\pi_0\epsilon(R^2+x^2)^{5/2}}$.

Xét trường hợp $x \gg R$ thì điện thế $V = \frac{ql}{4\pi\pi_0\epsilon x^2}$; $E = \frac{ql}{2\pi\pi_0\epsilon x^3}$.

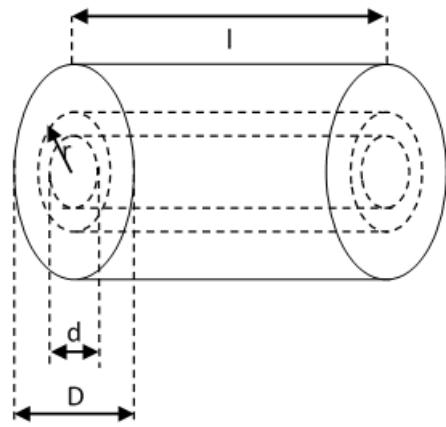
Bài 25. Một vật dẫn A hình cầu bán kính $R_1=3\text{cm}$, tích điện đến hiệu điện thế $V_1=4\text{V}$, được đặt đồng tâm với một vỏ cầu mỏng B bằng kim loại có bán kính trong $R_2=12\text{cm}$, và bán kính ngoài $R_3=12,1\text{cm}$, vỏ cầu này gồm hai bán cầu ban đầu được úp khít vào nhau và sau đó được tích điện đến hiệu điện thế V_2 . Hỏi điện thế V_2 phải có trị số (dương) tối thiểu bằng bao nhiêu để hai bán cầu có thể tự tách rời nhau.

Bỏ qua tác dụng của trọng lực hai bán cầu.

ĐS: $V_{2\min} = 1\text{V}$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 26. Để phát hiện tia α , người ta dùng một buồng ion hóa. Buồng ion hóa có hai điện cực hình trụ như hình vẽ. Với một ống đèn hình trụ, điện cực trong (anốt) là một dây kim loại đường kính d . Vỏ ngoài (catốt) là một ống kim loại mỏng đường kính D . Hãy tìm biểu thức của điện trường $E(r)$ và điện thế $V(r)$ tại một điểm cách trục của điện cực hình trụ một khoảng r (với $d/2 \leq r \leq D/2$) khi mật độ điện tích trên một đơn vị chiều dài của anốt là λ . Từ đó suy ra điện dung trên một đơn vị dài của đầu thu. Điện trường đánh thủng không khí E_b là 3 MVm^{-1} . Giả sử $d=1\text{mm}$ và $D=1\text{cm}$, hãy tính điện thế giữa anốt và vỏ ngoài khi quá trình đánh thủng xảy ra.
 ĐS: $V = -\frac{1}{2} E_b d \ln\left(\frac{D}{d}\right)$. Lấy $E_b=3.10^6 \text{ V/m}$, $d=1\text{mm}$, $D=1\text{cm}$ ta được $V=3,45345\text{kV}$.



Bài 27 Một tấm kim loại mỏng phẳng có kích thước rất lớn, tích điện đều với mật độ điện mặt σ ($\sigma > 0$).

a. Dùng định lý Ôxtrôgratxki-Gaoxơ, hãy xác định cường độ điện trường do tấm kim loại gây ra tại những điểm gần bề mặt của nó.

b. Người ta đặt bốn tấm kim loại dạng như trên rất gần nhau và song song nhau. Khoảng cách giữa hai tấm kề nhau đều bằng d . Các tấm 1,2,3, và 4 có mật độ điện mặt lần lượt là $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = -\sigma$, $\sigma_3 = \sigma$ và $\sigma_4 = -\sigma$ (hình vẽ 4.b). Hãy xác định hiệu điện thế giữa tấm 1 và tấm 4 là $U_{1,4}$ bằng bao nhiêu?

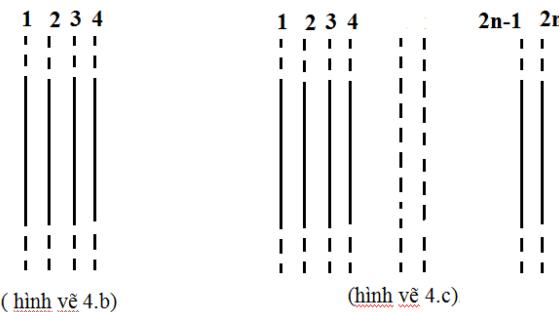
c. Nay giờ người ta đặt $2n$ tấm kim loại như trên rất gần nhau và song song nhau ($n \in N^*$, n hữu hạn). Khoảng cách giữa hai tấm kề nhau đều cách một khoảng d (hình vẽ 4.c). Biết rằng các tấm kề nhau luôn tích điện trái dấu nhau và có cùng độ lớn mật độ tích điện mặt là σ . Với tấm thứ nhất tích điện $\sigma_1 = \sigma$, tấm thứ $2n$ tích điện $\sigma_{2n} = -\sigma$. Hãy xác định hiệu điện thế giữa hai tấm thứ nhất và tấm thứ $2n$.

d. Các tấm kim loại được sắp xếp như ở câu 4c. Người ta nối giữa tấm thứ nhất và tấm thứ $2n$ một vật dẫn có điện trở R . Hãy xác định công suất tỏa nhiệt lớn nhất trên điện trở R .

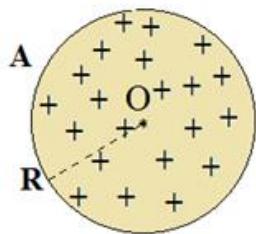
Ta coi các tấm kim loại trong các câu trên hoàn toàn đặt trong không khí. Hàng số điện môi trong không khí coi tương đương bằng 1

$$\text{ĐS: a. } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \text{ với } \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi 9.10^9} (\text{SI}) ; \text{ b. } U_{1,4} = \frac{2\sigma}{\epsilon_0} d ; \text{ c. } U_{1,2n} = n \frac{\sigma}{\epsilon_0} d ; \text{ d. } P = \frac{1}{R} (n \frac{\sigma d}{\epsilon_0})^2$$

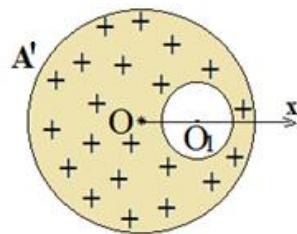
Bài 28. Một quả cầu A, tâm O, bán kính R , tích điện đều với mật độ điện khối ρ ($\rho > 0$), đặt trong không khí như hình 5a.



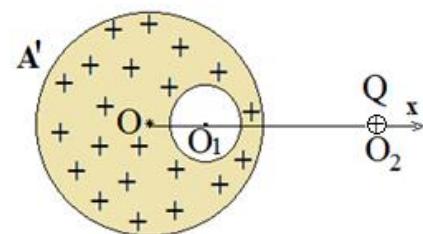
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG



Hình 5a



Hình 5b



Hình 5c

1. Tìm véc tơ cường độ điện trường \vec{E} do quả cầu A gây ra tại một điểm, cách tâm O một khoảng r trong hai trường hợp:

1a. $r < R$

1b. $r \geq R$.

2. Tiếp đến người ta khoét quả cầu A bằng một hố hình cầu tâm O_1 , bán kính $\frac{R}{3}$ và O_1 nằm trên trục Ox (Hình 5b) và $OO_1 = \frac{R}{2}$. Quả cầu A đã bị khoét được gọi là quả cầu A'.

Gọi M là một điểm bên trong hố cầu. Hãy tìm biểu thức cường độ điện trường tại M do quả cầu A' gây ra.

3. Cuối cùng người ta đặt thêm một điện tích điểm Q ($Q > 0$) nằm tại O_2 trên trục Ox sao cho ba điểm O, O_1 và O_2 thẳng hàng như hình 5c. Biết $O_2O = 2R$. Tìm độ lớn lực điện do điện tích điểm Q tác dụng lên quả cầu A' lúc này.

$$\text{ĐS: 1a. } \vec{E} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \cdot \vec{r}; \text{ 1b. } \vec{E} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \cdot \frac{R^3}{r^3} \cdot \vec{r}; \text{ 2. } \vec{E}_M = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \overrightarrow{OO_1} = \frac{\rho R}{6\epsilon_0} \vec{e}_x;$$

$$3. F = QE_{O_2} = \frac{227}{2916} \cdot \frac{\rho QR}{\epsilon_0}.$$

I.4. VẬT DẪN, ĐIỆN MÔI TRONG ĐIỆN TRƯỜNG. PHÂN CỤC ĐIỆN MÔI.

Bài 1. Một điện tích điểm q đặt tại tâm của một quả cầu điện môi bán kính a với hằng số điện môi ϵ_1 . Quả cầu được bao bọc bằng một điện môi lớn vô hạn, có hằng số ϵ_2 . Hãy tìm mật độ điện mặt của các điện tích liên kết tại mặt ranh giới của hai điện môi.

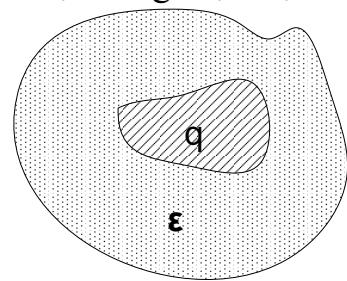
$$\text{ĐS: } \sigma = \frac{q(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{4\pi a^2 \epsilon_1 \epsilon_2}.$$

Bài 2. Hãy chứng minh rằng tại một giới hạn của một điện môi đồng tính với một vật dẫn, mật độ điện mặt của các điện tích liên kết là $\sigma' = -\sigma(\epsilon - 1)/\epsilon$ với ϵ là hằng số điện môi, σ là mật độ điện mặt của các điện tích trên vật dẫn.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 3. Một vật dẫn có dạng tuỳ ý điện tích $q = 2,5\mu C$ được bao bọc bằng một điện môi có hằng số điện môi $\epsilon = 5,0$ (hình 2). Hãy tính tổng điện tích liên kết bề mặt ở các mặt trong và ngoài của điện môi.

$$\text{ĐS: } q' = -\left(\frac{\epsilon-1}{\epsilon}\right)q; \quad q'' = \frac{\epsilon-1}{\epsilon}q = 2\mu C$$



Bài 4. Một chất điện môi có dạng một lõi cầu có bán kính trong là a , bán kính ngoài là b ($a < b$). Tìm módun của vectơ cường độ điện trường E và điện thế φ theo r , với r là khoảng cách tính từ tâm hệ nếu điện môi có điện tích dương phân bố đều

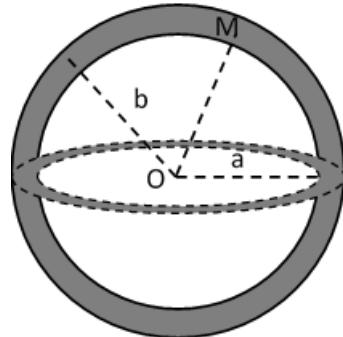
a) theo mặt trong của lõi.

b) theo thể tích của lõi.

ĐS: a) Điện tích q phân bố đều trên mặt trong của lõi.

Với $r < a$ thì $E = 0$ suy ra $\varphi = \text{const}$.

Với $a < r < b$ thì $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}; \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$.



Với $b < r$ thì $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$

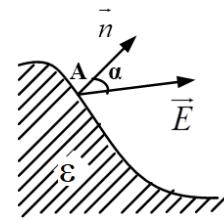
b. Điện tích q phân bố giữa 2 mặt cầu

Với $r < a$ thì $E = 0; \quad \varphi = \text{const}$

Với $a < r < b$ thì $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon(b^3-a^3)}\left(r-\frac{a^3}{r^2}\right); \quad \varphi = \frac{-q}{4\pi\epsilon_0\epsilon(b^3-a^3)}\left(\frac{r^2}{2}+\frac{a^3}{r}\right)$

Với $b < r$ thì $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$

Bài 5. Gần điểm A của một mặt phẳng ngăn cách giữa thuỷ tinh ($\epsilon_1 = 6$) và chân không, cường độ điện trường trong chân không là $E_0 = 10,0 \frac{V}{m}$; góc giữa vectơ \vec{E}_0 và pháp tuyến \vec{n} của mặt ranh giới là $\alpha_0 = 30^\circ$. Hãy tìm cường độ điện trường E trong thuỷ tinh ở gần điểm A, góc α giữa \vec{E} và \vec{n} và mật độ điện mặt của các điện tích liên kết tại điểm A.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } E_1 = 5,2 \frac{\text{V}}{\text{m}}; \alpha_1 = 73,9^\circ; \sigma' = \epsilon_0(\epsilon - 1)E_1 \cos \alpha_1 = 63,7 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$$

Bài 6. Tại bì mặt phẳng của một chất điện môi có hằng số điện môi ϵ , cường độ điện trường trong chân không là E_0 , hơn nữa vectơ \vec{E}_0 tạo một góc θ với pháp tuyến \vec{n} của bì mặt điện môi. Coi điện trường ở bên trong và bên ngoài điện môi là như nhau, hãy tính:

- a) Thông lượng của vectơ \vec{E} qua mặt cầu bán kính R với tâm trên bì mặt của điện môi.
- b) Lưu số của vectơ \vec{D} theo chu tuyến I dài l mà bì mặt của nó vuông góc với bì mặt của điện môi và song song với vectơ \vec{E}_0 .

$$\text{ĐS: a. } \Phi = \pi R^2 E_0 \left(\frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \right) \cos \theta; \text{ b. } \oint \vec{D} d\vec{l} = -(\epsilon - 1) \epsilon_0 E_0 l \sin \theta$$

Bài 7. Một bản điện môi lớn vô hạn có hằng số điện môi ϵ tích điện đều với mật độ điện thể tích ρ . Độ dày của bản là $2d$. Hãy tính.

- a) Môđun của vectơ cường độ điện trường và điện thế theo khoảng cách l từ tâm bản (điện thế ở tâm bản được tính bằng không).
- b) Mật độ điện mặt và mật độ điện khối điện tích liên kết.

$$\text{ĐS: a. Khi } l < d : E = \frac{\rho l}{\epsilon_0 \epsilon}; \varphi = -\frac{\rho l^2}{2 \epsilon_0 \epsilon}.$$

$$\text{Khi } l > d: E = \frac{\rho d}{\epsilon_0}, \varphi = \frac{\rho d}{\epsilon_0} \left(1 - d + \frac{d}{2\epsilon} \right).$$

$$\text{b. } \sigma' = \frac{\rho d(\epsilon - 1)}{\epsilon}; \rho' = \frac{\rho(\epsilon - 1)}{\epsilon}$$

Bài 8. Một đĩa tròn bằng điện môi bán kính R bì dày d bị phân cực cho độ phân cực bằng \vec{P} đồng đều ở mọi nơi và vectơ \vec{p} nằm trong mặt phẳng của đĩa. Hãy tính vectơ cường độ điện trường \vec{P} ở tâm đĩa nếu $d \ll R$.

$$\text{ĐS: } \vec{E} \text{ và } \vec{P} \text{ ngược chiều, } \vec{E} = -\frac{\vec{P}d}{4\epsilon_0 R}.$$

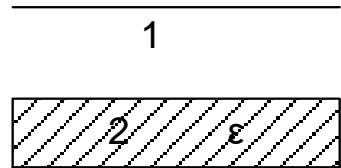
Bài 9. Ở một số điều kiện nào đó, độ phân cực của một tấm điện môi không rất rộng, không mang điện, có dạng $\vec{P} = \vec{P}_0 \left(1 - \frac{x^2}{d^2} \right)$ trong đó \vec{P}_0 là một vectơ vuông góc với tâm

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

điện môi, x là khoảng cách tính từ tâm của tấm, d là độ dày của tấm. Hãy tính cường độ điện trường ở bên trong của tấm và hiệu điện thế giữa hai mặt của tấm.

$$\text{ĐS: } \Delta\varphi = \frac{4P_0 d}{3\epsilon_0}$$

Bài 10. Lúc đầu không gian giữa các bản của một tụ điện phẳng chứa không khí và cường độ điện trường trong đó bằng E_0 . Sau đó một nửa khe hở được lắp đầy điện môi và đǎng hướng có hằng số điện môi là ϵ . Hãy tìm môđun của các vectơ \vec{E} và \vec{D} trong cả 2 phần 1 và 2 của khe hở nếu khi đặt điện môi vào.

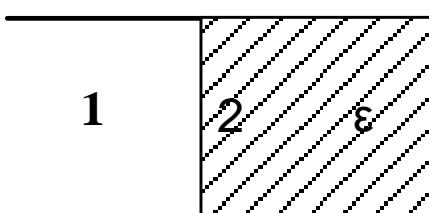


- a) Hiệu điện thế giữa các bản không đổi
- b) Các điện tích trên các bản không đổi.

$$\text{ĐS: a. } E_1 = \frac{2\epsilon E_0}{\epsilon + 1} \text{ và } E_2 = \frac{E_1}{\epsilon} = \frac{2E_0}{\epsilon + 1}, D_1 = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1 = \epsilon_0 \epsilon_1 \frac{2\epsilon E_0}{\epsilon + 1}; D_2 = \epsilon_0 \epsilon_2 E_2 = \epsilon_0 \epsilon_2 \frac{2E_0}{\epsilon + 1} \text{ b. } E_1 = E_0,$$

$$E_2 = \frac{E_0}{\epsilon}; D_1 = D_2 = \epsilon_0 E_1 = \epsilon_0 \epsilon E_2$$

Bài 11. Lúc đầu không gian giữa các bản của một tụ điện phẳng chứa không khí và cường độ điện trường trong đó bằng E_0 . Sau đó một nửa khe hở được lắp đầy điện môi như hình vẽ và có hằng số điện môi là ϵ . Hãy tìm môđun của các vectơ \vec{E} và \vec{D} trong cả 2 phần 1 và 2 của khe hở nếu khi đặt điện môi vào.



- a) Hiệu điện thế giữa các bản không đổi
- b) Các điện tích trên các bản không đổi.

$$\text{ĐS: a. Vậy } E_1 = E_2 = E_0; D_1 = \epsilon_0 E_0 \text{ và } D_2 = \epsilon_0 E_0.$$

$$\text{b. } E_1 = \frac{2E_0}{\epsilon + 1}; D_1 = \epsilon_0 E_1 = \epsilon_0 \frac{2E_0}{\epsilon + 1}; E_2 = \frac{2E_0}{\epsilon + 1}; D_2 = \epsilon \epsilon_0 \frac{2E_0}{\epsilon + 1}$$

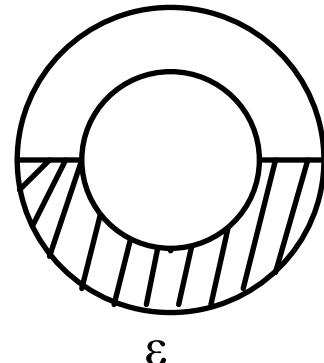
Bài 12. Một nửa không gian giữa hai bản cực đồng tâm của một tụ điện cầu được lắp đầy điện môi đồng tính, đǎng hướng có hằng số điện môi ϵ . Điện tích của tụ điện là q . Hãy tìm môđun của vectơ cường độ điện trường giữa các bản theo khoảng cách r tính từ tâm cong của hai bản cực của tụ điện.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } E_2 = E_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0(\epsilon+1)r^2}$$

Bài 13. Hai quả cầu nhỏ giống hệt nhau, mang điện cùng tên được treo bằng các sợi dây cách điện dài bằng nhau vào một điểm. Khi lắp đầy môi trường xung quanh bằng dầu hoả thì góc tạo bởi 2 sợi dây không thay đổi. Tính khối lượng riêng của chất làm các quả cầu.

$$\text{ĐS: } \rho = \frac{\rho_0\epsilon}{(\epsilon-1)}$$



Bài 14. Người ta tạo ra ở bên trong một quả cầu bằng điện môi đồng tính, đẳng hướng có hằng số điện môi $\epsilon = 5,00$ một điện trường đều có cường độ $E = 100$ V/m. Bán kính của quả cầu $R = 3,0$ cm. Hãy tính mật độ điện mặt cực đại của các điện tích liên kết và điện tích liên kết toàn phần dương (hoặc âm).

$$\text{ĐS: } q' = \pi\epsilon_0(\epsilon-1)R^2E = 10 \text{ pC}$$

Bài 15. Một điện tích điểm q được đặt trong chân không, cách một mặt phẳng của một chất điện môi đồng tính đẳng hướng lắp đầy không gian một khoảng l . Hằng số điện môi là ϵ . Hãy tính

- a) Mật độ điện mặt của các điện tích liên kết theo khoảng cách r tính từ điện tích điểm q . Xét trường hợp $l \rightarrow 0$
- b) Tổng diện tích liên kết trên bề mặt của điện môi.
- c Dùng các điều kiện và lời giải của bài tập trên, hãy tính môđun của lực tác dụng lên điện tích q gây ra bởi các điện tích liên kết trên mặt chất điện môi.

$$\text{ĐS: a. } \sigma' = \frac{-ql(\epsilon-1)}{2\pi r^3(\epsilon+1)}; \text{ Xét trường hợp } l \rightarrow 0 \text{ thì } \sigma' \rightarrow 0.$$

$$\text{b. } q' = \frac{q(\epsilon-1)}{(\epsilon+1)}; \text{ c. } F = \frac{-q^2(\epsilon-1)}{16\pi\epsilon_0(\epsilon+1)}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 16. Một điện tích điểm q nằm trên mặt phẳng ngăn cách chân không và một chất điện môi đồng tính đẳng hướng có hằng số điện môi ϵ . Hãy tính môđun của vecto \vec{D} và \vec{E} và điện thế φ theo khoảng cách r tính từ điện tích q .

$$\text{ĐS: } E = \frac{\epsilon q}{2\pi(\epsilon+1)r^2}; D = D_0 = \frac{q}{2\pi r^2}; \varphi = \frac{q}{2\pi\epsilon_0(\epsilon+1)r}$$

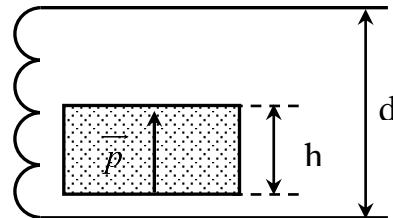
Bài 17. Một quả cầu nhỏ dẫn điện có điện tích q được đặt vào một chất điện môi đồng tính và đẳng hướng có hằng số điện môi ϵ . Quả cầu cách mặt phẳng ranh giới giữa điện môi và chân không một khoảng l . Hãy tính mật độ bề mặt của các điện tích liên kết tại ranh giới giữa điện môi và chân không theo khoảng cách r tính từ quả cầu. Xét kết quả thu được khi $l \rightarrow 0$.

Bài 18. Một nửa không gian được lấp đầy bằng một điện môi đồng tính đẳng hướng có hằng số điện môi ϵ . Nửa không gian còn lại được giới hạn bằng một mặt phẳng P . Một quả cầu nhỏ bằng kim loại có điện tích q được đặt trong điện môi, cách P một khoảng l . Hãy tính mật độ bề mặt của các điện tích liên kết trên mặt phẳng ranh giới theo khoảng cách r kể từ quả cầu.

$$\text{ĐS: } \sigma' = \frac{q(\epsilon-1)}{2\pi\epsilon r^3}$$

Bài 19. Một tấm điện môi tự phân cực độ dày d được đặt trong một tụ điện phẳng mà hai bản đã nối với nhau bằng một dây dẫn. Vecto phân cực điện môi là \vec{P} .

Khoảng cách giữa hai bản tụ điện là d . Hãy tính các vecto \vec{D} và \vec{E} bên trong và bên ngoài bản điện môi.



Hình 9

$$\text{ĐS: } \vec{E} = -\left(1 - \frac{h}{d}\right) \frac{\vec{P}}{\epsilon_0} \text{ và } \vec{D} = \vec{D}_0 = \vec{P} \frac{h}{d}$$

Bài 20. Một hình trụ tròn rất dài bằng chất điện môi bị phân cực sao cho vecto $\vec{P} = ar$, trong đó a là một hằng số dương, r là khoảng cách tính từ trục. Hãy tính mật độ thể tích của các điện tích liên kết theo r .

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: $\rho' = -2\alpha$; ρ' không phụ thuộc vào r nghĩa là ρ' bằng hằng số âm, tức điện tích liên kết phân bố đều trong hình trụ.

Bài 21.

Một quả cầu điện môi tự phân cực đồng đều, vectơ phân cực của nó là \vec{P} . Nếu coi quả cầu bị phân cực như sự dịch chuyển của toàn bộ các điện tích dương và toàn bộ các điện tích âm trong điện môi.

- Hãy tính vectơ cường độ điện trường ở bên trong quả cầu
- Chứng minh rằng điện trường ở bên ngoài quả cầu là điện trường của một lưỡng cực điện được đặt tại tâm quả cầu và điện thế $\varphi = \frac{\vec{p}_0 \cdot \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$ với \vec{p}_0 là momen điện của quả cầu, \vec{r} là khoảng cách tính từ tâm quả cầu.
- Tính \vec{p}_0 .

ĐS: a. $E' = -\frac{P}{3\epsilon_0}$: điện trường cảm ứng \vec{E} cùng phương ngược chiều với \vec{P}

c. $p_0 = \frac{4}{3}\pi R^3 p$

Bài 22. Trong một điện trường đều có vectơ cường độ $q = CU = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U}{d} = \epsilon_0 \epsilon S E$ người ta đặt một quả cầu điện môi đồng tính. Trong các điều kiện đó chất điện môi bị phân cực đều. Hãy tính vectơ cường độ điện trường \vec{E} ở bên trong quả cầu và vectơ phân cực \vec{p} của điện môi, có hằng số điện môi là ϵ . Khi giải hãy sử dụng kết quả của bài toán 23.

ĐS: $p = \frac{3\epsilon_0(\epsilon-1)E_0}{\epsilon+2}$

Bài 23. Một hình trụ tròn dài vô hạn bằng điện môi tự phân cực đều có vectơ phân cực \vec{p} vuông góc với trục hình trụ. Hãy tính vectơ cường độ điện trường ở bên trong điện môi.

ĐS: $\vec{E}' = -\frac{\vec{p}}{2\epsilon_0}$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 24. Một hình trụ tròn bằng điện môi đồng tính được đặt vào một điện trường đều cường độ $q = CU = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U}{d} = \epsilon_0 \epsilon S E$. Trục hình trụ vuông góc với $q = CU = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U}{d} = \epsilon_0 \epsilon S E$.

Trong các điều kiện đó chất điện môi bị phân cực đều. Hãy sử dụng kết quả của bài toán trên để tính vectơ cường độ điện trường bên trong hình trụ và vectơ phân cực điện môi có hằng số điện môi ϵ .

$$\text{ĐS: } E = \frac{2E_0}{(\epsilon + 1)} \text{ và } p = \frac{2\epsilon_0(\epsilon - 1)E_0}{(\epsilon + 1)}$$

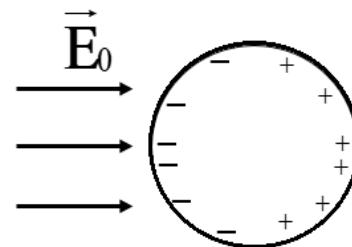
Bài 25. Các điện tích được phân bố đều với mật độ thể tích $\rho > 0$ trong một hình cầu bán kính R làm bằng điện môi đồng tính đăng hướng với hằng số điện môi ϵ . Hãy tính:
 a) Môđun của vectơ cường độ điện trường theo khoảng cách r tính từ tâm quả cầu.
 b) Mật độ thể tích và mật độ bề mặt của các điện tích liên kết.

$$\text{ĐS: a. } r < R: E_M = \frac{\rho r_M}{3\epsilon_0 \epsilon}; r > R: E = \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0 r^2}$$

Bài 26. Quả cầu dẫn trong điện trường đều

Khi đặt một quả cầu dẫn trong điện trường đều, điện tích trên quả cầu được sắp xếp lại. Mật độ điện tích trên bề mặt quả cầu là không đều. Ta tiến hành xác định mật độ điện tích trên bề mặt quả cầu dẫn.

$$\text{ĐS: } \sigma = \frac{3E_0 \cos \theta}{\epsilon_0}$$



CHƯƠNG II. TỤ ĐIỆN

II. 1. TỤ ĐIỆN-GIỚI HẠN HOẠT ĐỘNG TỤ ĐIỆN

Bài 1. Hai tụ $C_1 = 5 \cdot 10^{-10} F$, $C_2 = 15 \cdot 10^{-10} F$ mắc nối tiếp, khoảng giữa hai bản mỗi tụ lấp đầy điện môi có chiều dày $d = 2\text{mm}$ và điện trường giới hạn 1800V/mm . Hỏi bộ tụ chịu được hiệu điện thế giới hạn bao nhiêu?

ĐS: 4800V .

Bài 2. Ba tụ $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$ có hiệu điện thế giới hạn $U_1 = 1000\text{V}$, $U_2 = 200\text{V}$, $U_3 = 500\text{V}$ mắc thành bộ. Cách mắc nào có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lớn nhất? Tính điện dung và và hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lúc này.

ĐS: C_1 nt ($C_2 // C_3$): $U \leq 1200\text{V}$; $C_{\text{bộ}} = \frac{5}{6}\mu\text{F}$.

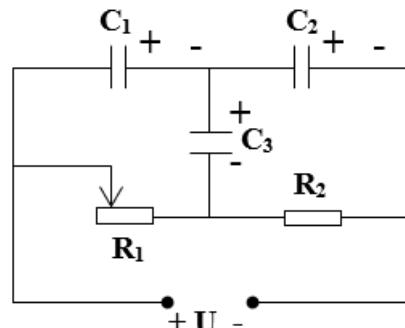
Bài 3. $C_1 = C_2 = C_3 = C$, R_1 là biến trở, $R_2 = 600\Omega$, $U = 120\text{V}$.

a. Tính hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ theo R_1 . Áp dụng với $R_1 = 400\Omega$.

b. Biết hiệu điện thế giới hạn mỗi tụ là 70V . Hỏi R_1 có thể thay đổi trong khoảng giá trị nào?

ĐS: a. $U_1 = 40 \cdot \frac{2R_1 + 600}{R_1 + 600}; U_2 = 40 \cdot \frac{R_1 + 1200}{R_1 + 600}; U_3 = 40 \cdot \frac{R_1 - 600}{R_1 + 600}$

b. $200\Omega \leq R_1 \leq 1800\Omega$



Bài 4. Cho mạch điện như hình vẽ.

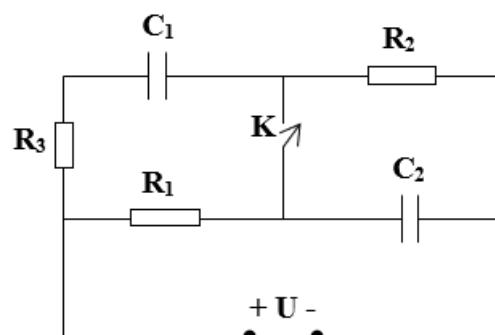
$R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $C_1 = 20\mu\text{F}$, $C_2 = 30\mu\text{F}$;

$U = 50\text{V}$.

a. Tính điện tích các tụ khi K mở, K đóng.

b. Ban đầu K mở, tính điện lượng qua R_3 khi K đóng.

ĐS: $\Delta Q = 600\mu\text{C}$



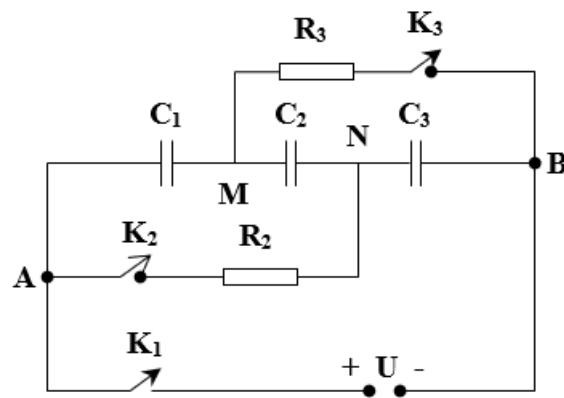
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 5. Cho mạch điện như hình vẽ. Ban đầu các khóa K đều mở. Các tụ có cùng điện dung C và chưa tích điện. Các điện trở bằng nhau và bằng R. Nguồn điện có hiệu điện thế U.

Đóng K₁, sau khi các tụ đã tích điện hoàn toàn, mở K₁ sau đó đóng đồng thời hai khóa K₂, K₃.

Tìm nhiệt lượng tỏa ra trên mỗi điện trở R. Xác định cường độ dòng điện qua các điện trở vào thời điểm mà hiệu điện thế trên hai bán của tụ ở giữa (Tụ giữa hai điểm M,N) bằng U/10. Bỏ qua điện trở dây nối và các khóa K.

$$\text{ĐS: } q = 2CU^2/27; i_{t1} = 19U/60R; i_t = u/60R.$$



Bài 6. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ 1. Biết E = 6V; r = R₃ = 0,5Ω; R₁ = 3Ω; R₂ = 2Ω; C₁ = C₂ = 0,2μF. Bỏ qua điện trở các dây nối và khóa K.

a) Tìm số electron dịch chuyển qua khóa K và chiều dịch chuyển của chúng khi khóa K chuyển từ mở sang đóng ?

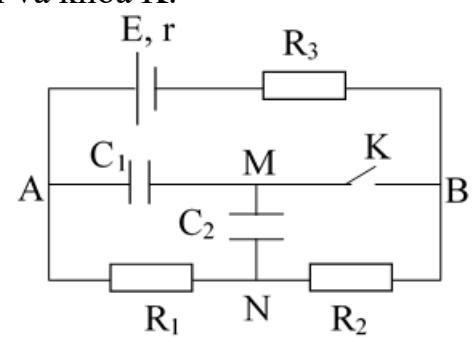
b) Thay khóa K bằng tụ C₃ = 0,4 μF. Tìm điện tích trên tụ C₃ trong các trường hợp sau:

- + Thay tụ khi K đang mở
- + Thay tụ khi K đang đóng

ĐS: a. Các e di chuyển từ B qua khóa K đến M với số e là: N = 8,75.10¹² (hạt).

b. Khi K mở q_{3M} = 0,7 μC.

Khi K đóng : q_{3M} = 0



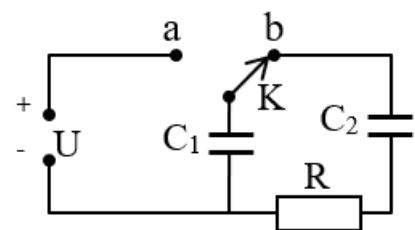
Bài 7. Cho mạch điện như hình vẽ 3 : U = 60V (không đổi), C₁ = 20μF, C₂ = 10μF.

1. Ban đầu các tụ điện chưa tích điện. Khóa K ở vị trí b, chuyển sang a rồi lại về b. Tính điện lượng qua R.

2. Sau đó chuyển K sang a rồi lại về b. Tính điện lượng qua R trong lần chuyển thứ 2.

3. Tính tổng điện lượng qua R sau n lần chuyển khóa như trên.

$$\text{ĐS: 1. } \Delta Q_1 = 400\mu C; 2. \Delta Q_2 = \frac{400}{3}\mu C; 3. \Delta Q = \left[1 - \left(\frac{C_2}{C_1 + C_2}\right)^n\right] C_2 U = \left(1 - \frac{1}{3^n}\right) 6.10^{-4} C$$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ. Các tụ có điện dung $C_1 = C_2 = C_4 = 3\mu F$; $C_3 = 6\mu F$. Nguồn điện có điện trở trong không đáng kể và có hiệu điện thế $U = 12V$. Các điện trở có giá trị $R_1 = R_2 = 1\Omega$. Ban đầu các tụ không tích điện và ba khóa đang mở.

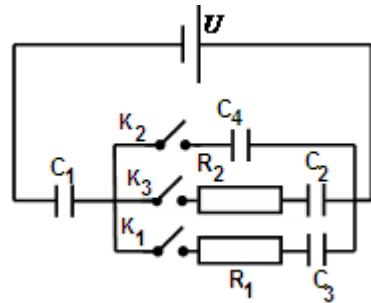
a. Đóng đồng thời khóa K_1 , K_3 . Tính điện tích trên tụ C_1 , C_2 , C_3 ngay sau khi đóng K_1 , K_3 và sau khi đóng K_1 , K_3 một thời gian dài.

b. Sau một thời gian dài, đóng thời mở khóa K_1 và đóng khóa K_2 . Tính điện tích trên tụ C_1 , C_2 , C_4 ngay sau khi đóng K_2 và sau khi đóng K_2 một thời gian t.

ĐS: a. $q_1(\infty) = 27\mu C$; $q_2(\infty) = 9\mu C$; $q_3(\infty) = 18\mu C$

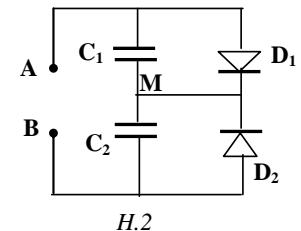
b. $q_4 = 30 \cdot 10^{-6} + 1,5 \cdot 10^{-6} \exp[-5 \cdot 10^5 t](C)$ $q_2 = 6 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6} \exp[-5 \cdot 10^5 t](C)$,

$$q_4 = 6 \cdot 10^{-6} - 1,5 \cdot 10^{-6} \exp[-5 \cdot 10^5 t](C)$$



Bài 9. Cho mạch điện như hình vẽ . Hai tụ điện có điện dung C_1 và C_2 (với $C_2 > C_1$), hai di ôt lí tưởng. Đặt vào hai đầu đoạn mạch một điện áp xoay chiều $u_{AB} = U_0 \cos \omega t$. Viết biểu thức của điện áp hai đầu mỗi tụ khi hệ ở trạng thái ổn định.

ĐS: $u_{AM} = \frac{C_2 U_0}{C_1 + C_2} \cdot (\cos \omega t - 1)$; $u_{MB} = U_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2} \left(\cos \omega t + \frac{C_2}{C_1} \right)$

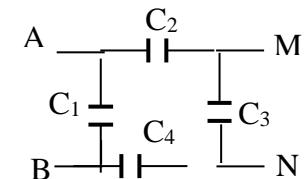


Bài 10. Có hai tụ điện: Tụ điện thứ nhất có điện dung $C_1 = 33 \mu F$ và được tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 4V$, tụ điện thứ hai được tích điện đến hiệu điện thế $U_2 = 20V$. Khi đem mắc chúng song song với nhau thì hiệu điện thế chung của hai tụ điện là $U = 2V$. Hãy xác định điện dung của tụ điện thứ hai.

ĐS: $C_2 = 3\mu F$ hoặc $C_2 = 11\mu F$

Bài 11. Cho mạch điện như hình bên. Trong đó các tụ điện có điện dung thỏa mãn: $C_1 = C_2 = 2C_3 = 2C_4$. Ban đầu mắc vào hai điểm A, B một hiệu điện thế không đổi U , sau đó tháo nguồn ra rồi mắc vẫn nguồn đó vào hai điểm M, N. Biết rằng trong cả hai lần mắc nguồn, điện thế các điểm A, B, M, N thỏa mãn: $V_A > V_B$; $V_M > V_N$. Tính hiệu điện thế giữa hai điểm A, B lúc này. Áp dụng bằng số: $U = 20V$.

ĐS: $U'_{AB} = 23V$.



Bài 12. Tính điện dung của một dây dẫn hình trụ bán kính R dài vô hạn, mang điện dương, đặt song song với mặt đất và cách mặt đất một khoảng h ($h \gg R$).

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } C = \frac{q}{U} = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln \frac{2h}{R}}$$

Bài 13. Trong một tụ phẳng, khoảng cách giữa hai bản tụ là d, bên trong có chứa tám kim loại bè dày $d/2$ ở chính giữa. Diện tích mặt bên của tám kim loại này bằng diện tích của hai bản tụ điện. Tụ được mắc vào nguồn có suất điện động E. Hãy tìm và vẽ đồ thị phân bố điện thế bên trong tụ điện, nếu chọn mốc tính điện thế.

- a. Ở vô cùng.
- b. Ở bản trái của tụ điện.

$$\text{ĐS: a. Trong miền thứ nhất: } 0 \leq x \leq d/4 : V(x) = E \left(\frac{2x}{d} - \frac{1}{2} \right)$$

Đối với miền thứ hai $d/4 \leq x \leq 3d/4$: $V(x) = 0$

$$\text{Trong miền thứ ba } 3d/4 \leq x \leq d : V(x) = E \left(\frac{2x}{d} - \frac{3}{2} \right);$$

$$\text{b. Phân bố điện thế trong miền: } 0 \leq x \leq d/4 \text{ có dạng } V(x) = \frac{2E}{d} x$$

Trong miền: $d/4 \leq x \leq 3d/4$, điện thế không đổi bằng $V = E/2$.

$$\text{Còn trong miền thứ ba: } 3d/4 \leq x \leq d \text{ thì } V(x) = E \left(\frac{2x}{d} - 1 \right)$$

Bài 14.

Cho một tụ điện cầu không khí, bán kính hai bản là $R_1=1\text{cm}$, và $R_2=3\text{cm}$, hiệu điện thế giữa hai bản $U_0=450\text{V}$, bán trong tích điện dương.

- a. Tính cường độ điện trường tại điểm cách tâm O của hai bản là $1,5\text{cm}$.
- b. Một electron chuyển động với vận tốc ban đầu bằng không dọc theo đường sức điện trường từ vị trí cách tâm O một khoảng $r_1=2,5\text{m}$. Tìm vận tốc của electron khi nó cách O một khoảng $r_2=1,5\text{cm}$.

$$\text{ĐS: a. } E = \frac{R_1 R_2 U_0}{r^2 (R_2 - R_1)} = 3 \cdot 10^4 \text{V/m.}; \text{ b. } v = \sqrt{\frac{2eU_0 R_1 R_2 (r_1 - r_2)}{mr_1 r_2 (R_2 - R_1)}} = 79,6 \cdot 10^6 \text{m/s}$$

Bài 15. Hai bản của một tụ điện phẳng là hai tám kim loại diện tích S, đặt cách nhau một khoảng d, mang điện tích $+q$ và $-q$. Khoảng không gian giữa hai bản tụ là một khối điện môi có hằng số điện môi phụ thuộc tọa độ x theo hàm số $\epsilon = \epsilon(x)$ (trục x vuông góc với các bản); ở sát bản dương, hằng số điện môi có giá trị ϵ_1 , còn ở sát bản âm nó có trị số $\epsilon_1 > \epsilon_2$.

- a. Tìm lượng điện tích phân cực tổng cộng bên trong khối điện môi.
- b. Cho biết $\epsilon(x)$ là hàm bậc nhất của x, hãy tìm hiệu điện thế đặt vào tụ điện và điện dung của tụ điện đó.
- c. Áp dụng số: $q=3,2 \cdot 10^{-9} \text{C}$; $\epsilon_1=4$; $\epsilon_2=10$; $d=1,8\text{cm}$; $S=100\text{cm}^2$.

$$\text{ĐS: a. } q' = q \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 \epsilon_2}; \text{ b. } V_2 - V_1 = \frac{qd}{\epsilon_0 S (\epsilon_2 - \epsilon_1)} \ln \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \right); \text{ c. } C = \frac{q}{V_1 - V_2} = \frac{\epsilon_0 S (\epsilon_2 - \epsilon_1)}{d \ln \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}}$$

- c. Thay số ta được: $V_1 - V_2 = 100\text{V}$, $C = 32\mu\text{F}$.

II.2. TỤ ĐIỆN PHÓNG ĐIỆN

Bài 1. Hai tụ phẳng C_1, C_2 tích điện Q_1, Q_2 .

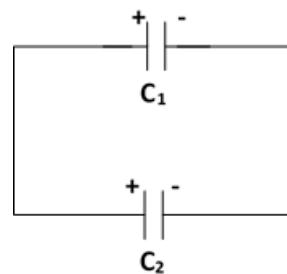
a) Tìm tổng năng lượng của tụ.

Bây giờ dùng hai dây dẫn để nối hai bản dương lại với nhau và nối hai bản âm lại với nhau.

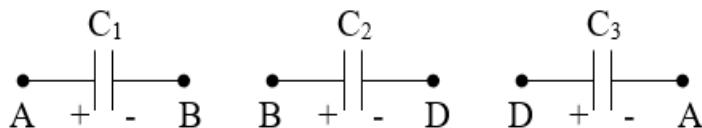
b) Tìm năng lượng mới của hệ tụ điện.

c) So sánh năng lượng này với năng ban đầu của hệ, lí giải sự khác nhau đó.

$$\text{ĐS: a. } W = \frac{Q_1^2}{2C_1} + \frac{Q_2^2}{2C_2}; \text{ b. } W' = \frac{(Q_1+Q_2)^2}{2(C_1+C_2)}$$



Bài 2. Ba tụ $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = 3\mu F$, $C_3 = 6\mu F$ được tích điện tới cùng hiệu điện thế $U = 90V$, dấu của điện tích trên các bản như hình vẽ. Sau đó các tụ được ngắt ra khỏi nguồn và nối với nhau thành mạch kín, các điểm cùng tên trên hình vẽ được nối với nhau. Tính hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ.



$$\text{ĐS: } U_1' = -90V, U_2' = 30V, U_3' = 60V.$$

Bài 3. Có 21 tụ điện giống hệt nhau đều có điện dung C mắc nối tiếp với nhau rồi mắc vào một nguồn có hiệu điện thế U . Sau khi các tụ đã nạp điện xong, bỏ nguồn điện đi và một trong số các tụ điện được mắc ngược lại, tức là đảo vị trí hai bản của tụ điện đó, người ta mắc bộ tụ đó với một điện trở R . Tính điện lượng chạy qua điện trở R và nhiệt lượng tỏa ra ở điện trở đó.

$$\text{ĐS: } \Delta q = \frac{19}{441} CU; Q_R = \frac{361}{18522} CU^2$$

Bài 4. Các tụ C_1, C_2, \dots, C_n được tích điện cùng hiệu điện thế U . Sau đó các tụ được mắc nối tiếp nhau để tạo thành mạch kín, các bản trái dấu được nối với nhau. Tính hiệu điện thế hai đầu mỗi tụ.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } U_i' = U \left(1 - \frac{nC_0}{C_i} \right)$$

Bài 5. Tụ $C_0 = 10\mu F$ được nạp điện đến $U_0 = 80V$. Dùng tụ này để nạp điện lần lượt cho các tụ C_1, C_2, C_3, \dots có điện dung bằng nhau: $C_1 = C_2 = C_3 = \dots = C = 1\mu F$.

a) Viết biểu thức tính điện tích còn lại trên C_0 sau khi nạp cho tụ C_n và hiệu điện thế trên tụ C_n .

b) Nếu sau khi nạp, đem các tụ $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ nối tiếp thành bộ thì bộ này có hiệu điện thế bằng bao nhiêu? Tính hiệu điện thế này khi $n \rightarrow \infty$.

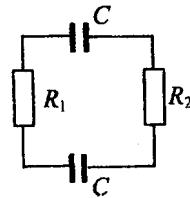
$$\text{ĐS: a. } Q_{0n} = \frac{C_0^{n+1} U_0}{(C_0 + C)^n}; U_n = \frac{C_0^n U_0}{(C_0 + C)^n}; \text{ b. } U_b = U_0 \frac{\left(\frac{C_0}{C_0 + C} \right)^n - \frac{C_0}{C_0 + C}}{\frac{C_0}{C_0 + C} - 1}. \text{ Khi } n \rightarrow \infty \text{ thì}$$

$$U_b = U_0 \frac{C_0}{C} = 800 \text{ (V)}.$$

Bài 6. Một tụ điện được nạp điện tới hiệu điện thế $4E$ rồi được mắc vào mạch gồm một điện trở, một nguồn điện có suất điện động là E , điện trở trong không đáng kể và một khoá K . Sau khi đóng khoá K , nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở là Q . Hãy xác định điện dung của tụ điện.

$$\text{ĐS: } C = \frac{2Q}{9E^2} \text{ hoặc } C = \frac{2Q}{25E^2}.$$

Bài 7. Hai tụ phẳng giống nhau có cùng điện dung C và điện tích q_0 . Tăng nhanh khoảng cách hai bán trong tụ điện dưới lên 2 lần. Bỏ qua động năng của các bán đó, hãy tìm công thực hiện trong quá trình ấy. Xác định nhiệt lượng tỏa ra trên mỗi điện trở nếu biết rằng $R_2 = 2R_1$.



$$\text{ĐS: } Q_1 = \frac{1}{18} \frac{q_0^2}{C} \text{ và } Q_2 = \frac{1}{9} \frac{q_0^2}{C}.$$

Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ: các tụ điện giống nhau đều có điện dung $C = 100\mu F$, điện trở $R = 100k\Omega$, nguồn điện có s.d.d $E = 10V$ và điện trở trong $r = 1\Omega$. Đóng khoá K . Xác định cường độ dòng điện qua điện trở tại thời điểm sau khi đóng khoá K $0,1s$

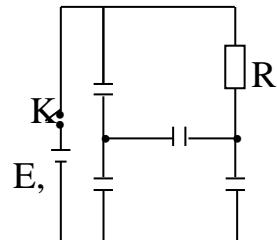
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

và cường độ dòng điện qua nguồn tại thời điểm đó. Tính nhiệt lượng toả ra trên điện trở sau một khoảng thời gian dài.

ĐS: 5mJ .

Bài 9. Trong mạch điện như hình vẽ, nguồn điện có điện trở không đáng kể, ba điện trở đều bằng R , tụ điện có điện dung C . Hãy tính nhiệt lượng toả ra trên điện trở R_2 sau khi đóng khoá K, biết điện lượng chạy qua nó là q .

$$\text{ĐS: } Q_{R_2} = \frac{q^2}{3C}$$

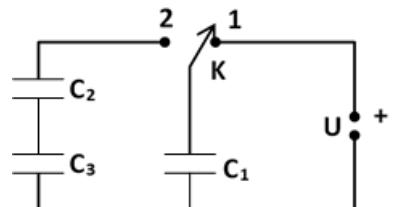


Bài 10.

Cho ba tụ $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$, $C_3 = 3\mu\text{F}$, $U =$

110V. Ban đầu K ở (1), tìm Q_1 . Đảo K sang vị trí (2), tìm Q, U mỗi tụ.

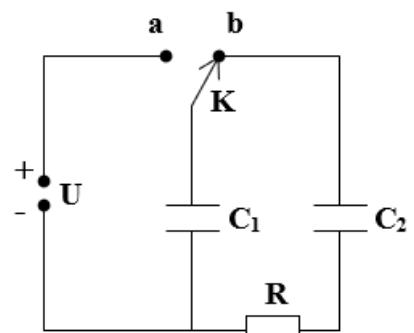
ĐS: $q_1' = 50 \mu\text{C}$; $q_2 = q_3 = 60 \mu\text{C}$, $U_1' = 50\text{V}$, $U_2 = 30\text{V}$, $U_3 = 20\text{V}$.



Bài 11.

Trong hình bên, $U = 60\text{V}$ (không đổi). $C_1 = 20\mu\text{F}$. $C_2 = 10\mu\text{F}$.

- a. ban đầu các tụ chưa tích điện. Khóa K ở vị trí b, chuyển sang a rồi lại về b. Tính điện lượng qua R.
- b. Sau đó chuyển K sang a rồi lại về b. Tính điện lượng qua R trong lần nạp điện thứ 2 này.
- c. Tính tổng điện lượng qua R sau n lần tích điện như trên
- d. Tính điện tích của C_2 sau một số rất lớn lần tích điện như trên.

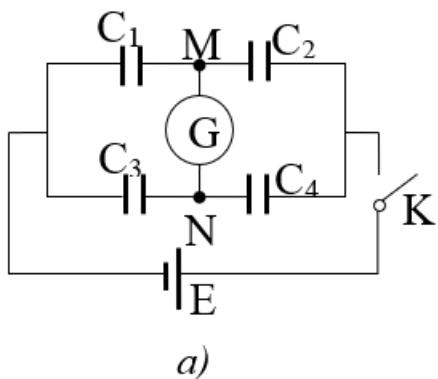


ĐS: a. $\Delta Q_1 = 4 \cdot 10^{-4}\text{C}$; b. $\Delta Q_2 = 400/3 (\mu\text{C})$; c. $Q_2^{(n)} = 600 \left(1 - \frac{1}{3^n}\right) \mu\text{C}$

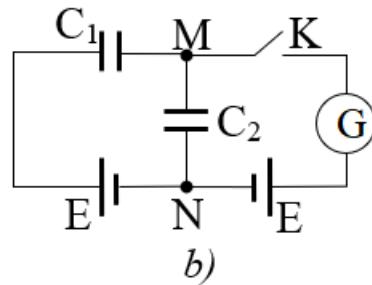
d. $\lim_{n \rightarrow \infty} Q_2^{(n)} = 6 \cdot 10^{-4}\text{C}$

Bài 12: Cho mạch điện và các đại lượng như trên các hình vẽ. Tính điện lượng Δq chuyển qua điện kế G khi đóng khoá K trên mạch điện hình vẽ a,b?

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG



$$\text{ĐS: } \Delta Q = C_2 E$$



Bài 13: Cho mạch điện như *hình vẽ 1*: $C_1 = C_2 = 3\mu F$, $C_3 = 6\mu F$, $U_{AB} = 18V$. Ban đầu khóa K ở vị trí (1) và trước khi mắc vào mạch các tụ chưa tích điện.

a) Tìm hiệu điện thế mỗi tụ khi khóa K chuyển từ (1) sang vị trí (2).

b) Tính điện lượng di chuyển qua khóa K khi khóa K chuyển từ vị trí (1) sang vị trí (2) và số electron dịch chuyển đến mỗi tụ điện.

$$\text{ĐS: a. } U'_1 = U'_2 = 13V; U'_3 = 5V; \text{ b. } \Delta Q = 48 - 39 = 9\mu C;$$

có $N_1 = 1,875 \cdot 10^{13}$ electron đến tụ C_1 , $N_2 = 3,75 \cdot 10^{13}$ electron đi đến tụ C_3 .

Bài 14: Cho mạch điện như *hình vẽ 2*: $C_1 = C_4 = 6\mu F$; $C_2 = C_3 = 3\mu F$. Ban đầu các tụ điện chưa tích điện và khóa K mở. Đặt hiệu điện thế $U_{AB} = U = 24V$.

a) Tính điện tích và hiệu điện thế trên mỗi tụ điện khi đóng khóa K.

b) Tính điện lượng dịch chuyển qua khóa K và số electron di chuyển đến mỗi tụ điện.

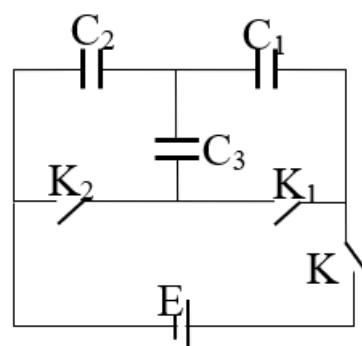
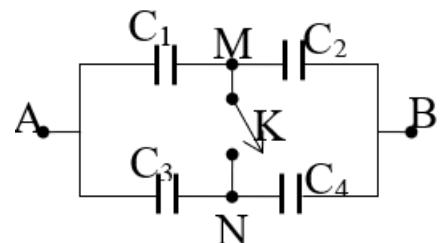
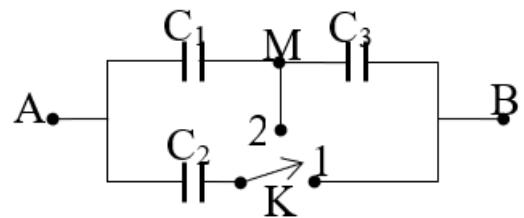
$$\text{ĐS: a. } U'_1 = U'_2 = U'_3 = U'_4 = 12V; Q'_1 = 72\mu C; Q'_2 = 36\mu C; Q'_3 = 36\mu C; Q'_4 = 72\mu C$$

b. Điện lượng dịch qua K: $\Delta Q = 36\mu C$

Có $N_1 = 1,5 \cdot 10^{14}$ electron đi tới tụ C_1 , $N_2 = 0,75 \cdot 10^{14}$ electron đi tới tụ C_2 , $N_3 = 0,75 \cdot 10^{14}$ electron ra khỏi tụ C_3 và $N_4 = 1,5 \cdot 10^{14}$ electron đi ra khỏi tụ C_4 .

Bài 15. Cho sơ đồ mạch điện như *hình vẽ 3*. Biết nguồn có suất điện động E, các tụ điện $C_3 = 2C_1 = 2C_2 = 2C$. Ban đầu khóa K đóng, khóa K₁ và K₂ ngắt. Sau khi tụ C₁ và C₂ nạp điện xong thì ngắt khóa K và đóng khóa K₁.

Khi trạng thái cân bằng tĩnh điện được thiết lập trong mạch thì ngắt khóa K₁ và đóng khóa K₂. Hồi điện tích sau cùng trên mỗi tụ điện bằng bao nhiêu?



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: : $Q_1 = \frac{1}{18}CE; Q_3 = -\frac{1}{9}CE; Q_2 = \frac{1}{6}CE$

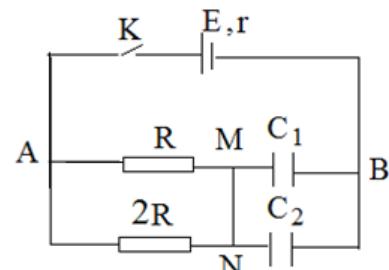
Bài 16. Cho mạch điện gồm nguồn điện $(E, r = \frac{R}{2})$, hai tụ

điện có $C_1 = C_2 = C$, ban đầu chưa tích điện và hai điện trở R và $2R$ mắc như hình 3. Bỏ qua điện trở của dây nối và khóa K. Ban đầu K ngắt.

a, Tính **điện lượng chuyển qua dây dẫn MN khi K đóng**.

b, Tính **nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R khi K đóng**.

ĐS: $\Delta q_{MN} = CE/3 = 9.10^{-6}C$; b. $Q_R = 2Q_{AM}/3 = 8CE^2/21$



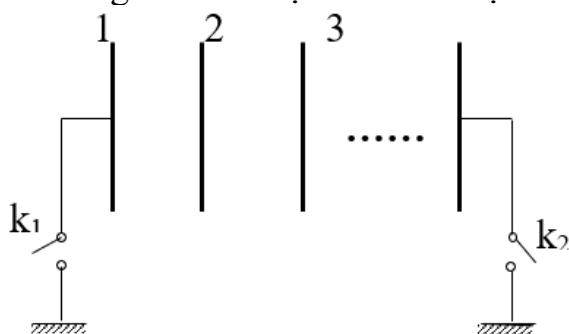
Bài 17. Có hai tụ điện phẳng giống nhau: một tụ có điện môi là không khí và có điện dung $C_0 = 100 \mu F$. Người ta tích điện cho tụ này đến hiệu điện thế $U_0 = 60V$, tụ thứ hai có điện môi, mà hằng số điện môi phụ thuộc vào hiệu điện thế U giữa hai bản tụ của nó theo quy luật $\varepsilon = \alpha U$, với $\alpha = 0,1(V^{-1})$. Tụ thứ hai ban đầu không tích điện. Ta mắc song song hai tụ này với nhau.

a) Hỏi hiệu điện thế trên mỗi tụ bằng bao nhiêu?

b) Tính độ biến thiên năng lượng của hệ tụ. Nhận xét và giải thích?

ĐS: a. $U = 20V$; b. $\Delta W = -0,12 (J)$.

Bài 18. Có 100 bản cực kim loại giống nhau, mỗi bản có diện tích S . Các bản cực đặt đối diện, cách đều nhau trong chân không, khoảng cách 2 bản cực liên tiếp là d . Ban đầu, các bản cực tích điện thứ tự từ bản 1 đến bản 100 là $Q, 2Q, 3Q, \dots, 100Q$ ($Q > 0$). Nối đồng thời bản cực 1 và bản cực 100 xuống đất (đóng khóa k_1 và k_2).



1. Xác định điện lượng chạy từ bản cực 1 và bản cực 100 xuống đất?

2. Tìm bản cực có điện thế cực đại và tính điện thế cực đại đó?

ĐS: 1. $\Delta q_1 = 1683,3Q; \Delta q_{100} = 3366,7Q$; 2. Tấm thứ 58 có điện tích cực đại:

$$V_{max} = 63441 \frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

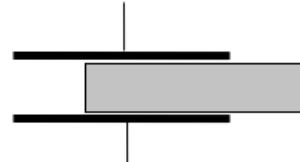
Bài 19. Hai bản tụ điện phẳng được mắc vào một nguồn có s.d.đ E và điện trở trong r. Các bản tụ đặt thẳng đứng và đưa một bình lớn chứa chất lỏng có khối lượng riêng ρ_1 và hằng số điện môi ϵ_1 tới sát mép dưới của các bản tụ. Khi đó chất lỏng sẽ bắt đầu được hút vào trong tụ. Trong thời gian thiết lập cân bằng trong hệ có toả ra nhiệt lượng là Q. Hỏi lượng nhiệt toả ra trong hệ này là bao nhiêu nếu thay chất lỏng trên bằng một chất lỏng khác có khối lượng riêng ρ_2 và hằng số điện môi ϵ_2 . Bỏ qua sức căng mặt ngoài.

$$\text{ĐS: } Q_2 = Q \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_1 - 1} \right)^2$$

Bài 20. Một tấm có hằng số điện môi $\epsilon = 3$ nằm giữa hai bản của một tụ điện phẳng, choán hết thể tích của tụ điện. Tụ điện được mắc vào một nguồn có suất điện động U = 100V qua một điện trở. Sau đó tấm được đẩy ra khỏi tụ điện thật nhanh, đến mức điện tích trên tụ điện chưa kịp biến thiên.

Hỏi phần năng lượng toả ra trong mạch sau đó dưới dạng nhiệt bằng bao nhiêu? Biết điện dung của tụ điện khi chưa có điện môi là $C_0 = 100\mu\text{F}$.

$$\text{ĐS: } Q = \frac{(\epsilon - 1)^2 C_0 U^2}{2} = 2J$$



Bài 21. Một tụ điện phẳng được mắc vào nguồn điện để giữ cho hiệu điện thế các bản luôn luôn là U_0 . Đưa vào khoảng giữa hai bản đó một điện môi có hằng số điện môi là ϵ để lắp đầy.

a. Chứng minh rằng khi đó nguồn điện thực hiện 1 công bằng $A_{\text{ng}} = \frac{q_0 U_0 (\epsilon - \epsilon_0)}{\epsilon_0}$ trong đó

q_0 là điện tích trên các bản tụ điện ban đầu (khi chưa lắp đầy điện môi)

b. Tính công thực hiện bởi lực cơ học (lắp đầy điện môi). Công thực hiện do lực đặt lên điện môi hay bởi điện môi thực hiện?

c. Nhiệt lượng toả ra ở tụ trong thời gian lắp đầy.

$$\text{ĐS: b. } A_C = \frac{q_0 U_0}{2} \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} - 1 \right); \text{ c. } Q = \frac{q_0 U_0}{2} \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} - 1 \right)$$

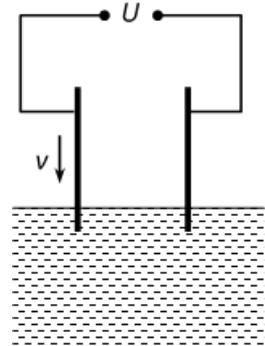
Bài 22. Một bộ **hai tụ phẳng giống nhau** đặt **trong không khí**, nối **song song** tích điện với **điện lượng Q**. Tại thời điểm $t = 0$, người ta cho **khoảng cách giữa hai bản tụ 1 tăng** theo quy luật: $d_1 = d_0 + vt$; còn **khoảng cách giữa hai bản tụ 2 giảm**: $d_2 = d_0 - vt$. Bỏ qua điện trở dây nối. Xác định **chiều, cường độ dòng điện** trong mạch trong thời gian **di chuyển** các bản tụ.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: Dòng điện trong mạch có **chiều từ bản dương của C_1 sang bản dương của C_2** ,

$$i = \frac{Qv}{2d_0} = \text{const.}$$

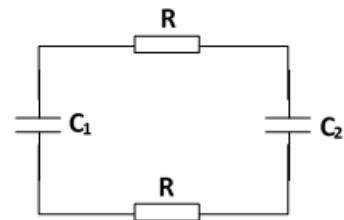
Bài 23. Một tụ điện phẳng có các bản tụ dạng hình chữ nhật giống nhau, chiều cao $h=20\text{cm}$, được nối với hiệu điện thế $U=3000\text{V}$ như hình 2. Tụ được nhúng vào một chất điện môi lỏng có hằng số điện môi $\epsilon=2$ theo phương thẳng đứng với tốc độ $v=2\text{cm/s}$. Dòng điện chạy trong dây dẫn nối với các bản tụ trong thời gian chuyển động của các bản là bao nhiêu? Điện dung của tụ khi chưa nhúng vào chất lỏng là $C=1000\text{pF}$. Bỏ qua điện trở dây dẫn.



Hình 2

$$\text{ĐS: } I = \frac{CU(\epsilon - 1)v}{h} = 3 \cdot 10^{-7} (\text{A})$$

Bài 24. Hai tụ điện phẳng không khí giống nhau, **diện tích mỗi bản tụ là $S = 80\text{cm}^2$** , **khoảng cách giữa hai bản là $d_1 = 1,2\text{mm}$** cùng **tích điện nhòe nguồn có hiệu điện thế $U_0 = 1000\text{V}$** . Sau đó hai tụ điện này được nối với nhau bằng **hai điện trở có giá trị $R = 25\text{k}\Omega$** , các **bản tụ tích điện cùng dấu** được nối với nhau. Nay **hai bản mỗi tụ** được đưa ra **cách xa nhau $d_2 = 3,6\text{mm}$** trong **thời gian $t = 2,5\text{s}$** theo hai cách:

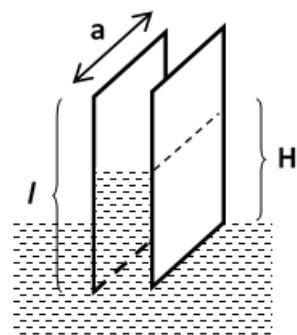


- a) **Đồng thời tách ra xa hai bản của hai tụ.**
 - b) **Tách hai bản của một tụ trước sau đó đến lượt tụ kia.**
- Hỏi cách nào tốn nhiều công hơn và tốn hơn bao nhiêu?

$$\text{ĐS: a. } A = \frac{2Q_0^2}{C_0}; \text{ b. } A' = \frac{2Q_0^2}{C_0} + \frac{RQ_0^2}{t}; \text{ Cách 2 tốn công hơn cách 1.}$$

Bài 25. Tụ phẳng không khí có các bản hình chữ nhật cách nhau một đoạn d . Méo dưới các bản chạm vào mặt điện môi lỏng ϵ có khói lượng riêng D . Nối tụ với nguồn U , điện môi dâng lên một đoạn H giữa 2 bản. Bỏ qua hiện tượng mao dẫn. Tính H ?

$$\text{ĐS: } H = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 U^2}{Dgd^2}$$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 26. Hai bản của một tụ điện phẳng đặt thẳng đứng có chiều rộng b, chiều cao h, đặt cách nhau một khoảng rất nhỏ d ($d \ll b, h$). Mèp dưới của hai bản tụ điện chạm vào một khối điện môi lỏng có hằng số điện môi ϵ và khối lượng riêng D.

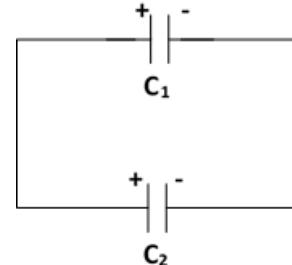
a) Nối hai bản tụ với nguồn có hiệu điện thế U, người ta thấy điện môi dâng lên trong khoảng giữa hai bản đến độ cao H. Giải thích hiện tượng đó và tính H. Bỏ qua hiện tượng mao dẫn.

b) Nếu trước khi cho hai bản tụ điện chạm vào mặt chất lỏng, người ta tích điện cho tụ điện rồi ngắt ra khỏi nguồn thì hiện tượng xảy ra có gì khác trước? Tính độ cao của cột điện môi giữa hai bản tụ điện.

$$\text{ĐS: a. } H = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 U^2}{Dgd^2}; \text{ b. } H = \frac{\sqrt{\pi k d^2 h^2 D^2 g^2 + (\epsilon - 1)^2 DghU^2}}{2\sqrt{\pi k} d G (\epsilon - 1)} - \frac{h}{2(\epsilon - 1)}$$

Bài 27. Hai tụ phẳng không khícó điện dung C, mắc song song và được tích điện đến hiệu điện thế U rồi ngắt nguồn đi. Các bản của một tụ có thể chuyển động tự do đến nhau (một tụ dữ nguyên, một tụ thay đổi khoảng cách). Tìm vận tốc các bản tụ trên tại thời điểm mà khoảng cách giữa chúng giảm đi một nửa. Biết khối lượng của một bản tụ là M, bỏ qua tác dụng của trọng lực.

$$\text{ĐS: } v = \sqrt{\frac{CU^2}{3M}}$$



Bài 28. Tụ phẳng có $S = 200\text{cm}^2$, điện môi là bản thuỷ tinh dày d = 1mm, $\epsilon = 5$, tích điện với $U = 300\text{V}$. Rút bản thuỷ tinh khỏi tụ. Tính độ biến thiên năng lượng của tụ và công cần thực hiện. Công này dùng để làm gì? Xét khi rút thuỷ tinh:

- a) Tụ vẫn nối với nguồn.
- b) Ngắt tụ khỏi nguồn.

$$\text{ĐS: a. } A = \frac{\epsilon_0 S}{2d} U^2 (\epsilon - 1) = 318 \cdot 10^{-7} \text{ (J)}; \text{ b. } A' = \frac{(\epsilon - 1)\epsilon_0 S}{2d} U^2 = 1592 \cdot 10^{-7} \text{ (J)}.$$

Bài 29. Hai bản của một tụ điện phẳng đặt trong không khí có cùng diện tích S, có thể chuyển động không ma sát dọc theo một sợi dây cách điện nằm ngang xuyên qua tâm của chúng. Một bản có khối lượng m, điện tích Q còn bản kia có khối lượng 2m, điện tích (-2Q). Ban đầu hai bản được giữ cách nhau một khoảng 3d.

- a) Tìm năng lượng điện trường giữa hai bản tụ.
- b) Ở thời điểm nào đó người ta thả hai bản ra. Hãy xác định vận tốc của mỗi bản khi chúng cách nhau một khoảng d.

$$\text{ĐS: a. } W_t = \frac{27Q^2 d}{8\epsilon_0 S}; \text{ b. } V_2 = Q \sqrt{\frac{2d}{3\epsilon_0 Sm}} \text{ và } V_1 = -2Q \sqrt{\frac{2d}{3\epsilon_0 Sm}}.$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 30. Tụ phẳng không khí có diện tích S , khoảng cách 2 bán là x , nối với nguồn U không đổi.

a) Năng lượng tụ thay đổi ra sao khi x tăng.

b) Tính công suất cần để tách các bán theo x ? Biết vận tốc các bán tách xa nhau là v .

c) Công cần thiết và độ biên thiên năng lượng của tụ đã biến thành dạng năng lượng nào?

$$\text{ĐS: a. } W = \frac{\epsilon_0 S}{2x} U^2; \text{ b. } P = \frac{\epsilon_0 S U^2 v}{2x^2}; \text{ c. } A = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2} \frac{v \Delta t}{x(x + v \Delta t)}.$$

Bài 31. Hai tụ phẳng không khí có S và $d_1 = 2d_2$ cùng được tích điện đến hiệu điện thế U rồi ngắt khỏi nguồn. Hỏi năng lượng của hệ thay đổi thế nào khi đặt C_2 vào trong C_1 (các bán song nhau)?

ĐS: Ngắt các tụ khỏi nguồn rồi đưa C_2 vào trong C_1 : điện tích trên các bán tụ không đổi. Nhưng năng lượng hệ tăng $5/3$ lần hoặc giảm đi 3 lần.

Bài 32. Bốn tấm kim loại phẳng, mỏng giống nhau hình chữ nhật, diện tích mỗi tấm là S , chiều dài l , đặt song song với nhau. Khoảng cách giữa 2 tấm liên tiếp là d . Giữa tấm A và B có lớp điện môi, lắp đầy không gian giữa 2 tấm, hằng số điện môi ϵ . Tấm A và D được nối với 2 cực của nguồn điện, có hiệu điện thế U ,

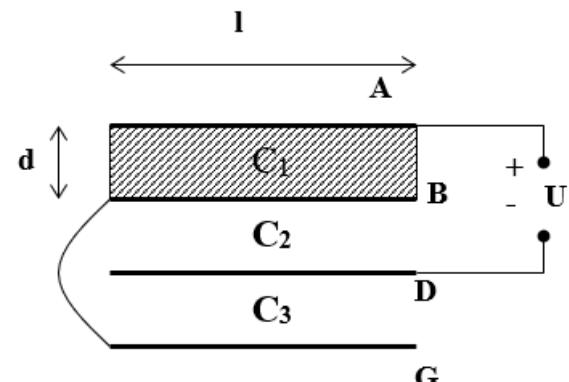
Tấm B và G nối với nhau bằng dây dẫn (hình vẽ)

a) Tính năng lượng của hệ tụ và hiệu điện thế giữa 2 tấm liên tiếp?

b) Kéo đều lớp điện môi với vận tốc v ra khỏi

các tấm kim loại. Tính công suất cần thực hiện để kéo lớp điện môi ra khỏi các bán tụ.

Bỏ qua ma sát.



$$\text{ĐS: a. Năng lượng bộ tụ: } W = \frac{\epsilon}{2 + \epsilon} C_0 U^2;$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế giữa hai tấm A và B: } U_{AB} = \frac{2U}{2 + \epsilon}$$

$$+ \text{ Hiệu điện thế giữa hai tấm B và D và hiệu điện thế giữa G và D: } U_{BD} = U_{GD} = \frac{\epsilon U}{2 + \epsilon}$$

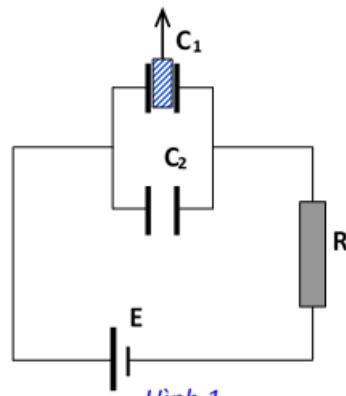
$$\text{b. } A = \frac{2(\epsilon - 1)}{3(2 + \epsilon)} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d} U^2.$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 33. Cho mạch điện có sơ đồ như hình 1. Các tụ điện có cùng kích thước. Khoảng không gian giữa hai bán tụ C_1 được lắp dày bởi tấm thuỷ tinh có hằng số điện môi ϵ còn khoảng không gian giữa hai bán tụ C_2 là không khí. Nguồn điện có suất điện động không đổi E , điện trở trong không đáng kể, R là điện trở thuận, $C_2 = C$. Hệ đang ổn định, rút nhanh tấm thuỷ tinh khỏi tụ C_1 , bỏ qua tác dụng của trọng lực và ma sát giữa tấm thuỷ tinh với tụ điện.

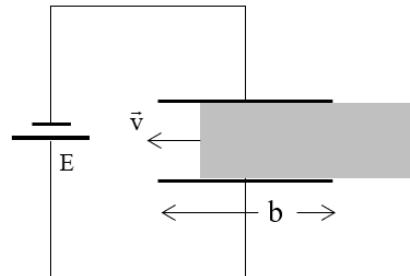
1. Tính công ngoại lực đã thực hiện.
2. Khi hệ đã ổn định, điện lượng dịch chuyển qua nguồn là bao nhiêu? Nguồn thực hiện công hay nhận công, tại sao? Tính giá trị công mà nguồn thực hiện hay nhận được.
3. Tính nhiệt lượng trung bình tỏa ra trên điện trở R .

ĐS: a. $A_1 = \frac{1}{4}(\epsilon^2 - 1)CE^2$; b. Nguồn nhận công $A_2 = (\epsilon - 1)CE^2$; c. $Q = \frac{1}{4}(\epsilon - 1)^2 CE^2$



Hình 1

Bài 34. Một tụ điện phẳng có các bán hình chữ nhật, mỗi bán cao $h = 10\text{cm}$, bề ngang $b = 20\text{cm}$; hai bán cách nhau $d = 3\text{mm}$. Hai bán tụ được nối với nguồn suất điện động $E = 1000\text{V}$ và điện trở trong không đáng kể.



Người ta đặt một tấm thuỷ tinh kích thước lớn, dày 3mm, lúc đầu ($t_0 = 0$) sát mép bên phải tụ điện. Cho tấm thuỷ tinh đi vào khe giữa hai bán với tốc độ 2cm/s^2 dọc theo bề ngang b. Biết thuỷ tinh có $\epsilon = 7$.

Tìm cường độ dòng điện trong mạch ở thời điểm $t = 2\text{s}$.

ĐS: $I = 7 \cdot 10^{-8} (\text{A})$

Bài 35. Một tụ trụ không khí, có các bán kính mặt trụ trong và ngoài lần lượt là R_1, R_2 ($R_1 < R_2$), chiều cao tụ trụ là a .

- a. Hãy thành lập công thức tính điện dung của tụ trụ.

Tụ trụ sau đó được nhúng thẳng đứng, ngập trong bình đựng chất điện môi lỏng có hằng số điện môi ϵ , mép dưới của các bán tụ ở sát đáy bình (Hình 4). Bình có diện tích tiết diện ngang là S_1 và được đặt trên mặt bàn nằm ngang. Hai bán tụ trụ được nối với nguồn điện có suất điện động E không đổi, điện trở trong không đáng kể. Bỏ qua điện trở các dây nối.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Sát đáy bình chất lỏng một lỗ có diện tích tiết diện ngang S_2 ở đáy bình, chất điện môi được tháo ra khỏi bình qua lỗ này. Gọi v_1 là tốc độ hạ thấp mức chất lỏng trong bình như một chất lưu lí tưởng, h là độ cao mức chất lỏng trong bình.

b. Hãy viết biểu thức v_1 theo h .

Lấy gốc thời gian khi mặt thoáng của chất điện môi ở ngang mép trên của các bản tụ.

c. Viết biểu thức h theo thời gian t .

d. Viết biểu thức diện tích Q của tụ theo h .

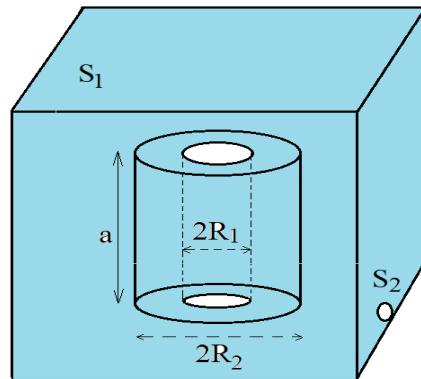
e. Hãy lập biểu thức cường độ dòng điện trong mạch phụ thuộc vào thời gian và vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc đó.

Trong bài toán này, coi $\varepsilon, E, a, R_1, R_2, S_1, S_2$ và g là tốc trọng trường đã biết.

$$\text{ĐS: a. } C = \frac{2\pi\varepsilon_0 a}{\ln \frac{R_2}{R_1}}; \text{ b. } v_1 = \sqrt{\frac{2gS_2^2}{S_1^2 - S_2^2}} h; \text{ c. } h = \left(\sqrt{a} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2gS_2^2}{S_1^2 - S_2^2}} t \right)^2;$$

$$\text{d. } Q = EC = \frac{\varepsilon_0 2\pi E}{\ln \frac{R_2}{R_1}} [a + (\varepsilon - 1)h];$$

$$\text{e. } I = \frac{(\varepsilon - 1)\varepsilon_0 2\pi E}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \sqrt{\frac{2gS_2^2}{S_1^2 - S_2^2}} \left(\sqrt{a} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2gS_2^2}{S_1^2 - S_2^2}} t \right)$$



Hình 4

CHƯƠNG III

PHƯƠNG PHÁP ẢNH ĐIỆN

Bài 1. Một điện tích điểm $q = 20,0 \text{ nC}$ đặt trong chân không cách một thành phẳng bằng kim loại đã nối đất một khoảng $a = 50\text{mm}$.

1. Tìm lực F trong tương tác giữa điện tích q và thành phẳng.

2. Mật độ điện tích hướng ứng trên mặt vật dẫn.

$$\text{ĐS: } 1. F = \frac{kq^2}{4a^2}; \quad 2. \sigma = \frac{qa}{2\pi r^3}$$

Bài 2. Một quả cầu nhỏ khối lượng m , điện tích q ban đầu được giữ ở vị trí thẳng đứng, cách một mặt phẳng kim loại rộng vô hạn, có mật độ điện mặt σ một khoảng h . Thả quả cầu cho nó chuyển động. Hãy nghiên cứu chuyển động của quả cầu.

$$\text{ĐS: } d_0 = \sqrt{\frac{k\epsilon_0 q^2}{2\sigma q - 4\epsilon_0 mg}}$$

+ Nếu $h < d_0$ quả cầu chuyển động xuống và bị hút vào bản kim loại.

+ Nếu $h = d_0$ quả cầu ở vị trí cân bằng.

+ Nếu $h > d_0$ quả cầu chuyển động ra xa bản kim loại.

Bài 3. Điện tích q đặt trước mặt phẳng dẫn rộng vô hạn và cách mặt phẳng dẫn một khoảng a . Hãy xác định cường độ điện trường và mật độ điện mặt tại một điểm M trên mặt phẳng dẫn, cách điện tích q một khoảng r .

$$\text{ĐS: } E = \frac{qa}{2\pi\epsilon_0 r^3}; \quad \sigma = \frac{qa}{2\pi r^3}.$$

Bài 4. Một điện tích điểm q cách tâm quả cầu kim loại bán kính R nối đất một khoảng a . Hãy xác định :

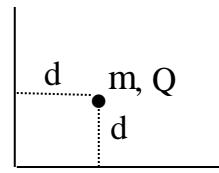
1. Xác định lực tương tác giữa điện tích q và quả cầu.

2. Cường độ điện trường do hệ gồm điện tích q và điện tích hướng ứng trên bề mặt quả cầu gây ra trong không gian xung quanh và trên mặt cầu.

$$\text{ĐS: } 1. F = \frac{Raq^2}{4\pi\epsilon_0(a^2 - R^2)^2}; \quad 2. E = \frac{kq(a^2 - R^2)}{RR_2^3}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 5. Một mảng kim loại rỗng được uốn thành dạng góc vuông như hình vẽ. Một điện tích điểm có khối lượng m và điện tích Q được đặt ở vị trí cách mỗi mặt một khoảng d . Thả tự do điện tích.



Hãy xác định :

- Gia tốc của điện tích khi nó bắt đầu chuyển động.
- Vận tốc của nó khi nó đi được một đoạn $d/\sqrt{2}$. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

ĐS: a. $|a| = (2\sqrt{2} - 1) \frac{kQ^2}{8d^2}$; b. $v = \frac{q}{2} \sqrt{\frac{k}{md}(4 - \sqrt{2})}$

Bài 6. Đặt điện tích điểm q tại điểm O cách tâm C của quả cầu kim loại bán kính R nổi đất một khoảng $\ell > R$. Hệ q và quả cầu đặt rất xa các điện tích khác, điện thế của mặt đất bằng 0.

1.Tính lực mà q tác dụng lên quả cầu.

2.Tính mật độ điện tích tại điểm M trên bề mặt quả cầu, biết \overrightarrow{CM} hợp với \overrightarrow{CO} một góc θ .

3.Tính công mà ta cần tác động lên q để dịch chuyển nó từ O ra rất xa quả cầu nếu quả cầu luôn luôn nổi đất.

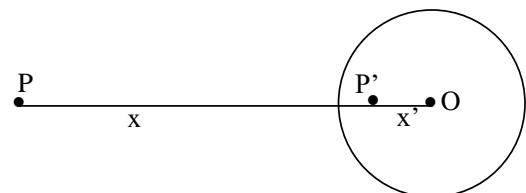
4.Tính thế năng tự tương tác của các điện tích cảm ứng trên bề mặt quả cầu.

ĐS: 1. $F_{qC} = k \frac{q^2 R \ell}{(\ell^2 - R^2)^2}$; 2. $\sigma_M = \epsilon_0 E_{Mn} = \frac{q}{4\pi R^2} \frac{1 - \frac{\ell^2}{R^2}}{\left(1 + \frac{\ell^2}{R^2} - 2\frac{\ell}{R} \cos \theta\right)^{\frac{3}{2}}}$; 3. $A = \frac{1}{2} k \frac{q^2 R}{\ell^2 - R^2}$;

4. $W = \frac{1}{2} k \frac{q^2 R}{\ell^2 - R^2}$

Bài 7. Một quả cầu dẫn điện bán kính $r = 2\text{cm}$

được nối đất. Có một electron ban đầu từ xa chuyển động với vận tốc v_0 theo hướng thẳng cách tâm quả cầu một khoảng bằng $2r$. Hãy xác định giá trị vận tốc của electron khi bay tới gần quả cầu nhất, nếu biết rằng tại vị trí gần nhất điện tử cách tâm quả cầu một khoảng $3r/2$.



ĐS: $v = e \sqrt{\frac{32}{70} \cdot \frac{1}{\pi \epsilon_0 r m}}$

Bài 8. Một chất điểm có khối lượng m và điện tích Q đặt cách mảng dẫn điện rộng vô hạn một khoảng L , tại thời điểm $t = 0$ người ta thả m ra. Xác định thời gian để m bay đến mảng phẳng. Bỏ qua trọng lực.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } t = \pi \sqrt{\frac{mL^3}{2kQ^2}}$$

Bài 9. Cho điện tích $q = 10^{-8} \text{C}$, $m = 0,01 \text{g}$ cách tâm dẫn phẳng vô hạn đoạn $h = 4 \text{cm}$. Xác định :

- a) Gia tốc của điện tích khi nó bắt đầu chuyển động.
- b) Thế năng của hệ điện tích và tâm dẫn phẳng vô hạn.
- c) Vận tốc của điện tích trước khi chạm vào tâm dẫn phẳng.
- d) Thời gian để điện tích bay đến tâm phẳng.

$$\text{ĐS: a. } a = k \frac{q^2}{m(2h)^2} = 14,0625 \text{ (m/s}^2\text{)}; \text{ b. } W_t = -\frac{kq^2}{4h}; \text{ c. } v = \sqrt{\frac{3k}{2mh}}q; \text{ d. } t = \sqrt{\frac{m\pi^2 h^3}{2kq^2}}$$

Bài 10. Một điện tích điểm q đặt tại điểm A cách mặt phẳng phân chia hai môi trường điện môi đồng chất, vô hạn một khoảng a , hằng số điện môi của các môi trường ϵ_1, ϵ_2 .

1. Tìm điện thế φ của điện trường.
2. Lực tác dụng lên điện tích q .

$$\text{ĐS: 1. } \varphi_1 = \frac{kq}{\epsilon_1 r_1} + \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2)kq}{\epsilon_1(\epsilon_1 + \epsilon_2)r_2}; \varphi_2 = \frac{2kq}{(\epsilon_1 + \epsilon_2)}$$

$$2. \frac{k(\epsilon_1 - \epsilon_2)q^2}{\epsilon_1(\epsilon_1 + \epsilon_2) \cdot 4a^2}$$

Bài 11. Một hạt khối lượng m , tích điện q quay quanh quả cầu dẫn điện bán kính r , tích điện Q . Quỹ đạo của hạt là đường tròn bán kính R và tâm trùng với tâm quả cầu. Tính tốc độ góc quay của hạt.

$$\text{ĐS: } \omega = \sqrt{\frac{q}{4\pi\epsilon_0 m} \left[\frac{qr}{(R^2 - r^2)^2} - \frac{(QR + qr)}{4\pi\epsilon_0 R^4} \right]}$$

Bài 12. Một mặt phẳng dẫn điện nối đất có một chỗ lồi lên hình bán cầu bán kính a . Tâm bán cầu nằm trên mặt phẳng. Điện tích điểm q nằm trên trực đối xứng của hệ và cách mặt phẳng một khoảng b ($b > a$). Xác định điện thế φ và điện tích hưởng ứng ở chỗ lồi lên.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } \varphi = kq \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_4} - \frac{a}{b} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} \right) \right]; Q' = q \left(1 - \frac{b^2 - a^2}{b\sqrt{a^2 + b^2}} \right)$$

Bài 13. Một dây dẫn thẳng, dài vô hạn được tích điện với mật độ điện dài λ , đặt song song với trục của một hình trụ có bán kính r mang điện $-\lambda$ trên một đơn vị độ dài. Khoảng cách giữa dây dẫn và trục hình trụ bằng a .

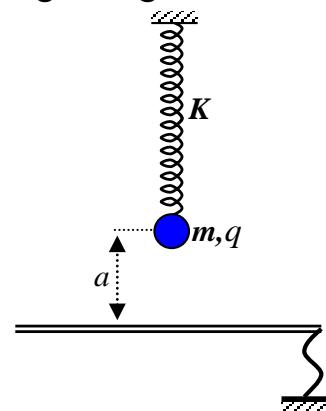
1. Xác định lực tác dụng lên một đơn vị độ dài của dây dẫn.
2. Tìm điện thế, cường độ điện trường do hệ sinh ra trên mặt trụ.
3. Tìm phân bố điện tích mặt trên mặt trụ.

$$\text{ĐS: 1. } F = \frac{\lambda^2 a}{2\pi\epsilon_0(a^2 - r^2)}; 2. \varphi = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r}{a}; 3. \sigma = \frac{\lambda b}{2\pi R_1 R_2}$$

Bài 14. Trường tĩnh điện tạo bởi hai hình trụ dẫn điện có các trục song song, bán kính R_1, R_2 và có mật độ điện dài là $\pm\lambda$. Khoảng cách giữa hai trụ là l . Tìm điện dung tương hỗ của các hình trụ trên một đơn vị độ dài.

$$\text{ĐS: } C = 2\pi\epsilon_0 \left[\ln \frac{l(l+b) - R_1^2 - R_2^2}{2R_1 R_2} \right]$$

Bài 15. Một lò xo nhẹ, cách điện, một đầu gắn chặt vào giá cố định, đầu còn lại treo quả cầu kim loại nhỏ khối lượng m , tích điện q . Hệ được đặt trong không khí và khi cân bằng quả cách một thành phẳng bằng kim loại đã nối đất một khoảng a (*hình vẽ*)



1. Từ vị trí cân bằng người ta kéo quả cầu xuống dưới, cách VTCB một đoạn x_0 ($x_0 \ll 2a$) rồi thả nhẹ. Chứng minh quả cầu dao động điều hòa. Lập biểu thức tính chu kì và viết phương trình dao động của quả cầu.

2. Nghiên cứu sự biến đổi mật độ điện tích hướng ứng trên mặt vật dẫn tại điểm M cách vị trí cân bằng của quả cầu khoảng $2a$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: 1. $x = x_0 \cos \omega t$; $\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{q^2}{16\pi m \epsilon_0 a^3}}$ quả cầu dao động điều hòa với chu kì

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{q^2}{16k\pi\epsilon_0 a^3}}}$$

2. Khi đó $\sigma = \frac{q}{16\pi a^2} \left(1 - \frac{x}{2a}\right)^{-3/2} \approx \sigma_0 \left(1 + \frac{3x}{4a}\right) \rightarrow$ mật độ điện tích tại M cũng biến đổi tuần hoàn.

$$+ \sigma_{\max} = \sigma_0 \left(1 + \frac{3x_0}{4a}\right) \Leftrightarrow x = x_0 \rightarrow \text{quả cầu ở vị trí thấp nhất}$$

$$+ \sigma_{\min} = \sigma_0 \left(1 - \frac{3x_0}{4a}\right) \Leftrightarrow x = -x_0 \rightarrow \text{quả cầu ở vị trí cao nhất}$$

Bài 16. Một điện tích q đặt trong một điện môi đồng chất và cách mặt phẳng phân chia điện môi và một van dãy rộng vô hạn một khoảng a . Tìm điện thế φ trong điện môi, phân bố điện tích hướng ứng σ trên bề mặt kim loại.

$$\text{ĐS: } \varphi = \frac{kq}{\epsilon r_1} - \frac{kq}{\epsilon r_2} ; \sigma = \frac{qa}{\pi r^3}.$$

Bài 17. Một quả cầu dẫn điện bán kính R_1 đặt trong một điện môi đồng chất có hằng số điện môi ϵ_1 . Bên trong quả cầu có một lỗ hổng hình cầu bán kính R_2 chứa đầy điện môi đồng chất hằng số điện môi ϵ_2 . Trong lỗ hổng có một điện tích điểm q ở cách tâm nó một khoảng a ($a < R_2$). Tìm thế của điện trường trong toàn không gian.

$$\text{ĐS: - Ở bên ngoài quả cầu bằng: } \varphi_1 = k \frac{q}{\epsilon_1 r}$$

$$- Ở bên trong vật dẫn t: \varphi_2 = k \frac{q}{\epsilon_1 R_1}$$

$$- Ở bên trong lỗ hổng: \varphi_3 = \frac{kq}{\epsilon_2 R_1} - \frac{kq'}{\epsilon_2 r_2} + \frac{kq}{\epsilon_1 R_1}$$

Bài 18. Một quả cầu dẫn điện bán kính R ở trong trường của một điện tích điểm q cách tâm quả cầu một khoảng $a > R$. Hệ trên được nhúng vào một điện môi đồng chất hằng số điện môi ϵ . Tìm thế của trường φ nếu cho trước

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

1. Điện tích của quả cầu Q

2. Điện thế của quả cầu φ_0 (ở vô cực $\varphi = 0$)

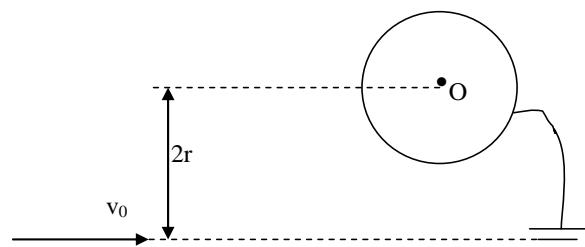
$$\text{ĐS:} 1. \text{ Điện thế do hệ gây ra tại điểm M là: } \varphi = \frac{q}{\epsilon r_1} + \frac{Q + q'}{\epsilon r} - \frac{q'}{\epsilon r_2}$$

$$\text{ở đây: } q' = \frac{qR}{a}; \quad r_2 = \sqrt{r^2 + a'^2 - 2a'r \cos \theta} \quad ; \quad a' = \frac{R^2}{a}$$

$$2. \text{ Nếu quả cầu nối đất } (\varphi_0 = 0) \text{ thì điện thế có dạng: } \varphi = \frac{q}{\epsilon r_1} - \frac{q'}{\epsilon r_2}$$

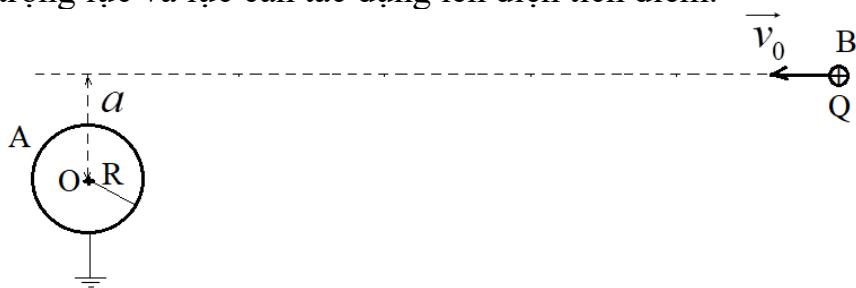
Bài 19. Một quả cầu dẫn điện bán kính $r = 2\text{cm}$ được nối đất. Có 1 điện tử ban đầu từ xa chuyển động với vận tốc v_0 theo hướng thẳng cách tâm quả cầu một khoảng bằng $2r$.

Hãy xác định giá trị vận tốc của điện tử khi bay tới gần quả cầu nhất, nếu biết rằng tại vị trí gần nhất điện tử cách tâm quả cầu một khoảng $3r/2$.



$$\text{ĐS: } v = e \sqrt{\frac{32}{70} \cdot \frac{1}{\pi \epsilon_0 r m}}$$

Bài 20. Quả cầu dẫn A đặt cố định, có tâm O, bán kính R, nối đất qua dây dẫn điện. Một điện tích điểm B, mang điện tích dương Q không đổi, khối lượng m, bay từ rất xa, có vận tốc ban đầu \vec{v}_0 về phía quả cầu với thông số va chạm a (Hình 3), a chính là khoảng cách từ giá véc tơ \vec{v}_0 đến tâm O quả cầu. Gọi r là khoảng cách giữa điện tích điểm B và tâm quả cầu A. Khi ở khoảng cách r thì tốc độ điện tích điểm B là v , khi đó do hưởng ứng tĩnh điện, quả cầu A cũng tích điện. Theo phương pháp ảnh điện, thì quả cầu A tương đương như điện tích ảnh mang điện tích Q' nằm tại C. Bỏ qua tác dụng của trọng lực và lực cản tác dụng lên điện tích điểm.



Hình 3

- a. Hãy viết biểu thức xác định OC và Q' theo R, r và Q.
- b. Tìm biểu thức vận tốc v theo m, r, Q và v_0 .

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

c. Biết rằng quỹ đạo của điện tích B đi lướt qua quả cầu A, cách tâm O một khoảng cách cực tiểu $r_{\min} = 2R$. Trong điều kiện này, hãy tìm giá trị của v_0 theo Q, a, m và R.

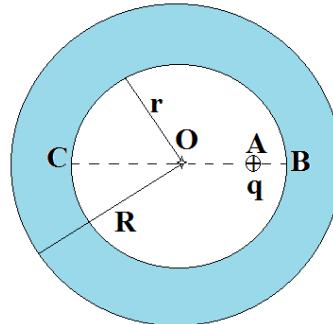
$$\text{ĐS: a. } OC = \frac{R^2}{r}, Q' = -Q \frac{R}{r}; \text{ b. } v = \sqrt{v_0^2 + \frac{kQ^2R}{m(r^2 - R^2)}}; \text{ c. } v_0 = \sqrt{\frac{4kQ^2R}{3m[a^2 - 4R^2]}}$$

Bài 21. Một quả cầu rỗng dẫn điện, ban đầu chưa tích điện, có bán kính trong là r và bán kính ngoài là R .

Sau đó người ta đưa vào bên trong quả cầu rỗng này một điện tích điểm dương q , q đặt tại điểm A cách tâm O quả cầu một đoạn là $OA = d$, $d < r < R$ (hình 4). Hãy tìm:

- a. Điện thế của vỏ cầu, lấy điện thế ở xa vô cùng bằng 0.
- b. Mật độ điện tích mặt của mặt ngoài vỏ.
- c. Mật độ điện tích tại điểm B và C của mặt trong vỏ.

$$\text{ĐS: a. } V(r) = \frac{kq}{R}; \text{ b. } \sigma = \frac{q}{4\pi R^2}; \text{ c. }$$

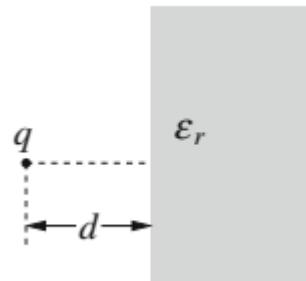


Hình 4

Bài 22. Điện tích ở phía trước một nửa không gian chứa điện môi

Một mặt phẳng chia toàn bộ không gian thành hai nửa, một trong hai không gian còn lại được lấp đầy bởi một môi trường điện môi có hằng số điện môi ϵ_r . Một điện tích điểm q được đặt trong chân không ở khoảng cách d so với môi trường như trong hình 3.1.

- a) Tìm điện thế và điện trường trong toàn bộ không gian, sử dụng phương pháp ảnh điện.
- b) Tính mật độ điện tích phân cực bề mặt trên mặt phẳng phân cách và tổng điện tích phân cực của mặt phẳng.
- c) Tìm điện trường được tạo bởi điện tích phân cực trong toàn bộ không gian.



CHƯƠNG IV LUỒNG CỰC ĐIỆN

Bài 1.

Một luồng cực điện có momen \vec{p} , có tâm O, được đặt dọc theo trục x'Ox. Luồng cực nằm trong một điện trường đều E_0 hướng theo trục x'Ox.

a. Tìm biểu thức cho điện thế V của hệ gồm luồng cực và điện trường, tại một điểm M có tọa độ cực r và θ , ở đủ xa luồng cực. Người ta giả thiết điện thế của điện trường đều E_0 bằng không tại điểm O.

b. Xác định mặt đẳng thế $V=0$.

c. Chứng minh rằng cường độ điện trường trên mặt đẳng thế $V=0$ có giá trị $3E_0\cos\theta$.

$$\text{ĐS: a. } V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p_e \cos\theta}{r^2}; \text{ b. Mặt cầu tâm O bán kính } r = \sqrt[3]{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p_e}{E_0}}.$$

Bài 2. Một luồng cực điện điểm, với mô men điện \vec{p} định hướng theo chiều dương trục z, được đặt tại gốc tọa độ O. Hãy tìm hình chiếu của vec tơ cường độ điện trường E_z và E_{\perp} lên một mặt phẳng vuông góc với trục z tại điểm S.

$$\text{ĐS: } E_z = \frac{p_e}{4\pi\epsilon_0 r^3} (3\cos^2\theta - 1); E_{\perp} = \frac{3p_e \sin\theta \cos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

Bài 3. Hai đầu một đòn cân nhẹ chiều dài $2L$ có gắn điện tích $+Q$ và $-Q$ với cùng khối lượng M. Đòn cân có thể quay không ma sát quanh trục thẳng đứng. Ở dưới đòn cân, trên đường thẳng nối $+Q$ và $-Q$ có một luồng cực điện nhỏ gồm hai điện tích $+q$ và $-q$ cách nhau $2a$ (với $a \ll L$) cố định. Ở thời điểm ban đầu đòn cân nằm ở vị trí cân bằng. Tính tần số dao động nhỏ của đòn cân trong mặt phẳng thẳng đứng.

$$\text{ĐS: } f = \frac{1}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{Qqa}{2M\pi\epsilon_0}}$$

Bài 4. Tìm chu kì dao động nhỏ của bốn vật tích điện giống nhau nối với nhau bằng các sợi dây có độ dài l. Các mũi tên trên hình vẽ là hướng chuyển động của vật khi dao động tại một thời điểm nào đó. Khối lượng và điện tích của mỗi vật tương ứng bằng m và q.

$$\text{ĐS: } T = \frac{4\pi}{q} \sqrt{\frac{\sqrt{2}\pi\epsilon_0 ml^3}{3}}.$$

Bài 5. Một bán cầu mỏng bán kính R, tích điện với mật độ điện mặt σ . Một luồng cực điện có mô men luồng cực là p_e nằm cân bằng tại tâm của bán cầu. Hãy xác định chu kì dao động nhỏ của luồng cực?

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 4\pi \cdot \sqrt{\frac{\epsilon_0 \cdot I}{P_e \cdot \sigma}}$$

Bài 6. Một lưỡng cực điện điểm, với mô men điện \vec{p} , có tâm O, được đặt dọc theo trục x'Ox. Lưỡng cực đặt trong điện trường ngoài đều có vec tơ cường độ bằng \vec{E}_0 hướng theo trục x'Ox.

- a) Tìm biểu thức cho điện thế V của hệ gồm lưỡng cực và điện trường tại một điểm M có tọa độ cực r, và góc θ , ở đủ xa lưỡng cực. Người ta giả thiết điện thế của điện trường đều \vec{E}_0 bằng không tại điểm gốc O.
- b) Xác định mặt đẳng thế $V = 0$. Xác định kích thước mặt đẳng thế đó.
- c) Chứng minh rằng cường độ điện trường trên mặt đẳng thế $V = 0$ có giá trị $3E_0 \cos \theta$
- d) Thay mặt đẳng thế đó bằng một mặt cầu kim loại mà không làm thay đổi điện thế tại mọi điểm bên ngoài. Tính mật độ điện mặt σ tại mọi điểm của mặt cầu.

$$\text{ĐS:a. } V_M = V_E + V = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p_e}{r^2} - E_0 r \right) \cos \theta$$

$$\text{b. Đó là mặt cầu tâm O bán kính } r = \sqrt[3]{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p_e}{E_0}}; \quad \text{d. } \sigma = 3\epsilon_0 E_0 \cos \theta$$

Bài 7. Một lưỡng cực điện có momen \vec{p} , tâm O được đặt dọc theo trục x'Ox. Lưỡng cực nằm trong một điện trường đều \vec{E}_0 hướng theo trục x'Ox..

- a) Tìm biểu thức cho điện thế V của hệ gồm lưỡng cực và điện trường, tại một điểm M có tọa độ cực r và θ , ở đủ xa lưỡng cực. Người ta giả thiết điện thế của điện trường đều \vec{E}_0 bằng không tại điểm O
- b) Xác định rằng cường độ điện trường trên mặt đẳng thế $V = 0$ có giá trị $3E_0 \cos \theta$.

$$\text{ĐS: a. } V_M = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p_e}{r^2} - E_0 r \right) \cos \theta; \quad \text{b. } \vec{E} = \begin{cases} E_r = 3E_0 \cos \theta \\ E_0 = 0 \end{cases}$$

Bài 8. (Chọn ĐT Olympic Quốc Tế 2009) Trong mặt phẳng Oxy người ta đặt cố định tại gốc tọa độ O một lưỡng cực điện có momen lưỡng cực \vec{p} . Vec tơ \vec{p} nằm trên trục Ox và hướng theo chiều dương của Ox (Hình vẽ). Một hạt nhỏ khối lượng m, điện tích q chuyển động ở vùng xa gốc O trong mặt phẳng dưới tác dụng của điện trường gây bởi

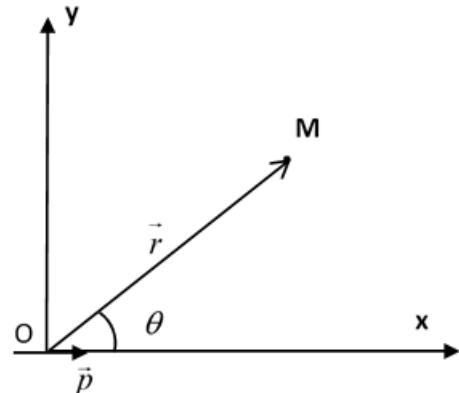
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

lưỡng cực. Bỏ qua tác dụng của trọng lực và lực cản. Xét chuyển động của hạt trong hệ tọa độ cực. Vị trí M của hạt ở thời điểm t được xác định bởi vectơ $\vec{r} = \overrightarrow{OM}$ và góc $\theta = (\overrightarrow{OM}, \vec{p})$.

1. Chứng minh rằng chuyển động của hạt tuân theo các phương trình vi phân sau:

$$\left(r^2 \theta' \right)' = \frac{qp \sin \theta}{4\pi \epsilon_0 m r^2} \quad (1)$$

$$r'^2 + rr'' = \frac{2W_0}{m} \quad (2)$$



Trong đó W_0 là năng lượng ban đầu của hạt.

2. Biết tại thời điểm $t = 0$ hạt ở vị trí M_0 có $r(0) = r_0$; $\theta(0) = \theta_0$; $r'(0) = r'_0$; $\theta'(0) = \theta'_0$.

Hãy xác định khoảng cách $r(t)$ từ hạt tới gốc O theo t .

3. Tìm các điều kiện để hạt chuyển động theo quỹ đạo là cung tròn tâm O bán kính r_0 . Tính chu kì và tốc độ góc cực đại của hạt. Mô tả chuyển động của hạt trong hai trường hợp: $q > 0$ và $q < 0$.

$$\text{Cho } \int_0^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta}} \approx 2,62.$$

$$\text{ĐS:2. } r^2(t) = \frac{2W_0}{m} t^2 + 2r_0 r'_0 t + r_0^2; \quad 3. \quad T = 10,48 \sqrt{\frac{2\pi \epsilon_0 m r_0^4}{|qp|}}$$

Bài 9. Lưỡng cực điện có mô men \vec{p}_1 hướng theo trục Ox, được đặt cố định ở điểm O. Lưỡng cực điện có mô men \vec{p}_2 đặt ở điểm M có tọa độ $M(r, \theta_1)$ chỉ có thể quay quanh M.

1) Ở vị trí cân bằng, \vec{p}_2 lập với OM một góc θ_2 . Tìm mối liên hệ giữa θ_1 và θ_2 . Tính toán cho trường hợp $\theta_1 = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$

2) a) Biểu diễn năng lượng $W = -\vec{p}_2 \cdot \vec{E}_1$ của lưỡng cực \vec{p}_2 nằm cân bằng trong điện trường \vec{E}_1 của \vec{p}_1 .

b) Tìm giá trị của θ_1 sao cho năng lượng đó là cực tiểu. Xác định lực hút giữa hai lưỡng cực ứng với giá trị θ_1 này.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

3) Tính năng lượng cực tiêu và lực hút nếu các lưỡng cực là hai phân tử nước đặt cách nhau 3 \AA . Cho biết mỗi liên kết OH trong phân tử nước có mô men $p = 4 \cdot 10^{-30} \text{ C.m}$ và hai liên kết OH lập với nhau góc $\alpha = 150^\circ$.

$$\text{ĐS: 1. } \tan\theta_2 = \frac{1}{2} \tan\theta_1; 2a. W = -\frac{p_1 p_2}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2\cos\theta_1 \cos\theta_{2c} + \sin\theta_1 \sin\theta_{2c})$$

$$2b. + \text{Nếu } \cos\theta_1 = 0 \text{ hay } \theta_1 = \frac{\pi}{2} \text{ và } \theta_{2c} = \frac{\pi}{2} \text{ khi đó } W = -\frac{p_1 p_2}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

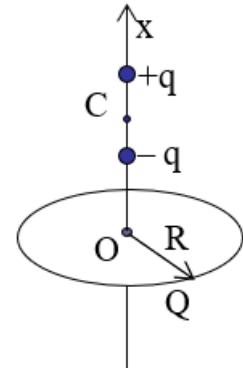
$$+ \text{Nếu } \sin\theta_{2c} = 0 \text{ hay } \theta_{2c} = 0 \text{ và } \theta_1 = 0 \text{ khi đó } W = -\frac{2p_1 p_2}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

Đó là năng lượng ở trạng thái cân bằng bền, mà lực hút là $F = -\frac{dW}{dr}$ hay $F = \frac{6p_1 p_2}{4\pi\epsilon_0 r^4}$

3. Năng lượng cực tiêu là : $W_{\min} = -1,58 \cdot 10^{-20} \text{ J} \approx -0,1 \text{ eV}$

Lực hút giữa hai phân tử là $F = 1,58 \cdot 10^{-10} \text{ N}$

Bài 10. Đặt trong chân không một vòng dây mảnh, tròn, bán kính R , tâm O , mang điện tích dương Q phân bố đều. Dựng trực Oz vuông góc với mặt phẳng của vòng dây và hướng theo chiều vec tơ cường độ điện trường của vòng dây tại O (hình vẽ). Một lưỡng cực điện có vec tơ mô men lưỡng cực \vec{p} , tâm C và có khối lượng m chuyển động dọc theo trực Oz mà chiều của \vec{p} luôn trùng với chiều dương của trực Oz . Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



a) Xác định tọa độ z_0 của C khi lưỡng cực ở vị trí cân bằng bền và khi lưỡng cực ở vị trí cân bằng không bền. Tính chu kì T của dao động nhỏ của lưỡng cực quanh vị trí cân bằng bền.

b) Giả sử ban đầu điểm C nằm ở điểm O và vận tốc của lưỡng cực bằng không. Tính vận tốc cực đại của lưỡng cực khi nó chuyển động trên trực Oz .

$$\text{ĐS:a. } z' = \frac{r\sqrt{2}}{2} + x; T = \frac{\pi r^2 3^{5/4}}{2} \sqrt{\frac{m}{kpQ}}; b. v_{\max} = \frac{2}{r \cdot 3^{3/4}} \sqrt{\frac{kpQ}{m}}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 11. Hãy tìm điện thế tĩnh điện phát sinh do một lưỡng cực điện có độ lớn d nằm tại khoảng cách L tính từ tâm của một quả cầu dẫn nối đất, bán kính a. Giả thiết rằng trục của lưỡng cực đó đi qua tâm của quả cầu.

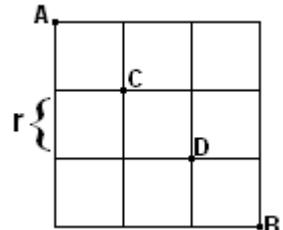
$$\text{ĐS:} V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[-\frac{ad}{L^2(r^2 + \frac{a^2r}{L}\cos\theta + \frac{a^4}{L^2})^{1/2}} + \frac{a^3d(r\cos\theta + \frac{a^2}{L})}{L^3(r^2 + \frac{a^2r}{L}\cos\theta + \frac{a^4}{L^2})^{3/2}} + \frac{d(r\cos\theta + L)}{(r^2 + 2rL\cos\theta + L^2)^{3/2}} \right]$$

CHƯƠNG V DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU V.1. DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

Bài 1. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ. Điện trở mỗi cạnh của hình vuông là r . Tìm điện trở giữa hai điểm:

- a. A và B.
- b. C và D.

ĐS: a. $11r/6$; b. $5r/7$.



Bài 2. Cho mạch điện gồm hai nguồn điện giống nhau có suất điện động $E = 3\text{ V}$, điện trở trong $r = 1\Omega$; $R_1 = 2\Omega$; $R_2 = 5\Omega$; $R_3 = 1\Omega$; $C = 10\mu\text{F}$ (Hình 2). Bỏ qua điện trở dây nối và khóa K.

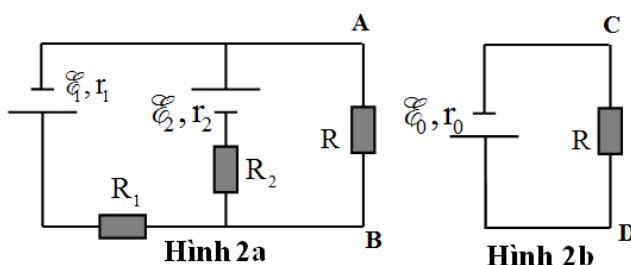
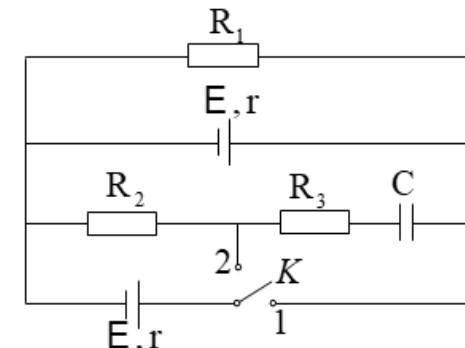
a. Đóng khóa K vào chốt 1. Tính cường độ dòng điện qua R_1 và điện tích của tụ C khi dòng điện đã ổn định.

b. Đảo khóa K từ chốt 1 sang chốt 2. Tính tổng điện lượng chuyển qua điện trở R_3 kể từ khi đảo khóa K.

c. Ngắt khóa K, thay tụ điện C bằng một cuộn dây có độ tự cảm $L = 50\text{ mH}$. Đóng khóa K vào chốt 1 thì cường độ dòng điện qua cuộn dây tăng dần. Tính tốc độ biến thiên cường độ dòng điện qua cuộn dây tại thời điểm dòng điện đó có cường độ bằng $0,35\text{ A}$. Bỏ qua điện trở của cuộn dây.

ĐS: a. $I_1 = 1,2\text{ A}$; $q_1 = 24\text{ Mc}$; b. $\Delta q = q_1 + q_2 = 29\mu\text{C}$; c. $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 3,2\text{ A/s}$

Bài 3. Cho hai mạch điện như Hình 2a và Hình 2b, trong đó $E_1 = 15\text{ V}$; $r_1 = 1\Omega$; $E_2 = 10\text{ V}$; $r_2 = 1\Omega$; $R_1 = 3\Omega$; $R_2 = 5\Omega$. Biết hiệu điện thế $U_{AB} = U_{CD}$. Hãy tính suất điện động E_0 và điện trở r_0 .



ĐS: $r_0 = 2,4\Omega$; $E_0 = 5\text{ V}$.

Bài 4. Cho mạch điện như hình, nguồn điện có suất điện động

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$E = 24 \text{ V}$, các vôn kế giống nhau. Bỏ qua điện trở các dây nối.

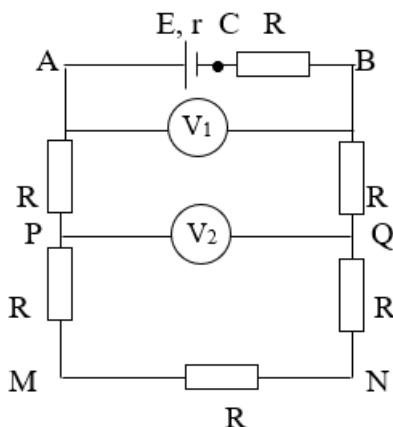
a. Nếu điện trở trong của nguồn có $r = 0$ thì vôn kế thứ nhất chỉ 12 V .

- Chứng tỏ các vôn kế có điện trở hữu hạn.
- Tính số chỉ của vôn kế thứ 2.

b. Nếu điện trở trong của nguồn có giá trị $r \neq 0$.

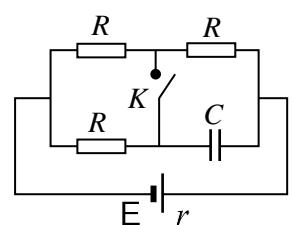
Hãy tính lại số chỉ các vôn kế. Biết mạch ngoài không thay đổi và công suất tiêu thụ mạch ngoài có giá trị cực đại.

ĐS: a. 4V ; b. 6V ; 2V



Bài 5. Trong mạch điện trên hình 2, các điện trở đều có giá trị $R=4\Omega$, điện trở trong của nguồn $r=2\Omega$. Năng lượng điện trường trong tụ điện sẽ thay đổi bao nhiêu lần sau khi đóng khóa K?

ĐS: $2,56$



Bài 6. Khi mắc nối tiếp hoặc song song hai ắc quy giống nhau rồi mắc với cùng một điện trở mạch ngoài thì công suất giải phóng trên điện trở này đều bằng $P_0 = 80\text{W}$. Nếu dùng một ắc quy mắc với điện trở trên thì công suất giải phóng trên mạch ngoài là bao nhiêu?

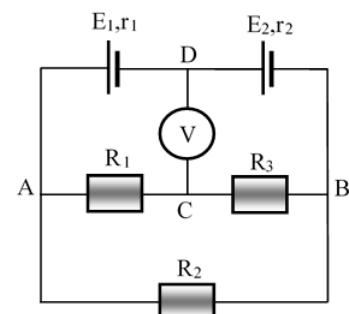
ĐS: 45W

Bài 7. Cho mạch điện như hình 1. Biết $E_1=6\text{V}$, $r_1=1\Omega$, $r_2=3\Omega$, $R_1=R_2=R_3=6\Omega$. Vôn kế lí tưởng.

a) Vôn kế chỉ 3V . Tính suất điện động E_2 .

b) Nếu nguồn E_2 có cực dương nối với B, cực âm nối với D thì vôn kế chỉ bao nhiêu?

ĐS: a. 2V hoặc 18V ; b. $4,5\text{V}$ hoặc $10,5\text{V}$



Bài 8. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = E_2 = 6\text{V}$

$$r_1 = 1 \Omega$$

$$r_2 = 2 \Omega$$

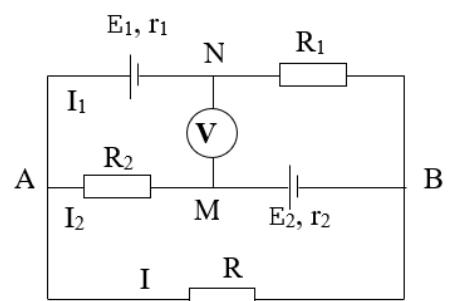
$$R_1 = 5\Omega$$

$$R_2 = 4\Omega$$

Vôn kế có điện trở rất lớn, số chỉ của vôn kế là $7,5 \text{ V}$.

Tính U_{AB} và điện trở R ?

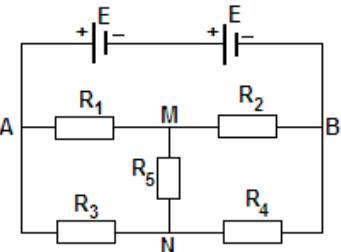
ĐS: 3V ; 3Ω



Bài 9. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ. Trong đó bộ nguồn gồm hai ắc quy có cùng suất điện động $E = 2,1 \text{ V}$ và có điện trở trong không đáng kể, các điện trở $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = 1,3 \Omega$; $R_3 = 2 \Omega$; $R_4 = 1,6 \Omega$; $R_5 = 7 \Omega$.

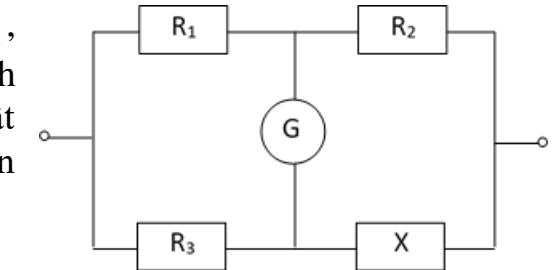
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

- Xác định chiều và cường độ dòng điện chạy qua mỗi điện trở.
 - Tính điện trở tương đương của mạch ngoài.
 - Chứng tỏ rằng nếu $R_4 = 2,6 \Omega$ thì không có dòng điện chạy qua điện trở R_5 .
- ĐS: a. $I_1 = 1,86$ (A); $I_2 = 1,8$ (A); $I_3 = 1,14$ (A); $I_4 = 1,2$ (A); $I_5 = 0,06$ (A) (chạy từ M sang N)
- b. $1,4$ (Ω).



Bài 10. Cho mạch điện như hình vẽ: Các điện trở $R_1 = 2a(\Omega)$, $R_2 = 4a(\Omega)$, $R_3 = a(\Omega)$; X là một phần tử phi tuyến mà cường độ dòng điện chạy qua nó phụ thuộc vào hiệu điện thế giữa hai đầu phần tử theo qui luật: $I_x = \alpha \cdot U_x^3$, với α là một hệ số tỉ lệ có đơn vị là A/V^3 . Hãy tính hiệu điện thế giữa hai đầu mạch điện và công suất tiêu thụ trên X (theo α và a) khi dòng điện qua điện kế G bằng không.

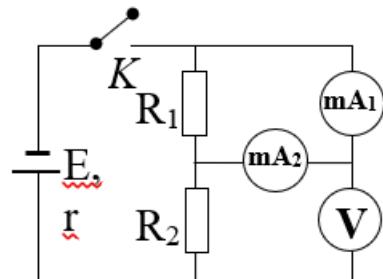
$$\text{ĐS: } U = \sqrt{\frac{9}{8\alpha a}} ; P_x = \frac{1}{4\alpha a^2}$$



Bài 11. Cho mạch điện như hình, nguồn E, r có suất điện động $E = 12$ V, điện trở trong r không đáng kể. Các điện trở thuận R_1 và R_2 cùng có giá trị 100Ω ; mA_1 và mA_2 là các miliampé kế giống nhau; V là vôn kế. Bỏ qua điện trở của dây nối và điện trở của khóa K.

Đóng K, **Vôn kế** chỉ $9,0$ V còn miliampé kế mA_1 chỉ 60 mA.

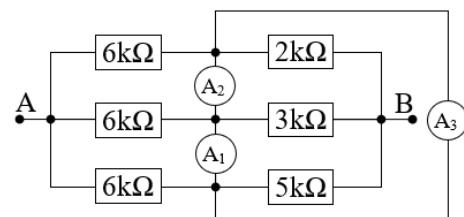
- Tìm số chỉ của mA_2 .
 - Tháo bỏ R_1 , tìm các số chỉ của mA_1 , mA_2 và V .
- ĐS: 2. $I_{mA1} = 80$ mA; $I_{mA2} = 53,3$ mA.



Bài 12. Cho mạch điện như hình 3: A_1 ; A_2 và A_3 là 3 ampe kế lý tưởng và hoàn toàn giống nhau. Giá trị các điện trở được ghi trên hình vẽ. Người ta đặt vào hai đầu A, B một hiệu điện thế không đổi, có độ lớn $U = 13,8$ V.

- Hãy tính các giá trị cường độ dòng điện qua các điện trở;
- Xác định số chỉ của các ampe kế.

ĐS: b. $I_{A1} = 0,20$ mA; $I_{A2} = 0,25$ mA; $I_{A3} = 0,45$ mA



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

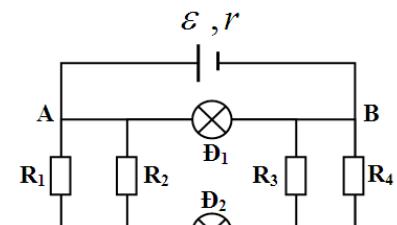
Bài 13. Cho mạch điện như hình 3, trong đó $R_1 = 15\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 18\Omega$, $R_4 = 9\Omega$, hai đèn D_1 , D_2 có điện trở bằng nhau. Biết rằng khi mắc hai đầu A và B nguồn điện $\varepsilon_1 = 30V$, $r_1 = 2\Omega$ hoặc nguồn điện $\varepsilon_2 = 36V$, $r_2 = 4\Omega$ thì công suất mạch ngoài vẫn bằng 72W và hai bóng đèn đều sáng bình thường.

a) Tính công suất và hiệu điện thế định mức của mỗi đèn. Dùng nguồn nào có lợi hơn?

b) Thay hai nguồn điện trên bằng nguồn điện mới ε_3 , r_3 sao cho hiệu suất của nguồn bằng 50% và hai đèn đều sáng bình thường. Tính ε_3 , r_3 .

ĐS: a. Đèn D_1 $U_{d1} = 24V$, $P_{d1} = 48W$; Đèn D_2 $U_{d2} = 12V$, $P_{d2} = 12W$; dùng nguồn ε_1 lợi hơn

$$b. r_3 = 8\Omega, \varepsilon_3 = 48V$$

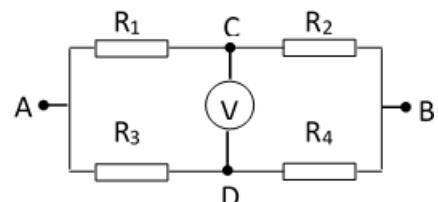


Hình 3

Bài 14. Cho mạch điện có sơ đồ hình bên. Biết: $U_{AB} = 10V$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 9\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 7\Omega$, điện trở của vôn kế là $R_V = 150\Omega$. Tìm số chỉ của vôn kế.

Đơn vị tính: Hiệu điện thế (Vôn).

ĐS: 1,155V



Bài 15. Cho mạch điện như hình 4. Các điện trở có giá trị $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 3\Omega$; R_x là một biến trớ; nguồn điện có suất điện động $E = 5,4V$; tụ điện có điện dung $C = 0,01\mu F$. Vôn kế V có điện trở rất lớn, các dây nối có điện trở không đáng kể.

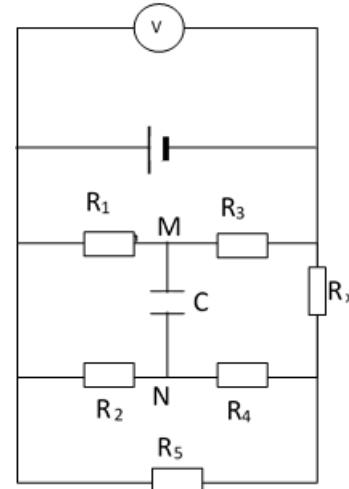
1. Ban đầu cho $R_x = 1\Omega$ thì vôn kế chỉ 3,6V.

a. Tính điện trở trong của nguồn điện.

b. Tính điện tích của bản tụ nối với M.

2. Tìm R_x để công suất tiêu thụ trên R_x cực đại. Tính công suất đó.

ĐS: 1. 1Ω ; 1b. $Q = 6nC$; 2. $R_x = \frac{20}{7}\Omega$ $P_{x(\max)} = 1,875W$



Hình 4

Bài 16. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 6V$,

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

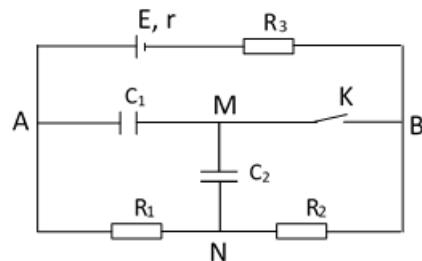
$r = R_3 = 0,5 \Omega$, $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$, $C_1 = C_2 = 0,2 \mu F$, độ lớn điện tích electron $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$. Bỏ qua điện trở các dây nối.

a) Tìm số electron dịch chuyển qua khóa K và chiều dịch chuyển của chúng khi khóa K từ mở chuyển sang đóng?

b) Thay khóa K bằng tụ $C_3 = 0,4 \mu F$. Tìm điện tích trên tụ C_3 trong các trường hợp sau:

- Thay tụ C_3 khi K đang mở.
- Thay tụ C_3 khi K đang đóng

$$\text{ĐS: a. } n_e = \frac{1,4 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 8,75 \cdot 10^{12} \quad b. \ 0,7 \mu C; \ 0;0$$



Bài 17. Cho mạch điện như hình vẽ :

Nguồn có suất điện động $E = 9$ (V) và điện trở trong $r = 1$ (Ω).

Các điện trở có giá trị :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 2 (\Omega)$$

$$R_5 = R_6 = 1 (\Omega); R_7 = 4 (\Omega)$$

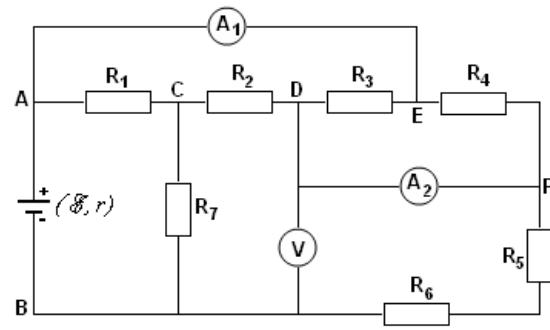
Điện trở của vôn kế rất lớn, điện trở các ampe kế và dây nối không đáng kể. Tính :

- a. Điện trở tương đương của mạch ngoài .
- b. Cường độ dòng điện qua các điện trở .
- c. Số chỉ của các ampe kế và vôn kế.

$$\text{ĐS: a. } 2 (\Omega); \text{ b. } I_1 = 1 (\text{A}); I_3 = 1 (\text{A}); I_4 = 1$$

$$(\text{A}); I_5 = I_6 = 2 (\text{A}); I_7 = 1 (\text{A})$$

$$\text{c. } U_V = 4 (\text{V}); I_{A1} = 2 (\text{A}); I_{A2} = 1 (\text{A})$$

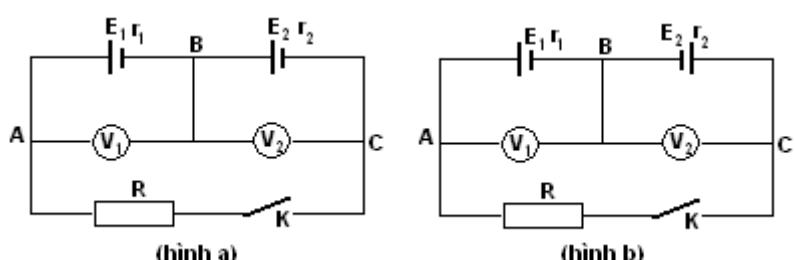


Bài 18. Cho các sơ đồ mạch điện như hình vẽ:

Biết:

Các vôn kế có điện trở rất lớn và thang chia có số 0 ở chính giữa. Bỏ qua điện trở của dây nối và khóa K.

Các nguồn có suất điện động E_1 , E_2 và điện trở trong lần lượt là r_1 , r_2



- Trong **hình a**:

Khi khóa K mở vôn kế V_1 chỉ $U_1 = 1,8$ (V); vôn kế V_2 chỉ $U_2 = 1,4$ (V).

Khi khóa K đóng V_1 chỉ $U'_1 = 1,4$ (V); vôn kế V_2 chỉ $U'_2 = 0,6$ (V).

Kim của các vôn kế đều lệch về phía bên phải cả khi K đóng và khi K mở.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

- Cố định vị trí V_1 , V_2 như sơ đồ **hình a**. Hỏi nếu các nguồn được mắc theo sơ đồ **hình b** thì khi khóa K đóng các vôn kế V_1 và V_2 chỉ bao nhiêu và kim của chúng lệch về phía nào ?

ĐS: Vôn kế V_1 chỉ 1,4 (V) và có kim lệch về phía bên phải.

Vôn kế V_2 chỉ 1,5V và kim lệch về phía bên trái.

Bài 19.

Cho mạch điện như hình vẽ:

Biết:

$$U_{AB} = 24 \text{ (V)}.$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ (\Omega)}.$$

$$R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = R_9 = 20 \text{ (\Omega)}.$$

$$R_{10} = 30 \text{ (\Omega)}; R_{11} = 40 \text{ (\Omega)};$$

$$R_{12} = 60 \text{ (\Omega)}.$$

Bỏ qua điện trở của các dây dẫn.

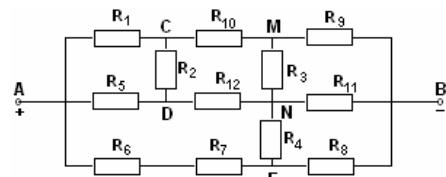
Tính:

a. Điện trở tương đương của đoạn mạch AB.

b. Cường độ dòng điện qua các điện trở.

ĐS:a. $R_{AB} = 24 \text{ (\Omega)}$.

b. $I_1 = I_9 = I_{10} = 0,4 \text{ (A)}$; $I_5 = I_{11} = I_{12} = 0,2 \text{ (A)}$; $I_6 = I_7 = I_8 = 0,4 \text{ (A)}$; $I_2 = I_3 = I_4 = 0$



Bài 20. Có một số đèn (3V- 3W) và một số nguồn, mỗi nguồn có suất điện động $\xi = 4\text{V}$, điện trở $r = 1\Omega$.

1. Cho 8 đèn. Tìm số nguồn ít nhất và cách ghép đèn, ghép nguồn để đèn sáng bình thường. Xác định hiệu suất cách ghép.

2. Cho 15 nguồn. Tìm số đèn nhiều nhất và cách ghép đèn, ghép nguồn để đèn sáng bình thường. Xác định hiệu suất cách ghép.

ĐS: 1. nguồn tối thiểu là 6 nguồn.

	m	n	p	q
Cách 1	2	3	4	2
Cách 2	1	6	2	4

$$\text{Hiệu suất: } H_1 = \frac{U}{\xi_b} = \frac{qU_{dm}}{n\xi} = 50\% = H_2$$

2. số bóng đèn nhiều nhất có thể mắc được 20 bóng.

	m	n	p	q
Cách 1	5	3	10	2
Cách 2	1	15	2	10

$$\text{Hiệu suất: } H_1 = \frac{U}{\xi_b} = \frac{qU_{dm}}{n\xi} = 50\% = H_2$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 21. Điện năng được truyền từ nơi phát đến một khu dân cư bằng đường dây một pha với hiệu suất truyền tải là 90%. Nếu công suất sử dụng điện của khu dân cư này tăng thêm 20% và giữ nguyên điện áp ở nơi phát thì hiệu suất truyền tải điện năng trên đường dây lúc này là bao nhiêu? Biết hao phí điện năng chỉ do tỏa nhiệt trên đường dây và không vượt quá 20%. Coi điện áp luôn cùng pha với dòng điện.

ĐS: $H_2 \approx 87,8\%$

Bài 22. Trong quá trình truyền tải điện năng đi xa cần tăng điện áp của nguồn lên bao nhiêu lần để giảm công suất hao phí trên đường dây đi 100 lần. Giả thiết công suất nơi tiêu thụ nhận được không đổi, điện áp tức thời u cùng pha với dòng điện tức thời i. Biết ban đầu độ giảm điện thế trên đường dây bằng 15% điện áp của tải tiêu thụ.

ĐS: $\frac{U'}{U} = 8,7$

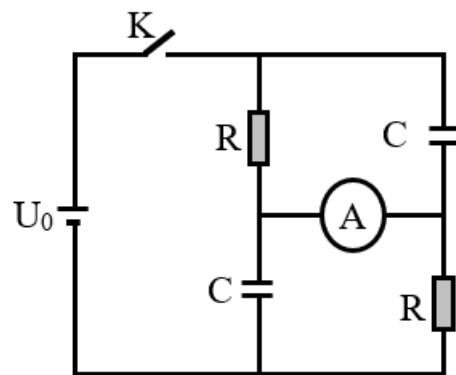
Bài 23. Cho mạch điện như hình vẽ bên. Biết

$R=100\Omega$, $C=10\mu F$, $U_0=10V$. Khoá K đóng trong thời

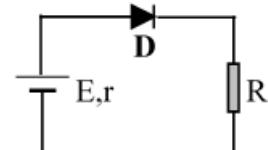
gian $\Delta t_1=10^{-3}s$ và khoá K mở trong thời gian

$\Delta t_2=20.10^{-3}s$. Với chế độ đóng ngắt tuần hoàn như trên, kim ampe kế gần như không rung. Hãy tính số chỉ của ampe kế. Điện trở trong của nguồn điện và điện trở của ampe kế không đáng kể

ĐS: $I_A \approx 4,8.10^{-3}A = 4,8mA$



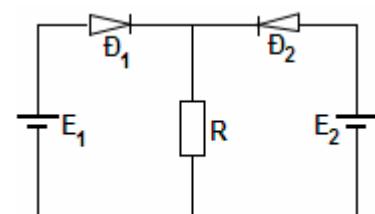
Bài 24. Cho mạch điện như hình 2. Với $E = 1,5V$; $r = 0$; $R = 50\Omega$. Biết rằng đường đặc trưng vôn-ampe của diốt D (tức là sự phụ thuộc của dòng điện đi qua diốt vào hiệu điện thế hai đầu của nó) được mô tả bởi công thức $I = 10^{-2}U^2$, trong đó I được tính bằng ampe còn U được tính bằng volt. Xác định cường độ dòng điện trong mạch.



ĐS: $0,01^\circ$.

Bài 25. Cho mạch điện (như hình vẽ), gồm có hai diốt giống nhau, hai nguồn điện và một điện trở R. Các nguồn điện có suất điện động $E_1 = 0,8V$; $E_2 = 1,6V$ và điện trở trong không đáng kể. Điện trở thuận của mỗi diốt là 4Ω , còn điện trở ngược vô cùng lớn. Hãy tìm giá trị của R để công suất tỏa nhiệt trên nó là cực đại.

ĐS: $R = 2\Omega$.



Bài 26. Ba đoạn dây dẫn có chiều dài bằng nhau được hàn nối tiếp với nhau và được mắc vào một hiệu điện thế không đổi. Khi đo hiệu điện thế giữa đầu dây số 1 và các điểm khác nhau của các dây, người ta vẽ được đồ thị phụ thuộc của hiệu điện thế đó theo chiều dài của dây như hình 3.

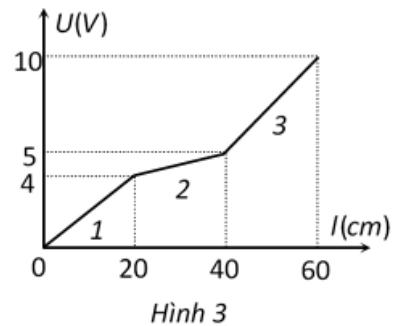
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

a) Em hãy giải thích dây nào có điện trở lớn hơn?

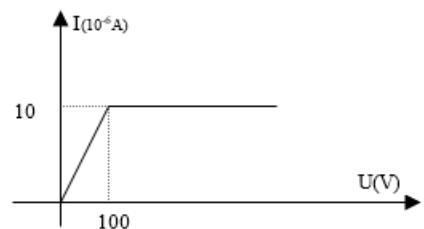
b) Nếu cho dòng điện chạy qua mạch là $I=2A$, hãy xác định điện trở trên mỗi mét chiều dài của mỗi dây.

$$\text{ĐS: b. } r_1 = 10 \frac{\Omega}{m}; \quad r_2 = 2,5 \frac{\Omega}{m}; \quad r_3 = 12,5 \frac{\Omega}{m}.$$

Bài 27. Hình vẽ bên thể hiện sự phụ thuộc của cường độ dòng điện chạy qua một đèn ống vào hiệu điện thế giữa hai cực của đèn ống đó. Đèn ống được mắc nối tiếp với một điện trở $R=10^7\Omega$ và với một tụ điện có điện dung $C=10^{-3}\text{F}$ đã được nạp điện đến hiệu điện thế $U_0=300\text{V}$. Tìm nhiệt lượng tỏa ra trên ống dẫn điện trong thời gian tụ phóng điện



Hình 3



ĐS: 25J

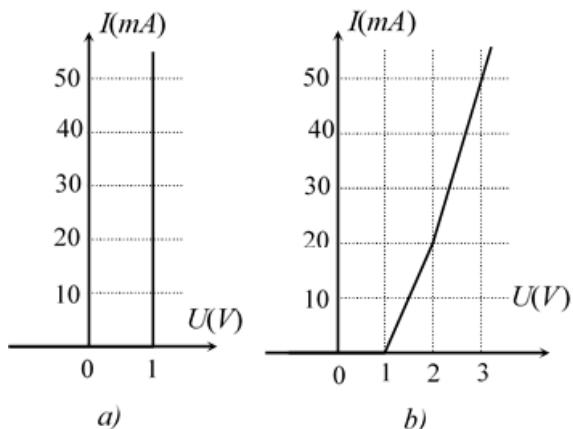
Bài 28.

Điốt bán dẫn là dụng cụ điện chỉ cho dòng điện đi qua theo một chiều. Trên hình 5a biểu diễn đồ thị phụ thuộc của dòng điện qua một diốt vào hiệu điện thế đặt vào hai đầu của nó (khi hiệu điện thế bằng 1V thì điện trở của nó bằng không).

1. Hãy vẽ sơ đồ mạch điện gồm có hai điện trở và hai diốt như trên mà có đồ thị dòng điện qua mạch phụ thuộc hiệu điện thế hai đầu mạch được biểu diễn như hình 5b.

2. Các điện trở bằng bao nhiêu?

$$\text{ĐS: } R_1 = 50 (\Omega); R_2 = 100 (\Omega).$$



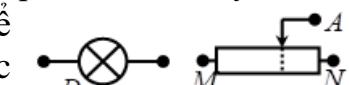
Hình 5

Bài 29. Cho một đèn D có các thông số định mức là (6V – 6W) và một biến trở (như hình vẽ), giá trị điện trở toàn phần của biến trở là $R_{MN} = 9\Omega$. Nguồn điện sử dụng có điện trở trong không đáng kể và có suất điện động $E = 12\text{V}$. Bỏ qua điện trở dây dẫn.

a. Nêu các cách mắc đèn vào biến trở và nguồn nói trên để đèn sáng bình thường. Vẽ sơ đồ mạch điện của từng cách mắc (không giới hạn số lượng dây nối sử dụng).

b. Tính điện trở R_{AM} của đoạn AM trên biến trở trong từng cách mắc.

$$\text{ĐS: } R_{AM} = 6(\Omega).$$



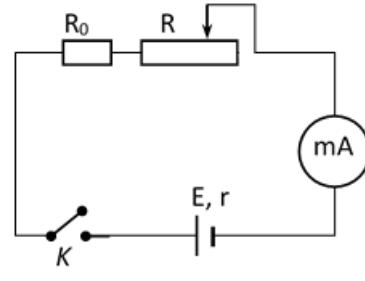
Bài 30. Một học sinh dùng miliampe kế mA để đo suất điện động của một chiếc pin (E, r). Sơ đồ mạch điện được mắc như hình vẽ (hình 3). Đóng khoá K, điều chỉnh giá trị biến trở num xoay R và đọc số chỉ ampe kế tương ứng, học sinh đó thu được bảng số liệu sau :

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

R (Ω)	100	90	80	70	60	50	40	30	20
I (mA)	25	27	30	33	37	42	49	59	73

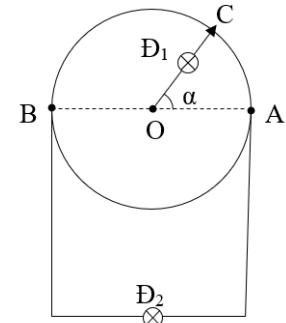
1. Từ bảng số liệu trên, hãy xây dựng cơ sở lý thuyết để tính suất điện động của pin trong thí nghiệm này.

2. Tuyến tính hoá bảng số liệu: đổi biến thích hợp, thay đổi bảng số liệu, chuyển đường cong phi tuyến thành đường thẳng (tuyến tính). Bằng phương pháp trực quan hoặc phương pháp bình phương tối thiểu, viết phương trình đường thẳng nói trên và tính suất điện động trung bình của pin.



Hình 3

Bài 31. Một dây điện trở đồng chất điện đều có giá trị 72Ω , được uốn thành vòng tròn tâm O, bán kính 9cm để làm biến trở. Mắc biến trở này với một bóng đèn D_1 có ghi $6V-1,5W$ và bóng đèn D_2 có ghi $3V-0,5W$ theo sơ đồ như hình vẽ. Điểm B đối xứng với A qua O và A, B là hai điểm cố định. Con chạy C có thể dịch chuyển trên đường tròn. Đặt vào hai điểm O, A hiệu điện thế không đổi $U = 9V$. Cho biết hiệu điện thế giữa hai đầu bóng đèn D_1 không được vượt quá $8V$. Điện trở các dây nối không đáng kể và nhiệt độ không làm ảnh hưởng đến các điện trở trong mạch.



- a. Hỏi con chạy C chỉ được phép dịch chuyển trên đoạn nào trên đường tròn.
- b. Xác định vị trí của C để bóng đèn D_1 sáng đúng công suất định mức.
- c. Có thể tìm được vị trí của C để bóng đèn D_2 sáng bình thường không, tại sao?
- d. Nếu di chuyển con chạy C theo chiều kim đồng hồ thì độ sáng của đèn một thay đổi như thế nào?

ĐS: a. con chạy C chỉ được phép dịch chuyển trên cung MBM' sao cho góc ở tâm $\angle MOM' = 2\angle BOM = 2(180^\circ - 16^\circ) = 328^\circ$ (M và M' đối xứng với nhau qua AB).

b. $\alpha = 120^\circ$.

c. Vậy không tồn tại vị trí của C để đèn D_2 sáng đúng công suất.

d. Độ sáng của đèn D_1 lúc đầu giảm sau đó tăng.

Bài 32. Một tụ điện cầu với các bản có bán kính $R_1=R$ và $R_3=3R$ được nối với nguồn không đổi hiệu điện thế U. Khoảng giữa hai bản chứa đầy hai loại chất có điện trở suất $\rho_1=\rho$ và $\rho_2=2\rho$ với hằng số điện môi $\epsilon_1=\epsilon_2=1$. Bán kính ranh giới giữa các lớp là $R_2=2R$. . Hãy tính điện tích tại ranh giới giữa hai chất trong tụ. Tìm cường độ dòng điện qua tụ? (Độ dẫn điện riêng của các chất giữa 2 cực nhỏ hơn nhiều so với độ dẫn điện của chất làm bản tụ)

$$\text{ĐS: } Q = \frac{\epsilon_0 24\pi U R}{5}; I = \frac{24\pi U R}{5\rho}$$

Bài 33. Một điện trở có dạng hình nón cụt, bán kính đáy lần lượt là a và b và chiều cao L. Giả sử mật độ dòng điện là đều qua bất kỳ tiết diện nào. Tính điện trở của vật đó.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\underline{ĐS:} R = \frac{\rho L}{\pi ab}$$

Bài 34. Có 10 bóng đèn giống nhau loại 6V-3W được thắp sáng dưới nguồn điện có hiệu điện thế $U=24V$ luôn không đổi. Để 10 đèn này sáng đồng thời bình thường, người ta phải dùng một biến trở mắc phối hợp với 10 bóng đèn đó. Biết biến trở có thể điều chỉnh được giá trị từ $5,9\Omega$ đến $24,9\Omega$

- a. Hãy trình bày các cách mắc theo các điều kiện trên và có bao nhiêu cách mắc.
- b. Cách mắc nào có hiệu suất lớn nhất? Tính hiệu suất và vẽ cách mắc đó.

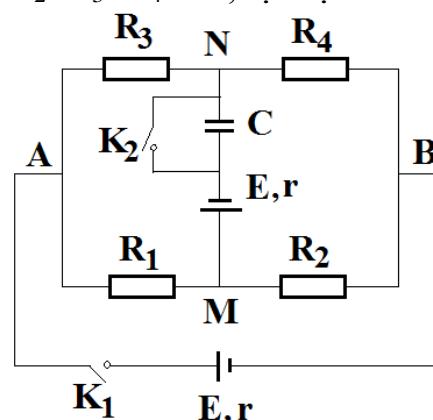
ĐS: a. 5 cách; b. Có 2 cách mắc cho hiệu suất lớn nhất bằng $H=83,33\%$.

Bài 35. Cho mạch điện như hình 6: hai nguồn điện giống nhau, đều có suất điện động và điện trở trong lần lượt là $E, r=R$; các điện trở $R_1=R, R_2=R_3=R_4=2R$; tụ điện có điện dung C ; hai khóa K_1, K_2 và dây nối có điện trở không đáng kể.

1. Đóng hai khóa K_1 và K_2 . Tính cường độ dòng điện qua bốn điện trở R_1, R_2, R_3 và R_4 theo E và R .

2. Sau đó mở đồng thời hai khóa K_1 và K_2 , sau một khoảng thời gian tụ tích điện xong. Kể từ lúc hai khóa K_1 và K_2 mở cho đến khi tụ tích điện xong, hãy tính các đại lượng dưới đây theo C và E :

- a. Điện tích tụ điện.
- b. Tổng nhiệt lượng tỏa ra trên toàn mạch.
- c. Phần nhiệt lượng rò rỉ trên R_1 khi đó.



Hình 6

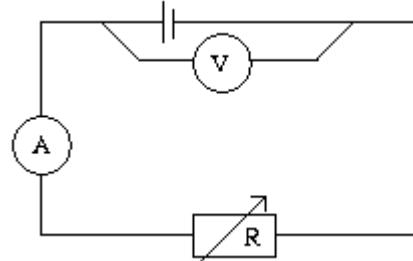
$$\underline{ĐS:} 1. I_{R1} = 0; ; I_{R2} = \frac{E}{3R}; I_{R3} = \frac{E}{3R}; I_{R4} = \frac{E}{3R};$$

$$2a. Q = CE; 2b. W = \frac{1}{2}CE^2; 2c. W_1 = \frac{8}{133}CE^2.$$

V.2. KHẢO SÁT DÒNG ĐIỆN MỘT CHIỀU

Bài 1. Cho mạch điện hình vẽ. Khảo sát sự phụ thuộc các đại lượng sau đây vào biến trở mạch ngoài mắc kín với nguồn điện.

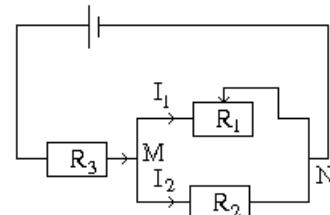
- a. Cường độ dòng điện trong mạch (số chỉ A)
- b. Hiệu điện thế ở 2 cực nguồn điện (số chỉ V)
- c. Công suất tiêu thụ mạch ngoài.
- d. Công suất của nguồn điện.
- e. Hiệu suất của nguồn điện.



Bài 2. Cho mạch điện hình vẽ:

$\varepsilon = 16V$; $r = 4\Omega$; $R_2 = 6\Omega$; $R_3 = 2\Omega$. Tìm điện trở của biến trở R_1 để:

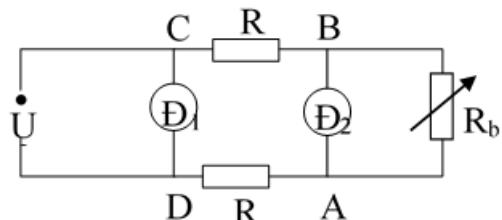
- a. Công suất mạch ngoài cực đại.
- b. Công suất tiêu thụ ở R_3 cực đại.
- c. Công suất tiêu thụ ở R_2 cực đại.
- d. Công suất tiêu thụ ở R_1 cực đại.



ĐS: a. $R_1 = 3\Omega$; b. $R_1 = 0$; c. $R_1 = \infty$; d. $R_1 = 1,5\Omega$

Bài 3. Cho mạch điện có sơ đồ như hình 1. Hai đèn giống nhau và khi điều chỉnh biến trở R_b ta thấy với hai giá trị $R_1 = 1\Omega$ và $R_2 = 4\Omega$ thì công suất của biến trở có cùng một giá trị $P = 25W$, lúc này đèn D_1 có công suất $P_1 = 125W$.

- a) Tính hiệu điện thế U?
- b) Tính điện trở R và điện trở mỗi đèn?
- c) Tìm giá trị R_b để công suất tiêu thụ trên biến trở đạt giá trị cực đại. Tính giá trị cực đại đó.



ĐS: a. $U = 25V$; b. $R_d = 5\Omega$; $R = 1,67\Omega$; c. $R_b = 2\Omega$

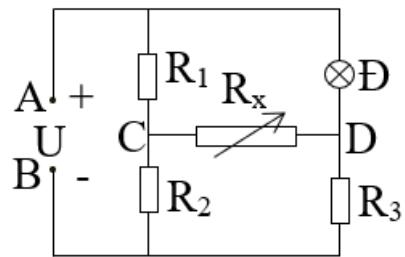
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 4. Cho mạch điện như hình vẽ 4: Biết $R_1=R_2=R_3=R$, đèn D có điện trở $R_d=kR$ với k là hằng số dương. R_x là một biến trở, với mọi R_x đèn luôn sáng. Nguồn điện có hiệu điện thế U không đổi đặt vào A và B. Bỏ qua điện trở các dây nối.

a) Điều chỉnh R_x để công suất tiêu thụ trên đèn bằng 9W. Tìm công suất trên R_2 theo k .

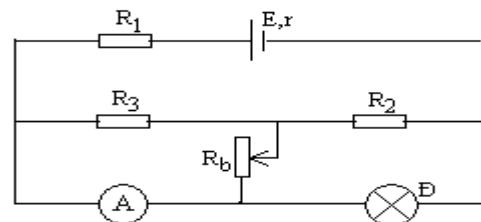
b) Cho $U=16V$, $R=8\Omega$, $k=3$, xác định R_x để công suất trên R_x bằng 0,4W.

$$\text{ĐS: a. } P_2 = \frac{(k+1)^2}{4k} \cdot 9(\text{W}) ; \text{ b. } R_x = 10\Omega$$



Bài 5. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ(H.1), trong đó nguồn điện có suất điện động E , điện trở trong $r=2\Omega$; đèn D: 12V-12W; $R_1=16\Omega$; $R_2=18\Omega$; $R_3=24\Omega$. Bỏ qua điện trở ampe kế và dây nối. Điều chỉnh để đèn sáng bình thường và đạt công suất tiêu thụ cực đại. Tính R_b , E và tìm số chỉ ampe kế?

$$\text{ĐS: } R_b = 72\Omega, E = 36(V), I_A = \frac{13}{12}(A)$$



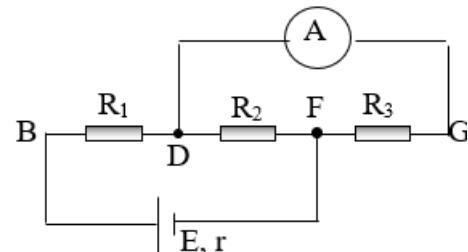
Bài 6. Cho mạch như hình vẽ: nguồn có suất điện động $E=30V$, điện trở trong $r=3\Omega$; $R_1=12\Omega$; $R_2=36\Omega$; $R_3=18\Omega$; Điện trở Ampe kế và dây nối không đáng kể.

a/ Tìm số chỉ Ampe kế và chiều dòng điện qua nó
b/ Thay Ampe kế bằng một biến trở R_4 có giá trị biến đổi từ 2Ω đến 8Ω . Tìm R_4 để dòng điện qua R_4 đạt giá trị cực đại

$$\text{ĐS: a. Ampe kế chỉ } \frac{20}{27}A \Leftrightarrow 0,74A \text{ và dòng điện có chiều}$$

từ D sang G.

$$\text{b. } R_{4\min} = 2\Omega.$$



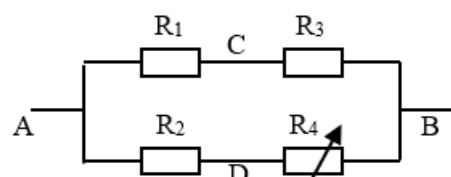
Bài 7. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ. Cho biết:

$R_1=16\Omega$; $R_2=R_3=24\Omega$, R_4 là một biến trở. Bỏ qua điện trở của các dây nối. Đặt vào hai đầu A, B của mạch điện một điện áp $U_{AB}=48V$.

1) Mắc vào hai điểm C, D của mạch một vôn kế có điện trở rất lớn.

a) Điều chỉnh biến trở để $R_4=20\Omega$. Tìm số chỉ vôn kế. Cho biết cực dương của vôn kế phải mắc vào điểm nào?

b) Điều chỉnh biến trở cho đến khi vôn kế chỉ số 0. Tìm hệ thức giữa các điện trở R_1, R_2, R_3, R_4 khi đó và tính R_4 .



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

2) Thay vôn kế bằng ampe kế có điện trở $R_A = 12\Omega$. Điều chỉnh biến trở để $R_4 = 24\Omega$. Tìm điện trở tương đương của mạch AB, cường độ dòng điện qua các điện trở và số chỉ của ampe kế. Chỉ rõ chiều của các dòng điện.

ĐS: 1a. Vôn kế chỉ 7V. Cực dương phải mắc vào điểm D

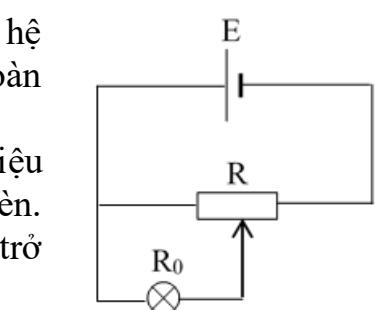
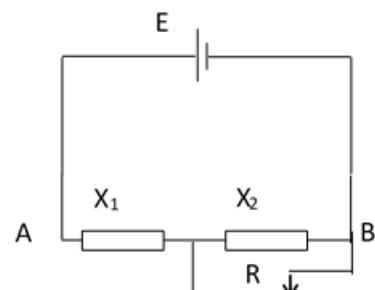
$$1b. R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1} = 36\Omega$$

2. $R = 21,6774\Omega$; $I_3 \approx 1,1427A$; $I_4 = 1,0713A$; $I_1 = 1,2855A$; $I_2 = 0,9285A$; $I_A = 0,1428A$ và có chiều từ C đến D.

Bài 8. Trong sơ đồ mạch điện (hình vẽ bên) có X_1, X_2 là hai phần tử phi tuyến giống nhau mà đặc trưng vôn–ampe được mô tả bằng công thức $U=10I^2$ (U đo bằng vôn, I đo bằng ampe). Nguồn điện có suất điện động $E=10V$ và điện trở trong không đáng kể.

Để công suất tỏa nhiệt trên biến trở đạt giá trị cực đại, phải điều chỉnh cho biến trở R có giá trị bằng bao nhiêu?

ĐS: $R \approx 6,3\Omega$



Bài 9. Một bóng đèn điện có điện trở $R_0 = 2\Omega$, hiệu điện thế định mức $U_0 = 4,5V$ được thắp sáng bằng một nguồn điện có $E = 6V$ và điện trở trong không đáng kể. Gọi hiệu suất của hệ thống là tỉ số giữa công suất tiêu thụ của đèn và công suất toàn mạch ngoài.

1. Mắc mạch điện như hình vẽ. Điều chỉnh biến trở để hiệu điện thế đặt vào đèn đúng bằng hiệu điện thế định mức của đèn. Hãy xác định giá trị tối thiểu của điện trở toàn phần của biến trở để hiệu suất của hệ thống không nhỏ hơn $\eta_0 = 0,6$.

2. Giả sử hiệu điện thế đặt vào đèn luôn bằng hiệu điện thế định mức của đèn. Hỏi hiệu suất cực đại của hệ thống có thể đạt được là bao nhiêu? Và phải mắc đèn, biến trở theo cách thích hợp nào để đạt hiệu suất cực đại đó.

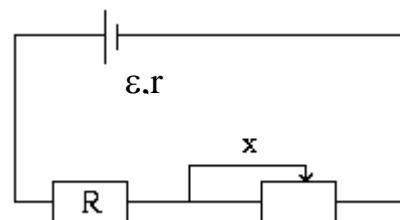
ĐS: 1. $R_{min} = 8,53\Omega$; 2. 75%

Bài 10. Cho mạch điện hình vẽ. Nguồn điện có ϵ, r mạch điện ngoài R_1 và biến trở x thay đổi được.

a. Tính x để công suất tiêu thụ mạch ngoài cực đại. Tính P_{max} .

b. Tính x để công suất tiêu thụ trên biến trở x cực đại. Tính P_{xmax} .

ĐS: a. $x = r - R$; b. $x = R + r$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 11. Cho mạch điện nhì hình vẽ, biết $E_1 = e$, $E_2 = 2e$, $E_3 = 4e$, $R_1 = R$, $R_2 = 2R$, AB là dây dẫn đồng chất, tiết diện đều có điện trở toàn phần là $R_3 = 3R$. Bỏ qua điện trở trong của các nguồn điện và dây nối.

1. Khảo sát tổng công suất trên R_1 và R_2 khi di chuyển con chạy C từ A đến B.

2. Giữ nguyên vị trí con chạy C ở một vị trí nào đó trên biến trỏ. Nối A và D bởi một ampe kế ($R_A \approx 0$) thì nó chỉ $I_1 = \frac{4E}{R}$, nối ampe kế đó vào A và M thì nó chỉ $I_2 = \frac{3E}{2R}$. Hỏi khi tháo ampe kế ra thì cường độ dòng điện qua R_1 bằng bao nhiêu?

ĐS: 1. Khi $x = 0$ thì $P = \frac{3e^2}{R}$.

Khi $x = R$ thì $P_{\min} = \frac{e^2}{3R}$.

Khi $x = 3R$ $P_{\max} = \frac{11e^2}{R}$

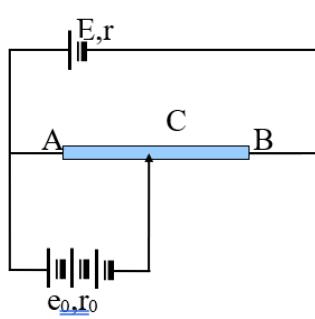
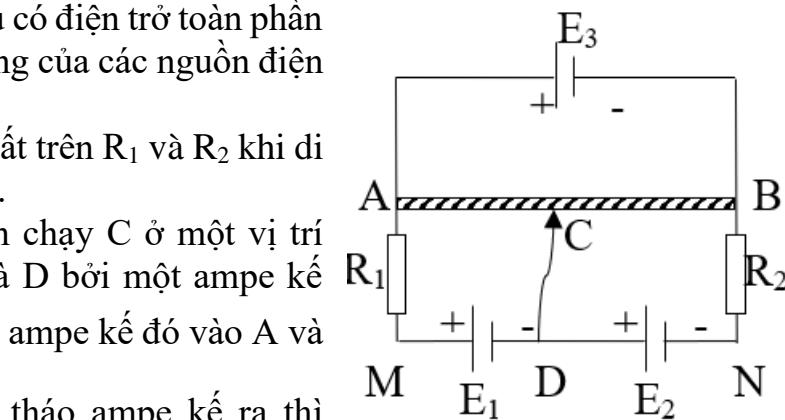
2. $I_{R1} = \frac{3e}{5R}$ (A)

Bài 12. Cho mạch điện như hình 5. Nguồn điện có suất điện động $E = 12V$, điện trở trong $r = 0,6 \Omega$, AB là một biến trỏ con chạy có điện trở toàn phần là $R = 9 \Omega$. Ba ác quy như nhau, mỗi cái có suất điện động e_0 và điện trở trong $r_0 = 0,5 \Omega$. Gọi điện trở phần AC là x.

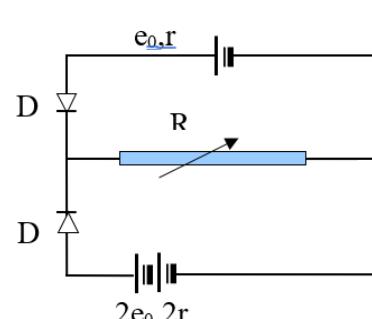
1. Khi $x = 6 \Omega$ thì các ác quy được nạp điện và dòng qua mỗi ác quy là 0,4A. Tính suất điện động của mỗi ác quy và công suất tỏa nhiệt trên toàn bộ biến trỏ khi đó.

2. Bộ ác quy trên (ba ác quy nối tiếp) khi đã được nạp đầy điện có thể dùng để thắp sáng bình thường được tối đa bao nhiêu bóng đèn loại 1,5V-1,5W. Nối rõ cách mắc các đèn khi đó.

3. Ba ác quy trên khi đã nạp đầy điện được mắc vào mạch như hình 6. Hai điốt giống nhau có điện trở thuận $r_D = 4 \Omega$, điện trở ngược vô cùng lớn, R là một biến trỏ. Điều chỉnh giá trị R để công suất điện tiêu thụ trên biến trỏ là cực đại, tìm giá trị cực đại đó.



Hình 5



Hình 6

ĐS: 1. $e_0 = 2V$; $P = 14,01(W)$; 3. $P_{R\max} \approx 0,917 (W)$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

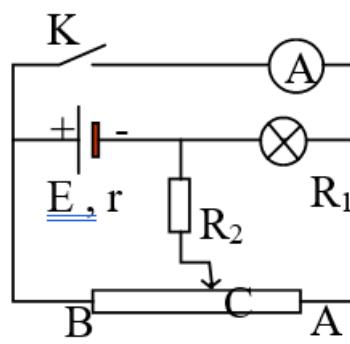
Bài 13. Cho mạch điện như hình vẽ. Nguồn điện có $E = 8V$, $r = 2\Omega$. Điện trở của đèn là $R_1 = 3\Omega$; $R_2 = 3\Omega$; ampe kế có điện trở khung đáng kể.

a. K mở, di chuyển con chay C người ta nhận thấy khi điện trở phần AC của biến trở AB có giá trị 1Ω thì đèn tối nhất. Tính điện trở toàn phần của biến trở.

b, Thay biến trở trên bằng một biến trở khác và mắc vào chỗ biến trở cũ ở mạch điện trên rồi đóng khoá K. Khi điện trở phần AC bằng 6Ω thì ampe kế chỉ $\frac{5}{3}A$. Tính điện

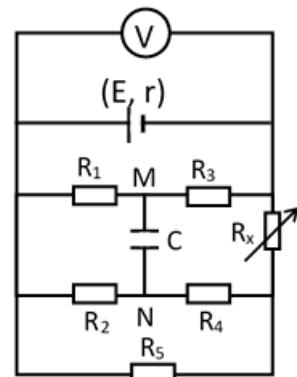
trở toàn phần của biến trở mới.

ĐS: a. $R = 3(\Omega)$; b. $R' = 12(\Omega)$.



Bài 14. Cho mạch điện như hình:

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 3\Omega$; R_x là một biến trở; nguồn điện có suất điện động $E = 5,4V$; tụ điện có điện dung $C = 0,01\mu F$. Vôn kế V có điện trở vô cùng lớn, các dây nối có điện trở không đáng kể.

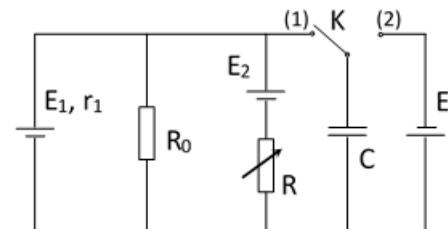


1. Điều chỉnh $R_x = 1\Omega$ thì vôn kế chỉ $3,6V$. Tính điện trở trong của nguồn điện và điện tích của tụ điện.

2. Tìm R_x để công suất tiêu thụ trên R_x cực đại. Tính công suất cực đại đó.

ĐS: 1. $1(\Omega)$; $6nC$; 2. $R_x = 20/7\Omega$; $P_{x\max} = 1,875 W$

Bài 15. Cho mạch điện như hình vẽ. Nguồn điện (E_1) có suất điện động $E_1 = 10 V$ và điện trở trong $r_1 = 1 \Omega$, nguồn (E_2) có suất điện động E_2 và điện trở trong không đáng kể, nguồn (E) có suất điện động $E = 6 V$, điện trở $R_0 = 6 \Omega$, biến trở có giá trị R thay đổi được và tụ điện có điện dung $C = 0,1 \mu F$. Bỏ qua điện trở các dây nối.



a) Khi $E_2 = 8 V$, $R = 2 \Omega$.

- Tính cường độ dòng điện qua các nguồn (E_1), (E_2) và qua điện trở R_0 .

- Ban đầu khóa K ở chốt (1) sau đó được chuyển sang chốt (2), tính điện lượng chuyển qua nguồn (E) và nhiệt lượng tỏa ra trên nguồn này khi điện tích trên tụ điện đã ổn định.

b) Với giá trị nào của E_2 để khi thay đổi giá trị biến trở R , cường độ dòng điện qua nguồn (E_1) không thay đổi?

ĐS: a. $I_1 = 1,6 A$, $I = 1,4 A$, $\Delta q = 1,44 \mu C$; $Q = 1,0368 \cdot 10^{-5} J$; 2. $E_2 = \frac{60}{7} V$

Bài 16. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Trong đó các điện trở:

$$R_1 = 3R, R_2 = R_3 = R_4 = R.$$

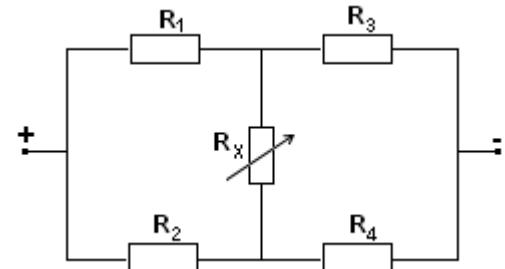
Hiệu điện thế giữa hai đầu mạch điện là U không đổi.

Khi biến trở R_x có một giá trị nào đó thì công suất tỏa nhiệt trên điện trở R_1 là $P_1 = 9$ (W).

a. Tìm công suất tỏa nhiệt trên điện trở R_4 khi đó.

b. Tìm R_x theo R để công suất tỏa nhiệt trên R_x cực đại.

ĐS: a. 12W; b. $R_x = 1,25R$.



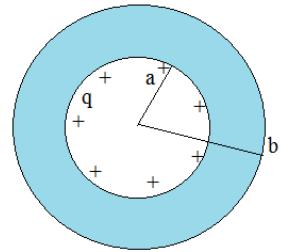
V.3. DÒNG ĐIỆN TRONG KHÔNG GIAN.

Bài 1. Hai mặt cầu kim loại đồng tâm có bán kính a và b ($a < b$) được ngăn cách nhau bằng một môi trường có hằng số điện môi ϵ và độ dẫn điện σ . Tại thời điểm $t=0$ một điện tích q bắt ngòi đặt vào mặt cầu bên trong.

a. Hãy xác định dòng điện toàn phần chạy qua môi trường như một hàm theo thời gian.

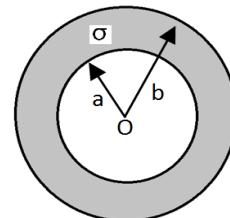
b. Hãy tính nhiệt Joule tỏa ra do dòng điện này và chứng minh rằng nó bằng độ giảm năng lượng tĩnh điện xảy ra khi điện tích được sắp xếp lại.

$$\text{ĐS: a. } I = \frac{\sigma q}{\epsilon \epsilon_0} e^{-\frac{\sigma t}{\epsilon \epsilon_0}}; \text{ b. } Q = \frac{q^2}{8\pi \epsilon \epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$



Bài 2. Một mặt cầu kim loại bán kính a được bao bọc bởi một mặt cầu kim loại đồng tâm có bán kính trong là b , với $b > a$. Không gian giữa hai mặt cầu chứa đầy một vật liệu dẫn điện σ thay đổi theo cường độ điện trường E theo hệ thức $\sigma = KE$, trong đó K là một hằng số.

Một hiệu điện thế được duy trì giữa mặt trong và mặt ngoài V . Dòng điện giữa hai mặt cầu là bao nhiêu? (gợi ý: ta có $j = \sigma E$) (hình 2)



$$\text{ĐS: } I = 4\pi K \left(\frac{V}{\ln(b/a)} \right)^2$$

Bài 3. Đối với dòng điện qua vật dẫn tuân theo định luật Ohm, hãy tìm điện trở giữa hai vật dẫn hình cầu đồng tâm bán kính trong a , bán kính ngoài b ($a < b$). Biết rằng khoảng giữa hai mặt cầu lấp đầy một vật liệu có độ dẫn điện σ và hằng số điện môi ϵ . Giả thiết rằng các vật dẫn và vật liệu là đồng nhất.

$$\text{ĐS: } R = \frac{V}{I} = \frac{1}{4\pi\sigma} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

Bài 4-1044-Yung Kuo Lim. Hình trụ đặc bán kính a , đặt đồng trục với mặt trụ rỗng bán kính b , chiều dài trực đặc và mặt trụ rỗng đều bằng l ($l \gg b$), cả hai vật đều là vật dẫn, khoảng không gian giữa hai mặt trụ chứa đầy một chất điện môi có hằng số điện môi ϵ và độ dẫn điện σ . Tính điện trở khi dòng điện chạy từ mặt trụ này đến mặt trụ kia và đồng thời tính điện dung giữa vật dẫn bên trong và bên ngoài.

$$\text{ĐS: } R = \frac{\ln \frac{b}{a}}{2\pi l \sigma}; C = \frac{2\pi \epsilon \epsilon_0 l}{\ln \frac{b}{a}}$$

Bài 5. Hai vật dẫn được nhúng vào trong một vật liệu có độ dẫn điện $10^{-4} \frac{\Omega}{m}$ và hằng số điện môi $\epsilon = 80\epsilon_0$. Điện trở giữa hai vật dẫn đo được là $10^5 \Omega$. Hãy tìm biểu thức của điện dung giữa hai vật dẫn và tính giá trị của nó.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Lưu ý: các sách của Mỹ gọi ϵ_0 là hằng số điện môi trong chân không; gọi tích $\epsilon\epsilon_0$ là hằng số điện môi trong môi trường. Vậy bài này theo các hiểu chung ta thì $\epsilon = 80$

$$\text{ĐS: } C = \frac{\epsilon\epsilon_0}{\sigma R} = 7,08 \cdot 10^{-11} F$$

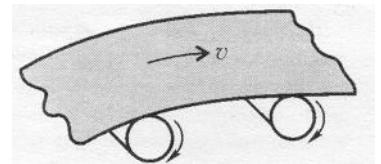
Bài 6.

- Một quả cầu bán kính r có điện thế V được nhúng trong một môi trường dẫn điện có độ dẫn điện σ . Hãy tính cường độ dòng điện từ quả cầu đến vô hạn.
- Hai quả cầu có điện thế lần lượt là V và 0 , có tâm đặt tại vị trí lần lượt $x=d$ và $x=-d$ ($d > r$). Hãy tính mật độ dòng điện tại những điểm các đều hai quả cầu (nghĩa là trên mặt phẳng Oyz) và các điểm ở xa ($>>d$).
- Đối với hình học như câu (b), hãy tính từ trường trên mặt phẳng Oyz đối với những điểm ở xa.

$$\text{ĐS: a. } I = 4\pi\sigma Vr; \text{ b. } \vec{j} = -\frac{\sigma r V d}{(R^2 + d^2)^{3/2}} \vec{e}_x; \text{ c. } B = \frac{\mu_0 \sigma V r}{R}$$

CHƯƠNG VI. TÙ TRƯỜNG VI.1. TÙ TRƯỜNG - LỰC TÙ

Bài 1. Khi sản xuất các màng polyetilen, một tấm màng rộng được kéo theo các con lăn với vận tốc $v = 15m/s$ (H.1). Trong quá trình xử lý (do ma sát) trên bề mặt màng xuất hiện một điện tích mặt phân bố đều. Hãy xác định độ lớn tối đa của cảm ứng từ ở gần bề mặt của màng với lưu ý rằng cường độ điện trường đánh thủng trong không khí bằng $E_{dt} = 30kV/cm$.



Gợi ý: cảm ứng từ ở gần một dây dẫn có dòng điện I chạy qua có độ lớn bằng $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, trong đó r là khoảng cách đến trục dây dẫn.

$$\text{ĐS: } B = \mu_0 \epsilon_0 v E_{dt} = 5 \cdot 10^{-10} (T).$$

Bài 2. Áp dụng định luật Bi ô xa va – Laplatxo để tìm cảm ứng từ tại 1 điểm nằm trên trục của dòng điện tròn cách tâm O có dòng điện một đoạn h đặt trong không khí.

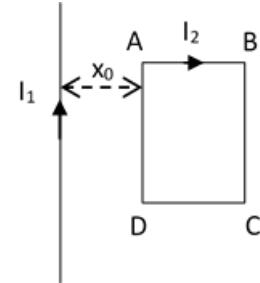
$$\text{ĐS: } B = \frac{\mu_o \cdot IS}{2\pi (R^2 + h^2)^{3/2}}.$$

Bài 3. Một khung dây hình chữ nhật cạnh $AB = a$, $AD = b$ được đặt gần một dây dẫn thẳng, rất dài sao cho AD song song với dây dẫn và mặt phẳng của khung chứa dây dẫn. Cạnh AD cách dây một đoạn x_0 . Dây dẫn thẳng mang dòng điện I_1 , khung dây mang dòng điện I_2 (Hình 2).

- a. Tính lực từ tác dụng lên khung dây.
- b. Tính công cần thực hiện để tịnh tiến chậm khung một đoạn a theo hướng AB .

$$\text{ĐS: a. } F = 2 \cdot 10^{-7} I_1 I_2 b \left(\frac{1}{x_0} - \frac{1}{x_0 + a} \right);$$

$$\text{b. } A = \int_{x_0}^{x_0+a} F dx = 2 \cdot 10^{-7} I_1 I_2 b \ln \frac{(x_0 + a)^2}{x_0(x_0 + 2a)}$$



Bài 4. Một thanh AB mảnh chiều dài ℓ_0 , nhiễm điện với mật độ điện tích dài là $\lambda > 0$. Đầu A của thanh có thể trượt dọc theo tường thẳng đứng Oy, đầu B của thanh có thể trượt dọc theo mặt sàn nằm ngang Ox, cho biết tường và sàn cách điện với thanh.

Người ta kéo đầu B của thanh dọc theo trực Ox với vận tốc không đổi \vec{V}_0 . Ở thời điểm khi thanh AB hợp với phương ngang góc φ như hình 2:

1. Tính vận tốc của một điểm bất kì trên thanh cách đầu A của thanh đoạn ℓ theo $\ell; \ell_0; V_0; \varphi$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

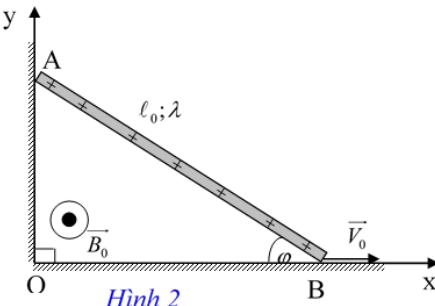
2. Tính lực từ tác dụng lên thanh nếu hệ thống trên được đặt trong từ trường đều có véc tơ cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng Oxy, chiều như hình 1, độ lớn cảm ứng từ là B_0 trong hai trường hợp sau:

* Trường hợp 1: Thanh AB nhiễm điện đều với mật độ điện tích dài $\lambda = \text{const}$

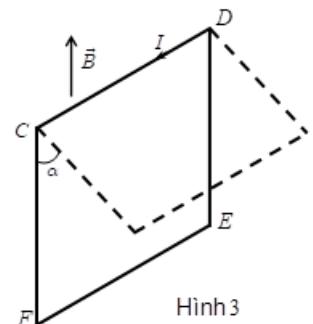
* Trường hợp 2: Thanh AB nhiễm điện không đều có mật độ điện tích dài tăng dần từ A đến B theo quy luật $\lambda = k \cdot \ell$ (trong đó k là hằng số dương; ℓ là biến số chiều dài).

$$\text{ĐS: 1. } v = \frac{V_0}{\ell_0 \sin \varphi} \sqrt{(\ell - \ell_0)^2 \cos^2 \varphi + \ell^2 \sin^2 \varphi}; \quad 2. \text{ Trường }$$

$$\text{hợp 1: } F = \frac{\omega \cdot B_0 \cdot \lambda \cdot \ell_0^2}{2}. \text{ Trường hợp 2: } F = \frac{\omega \cdot B_0 \cdot k \cdot \ell_0^3}{6} \sqrt{\cos^2 \varphi + 4 \sin^2 \varphi}$$



Bài 5. Một khung dây dẫn CDEF hình vuông có cạnh $a = 10\text{ (cm)}$, khối lượng mỗi cạnh là $m = 20\text{ (g)}$, có thể quay không ma sát quanh cạnh CD cố định, nằm ngang như hình 3. Cường độ dòng điện trong khung dây là $I = 20\text{ (A)}$. Khung dây được đặt trong từ trường đều \vec{B} có phương thẳng đứng, hướng lên có độ lớn $B = 0,2\text{ (T)}$. Khi cân bằng, mặt phẳng khung dây hợp với phương thẳng đứng một góc α , lấy $g = 10\text{ (m/s}^2\text{)}$. Hãy xác định góc α ?



$$\text{ĐS: } \alpha = 45^\circ$$

Bài 6. Cuộn dây Hemhôn là một dụng cụ cho phép tạo ra từ trường đều trong không gian hẹp. Nó gồm 2 vòng dây dẫn hình tròn cùng bán kính a được đặt đồng trực, trong đó có dòng điện cùng chiều, cùng cường độ I chạy qua. Khoảng cách giữa hai vòng dây là L .

Tính cảm ứng từ B trên trực hai vòng dây cách trung điểm của đoạn thẳng nối tâm hai vòng dây một khoảng x . Tìm điều kiện để B không phụ thuộc x với x nhỏ, tính B đó.

$$\text{ĐS: } B = \frac{8\mu_0 I}{5\sqrt{5}a}.$$

Bài 7. Một dây dẫn có dạng nửa đường tròn bán kính 20 cm được đặt trong mặt phẳng vuông góc với cảm ứng từ \vec{B} của một từ trường đều có độ lớn $B = 0,4\text{ T}$. Cho dòng điện $I = 5\text{ A}$ đi qua dây. Tìm lực từ F tác dụng lên dây dẫn này?

$$\text{ĐS: } 0,8\text{ N}$$

Bài 8. Trong khuôn khổ mẫu nguyên tử cổ điển của hiđrô, hãy đánh giá độ lớn cảm ứng từ tại tâm quỹ đạo tròn của electron. Cho biết bán kính quỹ đạo tròn này (bán kính Bohr) $r_B = 0,53 \cdot 10^{-10}\text{ m}$.

Gợi ý: cảm ứng từ tại tâm một dây dẫn tròn có dòng điện I chạy qua bằng $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$, trong đó $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\text{ H.N/m}$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } B = \frac{\mu_0 e^2}{8\pi^{3/2} r_B^{5/2} (\varepsilon_0 m_e)^{1/2}} = 12,48(T).$$

Bài 9. Một vòng tròn kim loại bán kính R mang dòng điện I nằm hoàn toàn trong mặt phẳng Oxy tại nơi có độ từ thẩm $\mu = 1$. Tâm của vòng tròn trùng với gốc tọa độ O và chiều của dòng điện trùng với chiều quay từ trục Ox đến trục Oy . Biết vòng kim loại này ở rất xa các nguồn gây ra từ trường khác.

1. Tìm cảm ứng từ tại điểm M trên trục Ox , biết $OM = a \ll R$.
2. Đường cảm ứng từ qua M cắt Oxy tại N với $ON = r \gg R$, tìm r .

$$\text{ĐS: 1. } B = \frac{\mu_0 I}{2R} \left(1 + \frac{3a^2}{2R^2} \right); \text{ 2. } r \approx \frac{R^3}{a^2}$$

Bài 10. Trên mặt bàn nằm ngang không dẫn điện có đặt một vòng mảnh bằng kim loại khói lượng M và bán kính a . Vòng ở trong một từ trường đều nằm ngang có cảm ứng từ \vec{B} . Xác định cường độ dòng điện cần thiết đi qua vòng dây kim loại để nó bắt đầu được nâng lên.

$$\text{ĐS: } I_{gh} \geq \frac{Mg}{\pi Ba}.$$

Bài 11. Một quả cầu tâm C , bán kính R , khói lượng m và tích điện dương Q (khối lượng m và điện tích Q phân bố đều theo thể tích quả cầu). Đặt quả cầu trên mặt máng trụ nằm nghiêng, góc nghiêng α và bán kính bán trụ bằng R . Một từ trường đều \vec{B} được tạo ra có phương nằm ngang và vuông góc với đường dốc chính mặt phẳng nghiêng như hình vẽ.

Lúc $t=0$ người ta buông quả cầu lăn không vận tốc đầu, và cho rằng quả cầu lăn không trượt. Cho gia tốc rơi tự do là g .

1. Ta khảo sát chuyển động của quả cầu trong hệ quy chiếu gắn với đất.

a. Khi quả cầu lăn không trượt, hãy xác định véc tơ hợp lực từ (phương chiều và độ lớn) tác dụng lên quả cầu theo vận tốc khói tâm \vec{v}_c của quả cầu.

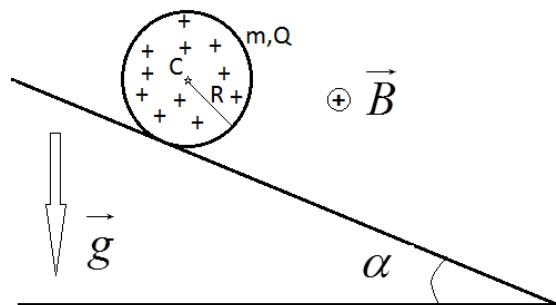
b. Viết biểu thức gia tốc tâm C quả cầu.

c. Viết biểu thức vận tốc tâm C quả cầu theo thời gian.

d. Sau thời gian lăn không trượt t_1 , quả cầu bắt đầu nâng lên khỏi mặt phẳng nghiêng. Tìm t_1 .

2. Khi quả cầu lăn không trượt trên mặt phẳng nghiêng, ta chỉ xét chuyển động quay của quả cầu trong hệ quy chiếu gắn với khói tâm C . Trong hệ này quả cầu quay quanh trục Cz , chiều dương của trục cùng chiều véc tơ \vec{B} với tốc độ góc $\vec{\omega}$

a. Xác định phương trình vận tốc góc ω theo thời gian t .



Quả cầu tích điện Q quay quanh trục Cz tương đương như một dòng điện tròn khép kín bao quanh trục Cz . Dòng điện này có mật độ dòng điện $J(r, t)$ phụ thuộc vào khoảng cách r tính từ trục Cz và thời gian t . Khi đó cường độ dòng điện $I(t)$ gây ra trên toàn quả cầu là một đại lượng phụ thuộc vào thời gian. Chính dòng điện $I(t)$ gây dọc trục Cz một từ trường B_1 cũng phụ thuộc vào thời gian và tọa độ trên phẳng Cz .

b. Xác định biểu thức dòng điện $I(t)$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

c. Gọi r là khoảng cách từ 1 điểm M trên quả cầu đến trục Cz. Hãy xác định mật độ dòng điện $J(r,t)$ tại điểm M theo r và thời gian t .

d. Xác định từ trường B_1 do sự quay của quả cầu quanh trục Cz gây ra tại một điểm N trên trục Cz cách tâm C một đoạn $2R$.

e. Lúc quả cầu nâng lên thì B_1 bằng bao nhiêu?

$$\text{ĐS: 1a. } \vec{F}_B = Q(\vec{v}_C \wedge \vec{B}) ; 1b. a_C = \frac{5g \sin \alpha}{7} ; 1c. v_C = a_C t = \frac{5g \sin \alpha}{7} t ; 1d. t_1 = \frac{7m}{5QgB} \cot g \alpha 2a.$$

$$\omega = \frac{5g \sin \alpha}{7R} t ; 2b. I_T = \frac{5Qg \sin \alpha}{14\pi R} t ; 2c. J(r,t) = \frac{15Qg \sin \alpha}{28\pi R^4} rt ;$$

$$2d. B_1 = \frac{25}{\pi} \frac{\mu_0 Q \cdot g \sin \alpha}{R^2} t \quad (\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}) ; 2e. B_1 = \frac{35}{\pi} \frac{\mu_0 m g \cos \alpha}{BR^2}$$

Bài 12. Một quả cầu đồng chất khối lượng m , bán kính R , mang một điện tích q . Điện tích q được phân bố đều trong thể tích quả cầu. Người ta cho quả cầu quay xung quanh trục của nó với vận tốc góc ω . Tìm mômen động lượng L , mômen từ P_m của quả cầu đó; từ đó suy ra tỉ số P_m/L ?

$$\text{ĐS: } L = \frac{2}{5} m R^2 \omega ; P_m = \frac{q R^2 \omega}{5}, \frac{P_m}{L} = \frac{q}{2m} .$$

VI.2. ĐIỆN TÍCH CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG

Bài 1. Một hạt có khối lượng m và điện tích q bay vào một từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} . Hạt có vận tốc \vec{v} hướng vuông góc với đường sức từ. Hãy xác định xem hạt chuyển động như thế nào trong từ trường?

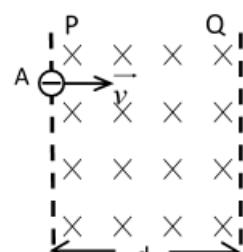
$$\text{ĐS: Quỹ đạo tròn bán kính } R = \frac{mv}{qB}, \text{ chu kỳ } T = \frac{2\pi m}{qB} .$$

Bài 2. Không gian từ trường đều với cảm ứng từ $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ T}$ được giới hạn bởi 2 mặt phẳng song song (P) và (Q) cách nhau đoạn $d = 2\text{cm}$. Một electron không có vận tốc ban đầu được tăng tốc bởi điện áp U rồi đưa vào từ trường trên tại điểm A theo phương vuông góc với mặt phẳng (P) (hình 2). Cho $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. Hãy xác định thời gian electron chuyển động trong từ trường và phương chuyển động của electron khi nó ra khỏi từ trường trong các trường hợp:

$$1. U = 3,52 \text{ kV}$$

$$2. U = 18,88 \text{ kV}$$

$$\text{ĐS: 1. } t = \frac{\pi R}{v} = 9 \cdot 10^{-10} \text{ (s)} ; 2. t = \frac{\pi m}{3|e|B} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ (s)}$$



Hình 2

Bài 3. a) Xét một chùm electron hình trụ dài có mật độ hạt đồng nhất n và vận tốc trung bình V (cả hai đại lượng đều ở trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm). Hãy suy ra biểu thức của điện trường tại một điểm cách giữa của chùm electron một khoảng r , bằng cách sử dụng điện từ học cổ điển.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

- b) Tìm biểu thức của từ trường cũng tại điểm như trong câu a.
- c) Khi đó lực tổng hợp hướng ra ngoài tác dụng lên electron trong chùm electron khi đi qua điểm này bằng bao nhiêu?
- d) Giả thiết rằng biểu thức nhận được trong câu c, áp dụng được cho các vận tốc tương đối tính, thì lực tác dụng lên electron V tiến tới vận tốc ánh sáng c sẽ bằng bao nhiêu? cho $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$.
- e) Nếu một chùm electron bán kính R đi vào trong một plasma chỉ gồm các ion dương có mật độ đồng nhất $n_0 < n$ (plasma là một chất khí đã bị Ion hóa gồm các Ion và các electron với mật độ điện tích bằng nhau). Hãy tìm lực tổng hợp tác dụng lên một Ion plasma dừng tại một điểm bên ngoài chùm electron, cách trực chùm một khoảng r' , sau khi chùm electron đã đi vào plasma khá lâu, có thể giả thiết mật độ của các Ion plasma là không đổi và tính đổi xứng trụ được duy trì.
- f) Sau một khoảng thời gian đủ dài, tìm lực tổng hợp tác dụng lên một electron tại vị trí cách trực của chùm electron trong plasma một khoảng r , với giả thiết $V \rightarrow c$ và trong điều kiện mật độ của các Ion plasma là không đổi và tính đổi xứng trụ vẫn được duy trì?

$$\text{ĐS: a. } E_r = \frac{-ner}{2\epsilon_0}; \text{ b. } B = -\frac{\mu_0 nerV}{2}; \text{ c. } \vec{F} = \frac{ne^2 r}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{V^2}{C^2}\right) \vec{r} \text{ với } C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}.$$

$$\text{d. } F_r \rightarrow 0 \text{ khi } V \rightarrow c; \text{ e. } F_{r'} = \frac{ne^2 R^2}{2\epsilon_0 r'} - \frac{n_0 e^2 r'}{2\epsilon_0}; \text{ f. Khi } V \rightarrow c, \vec{F} \approx -\frac{n_0 e^2 r}{2\epsilon_0} \vec{r}.$$

Bài 4. Một electron sau khi đi qua hiệu điện thế tăng tốc $\Delta\phi = 40V$, bay vào một vùng từ trường đều có hai mặt biên phẳng song song, bề dày $h = 10cm$. Vận tốc của electron vuông góc với cả cảm ứng từ \vec{B} lân hai biên của vùng. Với giá trị nhỏ nhất B_{\min} của cảm ứng từ bằng bao nhiêu thì electron không thể bay xuyên qua vùng đó? Cho biết tỷ số độ lớn điện tích và khối lượng của electron là $\gamma = 1,76 \cdot 10^{11} C/kg$.

$$\text{ĐS: } B_{\min} = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{2\Delta\phi}{\gamma}} = 2,1 \cdot 10^{-4} (T)$$

Bài 5. Một electron bay vào một trường điện từ với vận tốc bằng $10^5 m/s$. Đường súc điện trường và đường súc từ có cùng phương chiều. Cường độ điện trường $E = 10V/m$, cường độ từ trường $H = 8 \cdot 10^3 A/m$. Tìm gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần của electron trong trường hợp:

- a) Electron chuyển động theo phương chiều của các đường súc.
 b) Electron chuyển động vuông góc với các đường súc.

$$\text{ĐS: a. } a_n = 0; a = a_t = \frac{eE}{m} \approx 1,76 \cdot 10^{14} (m/s^2)$$

$$\text{b. } a_t = 0; a = a_n = \sqrt{\left(\frac{eE}{m}\right)^2 + \left(\frac{evB}{m}\right)^2} \approx 2,5 \cdot 10^{14} (m/s^2)$$

Bài 6. Một electron chuyển động theo một quỹ đạo tròn, bán kính $R = 10cm$ trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 1T$. Đưa thêm vào vùng không gian này một điện

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

trường đều có cường độ $E = 100\text{V/m}$ và có hướng song song với hướng của từ trường. Hỏi sau bao lâu vận tốc của electron tăng lên gấp đôi?

$$\text{ĐS: } t = \frac{BR}{E} = 10^{-3}\text{s}$$

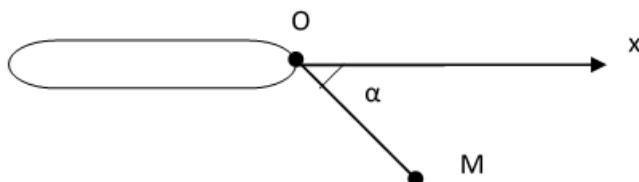
Bài 7. Một hạt có khối lượng m và điện tích q bay vào một từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} . Góc giữa véctơ vận tốc \vec{v} và véctơ cảm ứng từ \vec{B} là α . Trong trường hợp này hạt sẽ chuyển động như thế nào?

$$\text{ĐS: Quỹ đạo của hạt là một đường xoắn ốc } R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}; T = \frac{2\pi m}{qB}, \text{ bước ốc} \\ h = \frac{2\pi v \cos \alpha}{qB}$$

Bài 8. Một electron chuyển động trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 5 \cdot 10^{-3}\text{T}$, theo hướng hợp với đường cảm ứng từ một góc $\alpha = 60^\circ$. Năng lượng của electron bằng $W = 1,64 \cdot 10^{-16}\text{J}$. Trong trường hợp này quỹ đạo của electron là một đường định ốc. Hãy tìm: vận tốc của electron; bán kính của vòng định ốc và chu kì quay của electron trên quỹ đạo, và bước của đường định ốc.

$$\text{ĐS: } v = 1,9 \cdot 10^7 (\text{m/s}), R = 1,9 \cdot 10^{-2} (\text{m}), T = 7,1 \cdot 10^{-9} (\text{s}), h \approx 6,8 \cdot 10^{-2} (\text{m})$$

Bài 9. Sau khi được tăng tốc bởi hiệu điện thế U trong ống phát, electron được phóng ra theo hướng Ox để rồi sau đó phía bắn trúng vào điểm M ở cách O khoảng d . Hãy tìm dạng quỹ đạo của electron và cường độ cảm ứng từ B trong hai trường hợp sau:



- a) Từ trường có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ.
 - b) Từ trường có phương song song với OM .
- (OM hợp với phương Ox góc α ; điện tích electron là $-e$, khối lượng là m)

$$\text{ĐS: 1. Quỹ đạo tròn; } B = \frac{2 \sin \alpha}{d} \sqrt{\frac{2mU}{e}}$$

$$2. Quỹ đạo xoắn ốc; B = k \frac{2\pi \cos \alpha}{d} \sqrt{\frac{2Um}{e}}$$

Bài 10. Một electron bay trong một từ trường đều có cảm ứng từ là \vec{B} . Electron có vận tốc \vec{v} có phương lập với đường sức từ một góc ϕ . Độ rộng của vùng có từ trường là l . Hãy tìm độ biến thiên động lượng của electron trong thời gian bay qua từ trường.

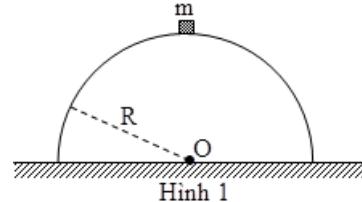
$$\text{ĐS: } \Delta P = 2mv \sin \phi \sin \left(\frac{qBl}{2mv \cos \phi} \right).$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 11. Một electron chuyển động trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 2 \cdot 10^{-3}$ T. Quỹ đạo của electron là một đường định ốc có bán kính $R = 2\text{cm}$ và có bước xoắn $h = 5\text{cm}$. Tính vận tốc của electron.

ĐS: $v \approx 7,6 \cdot 10^6 (\text{m/s})$

Bài 12. Cho một vật nhỏ khối lượng $m = 4\text{ g}$, tích điện $q = + 5 \cdot 10^{-4}\text{ C}$ và một bán trụ nhẵn, bán kính $R = 60\text{ cm}$ đặt cố định trên mặt phẳng ngang (Hình 1). Cho vật trượt không vận tốc đầu từ đỉnh bán trụ. Gọi v là vận tốc của vật khi bắt đầu rời bán trụ. Bỏ qua mọi lực cản và từ trường Trái Đất. Lấy $g = 10\text{ m/s}^2$.



a. Tính v .

b. Nếu đặt hệ vật và bán trụ trong vùng không gian có điện trường đều, vecto cường độ điện trường hướng thẳng đứng từ dưới lên, độ lớn $E = 60\text{ V/m}$ thì v bằng bao nhiêu?

c. Nếu đặt hệ vật và bán trụ trong vùng không gian có từ trường đều, vecto cảm ứng từ song song với trục của bán trụ thì khi trượt về phía bên phải $v = v_1$, khi trượt về phía bên trái $v = v_2$. Xác định vecto cảm ứng từ \vec{B} . Biết rằng $v_1 - v_2 = 3\text{ cm/s}$.

ĐS: 1. $v = \sqrt{\frac{2gR}{3}} = 2\text{ m/s}$; 2. $v = \sqrt{\frac{2R(mg - qE)}{3m}} = 1\text{ m/s}$; c. $B = \frac{3m(v_1 - v_2)}{2qR} = 0,6\text{ T}$

Bài 13. Một electron đang chuyển động với vận tốc $v_0 = 6 \cdot 10^7\text{ m/s}$ thì bay vào một miền có từ trường đều, phuong vuông góc với các đường sức từ. Vecto vận tốc \vec{v}_0 nằm trong mặt phẳng hình vẽ và có chiều hướng từ trái sang phải (Hình 1). Cho biết $B = 0,005\text{ T}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$, điện tích của electron bằng $-1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$. Bỏ qua trọng lượng của electron.

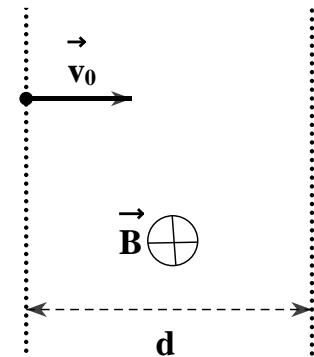
1. Cần phải đặt một điện trường \vec{E} có hướng và độ lớn thế nào trong miền từ trường để electron chuyển động thẳng đều trong miền đó?

2. Không đặt điện trường như đã nêu ở câu trên.

a) Hãy tính bán kính quỹ đạo chuyển động của electron khi chuyển động trong không gian có từ trường.

b) Miền từ trường nói trên được giới hạn giữa hai đường thẳng song song, cách nhau một khoảng $d = 5,91\text{ cm}$. Tính thời gian chuyển động của electron trong từ trường.

ĐS: 1. $E = Bv_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ V/m}$; 2a. $R = 6,825\text{ cm}$; 2b. $t = 1,191 \cdot 10^{-9}\text{ s}$



Hình 1

Bài 14. Một hạt không mang điện tích, đang đứng yên thì bị vỡ ra trong một từ trường đều \vec{B} thành hai mảnh khối lượng m_1 và m_2 , mang điện tích tương ứng là q và $-q$. Biết rằng sau khoảng thời gian t kể từ khi vỡ hai mảnh này gặp nhau. Bỏ qua tương tác Coulomb giữa hai mảnh và lực cản của môi trường. Tìm khoảng thời gian t .

ĐS: $t = \frac{2\pi m_1 m_2}{qB(m_1 + m_2)}$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 15. Một hạt tích điện bay vào một môi trường có lực cản tỉ lệ với độ lớn vận tốc hạt. Đến khi dừng lại hạt đã đi quãng đường $L = 10\text{cm}$ (tính từ lúc đi vào môi trường). Nếu trong môi trường đó có đặt một từ trường đều vuông góc với vận tốc hạt thì với vận tốc ban đầu như trước hạt sẽ dừng lại sau khi đi được độ dài $\ell_1 = 5\text{cm}$. Nếu cảm ứng từ là B_2 thì hạt đi được độ dài $\ell_2 = 2\text{cm}$. Tìm tỉ số B_2/B_1 ?

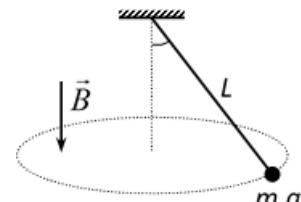
$$\text{ĐS: } \frac{B_2}{B_1} = 2\sqrt{2}$$

Bài 16. Có một chùm tia ion có mật độ đều, mang điện tích dương, có dạng một hình trụ dài bán kính R . Mỗi ion trong chùm có điện tích là q , khối lượng m chuyển động với vận tốc v .

Chứng minh rằng, tại tại bờ mặt của chùm mỗi ion chịu tác dụng của một hợp lực hướng ra phái ngoài chùm và có độ lớn bằng: $F = \frac{Iq}{2\pi\varepsilon_0 Rv} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$. Với I là cường độ dòng điện tao bởi chùm và c là vận tốc ánh sáng.

Bài 17. Một quả cầu nhỏ có khối lượng $m=1\text{ gam}$, mang điện tích dương $q=10^{-3}\text{C}$ được treo lên một sợi chỉ có chiều dài $L=1\text{m}$, chuyển động đều theo đường tròn trong mặt phẳng nằm ngang với góc lệch của sợi chỉ so với phương đứng là $\alpha=60^\circ$ và trong một từ trường đều $B=1\text{T}$ hướng theo phương đứng như hình 4. Tìm tốc độ góc của quả cầu.

$$\text{ĐS: } \omega_1 = -5 \text{ rad/s, hoặc } \omega_2 = 4 \text{ rad/s}$$



Hình 4

Bài 18. Một hạt tích điện bay vào một môi trường có lực cản tỉ lệ với độ lớn vận tốc hạt. Đến khi dừng lại hạt đã đi quãng đường $L = 10\text{cm}$ (tính từ lúc đi vào môi trường). Nếu trong môi trường đó có đặt một từ trường đều vuông góc với vận tốc hạt thì với vận tốc ban đầu như trước hạt sẽ dừng lại sau khi đi được đoạn đường $l_1 = 6\text{cm}$. Nếu cảm ứng từ giảm đi 2 lần thì hạt đi được quãng đường l_2 bằng bao nhiêu trước khi dừng lại?

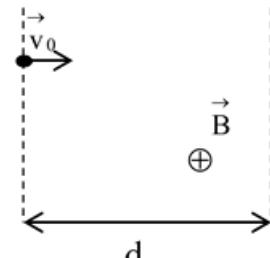
$$\text{ĐS: } l_2 = \frac{2Ll_1}{\sqrt{3l_1^2 + L^2}} \approx 8,3\text{cm.}$$

Bài 19. Một electron đang chuyển động với vận tốc $v_0 = 8,13 \cdot 10^7 \text{m/s}$ thì bay vào một vùng có từ trường đều bờ dày $d = 2 \text{ cm}$, \vec{F}_c vuông góc với \vec{v}_0 và $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{T}$, (hình 1). Bỏ qua tác dụng của trọng trường. Cho $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{C}$, $m_e = 9,0 \cdot 10^{-31} \text{kg}$.

1. Cần phải đặt một điện trường \vec{E} có hướng và độ lớn thế nào trong vùng từ trường để electron chuyển động thẳng đều?

2. Không đặt điện trường nói ở câu 1.

a. Tìm bán kính quỹ đạo và thời gian chuyển động của electron trong từ trường.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b. Sau khi ra khỏi từ trường, electron chịu lực cản phụ thuộc vận tốc theo biểu thức $\vec{F} = -k\vec{v}$ ($k = 1,85 \cdot 10^{-21} \text{ N.s/m}$). Tính quãng đường tối đa mà electron chuyển động được?

ĐS: 1. $E = v_0 \cdot B = 1,63 \cdot 10^6 \text{ V/m}$; 2a. $R \approx 2,31 \text{ cm}$, $t \approx 2,96 \cdot 10^{-9} \text{ s}$

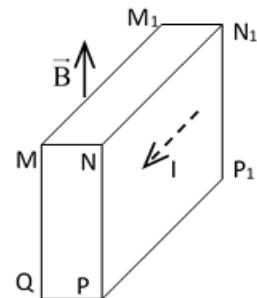
$$2b. S = \frac{mv_0}{k} = 4 \text{ cm}$$

Bài 20. Trong một thiết bị dùng để xác định thành phần các đồng vị (phổ kí khối lượng) của nguyên tố kali. Các ion dương kali của hai đồng vị được tích điện như nhau và có nguyên tử lượng $A_1=39$, $A_2=41$, được tăng tốc trong điện trường rồi đi vào từ trường đều \vec{B} vuông góc với hướng chuyển động của chúng. Trong quá trình làm thí nghiệm, do sự không hoàn hảo của thiết bị tăng tốc, hiệu điện thế có trị số biến đổi từ $U_0 - \Delta U$ đến $U_0 + \Delta U$. Muốn cho các chùm hạt đồng vị kali không chòng chéo lên nhau thì độ sai lệch tương đối của hiệu điện thế $\Delta U / U_0$ chỉ cho phép tối đa bằng bao nhiêu? Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

$$\text{ĐS: } \frac{\Delta U}{U_0} < 2,5\%$$

Bài 21. Một khối kim loại hình hộp chữ nhật có dòng điện cường độ I chạy theo chiều từ N_1 đến N . Khối kim loại được đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} theo hướng QM như Hình 4. Khi đó giữa M và N có một hiệu điện thế U_{MN} nào đó. Biết $MN = a$, $MQ = b$ và mật độ electron tự do trong kim loại là n . Giải thích sự xuất hiện của U_{MN} và tính U_{MN}

$$\text{ĐS: } U_{MN} = \frac{BI}{n|e|b}$$



Hình 4

Bài 22. Một hạt điện tích dương q , khối lượng m rất nhỏ chuyển động trong một từ trường đều $\vec{B} = (0, 0, B)$. Hãy xác định quỹ đạo của hạt. Biết lúc $t = 0$, hạt ở điểm $(0, 0, 0)$ với vận tốc $\vec{v}_0 = (0, a, b)$.

ĐS: Quỹ đạo của hạt là đường xoắn ốc:

$$\begin{cases} \left(x - \frac{a}{\omega_B} \right)^2 + y^2 = \left(\frac{a}{\omega_B} \right)^2 \\ z = bt \end{cases} \text{ với bước ốc } h = \frac{2\pi v_0}{\omega_B} = \frac{2\pi m v_0}{qB}$$

Bài 23. Hạt (m, q) chuyển động trong điện trường và từ trường

Một từ trường đều không đổi có cảm ứng từ B_o theo hướng v_x . Một điện trường đều cũng chỉ có thành phần x và biến thiên điều hòa theo quy luật $E = E_o \cos \omega t$. Một hạt $m, q > 0$ bay vào vùng của hai trường với vận tốc v_o vuông góc Ox . Tính khoảng cách cực đại từ hạt đến chỗ nó bay vào hai trường. Biết $\omega = \frac{qB_o}{m}$. Bỏ qua trọng lực.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } d_{\max} = \frac{2m}{qB} \sqrt{\frac{E_o^2}{B^2} + v_o^2}$$

Bài 24. Chuyển động của khung dây siêu dẫn trong từ trường biển thiên

Từ trường không đều có cảm ứng từ B với độ lớn phụ thuộc vào vị trí trong không gian: $B_x = -kx$; $B_y = 0$; $B_z = kz + B_o$ ($k > 0$). Một khung dây siêu dẫn khối lượng m uốn thành hình vuông cạnh d có độ tự cảm L đặt nằm ngang trong từ trường đó. Ban đầu tâm khung trùng với gốc tọa độ O và các cạnh song song với Ox , Oy , người ta thả cho nó chuyển động. Mô tả chuyển động khung. Viết biểu thức cường độ dòng điện chạy trong khung. Cho g

$$\text{ĐS: } z = \frac{mgL}{k^2 d^4} \left(\cos\left(\frac{kd^2 t}{\sqrt{mL}}\right) - 1 \right), i = -\frac{mg}{kd^2} \left(\cos\left(\frac{kd^2 t}{\sqrt{mL}}\right) - 1 \right)$$

Bài 25. Hệ hai đĩa nối nhau trong từ trường đều

Hai đĩa đồng bán kính a , song song với nhau cùng trục Oz cách nhau khoảng d nối với nhau bằng N sợi mảnh không dẫn bằng kim loại, song song với Oz phân bố đều trên chu vi mỗi sợi, điện trở mỗi sợi dây là R . Cho N rất lớn, bỏ qua điện trở các đĩa. Hệ đặt trong từ trường đều \vec{B} . Cho đĩa quay với vận tốc góc ban đầu là ω_o . Gọi J là mômen quán tính hệ với trục Oz .

- a. Điện áp giữa hai đĩa
- b. Xác định quy luật biến đổi $\omega(t)$ hai đĩa.

$$\text{ĐS: a. } U=0; \text{ b. } \omega = \omega_o \cdot e^{\frac{-NB^2 a^2 d^2}{2Rt} t}$$

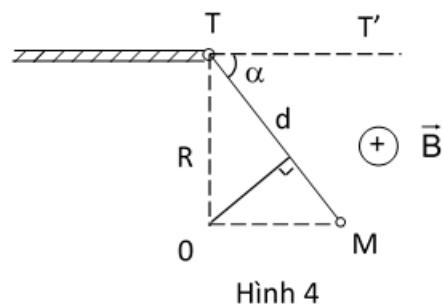
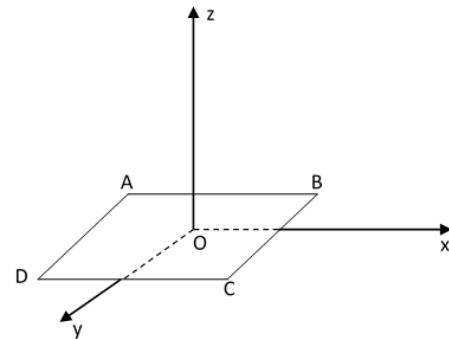
Bài 26.

Trong một ống phóng điện tử, các electron được gia tốc bởi hiệu điện thế $U = 1 \text{ KV}$ rồi bay qua khe T theo phương ngang TT' . Mục tiêu là M , với $TM = d = 5 \text{ cm}$, $\alpha = 60^\circ$ (hình 4).

a) Tìm cảm ứng từ \vec{B} của từ trường vuông góc với mặt phẳng hình vẽ để tất cả các electron sau khi ra khỏi khe T rơi đúng vào mục tiêu.

b) Hãy tính giá trị của $B // TM$ để các electron rơi đúng vào mục tiêu. Cho rằng $B < 0,03 \text{ T}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

$$\text{ĐS: a. } B = \frac{2 \sin \alpha}{d} \cdot \sqrt{\frac{2mU}{e}}; \text{ b. } B = N \cdot (6,7 \cdot 10^3 \text{ T}) \text{ với } N = 1; 2; 3; 4$$



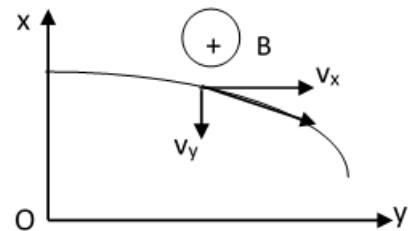
Hình 4

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 27. Một hạt có khối lượng m , điện tích q dương, bắt đầu chuyển động với vận tốc v theo hướng song song với trục Ox trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = ax$ ($x \geq 0$) (hình 6).

Hãy xác định độ dịch chuyển cực đại của hạt theo trục Ox .

$$\text{ĐS: } x_{\max} = \sqrt{\frac{2mv}{qa}}$$



Hình 6

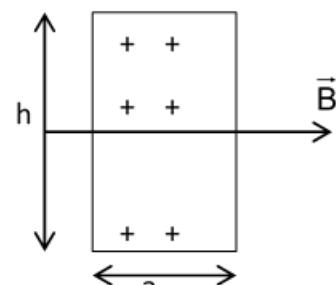
Bài 28.

Hình 7 là một tiết diện của một dây dẫn bằng đồng có cạnh là (h, a). Dòng điện I đi từ phía trước ra phía sau. Từ trường có cảm ứng từ B hướng sang phải, vuông góc với dây dẫn.

- a) Tính vận tốc chuyển động v của electron trong dây dẫn.
- b) Xác định độ lớn và hướng của lực từ F tác dụng lên electron.
- c) Cần phải đặt một điện trường E có độ lớn và hướng như thế nào để cân bằng tác dụng của từ trường?
- d) Xác định hiệu điện thế U cần đặt vào cạnh của dây dẫn để tạo ra điện trường E như vậy. Cần đặt hiệu điện thế vào cạnh nào?
- e) Nếu ta không đặt điện trường ngoài vào thì dưới tác dụng của lực từ, electron lệch về một phía, do đó trong dây dẫn cũng xuất hiện một điện trường E_1 , điện trường này có cường độ tăng dần đến khi nào tác dụng của nó cân bằng với tác dụng của lực từ F . Hãy tính cường độ điện trường ngang E_1 .

Cho biết rằng mật độ của Electron dẫn trong dây dẫn là $n = 1,1 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$ $h = 0,02 \text{ m}$; $a = 0,1 \text{ cm}$; $I = 50 \text{ A}$; $B = 2 \text{ T}$.

ĐS: a. $v = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$; b. $F = 4,5 \cdot 10^{-23} \text{ N}$; c. $E = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ V/m}$; d. $U = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ V}$; e. $E_1 = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ V/m}$

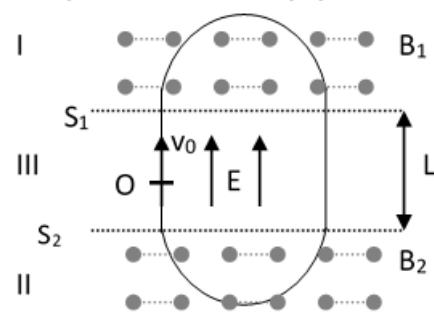


Hình 7

Bài 29.

Trong hình 8, S_1 và S_2 là hai mặt giới hạn nằm song song và chia không gian ra làm ba phần khác nhau I, II, III. Trong các vùng I và II có các từ trường đều, có phương vuông góc với tờ giấy, chiều hướng ra ngoài, cường độ cảm ứng từ lần lượt là B_1 và B_2 . Trong vùng III có điện trường đều cường độ E , chiều hướng từ S_2 sang S_1 .

Người ta phóng một hạt nhỏ khói lượng m mang điện tích dương q cho nó chuyển động với vận tốc v_0 từ O hướng về phía S_1 khoảng cách từ O đến S_1



Hình 8

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

là $\frac{L}{2}$ bỏ qua tác dụng của trọng lực. Để cho hạt có thể chuyển động theo quỹ đạo đó cho trong bài (2 đoạn cong trên quỹ đạo có bán kính bằng nhau). Hãy xác định:

- Tỷ số cường độ các cảm ứng từ B_1 và B_2 .
- Điện trường E phải có trị số nhỏ hơn bao nhiêu?

$$\text{ĐS:a. } \frac{B_1}{B_2} = \sqrt{\frac{mv_0^2 + qEL}{mv_0^2 - qEL}}; \text{ b. } E < \frac{mv_0^2}{qL}$$

Bài 30. Một chùm prôtôn đi vào một vùng không gian có bề rộng $d = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ và có từ trường đều $B_1 = 0,2 \text{ T}$. Sau đó prôtôn đi tiếp vào vùng không gian cũng có chiều rộng d nhưng từ trường $B_2 = 2B_1$.

Lúc đầu, Prôtôn có vận tốc vuông góc với vectơ cảm ứng từ B và vuông góc với mặt biên của vùng không gian có từ trường (hình 10).

- Hãy xác định giá trị của hiệu điện thế V_0 để tăng tốc cho prôtôn sao cho hạt prôtôn đi qua được vùng đầu tiên.
- Hãy xác định hiệu điện thế V_0 sao cho prôtôn đi qua được vùng thứ hai.
- Hãy xác định hiệu điện thế V_0 sao cho prôtôn sau khi đi qua được vùng thứ hai, thì có vận tốc hợp với phương của vận tốc ban đầu một góc 60° .

(Trích đề thi Olimpic Vật lí quốc gia Ý 1998)

$$\text{ĐS: a. } V_0 > \frac{qB_1^2 d^2}{2m}; \text{ b. } V_0 > 9 \frac{qB_1^2 d^2}{2m}; \text{ c. } V_0 = 12 \frac{qB_1^2 d^2}{2m}$$

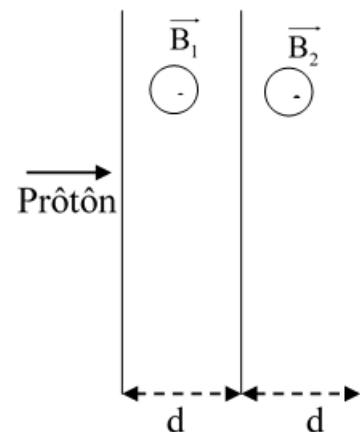
Bài 31. Các electron qua O vào một miền D rộng L , trong đó có một từ trường đều không đổi. Ta xem ngoài miền D, từ trường bằng 0. Giả thiết bề rộng L của miền thỏa mãn: $L \ll \frac{mv_0}{eB} = R$ hay: $\frac{wL}{v_0} = \frac{eBL}{mv_0} \ll 1$ với v_0 là vận tốc ban đầu của các electron

cách O một đoạn $D + \frac{L}{2}$ có đặt một màn huỳnh quang.

- Xác định tung độ y_P của điểm P tại đó electron ra khỏi miền D và góc α hợp bởi vectơ vận tốc của electron tại điểm đó với trục Ox.
- Suy ra vị trí của điểm chạm I trên màn.
- Xác minh rằng giá trị của vectơ PI đi rất gần điểm Q có hoành độ $\frac{L}{2}$ với những giả thiết nêu trên.

Cho $L = 1\text{cm}$; hiệu điện thế tăng tốc $V = 10\text{KV}$; $B = 3\text{mT}$ và $D = 20\text{cm}$.

$$\text{ĐS: a. } y_P = 0,445\text{mm}; \text{ b. } y_I = 1,78\text{(cm)}.$$



Hình 2

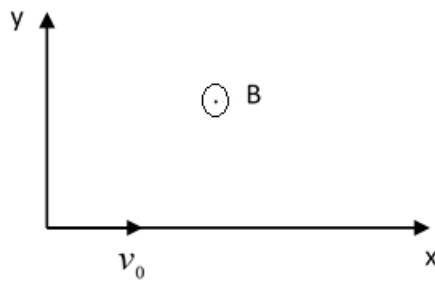
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 32. Một hạt có điện tích $q > 0$ và khối lượng m dịch chuyển trong một môi trường trong đó hạt chịu một lực ma sát có dạng:

$$\vec{F} = -Kv^2 \frac{\vec{v}}{v} \text{ với } K > 0. \text{ Từ trường đều } \vec{B} \text{ không}$$

đổi vuông góc với vận tốc \vec{v}_0 ban đầu của hạt. Chứng tỏ rằng chuẩn (độ lớn) của vận tốc hạt giảm theo thời gian. Vận tốc bằng 0 có thể đạt được sau một thời gian hữu hạn không?

$$\text{ĐS: Vận tốc giảm theo thời gian: } v = \frac{v_0}{1 + \frac{k}{m} t}$$



Hình 14

Bài 33. Một đi ôt chân không, trong đó giữa anôt và catôt bằng d , ở trong một từ trường có cảm ứng từ bằng B và hướng song song với mặt phẳng các bán cực. Hồi điện áp tối thiểu giữa hai cực bằng bao nhiêu để các electron từ bề mặt catôt có thể đến được anôt? Coi các electron ở bề mặt catôt là đứng yên và bỏ qua tác dụng của trọng trường.

Bài 34. Một hạt mang điện tích dương q , khối lượng m chuyển động thẳng đều với vận tốc \vec{v}_0 dọc theo trục x' Ox nằm ngang trong vùng không gian có tác dụng của điện trường đều và từ trường đều. Vectơ cường độ điện trường \vec{E} cùng chiều với trục Oz, hướng thẳng đứng xuống dưới (hình 16). Vectơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng hình vẽ.

1. Hãy xác định chiều và độ lớn của vectơ cảm ứng từ \vec{B} (theo q, m, E và giá tốc rơi tự do g).

2. Khi hạt tới điểm O, người ta đột ngột đảo chiều của cảm ứng từ \vec{B} (làm \vec{B} đổi hướng ngược lại, nhưng vẫn giữ nguyên độ lớn ban đầu của nó). Chọn gốc thời gian là lúc hạt tới O. Hãy thiết lập phương trình chuyển động của hạt ở thời điểm t và phác họa quỹ đạo của hạt. Xem rằng thời gian làm đảo chiều của \vec{B} là nhỏ không đáng kể.

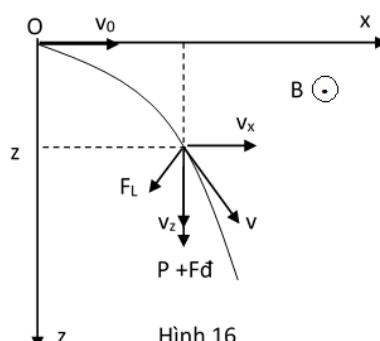
3. Xác định thời điểm gần nhất để hạt lại tới trục x' Ox. Tìm vị trí của hạt và vectơ vận tốc của hạt lúc đó.

$$\text{ĐS: } 1. B = \frac{qE + mg}{qv_0}, \vec{B} \text{ hướng theo trục Oy vuông}$$

góc mặt phẳng Oxz.

$$2. x = -\frac{2mv_0}{Bq} \cos\left(\frac{Bq}{m}t + \frac{p}{2}\right) - v_0 t;$$

$$z = \frac{2mv_0}{Bq} \sin\left(\frac{Bq}{m}t + \frac{p}{2}\right)$$



Hình 16

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$3.; t = \frac{2pm}{Bq}; x = -v_0 t = -\frac{2pmv_0}{Bq}.$$

Bài 35. Một chùm tia hẹp gồm các ion ^{39}K và ^{41}K đi vào khe hẹp của khối phô kẽ, động năng của các ion là $T = (500 \pm 5)$ eV. Chùm tia có góc mở là $2\alpha = 6^\circ$ khi bắt đầu đi vào khối phô kẽ.

Từ trường $B = 0,7\text{T}$ có phương vuông góc với mặt giấy. Đặt tấm phim lên mặt phẳng AM (hình 18).

1. Các ion ^{39}K và ^{41}K với năng lượng 500eV, khi đi vào theo phương vuông góc với AM, rơi vào hai điểm N_1 và N_2 trên tấm phim. Hãy xác định các khoảng AN_1 ; AN_2 và N_1N_2 .

2. Hãy xác định bề rộng của các vết trên phim ứng với từng đồng vị. Muốn vậy, hãy tính:

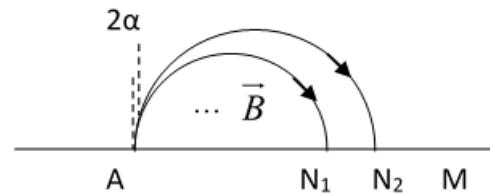
a) Bề rộng D_{x_1} của vết tạo ra do tính phân kỳ của chùm tia (tất cả các ion đều có năng lượng 500eV).

b) Bề rộng D_{x_2} do sự khác nhau về ion. Cho biết tất cả các ion xuất phát từ A theo phương vuông góc AM. Tổng chiều rộng các vết là $D_x \gg D_{x_1} + D_{x_2}$.

3. Liệu với khối phô kẽ trên có thể phát hiện hai đồng vị ^{39}K và ^{41}K trong chùm tia trên không?

ĐS: 1. $AN_1 = 5,75\text{cm}$, $AN_2 = 5,90\text{cm}$, $N_1N_2 = 1,45\text{mm}$.

2.2a. 0,08 cm; 2b. 0,58mm.



Hình 18

Bài 36. Hai hạt mỗi hạt khối lượng m, được tích điện trái dấu nhưng có độ lớn bằng nhau. Ban đầu các điện tích được giữ đứng yên trong từ trường đều có phương vuông góc với đường thẳng nối các điện tích. Sau đó, hai điện tích được thả tự do cùng lúc. Hỏi ban đầu hai điện tích phải có khoảng cách L nhỏ nhất bằng bao nhiêu để chúng không thể dính vào nhau sau khi được thả tự do. Bỏ qua hiệu ứng hấp dẫn.

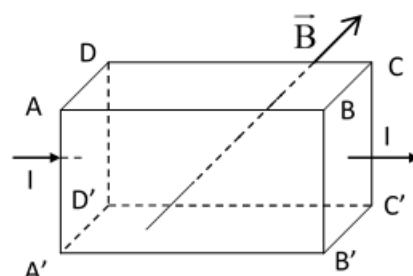
$$\text{ĐS: } L = (16m.k/B^2)^{1/3}$$

Bài 37. Trong một thí nghiệm (thí nghiệm Hall) người ta đặt một tấm kim loại hình hộp chữ nhật ABCDA'B'C'D', bề dày AD = d, trong một từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt bên ABB'A' (xem hình vẽ). Khi cho một dòng điện cường độ I chạy qua tấm theo chiều AB, người ta thấy giữa các mặt đáy ABCD và A'B'C'D' xuất hiện một hiệu điện thế $U = h \frac{IB}{d}$ (1), trong đó $h = \frac{1}{ne}$ với n là mật

độ electron tự do của tấm và e là điện tích nguyên tử. Đó là hiệu ứng Hall; U được gọi là hiệu điện thế Hall và h là hằng số Hall.

1. Bằng lập luận lý thuyết hãy thiết lập hệ thức (1).

2. Làm thí nghiệm với một lá bạc (bề dày 12\mu m) và cho dòng điện $I = 10\text{A}$ chạy qua lá bạc thì hiệu điện thế



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Hall U đo được là $17 \mu\text{V}$. Tính cảm ứng từ B của từ trường. Cho biết đối với bạc hằng số Hall là $h_{\text{Ag}} = 8,9 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{A.s}$.

3. Bây giờ thay lá bạc bằng một tấm gecmani (Ge) dày d = 1mm và tiến hành một loạt thí nghiệm và phép đo U với các trị số khác nhau của B và I. Người ta thu được các kết quả trong các bảng sau:

+ Với $B = 10\text{mT}$

I(mA)	10	15	20	25
U(mV)	1,4	2,1	2,9	3,7

+ Với $B = 20\text{mT}$

I(mA)	10	15	20	25
U(mV)	2,8	4,3	5,7	7,3

+ Với $B = 30\text{mT}$

I(mA)	10	20	30	40
U(mV)	4,4	8,8	13,1	17,5

a. Từ các kết quả thực nghiệm đó, bằng cách vẽ các đồ thị $U(I)$ và $U(B)$ hãy thiết lập mối liên hệ của U vào I và B .

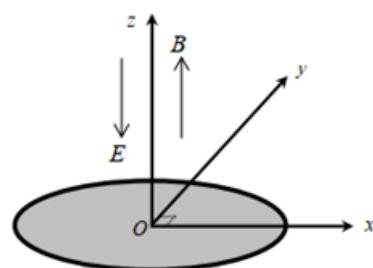
b. Bằng một thí nghiệm khác người ta đã tìm được rằng, với một cặp giá trị B và I cho trước, U tỉ lệ nghịch với chiều dày d của tấm gecmani. Từ tất cả các kết quả đó, hãy tìm giá trị của thương số $\frac{U_d}{IB}$ (là giá trị của hằng số Hall h_{Ge}).

c. Xem rằng đối với gecmani ta cũng có $h = \frac{1}{ne}$. Hãy tìm tỉ số $\frac{n_{\text{Ag}}}{n_{\text{Ge}}}$ giữa các mật độ hạt tải điện của bạc và gecmani.

ĐS: 2. $B = \frac{U_d}{AIB} \approx 0.23\text{T}$. 3a. U tỉ lệ với tích IB ; 3b. $\frac{U_d}{IB} \square 0,0146\text{m}^3 / (\text{A.s})$

Bài 38. Ở hình bên, một vật liệu tấm tròn được đặt trên mặt phẳng ngang xOy và tâm của vòng tròn nằm ở gốc tọa độ O, có một điện trường đều có độ lớn E và hướng âm dọc theo trục z phía trên mặt phẳng xOy. Có một từ trường đều độ lớn B dọc theo chiều dương trục z trong vùng hình trụ dọc theo trục z với mặt cắt nằm ngang là tấm vật liệu, bên ngoài vùng hình trụ không có từ trường. Các hạt tích điện dương điện tích q, khối lượng m và vận tốc v được phát ra đều theo mọi hướng từ gốc O trong vùng không gian phía trên mặt phẳng xOy. Ảnh hưởng của trọng lực lên các hạt là không đáng kể và không xét đến sự tương tác giữa các hạt.

1. Nếu va chạm của các hạt với bề mặt vật liệu là va chạm đàn hồi và tỷ lệ phần trăm của các hạt bị chịu tác động bởi điện trường và từ trường chỉ chuyển động trong vùng hình



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

trụ so với tổng số hạt phát ra là $\eta = 50\%$. Hãy xác định bán kính R của tám vật liệu.

2. Khi va chạm với tám vật liệu, theo phuong thẳng hạt bị bật ngược lại và theo phuong song song với tám vật liệu hướng của thành phần nằm ngang của vận tốc được giữ nguyên. Cứ sau mỗi lần va chạm với tám vật liệu thi động năng của hạt lại giảm 10% . 2

a. Tìm giá trị cực đại hình chiếu đường đi của hạt trên mặt phẳng xOy từ lúc phát ra cho đến khi nó va chạm với bề mặt vật liệu lần đầu tiên.

b. Trong trường hợp tìm được ở câu (a) thì tổng quãng đường đi của hạt trong không gian từ khi phát ra cho tới khi dừng lại trên tám vật liệu là bao nhiêu ?

Cho biết: $\int \sqrt{1+u^2} du = \frac{1}{2} u \sqrt{1+u^2} + \frac{1}{2} \ln(u + \sqrt{1+u^2}) + C$, C là hằng số.

$$\text{ĐS: 1. } R = \frac{\sqrt{3}mv}{qB}; 2a. s_{max} = \frac{mv^2}{qE}; b. S_t = [\sqrt{2} + \ln(1+\sqrt{2})] \frac{5mv^2}{qE}$$

Bài 39. Một linh kiện điện tử có cấu tạo gồm một catốt K dạng sợi dây dẫn mảnh, thẳng, dài và một anốt A dạng trụ rỗng, có bán kính R, bao quanh catốt và có trục trùng với catốt. Linh kiện đặt trong không gian có từ trường đều \vec{B} hướng dọc theo catốt. Bằng một cách nào đó, người ta tạo một điện trường \vec{E} hướng trực từ A đến K có độ lớn không đổi.

Do tính đối xứng trục của bài toán, ta xét một hệ trục tọa độ trụ như Hình 2. Hệ tọa độ được chọn sao cho gốc O nằm trên K, trục Oz theo chiều \vec{B} , từ trường $\vec{B} = (B_\rho, B_\theta, B_z) = (0,0,B)$ và điện trường $\vec{E} = (E_\rho, E_\theta, E_z) = (E, 0,0)$. Khi catốt K được đốt nóng sẽ bức xạ electron. Coi vận tốc của các electron phát ra từ catốt K là rất nhỏ và bỏ qua tác dụng của trọng lực lên các electron này.

Khi xem xét chuyển động của electron, không gian trong linh kiện có thể coi là chân không. Kí hiệu điện tích nguyên tố là e và khối lượng electron là m_e . Giả sử ở thời điểm $t = 0$, electron có tọa độ $(0,0,z_0)$, ở thời điểm $t > 0$ electron ở tọa độ (ρ, θ, z) , hãy:

1. Viết phương trình vi phân mô tả chuyển động của electron.

2. Tìm phương trình quỹ đạo của electron.

3. Tìm vận tốc dài của electron tại thời điểm t bắt kè.

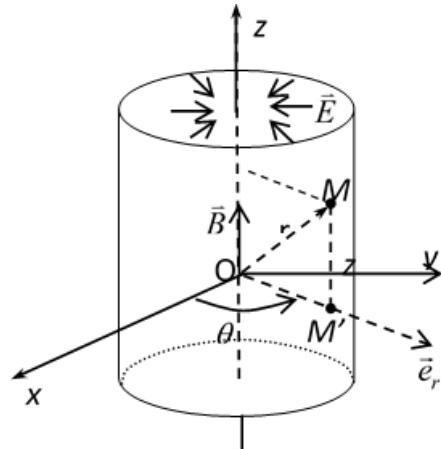
Cho biết, trong hệ tọa độ trụ:

- Chất điểm M xác định bởi véc-tơ tọa độ $\overrightarrow{OM} = (\rho, \theta, z)$ có vận tốc và gia tốc tương ứng là $\vec{v} = (\dot{\rho}, \rho\dot{\theta}, \dot{z})$ và $\vec{a} = (\ddot{\rho} - \rho\dot{\theta}^2, \rho^{-1}\frac{d}{dt}(\rho^2\dot{\theta}), \ddot{z})$.

- Nếu $\vec{a} = (a_\rho, a_\theta, a_z)$ và $\vec{b} = (b_\rho, b_\theta, b_z)$ thì

$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_\theta b_z - a_z b_\theta, a_z b_\rho - a_\rho b_z, a_\rho b_\theta - a_\theta b_\rho).$$

$$\text{ĐS: 1. } (r'' - r\theta'^2) = -\frac{e}{m}(-E + Br\theta'); \frac{d}{dt}(r^2\theta') = \frac{e}{m}(Br\theta'); z'' = 0$$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$2. r(t) = \frac{8mE}{eB^2} \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right); 3. v = \frac{4E}{B} \left| \sin\left(\frac{eB}{4m}t\right) \right|$$

Bài 40. Ba mặt phẳng song song P_1 , P_2 và P_3 cách nhau $d_1 = 2$ cm và $d_2 = 4$ cm, phân không gian thành 4 vùng I, II, III và IV. Trong vùng II và III người ta tạo ra từ trường đều có vectơ cảm ứng từ B_1 và B_2 song song với ba mặt phẳng trên và có chiều như hình vẽ. Hạt proton trong vùng I được tăng tốc bởi hiệu điện thế U , sau đó được đưa vào vùng II tại điểm A trên mặt phẳng P_1 với vận tốc \vec{v}_0 hợp với pháp tuyến của P_1 một góc 60° .

Bỏ qua tác dụng của trọng trường. Cho biết khối lượng và điện tích của proton tương ứng là $m = 1,673 \cdot 10^{-27}$ kg và $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

1. Tìm giá trị của U , biết rằng hạt đi sang vùng III với vận tốc hướng vuông góc với P_2 và cảm ứng từ $B_1 = 1T$.

2. Cho biết hạt ra khỏi vùng III theo hướng vuông góc với vectơ \vec{v}_0 tại A. Tính cảm ứng từ B_2 .

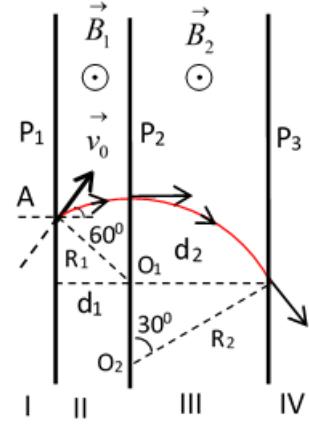
3. Thực tế khi chuyển động trong vùng III và vùng IV, hạt chịu tác dụng của lực cản F_C tỉ lệ thuận với vận tốc của hạt ($\vec{F}_C = -k\vec{v}$, với k là hằng số). Vì vậy khi chuyển động trong vùng III, bán kính quỹ đạo của hạt giảm dần và khi ra khỏi vùng III, bán kính quỹ đạo của hạt bị giảm đi 5% so với khi không có lực cản. Tìm độ dài đoạn đường l mà hạt còn đi tiếp được trong vùng IV.

$$\text{ĐS: } 1. U = \frac{2qB_1^2 d_1^2}{3m} \approx 25,50 \text{ kV}; 2. B_2 = \frac{B_1}{2\sqrt{3}} \approx 0,29T; 3. l = \frac{\pi d_2 (1-1,5a)}{3a} \approx 77,5 \text{ cm}$$

Bài 41. Một hạt mang điện - q ($q > 0$), khối lượng m chuyển động trong điện trường gây bởi các ion dương. Các ion dương phân bố đều với mật độ điện tích ρ trong vùng không gian dạng khối trụ, bán kính R, trục đối xứng là xx' và đủ dài.

Giả sử các lực khác tác dụng lên hạt là rất nhỏ so với lực điện và trong khi chuyển động hạt không va chạm với các ion dương. Xét hai trường hợp sau:

1. Hạt chuyển động trong mặt phẳng chứa trục đối xứng xx':



Hình 24

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Lúc đầu hạt ở điểm M cách trục một đoạn $a < R$ và có vận tốc \vec{v}_0 hướng theo phương của trục. Giá trị v_0 phải bằng bao nhiêu để sau khi hạt đi được một khoảng L (tính dọc theo trục) thì nó tới điểm N nằm cùng phía với M so với trục xx' và cách trục một đoạn $\frac{a}{2}$?

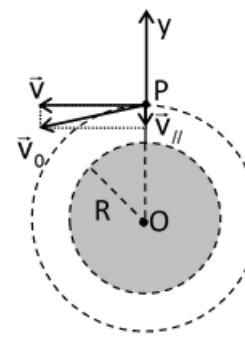
2. Hạt chuyển động trong mặt phẳng vuông góc với trục đối xứng xx' : Lúc đầu hạt ở điểm P cách trục một khoảng $b > R$, có vận tốc \vec{v}_0 nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục đối xứng. Lấy giao điểm O của mặt phẳng này với trục xx' làm tâm, vẽ một vòng tròn bán kính b qua P và phân tích $\vec{v}_0 = \vec{v} + \vec{v}_{\parallel}$, trong đó \vec{v} có phương tiếp tuyến với vòng tròn còn \vec{v}_{\parallel} hướng dọc theo phương bán kính. Giả sử $v_{\parallel} = v$.

- a) Chứng minh rằng hạt chuyển động tuần hoàn theo phương bán kính đi qua hạt.
- b) Tìm độ lớn của v và chu kì T .

c) Tính khoảng cách l từ P tới hạt sau khoảng thời gian $t = n \frac{T}{2}$ (n nguyên, dương).

$$\text{ĐS: 1. } v_0 = \frac{L}{T} = \frac{3L}{p} \sqrt{\frac{qr}{2me_0}} \text{ và } v_0 = \frac{L}{T(k \pm \frac{1}{6})} = \frac{L}{2p(k \pm \frac{1}{6})} \sqrt{\frac{qr}{2me_0}} \text{ với } k = 1, 2, 3, \dots$$

$$2.b. \quad T = \frac{2\pi b}{R} \sqrt{\frac{m\epsilon_0}{q\rho}}, \quad v = R \sqrt{\frac{qr}{2me_0}}; \quad 2c. \quad \text{Khoảng cách cần tìm là } l = 2b \left| \sin \frac{np\sqrt{2}}{4} \right|$$



Hình 25

Bài 42. Máy xincrophazotron là máy gia tốc hạt năng lượng cao. Trong đó từ trường $B(t)$ và tần số $\omega(t)$ của điện thế xoay chiều cũng thay đổi.

1. Hãy tìm biểu thức liên hệ giữa $\omega(t)$ và $B(t)$ với các hạt gia tốc chuyển động trên quỹ đạo có bán kính không đổi R .

2. Quỹ đạo ổn định gồm các nửa đường tròn và đoạn thẳng. Trong các đoạn cong, dưới tác dụng của từ trường, các hạt chuyển động tròn với bán kính $R=28m$ và giữ nguyên trong suốt quá trình tăng tốc. Còn trên đoạn thẳng các chùm hạt được gia tốc và hội tụ. Tổng chiều dài của quỹ đạo là $L=208m$. Prôtôn (có năng lượng nghỉ $E_0=938 \text{ MeV}$), động năng ban đầu $9,0 \text{ MeV}$ được gia tốc đến năng lượng 4000 MeV . Trong quá trình này, tốc

độ tăng của từ trường là: $\frac{dB}{dt} = 0,4 \text{ T/s}$. Hãy xác định:

- a) Giá trị đầu và cuối của tần số f của hiệu điện thế xoay chiều.
- b) Khoảng thời gian tăng tốc Δt .
- c) Độ tăng năng lượng ΔE của prôtôn trong một vòng quay.
- d) Số vòng quay và tổng đường đi của prôtôn trong quá trình tăng tốc này. Bỏ qua ảnh hưởng của điện trường do sự thay đổi của từ trường gây nên.

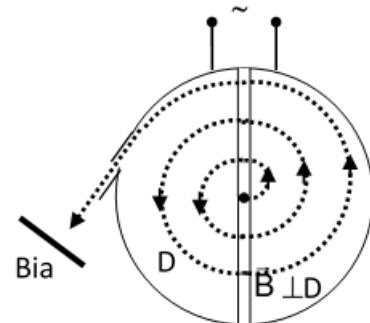
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: a. $\omega(t) = \frac{c}{r} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{q m_0 c \dot{\theta}^2}{qrB(t)}}}$; b. $\Delta t = \frac{p - p_0}{qr \frac{dB}{dt}} = 3,2s$; c. $\Delta E = qrL \frac{dB}{dt} = 2,33\text{eV}$;

d. $N = 4,3 \cdot 10^6$ vòng quay; $S = 9 \cdot 10^5 \text{km}$.

Bài 43. Xiclôtrôn là máy gia tốc hạt tích điện đầu tiên của vật lý hạt nhân (1931). Nó gồm có hai hộp rỗng có dạng trụ nửa hình tròn gọi là các D, đặt cách nhau một khoảng rất nhỏ (khe) trong một buồng đã rút hết không khí (hình 26). Các D được nối với hai cực của một nguồn điện sao cho giữa hai D có một hiệu điện thế với độ lớn U xác định, nhưng dấu lại thay đổi một cách tuần hoàn theo thời gian với tần số f nào đó. Một nam châm điện mạnh tạo ra một từ trường đều, có vectơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt các D (mặt phẳng hình vẽ). Giữa hai thành khe của xiclôtrôn có một nguồn phát ra hạt α (khối lượng m_α) với vận tốc ban đầu là $v_0 = 10^7 \text{m/s}$ vuông góc với khe, lúc ấy người ta điều chỉnh nguồn điện để cho D bên phải tích điện âm, D bên trái tích điện dương. Sau đó hạt α chuyển động với vận tốc tăng dần cho đến khi đủ lớn thì nó được lái ra ngoài cho đập vào các bia để thực hiện các phản ứng hạt nhân.

Cho $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{kg}$, điện tích nguyên tố $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$, $B = 1\text{T}$, $U = 2 \cdot 10^5 \text{V}$.



1. Chứng minh rằng trong lòng các D quỹ đạo của hạt α là nửa đường tròn. Tìm mối liên hệ của bán kính quỹ đạo vào khối lượng, vận tốc, điện tích của hạt α và vào cảm ứng từ B . Với chiều đi của hạt α như trong hình vẽ thì \vec{B} hướng ra trước hay sau mặt phẳng hình vẽ?

2. Nếu lần nào đi qua khe hạt α cũng chuyển động cùng chiều với điện trường do U sinh ra thì lần nào nó cũng được tăng tốc. Để có sự đồng bộ này, f phải thoả mãn điều kiện gì và lấy giá trị bằng bao nhiêu? Tính vận tốc v_n của hạt α khi đi trên nửa đường tròn thứ n và bán kính R_n của nửa đường tròn đó. Nếu bán kính của nửa đường tròn cuối là $0,5\text{m}$ thì hạt α đã chuyển động được khoảng bao nhiêu vòng? Tính vận tốc trước khi ra ngoài của nó?

3. Nếu tần số f lấy giá trị như đã tính ở ý 2 (của câu này) và giữ không đổi, đồng thời tiếp tục cho hạt α chuyển động tăng tốc đến vận tốc ngưỡng $v_{ng} \gg 10^5 \text{ km/s}$ thì không điều chỉnh đồng bộ được nữa.

a) Giải thích nguyên nhân.

b) Nêu mối liên hệ tốc độ góc của hạt α với f .

c) Để sự tăng tốc của hạt α đồng bộ với sự đảo chiều của hiệu điện thế thì bán kính tối đa của các D bằng bao nhiêu?

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } 1. R = \frac{m_a v}{2eB} \quad 2. v_n = \sqrt{v_0^2 + \frac{4neU}{m_a}} ; \quad R_n = \frac{m_a v_n}{2eB} = \frac{m_a \sqrt{v_0^2 + \frac{4neU}{m_a}}}{2eB} ;$$

Số vòng mà hạt α đã chuyển động là ≈ 12 ; $v \gg 2,4 \cdot 10^7 m/s$

$$3.b. \omega_\alpha = \frac{2cB}{m_\alpha} \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \quad c. R_{max} = \frac{m_\alpha v}{2cB \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Bài 44. Một hạt tích điện q chuyển động phi tương đối tính với tốc độ a thì sẽ phát ra bức xạ với công suất P liên hệ a và q theo biểu thức: $P \cdot 6\pi\varepsilon_0 c^3 = q^2 \cdot a^2$, trong đó c là tốc độ ánh sáng trong chân không $c = 3,0 \cdot 10^8 m/s$, hằng số điện $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} F/m$. Biết khối lượng electron $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$, khối lượng proton là $m_p = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$, điện tích nguyên tố $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$

1. Hãy xác định thời gian để:

a. Năng lượng của một electron thực hiện một dao động điều hoà với tần số góc $\omega = 5 \cdot 10^{15} rad/s$ giảm đi một lượng $\eta = 10$ lần.

b. Một proton trong máy gia tốc Cyclotron với năng lượng ban đầu là $E_0 = 100 MeV$ mất đi $\kappa = 10\%$ năng lượng ban đầu của nó, nếu nó xuất phát từ bán kính $R = 10 m$.

2. Một positron chuyển động với vận tốc ban đầu v_0 và chạm trực diện vào một hạt nhân có điện tích ze . Positron đến từ xa này được hấp lại cho đến khi nó dừng hẳn và sau đó được tăng tốc theo hướng ngược lại chuyển động ban đầu cho đến khi nó đạt được vận tốc cuối cùng v_∞ . Hãy tìm biểu thức xác định giá trị của vận tốc v_∞ . Bỏ qua tác dụng trọng lực, có thể giả thiết rằng bức xạ bé khi tính toán.

$$\text{ĐS: } 1a. t = \frac{6\pi\varepsilon_0 mc^3}{e^2 \omega^2} \ln \eta \approx 15 ns, b. \tau = -\frac{3\pi\varepsilon_0 m^2 c^3 R^2}{2q^2 E_0} \ln(1 - \kappa) \approx 8 \cdot 10^{10} s; 2. v_\infty^2 = v_0^2 \left(1 - \frac{16}{45} \frac{v_0^3}{Zc^3}\right)$$

Bài 45. (Chọn Đội tuyển Olympic Quốc Tế năm 2009): Trong vùng không gian xung quanh điểm O tồn tại một từ trường. Cảm ứng từ tại điểm M bất kì ($\vec{OM} = \vec{r}$) là $\vec{B} = \frac{k}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$ với k là một hằng số. Ở thời điểm $t = 0$, tại điểm $M_0 (OM_0 = r_0)$ có một hạt điện tích q , khối lượng m chuyển động với vận tốc \vec{v}_0 vuông góc với OM_0 . Bỏ qua trọng lực và lực cản.

1. Chứng minh rằng độ lớn vận tốc v của hạt không đổi trên cả quỹ đạo của hạt.

2. Bằng cách lấy đạo hàm theo thời gian của tích vô hướng $\vec{r} \cdot \vec{v}$ rồi tính tích vô hướng đó để:

a) Tìm sự phụ thuộc vào thời gian của bình phương khoảng cách từ hạt đến điểm O và của $\cot\theta$, với θ là góc lập bởi \vec{v} và \vec{r} ở thời điểm t .

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b) Tính θ ở thời điểm mà $r = \sqrt{2}r_0$.

3. Bằng cách lấy đạo hàm theo thời gian của tích hưu hướng $\vec{r} \wedge \vec{v}$, rồi tính tích hưu hướng đó để suy ra quỹ đạo của hạt nằm trên một mặt nón đỉnh O. Hãy tính nửa góc ở đỉnh của hình nón đó theo k, m, q, r_0 và v_0 .

$$\text{ĐS: } 2a. r^2 = v_0^2 t^2 + r_0^2, \cot \theta = \frac{v_0}{r_0} t; 2b. \theta = 45^\circ; 3. \tan \alpha = \frac{mr_0 v_0}{kq}$$

Bài 46. (Kỳ thi Vật lý thế giới lần thứ 18 tại Đông Đức, 1987)

Trong lòng một buồng hình xuyến có từ trường với cảm ứng từ \vec{B}_1 có độ lớn B không đổi. Từ nguồn điểm P phát ra một chùm electron theo phuong các đường súc, electron đã được tăng tốc bởi hiệu điện thế V_0 . Góc mở của chùm $2\alpha_0$ rất nhỏ ($2\alpha_0 \ll 1$). P ở trên bán kính chính R của hình xuyến. Bỏ qua các tương tác giữa các electron.

1. Để giữ chùm electron trong hình xuyến phải có một từ trường lái \vec{B}_1 . Tính B_1 cho một electron chuyển động trên quỹ đạo tròn bán kính R.

2. Tính B sao cho chùm electron hội tụ ở 4 điểm cách nhau $\pi/2$ như trong hình. Khi xét quỹ đạo của electron thì có thể bỏ qua sự cong của các đường súc từ trường.

3. Không thể giữ chùm electron trong hình xuyến nếu không có từ trường lái \vec{B}_1 . Nhưng electron vẫn có một chuyển động theo phuong vuông góc với mặt phẳng của hình xuyến, gọi là sự trôi (drif).

a) Chứng minh rằng độ lệch của bán kính quỹ đạo electron so với bán kính ban đầu R là hữu hạn.

b) Xác định chiều của vận tốc trôi

Chú thích: Có thể bỏ qua góc mở của chùm electron.

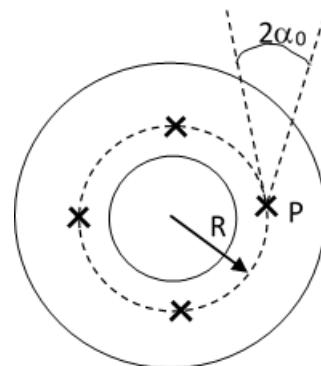
Sử dụng các định luật bảo toàn năng lượng và mômen động lượng.

Dữ kiện cho biết là $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} C/kg$, $V_0 = 3kV$, $R = 50mm$

$$\text{ĐS: } 1. B_1 = 0,37 \cdot 10^{-2} Vsm^{-2} (\text{tesla}); 2. B = \frac{4 \pi m}{R \epsilon_0 e} V_0 \frac{\dot{\phi}}{\dot{\theta}} = 4B_1$$

$$3. v_z = - \frac{e}{m} B (r - R) < 0$$

Bài 47. Một quả cầu rắn không dẫn điện tâm O, bán kính R, hằng số điện môi ϵ , có điện tích khói ρ phân bố không đều: $\rho = \rho_0 \frac{r}{R}$, trong đó ρ_0 là hằng số và r là khoảng cách tính từ tâm quả cầu.



Hình 20

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

a. Tính điện tích toàn phần quả cầu.

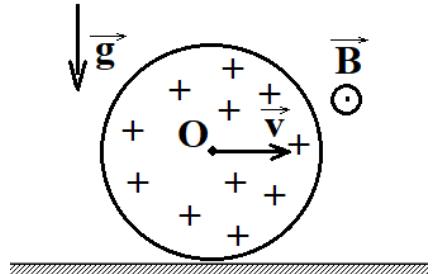
Xét một điểm M nằm trong quả cầu, cách tâm O quả cầu một khoảng r ($r < R$).

b. Tính cường độ điện trường tại điểm M .

c. Tính điện thế tại M.

d. Quả cầu nói trên có khối lượng m, chuyển động lăn không trượt (chuyển động song phẳng) trên mặt máng trụ thẳng nằm ngang, cách điện có bán kính hình trụ bằng R, trong từ trường đều có véc tơ cảm ứng từ \vec{B} nằm ngang và hướng từ trong ra, vận tốc khói tâm quả cầu là \vec{v} hướng sang phải (Hình 3). Tìm áp lực do quả cầu đè lên máng trụ theo phương thẳng đứng.

$$\text{ĐS: a. } Q = \pi \rho_0 R^3; \text{ b. } E = \frac{\rho_0}{4\pi\epsilon_0} r^2; \text{ c. } V_M = \frac{\rho_0}{12\pi\epsilon_0 R} (4R^3 - r_0^3); \text{ d. } N = \pi \rho_0 R^3 v B + mg$$



Hình 3

CHƯƠNG VII. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

VII.1. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Bài 1. Trong một từ trường đồng nhất có cảm ứng từ biến đổi theo thời gian bởi $B = B_0 \cos \omega t$ (T). Một mẫu đồng có khối lượng riêng D, khối lượng M, điện trở suất ρ được kéo thành một dây dẫn dài L, tiết diện đồng đều, sau đó làm **thành vòng kín đặt trong từ trường**. Có thể nhận được dòng điện cực đại khả dĩ trong dây dẫn đó bằng bao nhiêu?

$$\text{ĐS: } I_{\text{omax}} = \frac{\omega B_0 M}{4\pi\rho D}$$

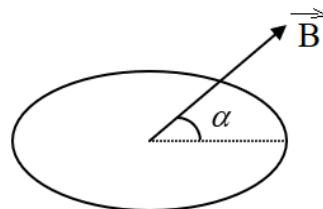
Bài 2. Một vòng dây dẫn bán kính R đặt trong từ trường đều có các đường cảm ứng từ biến thiên theo thời gian theo định luật $B = Kt$, trong đó K là một hằng số. Hãy xác định cường độ điện trường xoáy E xuất hiện trong vòng dây.

$$\text{ĐS: } E = \frac{1}{2} KR$$

Bài 3. Một vòng dây dẫn đồng chất, đặt trong một từ trường biến thiên đều, có đường cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng của vòng dây. Hãy xác định hiệu điện thế U giữa các điểm bất kỳ trong vòng dây.

ĐS: 0

Bài 4. Người ta đặt một vòng xuyên mảnh, đồng chất và dẫn điện bán kính r vào trong một từ trường đồng nhất và biến đổi theo thời gian theo công thức $B = B_0 \cos \omega t$. Điện trở của vòng xuyên là R và hệ số tự cảm L. Vecto \vec{B} tạo với mặt phẳng vòng xuyên góc α . Hãy tính momen trung bình của các lực tác dụng lên vòng xuyên?



$$\text{ĐS: } M = \frac{B_0^2 \pi r^4 \omega^2 L \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{2(R^2 + \omega^2 L^2)}$$

Bài 5. Trên bề mặt ngang nhẵn đặt một cái vòng mảnh không dẫn có khối lượng m mà dọc theo nó có điện tích Q phân bố đều. Vòng nằm trong từ trường ngoài đồng nhất với cảm ứng từ bằng B_0 và có hướng vuông góc với mặt phẳng vòng. Tìm vận tốc góc của sự quay vòng sau khi ngắt từ trường.

$$\text{ĐS: } \omega = \frac{QB_0}{2m}$$

Bài 6. Một vòng dây hình tròn bán kính $R = 10\text{cm}$, đường kính tiết diện dây $d = 0,1\text{mm}$, đặt nằm ngang trong một từ trường đều có cảm ứng từ B hướng thẳng đứng.

1. Giả sử vòng dây điện làm bằng vật liệu siêu dẫn. Cho cảm ứng từ B tăng dần từ không đến $B_0 = 0,1\text{T}$. Tính cường độ dòng điện cảm ứng xuất hiện trong vòng dây cho biết hệ số tự cảm của vòng dây là $L = 0,1\text{mH}$.

2. Cho dòng điện $I = 10\text{A}$ chạy qua vòng dây.

a. Tính lực căng F đặt lên vòng dây do tác dụng của từ trường khi $B = 0,2\text{T}$

b. Với giá trị nào của cảm ứng từ B thì vòng dây sẽ bị lực từ kéo đứt. Cho biết giới hạn bền của dây là $\sigma = 2,3 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS : 1. } I = \frac{\pi R^2 B_0}{L} = 31,4(A) ; 2a. 0,1N; 2b. 2,56T$$

Bài 7. Một vòng tròn tâm O, bán kính R, có dòng điện hình sợi chỉ cường độ I chạy qua (hình 4). Người ta muốn tính từ trường tại điểm M nằm trong mặt phẳng và gần tâm vòng OM = r << R.

1. Chứng tỏ rằng từ trường này vuông góc với mặt phẳng vòng dây.
2. Sau khi đã thiết lập công thức B dưới dạng một tích phân có dùng góc β . Hãy chứng tỏ rằng với $\frac{r}{R} \ll 1$

$$\text{thì gần đúng: } B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \left[1 + \frac{3\pi^2}{4R^2} \right]$$

Bài 8. Trên mặt bàn nằm ngang không dẫn điện có đặt một vòng mảnh bằng kim loại khói lượng M và bán kính a. Vòng ở trong một từ trường đều nằm ngang có cảm ứng từ \vec{B} . Xác định cường độ dòng điện cần phải cho đi qua vòng kim loại để nó bắt đầu được nâng lên.

$$\text{ĐS : } I_{gh} = \frac{Mg}{\pi Ba}$$

Bài 9.

Một cuộn dây b, tâm O, trục (Oz) được cấu tạo bởi N vòng bán kính a. Cuộn dây tự nó khép kín; nó có điện trở R và độ tự cảm không đáng kể. ta cho một nam châm lại gần cuộn dây với vận tốc không đổi v dọc theo trục Oz. Ta giả thiết rằng trường do nam châm tạo ra cũng giống từ trường của một lưỡng cực từ có momen M, đặt tại P, cũng trên đường thẳng với (Oz).

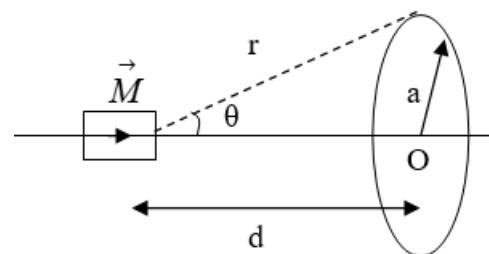
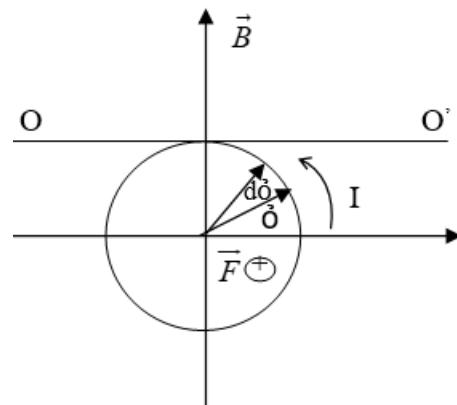
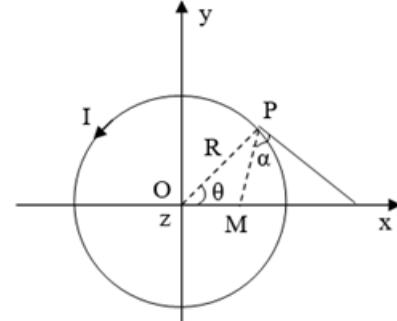
Ta thừa nhận biểu thức của thế vectơ \vec{A}_M tại một điểm M, tạo ra bởi một lưỡng cực có momen từ μ tại P là:

$$\vec{A}_M = \frac{\mu_0 \vec{M} \wedge \vec{PM}}{4\pi PM^3}$$

Xác định theo góc θ của sơ đồ, lực \vec{F} do nam châm tác dụng lên cuộn dây.

Tìm khoảng cách d_0 để lực đó cực đại? Ta tính d_0 theo a.

$$\text{ĐS: } F = \left(\frac{3\mu_0 NM}{2} \right)^2 \frac{V}{Ra^4} (\sin^8 \theta \cos^2 \theta). \text{ Lực cực đại khi } \tan \theta = 2 \text{ khi đó } d_0 = \frac{a}{2}$$

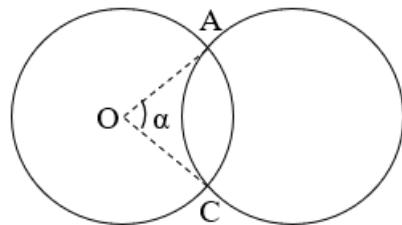


BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 10. Hai chiếc vòng mảnh giống nhau có cùng khối lượng m và bán kính R , nằm trong từ trường đều có cảm ứng từ B_0 vuông góc với mặt phẳng các vòng (Hình 4). Tại các điểm A và C có tiếp xúc tốt, góc $\alpha = \pi/3$. Hỏi mỗi vòng thu được vận tốc là bao nhiêu nếu ngắt từ trường về 0? Cho điện trở của mỗi đoạn dây làm nên mỗi vòng là r .

Bỏ qua độ tự cảm của các vòng dây, ma sát và độ dịch chuyển trong thời gian ngắn từ trường. Bỏ qua tác dụng trọng lực.

$$\text{ĐS: } v = \frac{9\sqrt{3}R^3}{10mr} B_0^2$$



Bài 11. Hai vòng dây bán kính như nhau và điện trở R , chuyển động tịnh tiến cùng mặt phẳng tiến về phía nhau với cùng vận tốc, từ trường đều \vec{B} vuông góc với mặt phẳng. Tính lực tác dụng lên mỗi vòng tròn tại thời điểm mà vận tốc bằng v và góc $AOB = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$; trong đó A, B là các điểm tiếp xúc điện tốt, bỏ qua độ tự cảm của mạch điện.

$$\text{ĐS: Lực tác dụng lên cung AB: } \Rightarrow F_{AB} = \frac{8\pi B^2 \cdot v \cdot R^2 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{r \cdot \alpha} = \frac{6B^2 \cdot v \cdot R^2}{r}; \text{ lực tác dụng lên vòng}$$

$$\text{dây bên trái } F = \frac{16\pi^2 B^2 v \cdot R^2 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\alpha \cdot (2\pi - \alpha) \cdot r} = \frac{36}{5} B^2 \cdot v \cdot \frac{R^2}{r} F = \frac{36}{5} B^2 \cdot v \cdot \frac{R^2}{r}$$

Bài 12. 1) Chứng tỏ rằng không thể có từ trường tăng theo trục z , nếu từ trường này chỉ có thành phần theo z . Xét một ống trụ có chứa các đường cảm ứng từ. Hãy chứng tỏ

$$\text{rằng: } B_r = \frac{r}{2} \frac{dB}{dz}$$

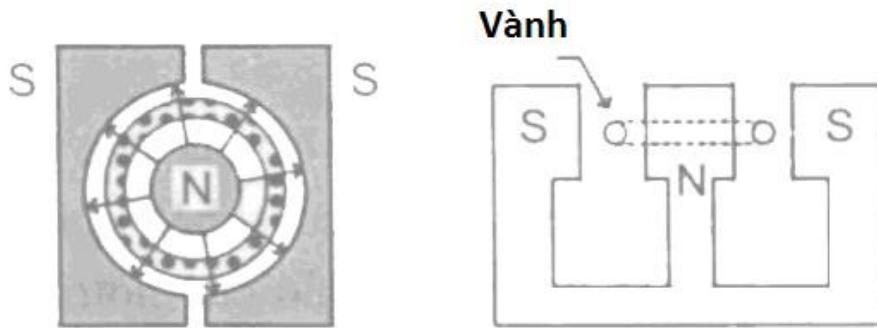
2) Một vòng dây tròn điện trở R bán kính r và khối lượng m rơi vào một vùng có từ trường không đều có các đường sức đối xứng xung quanh trục của hình trụ tâm của vòng tròn nằm trên trục hình trụ còn mặt phẳng vòng tròn vuông góc với các đường sức từ, cảm ứng từ biến thiên dọc theo trục z $\left(\frac{dB_z}{dz} \right) \neq 0$.

Viết phương trình biểu thị chuyển động rơi của vòng trong từ trường. Vẽ đồ thị biểu thị sự biến thiên của vận tốc theo thời gian. Tìm vận tốc cuối của vòng dây.

$$\text{ĐS: } \frac{dv}{dt} = g + \frac{\pi^2 r^4}{mR} \left(\frac{dB_z}{dt} \right)^2 v; |v_{\max}| = \frac{mgR}{\pi^2 r^4 \left(\frac{dB_z}{dt} \right)^2}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 13. Một vành tròn kim loại bán kính r , tiết diện ngang S ($S \ll r^2$), có khối lượng riêng ρ . Ban đầu vành nằm ngang, rơi vào một từ trường có tính đối xứng trực như hình vẽ. (Trục của vành trùng với trục đối xứng của từ trường). Tại thời điểm nào đó vận tốc của vành là v .



1. Hãy tìm biểu thức dòng điện cảm ứng trong vành
2. Tìm biểu thức gia tốc a và vận tốc v của vành. Nhận xét về độ lớn của v theo thời gian. Giả thiết độ cao của miền từ trường là đủ lớn.

ĐS: 1. $I = \frac{BSv}{\rho}$; 2. $a = ge^{-\frac{B^2}{\rho d}t}$; $v = \frac{\rho gd}{B^2} \left(1 - e^{-\frac{B^2}{\rho d}t} \right)$; sau một thời gian rơi đủ lớn thì $a = 0$ và

kể từ đó vành rơi đều với vận tốc $v_0 = \frac{\rho gd}{B^2}$

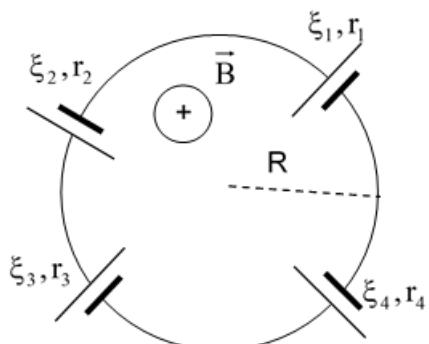
Bài 14. Một mạch điện gồm 4 nguồn nối tiếp với nhau bằng dây dẫn như hình vẽ, tạo thành vòng tròn đặt trong từ trường đều cảm ứng từ B . Tính cường độ dòng điện trong mạch nếu các giá trị của nguồn và cảm ứng từ B là:

$$\xi_1 = 5 \text{ V}; r_1 = 1\Omega$$

$$\xi_2 = 4 \text{ V}; r_2 = 2\Omega$$

$$\xi_3 = 3 \text{ V}; r_3 = 3\Omega$$

$$\xi_4 = 2 \text{ V}; r_4 = 4\Omega$$



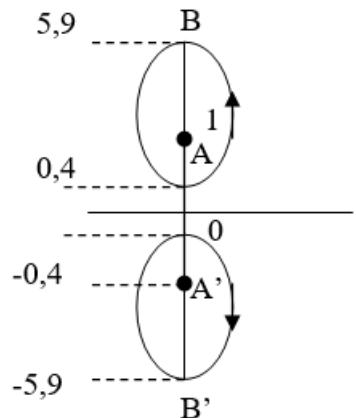
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Cảm ứng từ $B = k \cdot t$ với $k = 4\left(\frac{T}{S}\right)$; bán kính $R = 0,5$ m.

ĐS: $I = 0,7$ (A).

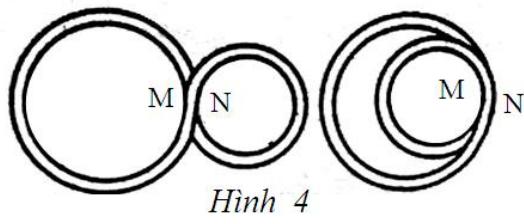
Bài 15. Cho một vòng dây tròn bán kính R và có trục (Ox) có dòng cường độ I chạy qua. Các đường súc trường nằm trong mặt phẳng (xOy) và đi qua mặt phẳng vòng dây ở khoảng cách $r_1 = 0,4 R$ tới trục (Ox), cắt lại trục (Oy) ở $r_2 = 5,9 R$ tới trục (Ox). Hãy giải thích tốt nhất có thể được kết quả này.

Nhớ lại rằng trong mặt phẳng vòng dây lân cận trục, từ trường có biểu thức gần đúng: $\vec{B}_{(M)} = \frac{\mu_0 I}{2R} \left[1 + \frac{3}{4} \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right]$



Bài 16. Cho một dây dẫn đồng chất được uốn thành 2 vòng tròn hình hình số 8 như hình 4. M, N là 2 điểm tiếp xúc nhưng cách điện giữa hai vòng (M ở trên, N ở dưới). Vòng 1 bán kính r_1 , vòng 2 bán kính r_2 , từ trường có hướng vuông góc với mặt phẳng vòng dây và có độ lớn tăng đều theo thời gian ($B = B_0 \cdot t$). Nếu gấp vòng 2 vào phía trong vòng 1 thì hiệu điện thế giữa M và N tăng bao nhiêu lần. Cho điện trở trên một đơn vị chiều dài dây dẫn là ρ .

$$\text{ĐS: } \frac{U'_{MN}}{U_{MN}} = \frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2}$$



VII.2. THANH KIM LOẠI CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG

Bài 1. Xét vùng không gian có từ trường có tính đối xứng trục. Độ lớn cảm ứng từ tại điểm cách trục trụ khoảng r là $B = B_0 r$ và \vec{B} hướng thẳng đứng lên. Một thanh dẫn MN có chiều dài ℓ quay đều trong mặt phẳng ngang với tốc độ góc ω quanh đầu M nằm trên trục đối xứng của từ trường. Tìm độ lớn suất điện động cảm ứng trên thanh.

$$\text{ĐS: } e = \frac{B_0 \omega \ell^3}{3}$$

Bài 2. Xét thanh MN quay với tốc độ góc $\Delta\omega$ quanh trục cố định vuông góc với thanh đi qua điểm P trên thanh. Cho $PM = \ell_1, PN = \ell_2$. Vùng từ trường đều có \vec{B} vuông góc với thanh. Tìm độ lớn suất điện động cảm ứng trên thanh.

$$\text{ĐS: } e = \frac{B \omega \ell^2}{2}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 3. Một sợi dây tiết diện ngang $1,2 \text{ mm}^2$ và điện trở suất là $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ được uốn thành một cung tròn có tâm tại O, bán kính $r = 24 \text{ cm}$ như hình vẽ bên. Một đoạn dây thẳng khác OP cũng cùng loại như trên, có thể quay quanh điểm O và trượt có tiếp xúc với cung tròn tại P. Sau cùng, một đoạn dây thẳng khác OQ cũng cùng loại trên, hợp với hai đoạn dây trên thành một mạch điện kín. Toàn bộ hệ nói trên đặt trong một từ trường $B = 0,15 \text{ T}$, hướng từ trong ra ngoài vuông góc với cung tròn. Đoạn dây thẳng OP thoạt đầu nằm yên tại vị trí $\theta = 0$ và nhận một gia tốc góc bằng 12 rad/s^2 .

- a. Tính điện trở của mạch kín OPQO theo θ .
- b. Tính từ thông qua mạch theo θ .
- c. Với giá trị nào của θ thì dòng điện cảm ứng trong mạch đạt cực đại.
- d. Tính giá trị dòng điện cảm ứng cực đại trong mạch.

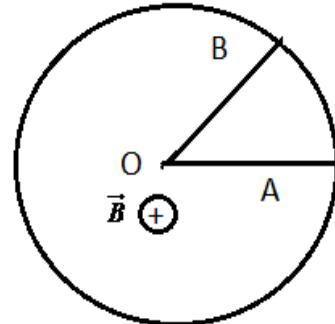
ĐS: a. $R = 3,4 \cdot (2 + \theta) \text{ m}\Omega$; b. $\Phi = BS = \Phi = 4,32\theta$; c. $\theta = 2 \text{ rad}$; d. $2,2 \text{ A}$

Bài 4. Một vòng dây dẫn tròn đường kính d được đặt trong từ trường đều có véc tơ cảm ứng từ \vec{B} có phương song song với trực của vòng dây. Hai thanh kim loại mảnh có một đầu gắn với trực đi qua tâm O của vòng dây và vuông góc với mặt phẳng vòng dây, tiếp xúc điện với vòng dây và tiếp xúc nhau tại O.

a) Ban đầu 2 thanh đặt sát vào nhau, sau đó một thanh được giữ đứng yên, cho thanh còn lại quay đều xung quanh trực với vận tốc góc ω . Viết biểu thức cường độ dòng điện qua hai thanh và qua vòng dây sau khoảng thời gian t. Cho biết điện trở của mỗi đơn vị dài của thanh kim loại và của vòng dây dẫn là r_o .

b) Bây giờ cho cả hai thanh cùng quay đều xung quanh trực quay qua O với vận tốc góc lần lượt là $\omega_1 > \omega_2$. Tính cường độ dòng điện qua mạch chính. Xét hai trường hợp:

- + Hai thanh quay cùng chiều.
- + Hai thanh quay ngược chiều.



$$\text{ĐS: a. } I = \frac{\frac{B\omega d^2}{8}}{\frac{r_o \omega t d}{2\pi} (\pi - \frac{\omega t}{2}) + r_o d}, I_1 = I(1 - \frac{\omega t}{2\pi}), I_2 = \frac{\omega t}{2\pi} I$$

$$\text{b. * Khi hai thanh quay cùng chiều: } I = \frac{BR^2(\omega_1 - \omega_2)}{2(R+r)}$$

$$\text{*Khi hai thanh quay ngược chiều: } I = \frac{BR^2(\omega_1 + \omega_2)}{2(R+r)}$$

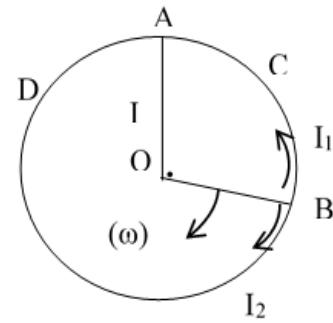
Bài 5. Một vòng dây dẫn tròn đường kính d được đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} song song với trực của vòng dây. Hai thanh kim loại mảnh có một đầu gắn với trực đi qua tâm O của vòng dây và vuông góc với mặt phẳng vòng dây; cả hai thanh đều tiếp xúc với mặt phẳng vòng dây và tiếp xúc điện với nhau tại O.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

1. Ban đầu hai thanh sát vào nhau, sau đó một thanh đứng yên và thanh kia quay quanh O với tốc độ góc ω . Tính cường độ dòng điện qua hai thanh và qua vòng dây sau thời gian t. Cho biết điện trở của mỗi đơn vị dài của thanh kim loại và của vòng dây dẫn là r.

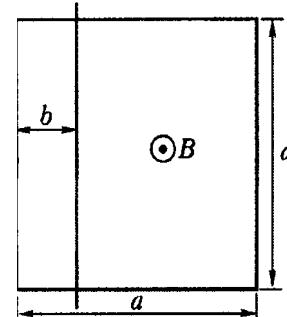
2. Bây giờ cho cả hai thanh quay với tốc độ góc là ω_1 và ω_2 ($\omega_1 > \omega_2$). Tìm hiệu điện thế giữa hai đầu mỗi thanh. Xét hai trường hợp: Hai thanh quay cùng chiều và hai thanh quay ngược chiều.

$$\text{ĐS: } 1. I = \frac{B\omega d}{4\left(2 + \omega t - \frac{\omega^2 t^2}{2\pi}\right)r}; I_1 = \left(1 - \frac{\omega t}{2\pi}\right)I; I_2 = \frac{\omega t}{2\pi}I;$$



$$2. \text{ Hai thanh quay cùng chiều } U_1 = e_{cl} - I\left(\frac{dr}{2}\right); U_2 = e_{cl} - I\left(\frac{dr}{2}\right)$$

Bài 6. Một khung dây dẫn mảnh hình vuông cạnh a đặt trên mặt bàn nằm ngang. Trên khung có đặt một thanh khối lượng m song song với cạnh hình vuông và cách cạnh hình vuông đoạn $b = a/4$. Khung và thanh được làm bằng cùng một dây dẫn có mật độ điện trở là ρ (theo chiều dài). Tại thời điểm t người ta bật một từ trường có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng của khung. Thanh chuyển động với vận tốc bao nhiêu biết rằng sau thời gian thiết lập thì từ trường có giá trị ổn định là B_0 . Bỏ qua sự dịch chuyển của thanh trong giai đoạn từ trường tăng từ 0 đến B_0 .

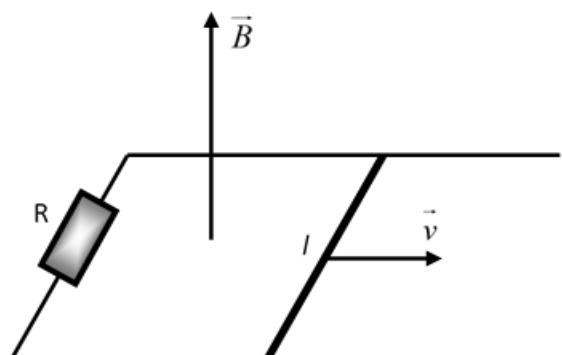


$$\text{ĐS: } v = \frac{a^2 B_0^2}{31 \rho m}$$

Bài 7. Hai thanh ray có điện trở không đáng kể được ghép song song với nhau, cách nhau một khoảng l trên mặt phẳng nằm ngang. Hai đầu của hai thanh được nối với nhau bằng điện trở R. Một thanh kim loại có chiều dài cũng bằng l , khối lượng m, điện trở r, đặt vuông góc và tiếp xúc với hai thanh. Hệ thống đặt trong một từ trường đều \vec{B} có phương thẳng đứng (hình 2).

1. Kéo cho thanh chuyển động đều với vận tốc v.
- a) Tìm cường độ dòng điện qua thanh và hiệu điện thế giữa hai đầu thanh.
- b) Tìm lực kéo nếu ma sát giữa thanh với ray là μ .

2. Ban đầu thanh đứng yên. Bỏ qua điện trở của thanh và ma sát giữa thanh với ray. Thay điện trở R bằng một tụ điện C đã được tích



Hình 2

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

điện đến hiệu điện thế U_0 . Thả cho thanh tự do, khi tụ phóng điện sẽ làm thanh chuyển động nhanh dần. Sau một thời gian, tốc độ của thanh sẽ đạt đến một giá trị ổn định v_{gh} . Tìm v_{gh} ? Coi năng lượng hệ được bảo toàn.

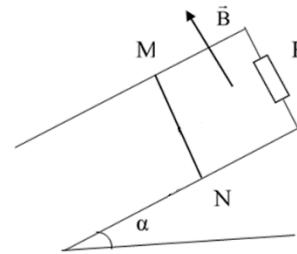
$$\text{ĐS: 1a. } I = \frac{Blv}{R+r}, U = \frac{BlvR}{R+r}; 1b. F = \frac{B^2l^2v}{R+r} + \mu mg; 2. v_{gh} = U_0 \sqrt{\frac{C}{CB^2l^2 + m}}$$

Bài 8. Trong một mặt phẳng nghiêng α so với mặt phẳng nằm ngang, có hai thanh kim loại cố định song song cách nhau một khoảng l , nối với nhau bằng điện trở R (Hình vẽ). Một thanh kim loại MN, có khối lượng m , có thể trượt không ma sát trên hai thanh kia và luôn vuông góc với chúng. Điện trở các tanh không đáng kể. có một từ trường đều không đổi b vuông góc với mặt phẳng các thanh và hướng lên phía trên. Người ta thả cho thanh MN trượt không vận tốc ban đầu.

- a) Mô tả hiện tượng và giải thích tại sao vận tốc v của thanh MN tăng tới giá trị cực đại v_{max} . Tính vận tốc v_{max} (giả thiết hai thanh song song có chiều dài đủ lớn).

b) Thay điện trở bằng một tụ điện có điện dung C . Chứng minh rằng lực cản chuyển động tỷ lệ với gia tốc a của thanh. Tính gia tốc này.

Gia tốc của trọng trường bằng g .



$$\text{ĐS: a. Thanh chuyển động có gia tốc, } v_{max} = \frac{Rmg \sin \alpha}{B^2 l^2};$$

$$\text{b. } \rightarrow a = \frac{g \sin \alpha}{1 + \frac{B^2 l^2 C}{m}}$$

Bài 9. Cho hệ thống như hình vẽ, thanh dẫn $AB = l$ khối lượng m trượt thẳng đứng trên hai ray trong một từ trường đều có các đường sức từ nằm ngang, chiều từ trong ra ngoài. Ban đầu thanh AB được giữ nằm yên, sau đó buông nhẹ tay cho thanh chuyển động xuống phía dưới.

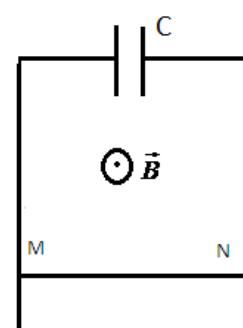
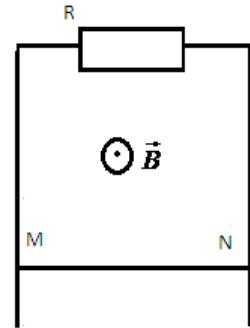
- a) Mô tả hiện tượng xảy ra. Xác định vận tốc cực đại của thanh AB?

b) Xác định lại vận tốc cực đại của thanh AB trong trường hợp các thanh ray hợp với mặt phẳng ngang một góc α .

c. Vẫn hệ thống trên, thay điện trở R bằng tụ điện có điện dung C . Bỏ qua điện trở các dây dẫn. Tính gia tốc chuyển động của thanh AB và cho biết sự biến đổi năng lượng trong mạch.

$$\text{ĐS: a. } v_{max} = \frac{mgR}{B^2 l^2}; \text{ b. } v_{max} = \frac{mgR}{B^2 l^2 \sin \alpha}$$

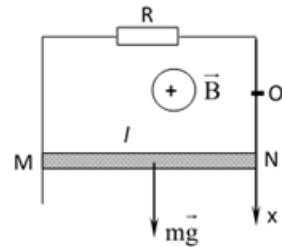
c. $a = \frac{mg}{m + CB^2 l^2} = \text{const.}$ Thanh rơi xuống nhanh dần đều. Khi thanh đi xuống, thế năng trọng lực của thanh AB biến thành động năng của thanh AB và năng lượng điện trường tích lũy trong tụ điện.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 10. Cho khung dây thuộc mặt phẳng thẳng đứng, thanh kim loại MN có khối lượng m , có điện trở bằng không, có thể trượt không ma sát trên hai thanh ray kim loại thẳng đứng ($R = 0$). Xét lúc $t = 0$, $v_0 = 0$, $x_0 = 0$. Xác định quy luật chuyển động của thanh kim loại trong các hình dưới đây. Từ trường đều \vec{B} vuông góc với mặt phẳng khung dây, ma sát bằng không đáng kể.

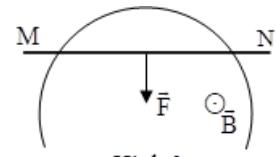
$$\text{ĐS: } Z = Ae^{-\frac{B^2 l^2}{mR}t}; v = \frac{mgR}{B^2 l^2} \left(1 - e^{-\frac{B^2 l^2}{mR}t} \right); t \rightarrow \infty \Rightarrow v = v_{\max} = \frac{mgR}{B^2 l^2};$$



Bài 11. Một thanh kim loại đồng chất, tiết diện đều, có điện trở không đáng kể, được uốn thành một cung tròn đường kính d . Thanh dẫn MN có điện trở cho mỗi đơn vị chiều dài là r , gác trên cung tròn (Hình 3). Cả hệ thống đặt trên mặt phẳng nằm ngang và ở trong một từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} hướng thẳng đứng dưới lên. Tác dụng một lực F theo phương ngang lên thanh MN sao cho thanh MN chuyển động tịnh tiến với vận tốc v không đổi (vectơ \vec{v} luôn vuông góc với thanh MN). Bỏ qua ma sát, hiện tượng tự cảm và điện trở ở các điểm tiếp xúc giữa các dây dẫn. Coi B , v , r , d đã biết.

a. Xác định chiều và cường độ của dòng điện qua thanh MN.

b. Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, thanh MN ở vị trí tiếp tuyến với cung tròn. Viết biểu thức lực F theo thời gian t .

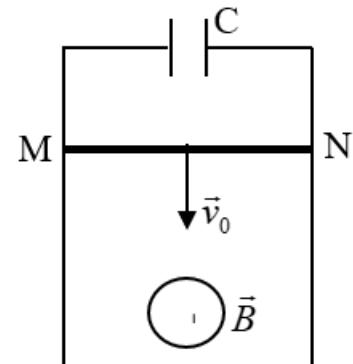


Hình 3

Bài 12. Đầu trên của hai thanh kim loại thẳng, song song cách nhau L đặt thẳng đứng nối với hai cực của tụ có điện dung C như hình vẽ. Hiệu điện thế đánh thủng tụ điện là U_T . Hệ thống được đặt trong một từ trường đều có vec tơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng hai thanh. Một thanh kim loại khác MN cũng có chiều dài L trượt từ đỉnh hai thanh kia xuống dưới với vận tốc ban đầu v_0 . Cho rằng trong quá trình trượt MN luôn tiếp xúc và vuông góc với hai thanh kim loại. Giả thiết các thanh kim loại đủ dài và bỏ qua điện trở của mạch điện, ma sát không đáng kể.

a) Hãy chứng minh rằng chuyển động của thanh MN là chuyển động thẳng nhanh dần đều và tìm giá tốc của nó.

b) Hãy tìm thời gian trượt của thanh MN cho đến khi tụ điện bị đánh thủng.



$$\text{ĐS: a. } a = \frac{mg}{m + CB^2 L^2}; \text{ b. } t = \frac{1}{mg} \left(\frac{U_T}{BL} - v_0 \right) (m + CB^2 L^2)$$

Bài 13. Một thanh dẫn điện có chiều dài l , khối lượng m , điện trở R , trượt xuống không ma sát trên hai thanh ray điện trở không đáng kể như trên hình vẽ bên. Đầu dưới của hai thanh được nối vào nhau. Mặt phẳng của hai thanh ray hợp với mặt phẳng ngang một

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

góc θ . Hệ thống đặt trong một từ trường đều có các đường súc từ thẳng đứng, có chiều hướng lên, cảm ứng từ có độ lớn là B .

a. Chứng minh rằng cuối cùng thanh vật dẫn sẽ đạt tới tốc độ không đổi mà giá trị của nó bằng:

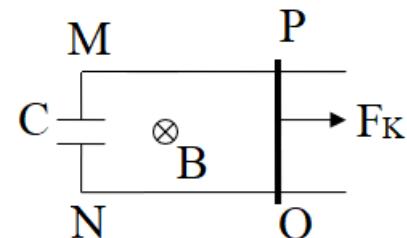
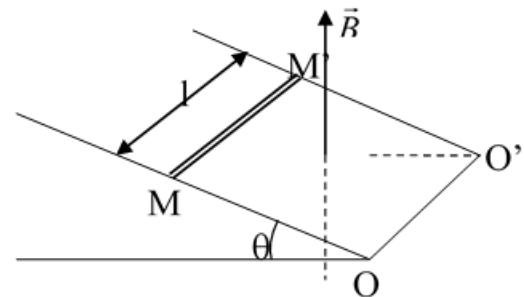
$$v = \frac{mgR}{B^2 l^2} \frac{\sin \theta}{\cos^2 \theta}$$

b. Chứng minh rằng tốc độ sinh nhiệt trên thanh đúng bằng tốc độ giảm thế năng hấp dẫn của nó.

Bài 14. MN và PQ là hai thanh kim loại thẳng và nhẵn, đặt song song với nhau trong mặt phẳng ngang, cách nhau $l=50\text{cm}$. Hai đầu M và P được nối với nhau qua tụ điện có điện dung $C=9\text{mF}$, điện trở các thanh không đáng kể. Một thanh kim loại ab có khối lượng $m=200\text{g}$ được đặt tựa lên MN và PQ (hình vẽ). Hệ nằm trong một từ trường đều có \vec{B} thẳng đứng, độ lớn $B=1,2\text{T}$. Tác dụng vào trọng tâm của thanh một lực nằm ngang, vuông góc với thanh và có độ lớn phụ thuộc vào thời gian bằng biểu thức $F=bt = 0,06t$ (N), t tính bằng giây.

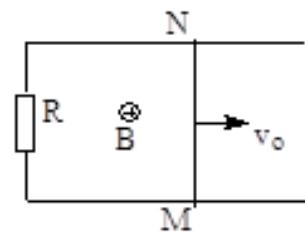
- a) Tìm vận tốc của thanh sau 10s chuyển động?
- b) Tìm quãng đường thanh đi được trong khoảng thời gian đó?

ĐS: a. $v= 14,76$ (m/s); 2. $S = 49,2$ (m)

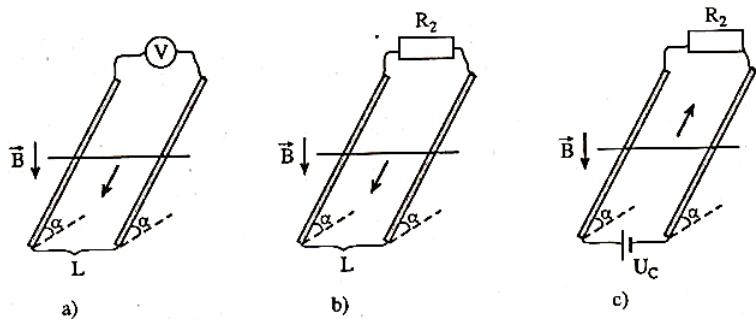


Bài 15. Dọc trên hai thanh kim loại đặt song song nằm ngang, khoảng cách giữa chúng là l , có một thanh trượt MN, khối lượng m có thể trượt không ma sát. Các thanh được nối với một điện trở R và đặt trong một từ trường đều có vec tơ cảm ứng từ \vec{B} thẳng đứng vuông góc với mặt phẳng khung. Biết đoạn dây MN trượt với vận tốc đầu v_0 như hình vẽ. Tìm biểu thức cường độ dòng điện I chạy qua R .

$$\text{ĐS : } I = \frac{Blv_0}{R} \exp\left(-\frac{B^2 l^2 t}{mR}\right)$$



Bài 16. Hai thanh ray như nhau, bằng đồng, có điện trở trong không đáng kể đặt song song với nhau, cách nhau một đoạn L , trong một từ trường đều \vec{B} có chiều hướng xuống dưới. Các thanh hợp với phương nằm ngang một góc α . Đặt lên hai thanh ray, ở phía trên cao, một thanh trượt có khối lượng m , đường kính d sao cho thanh trượt khi chuyển động luôn luôn vuông góc với ray. Điện trở của phần thanh trượt nằm giữa hai ray là R_1 (bao gồm cả điện trở tiếp xúc giữa thanh trượt và hai thanh ray), hình vẽ.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

a) Viết biểu thức của vận tốc dịch chuyển v_a của thanh trượt vào hiệu điện thế U_a xuất hiện giữa hai đầu của thanh đo được trên kế lí tưởng, hình a.

b) Người ta thay vỏn kế bằng điện trở $R_2 = R_1$ và lại thả thanh trượt từ trên cao. Lần này thanh trượt sẽ đạt đến vận tốc v_b ổn định. Hãy viết biểu thức vận tốc này, hình b.

c) Sau đó người ta nối hai đầu dưới của ray với nguồn điện có hiệu điện thế U_c không đổi. Nếu ta truyền cho thanh một vận tốc ban đầu theo hướng từ dưới lên thì sau đó thanh có vận tốc ổn định v_c . Hãy viết biểu thức tính cường độ dòng điện tổng cộng I_{tp} đi ra từ nguồn theo các đại lượng khác, hình c.

$$\text{ĐS: a. } v_a = \frac{U_a}{LB \cos \alpha}; \text{ b. } v_b = \frac{mg \sin \alpha (R_1 + R_2)}{(LB \cos \alpha)^2}; \text{ c. } I_{tp} = U_c \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{v_c LB \cos \alpha}{R_1}$$

Bài 17. Một dây dẫn cứng có điện trở không đáng kể, được uốn thành khung ABCD nằm trong mặt phẳng nằm ngang, có AB và CD song song với nhau, cách nhau một khoảng $l=0,5m$, được đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B=0,5T$ hướng vuông góc với mặt phẳng của khung như hình 1. Một thanh dẫn MN có điện trở $R=0,5\Omega$ có thể trượt không ma sát dọc theo hai cạnh AB và CD.

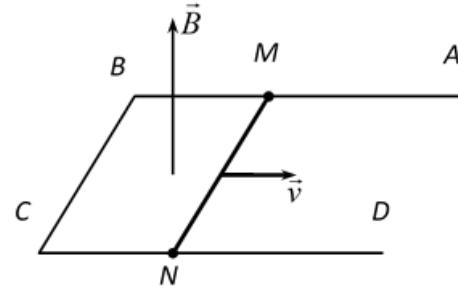
a) Hãy tính công suất cơ học cần thiết để kéo thanh MN trượt đều với vận tốc $v=2m/s$ dọc theo các thanh AB và CD. So sánh công suất này với công suất tỏa nhiệt trên thanh MN và nhận xét.

b) Thanh đang trượt đều thì ngừng tác dụng lực. Sau đó thanh còn có thể trượt thêm được đoạn đường bao nhiêu nếu khối lượng của thanh là $m=5gam$?

$$\text{ĐS: a. Vì vậy công suất cơ học } P = \frac{B^2 l^2 v^2}{R}. \text{ Công suất}$$

lực kéo bằng công suất tỏa nhiệt.

$$\text{b. } S = \frac{mvR}{B^2 l^2} = 0,08(m)$$

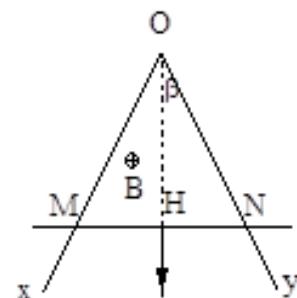


Hình 1

Bài 18. Một đoạn dây dẫn thẳng chiều dài $2L$ được uốn thành một góc $xOy = 2\beta$, đặt trong mặt phẳng nằm ngang. Một đoạn dây dẫn MN trượt trên Ox, Oy và luôn tiếp xúc với Ox, Oy. Trong quá trình trượt, MN luôn luôn vuông góc với đường phân giác của góc xOy , vận tốc trượt giữ không đổi và bằng v . Toàn bộ hệ thống được đặt trong một từ trường đều có véc tơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng xOy . Giả sử ban đầu đoạn dây MN chuyển động từ O. Các dây dẫn trong mạch được làm từ cùng một chất, đều cùng tiết diện và có điện trở trên mỗi đơn vị dài là r . Xác định :

a. Cường độ dòng điện chạy qua MN.

b. Nhiệt lượng tỏa ra trong toàn mạch khi MN đi hết Ox.

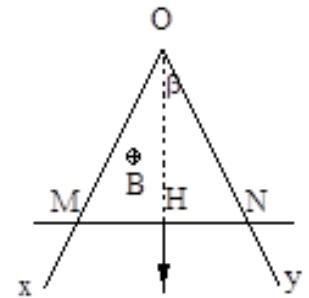


BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

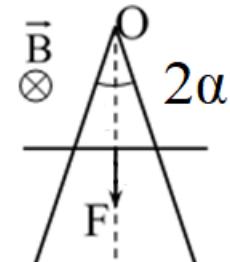
$$\text{ĐS : a. } I = \frac{Bv \sin \beta}{r(1 + \sin \beta)} \quad \text{b. } Q = \frac{B^2 v L^2 \sin^2 \beta \cos \beta}{r(1 + \sin \beta)}$$

Bài 19. Một khung dây dẫn hình vuông cạnh a, có khối lượng m và điện trở R, ban đầu nằm trong mặt phẳng thẳng đứng xOz (các cạnh song song với trục Ox và Oz), trong một từ trường có vec tơ cảm ứng từ \vec{B} hướng theo trục Oy vuông góc với mặt phẳng xOz và có độ lớn biến thiên theo tọa độ z (trục Oz hướng thẳng đứng xuống dưới) theo quy luật $B = B_0 + kz$, (B_0 và k là các hằng số). Truyền cho khung một vận tốc ban đầu v_0 theo phương ngang Ox và khung chuyển động trong mặt phẳng xOz. Người ta thấy sau một thời gian khung đạt được vận tốc không đổi bằng v . Hãy tính v_0 .

$$\text{ĐS: } v = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{mgR}{k^2 a^4}\right)^2}$$



Bài 20. Một dây dẫn thẳng có điện trở là r_0 ứng với một đơn vị chiều dài. Dây được gấp thành hai cạnh của một góc 2α và đặt trên mặt phẳng ngang. Một thanh chấn cũng bằng dây dẫn ấy được gác lên hai cạnh của góc 2α nói trên và vuông góc với đường phân giác của góc này (Hình vẽ). Trong không gian có từ trường đều với cảm ứng từ \vec{B} thẳng đứng. Tác dụng lên thanh chấn một lực \vec{F} dọc theo đường phân giác thì thanh chấn chuyển động đều với tốc độ v .



Bỏ qua hiện tượng tự cảm và điện trở ở các điểm tiếp xúc giữa các dây dẫn. Xác định:

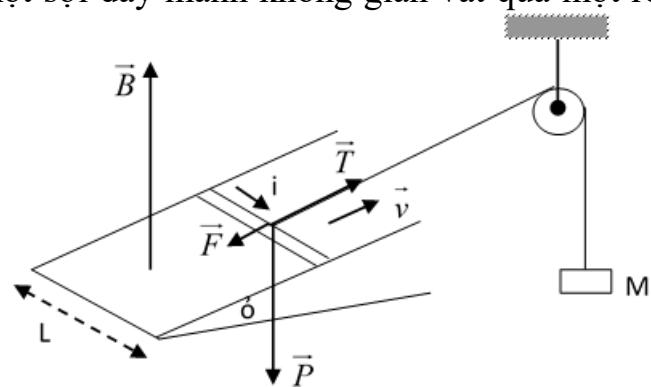
1. chiều dòng điện cảm ứng trong mạch và giá trị cường độ của dòng điện này.

2. giá trị lực F khi thanh chấn cách đỉnh O một khoảng l .

$$\text{ĐS: 1. } I = e_{tc}/R = B.v.\sin\alpha/[(1 + \sin\alpha).r_0]; 2. F_t = 2B^2.v.l\sin\alpha.\tan\alpha/[(1 + \sin\alpha).r_0]$$

Bài 21. Hai thanh ray song song với nhau được đặt trong mặt phẳng lập với mặt phẳng nằm ngang một góc α và được nối ngắn mạch ở hai đầu dưới. Khoảng cách giữa hai thanh ray là L . Một thanh dẫn có điện trở R và khối lượng m có thể trượt không ma sát trên hai ray. Thanh này được nối với một sợi dây mảnh không giãn vắt qua một ròng rọc cố định và đầu kia của dây có treo một vật có khối lượng M . Đoạn dây giữa thanh và ròng rọc nằm trong mặt phẳng chứa hai ray và song song với chúng. Hệ trên được đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ B hướng thẳng đứng lên trên (xem hình vẽ). Ban đầu giữ cho hệ đứng yên, rồi thả nhẹ ra. Bỏ qua điện trở của hai thanh ray. Hãy xác định:

a. Vận tốc ổn định của thanh.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b. Gia tốc của thanh ở thời điểm vận tốc của nó bằng một nửa vận tốc ổn định.

$$\text{ĐS: a. } v = \frac{gR(M - m \sin \alpha)}{RB^2 L^2 \cos^2 \alpha}; \text{ b. } a = \frac{(M - m \sin \alpha)g}{2(M + m)}$$

Bài 22. Hai thanh ray dẫn điện đặt song song với nhau và cùng nằm trong mặt phẳng ngang, khoảng cách giữa chúng là l. Trên hai thanh ray này có đặt hai thanh dẫn, mỗi thanh có khối lượng m, điện trở thuần R cách nhau một khoảng đủ lớn và cùng vuông góc với hai ray. Thiết lập một từ trường đều có cảm ứng từ B_0 thẳng đứng trong vùng đặt các thanh ray. Bỏ qua điện trở các ray, độ tự cảm của mạch và ma sát.

1. Xác định vận tốc của mỗi thanh dẫn ngay sau khi từ trường được thiết lập.

2. Xác định vận tốc tương đối giữa hai thanh tại thời điểm t tính từ thời điểm từ trường đã được thiết lập.

$$\text{ĐS: 1. } v_0 = \frac{l^2 b \cdot B_0^2}{4mR}; \text{ 2. } v_{12} = \frac{B_0^2 l^2 b}{2mR} \cdot e^{-\frac{2B_0^2 l^2}{mR} t}$$

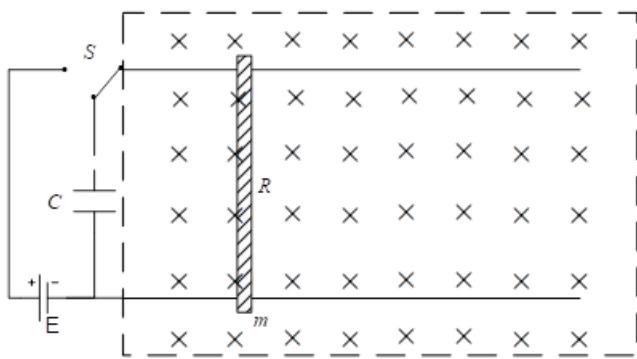
Bài 23. Một lực F không đổi tác dụng vào một thanh kim loại khối lượng m, có thể trượt trên hai thanh ray, đầu của các thanh ray được nối với điện trở R. Toàn bộ hệ thống đặt nằm ngang, trong một vùng có từ trường đều, các đường sức hướng thẳng đứng. Thanh được kéo từ trạng thái nghỉ. Giả thiết rằng thanh trượt không ma sát và bỏ qua hệ số tự cảm của khung, điện trở của thanh và các thanh ray.

a) Xác định vận tốc của thanh là hàm số của thời gian.

b) Xác định dòng điện chạy qua điện trở R là hàm số của thời gian.

$$\text{ĐS: a. } v = \frac{FR}{B^2 l^2} \left[1 - \exp \left(\frac{-B^2 l^2 t}{mR} \right) \right]; \text{ b. } i = \frac{F}{Bl} \left[1 - \exp \left(\frac{-B^2 l^2 t}{mR} \right) \right]$$

Bài 24. Một đầu của thanh ray nằm ngang với khoảng cách giữa hai thanh là l và các thanh không có điện trở được nối với một tụ điện có điện dung C được tích điện nhờ một nguồn điện có suất điện động là E.



Độ tự cảm của toàn bộ hệ thống có thể bỏ qua. Hệ thống được đặt trong một từ trường đều hướng thẳng đứng, có cảm ứng từ B như hình vẽ. Một thanh dẫn trơn, nhẵn

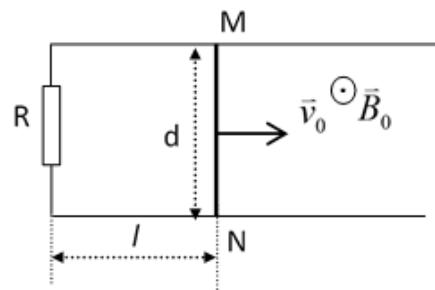
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

có khối lượng m và điện trở R được đặt vuông góc với các thanh ray. Các bản cực của tụ điện được bố trí sao cho thanh bị đẩy ra xa từ phía tụ điện khi đóng mạch. Tính vận tốc cực đại của thanh và điện tích cự tiêu tụ điện.

$$\text{ĐS: } v_{\max} = \frac{BIC\mathbb{E}}{m + B^2l^2C}, Q_{\min} = \frac{B^2l^2C^2\mathbb{E}}{m + B^2l^2C}$$

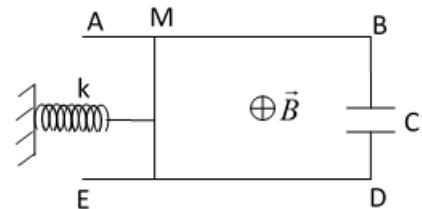
Bài 25. Hai thanh ray kim loại đủ dài nằm trên mặt phẳng ngang, song song với nhau cách nhau một đoạn d , hai đầu thanh nối với điện trở thuần R . Một thanh kim loại MN khối lượng m , đặt vuông góc và có thể trượt trên hai thanh ray. Hệ được đặt trong một từ trường đều \vec{B}_0 hướng thẳng đứng từ dưới lên (Hình vẽ). Ban đầu thanh MN cách điện trở một khoảng l . Truyền cho thanh MN một vận tốc ban đầu \vec{v}_0 nằm ngang hướng sang phải vuông góc với MN. Điện trở của hai thanh ray và thanh MN không đáng kể. Tìm khoảng cách lớn nhất giữa thanh MN và R. Biết hệ số ma sát giữa MN và hai thanh ray là μ .

$$\text{ĐS: } l_{\max} = l + \left(v_0 + \frac{\mu mgR}{B_0^2 d^2} \right) \frac{mR}{B_0^2 d^2} \left(1 - e^{-\frac{B_0^2 d^2}{mR} t_0} \right) - \frac{\mu mgR t_0}{B_0^2 d^2}$$

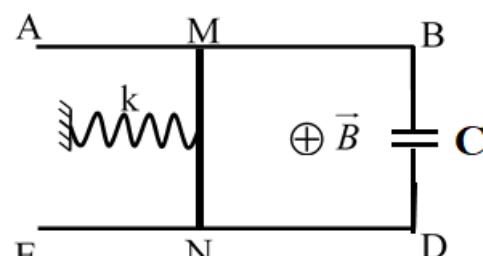


Bài 26. Cho mạch điện như hình vẽ bên. Khung dây ABCD không có điện trở có hai cạnh AB//ED đặt nằm ngang, tụ điện có điện dung C, lò xo có độ cứng K, đoạn dây MN có chiều dài l , không khối lượng có thể chuyển động tịnh tiến không ma sát dọc theo cạnh của khung. Hệ thống đặt trong từ trường đều có hướng vuông góc với mặt phẳng khung. Tịnh tiến thanh MN lệch một đoạn nhỏ khỏi vị trí cân bằng rồi buông nhẹ. Chứng minh thanh dao động điều hòa. Xác định chu kì dao động?

$$\text{ĐS: } T = 2\pi Bl \sqrt{\frac{k}{C}}$$



Bài 27. Cho cơ hệ gồm khung dây ABDE như hình vẽ, được đặt nằm trên mặt phẳng nằm ngang. Biết lò xo có độ cứng k , đoạn dây MN dài ℓ , khối lượng m tiếp xúc với khung và có thể chuyển động tịnh tiến không ma sát dọc theo khung. Hệ thống đặt trong từ trường đều có vec tơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng của khung và có chiều như hình vẽ. Nối hai đầu B, D với tụ có điện dung C. Kích thích cho MN dao động. Bỏ qua điện trở thuần của khung dây. Chứng minh thanh MN dao động điều hòa và tính chu kì dao động.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } T = 2\pi \sqrt{\frac{m + CB^2 l^2}{k}}$$

Bài 28. Hai dây dẫn dài, mỗi dây có điện trở $R = r_0$ được uốn thành hai đường ray nằm trong mặt phẳng ngang như hình vẽ. Hai ray phía bên phải cách nhau $l_1 = 5l_0$ và nằm trong từ trường có cảm ứng từ $B_1 = 8B_0$, hướng từ dưới lên. Hai thanh ray bên trái cách nhau khoảng $l_2 = l_1 = 5l_0$ và nằm trong từ trường $B_2 = 5B_0$, hướng từ trên xuống.

Hai thanh kim loại nhẵn ab và cd có cùng điện trở r_0 được đặt nằm trên các ray như hình vẽ, mọi ma sát đều không đáng kể. Tác dụng một lực kéo để ab chuyển động sang phải với vận tốc đều $v_1 = 5v_0$.

- Khi đó cd cũng chịu tác dụng một ngoại lực và chuyển động sang trái với vận tốc đều $v_2 = 4v_0$. Hãy tìm:

a. Độ lớn ngoại lực tác dụng lên cd, biết lực này nằm trong mặt phẳng ngang.

b. Hiệu điện thế giữa hai đầu c và d và công suất tỏa nhiệt của mạch trên.

- Nếu không có ngoại lực tác dụng vào cd, hãy viết biểu thức vận tốc và quãng đường cd đi được theo thời gian.

Cho khối lượng của thanh cd là m.

$$\text{ĐS: 1a. } F_N = 625 \frac{B_0^2 v_0 l_0^2}{r}; 1b. u_{cd} = -125 B_0 v_0 l_0; P = 2500 \frac{(B_0 v_0 l_0)^2}{r}$$

$$2. v = 8v_0 \left(1 - e^{-\frac{(25B_0 l_0)^2 t}{4mr}} \right), s = 8v_0 \left[t - \frac{m \cdot 4r}{(25B_0 l_0)^2} \left(1 - e^{-\frac{(25B_0 l_0)^2 t}{4mr}} \right) \right]$$

Bài 29. Hai dây dẫn dài, mỗi dây có nối một điện trở $R=0,41\Omega$ và được uốn thành hai đường ray nằm trong mặt phẳng ngang như hình vẽ. Hai ray phía bên phải cách nhau $l_1=0,6m$ và nằm trong từ trường có cảm ứng từ $B_1=0,8T$, hướng từ dưới lên. Hai thanh ray bên trái cách nhau khoảng $l_2=0,5m$ và nằm trong từ trường $B_2=0,5T$, hướng từ trên xuống.

Hai thanh kim loại nhẵn ab điện trở $r_1=0,41\Omega$ và cd điện trở $r_2=0,16\Omega$ được đặt nằm trên các ray như hình vẽ, mọi ma sát đều không đáng kể.

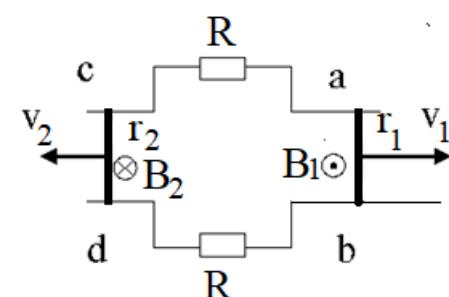
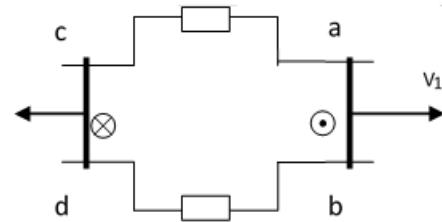
- Tác dụng một lực kéo để ab chuyển động sang phải với vận tốc đều $v_1=10m/s$; khi đó cd cũng chịu tác dụng một ngoại lực và chuyển động sang trái với vận tốc đều $v_2=8m/s$. Hãy tìm:

a. Độ lớn ngoại lực tác dụng lên cd, biết lực này nằm trong mặt phẳng ngang?

b. Hiệu điện thế giữa hai đầu c và d?

c. Công suất điện của mạch trên?

- Nếu không có ngoại lực tác dụng vào cd thì nó sẽ chuyển động như thế nào?



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS:1. A. 0,625 ; b. -2,4 (V); c. 7 (W); 2. Phương trình chuyển động $x = B_1 l_1 v_1 \cdot e^{kt}$.

Bài 30. Hai thanh ray dẫn điện dài nằm song song với nhau, khoảng cách giữa hai thanh ray là $l = 0,4\text{m}$. MN và PQ là hai thanh dẫn điện song song với nhau và được gác tiếp xúc điện lên hai thanh ray, cùng vuông góc với hai ray (Hình vẽ 4). Điện trở của MN và PQ đều bằng $r = 0,25\Omega$,

$R = 0,5\Omega$, tụ điện $C = 20\mu\text{F}$ ban đầu chưa tích điện, bỏ qua điện trở của hai ray và điện trở tiếp xúc. Tất cả hệ thống được đặt trong một từ trường đều có véc tơ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng hình vẽ chiều đi vào trong, độ lớn $B = 0,2\text{T}$.

Cho thanh MN trượt sang trái với vận tốc $v = 0,5\text{m/s}$, thanh PQ trượt sang phải với vận tốc $2v$.

1. Tìm công suất tỏa nhiệt trên điện trở R.
2. Tìm điện tích của tụ, nói rõ bǎn nào tích điện dương ?

ĐS: 1. $P = \left(\frac{3Blv}{R+2r} \right)^2 \cdot R = 0,0072\text{W}$; 2. $Q = C \left(Blv - \frac{3Blv}{R+2r} r \right) = 2 \cdot 10^{-7} (\text{C})$

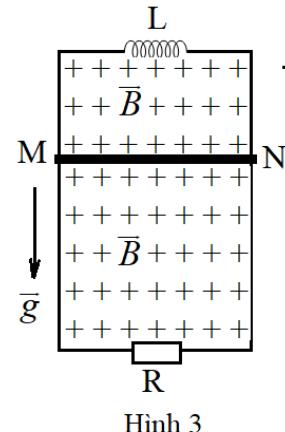
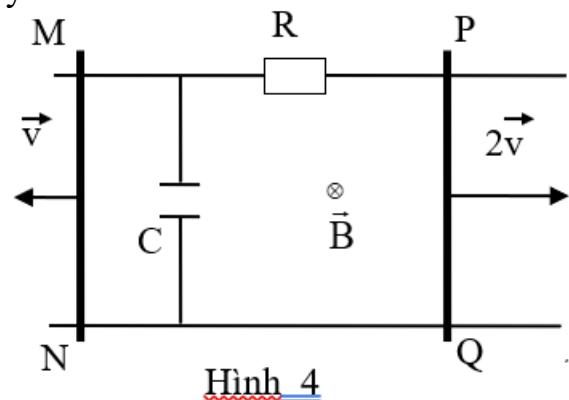
Bài 31. Một thanh dẫn điện MN có khối lượng m, có thể trượt không ma sát dọc theo rãnh hai ray bằng đồng song song (điện trở thanh dẫn và hai ray không đáng kể) thẳng đứng trong trọng trường có gia tốc rơi tự do \vec{g} không đổi và từ trường đều \vec{B} . Biết từ trường \vec{B} vuông góc mặt phẳng chứa hai ray và khoảng cách giữa hai ray là l ; thanh MN luôn vuông góc với hai ray. Đầu trên hai dây dẫn được nối với nhau qua cuộn dây thuần cảm có hệ số tự cảm L, đầu dưới hai dây nối với nhau qua một vật dẫn có điện trở R (Hình 3). Chọn trục z'Oz thẳng đứng, chiều dương từ trên xuống, gốc O gắn tại vị trí thanh bắt đầu chuyển động.

- a. Viết phương trình chuyển động dạng vi phân của thanh dẫn MN.
- b. Biết lúc $t=0$ thì $z(0)=0$. Hãy viết biểu thức tọa độ z theo thời gian t.
- c. Coi hai ray rất dài. Sau một thời gian dài thanh MN tiến đến vị trí cân bằng. Tìm vị trí đó.

Ghi chú: Phương trình vi phân tuyến tính hạng hai $\frac{d^2x}{dt^2} + \alpha \frac{dx}{dt} + \omega^2 x + c = 0$ có

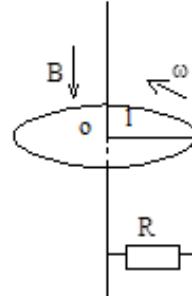
nghiệm dạng $x(t) = A[1 - e^{-\alpha t} \cos(\omega t + \varphi)]$. Trong đó $A, \alpha, \omega, c, \varphi$ là những hằng số.

ĐS: a. $z'' + \frac{B^2 l^2}{mR} z' + \frac{B^2 l^2}{mL} z - g = 0$; b. $z(t) = \frac{mgL}{B^2 l^2} (1 - e^{-\alpha t} \cos \omega t)$; c. $z(\infty) = \frac{mgL}{B^2 l^2}$



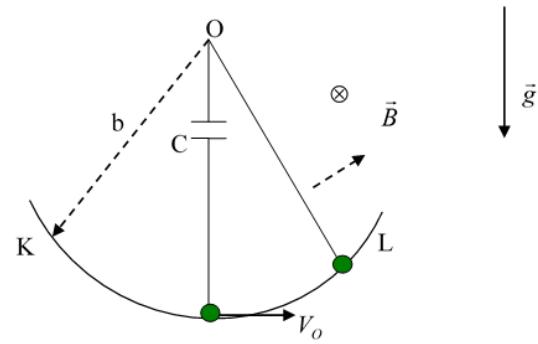
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 32. Một thanh kim loại có chiều dài l nằm ngang, có thể quay quanh trục thẳng đứng đi qua một đầu. Đầu kia của thanh được tựa trên một vòng dây dẫn nằm ngang có bán kính l. Vòng dây được nối với trục quay (dẫn điện) qua một điện trở thuần R. Hệ được đặt trong một từ trường đều hướng thẳng đứng xuống dưới. Hồi lực cần thiết phải tác dụng vào thanh để nó quay với vận tốc góc không đổi ω . Bỏ qua điện trở của vòng, trục quay, các dây nối và ma sát. Áp dụng số: $B = 0,8\text{T}$, $l = 0,5\text{m}$, $\omega = 10\text{rad/s}$.



$$\text{ĐS: } F \geq \frac{B^2 l^3 \omega}{4R}$$

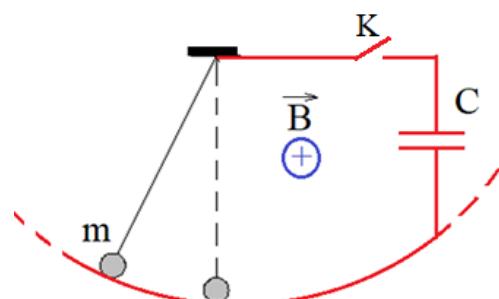
Bài 33. Một thanh kim loại mảnh, cứng, có khối lượng nhỏ không đáng kể, ở đầu có gắn một quả cầu kim loại nhỏ (coi như chất điểm) có khối lượng bằng m. Thanh có thể dao động quanh trục O nằm ngang như một con lắc. Quả cầu tiếp xúc với một sợi dây dẫn K - L được uốn thành một cung tròn có bán kính b. Tâm của sợi dây này gắn với điểm treo O qua một tụ điện có điện dung C. Tất cả cơ cấu này được đặt trong một từ trường đều \vec{B} vuông góc với mặt phẳng dao động của thanh. Tại thời điểm ban đầu người ta truyền cho quả cầu (từ vị trí cân bằng) vận tốc nằm trong mặt phẳng hình vẽ và vuông góc với thanh. Bỏ qua ma sát và điện trở của thanh, của dây dẫn K-L và điện trở ở các chỗ tiếp xúc.



- a. Chứng minh quả cầu dao động điều hoà. Tìm chu kì dao động.
- b. Viết phương trình dao động của thanh.
- c. Tính năng lượng dao động của quả cầu.

$$\text{ĐS: a. } T = 2\pi \sqrt{\frac{mb^2 + \frac{1}{4}b^4 B^2 C}{mgb}}; \text{ b. } \alpha = \frac{V_0}{b\omega} \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right); \text{ c. } E = \frac{1}{2}mV_0^2$$

Bài 34. Xét một con lắc đơn có vật nặng và dây treo làm bằng kim loại, khối lượng vật nặng là m, chiều dài dây treo là l, thực hiện dao động nhỏ với biên độ góc α_1 trong từ trường đều nằm ngang, từ trường vuông góc với mặt phẳng dao động của con lắc. Biết vật nặng trượt trên máng tròn làm bằng kim loại. Người ta nối một tụ điện chưa tích điện vào máng và một đầu dây treo con lắc qua một khóa K. Ngay tại thời điểm con lắc qua vị trí cân bằng, taddongs khóa K. Góc lệch cực đại của dây treo con lắc sau khi mắc tụ là α_2 . Xác định điện dung C của tụ điện?



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } C = \frac{4m(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)}{B^2 l^2 \alpha_1^2}$$

Bài 35. Một quả cầu kim loại nhỏ, khối lượng m được treo vào đầu thanh kim loại mảnh, nhẹ, khối lượng không đáng kể chiều dài l ; đầu kia của thanh kim loại treo vào điểm O và có thể quay được dễ dàng xung quanh trục nằm ngang qua O . Trong quá trình chuyển động, quả cầu luôn tiếp xúc với vành tròn kim loại.

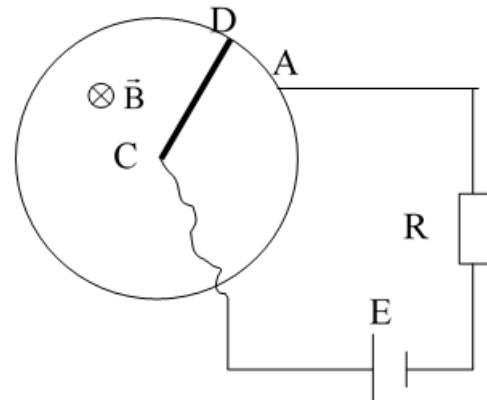
Một từ trường đều có véc tơ cảm ứng từ \vec{B} có phương vuông góc với mặt phẳng chuyển động của thanh. Bỏ qua mọi ma sát và điện trở của mạch. Kích thích cho m dao động nhỏ. Nối vào O và vành tròn một cuộn dây có độ tự cảm L . Bỏ qua điện trở của cuộn dây.

Chứng tỏ m dao động điều hòa và tìm chu kì dao động.

$$\text{ĐS: } T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l} + \frac{B^2 l^2}{4mL}}}$$

Bài 36. Hình bên là sơ đồ một mẫu động cơ điện đơn giản. Một vòng dây dẫn hình tròn tâm C bán kính l nằm ngang cố định trong một từ trường đều thẳng đứng có cảm ứng từ \vec{B} . Một thanh kim loại CD dài l , khối lượng m có thể quay quanh trục thẳng đứng đi qua C , đầu kia của thanh kim loại trượt có ma sát trên vòng tròn. Một nguồn điện suất điện động E nối vào tâm C và điểm A trên vòng tròn qua điện trở R . Chọn mốc tính thời gian là khi vừa nối nguồn. Tìm biểu thức của vận tốc góc ω của thanh kim loại theo thời gian. Biết lực ma sát tác dụng lên thanh kim loại có momen cản là $\alpha l^2 \omega$ trong đó α là hằng số. Bỏ qua các điện trở trong của nguồn, điện trở của thanh kim loại, vòng dây và chỗ tiếp xúc.

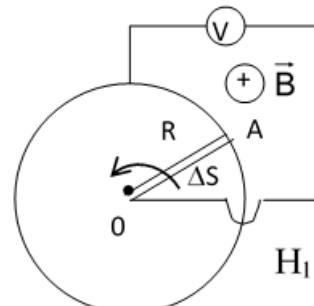
$$\text{ĐS: } \omega = \frac{2BE}{B^2 l^2 + 4\alpha R} \left(1 - e^{-\frac{3\left(\alpha + \frac{B^2 l^2}{4R}\right)t}{m}}\right)$$



Bài 37. Trên một cái đĩa không dẫn điện, bán kính R người ta kẹp vào theo đường dây cung một thanh dẫn điện. Đĩa được quay với vận tốc góc ω không đổi. Một từ trường có cảm ứng từ B hướng vuông góc với mặt phẳng của đĩa (H_1).

Hãy tính hiệu điện thế ở giữa dây và cuối dây dẫn (Bỏ qua điện trở của dây nối và thanh).

$$\text{ĐS: } U = \frac{B\omega L^2}{8}$$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 38. Trên một đĩa nằm ngang không dẫn điện có gắn một thanh kim loại mảnh AC nằm dọc theo bán kính đĩa (H.3.41). Đĩa ở trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 10^{-2}$ T và thực hiện ở một dao động xoắn điều hòa xung quanh trục thẳng đứng đi qua tâm O của đĩa: $\phi(t) = \phi_0 \sin \omega t$. Chiều dài của thanh $L = a + b$, trong đó $a = 0,5$ mm và $b = 1,0$ mm. Hãy xác định hiệu điện thế ($h.d.t$) cực đại giữa hai đầu A và C của thanh, nếu $\phi_0 = 0,5$ rad và $\omega = 0,2$ rad/s.

$$\text{ĐS: } U_{\max} = \frac{\phi_0 \omega B}{2} (b^2 - a^2) = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ V}$$

Bài 39. Thanh kim loại OA khói lượng m, chiều dài a có thể quay tự do quanh trục thẳng đứng Oz. Đầu A của thanh tựa trên vòng kim loại tròn, tâm O, bán kính a đặt cố định nằm ngang. Đầu O của thanh và một điểm của vòng kim loại được nối với điện trở thuần R, tụ điện C, khóa K và nguồn điện E tạo thành mạch điện như hình 29. Hệ thống đặt trong từ trường đều, không đổi có cảm ứng từ \vec{B} hướng lên.

Điện trở của thanh OA và của vòng dây, điện trở khóa K và các dây nối, điện trở tại các điểm tiếp xúc và của nguồn E nhỏ không đáng kể so với điện trở R. Bỏ qua hiện tượng tự cảm, mọi ma sát và lực cản không khí. Ban đầu K mở, tụ C chưa tích điện và thanh OA nằm yên. Tại $t = 0$, đóng khóa K:

1. Thiết lập hệ thức liên hệ giữa vận tốc góc ω của thanh OA và điện tích q của tụ điện sau khi đóng khóa K.

2. Giả sử nguồn E có suất điện động $E_0 = \text{const}$.

a) Tìm biểu thức ω và q theo t.

b) Tính ω và q sau thời gian t đủ lớn. Khi đó hiệu điện thế giữa hai bản tụ có bằng E_0 không? Tìm nhiệt lượng tổng cộng tỏa ra trên điện trở R.

3. Giả sử E là nguồn xoay chiều có hiệu điện thế $e = E_0 \cdot \cos \omega_0 t$

a) Tìm biểu thức cường độ dòng điện I trong mạch và vận tốc góc ω của thanh theo t.

b) Tính cường độ dòng điện trong mạch và vận tốc góc ω của thanh sau thời gian đủ lớn.

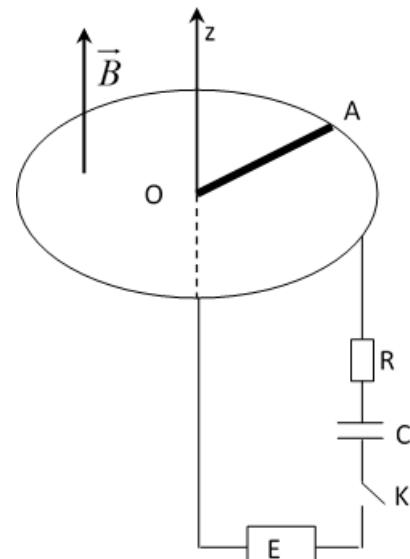
Biết:

+ Mômen quán tính của thanh OA đối với trục Oz là

$$\frac{1}{3}ma^2.$$

+ Nghiệm của phương trình vi phân: $\frac{dy}{dx} + a.y = F$, với $y = y(x)$ và a là hằng số.

$$\text{Nếu } F = d = \text{const}, \text{ thì: } y = Ae^{-ax} + \frac{d}{a}$$



Hình 22

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Nếu $F = d \cdot \cos bx$ (d, b là hằng số), thì: $y = A \cdot e^{-a \cdot x} + \frac{d}{a^2 + b^2} (b \cdot \sin bx + a \cdot \cos bx)$.

$$\text{ĐS: } 1. \omega = \frac{3}{2} \cdot \frac{B}{m} \cdot q; \quad 2a. q = I_0 t_0 \cdot (1 - e^{-t/t_0}); \quad \omega = \frac{3B I_0 t_0}{2m} \left(1 - e^{-\frac{t}{t_0}} \right); \quad 2b. q_0 = \frac{C E_0}{1 + \frac{3B^2 a^2 C}{4m}};$$

$$\omega_0 = \frac{6BCE_0}{4m + 3B^2 a^2 C}; \quad W_n = \frac{CE_0^2}{2 \left(1 + \frac{3B^2 a^2 C}{4m} \right)}$$

$$3a. \omega = \frac{3B I_0 t_0}{2m(1 + \omega_0^2 t^2)} \left(\omega_0 t_0 \cdot \sin \omega_0 t + \cos \omega_0 t - e^{-\frac{t}{t_0}} \right);$$

$$i = \frac{I_0}{1 + \omega_0^2 t_0^2} \left(\omega_0^2 t_0^2 \cdot \cos \omega_0 t - \omega_0 t_0 \cdot \sin \omega_0 t + e^{-\frac{t}{t_0}} \right)$$

$$3b. i_{0d} = \frac{I_0}{1 + \omega_0^2 t_0^2} (\omega_0^2 t_0^2 \cos \omega_0 t - \omega_0 t_0 \sin \omega_0 t); \quad \omega_{od} = \frac{3BI_0 t_0}{2m(1 + \omega_0^2 t_0^2)} (\omega_0 t_0 \sin \omega_0 t + \cos \omega_0 t)$$

VII.3. KHUNG DÂY CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG

Bài 1. Một khung dây kín hình vuông cạnh a, có điện trở R nằm trong từ trường có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng của khung. Mặt phẳng của khung song song với mặt phẳng Oxy. Khung được truyền vận tốc ban đầu \vec{v}_0 hướng dọc theo chiều dương trục Ox. Biết từ trường chỉ biến thiên theo trục Ox theo quy luật $\frac{dB}{dx} = k$. Tìm vận tốc của khung sau thời gian t từ khi khung bắt đầu chuyển động.

$$\text{ĐS: } v = v_0 \cdot e^{-\frac{k^2 a^4}{mR} t}$$

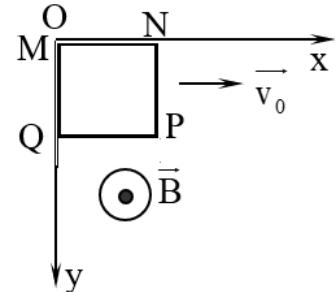
Bài 2. Một khung dây hình chữ nhật siêu dẫn, có các cạnh là a và b, khối lượng m và hệ số tự cảm L, chuyển động với vận tốc ban đầu v_0 trong mặt phẳng của nó hướng dọc theo chiều dài khung từ vùng không có từ trường vào một vùng có từ trường đều B_0 vuông góc với mặt phẳng khung dây. Hãy mô tả chuyển động của khung như là hàm số của thời gian.

$$\text{ĐS: } x = v_0 \frac{\sqrt{mL}}{B_0 a} \sin \left(\frac{B_0 a}{\sqrt{mL}} t \right)$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

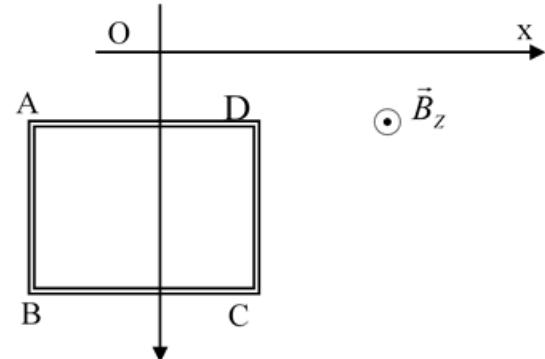
Bài 3. Một khung dây dẫn hình vuông MNPQ có chiều dài mỗi cạnh là a ; khung dây có điện trở R , khối lượng m . Ban đầu khung dây ở vị trí như hình vẽ, truyền cho khung dây một vận tốc ban đầu \vec{v}_0 theo phương ngang. Khung dây chuyển động cắt các đường cảm ứng từ trong một từ trường có các đường cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng khung dây như hình vẽ. Cảm ứng từ của từ trường phụ thuộc vào tọa độ y theo quy luật $B = B_0(1+ky)$, với B_0 , k là các hằng số dương. Bỏ qua ma sát và lực cản môi trường, trong quá trình chuyển động khung dây không thay đổi hình dạng và luôn chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng. Viết phương trình biểu diễn sự phụ thuộc của thành phần vận tốc v_y (thành phần vận tốc theo trục Oy) của khung dây theo thời gian t , vẽ đồ thị biểu diễn phương trình đó và nêu nhận xét về quá trình chuyển động của khung dây. Cho gia tốc rơi tự do là g .

$$\text{ĐS: } v_y = \frac{g}{A} \left(1 - e^{-At} \right) = \frac{mgR}{k^2 B_0^2 a^4} \left(1 - e^{-\frac{k^2 B_0^2 a^4}{mR} t} \right)$$

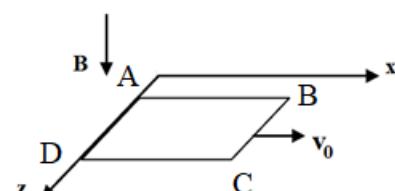


Bài 4. Một khung dây dẫn hình vuông chuyển động dọc theo trục x với vận tốc v_0 đi vào một bán không gian vô hạn ($x > 0$) trong đó có một từ trường không đều hướng theo trục z : $B_z(x) = B_0(1 + \alpha x)$ với B_0 là hằng số dương. Biết rằng hai cạnh của khung song song với trục x , còn mặt phẳng của khung luôn vuông góc với trục z . Hỏi khung đã thâm nhập vào không gian có từ trường một khoảng cách bằng bao nhiêu, nếu khối lượng của khung là m , chiều dài cạnh của khung là b và biết rằng vào thời điểm khi các đường sức từ xuyên qua toàn bộ mặt phẳng của khung, trong khung toả ra lượng nhiệt đúng bằng nhiệt lượng mà khung toả ra trong chuyển động tiếp sau đó cho tới khi dừng hẳn. Tính điện trở của khung. Bỏ qua hệ số tự cảm của khung và coi $ab \ll 1$.

$$\text{ĐS: } s = \frac{\sqrt{2} + 1}{\alpha^2 b}; R = \frac{(\sqrt{2} + 2)B_0^2 b^3}{mv_0}$$



Bài 5. Một khung dây dẫn hình vuông ABCD có điện trở R được đặt trên mặt phẳng nằm ngang nhẵn sao cho cạnh AD trùng với Oz, AB song song với Ox như hình vẽ. Khung dây có khối lượng m và chiều dài cạnh là b . Hệ nằm trong từ trường thẳng đứng, chiều hướng lên, có độ lớn cảm ứng từ thay đổi theo quy luật: $B = B_0(1 + kx)$ với B_0 và k là các hằng số dương đã biết. Truyền cho khung vận tốc v_0 hướng dọc theo trục Ox để khung chuyển động tịnh tiến dọc theo trục Ox. Tính quãng



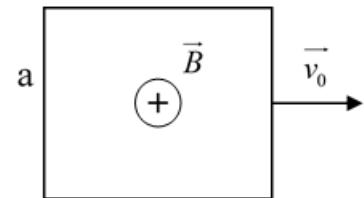
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

đường khung đi được cho đến khi dừng lại. Biết trong quá trình chuyển động khung không bị biến dạng và coi độ tự cảm của khung bằng không.

$$\text{ĐS: } S = \frac{mRv_0}{B_0^2 k^2 b^4}$$

Bài 6. Một khung dây dẫn phẳng, hình vuông cạnh a, khối lượng m, không biến dạng, điện trở R. Khung được ném ngang từ độ cao h_0 với vận tốc v_0 (Hình 4) trong vùng có từ trường với cảm ứng từ \vec{B} có hướng không đổi, độ lớn phụ thuộc vào độ cao h theo quy luật $B = B_0 + k.h$, với k là hằng số, $k > 0$.

Lúc ném, mặt phẳng khung thẳng đứng vuông góc với \vec{B} và khung không quay trong suốt quá trình chuyển động.

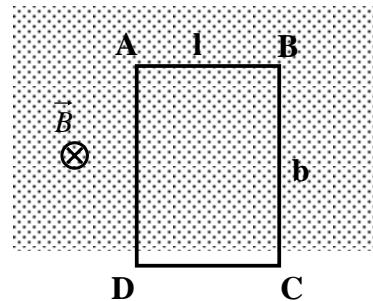


- a. Tính tốc độ cực đại mà khung đạt được.
- b. Khi khung đang chuyển động với tốc độ cực đại và cạnh dưới của khung cách mặt đất một đoạn h_1 thì mối hàn tại một đỉnh của khung bị bung ra (khung hở). Bỏ qua mọi lực cản. Xác định hướng của vận tốc của khung ngay trước khi chạm đất.

$$\text{ĐS: a. } v = \sqrt{\left(\frac{mgR}{k^2 a^4}\right)^2 + v_0^2};$$

$$\text{b. Góc hợp bởi vận tốc và phương ngang } \alpha : \tan \alpha = \frac{\sqrt{\left(\frac{mgR}{k^2 a^4}\right)^2 + 2gh_1}}{v_0}$$

Bài 7. Một khung dây dẫn kín hình chữ nhật ABCD ($AB = l; BC = b$), khối lượng m được giữ đứng yên và mặt phẳng khung nằm trong mặt phẳng thẳng đứng. Khung được đặt trong từ trường đều có vec tơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng khung sao cho chỉ có cạnh CD không nằm trong từ trường như hình vẽ 1. Ở thời điểm ban đầu ($t = 0$) người ta thả nhẹ khung dây.



Hình vẽ 1

- a. Giả sử khung có điện trở thuần R, độ tự cảm của khung không đáng kể, chiều dài b đủ lớn sao cho khung đạt tới vận tốc giới hạn (vận tốc không đổi) trước khi ra khỏi từ trường. Tìm vận tốc giới hạn của khung và nhiệt lượng tỏa ra trên khung đến khi cạnh AB của khung vừa ra khỏi từ trường?

- b. Giả sử khung được làm từ vật liệu siêu dẫn và có độ tự cảm L. Cũng giả thiết b đủ lớn để khung không ra khỏi từ trường trong quá trình chuyển động. Chọn trục Ox hướng thẳng đứng từ trên xuống, gốc O tại vị trí ban đầu của cạnh CD. Biết trong quá

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

trình khung chuyển động, cạnh CD không chuyển động vào vùng có từ trường. Viết phương trình chuyển động của khung?

Giả thiết khung dây không bị biến dạng trong quá trình chuyển động.

$$\text{ĐS:a. } v = \frac{mgR}{B^2 l^2} ; Q = mgb - \frac{mv^2}{2} = mg \left(b - \frac{m^2 g R^2}{2 B^4 l^4} \right)$$

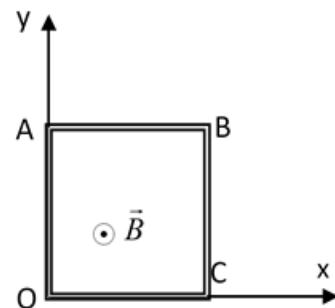
$$\text{b. } x = \frac{gL}{B^2 l^2} \left[\cos \left(\frac{Bl}{\sqrt{mL}} t + \pi \right) + 1 \right] - \frac{b}{2}$$

Bài 8. Một khung dây dẫn OABC nằm trong mặt phẳng Oxy có cạnh $b=2\text{cm}$. Từ trường \vec{B} vuông góc với mặt phẳng Oxy có chiều hướng từ trong ra ngoài và có độ lớn cho bởi công thức $B = 4t^2y$. Trong đó B tính bằng T, t tính bằng s và y tính bằng m.

a. Xác định suất điện động cảm ứng trên khung dây tại thời điểm $t = 2,5\text{ s}$.

b. Xác định chiều của dòng cảm ứng chạy trong khung dây tại thời điểm $t=2,5\text{s}$.

ĐS: a. $\xi = 80.10^{-6}\text{ V}$; b. Dòng điện cảm ứng có chiều đi theo chiều quay của kim đồng hồ.



Bài 9. Một khung dây kim loại hình vuông điện trở không đáng kể đặt trên mặt bàn ngang không ma sát, khối lượng m , độ dài cạnh là a , độ tự cảm L . Khung và bàn đặt trong không gian có từ trường đều, đường sức từ thẳng đứng có độ lớn $B = B_0(1+kx)$ trong đó B_0 , k là các hằng số dương. Lúc đầu khung nằm yên, không có dòng điện. Tại $t = 0$ người ta truyền cho khung vận tốc \vec{v}_0 dọc theo trục Ox

1. Tìm thời gian t_{\min} kể từ thời điểm khung bắt đầu chuyển động đến khi khung có vận tốc bằng 0

2. Tính tổng điện lượng dịch chuyển trong khung trong thời gian trên.

$$\text{ĐS: 1. } t_{\min} = \frac{\pi \sqrt{mL}}{2B_0 a^2 k}; 2. q = v_0 \sqrt{\frac{m}{L}}$$

Bài 10. Một khung dây thép hình chữ nhật có kích thước là l và w được thả ra từ trạng thái nghỉ từ thời điểm $t = 0$ ở ngay phía trên có từ trường B_0 được cho như hình vẽ .

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Vòng dây có điện trở R , hệ số tự cảm L và khối lượng m . Xét khung dây trong suốt khoảng thời gian mà cạnh trên của khung ở trong vùng không có từ trường.

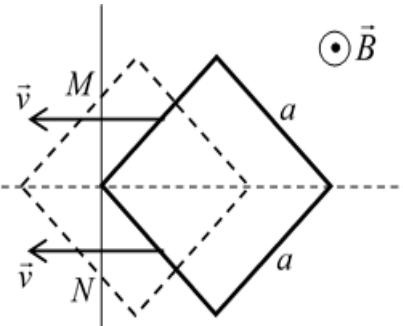
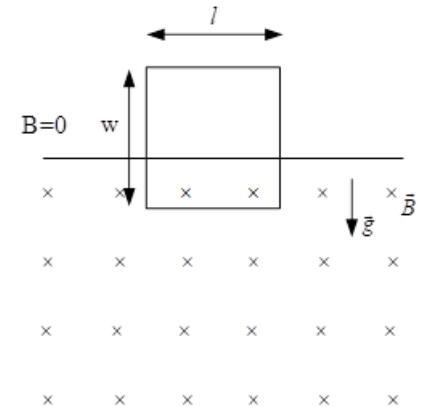
a) Giả sử rằng độ tự cảm của vòng có thể bỏ qua nhưng điện trở của vòng thì không. Tìm biểu thức của dòng điện và vận tốc của vòng như hàm số của thời gian

b) Giả sử rằng điện trở của vòng có thể bỏ qua nhưng độ tự cảm khác không. Tìm biểu thức của dòng điện và vận tốc của vòng như hàm số của thời gian.

$$\text{ĐS: a. } v = \frac{mgR}{B^2 l^2} \left[1 - \exp\left(\frac{-B^2 l^2 t}{Rm}\right) \right]; I = \frac{mg}{Bl} \left[1 - \exp\left(\frac{-B^2 l^2 t}{Rm}\right) \right]$$

$$\text{b. } v = \frac{g}{\omega} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), I = \frac{mg}{Bl} \left[\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + 1 \right]$$

Bài 11. Cho dây dẫn thẳng dài vô hạn và khung dẫn hình vuông cạnh a . Ban đầu dây dẫn đi qua một đỉnh của khung như hình vẽ. Sau đó cho dây chạy với vận tốc v không đổi sang trái theo phương vuông góc với dây dẫn. Từ trường đều B , phương vuông góc với mặt phẳng khung có chiều như hình vẽ. Cho điện trở trên một đơn vị chiều dài của khung và của dây dẫn là $r = 100 \Omega/m$, $a = 0,1 m$, $v = 0,24 m/s$, $B = 10^{-4} T$. Chọn thời điểm $t = 0$ là lúc khung bắt đầu chuyển động. Lúc đó sẽ có dòng điện I qua dây dẫn.



1. Lập hàm $I(t)$ và vẽ đồ thị

2. Tìm tổng điện lượng Q qua dây dẫn

3. Vẽ đồ thị biểu diễn lực từ tác dụng vào dây dẫn theo thời gian.

$$\text{ĐS: 1. } I(t) = \begin{cases} \frac{10^{-7}}{1-t} A & (0 \leq t \leq 0,3s) \\ \frac{10^{-7}}{0,4+t} A & (0,3s \leq t \leq 0,6s) \end{cases}; 2. Q = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \int_0^{0,3} \frac{dt}{1-t} \approx 7 \cdot 10^{-8} C$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

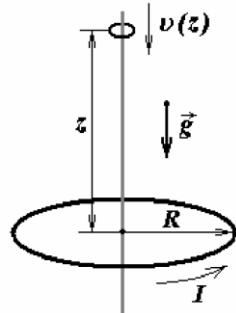
Bài 12. Cho một vòng dây nằm ngang bán kính R có dòng điện không đổi I chạy qua. Dọc theo trục của vòng dây có một vòng nhỏ bán kính r, khối lượng m, điện trở R_0 ở tại độ cao z. Với $z \gg R$.

a. Chứng minh rằng từ trường gây ra bởi vòng dây tại vị trí z được xác

định bởi $B(z) = \frac{a}{z^3}$, với a là hằng số. Tìm a ?

b. Vòng nhỏ được thả từ độ cao z khá lớn chuyển động của vòng nhẵn ổn định trong thời gian rất ngắn, (Vòng nhẵn chuyển động đều) bỏ qua mọi sức cản không khí. Tính vận tốc của vòng nhỏ tại độ cao z

$$\text{ĐS: } v(z) = \frac{8mgR_0}{9\pi r^3 \mu_0^2 I^2 R^4} z^8$$



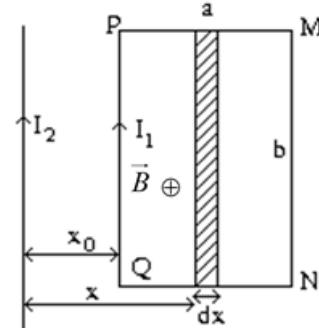
Bài 13. Khung dây chữ nhật cạnh a=10cm, b=20cm đặt gần dây dẫn thẳng dài sao cho cạnh b song song dây dẫn và mặt phẳng khung chứa dây dẫn. Cạnh của khung dây dẫn và cách dây $x_0=5\text{cm}$. Dây dẫn thẳng mang dòng điện $I_1=5\text{A}$, khung dây mang dòng điện $I_2=1\text{A}$. Tính công cần thực hiện trong hai trường hợp:

a. Tịnh tiến khung một đoạn a theo phương nằm trong mặt phẳng khung và vuông góc với dây dẫn.

b. Quay khung 180° chung quanh cạnh b xa dây dẫn hơn. Coi rằng trong khi khung chuyển động dòng điện trong khung và trong dây dẫn thẳng là đều không đổi.

$$\text{ĐS: a. } A = 2 \cdot 10^{-7} \cdot b \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \ln \frac{(x_0 + a)^2}{x_0(x_0 + 2a)} = 1,2 \cdot 10^{-7} (\text{J}).$$

$$\text{b. } A' = 2 \cdot 10^{-7} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot b \cdot \ln \frac{x_0 + 2a}{x_0} = 3,2 \cdot 10^{-7} (\text{J})$$

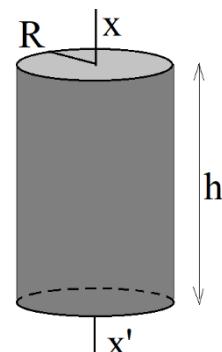


VII.4. DÒNG ĐIỆN PHỤ CỘ.

Bài 1. Một hình trụ đồng chất bán kính R, chiều cao h được đặt trong một từ trường đều có cảm ứng B song song với trục đối xứng xx' của hình trụ. Tại thời điểm $t_0=0$ hình trụ đứng yên, cảm ứng từ bằng không. Sau đó cảm ứng từ tăng đều từ 0 đến B_0 trong khoảng thời gian từ t_0 đến τ .

a. Giả thiết hình trụ được làm bằng chất dẫn điện có điện trở suất ρ và được giữ cố định. Hãy tìm cường độ dòng điện và công suất tỏa nhiệt của dòng điện cảm ứng chạy trong hình trụ.

b. Giả thiết hình trụ là chất điện môi có khối lượng m, điện tích q phân bố đều và có thể quay không ma sát quanh trục đối xứng xx' của nó. Trục quay cố định. Lúc đầu hình trụ đứng yên. Hãy xác định vận tốc góc của hình trụ tại thời điểm τ .



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: a. $I = \frac{B_0 h R^2}{4\tau\rho}$; b. $P = \frac{\pi B_0^2 h R^4}{8\tau^2 \rho}$

Bài 2. Một đĩa dẫn có tâm O và có bán kính R quay với vận tốc góc không đổi quanh trục Oz của nó. Đĩa mang một điện tích toàn phần q được phân bố với mật độ điện mặt toàn phần (Kể cả 2 mặt): $\delta = \frac{\delta_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}}$. Trong đó $r = OP$ là khoảng cách từ tâm tới điểm P của đĩa.

1. Tìm giá trị của δ_0 theo q và R. Tính mômen từ của đĩa.

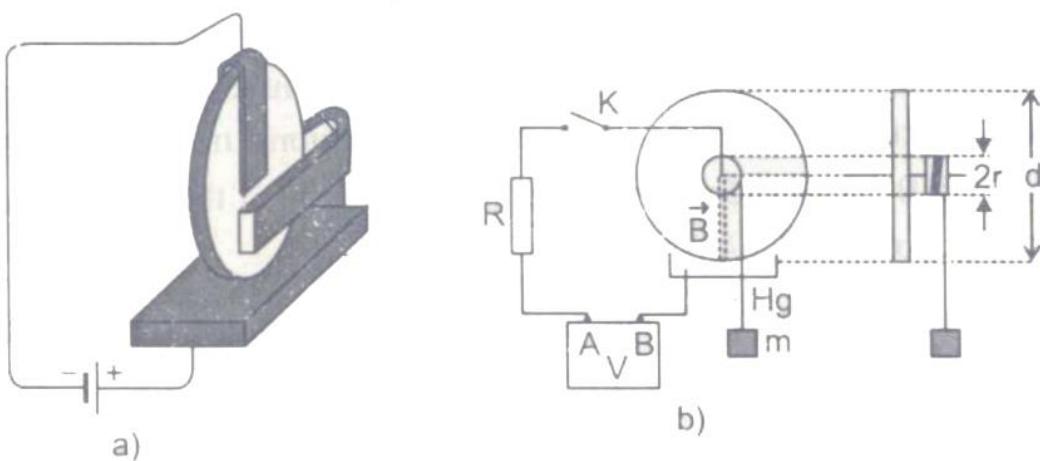
2. Tìm biểu thức của từ trường tạo ra bởi 1 phân bố như thế tại 1 điểm M nằm trong mặt phẳng đĩa và rất xa đĩa.

ĐS: 1. $\delta_0 = \frac{Q}{2\pi R}$

Bài 3. Một bản kim loại hình tròn khối lượng m, bán kính R chiều dày d ($d \ll R$) rơi thẳng đứng xuống dưới trong một từ trường đều có cảm ứng từ \vec{B} song song với mặt khói kim loại (HV). Xác định gia tốc rơi của khói kim loại.

ĐS: $a = \frac{g}{1 + \frac{B^2 d \pi R^2}{m}}$

Bài 4. Một đĩa tròn bằng đồng có thể quay quanh một trục nằm ngang được đặt vào giữa hai cực của một nam châm, mép dưới của đĩa nhúng vào một chậu thủy ngân và trục của bánh xe được mắc vào một nguồn điện một chiều (Như hình vẽ 12). Điện trở tổng cộng của dây dẫn ở mạch ngoài là $R = 0,8\Omega$ đường kính của đĩa là $d = 0,5m$. Cảm ứng từ B của từ trường gây ra bởi nam châm có độ lớn $B = 1 T$ và chỉ tồn tại trong vùng không gian giữa trục và mặt thủy ngân.



a) Mô tả hiện tượng xảy ra khi đóng khóa K

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b) Bây giờ gắn vào trục của bánh xe một ròng rọc có khối lượng không đáng kể, bán kính của ròng rọc $r = 2$ cm. Quấn vào ròng rọc một sợi dây dài, không dãn, mảnh đầu sợi dây treo một vật có khối lượng $m = 200$ g. Tính suất điện động tối thiểu của nguồn điện để vật m được nâng lên cao.

c) Biết rằng khi suất điện động của nguồn điện có độ lớn 1,5 V thì vật m được nâng lên với vận tốc không đổi. Tính vận tốc góc của đĩa lúc này.

ĐS: b. $E \geq 1,26V$; c. $\omega = 15,23$ rad/s

Bài 5. Một đĩa kim loại bán kính r có thể quay không ma sát ở bên trong, dọc theo một ống dây điện, trục của đĩa song song với trục hình học của ống dây. Một đầu của ống dây điện được nối với mép đĩa và đầu kia nối với trục của ống dây. Cuộn dây có điện trở thuần R và có n vòng dây trên một đơn vị dài, nó được đặt sao cho trục của nó song song với véc tơ cảm ứng từ \vec{B}_0 của từ trường trái đất. Tính dòng điện chạy qua Am-pe kế nếu đĩa quay với tốc độ góc ω . Hãy vẽ đồ thị dòng điện là hàm số của tần số góc ứng với cả hai hướng quay của đĩa.

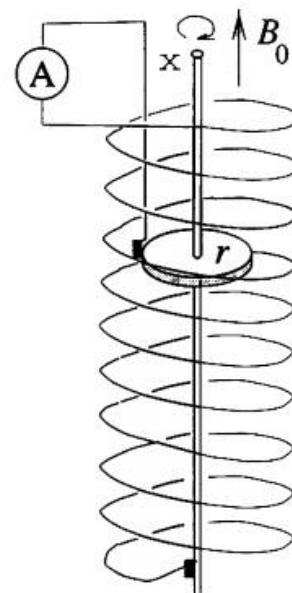
Hãy chứng minh rằng công suất cần thiết để làm quay đĩa bằng với công suất tỏa nhiệt do hiệu ứng Jun-Len-xo trong cuộn dây dẫn.

$$\text{ĐS: Dòng qua Ampe kế } I = \frac{B_0 r^2 \omega}{2R - \mu_0 n r^2 \omega}$$

Bài 6. Cho hệ như hình vẽ, đĩa bằng đồng bán kính r có trục quay qua tâm đĩa và nằm ngang, từ trường đều có \vec{B} vuông góc với mặt đĩa, điện trở R tiếp xúc vành đĩa bằng chổi quét kim loại, vật m treo bằng dây mảnh cách điện quấn quanh đĩa và dây không trượt trên vành đĩa. Thả cho m chuyển động, hãy tính vận tốc cuối cùng của đĩa? Bỏ qua mọi ma sát.

$$\text{ĐS: } \omega = \frac{4mgR}{B^2 r^3}$$

Bài 7. Một đĩa phẳng bằng đồng có bán kính $r = 10$ cm, khối lượng $m = 0,4$ kg được đặt vuông góc với một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,25$ T. Đĩa có thể quay tự do, không ma sát quanh trục đi qua tâm và vuông góc với mặt phẳng của đĩa. Hai đầu ab



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

của một bán kính có đặt các tiếp điểm trượt (tiếp xúc với trục và mép đĩa) để cho dòng điện chạy qua. Người ta nối hai tiếp điểm với nguồn điện áp một chiều để cho dòng điện $I = 5\text{A}$ chạy qua đĩa.

a. Hỏi sau bao lâu kể từ khi bắt đầu có dòng điện chạy qua, đĩa đạt tốc độ 5 vòng/s.

b. Giả sử bánh xe quay nhanh dần đều tới tốc độ 5 vòng/s rồi quay đều với tốc độ đó. Hãy tìm công suất của động cơ.

c. Thiết bị trên có thể hoạt động như một máy phát điện.

Giả sử ta không mắc nguồn điện mà thay vào đó một điện trở $R = 1\Omega$.

Khi bánh xe quay trong từ trường, trong mạch xuất hiện suất điện động cảm ứng. Hỏi phải tác dụng vào bánh xe một mômen quay bằng bao nhiêu để đĩa quay đều với tốc độ 5 vòng/s. Tính công suất của máy trong trường hợp này.

$$\text{ĐS: a. } t = \frac{m\omega}{BI} = 8,4\text{s} ; \text{ b. } P = \frac{BIr^2}{2}\omega = 0,2355\text{W} ; \text{ c. } M = \frac{BIr^2}{2} = 5 \cdot 10^{-5} (\text{Nm}),$$

$$P = 1,6 \cdot 10^{-3}\text{W}.$$

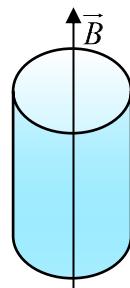
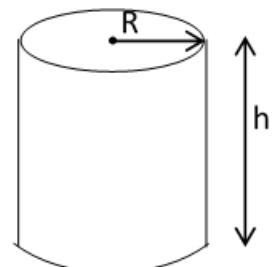
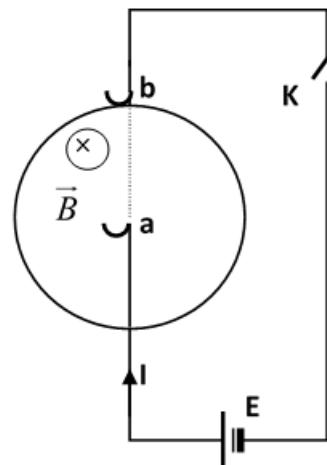
Bài 8. Điện tích phân bố đều trên bề mặt bên của một khối trụ đặc dài không dẫn điện bán kính r với mật độ mặt σ . Khối trực có thể quay quanh một trục không ma sát. Một từ trường ngoài có cảm ứng từ \vec{B}_n hướng dọc theo trục khối trụ. Xác định vận tốc góc (ω) của khối trụ sau khi ngắt từ trường ngoài. Biết khối lượng riêng của trụ là ρ . Xét trường hợp: a. $h \ll r$ b. $h \gg r$

$$\text{ĐS: a. } \omega = \frac{2\sigma B}{(h\mu_0\sigma + r\rho)} ; \text{ b. } \omega = \frac{2\sigma B}{(2\mu_0\sigma^2 r + \rho)}$$

Bài 9. Một hình trụ tròn (C) dài l , bán kính R ($R \ll l$), làm bằng vật liệu có điện trở suất phụ thuộc vào khoảng cách tới trục theo công thức $\rho = \rho_0 \left(1 - \frac{r^2}{2R^2}\right)^{-1}$, trong đó ρ_0 là hằng số. Đặt vào hai đầu hình trụ một hiệu điện thế không đổi U .

a. Tìm cường độ dòng điện chạy qua hình trụ.

b. Tìm cảm ứng từ tại điểm M cách trục hình trụ đoạn x.



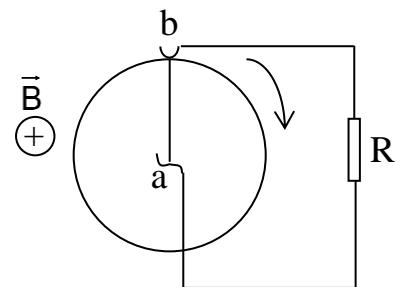
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

c. Ngắt hình trụ khỏi nguồn, sau đó đưa vào trong một từ trường đồng nhất hướng dọc theo trục của hình trụ và biến đổi theo thời gian theo quy luật $B = kt$. Xác định cường độ dòng điện cảm ứng xuất hiện trong hình trụ.

$$\text{ĐS: a. } I = \frac{3\pi UR^2}{4\rho_0 l}; \text{ b. } B = \frac{3\mu_0 UR^2}{8\rho_0 lx}; \text{ c. } I = \frac{k\pi^2 R^4}{3\rho_0 l}$$

Bài 10. Một đĩa tròn bằng đồng bán kính r được đặt vuông góc với từ trường đều có cảm ứng từ B . Bánh xe có thể quay tự do quanh trục của nó. ở trục và mép đĩa có gắn hai tiếp điểm trượt nối với điện trở R . Tính suất điện động cảm ứng xuất hiện khi đĩa quay đều với vận tốc góc ω .

$$\text{ĐS: } E_c = \frac{Br^2\omega}{2}$$



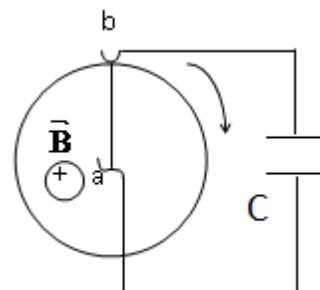
Bài 11. Thí nghiệm bánh xe Barlow được vẽ trên hình.

Nó gồm một đĩa phẳng bằng đồng có bán kính $r = 8\text{cm}$, được đặt vuông góc với một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,2\text{T}$. Đĩa có thể quay tự do quanh trục của nó. Đĩa được nối kín với một tụ điện $C = 2\mu\text{F}$ nhờ hai tiếp điểm: một ở trục của đĩa, một ở vành đĩa. Cho đĩa quay đều theo chiều kim đồng hồ với vận tốc góc $n = 240\text{v/p}$.

a) Xác định dấu và độ lớn dòng điện tích trên các bản tụ.

b) Thay tụ C bằng một nguồn điện không đổi sao cho dòng điện qua bán kính OA có cường độ $I=5\text{A}$. Sau thời gian $t = 6,28\text{s}$ kể từ lúc bắt đầu quay, đĩa đạt vận tốc 240v/p . Tính khối lượng m của đĩa. Bỏ qua ma sát và dòng điện cảm ứng xuất hiện khi đĩa quay trong từ trường.

$$\text{ĐS: a. } Q = \frac{CBr^2 2\pi n}{2} = 0,032\mu\text{C}; \text{ b. } m = \frac{BIt}{2\pi n} = 0,25\text{kg}$$



Bài 12. Một đường cáp điện đặt vuông góc với một mặt bàn rộng. Trên mặt bàn nhẵn nằm ngang, cách đường cáp một khoảng l có đặt dựng đứng một đồng xu mỏng bằng nhôm sao cho dây cáp nằm trong mặt phẳng đáy của đồng xu như hình 4. Đồng xu coi như một đĩa đồng nhất có bán kính R và độ dày h . Kích thước của đồng xu được coi là nhỏ so với khoảng cách đến sợi cáp. Một dòng điện bắt đầu chạy trong dây cáp và tăng

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

nhanh từ 0 đến giá trị cực đại I_0 và sau đó được giữ ổn định. Cho khối lượng riêng của nhôm là γ , điện trở suất là ρ được coi là không đổi.

Hãy tìm tốc độ cực đại mà đồng xu nhận được sau thời gian dòng điện tăng.

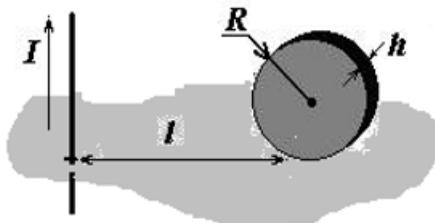
Cho biết: Một vòng dây nhỏ mang dòng điện nằm trong một từ trường không đồng nhất thì tổng các lực tác dụng lên vòng dây có thể xác định theo công thức:

$$F = IS \frac{\Delta B}{\Delta x}, \text{ trong đó } I \text{ là dòng điện chạy trong vòng}$$

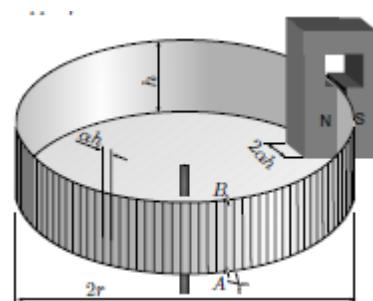
dây, S là diện tích của vòng, $\frac{\Delta B}{\Delta x}$ là tốc độ biến

thiên của thành phần cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng vòng dây dọc theo một đường kính.

$$\text{ĐS: } V_0 = \frac{\mu_0^2 R^2 I_0^2}{64\pi^2 \rho l^3 \gamma}$$



Bài 13. Dòng điện Fucô có thể được dùng để hãm CD của các vật bằng kim loại, ví dụ như một đĩa quay. Xét mô hình đơn giản sau: Để đơn giản, đĩa quay được thay bởi một “đường sắt tròn” như hình trụ nhựa có bán kính $r=15\text{cm}$, khối lượng $m=100\text{g}$ và chiều cao $h=1\text{cm}$, bao gồm một đĩa đồng chất (dưới đáy) và một vành trụ rất mỏng. Dọc theo mặt bên của trụ là 2 vòng dây song song (tà vẹt/dầm gối). Cả dầm gối và đường ray đều được làm bằng dây đồng đường kính $\delta=0,2\text{mm}$, khoảng cách giữa các dầm gối là $L=\alpha h$, với $\alpha=0,3$. Chuyển động quay của hệ thống được giảm tốc bởi một từ trường đều trong khe giữa 2 cực của một nam châm vĩnh cửu (biết $B=1\text{T}$), như hình. Giả sử, từ trường đều chiếm đầy một miền có mặt cắt hình chữ nhật, bằng diện tích giữa ba dầm gối liên tiếp (nghĩa là, có kích thước $h.2\alpha h$). Bên ngoài miền đó, từ trường không đáng kể. Điện trở suất của đồng là $\delta=1,724.10^{-8}\Omega\text{m}$



Giả sử hệ thống đứng yên:

- Tìm điện trở của 1 dầm gối.
- Giả sử đường ray được cắt rời tại 2 điểm A và B gần sát một dầm gối. Chứng minh rằng điện trở giữa 2 điểm A và B xấp xỉ bằng $R_o = R \left[\sqrt{\alpha(\alpha+2)} - \alpha \right]$

Bây giờ giả sử rằng hệ thống quay với tốc độ góc $\omega = 1\text{rad/s}$ và đường ray không bị cắt.

- Vẽ mạch điện 1 chiều tương đương với dòng điện qua các điện trở là dòng điện tương ứng trong các yếu tố của dây sắt: các dầm nối và từng đoạn đường ray (giữa các dầm nối).

d. Sử dụng các kết quả trên, chứng minh rằng công suất hao phí (Tun- Lenxơ) được xác định bởi công thức: $P = kB^2\omega^2/R$, tìm biểu thức của hệ số k.

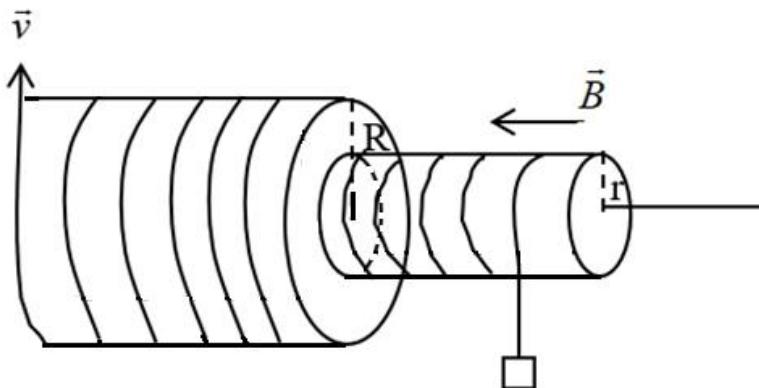
- Tìm momen lực cản?

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

f. Chứng minh rằng tốc độ góc sẽ giảm theo biểu thức $\omega = \omega_0 e^{-t/\tau}$ và xác định hằng số thời gian τ ?

ĐS:a. $R \approx 5,59 \text{ m}\Omega$; d. $k = \frac{2r^2h^2}{\sqrt{\alpha(\alpha+2)} + \alpha + 1} \approx 2,12 \cdot 10^{-6}$; e. $M = \frac{R}{\omega} = 0,39 \text{ Nm}$; f. $\tau = \frac{IR}{kB^2} \approx 2,9$

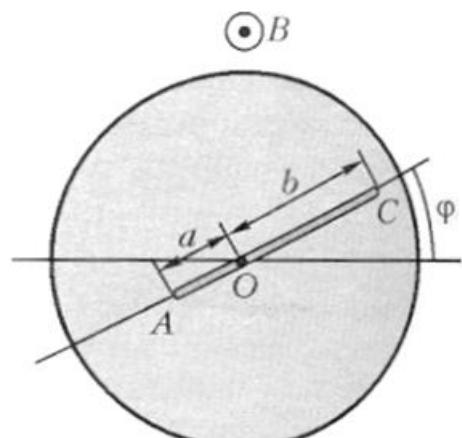
Bài 14. Trên một con lăn được cấu tạo bởi hai hình trụ bán kính r và R quay quanh trục ngang OO' được quấn một sợi dây dẫn mảnh có vỏ cách điện. Người ta kéo đầu trên của nó với vận tốc không đổi v , đầu dưới treo vật nặng. Con lăn được đặt trong từ trường đều \vec{B} song song với trục hình trụ. Tìm hiệu điện thế giữa hai đầu sợi dây?



ĐS: $U_{MN} = \frac{vB}{2R}(R^2 - r^2)$

Bài 15. Trên một đĩa nằm ngang không dẫn điện có gắn một thanh kim loại mảnh AC nằm dọc theo bán kính đĩa (H.4). Đĩa ở trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 10^{-2} \text{ T}$ và thực hiện một dao động xoắn điều hoà xung quanh trục thẳng đứng đi qua tâm O của đĩa: $\phi(t) = \phi_0 \sin \omega t$. Chiều dài của thanh $L = a + b$, trong đó $a = 0,5 \text{ mm}$ và $b = 1,0 \text{ mm}$. Hãy xác định hiệu điện thế (h.d.t.) cực đại giữa hai đầu A và C của thanh, nếu $\phi_0 = 0,5 \text{ rad}$ và $\omega = 0,2 \text{ rad/s}$.

ĐS: $U_{\max} = \frac{\phi_0 \omega B}{2} (b^2 - a^2) = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ V}$.



VII.5. DÒNG ĐIỆN THĂNG VÀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

Bài 1. Xét từ trường gây ra bởi dòng điện I không đổi chạy trong dây dẫn thẳng dài vô hạn. Một thanh dẫn MN có chiều dài ℓ chuyển động tịnh tiến với vận tốc v . Biết v vuông góc với dây dẫn và MN chuyển động trong mặt phẳng chứa dây dẫn thẳng dài vô hạn. Tìm biểu thức độ lớn suất điện động trên MN khi nó cách dây dẫn thẳng dài một đoạn là x .

$$\text{ĐS: } e = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I\ell v}{x}$$

Bài 2. Xét từ trường gây ra bởi dòng điện I không đổi chạy trong dây dẫn thẳng dài vô hạn. Một thanh dẫn MN chiều dài ℓ có vị trí vuông góc với dây. Cho thanh MN chuyển động tịnh tiến với vận tốc v . Biết v song song với dây dẫn và MN chuyển động trong mặt phẳng chứa dây dẫn thẳng dài vô hạn. Tìm biểu thức độ lớn suất điện động trên MN biết đầu M cách dây thẳng dài một đoạn r .

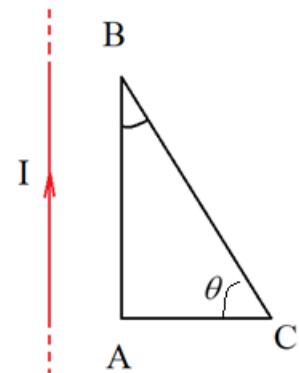
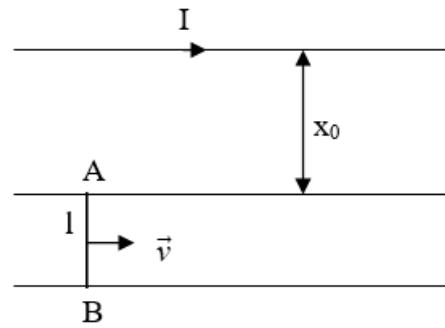
$$\text{ĐS: } e = 2 \cdot 10^{-7} Iv \ln \frac{r + \ell}{r}$$

Bài 3. Trong cùng một mặt phẳng với một dòng điện thẳng dài vô hạn cường độ $I=20A$ người ta đặt hai thanh trượt kim loại song song với dòng điện, cách dòng điện I một khoảng $x_0 = 1\text{cm}$. Hai thanh trượt cách nhau $l = 0,5\text{cm}$ (hình 1). Một đoạn dây dẫn AB có chiều dài l được đặt tiếp xúc điện với hai thanh trượt. Tìm hiệu điện thế xuất hiện giữa hai đầu dây AB khi cho AB trượt tịnh tiến trên hai thanh với vận tốc không đổi $v = 3\text{m/s}$.

$$\text{ĐS: } 4,87 \cdot 10^{-6}(\text{V})$$

Bài 4. Trong hình vẽ, một dây dẫn thẳng dài vô hạn có cường

độ I , một khung dây siêu dẫn dạng tam giác ABC vuông tại A đặt đồng phẳng với dây dẫn. Cạnh AB song song với dây, cạnh AC có chiều dài ℓ , $\angle BCA = \theta$. Cho khung chuyển động tịnh tiến theo phương của cạnh AC với vận tốc không đổi v . Tính suất điện động cảm ứng trong khung khi khoảng cách từ cạnh AB đến dây dẫn là d .



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } \varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{\mu_0 I v \cdot \tan \theta}{2\pi} \left(\frac{\ell}{d} - \ln \frac{d + \ell}{d} \right)$$

Bài 5. Cho hai vòng dây dẫn phẳng 1 và 2 giống nhau, đều là hình vuông cạnh a, có cùng khối lượng m.

1. Ban đầu vòng dây 1 được đặt cố định trên mặt bàn nằm ngang còn vòng dây 2 đặt ở phía trên song song với vòng dây 1, đồng trục với vòng dây 1. Cho hai dòng điện không đổi có cùng cường độ chạy trong hai vòng dây đó và có chiều sao cho hai vòng dây đẩy nhau. Thí nghiệm cho thấy khi cường độ dòng điện có giá trị I thì vòng dây 2 nằm lơ lửng bên trên vòng dây 1 và cách vòng dây 1 một khoảng d ($d \ll a$).

a. Tìm biểu thức của I theo m, a và d. Áp dụng số: $a = 40\text{cm}$, $m = 2,5\text{g}$, $d = 2\text{mm}$.

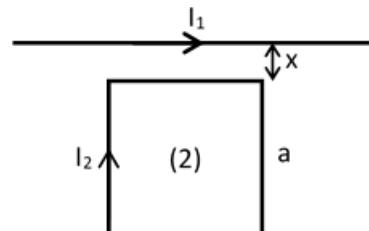
b. Kéo nhẹ vòng 2 xuống dưới theo phương thẳng đứng một đoạn nhỏ A ($A \ll d$) rồi buông ra. Tính khoảng thời gian ngắn nhất để khoảng cách giữa hai vòng dây có giá trị lớn nhất.

2. Sau đó, người ta thay vòng dây 1 bằng một dây dẫn rất dài nằm ngang, còn vòng dây 2 thì đặt trong cùng mặt phẳng thẳng đứng với dây dẫn và có hai cạnh song song với dây dẫn. Thí nghiệm cho thấy khi cho hai dòng điện có cường độ I_1 và I_2 chạy trong dây dẫn (chiều như hình vẽ) thì vòng dây 2 nằm cân bằng. Khoảng cách giữa cạnh trên của vòng dây 2 và dây dẫn là x.

a. Tính x, biết $I_1 = I_2 = 50\text{A}$.

b. Kéo nhẹ vòng dây 2 xuống dưới theo phương thẳng đứng một đoạn rất nhỏ rồi buông ra. Vòng dây 2 sẽ chuyển động như thế nào? Tính khoảng cách nhỏ nhất giữa tâm vòng dây 2 và dây dẫn.

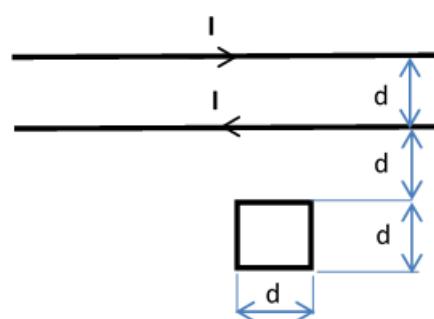
Bỏ qua mọi hiện tượng cảm ứng điện từ. Lấy $g = 10\text{m/s}^2$.



Bài 6. Hai dây dẫn dài vô hạn song song đặt cách nhau một khoảng cách d mang các dòng điện **I bằng nhau nhưng ngược hướng nhau**, trong đó I tăng với tốc độ $\frac{dI}{dt}$. Một vòng dây hình vuông có chiều dài một cạnh là d nằm trong mặt phẳng của các dây dẫn và cách một trong hai sợi dây song song một khoảng bằng d như hình 15.

Hãy tìm suất điện động cảm ứng trên vòng dây hình vuông và cho biết chiều của dòng điện cảm ứng chạy trong nó, giải thích tại sao lại có chiều như vậy.

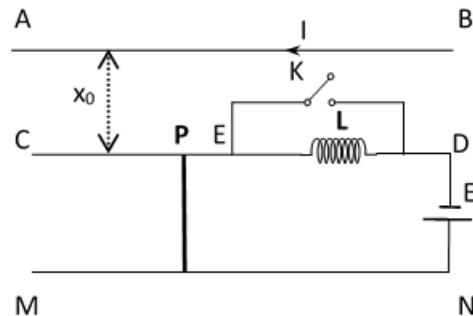
$$\text{ĐS: } \varepsilon = -\frac{\mu_0 d}{2\pi} \ln \left(\frac{4}{3} \right) \frac{dI}{dt}$$



Hình 15

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 7. Cho mạch điện đặt trong mặt phẳng nằm ngang, như hình vẽ. Trong đó **AB** là dây dài vô hạn mang dòng điện không đổi I khá lớn, **CD** và **MN** là hai thanh kim loại cùng đặt song với **AB**, **dây AB cách thanh CD** **một khoảng x_0** . **PQ** là thanh kim loại có **điện trở R** , **chiều dài l** và **khối lượng m** , luôn tiếp xúc và vuông góc với thanh **CD** và **MN**. Nguồn điện có **suất điện động E** , **điện trở trong không đáng kể**, **cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm L** . Coi **điện trở** **thanh CD và MN**, **điện trở khóa K và dây nối không đáng kể**. Bỏ qua từ trường của dòng điện do nguồn điện gây ra.



1. **Khóa K đóng:** Thanh **PQ** được duy trì với vận tốc không đổi v hướng sang trái.

Xác định độ lớn và chiều cường độ dòng điện chạy qua thanh **PQ**.

2. **Khóa K mở:** Ngắt dòng điện trên dây **AB**, thiết lập từ trường đều B vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, chiều từ trước ra sau và choán hết mạch điện tính từ **E** sang trái. Giữ thanh **PQ**, tại thời điểm $t = 0$ thả nhẹ nó. **Lập biểu thức vận tốc của thanh PQ theo i và $\frac{di}{dt}$** trong mạch và **biểu thức lực từ tác dụng lên thanh PQ tại thời điểm t** . Bỏ qua mọi ma sát.

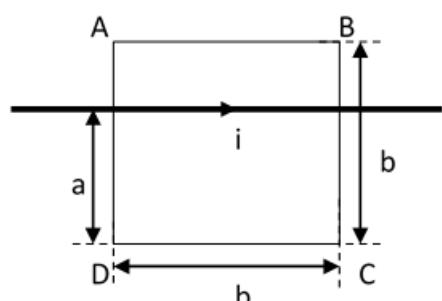
Cho biết nghiệm của phương trình $y''(t) + 2ay'(t) + by(t) = 0$ (với $a^2 - b > 0$) có dạng : $y = y_0 \exp[(-a \pm \sqrt{a^2 - b})t]$ với y_0 được xác định từ điều kiện ban đầu.

$$\text{ĐS: a. Chiều dòng điện } I_C \text{ cùng chiều dòng điện } I_n \text{ do } E \text{ gây ra, } I = \frac{E + \frac{\mu_0 I}{2\pi} v \ln \frac{x_0 + l}{x_0}}{R}$$

$$\text{b. } v = \frac{E}{Bl} - \frac{iR}{Bl} - \frac{Ldi}{Bldt}$$

Bài 8. Một dòng điện chạy trên một dây dẫn thẳng dài qua hai cạnh của một hình vuông ABCD, có cường độ dòng điện i cho bởi biểu thức $i = 4,5t^2 - 10t$; trong đó i tính bằng A và t tính bằng s. Cho $a = 12$ cm; $b = 16$ cm (hình vẽ) (*Giữa dây dẫn thẳng dài và hình vuông có cách điện*)

a. Tính suất điện động trong khung dây dẫn hình vuông ABCD tại thời điểm $t = 3$ s.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

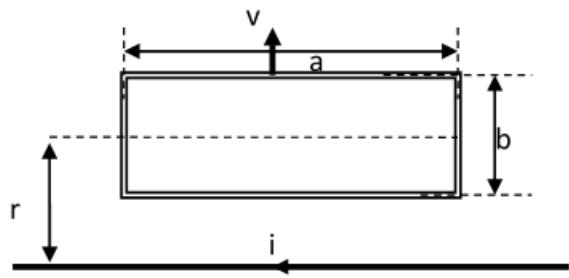
b. Xác định chiều của dòng điện cảm ứng trong khung tại thời điểm $t=3s$.

ĐS: a. $\xi = 0,598 \cdot 10^{-6} V$; b. Dòng điện trong khung có chiều ngược chiều quay của kim đồng hồ.

Bài 9: Một khung dây hình chữ nhật, có chiều dài là a , chiều rộng là b , điện trở là R đặt gần một sợi dây dài vô hạn mang dòng điện i nhì hình vẽ bên. Khoảng cách từ sợi dây dài đến tâm của khung dây là r . Hãy tính.

- Độ lớn của từ thông gửi qua khung dây.
- Dòng điện cảm ứng trong khung dây khi khung dây chuyển động ra xa sợi dây dài với tốc độ v .

ĐS: a. $\Phi = \frac{\mu_0 i a}{2\pi} \ln(\frac{2r+b}{2r-b})$; b. $i_c = \frac{2\mu_0 abvi}{\pi R(4r^2 - b^2)}$

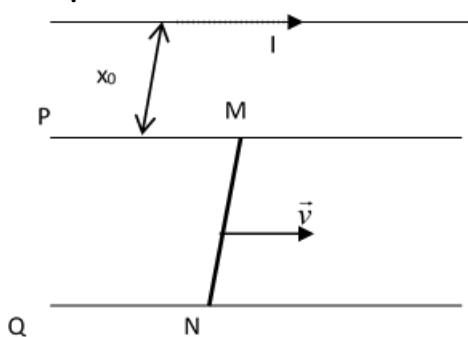


Bài 10. Trong cùng một mặt phẳng nằm ngang với dòng điện thẳng dài vô hạn có cường độ $I = 20A$ người ta đặt hai thanh trượt kim loại song song với dòng điện và thanh gần hơn cách dòng điện một khoảng $x_0 = 1cm$. Hai thanh trượt cách nhau $l = 2cm$. Trên hai thanh trượt người ta lồng vào một đoạn dây dẫn MN dài l . Cho dây dẫn trượt tịnh tiến trên các thanh với vận tốc không đổi $v = 3m/s$ theo hướng song song với các thanh trượt.

- Tìm hiệu điện thế xuất hiện giữa hai đầu dây dẫn U_{MN} .

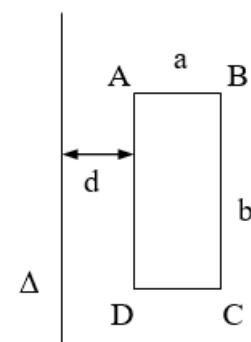
b. Nối hai đầu P, Q của hai thanh trượt với nhau bằng điện trở $R = 0,2\Omega$ để tạo thành mạch kín. Xác định độ lớn và điểm đặt lực kéo tác dụng lên MN để nó chuyển động tịnh tiến đều như trên. Bỏ qua ma sát.

ĐS: a. $U_{MN} = 1,32 \cdot 10^{-5} (V)$; b. $F = 2,9 \cdot 10^{-10} N$



Bài 11. Cho một khung dây dẫn kín hình chữ nhật ABCD bằng kim loại, có điện trở là R , có chiều dài các cạnh là a và b . Một dây dẫn thẳng Δ dài vô hạn, nằm trong mặt phẳng của khung dây, song song với cạnh AD và cách nó một đoạn d như hình 9. Trên dây dẫn thẳng có dòng điện cường độ I_0 chạy qua.

- Tính từ thông qua khung dây.
- Tính điện lượng chạy qua một tiết diện thẳng của khung dây trong quá trình cường độ dòng điện trong dây dẫn thẳng giảm đến không.
- Cho rằng cường độ dòng điện trong dây dẫn thẳng giảm tuyến tính theo thời gian cho đến khi bằng không, vị trí dây dẫn thẳng và vị trí khung dây không thay đổi. Hãy xác định xung của lực từ tác dụng lên khung.

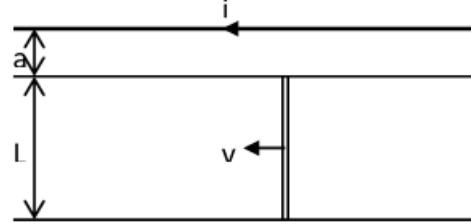


BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } 1. \varphi = \frac{\mu_0 I_0 b}{2\pi} \ln(1 + \frac{a}{d}); 2. q = \frac{\mu_0 I_0 b}{2\pi R} \ln(1 + \frac{a}{d}); c. X = \frac{\mu_0^2 a b^2}{4\pi^2 d(d+a)} \frac{I_0^2}{2R} \ln(1 + \frac{a}{d})$$

Bài 12. Một thanh có chiều dài L chuyển động với tốc độ không đổi v dọc theo hai thanh ray dẫn điện nằm ngang. Hệ thống này được đặt trong từ trường của một dòng điện thẳng dài, song song với thanh ray cách thanh ray một đoạn a , có cường độ dòng điện I chạy qua. Cho $v = 5 \text{ m/s}$, $a = 10 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ cm}$ và $I = 100 \text{ A}$.

- a. Tính suất điện động cảm ứng trên thanh.
- b. Tính cường độ dòng điện cảm ứng trong mạch. Biết rằng điện trở của thanh là $0,4 \Omega$ và điện trở của hai thanh ray và thanh ngang nối hai đầu thanh ray bên phải là không đáng kể.
- c. Tính tốc độ sinh nhiệt trong thanh.
- d. Phải tác dụng lên thanh một lực bằng bao nhiêu để duy trì chuyển động của nó.
- e. Tính tốc độ cung cấp công từ bên ngoài lên thanh.



$$\begin{aligned} \text{ĐS: a. } \xi &= 0,24 \text{ mV}; \text{ b. } i_c = 0,6 \text{ mA}; \text{ c. } \frac{dQ}{dt} = 0,1437 \cdot 10^{-6} \text{ W}; \text{ d. } F = \frac{\mu_0 i i_c}{2\pi} \ln \frac{a+L}{a}; \\ \text{e. } \frac{dW}{dt} &= 0,1437 \cdot 10^{-6} \text{ W} \end{aligned}$$

VII.6. CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ TRONG VẬT LIỆU SIÊU DẪN

Bài 1. Một vòng dây ở trạng thái siêu dẫn được đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ vuông góc với mặt phẳng của vòng và có độ lớn tăng đều từ 0 đến B_o . Xác định cường độ dòng điện cảm ứng xuất hiện trong vòng nếu vòng có hệ số tự cảm L và bán kính R .

$$\text{ĐS: } I = \frac{\pi r^2 B_o}{L}$$

Bài 2. Cho hệ trục tọa độ Oxyz có trục Oz hướng thẳng đứng lên trên. Trong vùng không gian $z \leq 0$ có một từ trường đều với vectơ cảm ứng từ $\vec{B} = (0, B, 0)$. Lúc đầu trong vùng không gian $z > 0$ (không có từ trường) có một vòng dây siêu dẫn, cứng, mảnh, hình tròn bán kính R , độ tự cảm L và có dòng điện không đổi cường độ I_0 chạy bên trong. Sau đó, vòng dây được đưa vào để treo trong vùng không gian $z < 0$ bằng một sợi dây mảnh không dẫn điện. Khi vòng dây nằm cân bằng bền trong từ trường, góc giữa vectơ \vec{B} và hình chiếu của nó trên mặt phẳng vòng dây là α .

- a. Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của $\sin \alpha$ vào B .
- b. Cho $R = 8 \text{ cm}$, $L = 10 \text{ mH}$, $B = 0,5 \text{ T}$ và $I_0 = 2 \text{ A}$. Hãy tính công của lực từ cho đến khi $1/3$ diện tích của vòng dây đã được kéo chậm ra khỏi vùng có từ trường.

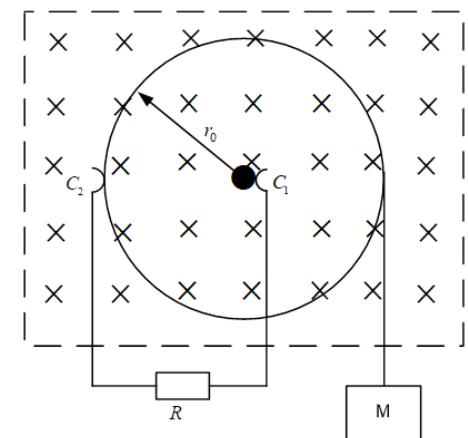
$$\text{ĐS: a. } \sin \alpha = \left(\frac{LI_0}{\pi R^2 B} \right); \text{ b. } A_{tu} = 38,94 \cdot 10^{-4} \text{ (J)}$$

BÀI 3. (MÁY PHÁT ĐIỆN ĐƠN CỤC FARADAY)

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Xét một đĩa siêu dẫn có bán kính r_0 đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ B vuông góc với mặt phẳng của đĩa

Các chồi quét được bố trí ở mép đĩa và ở trục của nó (Xem hình vẽ 14) hệ thống này được gọi là máy phát điện đơn cực Faraday, khi quay đĩa với tốc độ góc không đổi thì nó sẽ cung cấp một dòng điện một chiều rất lớn và mượt (không có gợn). Một mo-men quay được tạo ra nhờ một trọng vật có khối lượng M treo trên một sợi dây dài quấn quanh mép đĩa.



a) Hãy giải thích làm thế nào và tại sao lại xuất hiện dòng điện. Lập biểu thức định lượng của dòng điện như một hàm của tốc độ góc

b) Cho rằng sợi dây đủ dài, hệ thống sẽ đạt đến một tốc độ góc không đổi ω_f . Hãy tìm tốc độ góc và dòng điện khi đó.

$$\text{ĐS: a. } i = \frac{B\omega r_0^2}{2R}; \text{ b. } \omega_f = \frac{4RMg}{B^2 r_0^3}, i_f = \frac{2Mg}{Br_0}$$

Bài 4. Một khung dây siêu dẫn hình vuông cạnh a, có độ tự cảm là L được đặt trên mặt bàn nằm ngang. Trong khung có dòng điện cường độ I_0 chạy qua. Trên mặt bàn có hệ trục tọa độ Oxy. Khung dây ở miền $x > 0, y > 0$. Biết tại thời điểm $t = 0$ người ta bật một từ trường có \vec{B} hướng theo chiều dương trục Oz. Cảm ứng từ B biến thiên theo trục Ox theo quy luật $B = B_0(1 + \alpha x)$. Ngay sau đó khung dây chuyển động theo chiều dương của trục Ox. Chứng minh khung dây dao động điều hòa và tìm tần số góc dao động của khung.

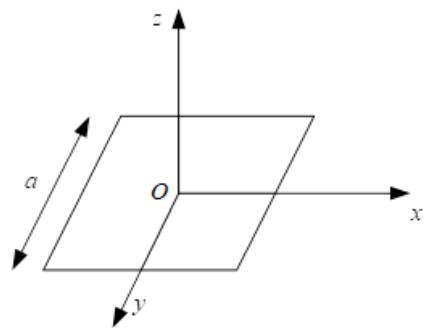
$$\text{ĐS: Tần số góc dao động của khung là } \omega = \frac{B_0 a^2 \alpha}{\sqrt{mL}}$$

Bài 5. Một khung dây dẫn hình vuông siêu dẫn, có khối lượng m và cạnh a nằm trong mặt phẳng ngang trong một từ trường không đều, có giá trị cảm ứng từ biến thiên theo quy luật:

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\begin{cases} B_x = -\alpha \cdot x \\ B_y = 0 \\ B_z = \alpha \cdot z + B_0 \end{cases}$$

Cho độ tự cảm của khung dây là L. Tại thời điểm $t = 0$ thì tâm của khung dây trùng với gốc tọa độ, và các cạnh của nó song song với các trục tọa độ Ox, Oy, dòng điện trong khung bằng không và nó được thả ra không vận tốc đầu.



Hỏi khung sẽ chuyển động như thế nào và ở đâu sau thời gian t kể từ lúc thả.

ĐS: Phương trình dao động của khung $z = \frac{mgL}{a^4 \alpha^2} [\cos(\omega t) - 1]$ với $\omega = \frac{a^2 \alpha}{\sqrt{mL}}$

Bài 6. Cho hệ trục tọa độ Oxyz với trục Oz hướng thẳng đứng lên trên. Trong vùng không gian $z < 0$ có một từ trường đều với vecto cảm ứng từ $\vec{B}(0, B, 0)$. Lúc đầu trong vùng không gian $z > 0$ (không có từ trường) **có một vòng dây siêu dẫn**, cứng, mảnh, hình tròn bán kính R, độ tự cảm L và có dòng điện không đổi cường độ I_0 chạy bên trong. Sau đó vòng dây được truyền vận tốc ban đầu \vec{v}_0 . Tìm giá trị tối thiểu của v_0 để một nửa diện tích vòng dây được kéo ra khỏi vùng có từ trường.

$$\text{ĐS: } v_0 = \sqrt{\frac{B\pi R^2 \left(I_0 - \frac{3B\pi R^2}{4L} \right)}{m}}$$

Bài 7. Một vòng dây **mảnh siêu dẫn** cùng trục đối xứng với 1 nam châm hình trụ và ở phía trên như hình vẽ. Từ trường gây bởi thanh nam châm có tính đối xứng trụ $B_z = B_0(1 - \alpha z)$ với $z = 0$ là tâm vòng siêu dẫn lúc đầu và $B_r = B_0 \beta r$. Ban đầu trong vòng không có dòng điện, vòng được thả tự do và rơi theo phương thẳng đứng.

1. Xác định quy luật chuyển động của vòng dây
2. Tính dòng điện cực đại trong vòng dây.

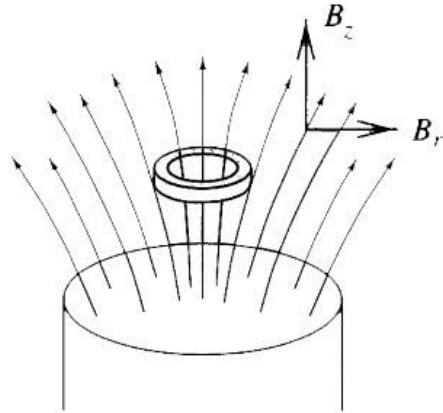
Áp dụng số $m = 50 \text{ mg}$; $r_0 = 0,5 \text{ cm}$; $L = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ H}$; $B_0 = 0,01 \text{ T}$; $\alpha = 2 \text{ m}^{-1}$; $\beta = 32 \text{ m}^{-1}$.

ĐS: 1. $z = \frac{mgL}{2\pi^2 r^4 B_0^2 \alpha \beta} [\cos(\omega t) - 1]$; 2. $i_{\max} = \frac{mg}{\pi r^2 B_0 \beta} \approx 19,9 \text{ A}$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 8. Một vòng nhẫn mỏng, **siêu dẫn** được giữ ở phía trên một thanh nam châm đặt thẳng đứng như hình vẽ 2. Trục của vòng dây trùng với trục của thanh nam châm. Từ trường xung quanh chiếc vòng có tính đối xứng trục và được mô tả bởi hệ thức:

$$\begin{cases} B_z = B_0(1 - \alpha z) \\ B_r = B_0\beta r \end{cases}$$



Trong đó B_0 , α , β là những hằng số; z và r là tọa độ theo phương thẳng đứng và phương bán kính. Ở thời điểm ban đầu không có dòng điện trong chiếc vòng. Khi được thả ra nó bắt đầu di chuyển xuống dưới và trực vẫn thẳng đứng. Từ các dữ kiện bên dưới, hãy xác định xem sau đó vòng nhẫn chuyển động thế nào. Tính cường độ dòng điện trong chiếc vòng

Dữ kiện:

- Đặc điểm của vòng: Khối lượng $m = 50mg$; bán kính: $r_0 = 0,5cm$; độ tự cảm $L = 1,3 \cdot 10^{-8} H$

- Tọa độ ban đầu của tâm vòng nhẫn ($z = 0; r = 0$)

$$B_0 = 0,01(T)$$

- Các thông số của từ trường: $\alpha = 2(m^{-1})$

$$\beta = 32(m^{-1})$$

$$\text{ĐS: } z = \frac{mg}{k} [\cos \omega t - 1], I = \frac{B_0 \pi r_0^2 \alpha}{L} \frac{mg}{k} (\cos \omega t - 1)$$

Bài 9. Hai vòng dây siêu dẫn giống nhau được đặt đồng trục xa nhau, mặt phẳng hai vòng dây vuông góc với trục chung của hai vòng, mỗi vòng dây có độ tự cảm L , dòng điện có cường độ i_1 cùng chiều chạy qua. Cho hai vòng dây tịnh tiến lại gần nhau.

- Tìm cường độ dòng điện trong mỗi vòng khi chúng sát nhau.
- So sánh năng lượng trước và sau của hệ.

ĐS: a. $i_2 = i_1/2$; b. Năng lượng lúc trước lớn gấp hai lần năng lượng lúc sau của hệ.

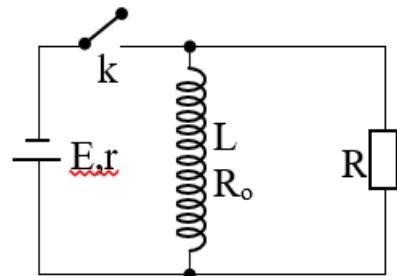
VII.7. HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

Bài 1. Một mạch điện gồm có: ống dây có hệ số tự cảm $L = 2,00\mu\text{H}$ và điện trở $R_o = 1,00\Omega$; nguồn điện có suất điện động $E = 3,0\text{V}$ và điện trở trong $r = 0,25\Omega$; điện trở $R = 3,00\Omega$, được mắc như hình 4. Bỏ qua điện trở dây nối và khoá k.

a. Đóng khoá k, sau một thời gian cường độ các dòng điện trong mạch đạt giá trị ổn định. Xác định cường độ dòng điện qua ống dây và điện trở R; công suất của nguồn E;

b. Tính nhiệt lượng Q toả ra trên R sau khi ngắt khoá k.

ĐS: a. $0,75\text{A}$; $2,25\text{A}$; 9W b. $3,8\mu\text{J}$



Bài 2. Một xô lê nô ít đường kính $D=5\text{cm}$ gồm N vòng 1000 vòng dây bằng đồng được đặt trong một từ trường đều có véc tơ cảm ứng từ \vec{B} nằm dọc theo trục của xô lê nô ít.

Cảm ứng từ biên thiên với tốc độ $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 10^{-2} \text{ T/s}$

a. Nếu mắc vào hai đầu của xô lê nô ít một tụ điện có điện dung $C = 10 \mu\text{F}$ thì điện tích của tụ điện là bao nhiêu?

b. Nếu bỏ tụ điện mà nối tắt (đoạn mạch) hai đầu dây xô lê nô ít với nhau thì công suất toả nhiệt trên các vòng dây của xô lê nô ít bằng bao nhiêu?

Cho biết điện trở suất của đồng $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, tiết diện dây $S = 0,2 \text{ mm}^2$.

ĐS: a. $q = 1,96 \cdot 10^{-7} \text{ C}$; b. $P \approx 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ W}$

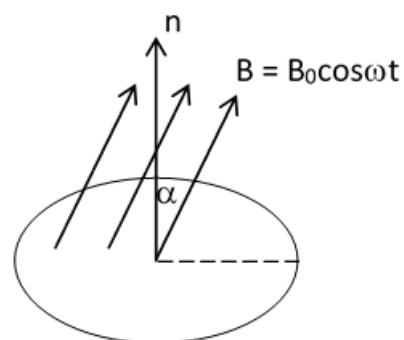
Bài 3. Một dây đồng đường kính $d = 0,2\text{mm}$ có phủ một lớp sơn cách điện mỏng được quấn thành các vòng khác nhau để tạo thành một ống dây, ống dây có đường kính $D = 5\text{cm}$. Trong ống dây có dòng điện $I_0 = 1\text{A}$. Ngắt các đầu dây của ống khỏi nguồn, hãy xác định điện lượng chạy trong ống kể từ lúc ngắt điện. Cho biết $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$.

ĐS: $q = 1,45 \cdot 10^{-4} \text{ C}$

Bài 4. Trong một từ trường đồng nhất biến đổi theo thời gian $B = B_0 \cos \omega t$ người ta đặt một vòng dây dẫn nhỏ đồng chất bán kính r . Biết điện trở vòng dây là R và hệ số tự cảm là L , \vec{B} tạo với mặt phẳng một góc α . Tính mô men trung bình của lực từ tác dụng lên vòng.

Biện luận kết quả thu được.

ĐS: $M_{tb} = \frac{B_0 \pi^2 r^4 \omega^3 L \cos \alpha}{2(\omega^2 L^2 + R^2)} \sin \alpha$



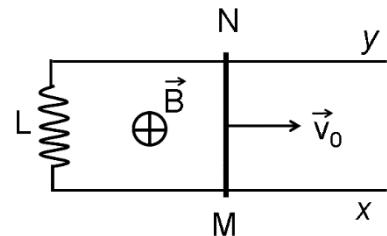
Bài 5. Cho mạch điện như hình vẽ: Cuộn dây thuận cảm, có độ tự cảm L ; thanh kim loại MN khối lượng là m , chiều dài l , điện trở không đáng kể có thể trượt không ma sát dọc theo 2 thanh ray x, y. Bỏ qua điện trở của các thanh ray và điện trở tiếp xúc giữa MN

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

và các thanh ray. Hệ thống được đặt trong một mặt phẳng nằm ngang trong một từ trường đều cảm ứng từ \vec{B} hướng thẳng đứng xuống dưới.

Thanh MN đang đứng yên, truyền cho MN vận tốc ban đầu \vec{v}_0 theo hướng như hình vẽ. Tìm quy luật chuyển động của MN.

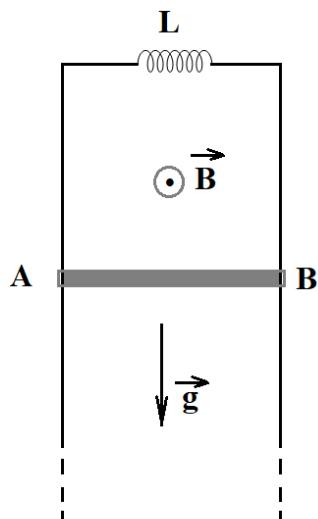
$$\text{ĐS: } x = \frac{v_0 \sqrt{mL}}{Bl} \sin \frac{Bl}{\sqrt{mL}} t$$



Bài 6. Một thanh dẫn điện chiều dài l trượt không ma sát theo một đường ray dẫn điện đặt trong mặt phẳng thẳng đứng. Trong quá trình thanh chuyển động, thanh luôn tiếp xúc với hai thanh ray. Một cuộn dây lí tưởng có độ tự cảm L nối kín mạch ngang ray và thanh ngang. Toàn bộ hệ thống đặt trong từ trường ngang đồng nhất với véc tơ cảm ứng từ \vec{B} có phương nằm ngang, chiều hướng từ ngoài vào trong. Tại thời điểm ban đầu, thanh được giữ nằm yên. Xác định độ dịch chuyển cực đại của thanh AB sau khi buông tay. Bỏ qua mọi ma sát và điện trở của dây nối cũng như thanh AB.

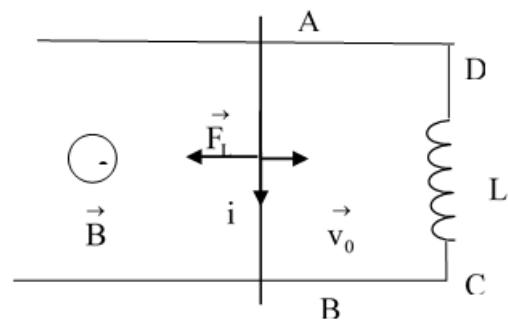
$$\text{ĐS: } \Delta s = \frac{2mgL}{B^2 l^2}$$

Bài 7. Một thanh trượt có khối lượng m đặt trên hai thanh ray nằm ngang và vuông góc với hai thanh đó. Toàn bộ được đặt trong một từ trường đều với thành phần hằng đứng của cảm ứng từ là B. Cuộn dây dẫn có hệ số tự cảm L được mắc vào một đầu của hai thanh ray. Khoảng cách giữa hai thanh ray là d. Vận tốc ban đầu của thanh trượt là v_0 và hướng về phía cuộn dây. Bỏ qua điện trở của ác dây dẫn và coi thanh trượt chuyển động tịnh tiến, hãy xác định sự phụ thuộc của vận tốc thanh trượt vào thời gian.



$$\text{ĐS: } v = v_0 \cos \left(\frac{B^2 d^2}{mL} t \right)$$

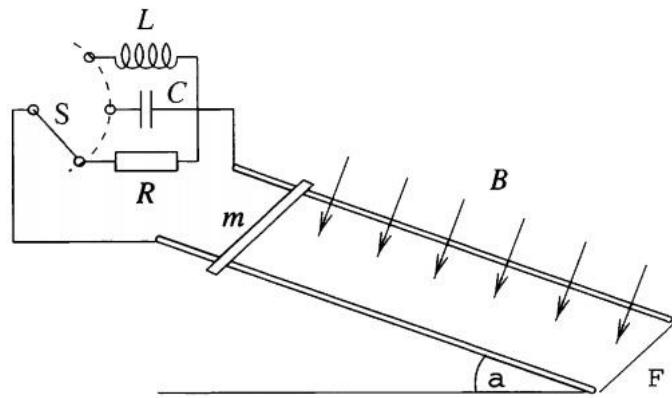
Bài 8. Một từ trường đều có cảm ứng từ B, vuông góc với hai thanh ray, với khoảng cách giữa hai thanh ray là l được đặt nghiêng một góc α so với phương nằm ngang. Một thanh dẫn có khối lượng m, được đặt nằm trên hai thanh ray, và có thể trượt không ma sát trên hai thanh như hình vẽ.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Thanh sẽ chuyển động như thế nào sau khi được thả ra từ trạng thái nghỉ nếu mạch điện tạo bởi thanh và các thanh ray được khép kín bởi.

- a) Một điện trở R
- b) Một tụ điện có điện dung C
- c) Một cuộn dây có độ tự cảm L



$$\text{ĐS:a. } v_{\max} = \frac{mgR \sin \alpha}{B^2 l^2}; \text{ b.}$$

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m + B^2 l^2 C}; \text{ c. } x = \frac{mgL \sin \alpha}{B^2 l^2} (1 - \cos \omega t)$$

Bài 9. Cho mạch điện như hình vẽ: nguồn điện có suất điện động E, điện trở trong r; cuộn dây thuần cảm, có độ tự cảm L; thanh kim loại MN khối lượng là m, chiều dài l, điện trở không đáng kể có thể trượt không ma sát dọc theo 2 thanh ray x, y. Hệ thống được đặt trong một mặt phẳng nằm ngang trong một từ trường đều cảm ứng từ \vec{B} hướng thẳng đứng xuống dưới.

Ban đầu khoá K đóng. Khi dòng điện trong cuộn dây ổn định người ta ngắt khoá K. Hỏi thanh MN sẽ chuyển động như thế nào?

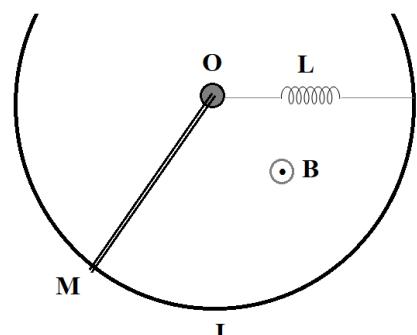
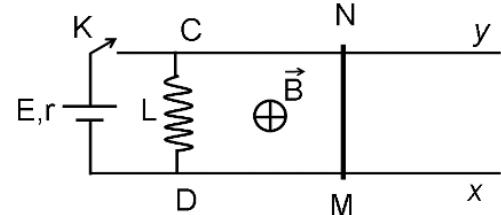
Bỏ qua điện trở của các thanh ray và điện trở tiếp xúc giữa MN và các thanh ray.

$$\text{ĐS: } x_{MN} = \left(\frac{E\sqrt{mL}}{Bl} \sqrt{\frac{1}{B^2 l^2} + \frac{L}{mr^2}} \right) \cos \left(\frac{Bl}{\sqrt{mL}} t + \varphi \right)$$

Bài 10. Một thanh kim loại OM có thể quay trong mặt phẳng nằm ngang quanh trục quay đi qua O. Đầu M trượt không ma sát trên dây dẫn uốn thành cung tròn tâm O, bán kính r. Thanh OM và dây dẫn tròn được nối với nhau thành mạch điện kín qua cuộn dây có độ tự cảm L. Cả hệ thống được đặt trong mặt phẳng ngang, trong một từ trường đều có phương thẳng đứng, có chiều từ trên xuống.

Ban đầu điểm M nằm yên tại điểm giữa của khung dây, sau đó truyền cho M một vận tốc ban đầu \vec{v}_0 theo phương tiếp tuyến với khung dây. Bỏ qua điện trở của tòa mạch.

- a) Mô tả chuyển động của thanh OM? Viết phương trình chuyển động?



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b) Vận tốc ban đầu \vec{v}_o phải có giá trị cực đại bằng bao nhiêu để góc hợp bởi thanh OM với đường OI luôn $\leq 90^\circ$.

Cho biết mô men quán tính của thanh OM đối với trục quay qua O là $I = \frac{mr^2}{3}$

ĐS: a Thanh dao động điều hòa xung quanh vị trí cân bằng OI:

$$\alpha = \frac{v_o}{r} \sqrt{\frac{4mL}{3B^2 r^2}} \cos\left(\sqrt{\frac{3B^2 r^2}{4mL}} t + \frac{\pi}{2}\right);$$

$$b. v_o \leq \frac{\pi}{2r} \sqrt{\frac{3B^2 r^2}{4mL}}$$

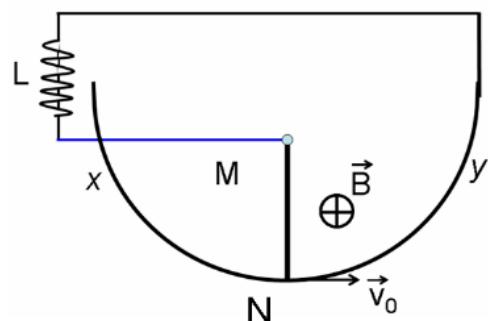
Bài 11. Trong mặt phẳng nằm ngang cho hệ như hình vẽ: cuộn dây có độ tự cảm L, điện trở không đáng kể; thanh dây dẫn MN khối lượng m, chiều dài l có điện trở không đáng kể, đầu M có thể quay không ma sát quanh trục qua M, đầu N luôn tiếp xúc với thanh ray dẫn điện xy và có thể trượt không ma sát trên thanh ray.

Hệ được đặt trong từ trường đều, vectơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng của mạch điện. Bỏ qua điện trở tiếp xúc, điện trở của dây nối và điện trở của thanh ray. Thanh MN đang đứng yên, ta truyền cho đầu N của thanh vận tốc ban đầu \vec{v}_0 (đủ nhỏ) như hình vẽ.

Tìm quy luật chuyển động của thanh MN.

ĐS: Thanh MN dao động điều hòa quanh vị trí ban

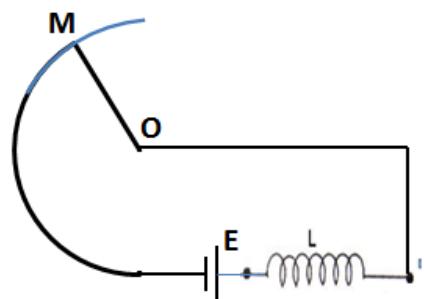
$$\text{đầu với vận tốc góc } \Omega = \frac{Bl^2}{2\sqrt{I_M L}} \text{ và biên độ góc } \phi_m = \frac{2v_0}{Bl^2} \sqrt{\frac{mL}{3}}$$



Bài 12. Trên mặt bàn nằm ngang nhẵn có một thanh OM dẫn điện, khối lượng m, chiều dài ℓ có thể quay quanh đầu O cố định, thanh có momen quán tính với trục quay qua O là I_0 . Đầu M của thanh trượt không ma sát trên cung tròn AB tâm O và đầu A, O của khung nối với mạch điện như hình vẽ. Hệ được đặt trong từ trường đều có \vec{B} vuông góc với mặt phẳng mạch điện. Ban đầu thanh đứng yên và khóa K mở. Sau đó khóa K đóng.

1. Viết biểu thức dòng điện trong mạch theo thời gian

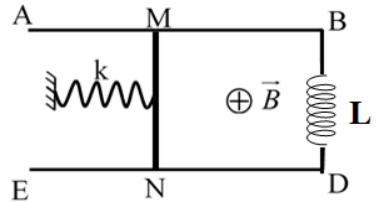
2. Viết biểu thức tốc độ quay của thanh theo thời gian.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: 1. $i = \frac{2E}{B\ell^2} \sqrt{\frac{I_0}{L}} \sin\left(\frac{B^2\ell^2}{2\sqrt{LI_0}} t\right)$; 2. $\omega = \frac{2E}{B\ell^2} \left(1 - \cos \frac{B^2\ell^2}{2\sqrt{LI_0}} t\right)$

Bài 13. Cho cơ hệ gồm khung dây ABDE như hình vẽ, được đặt nằm trên mặt phẳng nằm ngang. Biết lò xo có độ cứng k, đoạn dây MN dài ℓ , khối lượng m tiếp xúc với khung và có thể chuyển động tự do không ma sát dọc theo khung. Hệ thống đặt trong từ trường đều có véc tơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng của khung và có chiều như hình vẽ. Nối hai đầu B, D với cuộn cảm thuần có độ tự cảm L. Kích thích cho MN dao động. Bỏ qua điện trở thuần của khung dây. Chứng minh thanh MN dao động điều hòa và tính chu kì dao động.

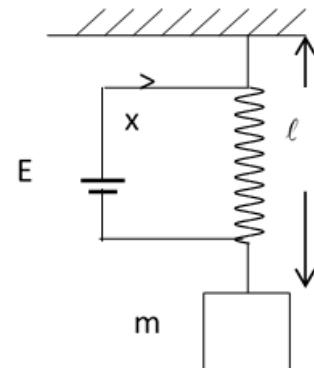


ĐS: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k + \frac{B^2\ell^2}{L}}}$

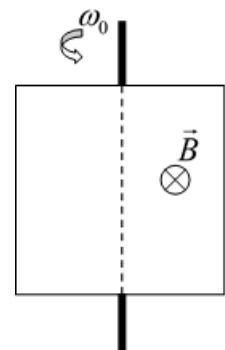
Bài 14. Một lò xo xoắn chiều dài ℓ tiết diện S, có N vòng, d là đường kính, sợi dây treo một đầu trên cố định, đầu dưới treo một vật khối lượng m.

Xác định độ dãn x của lò xo khi cho một dòng điện có cường độ I chạy qua lò xo. Lò xo có độ cứng k tuân theo định luật Húc ($(x \ll \ell)$); ρ là điện trở suất của dây.

ĐS: $\Delta x = \frac{\mu \cdot \mu_0 S}{2K} \left(\frac{NE}{r\ell}\right)^2$



Bài 15. Một khung dây dẫn hình vuông cạnh a có thể quay không ma sát quanh một trục quay cố định thẳng đứng, nằm trong mặt phẳng khung dây và đi qua tâm khung như hình vẽ. Trục quay cách điện với khung. Khung được đặt trong từ trường đều có \vec{B} nằm ngang. Khi khung dây ở vị trí cân bằng, mặt phẳng của khung vuông góc với \vec{B} . Momen quán tính của khung đối với trục quay là I , độ tự cảm của khung là L, bỏ qua điện trở của khung. Tại thời điểm $t = 0$, khi khung đang ở vị trí cân bằng người ta tác động để tạo ra tức thời cho khung tốc độ góc ω_0 .



1. Tính cường độ dòng điện cực đại qua khung.
2. Tìm điều kiện của tốc độ góc để khung quay không quá nửa vòng.

ĐS: 1. $i_{\max} = \omega_0 \sqrt{\frac{I}{L}}$; 2. $\omega_0 \leq \frac{\sqrt{LI}}{a^2 B}$

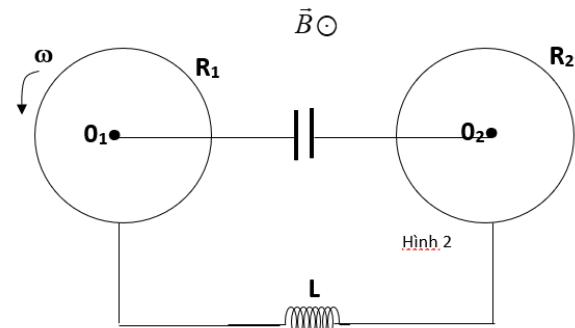
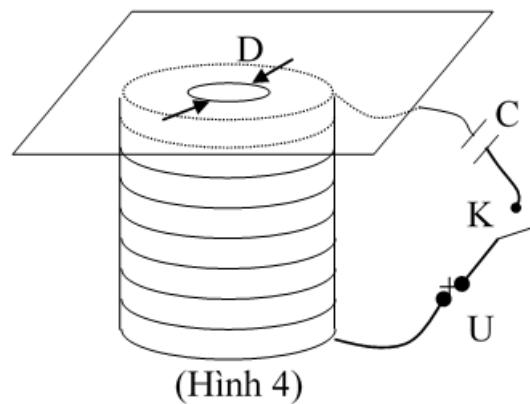
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 16. Phía trên của một hình trụ solenoit đặt thẳng đứng có một tấm bìa cứng nằm ngang trên đó đặt một vòng tròn nhỏ siêu dẫn làm từ dây kim loại có đường kính tiết diện dây là d_1 , đường kính vòng là D ($d_1 \ll D$). Nối solenoit với nguồn và tụ điện (hình 4), đóng khóa K thì vòng sẽ nẩy lên khi hiệu điện thế $U \geq U_0$ (U_0 là hiệu điện thế xác định). Thay vòng trên bằng vòng siêu dẫn khác cùng kim loại trên và cùng đường kính D còn đường kính tiết diện dây là d_2 . Hỏi hiệu điện thế nguồn điện như thế nào để khi đóng khóa K thì vòng vừa được thay nẩy lên. Biết độ tự cảm của vòng là $L = kD \cdot \ln\left(\frac{1,4D}{d}\right)$ (k là hằng số). Điện trở thuần của solenoit và dây nối được bỏ qua.

$$\text{ĐS: } U \sim \sqrt{L} \cdot \frac{d}{D}$$

Bài 18. Hai đĩa tròn giống nhau R_1 và R_2 , mỗi đĩa có bán kính a , khối lượng m . Chúng có thể quay không ma sát xung quanh trục đi qua tâm và vuông góc mặt đĩa. Hệ được đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ B vuông góc với mặt đĩa. Nhờ hệ thống tiếp điểm mà tâm và mép các đĩa được nối với nhau qua một cuộn dây thuần cảm L và tụ điện C (Hình 2). Bỏ qua điện trở thuần của mạch và ma sát ở trục. Tại thời điểm ban đầu đĩa R_1 quay với tốc độ góc ω_0 còn đĩa R_2 đứng yên. Xác định biểu thức dòng điện qua cuộn dây và điện áp tụ theo thời gian.

$$\text{ĐS: } i = \frac{Ba^2 w_0}{2L \sqrt{\frac{B^2 a^4}{2JL} + \frac{1}{LC}}} \sin \sqrt{\frac{B^2 a^4}{2JL} + \frac{1}{LC}} t, u = \frac{Ba^2 w_0}{2LC \left(\frac{B^2 a^4}{2JL} + \frac{1}{LC} \right)} (1 - \cos \sqrt{\frac{B^2 a^4}{2JL} + \frac{1}{LC}} t)$$



CHƯƠNG VIII. PHẢN XẠ VÀ KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

VIII.1. PHẢN XẠ ÁNH SÁNG. GƯƠNG PHẲNG- GƯƠNG CẦU

Bài 1. Gương phẳng G đặt thẳng đứng trên mặt đất. Trên mặt gương có gắn vật AB mảnh, hợp với mặt gương góc $\alpha = 30^\circ$. Chùm sáng tới gương là chùm song song, hợp với mặt gương góc $\beta = 45^\circ$ (hình bên).

a/ Hãy xác định chiều dài của vật AB, biết bóng của AB trên mặt đất có chiều dài 30cm.

b/ Giữ nguyên β , cho AB quay trong mặt phẳng hình vẽ xung quanh A theo chiều để α tăng. Mô tả hiện tượng quan sát được trên mặt đất.

ĐS: a. $AB = 21,96\text{cm}$;

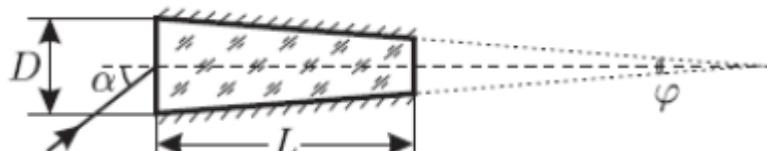
b. Thay đổi theo quy luật $MN = AB \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\beta - \alpha)$

Bài 2. Một nón bằng thuỷ tinh có α nhỏ, chiết suất n và đường kính đáy là d. Mặt bên của nó mạ bạc. Một tia sáng chiếu vào tâm I của đáy với góc tới i , tia sáng phản xạ liên tục trong mặt nón rồi cuối cùng ló ra ngoài. Tính chiều dài đường đi tia sáng trong mặt nón?

$$\text{ĐS: } S = \frac{2D}{n\alpha} \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$$

Bài 3.

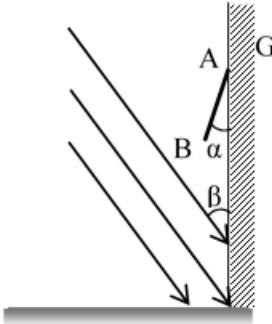
Một tấm thuỷ tinh có chiết suất n , tiết diện là hình thang cân, chiều cao L , đáy dài D , hai mặt bên được mạ bạc và tạo với nhau một góc φ như hình vẽ. Biết $\varphi << 1$. Một tia sáng chiếu đến đáy lớn tại điểm A với góc tới α như hình 3.

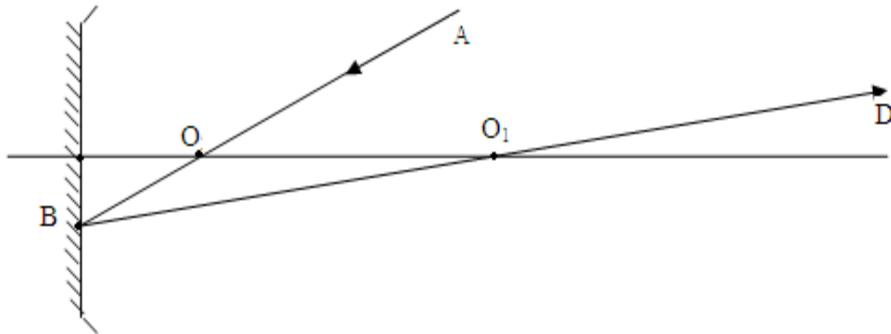


- a) Hỏi α cần thỏa mãn điều kiện nào để tia này ló ra khỏi đáy nhỏ của tấm thuỷ tinh ?
- b) Tính tổng chiều dài tia sáng từ điểm tới đáy lớn đến điểm ló ra ở đáy nhỏ.

$$\text{ĐS: a. } \sin \alpha < (1 - \frac{L}{D} \varphi); \text{ b. } AB = R \frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \text{ với } \sin \theta = \frac{\sin \alpha}{n}$$

Bài 4. Một tia sáng AOB rơi lên một gương cầu lõm, cắt trực chính tại điểm O. Tia phản xạ BO₁D cắt trực chính tại O₁ (hình 3). Bằng cách vẽ đường đi của tia sáng, hãy xác định tiêu cự của gương.





Bài 5. Tại tiêu điểm của một gương cầu của một đèn pha có đặt vuông góc với trực chính một nguồn sáng có dạng một đĩa phát sáng có bán kính $r = 1$ cm. Hãy tìm đường kính của vệt sáng trên một bức tường nằm cách đèn pha một khoảng $L = 500$ m. Nếu tiêu cự của gương $f = 4$ m, đường kính vành của gương $d = 1$ m.

ĐS: 3,5m

Bài 6. Một vật có dạng một đoạn thẳng như AB có ảnh A' B' qua một gương cầu lõm như hình. Hãy dùng phép vẽ đường đi các tia sáng để xác định vị trí đỉnh gương và tiêu cự gương

Bài 7. Hai tia sáng song song đi song song với trực chính tới một gương cầu lõm có bán kính cong $R = 5$ cm. Khoảng cách từ trực chính tới tia thứ nhất là $h_1 = 3,5$ cm, đến tia thứ hai là $h_2 = 0,5$ cm. Hãy xác định khoảng cách giữa hai giao điểm của trực chính với hai tia phản xạ.

ĐS: 1 cm

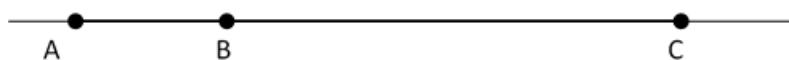
Bài 8. Khi nhìn vào một gương cầu lồi có bán kính cong R , người ta nhận thấy ảnh S' của một điểm S nào đó dường như ở cách đỉnh O của gương một khoảng ρ' theo hướng hợp với pháp tuyến của gương một góc φ' . Dùng máy đo vận tốc, người ta đo được vận tốc của S' có độ lớn v' và hợp với pháp tuyến của gương một góc θ' (hình vẽ).

1. Xác định vị trí của S.
2. Xác định vận tốc của S.

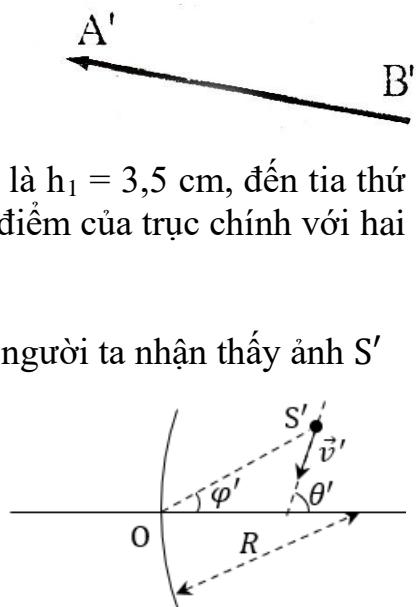
$$\text{ĐS: } 1. \rho = \frac{R\rho' \cos \varphi'}{R \cos \varphi' - 2\rho'} ; 2. v = v' \frac{R \cos \varphi'}{R \cos \varphi' - 2\rho'} \frac{\sin(\theta' - \varphi')}{\sin(\theta - \varphi)}$$

Bài 9.

1. Cho ba điểm A, B, C nằm trên trực chính của một thấu kính như hình 3. Nếu đặt điểm sáng ở A thì thấu kính cho ảnh ở B, nếu đặt điểm sáng ở B thì thấu kính cho ảnh ở C. Biết $AB = 8$ cm, $BC = 24$ cm. Hãy xác định loại thấu kính, vị trí đặt thấu kính và tiêu cự của nó.

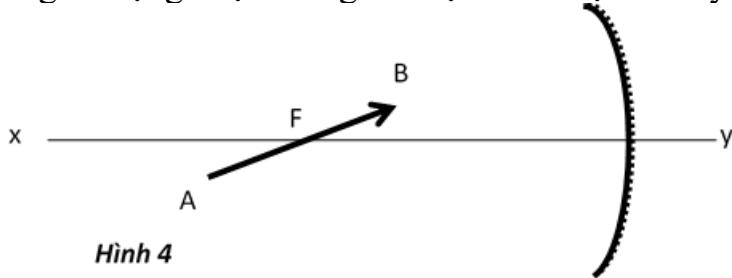


Hình 3



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

2. Hình 4 : xy là trục chính, F là tiêu điểm chính của một gương cầu lõm, AB là vật sáng có dạng đoạn thẳng cắt trục chính tại F. Hãy dựng ảnh của AB .



ĐS: 1. $d = 16\text{cm}$ và $f = 48\text{cm}$. Thấu kính hội tụ

Bài 10. Một gương cầu lõm bán kính $R=500\text{mm}$, đường kính mặt gương 10mm . Chiếu vào mặt gương một chùm tia sáng song song hình trụ có phương làm với trục chính của gương góc 30° . Chứng minh rằng chùm tia phản xạ bị thắt lại trên một đoạn thẳng nhỏ nằm trên mặt phẳng chứa trục chính và song song với chùm tia tới. Xác định vị trí và kích thước của đoạn thẳng này.

ĐS: Kích thước đoạn thẳng $3,3\text{ (mm)}$

Bài 11.

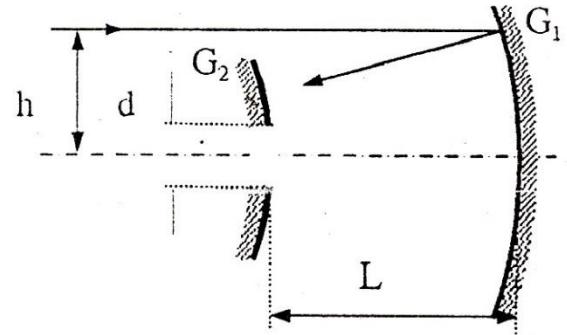
Một gương cầu lõm đặt sau một thấu kính phân kỳ tiêu cự $f_1 = 5\text{ cm}$ một khoảng $l = 7\text{ cm}$. Hệ cho ảnh cùng độ cao như vật của mọi vật nằm ở vị trí tùy ý trước thấu kính. Hãy xác định tiêu cự của gương.

ĐS: 6cm

Bài 12.

Trên hình 5.1 cho hệ hai gương cầu: gương lõm G_1 có bán kính cong $R_1 = 20\text{m}$, gương lồi có bán kính cong $R_2 = 10\text{ m}$, được đặt cách nhau một khoảng $L = 5\text{ m}$. Hệ được dùng để làm chậm một xung sáng ngắn hạn rồi vào gương G_1 theo đường song song với trục chính và ở khoảng cách $h = 20\text{ cm}$. Hỏi bao nhiêu lâu thì tia sáng chui ra khỏi hệ qua lỗ đường kính $d = 2\text{cm}$ nằm tại tâm của gương cầu lồi ?

ĐS: $\tau = 9 \frac{L}{c} = 1,5 \cdot 10^{-7}\text{ s}$



Bài 13. Một bình hình trụ đựng thuỷ ngân đặt trên một bàn xoay và bình quay xung quanh trục thẳng đứng của hình trụ với tốc độ góc không đổi ω . Khi đạt tới trạng thái chuyển động ổn định, bề mặt thuỷ ngân lõm xuống. Bỏ qua ảnh hưởng của các hiệu ứng bề mặt.

- Lập phương trình của mặt cong mô tả hình dạng bề mặt của thuỷ ngân.
- Chứng minh rằng một chùm tới song song chiếu từ trên xuống dọc theo trục quay sau khi phản xạ trên mặt thuỷ ngân sẽ hội tụ lại ở một điểm.
- Xác định khoảng cách từ điểm hội tụ này tới điểm lõm nhất của bề mặt thuỷ ngân.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: a. $y = \frac{\omega^2}{2g} x^2 \rightarrow$ bờ mặt thuỷ ngân là một parabol tròn xoay (paraboloit) đỉnh O.

b. Tiêu cự của paraboloit là $OF = \frac{g}{2\omega^2}$

VIII.2. HIỆN TƯỢNG KHÚC XẠ, PHẢN XẠ TOÀN PHẦN

Bài 1. Trong một thí nghiệm, người ta nhúng một đầu của một đũa thủy tinh vào một chậu nước trong suốt, có chiết suất $n = \frac{4}{3}$, đũa nghiêng

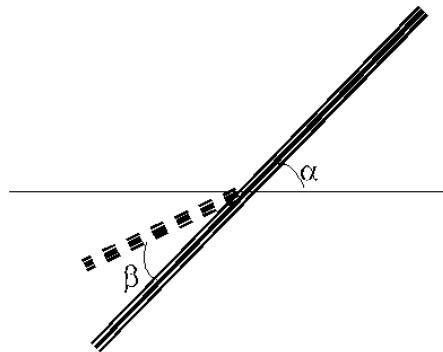
góc α so với mặt thoảng. Quan sát từ trên theo phương gần như vuông góc với mặt nước, người ta thấy đầu đũa nhúng trong nước dường như dịch chuyển đi một góc β (Hình 1)

Tăng đầu góc α từ 5° đến 85° thì thấy độ dịch chuyển góc β cũng tăng, sau khi đi qua một giá trị cực đại, nó lại giảm

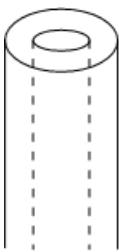
a) Hãy thiết lập biểu thức của dịch chuyển góc β theo góc nghiêng α . Tính giá trị của β khi $\alpha = 30^\circ$ và khi $\alpha = 60^\circ$

b) Tính α khi β đạt giá trị cực đại β_{\max} . Tính β_{\max}

ĐS: a. $\tan \beta = \frac{n-1}{\frac{n}{\tan \alpha} + 1}$; b. $\alpha = 49^\circ 6'$; $\beta_{\max} = 8^\circ 13'$



Bài 2. Một ống mao dẫn bằng thủy tinh có chiết suất $n=1,732$; đường kính ngoài $D=3,364(\text{mm})$; đường kính trong $d=2\text{mm}$ (Hình 4); ống chứa thủy ngân. Ống được quan sát từ phía bên và đặt đủ xa mắt để các tia sáng từ mọi điểm của ống tới mắt đều có thể coi gần đúng là những tia song song với nhau.



Người ta sẽ quan sát thấy cột thủy ngân có đường kính bằng bao nhiêu?

ĐS: $d' \approx 3(\text{mm})$

Bài 3. Một ống thuỷ tinh bán kính trong r và bán kính ngoài R ($r < R$) chứa đầy một chất huỳnh quang. Dưới tác dụng của tia Röntgen chất này phát ra ánh sáng xanh. Chiết suất thuỷ tinh và của chất huỳnh quang đối với ánh sáng xanh lần lượt là n_1 và n_2 . Hỏi tỉ số $\frac{r}{R}$ phải thoả mãn điều kiện như thế nào để khi nhìn lên ống thuỷ tinh ta có cảm giác chiều dày ống bằng không?

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } \frac{r}{R} \geq \frac{1}{n_1} \text{ khi } n_1 \leq n_2 \text{ hoặc } \frac{r}{R} \geq \frac{1}{n_2} \text{ khi } n_1 \geq n_2$$

Bài 4. Một sợi cáp quang hình trụ rất dài, hai đáy phẳng và vuông góc với trục sợi cáp, bằng thuỷ tinh chiết suất n_1 , được bao xung quanh bằng một hình trụ đồng trục, bán kính lớn hơn nhiều bán kính a của sợi cáp, bằng thuỷ tinh chiết suất n_2 , với $n_2 < n_1$. Một tia sáng SI tới một đáy của sợi cáp quang dưới góc tới i , khúc xạ trong sợi cáp, và sau nhiều lần phản xạ toàn phần ở mặt tiếp xúc giữa hai lớp thuỷ tinh, có thể ló ra khỏi đáy kia.

1. Tính giá trị lớn nhất i_m mà i không vượt quá để tia sáng không truyền sang lớp vỏ ngoài.

2. Sợi cáp (cùng với lớp vỏ bọc) được uốn cong cho trục của nó làm thành một cung tròn, bán kính R . Góc i bây giờ là bao nhiêu?

Cho biết: $n_1 = 1,50$; $n_2 = 1,48$; $a = 0,2\text{mm}$; $R = 5\text{ cm}$.

Chú ý:

- Chỉ xét tia sáng nằm trong mặt phẳng chúa trục của sợi cáp.
- Chỉ cần cho biết giá trị chính xác của sin, cos hoặc tan của i_m .

$$\text{ĐS: 1. } i_m \approx 14^008'; 2. i_m' \approx 9^0$$

Bài 5. Ngày xưa ngay xưa, chuyện kể rằng, sau một ngày làm việc mệt mỏi, người thợ rèn Akaba đi qua một con suối nhỏ uống nước. Khi nhìn xuống nước theo phương hợp với mặt nước một góc $\alpha = 45^0$ thoát nhiên anh nhận thấy dưới đáy suối có một chiếc nhẫn kim cương. Sung sướng và hạnh phúc, anh vội vàng lội xuống suối, đến chỗ có chiếc nhẫn. Khi đến nơi, nhìn theo phương thẳng đứng xuống, anh ta ngạc nhiên khi thấy tự nhiên nó bị nâng lên cao hơn lúc đầu, nhưng không chàn chừ anh thò tay xuống nhặt chiếc nhẫn lên và đi ngay về làng. Hãy giải thích hiện tượng mà Akaba đã nhìn thấy. Nếu cho rằng so với lúc đầu anh ta nhìn thì nhẫn dường như được nâng lên một đoạn là $18,2\text{ cm}$. Hỏi độ sâu của con suối mà Akaba đến uống nước là bao nhiêu. Chiết suất nước ở đó là $4/3$.

ĐS: $57,8\text{cm}$.

Bài 6. Một môi trường trong suốt, chiết suất n ngăn cách với chân không bằng một mặt đối xứng tròn xoay Σ . Xác định phương trình của mặt Σ sao cho một chùm tia sáng song song với trục đối xứng của Σ , khi truyền từ chân không qua mặt Σ vào môi trường thì hội tụ tại

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

một điểm F. Bán kính cực đại của chùm tia có thể hội tụ được bằng thấu kính Σ này là bao nhiêu?

Nếu môi trường chứa chùm tia tới song song không phải chân không mà có chiết suất $N > n$ thì mặt Σ phải thay đổi thế nào?

$$\text{ĐS: Elips } \frac{\left(x - \frac{nf}{n+1}\right)^2}{\left(\frac{nf}{n+1}\right)^2} + \frac{y^2}{\left(f\sqrt{\frac{n-1}{n+1}}\right)^2} = 1.$$

Theo giả thiết ta có $n > 1$ nên $\sqrt{\frac{n-1}{n+1}} > 0$, các bán trục $a = \frac{n}{n+1}f$; $b = \sqrt{\frac{n-1}{n+1}}f$.

Bán tiêu cự của elip là $c = \sqrt{a^2 - b^2} = \frac{f}{n+1}$. Tâm sai là $e = \frac{c}{a} = \frac{1}{n}$.

Bài 7. Một thấu kính phẳng - lồi có chiết suất n . Mặt lồi là một mặt cong. Một chùm tia tới song song được chiếu vuông góc với mặt phẳng. Xác định dạng mặt cong để chùm tia ló hội tụ tại một điểm.

$$\text{ĐS: } \frac{\left(x - \frac{ne+d}{n+1}\right)^2}{\left(\frac{d-e}{n+1}\right)^2} - \frac{y^2}{\frac{(d-e)^2(n-1)}{n+1}} = 1.$$

Đây là phương trình của một Hyperbol quy về hai trực đối xứng. Hai bán trục và nửa tiêu cự lần lượt là: $a = \frac{d-e}{n+1}$; $b = \sqrt{\frac{n-1}{n+1}}(d-e)$; $c = \frac{(d-e)\sqrt{n^2-2}}{n+1}$.

Bài 8. Một mặt đối xứng tròn xoay Σ ngăn cách hai môi trường trong suốt chiết suất n_1, n_2 . Xác định Σ sao cho một chùm sáng hình nón, có đỉnh A ở trên trực đối xứng của Σ , cách Σ một khoảng d, trong môi trường 1, sau khi truyền qua mặt Σ sang môi trường 2, thì trở thành một chùm song song. Xét hai trường hợp: $n_1 > n_2$ và $n_1 < n_2$.

ĐS: : Đường Cônica $(n_1^2 - n_2^2)x^2 + 2n_1(n_1 - n_2)dx + n_1^2y^2 = 0$.

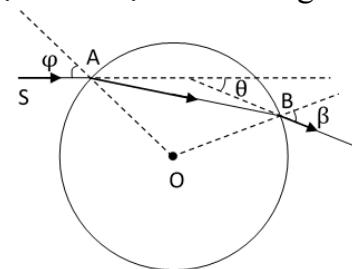
Trường $n_1 > n_2$ là một elipoit tròn xoay

Trường hợp $n_1 < n_2$ hyperboloit tròn xoay

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 9. Một quả cầu được làm bằng một chất trong suốt được đặt vào một chùm sáng song song đi qua tâm mặt cầu như hình vẽ. Góc tới của một trong các tia tại mặt cầu là $\varphi = \arctan(4/3)$, sau khi nó khúc xạ qua quả cầu thì bị lệch một góc $\theta = 2\arctan(7/24)$. Tìm chiết suất của vật liệu làm quả cầu.

$$\text{ĐS: } n = \frac{4}{3}$$



Hình 6

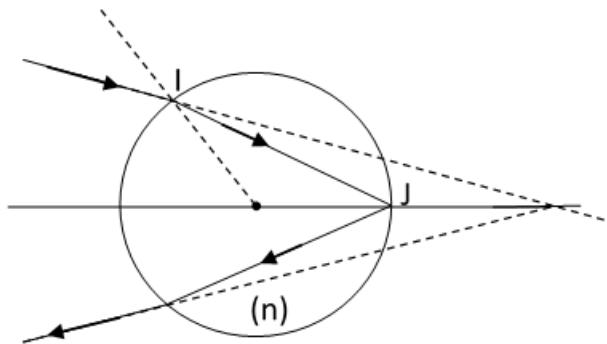
Bài 10. Một chùm đơn sắc song song chiếu lên quả cầu được tạo ra từ vật liệu trong suốt xuyên qua quả cầu đó. Tiết diện chùm tia này nhỏ so với kích thước quả cầu. Chùm tia ló tạo ra trên mặt quả cầu một vệt sáng tròn có đường kính nhỏ hơn 3 lần đường kính tiết diện chùm tia tới. Tìm chiết suất vật liệu quả cầu.

$$\text{ĐS: } n = 1,5$$

Bài 11. Một tia sáng đi vào một giọt nước hình cầu chiết suất n như hình vẽ.

1. Góc tới α của tia sáng trên mặt đối diện là bao nhiêu? Tia này phản xạ một phần hay toàn phần?
2. Tìm biểu thức đối với góc lệch δ .
3. Tìm góc φ để gây ra góc lệch cực tiểu.

$$(\text{Gợi ý: } \frac{d \sin^{-1} x}{dx} = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}})$$



Hình 9

ĐS: 1. $\sin \alpha = \frac{1}{n} \sin \varphi < \frac{1}{n}$, do đó tia tới phản xạ một phần trên mặt cầu đối diện.

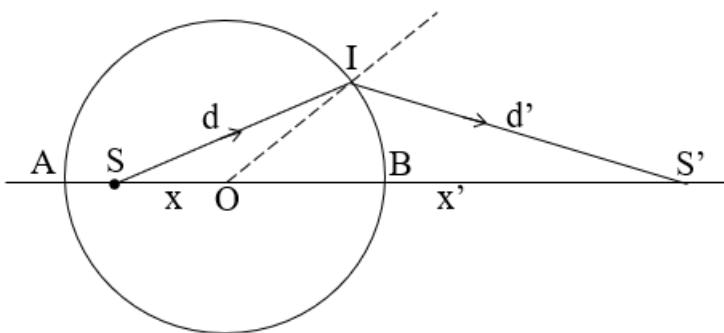
$$2. \delta = \pi - 2x = \pi - 4\alpha + 2\varphi; 3. \cos \varphi = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{3}}$$

Bài 12. Xét một khối cầu thủy tinh tâm O, bán kính R và chiết suất n đặt trong không khí. (P) là một tiết diện thẳng chứa đường kính AB, một điểm sáng S thuộc AB, S' là ảnh của S tạo bởi các tia khúc xạ qua mặt cầu (hình 5).

1. Gọi I là một điểm tới bất kì;

$$\overline{SO} = x; \overline{S'O} = x'; \overline{SI} = d; \overline{S'I'} = d'. \text{ Chứng tỏ rằng: } \frac{d}{d'} = \frac{nx}{x'}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG



2. Điểm sáng S cho ảnh rõ nét khi thỏa mãn điều kiện tương điểm. Tuy nhiên, có hai vị trí của S (không trùng với O) thỏa mãn điều kiện tương điểm một cách tuyệt đối với mọi tia sáng phát ra từ S. Tìm hai vị trí đó.

ĐS: 2 vị trí của S nằm đối xứng nhau qua tâm O; cách O một khoảng R/n .

Bài 13. Một quả cầu trong suốt bán kính R có chiết suất phụ thuộc vào khoảng cách r từ tâm điểm theo công thức:

$$n(r) = \frac{R + a}{r + a} \quad (a > 0)$$

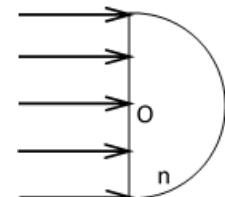
Chiếu tia sáng lên quả cầu dưới góc tới α (hình vẽ). Hãy xác định khoảng cách ngắn nhất d từ tâm quả cầu đến tia sáng.

$$\text{ĐS: } d = \frac{aR \sin \alpha}{a + R(1 - \sin \alpha)}$$

Bài 14. Chiếu một chùm sáng song song, rộng, vuông góc với mặt bán cầu thủy tinh, bán kính $R = 3\text{cm}$, chiết suất $n = \sqrt{2}$ như Hình 3.

a. Vẽ hình và lập luận để chứng tỏ ảnh của chùm sáng ló ra khỏi bán cầu không phải là một điểm sáng.

b. Tìm khoảng cách ngắn nhất từ ảnh của chùm sáng ló ra khỏi bán cầu đến tâm O của bán cầu.



Hình 3

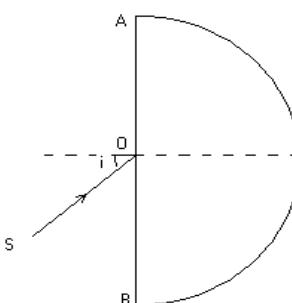
ĐS: $3\sqrt{2}\text{ cm}$.

Bài 15. Tiết diện thẳng của một khối đồng chất, trong suốt nửa hình trụ là nửa hình tròn tâm O, bán kính R (Hình 1), khối này làm bằng chất có chiết suất $n = \sqrt{2}$, đặt trong không khí. Tia sáng SI nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục của hình trụ, tới mặt phẳng của khối này với góc tới 45° .

1. Vẽ đường đi của tia sáng khi điểm tới I trùng với tâm O, nói rõ cách vẽ.

Tính góc ló và góc lệch D giữa tia tới và tia ló.

2. Xác định vị trí điểm tới I để góc lệch D bằng không, vẽ hình.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

3. Điểm tới I nằm trong khoảng nào thì không có tia ló khỏi mặt trụ.

ĐS: 1. 15° ; 2. $OI_0 = R \frac{\sqrt{3}}{3}$; 3. Trên đoạn I_1I_2 : $OI_1 = R \sqrt{\frac{2}{3}}$, $OI_2 = R \sqrt{\frac{2}{3}}$

Bài 16. Cho một bình cầu chứa một chất lỏng trong suốt chưa biết, nguồn sáng laser đặt trên bàn quang học, giấy kẻ ô tới mm, giá thí nghiệm. Hãy nêu phương án thí nghiệm để xác định chiết suất của chất lỏng trong bình, vị trí của tiêu điểm của bình chất lỏng đối với thành bình và bán kính cong của bình.

ĐS: Xây dựng được $n = 1 + \frac{R}{2L + R}$. Như vậy chiết suất của chất lỏng được xác định theo các số đo R và L trên đây.

Bài 17. Cho một khối bán trụ tròn trong suốt, đồng chất chiết suất n đặt trong không khí (coi chiết suất bằng 1).

1. Cho $n = 1,732 \approx \sqrt{3}$. Trong một mặt phẳng của tiết diện vuông góc với trực của bán trụ, có tia sáng chiếu tới mặt phẳng của bán trụ dưới góc tới $i = 60^\circ$ ở mép A của tiết diện (Hình 2).

Vẽ đường truyền của tia sáng.

2. Chiếu tia sáng SI tới vuông góc với mặt phẳng của bán trụ thì tia sáng ló duy nhất của nó là $I'S'$ cũng vuông góc với mặt này (Hình 3). Cho bán kính của khối trụ là R , tìm khoảng cách nhỏ nhất từ điểm tới I của tia sáng đến trực O của bán trụ. Ứng với khoảng cách ấy, tìm giá trị nhỏ nhất của n .

ĐS: 2. $n \geq 2$; $OI_{\min} = R \frac{\sqrt{2}}{2}$

Bài 18. Cho một khối thủy tinh dạng bán cầu có bán kính $R = 4\text{cm}$, chiết suất $n = \sqrt{2}$ đặt trong không khí (Hình 4).

1. Chiếu thẳng góc tới mặt phẳng của bán cầu một tia sáng SI.

a) Điểm tới I cách tâm O của khối bán cầu là $R/2$. Xác định góc lệch giữa tia ló ra khỏi bán cầu so với tia tới.

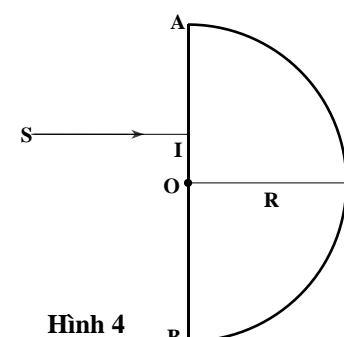
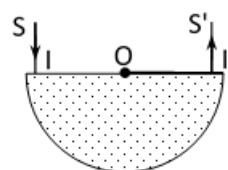
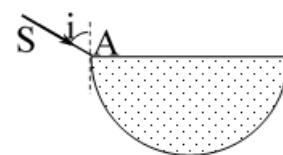
b) Điểm tới I ở trong vùng nào thì có tia sáng đi qua mặt cầu của bán cầu?

2. Chiếu một chùm tia sáng đơn sắc song song vào mặt phẳng, theo phương vuông góc và phủ kín mặt đó. Chùm sáng ló ra khỏi mặt cầu không phải là một chùm tia sáng đồng quy mà nó tạo ra một vệt sáng có dạng một đoạn thẳng nằm dọc theo đường kính vuông góc với mặt phẳng. Hãy xác định vị trí và chiều dài đoạn thẳng nói trên.

ĐS: 1a. $D = 15^\circ$. 1b. Nếu điểm tới I nằm trong đoạn $I_1I_2 = R\sqrt{2}$, với $OI_1 = OI_2 = \frac{R}{\sqrt{2}}$ thì sẽ

có tia ló ra khỏi mặt cầu của bán cầu.

2. $8(\text{cm})$



Hình 4

VIII.3. LĂNG KÍNH- BẢN MẶT SONG SONG

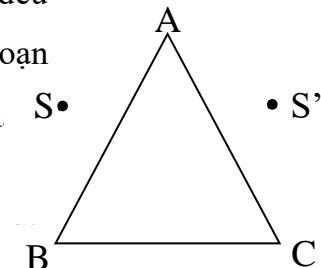
Bài 1. Một tia sáng đơn sắc đến lăng kính có tiết diện là một tam giác đều ABC phản xạ toàn phần ở mặt thứ hai AC và ló ra ở mặt thứ ba BC. Xác định góc lệch cực đại giữa tia tới và tia ló, nếu lăng kính là thuỷ tinh có chiết suất $n = 1,5$ và đặt trong không khí.

ĐS: $D_{\max} = 116^0$

Bài 2. Đặt trong không khí một lăng kính tiết diện thẳng là tam giác đều ABC. Điểm sáng S cách mặt bên AB đoạn $a = 30\text{cm}$ và cách cạnh A đoạn $b = 50\text{cm}$. Chiết suất lăng kính $n = \sqrt{2}$. Gọi S' là điểm đối xứng của S qua mặt phẳng phân giác của góc chiết quang A.

1. Xác định đường đi của tia sáng truyền từ S qua lăng kính tới S' .
2. Tính thời gian truyền từ S đến S' .

ĐS: 2. $3,3\text{ ns}$



Hình 22

Bài 3. Cho lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác đều ABC, cạnh a . Chiếu tia sáng trắng SI đến mặt bên AB dưới góc tới i sao cho tia sáng bị phản xạ toàn phần ở AC rồi ló ra ở BC. Chiết suất lăng kính đối với tia đỏ là $n_d = 1,61$, đối với tia tím là $n_t = 1,68$.

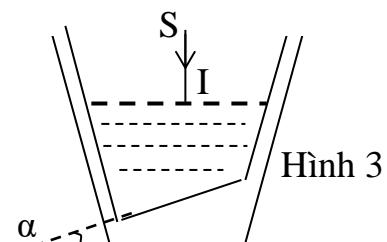
1. Tính góc lệch cực đại giữa tia tới SI và tia ló màu đỏ.
2. Chứng tỏ rằng chùm ló là chùm song song. Tính bề rộng của chùm tia ấy theo a trong trường hợp góc lệch giữa tia tới SI và tia ló màu đỏ đạt cực đại.

ĐS: 1. $D_{\max} = 133^0$; 2. $0,0113a$

Bài 4. a) Đây một cái cốc thủy tinh dày không đều có dạng là một lăng kính có góc đỉnh $\alpha = 3^0$. Đặt cốc trên mặt bàn và rót nước vào cốc thì mặt nước song song với đáy ngoài của cốc (hình 3). Chiếu một tia sáng đơn sắc SI theo phương thẳng đứng vào mặt nước trong cốc. Tính góc lệch của tia sáng ló khỏi đáy ngoài của cốc.

b) Để tia ló song song với tia tới phải nghiêng cốc bao nhiêu độ và theo chiều nào.

Cho biết chiết suất của thủy tinh và của nước lần lượt là $n_1 = 1,5$ và $n_2 = 4/3$
ĐS: a. Góc lệch tổng cộng D là: $D = D_1 - D_2 = (n_1 - n_2)A = 0,5^0$



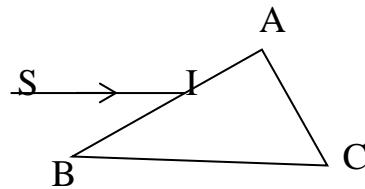
b. Phải nâng cao bên đáy dày lên để tăng góc A của lăng kính nước tới $4,5^0$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 5. Một lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác vuông cân ABC, A = 90°; B = 30° và C = 60°. Chiếu một tia sáng đơn sắc SI tới mặt bên AB của lăng kính theo phương song song với đáy BC. Tia sáng đi vào lăng kính và ló ra ở mặt bên AC. Biết chiết suất của lăng kính (ứng với ánh sáng đơn sắc chiếu tới lăng kính) là n.

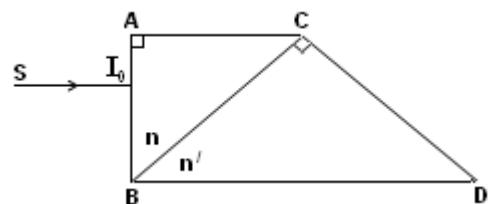
1. Để tia sáng ló ra khỏi mặt bên AC thì chiết suất của lăng kính phải thỏa mãn điều kiện gì?
2. Với $n = ?$ thì tia sáng phản xạ toàn phần ở mặt bên AC và ló ra khỏi mặt bên BC theo phương vuông góc với BC.

ĐS: 1. $n \leq \frac{\sqrt{7}}{2}$; 2. $n = \sqrt{3}$



Bài 6. Người ta gắn hai lăng kính có tiết diện thẳng là các tam giác vuông cân (*như hình vẽ*). Lăng kính ABC có chiết suất n, lăng kính BCD có chiết suất n' (Các lăng kính đặt trong không khí).

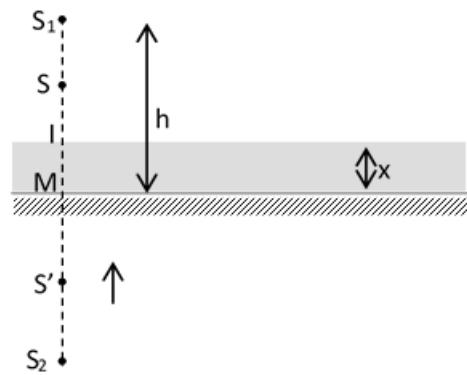
Một chùm tia sáng hẹp đơn sắc, song song chiếu vuông góc tới mặt AB và khúc xạ ở I trên mặt BC.



- a. Muốn chùm tia sáng này ló ra khỏi mặt BD tại I' sau khi phản xạ toàn phần trên mặt CD thì các chiết suất n và n' phải thỏa mãn điều kiện nào?
- b. Trong điều kiện trên, viết biểu thức xác định góc lệch giữa các tia tới và tia ló?

ĐS: a. $\sqrt{2} < \sqrt{2n'^2 - n^2} < n + 2$; b. $\alpha = \arccos \left[\frac{\sqrt{2n'^2 - n^2} - n}{2} \right]$

Bài 7. Phía trên một gương phẳng đặt nằm ngang trong không khí, cách gương một khoảng h đặt một điểm sáng S. Người ta đổ chậm một chất lỏng chiết suất n lên mặt gương cho mặt chất lỏng dâng lên với vận tốc không đổi v. Mắt ở sát phía trên vị trí điểm sáng S và gương sao cho mặt chất lỏng dâng lên với vận tốc không đổi v. Mắt ở sát phía trên vị trí điểm sáng S và quan sát với các tia sáng có góc tới rất bé. Hãy tìm hướng chuyển động và vận tốc của ảnh (S') của S tạo bởi hệ quang học gồm chất lỏng và gương.



ĐS: Ảnh S' đi lên $v_1 = -v \cdot \frac{n-1}{n}$

Bài 8. Cho bản mặt song song (BMSS) có chiết suất tỉ đối n($n < 1$). Chiếu một chùm tia sáng rộng đến BMSS. Chùm tia sáng hội tụ tại 1 điểm S ở phía sau BMSS (tính theo chiều truyền ánh sáng) chùm tia này được giới hạn bởi hai tia biên: Tia biên thứ nhất vuông góc với BMSS,

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

tia biên thứ hai tới gặp BMSS tại I dưới góc tới i thoả mãn: $i_1 = 10^0 \leq i \leq i_0 = 30^0$; bản mặt song song có bề dày e.

Khi nào ảnh của S không phải là một điểm sáng mà là một vệt sáng. Tính độ dài vệt sáng.

Áp dụng: SH = 20cm; e = 5cm; n = 0,8.

$$\text{ĐS: } S_0 S_1 = HS_1 - HS_0 = e \left(\frac{\sqrt{1 - \sin^2 i_0}}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i_0}} - \frac{1}{n} \right) = 0,7 \text{ cm}$$

Bài 9. Một chùm sáng hẹp song song có bề rộng a gồm hai thành phần đơn sắc được chiếu lên một bản mặt song song dưới góc tới i. Chiết suất của bản đối với hai thành phần tương ứng là n_1 và n_2 . Xác định độ dày tối thiểu của bản mặt để sau khi đi qua bản, chùm sáng sẽ tách thành hai chùm riêng biệt mà mỗi chùm chỉ chứa một thành phần đơn sắc.

$$\text{ĐS: } e_{\min} = \frac{a}{\sin i \cdot \cos i \cdot \left| \frac{1}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 i}} - \frac{1}{\sqrt{n_1^2 - \sin^2 i}} \right|}$$

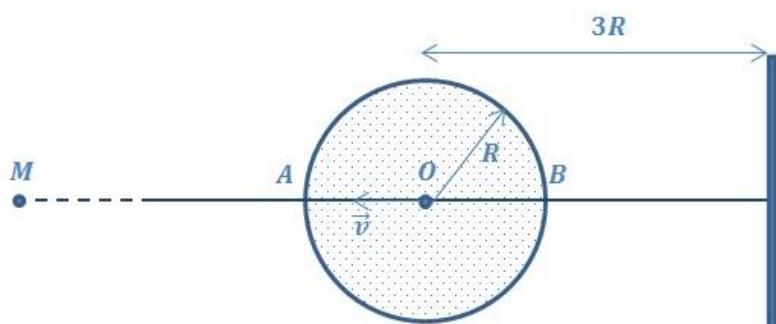
VIII.4. LUÔNG CHẤT CẦU

Bài 1. Một bể cá hình cầu, bán kính R làm bằng thủy tinh mỏng, trong suốt, chứa đầy nước. Người quan sát đặt mắt tại M ở khoảng cách khá xa bể cá, nhìn theo một đường kính AB của hình cầu. Phía sau bể cá đặt một gương phẳng vuông góc với đường kính AB và cách tâm cầu một khoảng bằng $3R$. Trên đường kính AB có một con cá nhỏ (xem như điểm sáng S), bơi dọc theo AB từ B đến A với vận tốc v_0 không đổi. Cho chiết suất của không khí bằng 1, chiết suất của nước $n = 4/3$.

a) Hãy giải thích vì sao người này nhìn thấy hai ảnh của con cá.

b) Đúng lúc con cá đi qua tâm O hãy tính vận tốc của hai ảnh nói trên từ đó suy ra tốc độ tương đối giữa chúng.

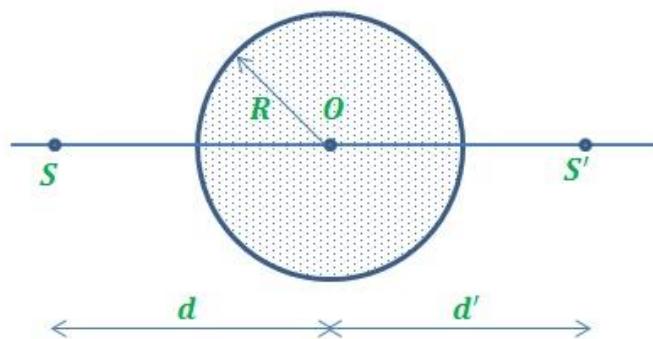
ĐS: b. $5v_0/3$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 2. Xét một khối cầu trong suốt có bán kính R , chiết suất n , đặt trong không khí. Ta có thể coi khối cầu trong suốt này như một thấu kính cầu. Một điểm sáng S nằm trên trục chính của thấu kính cách tâm của thấu kính một khoảng là d , cho ảnh S' cách tâm thấu kính một khoảng là d' . Hãy tìm công thức của thấu kính cầu.

$$\text{ĐS: } \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{2}{R} \cdot \frac{n-1}{n}$$



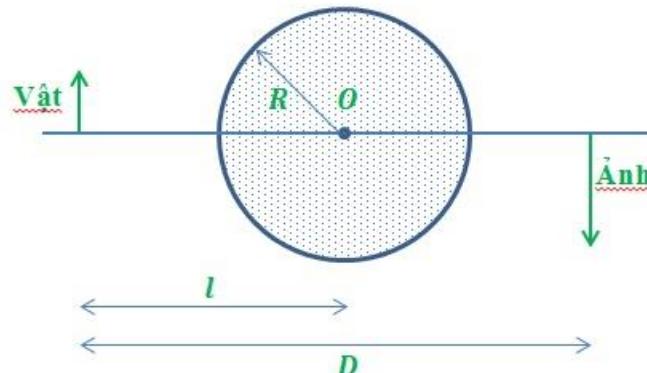
Bài 3. Một quả cầu nước có bán kính r , chiết suất n . Vật đặt ở vị trí sao cho ảnh qua quả cầu ngược chiều với vật. Ảnh hiện lên trên một màn chẵn. Trong bài toán này ta chỉ xét trường hợp tạo ảnh bởi các tia sáng đi gần trực. Khoảng cách D giữa vật và màn chẵn là cố định.

- a) Gọi l là khoảng cách từ vật tới tâm hình cầu, có hai giá trị l_1, l_2 để cho ảnh rõ nét. Tìm hiệu $|l_1 - l_2|$ và tỷ số độ lớn của hai ảnh tương ứng với hai vị trí.

b) Khoảng cách D phải thỏa mãn những điều kiện gì để có thể tạo được ảnh.

$$\text{ĐS:a. Tỉ số độ lớn giữa hai ảnh } \delta = \frac{h_1}{h_2} = \left[\frac{D(n-1)}{2nR} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{2nR}{D(n-1)}} \right)^2 \right]$$

$$\Delta l = |l_1 - l_2| = \sqrt{\Delta} = \sqrt{D \left(D - \frac{2nR}{n-1} \right)}$$



Bài 4: Hai khối cầu trong suốt có cùng bán kính R , chiết suất n . Khoảng cách hai tâm $D \geq 2R$. Hãy tìm mối liên hệ giữa D, R, n để chùm sáng song song và đi gần với đường thẳng nối tâm hai quả cầu sau khi qua hệ lại trở thành chùm song song.

$$\text{ĐS: } D = 2f = \frac{nR}{n-1}$$

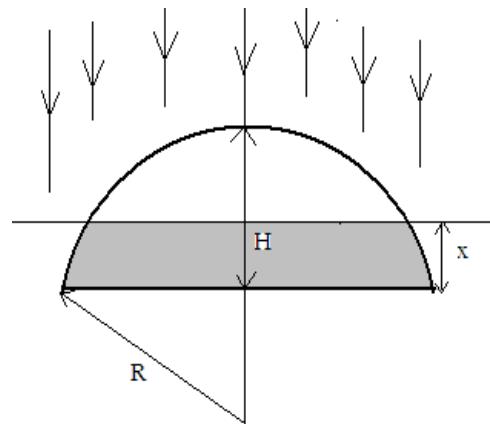
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 5. Một chỏm cầu bằng thạch anh bị nhúng một phần vào chất lỏng có chiết suất n_0 (như hình vẽ). Mặt phẳng bán cầu song song và cách mặt thoảng chất lỏng đoạn x , độ dày của chỏm cầu là H . Một chùm sáng song song được chiếu thẳng đứng vào chỏm cầu. Tại độ sâu l và $L > l$ trong chất lỏng quan sát được hai ảnh có độ sáng như nhau. Bỏ qua sự hấp thụ ánh sáng của thạch anh và chất lỏng, sự phản xạ ánh sáng tại các mặt phân cách. Hãy xác định bán kính R của chỏm cầu, chiết suất n của thạch anh và x .

$$\text{ĐS: } R = \frac{Ll(n_0 - 1)}{n_0(L - l)}; n = \frac{n_0 L - 1}{L - 1};$$

$$\sqrt{R(R - H) + \frac{H^2}{2}}$$

$$x = H - R +$$



Bài 6. Cho một lưỡng chất cầu với hai môi trường có chiết suất tuyệt đối $n_1 = 1,2$ và $n_2 = 1,5$. Một vật sáng điểm nằm trong môi trường có chiết suất tuyệt đối n_1 và ở trước mặt cầu lồi có bán kính $R = 50\text{cm}$. Vật S chuyển động từ vị trí cách mặt cầu 10cm và ra xa mặt cầu. Tính vận tốc của ảnh S' khi:

1. Vật chuyển động đều với vận tốc $v = 5\text{cm/s}$.
2. Vật chuyển động nhanh dần đều với gia tốc $a = 4\text{cm/s}^2$ tại thời điểm ban đầu cách đỉnh O của mặt cầu 10cm và vận tốc ban đầu bằng 0.

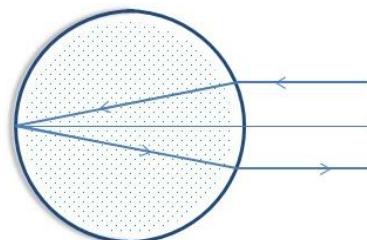
$$\text{ĐS: 1. } v = \frac{22500}{(57 - 1,5t)^2} (\text{cm/s}); 2. v = \frac{18000t}{[57 - 0,6t^2]^2} (\text{cm/s})$$

Bài 7. Gương phản xạ lùi là một thiết bị quang học phản xạ ánh sáng quay ngược trở lại so với chiều mà nó tới. Loại quen thuộc nhất là hình lập phương có góc phản xạ, nhưng gần đây nhất là những hình cầu Scotchlite do công ty 3M sáng chế.

a) Hãy tính chiết suất n và các thông số liên quan khác để đảm bảo hình cầu phản xạ lùi ánh sáng.

b) Hãy vẽ phác sơ đồ làm việc của Scotchlite và thảo luận một cách định tính những yếu tố quyết định đến hiệu suất phản xạ của nó.

$$\text{ĐS: } n = 2$$



Bài 8. Một nhiệt kế thủy ngân làm bằng thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$ có thành ngoài và thành trong là hai hình trụ đồng trục có bán kính lần lượt là R, r . Một người quan sát đặt mắt khá xa để quan sát nhiệt kế.

a) Hãy tìm điều kiện về R, r để người quan sát có cảm giác như phần thủy ngân chiếm hết cả nhiệt kế (không thấy phần thủy tinh).

b) Khi bầu của nhiệt kế nằm trong nước đá thì thủy ngân ở vạch 0.

Khi bầu của nhiệt kế nằm trong nước sôi thì thủy ngân ở vạch 100.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Hỏi khi thủy ngân trong nhiệt kế ở vạch t (nhiệt độ biểu kiến) thì nhiệt độ thực tế t_0 là bao nhiêu? Cho biết hệ số nở nhiệt của thủy tinh là β_{tt} và của thủy ngân là β_{Hg} .

c) Hãy đề xuất phương án đo r với các dụng cụ sau đây:

- Một bút đánh dấu bằng mực xanh.
- Một thước kẹp.
- Một kính hiển vi.
- Một tấm thủy tinh mỏng, phẳng, hai mặt song song.

$$\text{ĐS: } a. \frac{R}{r} = n \sin \alpha \leq n; b. t_0 = \frac{t}{1 + (100-t)\beta_{tt}}$$

Bài 9. Cho một thấu kính hội tụ lõm – lồi bằng thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$ (hình vẽ). Mặt lõm có bán kính $R_1 = 5,5$ cm và có đỉnh tại O_1 . Mặt lồi có bán kính R_2 và có đỉnh tại O_2 . Khoảng cách $O_1O_2 = 0,5$ cm. Điểm sáng S được đặt tại đúng tâm của mặt lõm và chiếu một chùm tia có góc mở rộng vào mặt thấu kính.

a) Xét chùm sáng hình nón xuất phát từ S chiếu vào thấu kính với góc giữa đường sinh và trực hình nón là $\alpha = 15^\circ$. Với giá trị $R_2 = 3$ cm, hãy xác định vị trí điểm đầu và điểm cuối của dải các giao điểm của các phương tia sáng ló ra khỏi thấu kính và trực chính.

b) Tìm R_2 sao cho chùm tia ló ra khỏi thấu kính là một chùm tia đồng quy, rộng.

$$\text{Đs: a. } y_1 = 9,35 \text{ cm; } y_2 = \frac{nR_2}{2-n} = 9 \text{ cm; } \Delta y = y_1 - y_2 = 0,35 \text{ cm}$$

$$\text{b. } R_2 = 3,6 \text{ cm}$$

Bài 10. Trích đề thi chọn HSG Vật lí toàn quốc 1992-1993

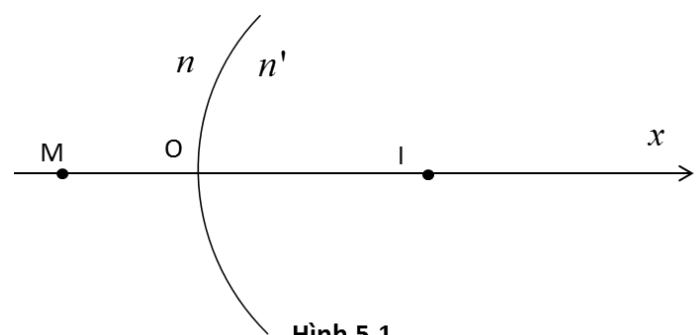
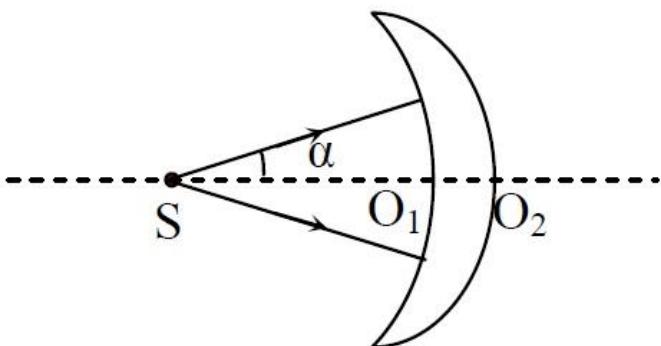
Một mặt cầu bán kính $OI=R$ phân cách hai môi trường trong suốt có chiết suất tuyệt đối n (Hình 5.1). Lấy đỉnh cầu O làm gốc của trực chính, chiều dương hướng sang phải. M là một điểm sáng ở trên trực (ta luôn lấy M ở bên trái O). Gọi bằng d hoành độ của M, bằng d' hoành độ của ảnh M' của M qua mặt cầu. Coi R là giá trị đại số của bán kính cong ($R=\overline{OI}>0$ nếu I ở bên phải O như trong hình ...).

Giả thiết các tia sáng làm với trực chính các góc rất nhỏ, hãy thiết lập công thức liên hệ

d, d' với R, n và n' . Xét cả bốn trường

hợp

- a) $R>0, n< n'$.
- b) $R>0, n> n'$.
- c) $R<0, n< n'$.
- d) $R<0, n> n'$.



Hình 5.1

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: a. $\frac{n-n'}{R} = \frac{n}{d} - \frac{n'}{d'}$; b. $\frac{n-n'}{R} = \frac{n}{d} - \frac{n'}{d'}$; c. $\frac{n-n'}{R} = \frac{n}{d} - \frac{n'}{d'}$; d. $\frac{n-n'}{R} = \frac{n}{d} - \frac{n'}{d'}$.

Bài 11. Một quả cầu trong suốt chiết suất n đặt trong không khí. Trên đường thẳng đứng qua tâm cầu, ở phía trên quả cầu và cách mặt cầu một khoảng h, có đặt vật nhỏ (coi như nguồn sáng điểm). Lúc t = 0 thả vật không vận tốc ban đầu cho rơi tự do. Xác định vận tốc ánh ở thời điểm t trong khi đang rơi. Chỉ xét ảnh do 1 lần khúc xạ.

ĐS: $v = \left| \frac{d(d_2)}{dt} \right| = \frac{ngt}{\left(1 + \frac{(n-1)(gt^2 - h)}{R} \right)^2}$

Bài 12. Chiếu một chùm tia sáng hình trụ bán kính r đến quả cầu trong suốt làm từ chất có chiết suất tuyệt đối n₂ bán kính R (R >> r). Quả cầu được đặt trong môi trường có chiết suất tuyệt đối n₁ có thể thay đổi được (n₁ < n₂). Trục của chùm sáng đi qua tâm C của quả cầu. Tìm hệ thức liên hệ giữa n₁ và n₂ để:

1. Chùm tia hội tụ tại một điểm bên trong quả cầu.
2. Chùm tia hội tụ tại một điểm cách tâm một khoảng R/2.

ĐS : 1. n₂ ≥ 2n₁; 2. n₂ = 3n₁

Bài 13. Trên thành của một bể nước có một lỗ tròn được che kín bằng một thấu kính hai mặt cầu lõm cùng bán kính R = 50cm. Tìm tiêu cự của thấu kính. Biết chiết suất của thuỷ tinh làm thấu kính và nước lần lượt là n₁ = 1,5; n₂ = 4/3.

ĐS: Trường hợp môi trường tới là không khí $f = \frac{n_2 R}{n_2 - 2n_1 - n_0} = -100(\text{cm})$

Trường hợp môi trường tới là nước $f' = \frac{n_0 R}{n_0 - 2n_1 + n_2} = -75(\text{cm})$

Bài 14. Một khối thuỷ tinh chiết suất n = 1,53, hình trụ thẳng, đường kính đáy D = 70,4 mm, chiều cao h = 40 mm, đáy trên được mài lõm thành một chỏm cầu lõm, đỉnh ở trên trục hình trụ, sâu 21 mm. Hình trụ được đặt thẳng đứng và mặt lõm được đổ đầy nước. Cho một chùm sáng song song, hẹp qua khối thuỷ tinh, theo trục hình trụ. Xác định khoảng cách từ mặt lõm của chùm sáng tới điểm gắp nhau của đường kính dài các tia ló.

ĐS: Khi chùm sáng đi từ trên xuống F₁ ở cách mặt nước: 172,5mm.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Khi chùm sáng đi từ dưới lên, F_2 cách đáy thủy tinh về phía dưới 175,8mm.

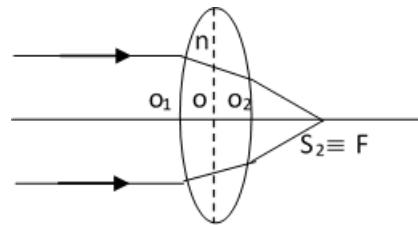
Bài 15. Cho một mặt cầu khúc xạ 2 mặt lồi (thấu kính dày) có đường kính bẹ mặt là $2R$, bẹ dày

$e = \overline{O_1 O_2}$ làm bằng thủy tinh chiết suất n . Hãy tìm tiêu cự của thấu kính theo R , e , n theo 2 phương pháp quang hình và quang lý.

Chú ý:

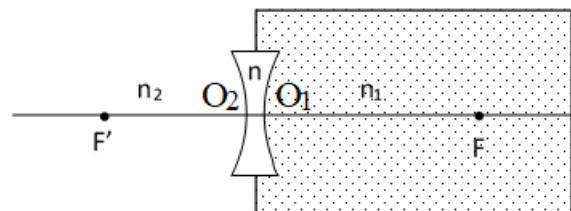
* Theo quan điểm quang hình học, ảnh của một điểm sáng là giao của các tia sáng.

* Theo quan điểm quang lý, ảnh của một điểm sáng là điểm cực đại của giao thoa các sóng thứ cấp. (hãy chứng minh thời gian truyền sáng từ 1 điểm bất kỳ trên mặt sóng tới điểm cực đại không phụ thuộc vào vị trí của tia).



$$\text{ĐS: } f = \frac{e}{2} + \frac{R}{(n-1)} \cdot \frac{e(n-1)-Rn}{e(n-1)-2Rn}$$

Bài 16. Trên thành một bể nước có một lỗ tròn được che kín bằng thấu kính hai mặt cầu lõm cùng bán kính $R = 50\text{cm}$, Chiết suất của thủy tinh làm thấu kính $n = 1,5$; chiết suất không khí $n_2 = 1$; chiết suất nước trong bể $n_1 = \frac{4}{3}$.



a. Tính tiêu cự của thấu kính nói trên.

b. Một con cá bơi dọc theo trục chính của thấu kính về phía thấu kính với tốc độ $v_0 = 0,6\text{m/s}$. Tính tốc độ dịch chuyển của ảnh khi cá cách thấu kính 50cm.(coi cá như một điểm sáng)

ĐS: a. $f = -100\text{cm}$; b. $v = 0,2\text{m/s}$.

Bài 17. Trên mặt gương phẳng nằm ngang đặt một thấu kính hai mặt lồi như nhau (hình a) thì một điểm sáng trên trục chính cách thấu kính $d_1 = 8\text{cm}$ cho ảnh trùng với vật. Người ta đổ nước trên mặt gương sao cho mức nước trùng với mặt phẳng đối xứng của thấu kính (hình b) thì một điểm sáng trên trục chính cách thấu kính $d_2 = 12\text{cm}$ cho ảnh trùng với vật. Người ta đổ nước ngập thấu kính hỏi phải đặt điểm sáng



Hình a



Hình b

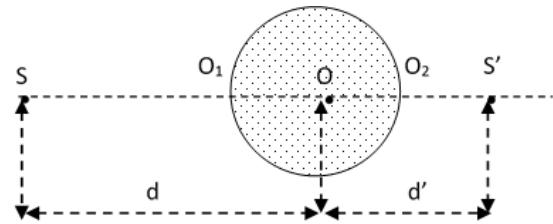
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ở đâu trên trục chính để cho ảnh trùng với vật. Chiết suất của không khí $n_1 = 1$; chiết suất thấu kính $n = 1,5$; chiết suất nước $n_2 = \frac{4}{3}$

ĐS : 32cm

Bài 18. Xây dựng công thức thấu kính cầu.

Xét một khối cầu trong suốt chiết suất n , bán kính R đặt trong không khí có chiết suất bằng 1 (thấu kính cầu). Một điểm sáng S nằm trên trục chính của thấu kính, cách tâm thấu kính một khoảng d cho ảnh S' cách tâm thấu kính một khoảng d' . Tìm công thức thấu kính cầu.



$$\text{ĐS: } \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{2}{R} \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

Bài 19. Một bình cầu bằng thủy tinh mỏng bán kính R đựng đầy chất lỏng có chiết suất n và đặt trong không khí. Chiếu một chùm tia hẹp, song song với quang trục chính đi qua bình cầu cho một điểm sáng cách tâm của bình cầu một khoảng $2R$.

a. Xác định chiết suất n của chất lỏng.

b. Giả sử $R = 10\text{cm}$. Thay chất lỏng trên bằng rượu etylic thì điểm sáng dịch lại gần bình cầu một đoạn $e = 1,2\text{cm}$. Hãy xác định chiết suất n' của rượu etylic.

$$\text{ĐS: a. } n = \frac{4}{3}; \text{ b. } n' = 1,36$$

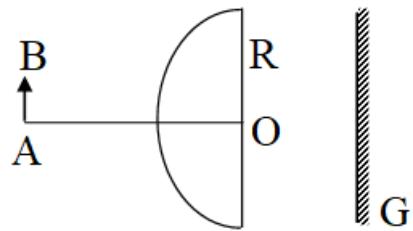
Bài 20. Một quả cầu bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$; bán kính $R = 4\text{cm}$. Một vật AB đặt vuông góc với quang trục chính và cách mặt trước quả cầu một khoảng 6cm . Ảnh của AB cách mặt sau quả cầu một khoảng bằng bao nhiêu và số phóng đại dài của ảnh bằng bao nhiêu?

ĐS: 11cm ; $k = -1,5$

Bài 21.

Một bán cầu thủy tinh bán kính R , chiết suất n có mặt phẳng tráng bạc đặt trong không khí. Một vật AB có độ cao bằng $h \ll R$ được đặt vuông góc với trục bán cầu và cách đỉnh O của bán cầu một đoạn $2R$. Xác định vị trí, chiều và độ cao ảnh của vật tạo bởi bán cầu.

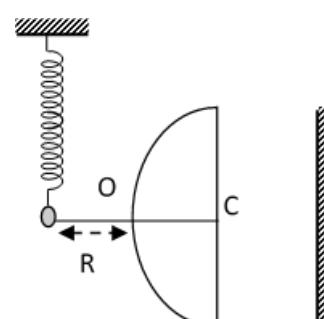
Áp dụng: $n = 1,5$; $R = 5\text{cm}$; $h = 1\text{mm}$.



ĐS: Vậy ảnh trùng vị trí vật và ngược chiều và có độ lớn bằng vật

Bài 22.

Một vật sáng có khối lượng m , coi như một chất điểm được gắn dưới một lò xo có hệ số đàn hồi k có khối lượng không đáng kể. Khi dao động, vật có vị trí cân bằng nằm trên đường thẳng kéo dài của bán kính OC của một bán cầu bằng thủy tinh. Bán cầu có bán kính R , chiết suất $n = 1,5$. Khoảng cách từ vị trí cân bằng của vật sáng tới O là R . Mặt phẳng bán cầu được tráng bạc (như hình vẽ). Ta chỉ xét ảnh của vật tạo bởi các tia đi từ vật đến bán cầu với góc tới nhỏ. Coi chiết suất của không khí bằng 1.



- Xác định vị trí ảnh của vật khi ở vị trí cân bằng.
- Khi vật sáng dao động với biên độ A (A có giá trị nhỏ) thì ảnh của vật dao động với tốc độ cực đại bằng bao nhiêu?

ĐS: a. $d_3 = 5R$; b. $v_{\max} = 3A\sqrt{\frac{k}{m}}$

Bài 23.

Một thấu kính phẳng – lồi làm bằng thủy tinh (chiết suất $n_1 = 1,5$) và có bán kính mặt lồi $R = 40\text{cm}$.

a) Thấu kính được đặt sao cho mặt phẳng của nó tiếp xúc với mặt nước (có chiết suất $n_2 = \frac{4}{3}$) và mặt lồi tiếp xúc với không khí, hình a. Chiếu một chùm tia sáng đơn sắc hẹp, song song với trục chính của thấu kính và rất gần trục, đi từ không khí vào nước; chùm này hội tụ tại điểm M. Tính khoảng cách OM từ đỉnh O của mặt lồi thấu kính đến điểm M.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b) Bây giờ đặt thấu kính sao cho mặt phẳng của nó tiếp xúc với không khí còn mặt lồi với nước, hình vẽ b. Tính OM' .

c) Trong câu a), thay nước bằng chất lỏng có chiết suất n_3 . Biết $OM = 128\text{cm}$, tính n_3 .

d) Nếu dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng lớn hơn thì trong câu c), n_3 tăng hay giảm?

ĐS: a. $OM = 106,4\text{cm}$; b. $OM' = 313\text{cm}$; c. $n_3 = 1,6$; d. n_3 giảm

Bài 24.

Một thấu kính mỏng phẳng – lồi làm bằng thủy tinh có bán kính mặt lồi $R = 20\text{(cm)}$.

a. Thấu kính được đặt sao cho mặt phẳng tiếp xúc với mặt nước và mặt lồi tiếp xúc với không khí (*hình a*).

Người ta chiếu một chùm tia sáng đơn sắc hẹp song song với trục chính của thấu kính và rất gần trục, đi từ không khí vào nước. Chùm này hội tụ ở điểm M.

Tính khoảng cách từ M đến đỉnh S của thấu kính.

Biết chiết suất của không khí là 1, của thủy tinh là 1,5, của nước là 4/3.

b. Nếu mặt phẳng của thấu kính tiếp xúc với không khí, mặt lồi với nước (*hình b*) thì SM bằng bao nhiêu ?

ĐS: a. $SM=160/3\text{ cm}$; b. $SM=160\text{cm}$

Bài 25. Thấu kính mỏng có 2 mặt cầu lồi bán kính R_1, R_2 làm từ thủy tinh, bề dày thấu kính là $d = 4\text{(mm)}$, đường kính $D = 4\text{(cm)}$. Đặt thấu kính sao cho trục chính thẳng đứng, một phần ngập trong nước với quang tâm nằm ngay trên nước. Khi mặt trời lê đến đỉnh đầu thì ảnh của nó cho bởi thấu kính xuất hiện ở độ sâu $h_1 = 20\text{(cm)}$ so với mặt nước. Nếu đảo ngược thấu kính sao

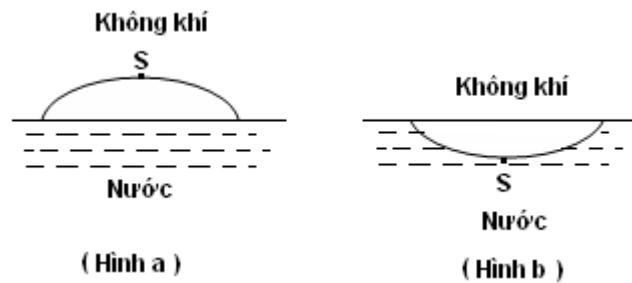
cho phân trên ngập chìm trong nước thì ảnh của mặt trời lại xuất hiện ở độ sâu $h_2 = \frac{40}{3}\text{(cm)}$.

Cho chiết suất của nước là $\frac{4}{3}$. Xác định chiết suất của thủy tinh làm thấu kính và bán kính hai mặt cầu.

$$\text{ĐS: } n = \frac{19}{12} \approx 1,58; R_2 = \frac{20}{3}\text{(cm)}, R_1 = 20\text{(cm)}$$

Bài 26. Một bình thủy tinh hình cầu, đường kính 10 cm chứa đầy nước, chiết suất $n = 4/3$. Trong bình có một cánh hoa nhỏ, coi như một vật phẳng AB. Xác định vị trí và số phóng đại của ảnh cánh hoa, trong hai trường hợp :

a. Cánh hoa đặt đúng tâm hình cầu.

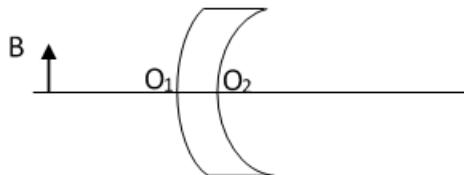


BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b. Cánh hoa đặt cách tâm hình cầu 1 cm, về phía người quan sát. Bỏ qua độ dày của vỏ bình cầu.

ĐS: a. $d' = -5\text{cm}$; $k = 4/3$; b. $d' = -3,75\text{cm}$; $k = 1,25$.

Bài 27. Một thấu kính dày có một mặt cầu lồi và một mặt cầu lõm (*Hình vẽ*). Chiết suất thấu kính là n . Bán kính mặt cầu lồi lớn hơn bán kính mặt cầu lõm là ΔR . Hãy tính bề dày e của đoạn trực chính nối giữa hai đỉnh O_1O_2 của mặt cầu để số phóng đại ánh cho bởi thấu kính trên không phụ thuộc vào vị trí đặt vật AB trên trực chính và trước thấu kính. Áp dụng bằng số: $\Delta R = 1,5\text{cm}$; $n = 1,5$.



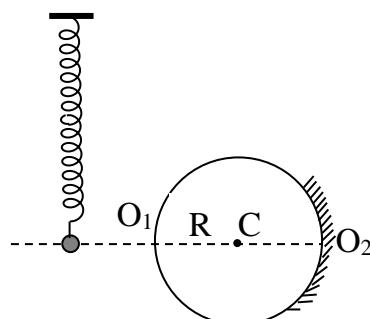
$$\text{ĐS: } e = \frac{n\Delta R}{n-1} = 4,5\text{cm}$$

Bài 28. (Trích đề thi HSG Quốc gia môn Vật lý năm 2005) Một vật sáng có khối lượng m , coi như một chất điểm, được gắn dưới một lò xo có độ cứng k và có khối lượng không đáng kể. Khi dao động, vật có vị trí cân bằng nằm trên đường thẳng kéo dài của đường kính O_1O_2 của một quả cầu thủy tinh. Quả cầu có bán kính R , chiết suất $n = 1,5$. Khoảng cách từ vị trí cân bằng của vật sáng tới O_1 là R . Mặt sau quả cầu được tráng bạc như *Hình 8*. Chỉ xét ảnh của vật sáng tạo bởi các tia đi từ vật đến quả cầu với góc tới nhỏ. Coi chiết suất của không khí bằng 1.

a. Xác định vị trí ảnh của vật sáng khi vật ở vị trí cân bằng.

b. Khi vật sáng dao động với biên độ A (A có giá trị nhỏ) thì ảnh của vật dao động với vận tốc cực đại bằng bao nhiêu?

$$\text{ĐS: a. } \frac{13R}{7}; \text{ b. } v_{max} = \frac{3A}{7} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

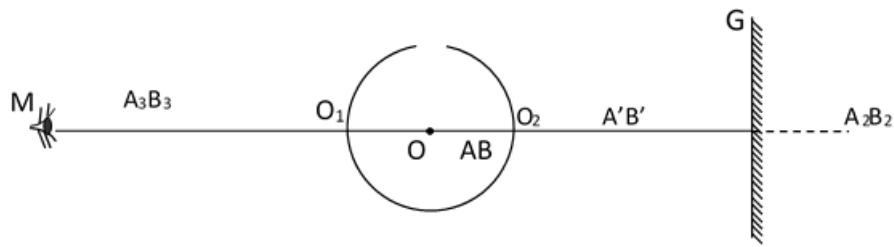


Hình 8

Bài 29. (Trích đề thi Vật lý Quốc tế năm 1971) Một bể cá hình cầu làm bằng thủy tinh mỏng chứa đầy nước có chiết suất $n = 4/3$, đặt trước một gương phẳng đứng thẳng. Bán kính bể là R , khoảng cách từ tâm bình cầu đến gương là $3R$. Quan sát viên ở khoảng cách lớn nhìn theo đường kính hình cầu vuông góc với gương. Ở điểm trên đường kính ngược với phía có quan sát viên, có một con cá bắt đầu bơi theo thành bể, vuông góc với đường kính, với vận tốc v . Những ảnh của con cá mà quan sát viên trông thấy sẽ ra xa nhau với vận tốc tương đối v_{td} bằng bao nhiêu?

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS : } v_{td} = \frac{8v}{3}.$$



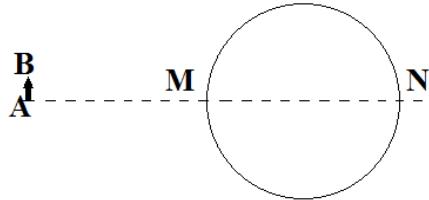
Bài 30. Một quả cầu đồng chất, làm bằng chất trong suốt, tâm O, bán kính R chiết suất n đặt trong không khí. Một vật sáng AB dạng đoạn thẳng nhỏ, đặt vuông góc với một đường kính MN của quả cầu, có A nằm trên đường thẳng qua MN, A cách điểm M một đoạn d (Hình 5a). Ta chỉ xét những chùm sáng hẹp gần đường thẳng MN, xuất phát từ AB chiếu đến quả cầu, sau khi khúc xạ cho ảnh A'B'.

1. Khi $d=2R$. Hãy xác định vị trí ảnh A'B' của vật AB qua quả cầu. Từ đó suy ra số phóng đại ảnh k.

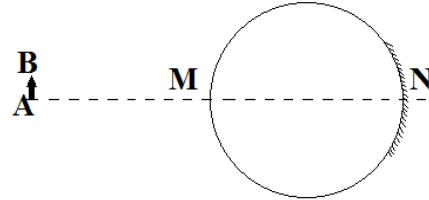
2. Sau đó người ta phủ một lớp bạc lên mặt cầu, tạo thành một chỏm cầu được mạ bạc, có N nằm chính giữa chỏm cầu đó (Hình 5b). Khi đó mọi chùm sáng phát ra từ AB và song song với MN, sau khi khúc xạ qua mặt cầu, phản xạ trên lớp bạc, rồi ló ra khỏi mặt cầu đều song song với đường thẳng MN.

a. Hãy xác định chiết suất n của quả cầu.

b. Nếu nhận xét về số phóng đại ảnh k trong trường hợp này?



Hình 5a



Hình 5b

ĐS: 1. $d_2' = \frac{2R(n-3)}{6-5n}$; $k = \frac{n}{6-5n}$; 2a. $n = 2$; 2b. số phóng đại $k=-1$ và không phụ thuộc vào vị trí vật trước quả cầu.

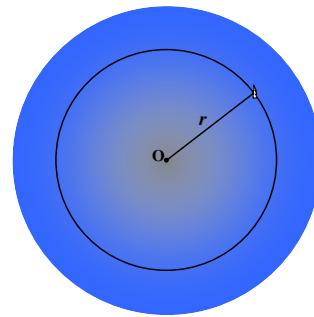
VIII.5. NGUYÊN LÍ FECMA- HUYGHEN

Bài 1. Một khối trụ được làm bằng chất liệu trong suốt, nhưng chiết suất của nó giảm chậm khi tăng khoảng cách đến trục của khối trụ theo quy luật $n(r) = n_0(1 - \gamma r)$, (Xem hình 19) trong đó n_0 và γ là các hằng số đã biết.

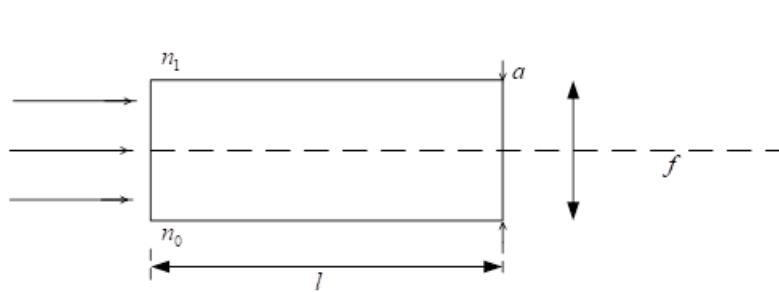
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Hỏi cần phải tạo ra một chớp sáng ở cách trực khối trục một khoảng bằng bao nhiêu để một số tia sáng có thể lan truyền theo vòng tròn xung quanh một tâm nằm trên trục hình trụ

$$\text{ĐS: } r = \frac{1}{2\gamma}$$



Bài 2. Chiếu khói chất thủy tinh hưu cơ bằng một chùm sáng song song và màn ảnh đặt tại tiêu diện của thấu kính sau đó đốt nóng một phía khói thủy tinh. (Xem hình 21). Do sự đốt nóng không đều nên chiết suất của khói bắt đầu thay đổi một cách tuyến tính từ $n_0 = 1,5$ từ một phía đến $n_1 = n_0 + \delta n$ với $\delta n = 2,0 \cdot 10^{-4}$ ở phía bên kia. Hướng biến thiên của nhiệt độ vuông góc với phương truyền sáng. Hỏi bức tranh trên màn sẽ thay đổi thế nào sau khi đốt nóng khói thủy tinh. Biết độ dày của khói thủy tinh là $d = 4\text{cm}$.



$$\text{ĐS: Để thấy ảnh trên màn sẽ dịch lên phía trên một đoạn: } \alpha \cdot f = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

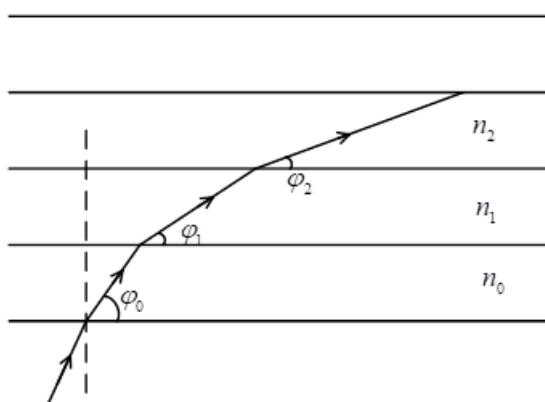
Bài 4. Khi đi trên sa mạc có thể quan sát thấy ảo ảnh của biển (Một vùng đất trước mắt mình nhìn lấp lánh giống như biển). Ở khoảng cách nào tính từ người quan sát xuất hiện hiện tượng này, nếu giả thiết vận tốc ánh sáng trong lớp không khí gần mặt đất thay đổi theo quy luật $c(z) = c_0(1 - az)$. Trong đó c_0 là vận tốc ánh sáng ở gần bề mặt trái đất, z là độ cao so với mặt đất. Khoảng cách từ mặt tới mặt đường là h .

$$\text{ĐS: } L = \frac{h(1 - az)}{\sqrt{az(2 - az)}}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 5. Một khối vật liệu gồm các tấm mỏng phẳng, trong suốt, có độ dày như nhau $d = 0,1\text{mm}$, đặt chồng khít lên nhau. Lớp dưới cùng có chiết suất $n_0 = 1,41$. Các tầng trên thứ k có chiết suất $n_k = n_0 - kv$, $v = 0,025$. Cho tia sáng chiếu vào điểm O dưới góc tới $i = 60^\circ$. Hỏi tia sáng này chiếu vào khối vật liệu đó tới độ sâu lớn nhất là bao nhiêu?

ĐS: 2,2mm.



Bài 6.

a) Chứng minh rằng thời gian truyền ánh sáng qua mặt phân cách giữa hai môi trường từ điểm A (nằm trong môi trường có vận tốc truyền ánh sáng là v_1) đến điểm B (trong môi trường có vận tốc truyền ánh sáng là v_2) là cực tiểu theo quỹ đạo ACB thoả mãn định luật khúc xạ :

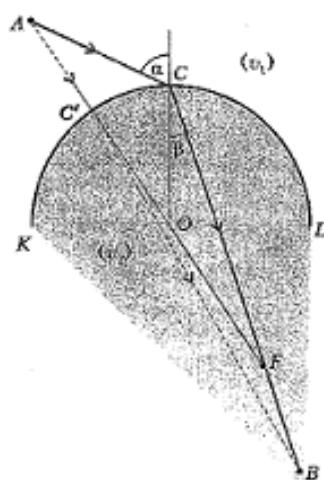
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const}$$

b) Từ điều kiện thời gian ánh sáng truyền qua mặt phân cách từ điểm A đến điểm B là cực tiểu hãy rút ra định luật khúc xạ.

Bài 7. Giả sử B là ảnh thực của điểm A khi chùm sáng khúc xạ trên bề mặt của bán cầu KCL (hình 10). Chứng minh rằng thời gian ánh sáng truyền giữa hai điểm A và B cố định theo hai đường ACB và $AC'B$ là như nhau. Xem các α và β là nhỏ.

Bài 8.

Chứng minh rằng thời gian ánh sáng truyền qua mặt bán cầu KCL ngăn cách hai môi trường (hình 12) từ điểm A đến điểm B nằm sau ảnh thực F của điểm A là cực đại nếu ánh sáng truyền theo đường ACB thoả mãn định luật khúc xạ $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const.}$



Bài 9. Chiết suất của không khí ở nhiệt độ 300K và áp suất 1atm là $1,0003$ đối với ánh sáng ở khoảng giữa của quang phổ nhìn thấy. Giả thiết khí quyển là đẳng nhiệt ở nhiệt độ 300K , hãy tính xem khí quyển của trái đất cần phải có mật độ lớn hơn bao nhiêu lần để ánh sáng bị uốn theo mặt cong của quả đất tại mực nước biển? (Nguyên tắc: khi trời quang mây có thể ngắm mặt trời lặn cả đêm, tuy rằng hình ảnh của mặt

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

trời khi đó bị nén mạnh theo phương thẳng đứng). Giả thiết chiết suất n có tính chất là $n-1$ tỷ lệ với mật độ; độ cao $1/e$ của khí quyển đẳng nhiệt này là 8700m.

$$\text{ĐS: } \frac{\rho}{\rho_0} = 4,53$$

Bài 10. Cho rằng khí quyển gồm những lớp cầu đồng chất mà chiết suất giảm dần theo độ cao: $n_z = n_0 - az$; a là hằng số; $az \ll n_0$. Từ độ cao $z = h_0$, người ta chiếu một tia sáng theo phương nằm ngang nằm trong mặt phẳng kinh tuyến. Tìm h_0 sao cho tia sáng đi được vòng tròn quanh quả đất.

$$\text{ĐS: } h = z = \frac{n_0 - aR}{2a} = \frac{1}{2} \left(\frac{n_0}{a} - R \right)$$

Bài 11. Coi khí quyển trái đất như một lớp trong suốt có chiết suất giảm theo độ cao theo quy luật: $n = n_0 - ah$. với n là chiết suất của khí quyển ở độ cao h so với mặt đất; n_0 là chiết suất của khí quyển tại mặt đất; a là hệ số không đổi, n và n_0 có trị số luôn lớn hơn 1 một chút, còn ah luôn rất nhỏ so với 1. Bán kính trái đất là R .

1. Một tia sáng phát ra từ một điểm A , ở độ cao h_0 chiếu theo phương nằm ngang, trong một mặt phẳng kinh tuyến. Tính h_0 để tia sáng đi theo đúng một vòng tròn quanh trái đất, rồi trở lại A .

2. Một tia sáng khác phát ra từ một điểm B ở độ cao h bất kỳ trong một mặt phẳng kinh tuyến. làm với đường thẳng đứng tại đó một góc i_0 ; Tính i_0 để tia sáng đi qua điểm B nằm xuyên tâm đối với B , sau khi phản xạ một lần trên tầng cao của khí quyển.

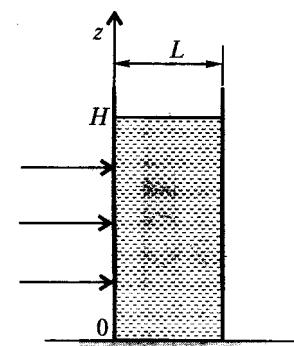
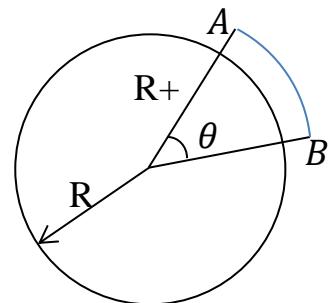
3. Giả sử mô hình trên phù hợp với thực tế. khi đó có thể thực hiện được cả hai thí nghiệm ở trên được không?

$$\text{ĐS: a. } h = \frac{n_0}{2a} - \frac{R}{2}; \text{ b. } i_0 = \pi \left(1 - \frac{aR}{2n_0} \right); \text{ c. Không}$$

Bài 12.

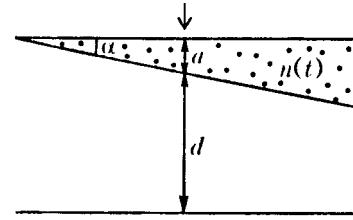
Một bình trong suốt có dạng hình hộp chữ nhật, chứa đầy một dung dịch muối có khối lượng riêng (sau đây để cho gọn sẽ gọi là mật độ) thay đổi theo độ cao z . Chiếu một chùm sáng song song đơn sắc vuông góc với mặt bên của bình. Sự phụ thuộc của chiết suất dung dịch vào độ cao z có dạng $n_z = n_0 - \frac{n_0 - n_1}{H} z$, trong đó n_0 , n_1 và H là các hằng số. Bề rộng của bình là L . Hãy xác định góc lệch của chùm ló.

$$\text{ĐS: } \psi = \arcsin \left(\frac{n_0 - n_1}{H} L \right)$$



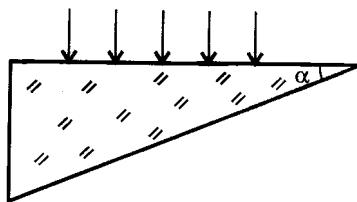
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 13. Trong một nêm trong suốt có một chất lỏng có thành phần không đổi chảy theo phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, sao cho chiết suất n của nó thay đổi theo thời gian t theo quy luật $n(t) = 1 + n_0 t / \tau$, trong đó n_0 và τ là các hằng số. Người ta chiếu một chùm sáng hẹp vuông góc tới nêm và sau khi qua nêm tới một màn ảnh. Cho góc α ở đỉnh của nêm là nhỏ, độ dày của nêm tại chỗ ánh sáng chiếu tới là a , còn khoảng cách từ nêm tới màn là $d \gg a$. Hãy tìm vận tốc chuyển động của vết sáng trên màn. Gợi ý: với những giá trị nhỏ của góc α , có thể dùng công thức gần đúng $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$.



$$\text{ĐS: } v = \frac{n_0 \alpha d}{\tau}$$

Bài 14. Một chùm sáng song song đơn sắc chiếu vuông góc tới mặt trên của một nêm trong suốt có góc nghiêng α (H.1). Hãy xác định góc lệch của chùm sáng sau khi đi qua nêm, biết rằng chiết suất của chất làm nêm bằng n .



Hình 1.

$$\text{ĐS: } \psi = \varphi - \alpha = \arcsin(n \sin \alpha) - \alpha$$

CHƯƠNG IX CHIẾT SUẤT THAY ĐỔI

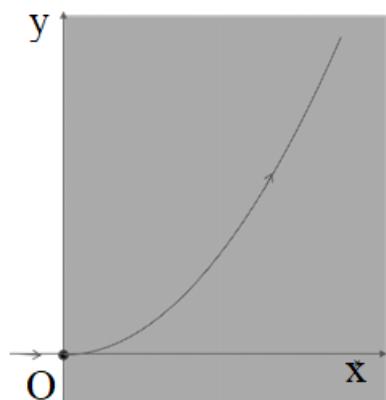
IX.1. XÁC ĐỊNH QUY LUẬT BIẾN ĐỔI CHIẾT SUẤT

Bài 1. Một môi trường trong suốt có chiết suất n biến thiên theo biến số y . Một tia sáng đơn sắc được chiếu vuông góc với mặt phẳng giới hạn môi trường tại điểm $y=0$. Chiết suất của môi trường tại đó có giá trị n_0 .

a) Chứng tỏ rằng tia sáng bị uốn cong trong môi trường trong suốt này.

b) Định $n=f(y)$ để tia sáng truyền trong môi trường theo một parabol.

$$\text{ĐS: } n(y) = n_0 \sqrt{1 + 4ay}.$$



Bài 2. Biết chiết suất của môi trường phụ thuộc vào y : $n = n(y)$.

1) Tìm n để đường truyền ánh sáng là một phần của đồ thị parabol:

$$y = ax^2 + bx + c$$

2) Tìm n để đường đi tia sáng là một phần của đường tròn:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

3) Tìm n để đường đi tia sáng là một phần của đường hyperbol:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

ĐS: a. $n = n_0 \sin i_0 \sqrt{1 + b^2 - 4a(c - y)}$; b. $n = n_0 \sin i_0 \frac{R}{|y - y_0|}$; c. $n = n_0 \cdot \sin i_0 \sqrt{1 + \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{(y^2 + b^2)}{y^2}}$

Bài 3. Tìm quy luật biến đổi của chiết suất n để đường đi của tia sáng là một phần của đường tròn $(x-a)^2 + (y-b)^2 = R^2$

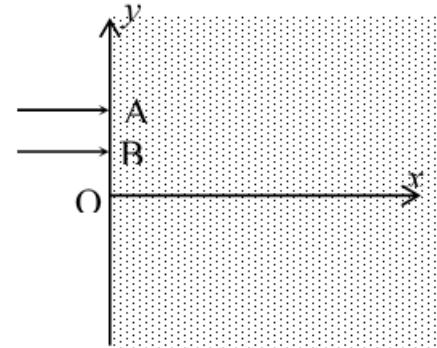
Bài 4.

Một tia sáng chiếu từ không khí vuông góc lên mặt phẳng mặt ngăn cách môi trường có chiết suất $n(y)$ phụ thuộc vào tọa độ y tại điểm A, với $OA = a$ (xem hình 3).

1. Tìm dạng hàm $n(y)$ để tia sáng truyền trong môi trường này theo đường hình sin được mô tả bởi phương trình $y = a \cos(\omega x)$, trong đó ω là hằng số. Cho n_A là chiết suất của môi trường tại A.

2. Có thể tồn tại hàm $n(y)$ chung cho hai tia sáng bất kì chiếu vuông góc đến mặt phân cách (ví dụ hai tia sáng A và B) như trên hình vẽ hay không? Giải thích.

ĐS: 1. $n_y = n_A \sqrt{1 + \omega^2 (a^2 - y^2)}$



Bài 5. Một tia sáng chiếu vuông góc lên mặt phẳng ngăn cách môi trường có chiết suất $n(y)$ phụ thuộc vào tọa độ y tại điểm A.

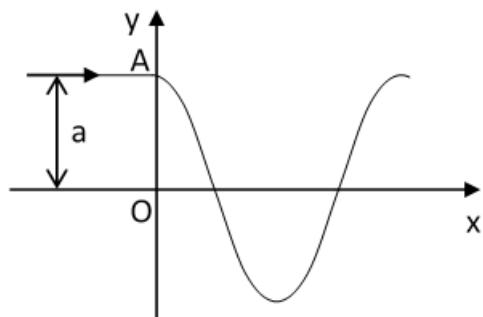
Dạng của hàm $n(y)$ phải như thế nào để trong môi trường này, tia sáng truyền theo dạng hàm sin?

Cho: - Chiết suất tại A là n_A .

- Phương trình đường truyền tia sáng có

dạng: $y = a \sin(kx + \frac{\pi}{2})$

ĐS: $n_y = n_A \sqrt{1 + k^2 (a^2 - y^2)}$



Bài 6.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Quỹ đạo của tia sáng truyền trong môi trường không đồng nhất được cho bởi phương trình $x = A \cdot \sin \frac{y}{B}$ trong đó A và B là hai hằng số dương. Hãy lập biểu thức của chiết suất n trong không gian giới hạn bởi hai mặt phẳng $x = A$ và $x = -A$. Giả sử rằng n chỉ phụ thuộc vào x và tại $x = 0$ thì giá trị $n = n_0$. Hãy vẽ đồ thị $n = n(x)$ trong đoạn $[-A, A]$

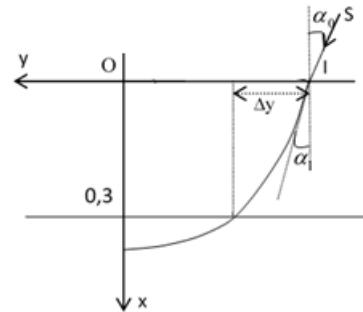
$$\text{ĐS: } n_{(x)} = n_0 \left[1 - \frac{x^2}{A^2 + B^2} \right]^{1/2}$$

IX.2. PHƯƠNG TRÌNH ĐƯỜNG TRUYỀN ÁNH SÁNG

Bài 1. Một tia sáng SI đi từ không khí dưới góc tới $\alpha_0 = 30^\circ$ vào một bản mặt song song có bề dày 0,3m với chiết suất thay đổi theo độ sâu x với quy luật $n = \frac{4}{1 + \frac{x}{x_0}}$ (hình 3), trong đó $x_0 = 0,1\text{m}$. Xác định quỹ đạo

của tia sáng trong bản mặt? Tia sáng có thể đạt tới độ sâu nào và bị lệch bao nhiêu so với điểm tới? Cho $OI = \sqrt{0,63}$ (m), chiết suất không khí bằng 1.

$$\text{ĐS: } f(x) = -\sqrt{0,64 - (x + 0,1)^2}; \Delta y \approx 0,1009\text{m.}$$

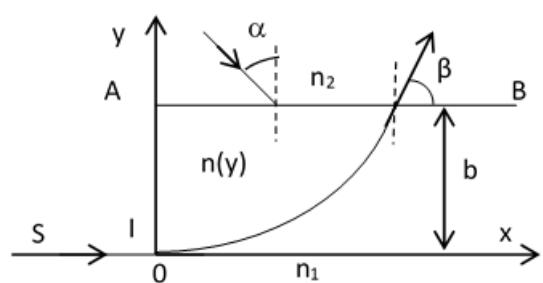


Bài 2. Chiếu một tia sáng đơn sắc tới mặt AB của bản mặt song song có bề dày b = 1m dưới một góc α như hình vẽ. Chiết suất của bản đối với tia sáng đơn sắc này biến đổi theo qui luật $n_{(y)} = n_0 \sqrt{1 + \frac{y}{b}}$ với $n_0 = 1$, $n_2 = \sqrt{2}$.

a. Xác định điều kiện của α để tia sáng không xuyên qua được bản mặt song song.

b. Chiếu tia sáng đơn sắc SI (chiết suất của bản mặt song song đối với tia sáng đơn sắc này biến đổi theo qui luật trên) vuông góc với mặt giới hạn tại O có chiết suất $n_0 = 1$, sau đó ló ra ở mặt AB với góc β như hình vẽ.

- Xác định góc lệch của tia sáng so với phương ban đầu.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

- Xác định phương trình đường cong tia sáng truyền trong bản.

$$\text{ĐS: a. } 45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ; \text{ b. } \beta = 45^\circ; y = \frac{x^2}{4b}$$

Bài 3. Một chùm sáng hẹp chiếu vuông góc tới một bản 2 mặt song song ở điểm A($x = 0$). Chiết suất của bản biến đổi theo công thức $n_x = \frac{n_A}{1 - \frac{x}{R}}$

; n_A và R là những hằng số. Chùm sáng rời bản tại B theo góc α và ló ra không khí.

1) Tìm chiết suất của bản mặt tại điểm B, nơi tia sáng ló ra.

2) Xác định toạ độ x_B của điểm B.

3) Xác định chiều dày d của bản mặt.

Biết: $n_A = 1,2$; $R = 13\text{cm}$; $\alpha = 30^\circ$.

ĐS: 1. 1,3; 2. 1cm; 3. 5cm

Bài 4.

Một chùm sáng đơn sắc, hẹp (coi là một tia sáng) chiếu đến một quả cầu trong suốt với góc tới i ($0 < i < 90^\circ$).

Coi chiết suất của quả cầu phụ thuộc vào bán kính quả cầu theo công thức $n_{(r)} = \frac{R + a}{r + a}$ với R bán kính quả cầu, a là hằng số, r là khoảng cách từ tâm cầu tới điểm có chiết suất n . Tia sáng bị khúc xạ trong quả cầu. Xác định khoảng cách nhỏ nhất từ tâm cầu đến tia khúc xạ. Vẽ dạng đường truyền của tia sáng trong quả cầu.

$$\text{ĐS: } r_{\min} = \frac{aRn_0 \sin i}{a + R(1 - \sin i)}$$

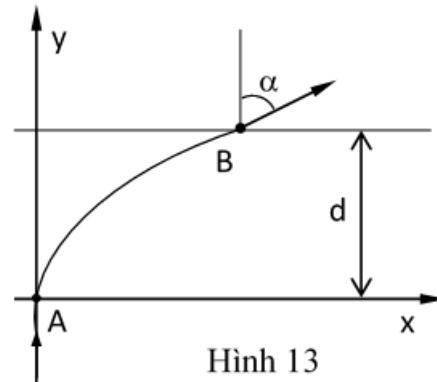
Bài 5.

Cho một khối thuỷ tinh trong suốt dạng hình lăng trụ đứng có đáy dạng một phần của hình tròn (Hình 3) và chiều cao là H được đặt trong không khí. Bán kính cong của đáy là R , độ rộng $L = R$. Chọn hệ trục toạ độ $0xyz$ sao cho mặt phẳng $y0z$ trùng với mặt phẳng bên của lăng trụ, gốc 0 nằm tại tâm mặt phẳng và mặt $x0y$ song song với mặt phẳng đáy của lăng trụ. Biết vật liệu làm lăng trụ có chiết suất phụ thuộc vào toạ độ x theo công thức:

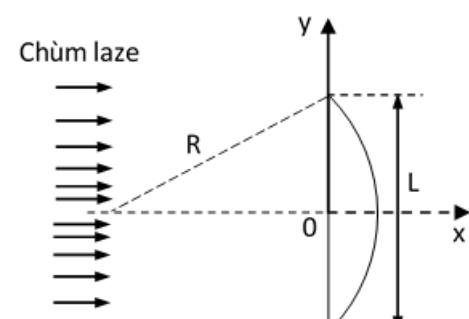
$$n(x) = \sqrt{3} + \frac{2x}{R}. \text{ Người ta chiếu một chùm tia laze rộng,}$$

song song với trục $0x$ tới vuông góc với mặt phẳng $y0z$ của lăng trụ. Coi rằng các tia laze không bị phản xạ trên các bờ mặt lăng trụ.

Các tia ló khỏi lăng trụ cắt mặt phẳng $x0z$ trong vùng nào?



Hình 13



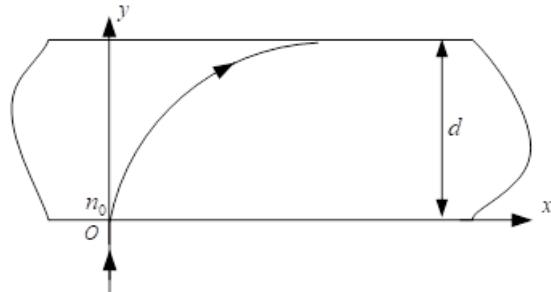
Hình 3.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: Các tia ló khỏi lăng trụ cắt mặt phẳng x_0z trong một vùng hình chữ nhật, có cạnh hướng theo trục Oz là H và cạnh hướng theo trục Ox là tập các điểm thỏa mãn điều kiện

$$\frac{\sqrt{3}}{2}R \leq x_C \leq \left(2 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)R$$

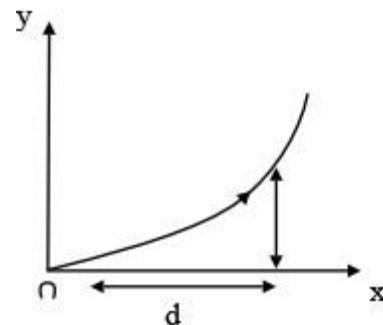
Bài 6. Một chùm sáng hẹp tới đập vuông góc với một bản hai mặt song song bề dày d ở điểm A ($x = 0$). (Hình 27). Chiết suất của bản biến đổi theo công thức $n = \frac{n_0}{1 - \gamma x}$, trong đó n_0, γ là các hằng số dương. Hãy xác định quỹ đạo tia sáng.



ĐS: Quỹ đạo là một đường tròn có tâm I nằm trên trục Ox, bán kính $R = \frac{1}{\gamma}$;

Bài 7. Chiết suất của không khí tại một sân bay phụ thuộc vào độ cao y theo công thức $n = n_0(1 + ay)$ trong đó hằng số $a = 1,5 \cdot 10^{-6} m^{-1}$, n_0 là chiết suất không khí tại mặt đất. Một người đứng trên đường băng, độ cao mặt của anh ta so với mặt đất là 1,7 m. Tính độ dài d mà anh ta nhìn rõ trên đường băng?

ĐS: 1500m



Bài 8. Giả sử chiết suất n của không khí giảm dần theo độ cao r theo quy luật $n = n_0 - \alpha(r - R)$ đúng trong khoảng $R < r < R + 20$, R là bán kính trái đất, là độ cao khoảng cách từ tâm Trái Đất, đơn vị của r và R là kilomet. Khi $r - R = 20$ km thì $n = 1$. Biết $n_0 = 1.00028$, $R = 6400$ km. Tính thời gian Mặt trời mọc buổi sáng (đơn vị là giờ).

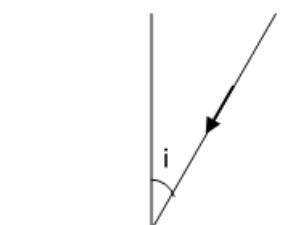
$$\text{ĐS: } \Delta t = \frac{12}{\pi} \cdot \alpha \sqrt{\frac{R^2}{2} \int_0^{20} \frac{dx}{(n_0 - \alpha x)\sqrt{x}}} \text{ (giờ)}$$

Bài 9. Đại lượng i gọi là thiên đỉnh cự, tức là khoảng cách thiên đỉnh. gọi i_0 là thiên đỉnh cự thực của sao (i chỉ là biến kién)

1. Với những góc $i < i_{gh}$ nào đó thì có thể coi khí quyển như những lớp phẳng nằm ngang có chiết suất giảm dần từ thấp lên cao. Gọi $\Delta i = i_0 - i$ và n_0 là chiết suất của lớp khí sát mặt đất. Tìm biểu thức của Δi theo n_0, i .

2. Cho rằng chiết suất giảm theo độ cao theo hệ thức

$$n_z = \sqrt{n_0^2 - bz}.$$



Hãy tìm dạng đường đi của tia sáng trong khí quyển theo mô hình nói trên.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$\text{ĐS: } 1. \Delta i = \frac{n_0 - 1}{\cot gi} = (n_0 - 1) \operatorname{tgi} = 0,0003 \text{ rad}; 2. z = -\frac{b}{4n_0^2 \cdot \sin^2 i} \cdot x^2 + \cot gi \cdot x$$

Bài 10. Giữa hai môi trường chiết suất n_0 và n_1 có một lớp đồng chất dày

$$h_{\max} = H \left(1 - \frac{n}{n_0^2}\right) \text{ và } n_0 > 1; n_1 = 1.$$

Chiết suất này thay đổi theo quy luật $n = n_0 \sqrt{1 - \frac{y}{H}}$ ($H = \text{const} > 0$). Từ môi trường chiết suất n_0 có một tia sáng đi vào O dưới góc i_0 .

- 1) Tìm dạng đường đi của tia sáng.
- 2) Góc i_0 thoả mãn điều kiện nào để tia sáng sánh quay về môi trường ban đầu.
- 3) Xác định khoảng cách giữa điểm tia sáng đi vào và đi ra là cực đại.

$$\text{ĐS: } 1. y = -\frac{x^2}{4H \sin^2 i_0} + \frac{x}{\tan i_0} \quad 2. \cos i_0 \leq \sqrt{1 - \frac{n}{n_0^2}} \quad 3. 2H$$

Bài 11. 1- Điểm sáng S nằm dưới đáy bể nước có độ sâu h . Xét chùm tia sáng rất hẹp phát ra từ S chiếu đến mặt nước dưới góc tới i (góc mỏ của chùm tia là $\Delta i \ll i$). Ảnh S' của S tạo bởi chùm tia sẽ cách mặt thoáng bao nhiêu? Biết chiết suất của nước trong bể là n_0 , chiết suất không khí $n_{kk} = 1$.

2- Đặt tiếp giáp với mặt nước một bản mặt song song có bề dày d , chiết suất của bản mặt thay đổi theo phương vuông góc với bản mặt theo quy luật $n = n_0 \sqrt{1 - \frac{y^2}{H^2}}$, với

$$H = \frac{n_0 d}{\sqrt{n_0^2 - 1}}. \text{ Một tia sáng phát ra từ S tới mặt phân cách tại}$$

điểm O dưới góc tới i_0 (hình vẽ). Lập phương trình xác định đường đi của tia sáng trong bản mặt và xác định vị trí điểm mà tia sáng ló ra.

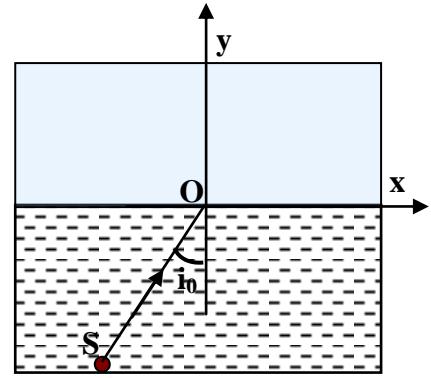
Chú ý:

1- Bề đù rộng và bản mặt song song đủ dài để tia sáng không đập vào thành bể cũng như không ló khỏi mặt bên của bản mặt.

$$2- \text{ Cho } \int \frac{dy}{\sqrt{a^2 - b^2 y^2}} = \frac{1}{b} \operatorname{Arc sin} \left(\frac{by}{a} \right) + \text{const}$$

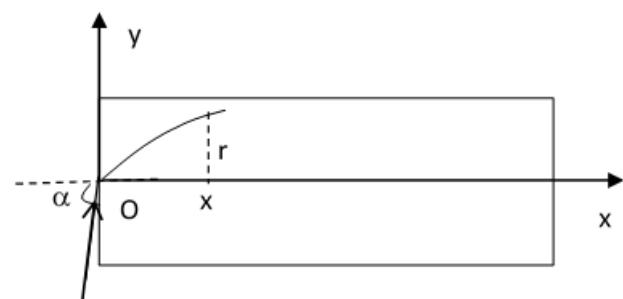
$\operatorname{Arc sin} y$ là hàm ngược của hàm \sin , tức là nếu $x = \operatorname{Arc sin} y$ thì $\sin x = y$.

$$\text{ĐS: } 1. h' = h \frac{\sqrt{(1 - n_0^2 \sin^2 i)^3}}{n_0 \cos^3 i}; 2. y = H \cos i_0 \sin \left(\frac{x}{H \sin i_0} \right); x_2 = H \sin i_0 \operatorname{Arc sin} \left(\frac{d}{H \cos i_0} \right)$$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 12. Một đoạn sợi quang thẳng có dạng hình trụ bán kính R , hai đầu phẳng và vuông góc với trục sợi quang, đặt trong không khí sao cho trục đối xứng của nó trùng với trục tọa độ Ox . Giả thiết chiết suất của chất liệu làm sợi quang thay đổi theo quy luật: $n = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{1 - 2r}$, trong đó r là khoảng cách từ điểm đang xét tới trục Ox , có đơn vị là cm. Một tia sáng chiếu tới một đầu của sợi quang tại điểm O dưới góc α xấp xỉ bằng 90° ($\sin \alpha \approx 1$) như hình 3.

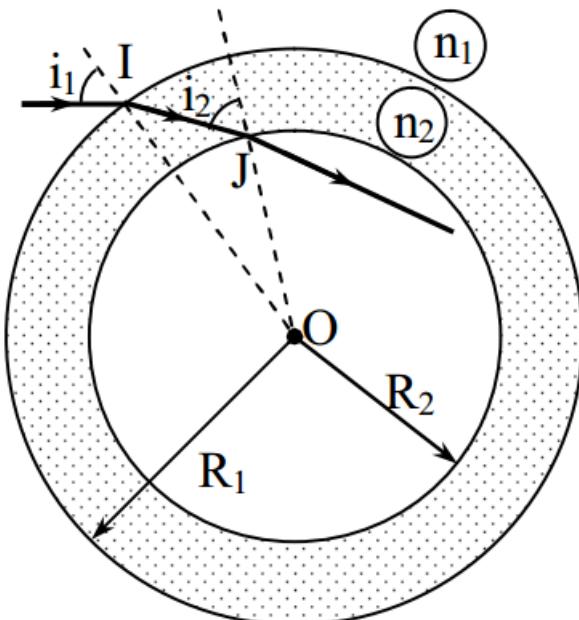


Hình 3

1. Viết phương trình quỹ đạo biểu diễn đường truyền của tia sáng trong sợi quang.
2. Tìm điều kiện của R để tia sáng truyền trong sợi quang mà không bị ló ra ngoài thành sợi quang.

ĐS: 1. $y = -2x^2 + \sqrt{3}x$; 2. $R \geq \frac{3}{8} \text{ cm}$

Bài 13. 1) Một vỏ cầu có bán kính ngoài R_1 bán kính trong R_2 được làm bằng chất trong suốt có chiết suất n_2 . Từ môi trường ngoài có chiết suất n_1 , một tia sáng được chiếu tới vỏ cầu dưới góc tới i_1 . Trước khi đi vào bên trong, tia sáng chiếu tới mặt trong của vỏ cầu dưới góc tới i_2 . (Xem hình vẽ 12). Hãy thiết lập mối quan hệ giữa các đại lượng $i_1; i_2; n_1; n_2; R_1; R_2$



2) Một quả cầu tâm O bán kính R được làm bằng một chất trong suốt. Chiết suất tại một điểm bên trong quả cầu biến thiên theo khoảng cách r từ điểm đó tới tâm quả cầu theo hệ thức $n_r = \frac{2R}{R+r}$. Từ không khí chiếu vào quả cầu một tia sáng với góc tới $i = 30^\circ$.

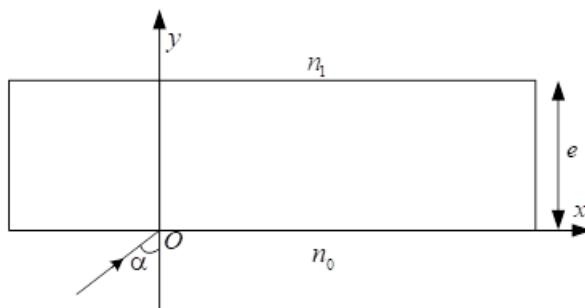
Xác định khoảng cách ngắn nhất từ tâm O đến quỹ đạo của tia sáng.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: 1) $n_1 R_1 \sin i_1 = n_2 R_2 \sin i_2$; 2) $r_{\min} = \frac{R}{3}$

Bài 14. Giữa hai môi trường trong suốt có chiết suất n_0 và n_1 ($n_0 > n_1 > 1$) có một bản hai mặt song song bề dày e . Bản mặt được đặt dọc theo trục Ox của hệ trục tọa độ Oxy như hình vẽ. Chiết suất của bản chỉ thay đổi theo phương vuông góc với mặt bản theo quy luật $n = n_0 \sqrt{1 - ky}$ với $k = \frac{n_0^2 - n_1^2}{en_0^2}$. Từ môi trường chiết suất n_0 có một tia sáng đơn sắc được chiếu tới điểm O trên mặt bản theo phương hợp với Oy một góc α (Xem hình 16)

- a) lập phương trình đường truyền của tia sáng trong mặt bản
- b) Xác định vị trí tia sáng ló ra khỏi mặt bản



ĐS: a) $y = -\frac{k}{4\sin^2 \alpha} \cdot x^2 + \cot \alpha \cdot x$;

b) Nếu $\frac{\cos^2 \alpha}{k} < e$ thì tọa độ mà tia sáng ló ra khỏi bản là $\left(\frac{2\sin 2\alpha}{k}; 0 \right)$

Nếu $\frac{\cos^2 \alpha}{k} > e$

Thì tọa độ điểm ló là $x_2 = \frac{en_0^2 \sin 2\alpha}{n_0^2 - n_1^2} - \frac{en_0^2 \sin \alpha}{n_0^2 - n_1^2} \sqrt{\frac{n_1^2}{n_0^2} - \sin^2 \alpha}$; $y_2 = e$

Bài 15.(trích đề thi Quốc Gia 2012).

Một nguồn sáng điểm nằm trong chất lỏng và cách mặt chất lỏng một khoảng H. Một người đặt mắt trong không khí phía trên mặt chất lỏng để quan sát ảnh của nguồn sáng.

1. Giả thiết chất lỏng là đồng chất và có chiết suất $n = 1,5$. Tính khoảng cách từ ảnh của nguồn sáng đến mặt chất lỏng trong các trường hợp mắt nhìn nguồn sáng theo phương hợp với mặt chất lỏng một góc $\alpha = 60^\circ$.

2. Giả thiết chiết suất của chất lỏng chỉ thay đổi theo phương vuông góc với mặt chất lỏng theo quy luật $n = \sqrt{2 + \frac{y}{H}}$ với y là khoảng cách từ điểm đang xét đến mặt chất lỏng. Biết tia sáng truyền từ nguồn sáng ló ra khỏi mặt chất lỏng đi tới mắt theo phuong

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

hợp với mặt chất lỏng một góc $\alpha = 60^\circ$. Hỏi tia này ló ra ở điểm cách nguồn sáng một khoảng bao nhiêu theo phương nằm ngang?

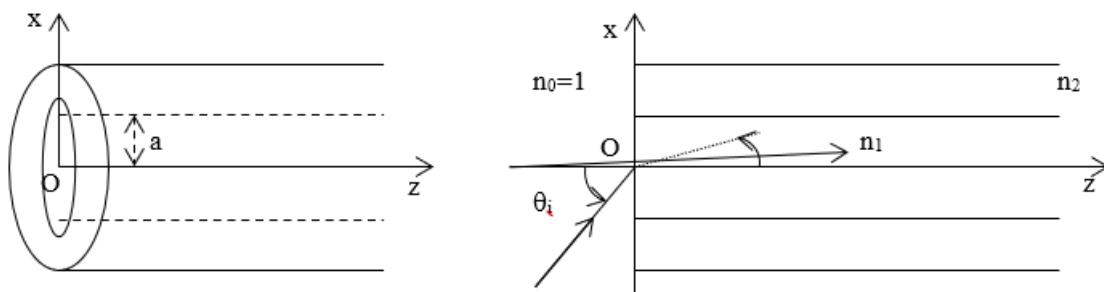
ĐS: 1. $h \approx 0,86H$. 2. $x = \frac{H}{2}(\sqrt{11} - \sqrt{7}) \approx 0,34H$.

Bài 16. Olympic vật lí Châu Á 2005

Một sợi quang học (gọi tắt là sợi quang) gồm một lõi hình trụ, bán kính a , làm bằng vật liệu trong suốt có chiết suất biến thiên liên tục từ giá trị $n = n_1$ trên trục đến $n = n_2$ (với $1 < n_2 < n_1$) ở khoảng cách a đến trục theo công thức:

$$n = n(x) = n_1 \sqrt{1 - \alpha^2 x^2}$$

với x là khoảng cách từ điểm có chiết suất n đến trục của lõi, α là hằng số.



Lõi được bao bọc bởi một lớp vỏ làm bằng vật liệu có chiết suất n_2 không đổi. Bên ngoài sợi quang là không khí, có chiết suất n_0 .

Gọi Oz là trục của sợi quang học, với O là tâm của một đầu sợi.

Cho $n_0 = 1,000$; $n_1 = 1,500$; $n_2 = 1,460$; $a = 25 \mu\text{m}$.

1. Một tia sáng đơn sắc được chiếu vào sợi quang tại điểm O dưới góc tới θ_i , mặt phẳng tới là mặt phẳng xOz .

a. Hãy chỉ ra rằng tại mỗi điểm trên đường đi của tia sáng trong sợi quang, chiết suất n và góc θ giữa tia sáng và trục Oz thoả mãn hệ thức $n \cos \theta = C$, với C là một hằng số. Tìm biểu thức của C theo n_1 và θ_i . [1,0 điểm]

b. Sử dụng kết quả câu 1.a. và hệ thức lượng giác $\cos \theta = (1 + \tan^2 \theta)^{-\frac{1}{2}}$, trong đó $\tan \theta = \frac{dx}{dz} = x'$ là độ dốc của tiếp tuyến của đường đi tia sáng tại điểm (x, z) , hãy suy ra phương trình cho x' . Tìm biểu thức đầy đủ của α theo n_1 , n_2 và a . Bằng cách đạo hàm hai vế của phương trình này theo z , tìm phương trình cho đạo hàm bậc hai x'' . [1,0 điểm]

c. Tìm biểu thức của hàm số x theo z , tức là $x = f(z)$, thoả mãn phương trình trên. Đó là phương trình đường đi của ánh sáng trong sợi quang. [1,0 điểm]

d. Vẽ phác quỹ đạo của hai tia sáng đi vào sợi quang dưới hai góc tới θ_i khác nhau trong một chu kỳ đầy đủ. [1,0 điểm]

2. Sự truyền của ánh sáng trong sợi quang học.

a. Tìm góc tới cực đại θ_{IM} , dưới góc tới đó ánh sáng vẫn còn có thể lan truyền bên trong lõi của sợi quang. [1,5 điểm]

b. Xác định biểu thức toạ độ z của giao điểm của tia sáng với trục Oz với $\theta_i \neq 0$. [1,5 điểm]

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

3. Ánh sáng được sử dụng để truyền tín hiệu dưới dạng những xung cực ngắn (bỏ qua độ rộng của xung).

a. Xác định khoảng thời gian τ để ánh sáng đi từ điểm O đến giao điểm thứ nhất với trục Oz với góc tới $\theta_i \neq 0$ và $\theta_i \leq \theta_{im}$.

Tỉ số giữa toạ độ z tại giao điểm thứ nhất và τ được gọi là tốc độ lan truyền của tín hiệu ánh sáng dọc theo sợi quang học. Giả thiết rằng tốc độ này thay đổi đơn điệu theo θ_i .

Tìm tốc độ này ứng với $\theta_i = \theta_m$ (gọi là v_m).

Tìm tốc độ truyền thẳng của tia sáng dọc theo trục Oz. (gọi là v_0)

So sánh hai tốc độ đó. [3,25 điểm]

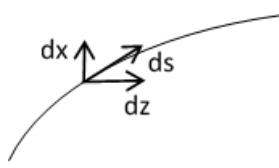
b. Chùm sáng mang tín hiệu là một chùm sáng hội tụ đi vào sợi quang tại điểm O dưới các góc tới θ_i khác nhau với $0 \leq \theta_i \leq \theta_m$. Tính tần số lặp lại cao nhất f của xung tín hiệu để ở khoảng cách $z = 1000\text{m}$ thì hai xung liên tiếp vẫn còn tách biệt nhau (nghĩa là các xung không đè lên nhau).

Chú ý:

1. Tính chất sóng của ánh sáng không được xét đến trong bài toán này.
2. Bỏ qua sự tán sắc của ánh sáng.
3. Tốc độ ánh sáng trong chân không là $2,999 \times 10^8 \text{ m/s}$.
4. Em có thể dùng những công thức sau đây:

• Chiều dài của một cung nhỏ nguyên tố ds trong mặt phẳng xOz là:

$$ds = dz \sqrt{1 + \left(\frac{dx}{dz}\right)^2}$$



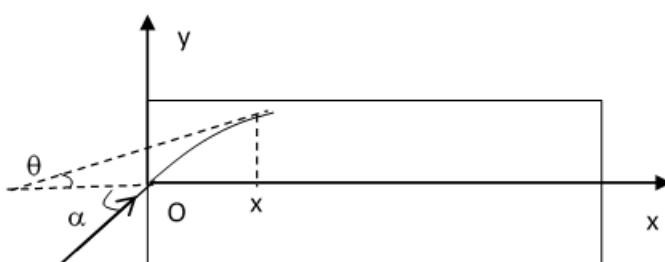
$$\bullet \int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - b^2 x^2}} = \frac{1}{b} \operatorname{Arc sin} \frac{bx}{a}$$

$$\bullet \int \frac{x^2 dx}{\sqrt{a^2 - b^2 x^2}} = -\frac{x \sqrt{a^2 - b^2 x^2}}{2b^2} + \frac{a^2 \operatorname{Arc sin} \frac{bx}{a}}{2b^3}$$

• $\operatorname{Arcsin} x$ là hàm số ngược của hàm số $\sin x$. Giá trị của nó là góc nhỏ nhất có sin bằng x. Nói khác đi, nếu $y = \operatorname{Arcsin} x$ thì $\sin y = x$.

Bài 17. (trích đề dự thi Quốc Cé 2009)

Một đoạn sợi quang thẳng có dạng hình trụ bán kính R, hai đầu phẳng và vuông góc với trục sợi quang, đặt trong không khí sao cho trục đối xứng của nó trùng với trục tọa độ Ox. Giả thiết chiết suất của chất liệu làm sợi quang thay đổi theo quy luật: $n = n_1 \sqrt{1 - k^2 r^2}$, trong đó r là khoảng cách từ điểm đang xét tới trục Ox, n_1 và k là các hằng số dương. Một tia sáng chiếu tới một đầu của sợi quang tại điểm O dưới góc α như hình 28.



Hình 28

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

1. Gọi θ là góc tạo bởi phương truyền của tia sáng tại điểm có hoành độ x với trục Ox. Chứng minh rằng $n \cos \theta = C$ trong đó n là chiết suất tại điểm có hoành độ x trên đường truyền của tia sáng và C là một hằng số. Tính C .

2. Viết phương trình quỹ đạo biểu diễn đường truyền của tia sáng trong sợi quang.

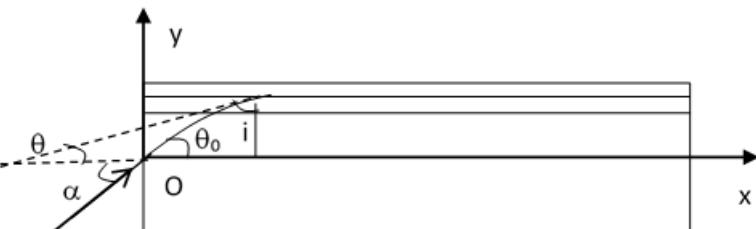
3. Tìm điều kiện để mọi tia sáng chiếu đến sợi quang tại O đều không ló ra ngoài thành sợi quang.

4. Chiều dài L của sợi quang thỏa mãn điều kiện nào

để tia sáng ló ra ở đáy kia của sợi quang theo phương song song với trục Ox?

Bài 18. Một tám (P) trong suốt đặt trong không khí, được giới hạn bởi hai mặt phẳng song song nhau và song song với mặt phẳng Oxy. Trong hệ tọa độ vuông góc Oxyz, mặt phẳng thứ nhất có tọa độ $z=a$ ($a>0$) và mặt phẳng thứ hai có tọa độ $z=0$ (trùng mặt phẳng Oxy).

Trong bài toán này, ta chỉ xét ánh sáng đi vào tám (P) là ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Chiết suất của chất làm nên tám (P) đối với ánh sáng có bước sóng đơn sắc λ thay đổi theo phương vuông góc (phương Oz) với hai mặt phẳng giới hạn theo biểu thức $n(z) = \frac{n_0}{1 - k \frac{z}{a}}$, biết $n_0 > 1$, $0 < k < 1$.



Hình 29

1. Một tia sáng tới SI đến tám (P) tại điểm I ($x_I=0$, $y_I=a$, $z_I=a$) nằm trên mặt thứ nhất, dưới góc tới α . Tia sáng này đi vào (P) theo một đường cong I(c)J thuộc một mặt phẳng ($y=a$) song song với mặt phẳng Oxz và đến mặt giới hạn thứ hai của tám (P) điểm J (Hình 4.a).

a. Tìm phương trình đường truyền tia sáng I(c)J dưới dạng $x=f(z)$.

b. Tìm vị trí điểm J.

2. Bây giờ ta đặt một vật rất nhỏ dạng đoạn thẳng AB rất ngắn, nằm trước và song song mặt phẳng thứ hai của tám (P) (Hình 4.b). Chùm sáng hẹp phát ra từ vật AB đến mặt trên tám (P) gần như vuông góc, qua tám (P) cho ảnh A'B'.

a. Hãy tìm khoảng cách từ vật AB đến ảnh A'B'.

b. Tìm thời gian ngắn nhất ánh sáng đi xuyên qua tám (P). Biết tốc độ ánh sáng trong chân không là c.

3. Bây giờ người ta khoét tám (P) bằng một hốc cầu tâm O cách đều hai mặt phẳng giới hạn, mặt cầu nằm trọn trong tám (P), có bán kính R. Vật sáng AB nói trên được đặt song song hai mặt phẳng giới hạn của tám, ở vị trí sao cho đường thẳng AO vuông góc với hai mặt phẳng giới hạn đó và $OA=a$ (Hình 4.c). Chùm sáng hẹp phát ra từ vật AB đến mặt trên tám (P) gần như vuông góc, xuyên qua hốc cầu trên tám (P) cho ảnh A'B'.

a. Hãy xác định vị trí ảnh A'B'.

b. Xác định số phóng đại ảnh này.

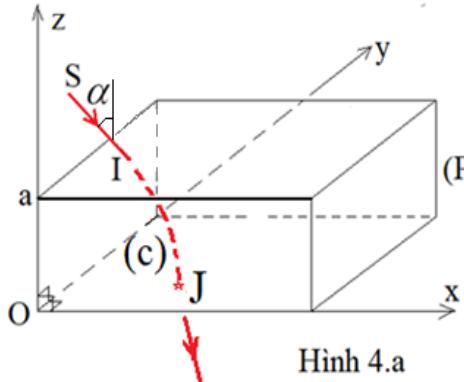
Lưu ý trong bài toán này:

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

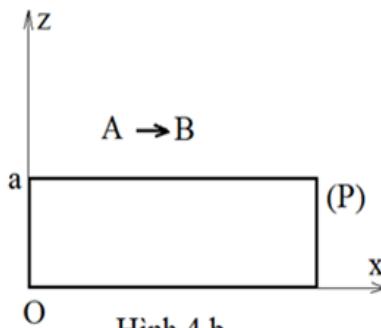
(i) coi sự tạo ảnh qua tâm (P) trong các trường hợp trên luôn thỏa mãn điều kiện tương điểm.

(ii) coi n_0 , k , a là những giá trị đã biết.

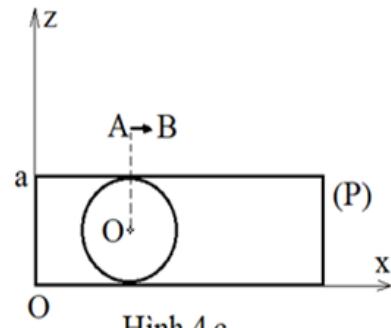
(iii) riêng trong ý 3a và 3b khi tính toán ta lấy $R = \frac{a}{2}$, áp dụng số $n_0=1,2$; $k=0,4$; $a=20\text{cm}$.



Hình 4.a



Hình 4.b



Hình 4.c

$$\text{ĐS: 1a. } x = \frac{an_0}{k \sin \alpha} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{\sin \alpha}{n_0} (1-k) \right)^2} - \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \alpha}{n_0} (1-k \frac{z}{a}) \right)^2} \right];$$

$$1b. \quad x_I = \frac{an_0}{k \sin \alpha} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{\sin \alpha}{n_0} (1-k) \right)^2} - \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \alpha}{n_0} \right)^2} \right]; \quad 2a. \quad AA' = \frac{a}{2n_0} (2n_0 + k - 2); \quad 2b.$$

$$\tau = \frac{a}{k} \frac{n_0}{c} \ln \frac{1}{(1-k)}$$

3a. Vậy A_2B_2 là ảnh ảo, nằm trong tâm (P), cách mặt giới hạn thứ 2 là $\frac{50}{3}\text{ cm}$.

$$3b. \quad k = \frac{1}{3}$$

Bài 19.

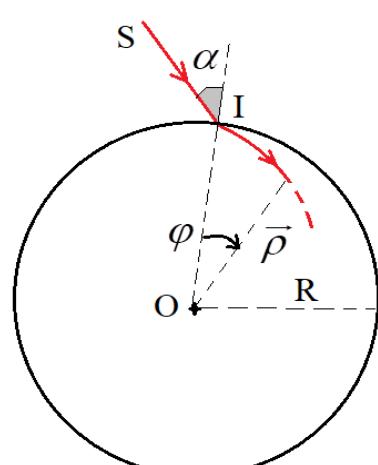
Một khối cầu trong suốt bán kính R , không đồng chất, có chiết suất n thay đổi theo phuơng bán kính $n = \frac{n_0}{\rho + a}$, với a và n_0 là hằng số

dương, ρ là khoảng cách từ tâm quả cầu đến điểm đang xét.

Xét một chùm tia sáng hẹp đơn sắc, song song, từ không khí được chiếu đến khối cầu dưới góc tới là α (Hình 4). Coi không khí bên ngoài quả cầu có chiết suất bằng 1.

a. Tính khoảng cách ngắn nhất từ tia sáng đến tâm quả cầu.

b. Gọi φ là góc quay véc tơ bán kính $\vec{\rho}$ nối tâm quả cầu đến đường truyền tia sáng trong môi trường của quả cầu. Khi đó ta



Hình 4

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

đặt $\frac{d\rho}{d\varphi} = f(\rho)$. Một cách gần đúng (bỏ qua vô cùng bé bậc 2), hãy xác định $f(\rho)$.

Từ đó kiểm tra lại kết quả đã tìm được câu a.

c. Hãy phác họa đường truyền tia sáng trong quả cầu.

$$\text{ĐS: a. } \rho_{\min} = \frac{aR \sin \alpha}{n_0 - \sin \alpha}; \text{ b. } f(\rho) = -\frac{\sqrt{\left(\frac{n_0}{\rho} \rho\right)^2 - (R \sin \alpha)^2}}{R \sin \alpha}$$

IX.3. CHIẾT SUẤT TỔNG HỢP

Bài 1.

Một tia sáng rời dưới góc tới α lên một chòng những tám trong suốt có bề dày như nhau, chiết suất tám sau nhỏ hơn k lần so với chiết suất của tám nằm trên nó. Hỏi góc tới tối thiểu phải bằng bao nhiêu, thì tia sáng không xuyên qua hết chòng các tám đó?

Tám trên cùng có chiết suất n, và cả thảy có N tám.

$$\text{ĐS : } \sin \alpha_{\min} = \frac{n}{k^{N-1}}$$

Bài 2. Xác định sự sai lệch khi định vị góc nhìn một ngôi sao từ mặt đất dưới góc 45^0 áp suất khí quyển tại sát mặt đất là $n=1,00003$.

$$\text{ĐS: } \delta = (n_h - 1) \operatorname{tg} i_h = 0,0003 \text{ (rad)}$$

Bài 3. Chiết suất của không khí ở nhiệt độ 300K và áp suất 1 atm là 1,003 đối với khoảng giữa của ánh sáng nhìn thấy. Giả thiết rằng không khí không đổi nhiệt ở 300K. Hãy tính toán xem khối lượng riêng của không khí phải tăng thêm bao nhiêu lần để ánh sáng đi vòng quanh trái đất ở mực nước biển (Nếu trời không mây, lúc đó chúng ta có thể nhìn thấy mặt trời mọc suốt đêm theo nguyên lý đó). Có thể giả sử rằng chiết suất n thỏa mãn

$$n - 1 = \rho e^{-\frac{r-R}{8700}}$$

(R là bán kính trái đất, r là khoảng cách từ tâm trái đất đến điểm khảo sát)

$$\frac{\rho}{\rho_0} \approx 4,53$$

ĐS:

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 4. Trong chân không có một quả cầu nhỏ đồng chất bán kính r , chiết suất n như hình vẽ. Một chùm sáng hẹp tần số f trong chân không truyền theo đường thẳng BC. Đường thẳng BC cách tâm cầu O bằng L ($L < r$). Chùm sáng đến điểm C trên mặt cầu và khúc xạ trong quả cầu, đến điểm D trên mặt cầu lại khúc xạ vào chân không. Giả sử tần số chùm sáng qua 2 lần khúc xạ nói trên không thay đổi. Tính độ lớn lực trung bình tác dụng lên một photon trong chùm sáng qua 2 lần khúc xạ.

$$\text{ĐS : } F = \frac{n_0 L h \gamma}{nr^2} \left(1 - \sqrt{\left(\frac{nr}{n_0} \right) - L^2} \right) \quad (8)$$

Bài 5. Chiết suất của thủy tinh có thể tăng khi lấp tạp chất. điều này cho phép chế tạo thấu kính có bìa dày không đổi. cho một đĩa tròn bán kính a , độ dày d , tìm sự biến thiên theo bán kính của chiết suất $n(r)$ để tạo ra một thấu kính có tiêu cự f . Xem thấu kính là mỏng ($d \ll a$).

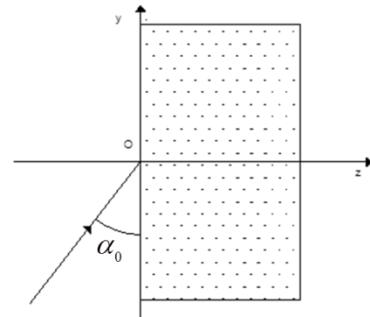
$$\text{ĐS: } n(r) = n_0 - \frac{r^2}{2df}$$

Bài 6. Một tia sáng thuộc mặt phẳng (yOz) đi vào vùng $z > 0$ tại điểm $y=0$ và nghiêng một góc α_0 so với trục (Oy) với chiết suất của vùng này được cho như sau:

Môi trường	Chiết suất
$y=0$	$n_{(y)} = n_0$
$y < 0$ và $y > 0$	$n_{(y)} = n_0(1 + p y)$

Thiết lập phương trình vi phân của sự biến đổi của tia sáng trong vùng $z > 0$.

Hỏi hệ thức liên hệ giữa y và z đối với tia sáng đó?



Hình 12.1

$$\text{ĐS: } \frac{d^2y}{dz^2} = \frac{p(1+py)}{\sin^2 \alpha_0}$$

Bài 7. Để khắc phục sự mở rộng thời gian của các xung người ta đã chế tạo các sợi với gradien chiết suất (n thay đổi theo r). Thực tế lõi của sợi gồm một số lớp (khoảng năm chục) có chiết suất giảm dần. Với $r = 0$, $n = n_i$.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Xét một tia sáng truyền vào sợi tại O và truyền trong một mặt phẳng trực và ở trong lõi.

a) Chứng tỏ rằng $\left(\frac{dr}{dz}\right)^2 = \left(\frac{n}{A}\right)^2 - 1$ trong đó A là một hằng số được biểu diễn theo hàm của n_1 và $\theta_0 = \text{Arc sin} \left(\frac{1}{n_1} \sin \theta_i \right)$.

b) Tích phân phương trình vi phân trước đây và cho phương trình quỹ đạo của một tia theo hàm của α, Δ, θ . Bản chất của quỹ đạo đó?

Chứng tỏ rằng tia sáng cắt trục Oz tại các điểm cách đều nhau một khoảng d và biểu diễn nó theo hàm của a, Δ, θ_0 .

Các số liệu: $\theta_i = 8^\circ$

ĐS: Phương trình quỹ đạo hình sin: $r = \frac{a \sin \theta_0}{\sqrt{2\Delta}} \sin \left(\frac{\sqrt{2\Delta}}{a \cos \theta_0} z \right)$

Bài 8. Hiện tượng ảo ảnh.

Vào những ngày nắng to, mặt đường nhựa hấp thụ mạnh ánh sáng mặt trời nên bị nung nóng và làm nóng phần khí sát mặt đường. Kết quả là nhiệt độ của không khí thay đổi theo độ cao. Giả thiết rằng chiết suất của không khí phụ thuộc vào nhiệt độ theo biểu thức $n = 1 + \frac{a}{T}$. Người ta tìm được mối liên hệ của T theo độ cao z tính từ mặt đường

có dạng như sau: $z = \frac{1}{k} \left[1 - \frac{bT^2}{(T+a)^2} \right]$. Trong đó a, b và k là các hệ số dương ($b > 1$).

1. Một nguồn sáng điểm nằm trên mặt đường ($z = 0$) phát ánh sáng theo mọi phương. Mặt đường được coi là mặt phẳng nằm ngang. Xác định dạng đường truyền của một tia sáng phát ra từ nguồn theo phương ban đầu hợp với phương ngang một góc α_0 .
2. Xác định khoảng cách xa nhất để một người còn có thể nhìn thấy nguồn sáng, biết mắt người đó ở độ cao h so với mặt đường.

ĐS: 1. Đường cycloid với tham số $R = \frac{1}{2k \cos^2 \alpha_0}$

$$\begin{cases} z = \frac{1}{2k \cos^2 \alpha_0} (\cos 2\alpha_0 - \cos 2\alpha) \\ x = \frac{1}{2k \cos^2 \alpha_0} (2\alpha + \sin 2\alpha) - \frac{2\alpha_0 + \sin 2\alpha_0}{2k \cos^2 \alpha_0} \end{cases}$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

$$2. \begin{cases} \cos 2\alpha = 1 - 2kh \\ L = \frac{1}{2k} \left(\arccos(1 - 2kh) + \sqrt{1 - (1 - 2kh)^2} \right) \end{cases}$$

Bài 9. Vào những ngày trời nắng to mặt đường nhựa hấp thụ ánh sáng mạnh nên lớp không khí càng gần mặt đường càng nóng. Giả thiết nhiệt độ không khí ở sát mặt đường là 57°C và giảm dần theo độ cao, đến độ cao lớn hơn $0,5\text{ m}$ thì nhiệt độ của không khí được coi là không đổi và bằng 34°C . Áp suất của không khí là không đổi $p_0 = 10^5\text{ Pa}$. Chiết suất của không khí phụ thuộc vào khối lượng riêng ρ của không khí theo biểu thức $n = 1 + a.\rho$, với a là hằng số. Không khí được coi là khí lỏng. Biết chiết suất của không khí ở nhiệt độ 15°C là $1,000276$; khối lượng mol của không khí là $\mu = 0,029\text{ kg/mol}$; hằng số $R = 8,31\text{ J/mol.K}$.

1. Thiết lập biểu thức sự phụ thuộc của chiết suất không khí vào nhiệt độ tuyệt đối, tính hằng số a .

2. Một người có mắt ở độ cao $1,5\text{ m}$ so với mặt đường, nhìn về phía đằng xa có cảm giác như có một mặt nước. Nhưng khi lại gần thì “nước” lại lùi ra xa sao cho khoảng cách từ người đó đến “nước” luôn không đổi (hiện tượng ảo ảnh). Tính khoảng cách từ người đó đến “nước” theo phương ngang.

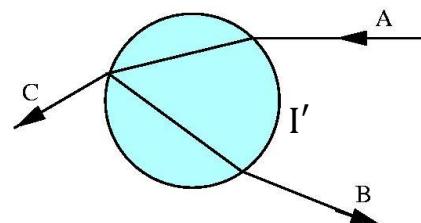
3. Giả sử ở độ cao dưới $0,5\text{ m}$, nhiệt độ tuyệt đối T của không khí phụ thuộc vào độ cao y tính từ mặt đất theo biểu thức $T = \frac{ap_0\mu}{R \left[(1 + \frac{ap_0\mu}{RT_0}) \sqrt{1 + b.y} - 1 \right]}$ với b là hằng số, T_0

là nhiệt độ tuyệt đối ở sát mặt đường. Lập phương trình xác định đường truyền của một tia sáng xuất phát từ mặt đường, trong lớp không khí có độ cao nhỏ hơn $0,5\text{ m}$. Biết ban đầu tia sáng hợp với phương thẳng đứng một góc α và hướng lên.

ĐS: 1. $n = 1 + a \frac{p_0\mu}{RT}$; $a = 2,28 \cdot 10^{-4}\text{ (m}^3/\text{kg)}$; 2. 238 m ; 3. $y = \frac{b}{4\sin^2\alpha}x^2 + \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}x$

Bài 10. CÂU VỒNG.

Cầu vồng, một hiện tượng tự nhiên lí thú có thể được giải thích như sau: Tia sáng A đến từ Mặt Trời đi vào bầu khí quyển của Trái Đất và gặp các hạt nước nhỏ li ti ở đó. Sau các cơn mưa lượng các hạt nước như vậy thường không nhiều nên phần lớn các tia sáng chiếu qua bầu khí quyển chỉ gặp một hạt nước trên đường đi của nó. Sau khi đi vào bên trong giọt nước một phần của tia sáng này khúc xạ ra ngoài đi đến C, phần còn lại phản xạ trở lại rồi khúc xạ tiếp một lần nữa và đi đến B. Do chiết suất của nước đối với các ánh sáng có màu khác nhau là khác nhau nên các tia sáng chiếu đến B và đến C bị tách thành nhiều tia có màu khác nhau hợp với tia tới A; các góc khác nhau. Phần lớn các tia sáng có cùng màu tập trung ở phương hợp với tia tới các góc lệch cực tiểu. Chính



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

vì vậy nếu nhìn theo hướng CK và I'B ta sẽ thấy có các dải màu sắp xếp có thứ tự đó chính là cầu vòng.

1. Giả sử chiết suất của nước là $n \approx 1,33$, chiết suất của ánh sáng tím n_t lớn hơn chiết suất của ánh sáng đỏ n_d một lượng $\Delta n = n_t - n_d \ll n$. Hãy xác định

a) Góc lệch cực trị giữa các tia KC và I'B với tia AI.

b) Bề rộng góc và thứ tự sắp xếp của các màu ở các cầu vòng khi nhìn theo hướng CK và BI'.

2. Liệu chúng ta có quan sát được cầu vòng theo hướng CK được không, giải thích?

3. Cầu vòng chỉ có thể xuất hiện vào những khoảng thời gian nào trong ngày?

4. Đôi khi quan sát cầu vòng chúng ta có thấy bên ngoài cầu vòng có một dải màu khác mờ hơn cầu vòng nhiều, dải màu này được gọi là cầu vòng tay vịn. Giải thích sự tạo thành cầu vòng tay vịn này, nêu thứ tự sắp xếp các màu ở cầu vòng tay vịn.

$$\text{ĐS: 1a. } D_{I'B\min} = \pi + 4\arcsin \frac{\sqrt{4-n^2}}{n\sqrt{3}} - 2\arcsin \frac{\sqrt{4-n^2}}{\sqrt{3}}$$

$$1b. \Delta D_{I'B\min} = \left| \frac{d(2\phi_{\min})}{dn} \right| \Delta n = \frac{4|n^2-2|\Delta n}{n\sqrt{(n^2-1)(4-n^2)}}$$

Dễ thấy ϕ_{\min} là hàm nghịch biến của n vì vậy nếu n tăng thì ϕ_{\min} giảm, do đó thứ tự màu của các cầu vòng sắp xếp từ trên xuống là đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm, tím (thứ tự tăng của chiết suất).

3. Chính vì thế thời điểm quan sát được cầu vòng là từ 6h00 đến khoảng 9h và từ khoảng 15h đến 18h00.

Bài 11. Một thị kính gồm hai thấu kính L_1 và L_2 mỏng, phẳng - lồi, đặt đồng trục. Các thấu kính được làm bằng thuỷ tinh chiết suất n và có tiêu cự tương ứng là f_1 và f_2 (đối với ánh sáng có bước sóng λ), đặt cách nhau một khoảng là e không đổi ($e < f_1$). Thấu kính L_1 ở phía trước gọi là kính tròng và thấu kính L_2 ở phía sau gọi là kính mắt. Giải thiết rằng điều kiện tương đương hoàn toàn được thoả mãn.

1. Chiếu vào thị kính một chùm sáng đơn sắc bước sóng λ song song với trực chính của thị kính. Biết chùm tia ló ra khỏi kính mắt hội tụ tại điểm F. Chứng minh rằng mỗi tia ló ra khỏi kính mắt đều có đường kéo dài cắt đường kéo dài của tia tới tương ứng với nó tại một điểm nằm trên một mặt phẳng cố định vuông góc với trực chính tại H. Xác định khoảng cách $f = HF$ từ mặt phẳng này tới F.

2. Gọi f_{01}, f_{02} là tiêu cự của các thấu kính ứng với ánh sáng có bước sóng λ_0 và thấu kính có chiết suất tương ứng là n_0 .

a) Tìm điều kiện về khoảng cách e giữa hai thấu kính ($e = e_0$) để f tính ở ý 1 hầu như không thay đổi khi chiết suất n của thấu kính thay đổi một lượng nhỏ quanh giá trị n_0 .

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

b) Giả thiết chiết suất n của chất làm các thấu kính phụ thuộc vào bước sóng λ theo quy luật $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$ (a, b là các hằng số dương; $a > 1$) và khoảng cách giữa hai kính là ke_0 (e_0 tính ở ý 2a, k là hằng số dương). Tìm độ biến thiên ΔD (với $D = \frac{1}{f}$) theo độ biến thiên $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ của bước sóng. Coi $\Delta\lambda \ll \lambda_0$.

$$\text{ĐS: 1. } HF = f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - e}; 2a. e_0 = \frac{f_{01} + f_{02}}{2}; b. \Delta D = -\frac{2b(f_{01} + f_{02})}{(n_0 - 1)\lambda_0^3 f_{01} f_{02}} (1 - k) \Delta\lambda.$$

Bài 12. Một chùm sáng đơn sắc song song hép đến rọi vuông góc lên mặt của một bản mặt song song bề dày b , chiết suất biến thiên theo độ cao theo quy luật $n_y = n_0 + ay$.

Xác định độ nghiêng của tia ló ra khỏi bản mặt.

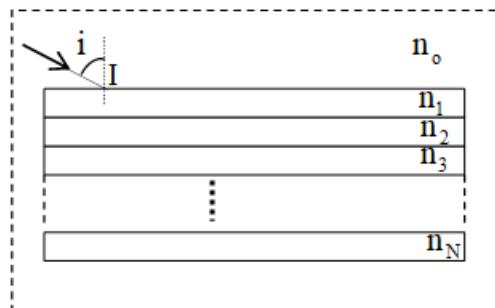
$$\text{ĐS: } \beta = ba$$

Bài 13. Một khối vật liệu đặt trong môi trường có chiết suất $n_o = 1,5$. Khối vật liệu đó gồm N (với $N < 10$) lớp mỏng phẳng trong suốt có độ dày nhau $e = 20 \text{ mm}$ (Hình 4). Chiết suất của các lớp có biểu thức $n_k = n_o - \frac{k}{20}$ với $k = 1, 2, 3, \dots, N$. Chiếu một tia sáng tới mặt trên của khối vật liệu dưới góc tới $i = 60^\circ$.

a. Với $N = 2$. Chứng minh rằng tia sáng ló ra ở mặt dưới của khối vật liệu song song với tia tới. Tính khoảng cách giữa đường thẳng chứa tia ló và đường thẳng chứa tia tới.

b. Với N bằng bao nhiêu thì tia sáng không ló ra ở mặt dưới của khối vật liệu? Giả thiết khối vật liệu đủ dài.

$$\text{ĐS: b. } N \geq 5$$



Hình 4

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 14. Hai môi trường trong suốt chiết suất n_1 và n_2 , được ngăn cách nhau bởi một mặt đối xứng W , có trục đối xứng là Ox đi qua đỉnh O của mặt. Chiếu một chùm tia sáng tới nằm trong một mặt phẳng Oxy và song song với Ox , từ môi trường có chiết suất n_1 truyền sang môi trường có chiết suất n_2 , thì chùm tia sáng khúc xạ hội tụ tại một điểm F nằm trên Ox , $OF=f$ (*hình vẽ 4*). Hãy thiết lập phương trình giao tuyến của mặt W với mặt phẳng Oxy theo n_1 , n_2 và f . Từ đó, nhận xét về dạng đồ thị của giao tuyến trên trong 2 trường hợp :

1. $n_1 > n_2$;
2. $n_1 < n_2$

$$\text{ĐS: 1. } \frac{\left(x - \frac{n_2 f}{n_2 + n_1}\right)^2}{\left(\frac{n_2 f}{n_2 + n_1}\right)^2} + \frac{y^2}{f^2 \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}} = 1.$$

Nếu $n_1 > n_2$ thì phương trình là Elips $a = \frac{n_2 f}{n_2 + n_1}$; $b = f \sqrt{\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}}$; nửa tiêu cự $c =$

$$\sqrt{a^2 - b^2}; \text{ tâm sai: } e = \frac{c}{a}$$

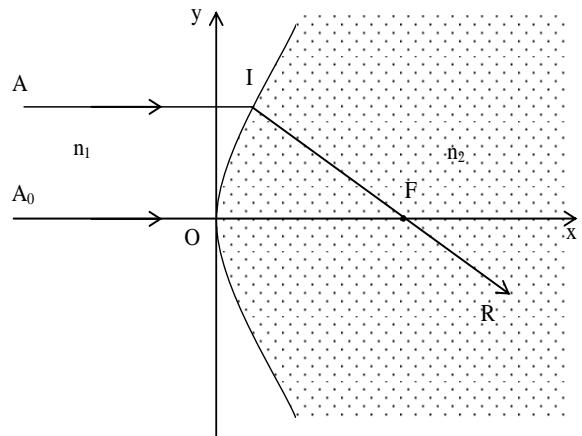
$$2. \frac{\left(x - \frac{n_2 f}{n_2 + n_1}\right)^2}{\left(\frac{n_2 f}{n_2 + n_1}\right)^2} + \frac{y^2}{f^2 \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}} = 1$$

Nếu $n_2 < n_1$ thì phương trình có dạng hyperbol với mặt phân cách hai môi trường là mặt lõm, có các bán trực:

$$a = \frac{n_2 f}{n_2 + n_1};$$

$$b = f \sqrt{\frac{n_1 - n_2}{n_2 + n_1}}$$

Bài 15. Khi một tia sáng đi từ một ngôi sao đến Trái Đất thì nó phải khúc xạ qua nhiều lớp khí quyển hình vỏ cầu có chiết suất tăng dần từ trên cao xuống dưới thấp trước khi



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

vào mắt của người quan sát. Tuy nhiên, để giải quyết bài tập khúc xạ trong khí quyển thì Kepler đưa ra một mô hình đơn giản là:

Coi lớp khí quyển như một lớp cầu đồng chất có chiết suất: $n = 1 + \vartheta$. Do có sự khúc xạ của tia sáng trong khí quyển mà một ngôi sao sau khi đã lặn dưới đường chân trời vẫn gửi được một tia sáng vào mắt người quan sát. Góc α tạo bởi phương của tia sáng khi chưa vào khí quyển và phương của tia sáng khi đi vào mắt người quan sát gọi là độ khúc xạ thiên văn của ngôi sao khi ở trên trời.

Biết $\alpha = 35'$; $\vartheta = 5,48 \cdot 10^{-4}$; $R = 6400$ km.

a) Hãy tính bề dày h của lớp khí quyển trong mô hình của Kepler.

b) Kết quả thu được có phù hợp với thực tế hay không?

ĐS: a. 11,098 km; b. Phù hợp

Bài 16. Cho một khối thủy tinh dạng hình trụ rỗng có tiết diện thẳng như hình vẽ. Các giá trị bán kính ngoài và bán kính trong của khối lần lượt là R và $R' = R/2$. Chiết suất của môi trường bên ngoài và phần không nằm bên trong hốc trụ đều có giá trị bằng 1. Chiết suất của khối thủy tinh thay đổi theo khoảng cách r đến trực đối xứng theo quy luật:

$$n_r = \sqrt{2 + \frac{R^2}{4r^2}}, \left(\frac{R}{2} \leq r \leq R \right)$$

Chiếu một tia sáng tới mặt ngoài của khối thủy tinh. Tia sáng này nằm trong mặt phẳng vuông góc với trực đối xứng của khối và hợp với pháp tuyến tại điểm tới một góc là i .

a) Chứng minh rằng tại một vị trí nằm trên đường truyền tia sáng nằm cách trực một khoảng là r , góc lệch của tia sáng i_r so với phương bán kính luôn thỏa mãn hệ thức:

$$n_r \cdot r \cdot \sin i_r = \text{const}$$

b) Góc tới i phải thỏa mãn điều kiện nào để tia sáng tới được mặt trong của khối.

c) Góc tới i phải thỏa mãn điều kiện nào để tia sáng lọt được vào trong hốc trụ không khí.

d) Tính góc lệch giữa tia sáng tới và tia sáng ló ra khỏi khối trong các trường hợp góc tới $i = 30^\circ$ và $i = 60^\circ$.

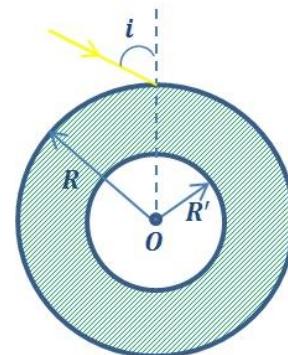
Cho:

$$\int \frac{dx}{x^2 + 1} = \arctan x$$

ĐS: b. Điều kiện $i \leq 60^\circ$ thì tia sáng tới được mặt trong của khối.

c. Điều $i < 30^\circ$ thì tia sáng lọt được vào trong hốc trụ không khí.

d. Với $i = 30^\circ$ thì góc lệch $\theta_1 = \frac{2\pi}{3} - \frac{1}{\sqrt{2}}$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Với $i = 60^\circ$ thì góc lệch $\theta_2 = \frac{2\pi}{\sqrt{6}} - \frac{\pi}{3}$

Bài 17. Một khối chất trong suốt dạng hình trụ tròn rỗng được đặt trong không khí. Bán kính mặt ngoài và mặt trong của hình trụ rỗng lần lượt là $3R$ và $2R$, với R là một hằng số dương. Chiết suất của khối chất thay đổi theo khoảng cách r đến trục của hình trụ rỗng theo quy luật :

$$n_{(r)} = \sqrt{\frac{r}{R}}, \text{ với } 2R \leq r \leq 3R.$$

Chiếu một tia sáng đơn sắc tới mặt ngoài của khối chất tại điểm A (Hình 11) và nằm trong mặt phẳng tiết diện ngang của khối chất.

a. Chứng minh rằng tại một điểm nằm trên đường truyền ánh sáng nằm cách trục của hình trụ rỗng một khoảng r , góc tới $i_{(r)}$ của tia sáng tại điểm đó luôn thỏa hệ thức :

$$n_{(r)} r \sin i_{(r)} = \text{const.}$$

b. Tính góc tới i_A để tia sáng :

- tới được mặt trong của hình trụ.
- đi vào phần rỗng của hình trụ.

c. Khi góc tới $i_A = 60^\circ$, hãy tính khoảng cách nhỏ nhất từ trục của hình trụ rỗng đến tia sáng.

ĐS: b. $i_A \leq 33^\circ$; $i_A \leq 22,6^\circ$. c. $r_{\min} = \sqrt{\frac{81}{4}}R \approx 2,73R$.

Bài 18. Một tia laser đi vào môi trường đối xứng cầu, chiết suất của môi trường thay đổi theo khoảng cách r tới tâm đối xứng O theo quy luật:

$$n(r) = \begin{cases} n_0 \frac{r}{r_0} & \text{khi } r \geq r_0 \\ n_0 & \text{khi } r < r_0 \end{cases}$$

Đường đi của tia laser nằm trong mặt phẳng chứa tâm O. Ở khoảng cách $r_1 > r_0$, tia laser lập góc φ_1 với vec tơ bán kính \vec{r}_1 (Hình 5).

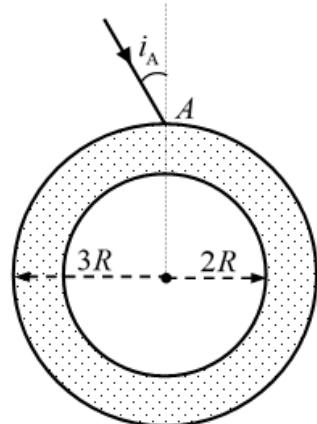
a. Tìm biểu thức xác định khoảng cách nhỏ nhất từ tâm O đến tia laser.

b. Áp dụng tính khoảng cách nhỏ nhất đó với $r_0 = 30\text{cm}$, $r_1 = 40\text{cm}$, $\varphi_1 = 30^\circ$

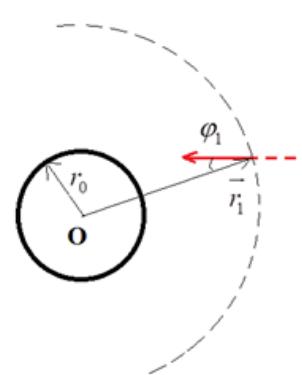
ĐS: a. $r_{\min} = r_1 \sqrt{\sin \varphi_1} \quad \text{khi } \sin \varphi_1 \geq \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^2;$

$$r_{\min} = \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 \quad \text{khi } \sin \varphi_1 < \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^2;$$

b. $r_{\min} \approx 26,67\text{cm}$



Hình 11



Hình 5

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 19. (Trích đề thi Olympic Vật lý Boston, Mỹ năm 2000) Một hành tinh có khối lượng riêng và áp suất khí quyển như ở Trái Đất. Để đơn giản, xem như nhiệt độ bầu khí quyển không thay đổi theo độ cao và có giá trị bằng nhiệt độ ở bề mặt hành tinh. Ngoài ra thành phần khí quyển trên hành tinh cũng giống như trên Trái Đất. Hỏi hành tinh phải có bán kính là bao nhiêu để một chùm tia sáng có thể đi dọc theo bề mặt vòng quanh hành tinh ? Cho biết chiết suất môi trường phụ thuộc khối lượng riêng ρ theo hệ thức : $n_{(\rho)} = 1 + \varepsilon \rho$, với ε là hằng số.

$$\text{ĐS: } R = \sqrt{\frac{(1 + \varepsilon \rho_E) R_E p_E}{\varepsilon g_E \rho_E^2}}.$$

Bài 20. Trích đề thi chọn HSG toàn quốc 1989-1990

Chứng minh rằng nếu một môi trường có chiết suất n giảm theo độ cao Z thì tia sáng làm với trục Z một góc α_0 ở độ cao ứng với chiết suất n_0 sẽ bị phản xạ toàn phần ở độ cao ứng với chiết suất n_k nào đó. Tìm liên hệ giữa n_0, n_k, α_0 . Quỹ đạo của tia sáng trong môi trường ấy như thế nào?

ĐS: $n_0 \sin \alpha_0 = n_k$; Quỹ đạo của tia sáng trong môi trường là đường parabol.

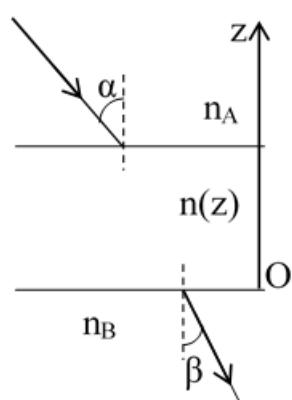
Bài 21. (trích đề thi Olympic Vật lí quốc tế năm 1984 ở Thụy Điển)

a. Xét bản mặt song song trong suốt có chiết suất biến đổi theo khoảng cách z tính từ mặt dưới của bản. Chứng minh rằng $n_A \sin \alpha = n_B \sin \beta$

b. Một người đứng trên một đường nhưa rộng, dài và phẳng, người đó thấy ở得很 xa hình như có “mặt nước” nhưng khi lại gần thì người đó thấy “nước” lại lùi ra xa sao cho khoảng cách từ người đó đến “nước” luôn không đổi. Giải thích ảo ảnh đó.

c. Hãy xác định nhiệt độ của mặt đường (nói trong phần b) với giả thiết mắt người đó ở độ cao 1,6m so với mặt đường.

Khoảng cách từ người đó tới “nước” là 250m. Chiết suất của không khí ở 15°C và áp suất khí quyển chuẩn là 1,000276. Ở độ cao lớn hơn 1m so với mặt đường thì nhiệt độ của không khí được coi là không đổi bằng 30° . Áp suất không khí bằng áp suất tiêu chuẩn. Gọi chiết suất không khí là n và giả thiết rằng $n - 1$ tỉ lệ với khối lượng riêng của không khí. Ước lượng độ chính xác của kết quả thu được.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: c. $T = 328K = 55^\circ C$

Bài 22. 1/ Chiết suất của không khí phụ thuộc cả vào nhiệt độ và áp suất. Nhưng trong bài toán này ta sẽ coi rằng chiết suất chỉ phụ thuộc nhiệt độ và sự phụ thuộc đó có dạng $n = 1 + \frac{a}{T}$. Đổi với không khí ở áp suất tiêu chuẩn thì hằng số $a = 8,6 \cdot 10^{-2} K$.

Không khí bên trên mặt đường dưới tác dụng của ánh nắng mặt trời bị nóng lên, và vì thế mặt đường khô mà nhìn như bị “ướt”. Giả sử trong một lớp đùi mỏng bên trên mặt đường nhiệt độ cao hơn nhiệt độ trung bình ($t = 17^\circ C$) một lượng Δt . Một người quan sát sẽ thấy ở cách mình một khoảng cực tiểu s một “vũng nước” trên đường.

- Hãy giải thích sự xuất hiện “vũng nước”.
- Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc $s = s(\Delta t)$

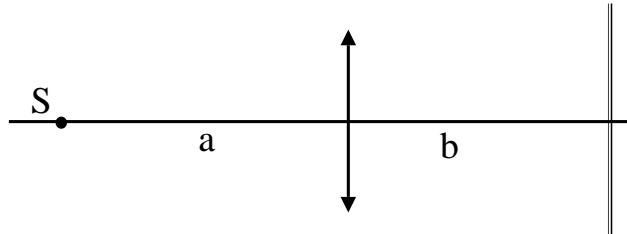
Biết rằng mắt người ở cách mặt đường một khoảng $h = 1,0m$.

Để mô hình hóa ảo ảnh này, kích thước của phòng thí nghiệm rõ ràng là không đủ, bởi vậy có thể khôn ngoan thay không khí bằng một mẫu thủy tinh hữu cơ, có chiết suất phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ. Để làm nguồn sáng ta sử dụng một sợi dây mảnh phát sáng S. Dưới đây hãy xem xét các tia:

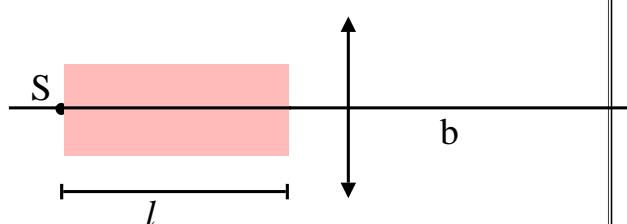
a) Truyền dưới một góc ngó so với trực của quang hệ và các trực đó một khoảng cách nhỏ (gần đúng cận trực)

b) Các tia ở trong mặt phẳng chứa trực của hệ và vuông góc với dây phát sáng.

2/ Tại khoảng cách $a = 40cm$ từ nguồn đặt một TKHT mỏng có tiêu cự $f = 20cm$. Hỏi phải đặt một màn ảnh cách TK một khoảng cách b bằng bao nhiêu để thu được ảnh rõ nét của nguồn S trên màn?



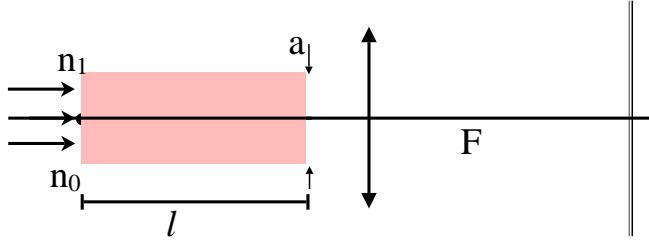
3/ Không thay đổi vị trí của nguồn, đặt sát nguồn một khối thủy tinh hữu cơ hình hộp chữ nhật có chiều dài $l = 20cm$ và chiết suất $n_0 = 1,5$. Hỏi phải đặt một màn ảnh cách TK một khoảng b' bằng bao nhiêu để lại thu được ảnh rõ nét của nguồn S trên màn?



4/ Chiếu khối chất thủy tinh hữu cơ bằng một chùm sáng song song và màn ảnh đặt tại mặt phẳng tiêu của TK. Sau đó đốt nóng khối thủy tinh. Do sự đốt nóng không đều, nên chiết suất của khối bắt đầu thay đổi một cách tuyến tính từ $n_0 = 1,5$ từ một phía đến $n_1 = n_0 + \delta n$ với $\delta n = 2,0 \cdot 10^{-4}$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ở phía bên trên. Hướng biến thiên của nhiệt độ vuông góc với phương truyền sáng. Hỏi bức tranh trên màn sẽ thay đổi thế nào sau khi đốt nóng khối thủy tinh? Biết độ dày của khối thủy tinh $d=4,0\text{cm}$.



ĐS: 1. Khoảng cách $s = h \cdot \sqrt{\frac{T_0(T_0 + \Delta T)}{2a\Delta T}}$

2. $b = 2f = 40\text{cm}$

3. $b' = 50\text{cm}$.

4. Ảnh trên màn sẽ dịch lên phía trên một đoạn $\delta z = \alpha f = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$.

CHƯƠNG X. THẤU KÍNH – QUANG HỆ GHÉP X.1. THẤU KÍNH

Bài 1. Một nguồn sáng điểm nằm ngoài trực chính của một thấu kính và cách thấu kính một khoảng $d = 12 \text{ cm}$. Người ta dịch thấu kính đi một đoạn $a = 3\text{cm}$ theo phương vuông góc với trực chính của nó, thì ảnh của nguồn di chuyển đi một đoạn $a' = 4,5 \text{ cm}$. Hãy xác định tiêu cự của thấu kính.

ĐS: Xét trường hợp ảnh thật: $f = 34 \text{ cm}$

Xét trường hợp là ảnh là ảnh ảo: $f = 20 \text{ cm}$

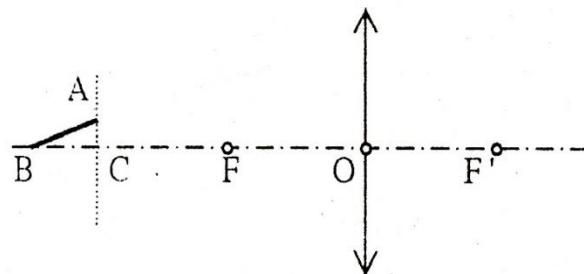
BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 2. Một vật phát sáng có dạng một đoạn nhỏ AB nằm nghiêng một góc α so với trục chính của một thấu kính hội tụ (hình 6.1). Đầu B trên trục chính, cách quang tâm O một khoảng đúng bằng $2,5f$, đầu A cách thấu kính một khoảng $2f$.

Hãy dùng phép vẽ đường đi các tia sáng, dựng ảnh của vật qua thấu kính.

Xác định góc nghiêng β giữa ảnh $A'B'$ với trục chính.

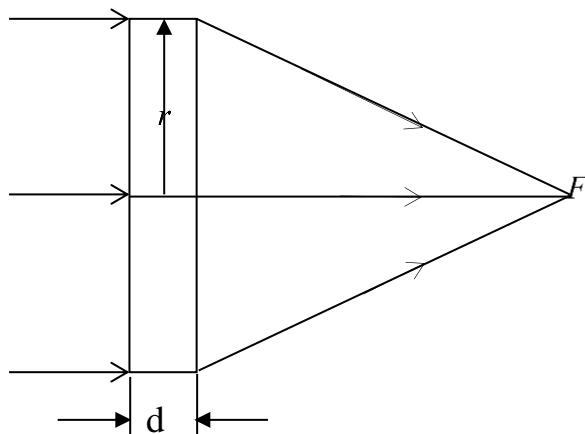
$$\text{ĐS: } \beta = \frac{3}{2} \cdot \tan \alpha$$



Bài 3. Áp dụng điều kiện tương điểm

Chiết suất của thủy tinh có thể tăng khi lấp tạp chất. điều này cho phép chế tạo thấu kính có bẹ dày không đổi. cho một đĩa tròn bán kính a , độ dày d , tìm sự biến thiên theo bán kính của chiết suất $n(r)$ để tạo ra một thấu kính có tiêu cự f . Xem thấu kính là mỏng ($d \ll a$).

$$\text{ĐS: } n(r) = n_0 - \frac{r^2}{2df}$$

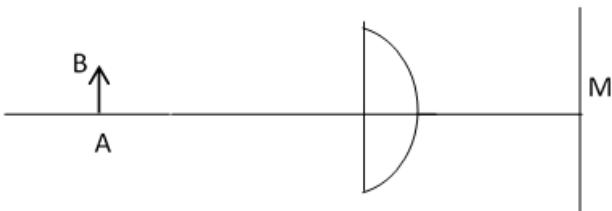


Bài 4. Một thấu kính dày phẳng-lồi (mặt lồi có bán kính R) làm bằng thủy tinh có chiết suất $n=1,5$. Vật sáng AB đặt vuông góc trục chính của thấu kính cách mặt phẳng thấu kính một đoạn 14 cm (hình 4), phía bên kia thấu kính đối diện với vật người ta đặt màn M để hứng ảnh rõ nét của AB. Tịnh tiến thấu kính và màn dọc theo trục chính ta thấy khoảng cách ngắn nhất giữa AB và màn để thu được ảnh rõ nét là 33 cm.

1. Tính bán kính R?

2. Giữ nguyên vị trí của AB và thấu kính, mặt lồi được tráng bạc một phần nhỏ.

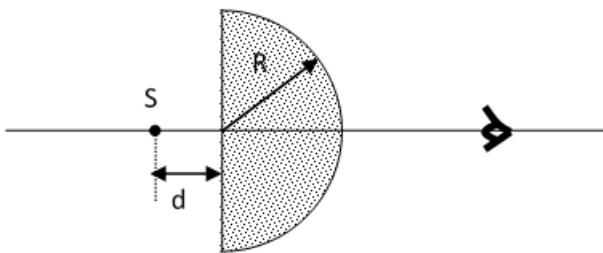
Xác định vị trí, tính chất, số phóng đại ảnh của AB qua hệ gồm thấu kính và phần chõm cầu có tráng bạc.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: 1. 4cm; 2. $d_3' = \frac{27}{11}$ cm ; Ảnh A_3B_3 là ảnh thật ngược chiều với vật có số phóng đại của hệ là $k = -\frac{1}{16}$

Bài 5. Một thấu kính dày có dạng một bán cầu có bán kính $R = 10\text{cm}$ có chiết suất $n = 1,5$. Đặt một nguồn sáng điểm S trên trục thấu kính và cách mặt phẳng của bán cầu một khoảng $d = R/2$ như hình vẽ. Mắt người quan sát đặt trên trục nhìn thấy ảnh của điểm sáng S cách mặt phẳng thấu kính bao xa? Coi mắt nhìn dưới góc tới nhỏ, các tia sáng đi sát trục thấu kính.



ĐS: 18cm

Bài 6. Trong một căn phòng, trên mặt bàn có đặt một tấm gương phẳng, trên gương phẳng lại đặt một thấu kính mỏng phẳng lồi có tiêu cự $f = 40\text{cm}$. Một con ruồi bay theo trần nhà AB với vận tốc $v = 1\text{cm/s}$. Khoảng cách từ trần nhà đến gương là $d = 220\text{cm}$. Hỏi ảnh của con ruồi qua quang hệ đã cho nằm cách gương một khoảng bao nhiêu ? Vận tốc của ảnh con ruồi khi mà nó bay qua trục chính của thấu kính OO' bằng bao nhiêu ?

$$\text{ĐS: } u = v \frac{d'}{d} = 0,2 \text{ (cm/s)}$$

Bài 7. Cho hệ hai thấu kính hội tụ đồng trục L_1 và L_2 đặt cách nhau $a = 30\text{cm}$. Thấu kính L_1 có đường kính bề mặt $D_1 = 1\text{cm}$, tiêu cự $f_1 = 10\text{cm}$, thấu kính L_2 có đường kính bề mặt $D_2 = 10\text{cm}$, tiêu cự $f_2 = 20\text{cm}$. Một điểm sáng S đặt trên trục chính trước L_1 , cách $L_1 30\text{cm}$. Sau L_2 , người ta đặt một màn ảnh vuông góc với trục chính. Tìm vị trí của màn để đường kính vết sáng trên màn là nhỏ nhất. Tìm đường kính này.

$$\text{ĐS: } x = \frac{380}{13} \text{ cm suy ra } D = \frac{8}{13} \text{ cm}$$

Bài 8. Đặt vật nhỏ có dạng một đoạn thẳng AB vuông góc với trục chính của một thấu kính. Đầu A của vật nằm trên trục chính, cách quang tâm của thấu kính 20cm.

a. Qua thấu kính, vật AB cho ảnh $A'B'$ cao bằng vật. Hãy xác định tiêu cự của thấu kính và dùng thước kẻ dựng ảnh $A'B'$;

b. Giữ cố định thấu kính, quay vật AB quanh đầu A để AB hợp với trục chính của thấu kính một góc bằng 45° . Xác định:

i. vị trí và hình dạng của ảnh $A''B''$ của vật AB qua thấu kính, bằng cách dựng hình với số lượng tia sáng được vẽ ít nhất;

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ii. độ dài của vật AB.

Biết rằng độ dài của ảnh A'B' gấp hai lần độ dài của vật AB.

ĐS: a. 10cm; b. $5\sqrt{2}$ cm

Bài 9. Một thấu kính hội tụ mỏng có tiêu cự $f=30\text{cm}$ tạo ảnh của một nguồn sáng điểm chuyển động. Biết rằng khi nguồn sáng đi qua trục chính của thấu kính theo phương hợp với trục chính góc $\alpha=60^\circ$ thì vận tốc của ảnh hợp với trục chính một góc $\beta=30^\circ$. Hỏi tại thời điểm đó nguồn sáng cách thấu kính đó một khoảng d bằng bao nhiêu?

ĐS: 20 cm hoặc 40 cm

Bài 10. Một nguồn sáng có dạng một đoạn thẳng $AB = 15\text{cm}$ đặt dọc theo trục chính của thấu kính hội tụ L có tiêu cự $f = 30\text{ cm}$, cho ảnh thật $A'B' = 30\text{cm}$ như hình 5.

a, Tính khoảng cách từ điểm B đến quang tâm O.

b, Đặt sau thấu kính một màn M vuông góc với trục chính. Hỏi màn M cách quang tâm O bao nhiêu thì vết sáng trên màn có kích thước nhỏ nhất.

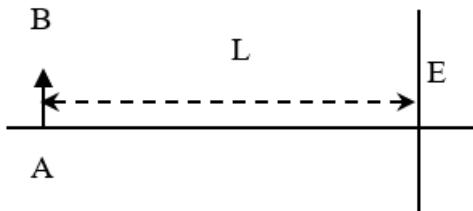
ĐS: a. 45cm; b. 72cm

Bài 11. Một điểm sáng A nằm trên trục chính của một thấu kính hội tụ và cách thấu kính một đoạn 30cm, cho ảnh thật A'. Bắt đầu cho thấu kính chuyển động ra xa vật với vận tốc không đổi $v=5\text{cm/s}$. Tính tiêu cự của thấu kính. Biết rằng sau khi thấu kính chuyển động được 2s thì ảnh bắt đầu đổi chiều chuyển động.

ĐS: 20cm

Bài 12. Một vật sáng AB hình mũi tên đặt song song với một màn E như hình 4. Khoảng cách giữa AB và E là L. Giữa AB và E có một thấu kính hội tụ tiêu cự f.

Tịnh tiến thấu kính dọc theo trục chính AE người ta thấy có hai vị trí của thấu kính đều cho ảnh rõ nét của AB trên màn.



a. Tìm điều kiện của L để bài toán thỏa mãn.b. Biết khoảng cách giữa hai vị trí của thấu kính là a.

b. Tìm tiêu cự f của thấu kính theo L và a.

Áp dụng bằng số $L = 90\text{cm}$, $a = 30\text{cm}$.

c. Vẫn thấu kính và màn E như trên, thay AB bằng điểm sáng S đặt trên trục chính của thấu kính và cách E một khoảng 45cm. Xác định vị trí đặt thấu kính để trên màn thu được vùng sáng có kích thước nhỏ nhất.

ĐS: a. $L > 4f$; b. 20cm ; c. 30cm

Bài 13. Cho hệ trục tọa độ Descartes vuông góc Oxy. Một thấu kính hội tụ, quang tâm O_1 , được đặt sao cho trục chính trùng với Ox. S là điểm sáng nằm trước thấu kính. Gọi S' là ảnh của S qua thấu kính.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

1. Lúc đầu S nằm trên Oy, cách thấu kính một khoảng bằng tiêu cự của thấu kính, cách O một khoảng bằng h. Giữ S cố định, dịch chuyển thấu kính ra xa dần S sao cho trục chính luôn trùng với Ox.

a) Lập phương trình quỹ đạo $y = f(x)$ của S' . Biết tiêu cự của thấu kính là f. Phác họa quỹ đạo này và chỉ rõ chiều dịch chuyển của ảnh khi thấu kính dịch chuyển ra xa dần S.

b) Trên trục Ox có ba điểm A, B, C (xem hình vẽ). Biết $AB = 6\text{cm}$, $BC = 4\text{cm}$. Khi thấu kính dịch chuyển từ A tới B thì S' lại gần trục Oy thêm 9cm, khi thấu kính dịch chuyển từ B tới C thì S' lại gần trục Oy thêm 1cm. Tìm toạ độ điểm A và tiêu cự của thấu kính.

2. Giả sử điểm sáng S cách thấu kính một khoảng lớn hơn tiêu cự của thấu kính. Giữ thấu kính cố định, ảnh S' sẽ di chuyển thế nào nếu dịch chuyển S lại gần thấu kính theo một đường thẳng bất kỳ?

$$\text{ĐS: 1a. } y = \frac{hx}{2f} - h \pm \sqrt{\frac{h^2 x^2}{4f^2} - \frac{x}{f}}; \text{ 1b. } x = 16\text{cm}; x' = 25\text{cm}; f = 20\text{cm}$$

Bài 14.

Cho thấu kính hội tụ có tiêu cự 10cm. Ban đầu, vật sáng AB phẳng mỏng, cao 1cm đặt vuông góc với trục chính của thấu kính, A nằm trên trục chính, cách thấu kính một khoảng bằng 15cm (Hình vẽ 2).

a. Xác định vị trí, tính chất, chiều và độ cao của ảnh. Vẽ ảnh.

b. Để được ảnh cao bằng bốn lần vật, phải dịch chuyển vật dọc theo trục chính từ vị trí ban đầu đi một khoảng bao nhiêu, theo chiều nào?

c. Để vật ở vị trí cách thấu kính 15cm và giữ vật cố định. Cho thấu kính chuyển động tịnh tiến ra xa vật, dọc theo trục chính sao cho trục chính không thay đổi. Khi thấu kính cách vật 25cm thì quang đường mà ảnh đã đi được trong quá trình trên là bao nhiêu?

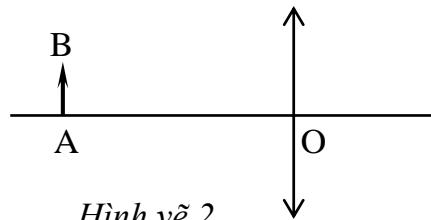
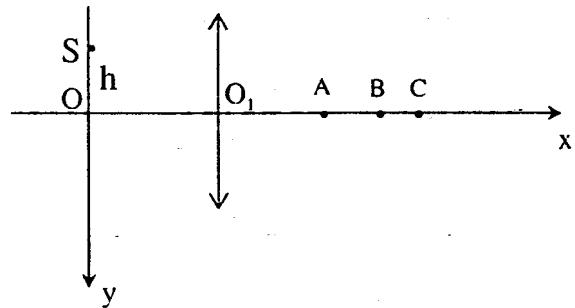
ĐS: b. + Nếu $k = 4$ thì $d = 7,5\text{cm}$, dịch vật lại gần thấu kính 7,5 cm

+ Nếu $k = -4$ thì, dịch vật lại gần thấu kính 2,5 cm

$$c_{-S_{anh}} = \frac{20}{3}\text{cm}$$

Bài 15. Một điểm sáng S được đặt trên trục chính của một thấu kính hội tụ L_1 có tiêu cự $f_1 = 24\text{cm}$. Sau thấu kính, người ta đặt một màn E vuông góc với trục chính của thấu kính và thu được ảnh rõ nét của S trên màn.

1) Để khoảng cách giữa vật và màn là nhỏ nhất thì vật và màn phải đặt cách thấu kính một khoảng là bao nhiêu?



Hình vẽ 2

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

2) Người ta đặt thấu kính L_2 phía sau và cùng trục chính với L_1 và cách L_1 một khoảng 18cm. Trên màn E lúc này có một vết sáng hình tròn. Hãy tính tiêu cự của thấu kính L_2 và vẽ hình trong các trường hợp sau:

a) Khi tịnh tiến màn E dọc theo trục chính của hệ thấu kính thì vết sáng trên màn có đường kính không thay đổi.

b) Khi tịnh tiến màn ra xa hệ thấu kính thêm 10cm thì vết sáng trên màn có đường kính tăng gấp đôi.

ĐS: 1. 96cm; 48cm; 2a. $f_2 = -30\text{cm}$; 2b. $f_2 = 60\text{cm}$

Bài 16. Một điểm sáng S chuyển động theo vòng tròn với vận tốc có độ lớn không đổi v_0 xung quanh trục chính của thấu kính hội tụ ở trong mặt phẳng vuông góc với trục chính và cách thấu kính một khoảng $d = 1,5f$ (f là tiêu cự của thấu kính). Hãy xác định :

a) Vị trí đặt màn để quan sát được ảnh của S.

b) Độ lớn và hướng vận tốc ảnh của điểm sáng S.

ĐS: a. $3f$; b. $2v_0$.

Bài 17. Cho một thấu kính mỏng hội tụ có tiêu cự f . Một nguồn sáng điểm chuyển động từ rất xa, với tốc độ v không đổi hướng về phía thấu kính trên quỹ đạo là đường thẳng tạo góc nhỏ α đối với trục chính của thấu kính. Quỹ đạo của điểm sáng cắt trục chính tại một điểm cách thấu kính một khoảng bằng $2f$ ở phía trước thấu kính.

1. Tính độ lớn vận tốc tương đối nhỏ nhất giữa điểm sáng và ảnh thật của nó

2. Khi độ lớn vận tốc tương đối giữa điểm sáng và ảnh thật của nó là nhỏ nhất thì khoảng cách giữa điểm sáng và ảnh đó là bao nhiêu?

ĐS: 1. $v_{va\min} = v \sin 2\alpha$; 2. $f \frac{(\sqrt{\cos 2\alpha} + 1)^2}{\sqrt{\cos 2\alpha}}$

Bài 18. Một vật sáng AB đặt thẳng góc với trục chính của một thấu kính hội tụ cho một ảnh thật nằm cách vật một khoảng cách nào đó. Nếu cho vật dịch lại gần thấu kính một khoảng 30 cm thì ảnh của AB vẫn là ảnh thật nằm cách vật một khoảng như cũ và lớn gấp 4 lần ảnh cũ.

a) Xác định tiêu cự của thấu kính và vị trí ban đầu của vật AB

b) Để được ảnh cao bằng vật, phải dịch chuyển vật từ vị trí ban đầu đi một khoảng bao nhiêu, theo chiều nào?

ĐS: a. $d=60\text{cm}$; f=20cm; b. Phải dịch vật lại gần thấu kính một đoạn 20cm

Bài 19. Một thấu kính hội tụ mỏng có tiêu cự là 10cm, bán kính đường rìa là 0,5cm. Đặt một điểm sáng S đơn sắc trên trục chính phía ngoài tiêu điểm của thấu kính. Thấu kính có thể làm lệch tia sáng tới từ S một góc tối đa là bao nhiêu?

ĐS: $2,9^\circ$

Bài 20. Đặt một vật phẳng nhỏ AB trước một thấu kính và vuông góc với trục chính của thấu kính. Trên màn vuông góc với trục chính ở phía sau thấu kính thu được một ảnh rõ

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

nét lớn hơn vật, cao 4mm. Giữ vật cố định, dịch chuyển thấu kính dọc theo trục chính 5cm về phía màn thì màn phải dịch chuyển 35cm mới lại thu được ảnh rõ nét cao 2mm.

a) Tính tiêu cự thấu kính và độ cao của vật AB.

b) Vật AB, thấu kính và màn đang ở vị trí có ảnh cao 2mm. Giữ vật và màn cố định, hỏi phải dịch chuyển thấu kính dọc theo trục chính về phía nào, một đoạn bằng bao nhiêu để lại có ảnh rõ nét trên màn? Khi dịch chuyển thấu kính thì ảnh của vật AB dịch chuyển như thế nào so với vật?

ĐS: a. $f = 20\text{cm}$, $AB = 1\text{mm}$; b. $\Delta d = 30\text{cm}$; khi dịch chuyển thấu kính lại gần vật thì lúc đầu ảnh của vật dịch lại gần vật, khi thấu kính cách vật 40 cm thì khoảng cách từ vật tới thấu kính cực tiểu, sau đó ảnh dịch ra xa vật.

Bài 21. Một thấu kính phẳng – cầu được làm bằng thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$ và được đặt xen giữa một điểm sáng S và một màn chắn sáng như hình vẽ.

a) Ban đầu người ta tìm được khoảng cách nhỏ nhất giữa S và ảnh thật của nó qua thấu kính là 72cm. Tính bán kính cong của mặt cầu

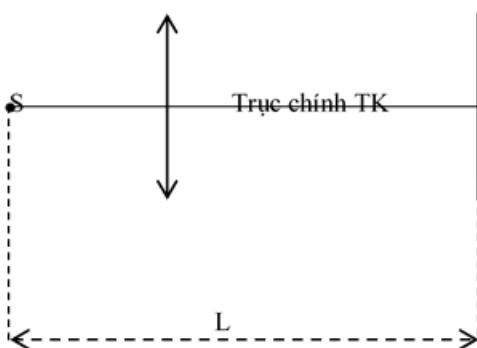
b) Giữ cố định S, ta tìm được một vị trí của thấu kính sao cho khi thay đổi khoảng cách giữa thấu kính và màn thì chùm tia sáng từ S sau khi qua thấu kính cho vệt sáng tròn có đường kính không đổi là $D_0 = 6\text{cm}$. Xác định vị trí thấu kính lúc này

c) Giữ cố định S và màn ở khoảng cách $L = 54\text{cm}$, rồi tịnh tiến thấu kính theo phương song song với trục chính của nó thì có một vị trí của thấu kính mà đường kính của vệt sáng tròn trên màn có kích thước nhỏ nhất. Xác định giá trị nhỏ nhất này và vị trí thấu kính khi đó

ĐS: a. 9cm; b. Thấu kính phải đặt cách S một đoạn đúng bằng $f = 18\text{cm}$

c. $D = 6\sqrt{3}(2 - \sqrt{3})\text{cm}$; $d = 18\sqrt{3}\text{cm}$

Bài 22. Một vật sáng AB hình mũi tên đặt song song với một màn E như hình bên. Khoảng cách giữa AB và E là L. Giữa AB và E có một thấu kính hội tụ tiêu cự f. Tịnh tiến thấu kính dọc theo trục chính AE người ta thấy có hai vị trí của thấu kính đều cho ảnh rõ nét của AB trên màn.

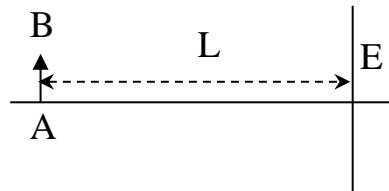


a/ Tìm điều kiện của L để bài toán thỏa mãn.

b/ Biết khoảng cách giữa hai vị trí của thấu kính là a. Tìm tiêu cự f của thấu kính theo L và a.

Áp dụng bằng số $L = 90\text{cm}$, $a = 30\text{cm}$.

c/ Vẫn thấu kính và màn E như trên, thay AB bằng điểm sáng S đặt trên trục chính của thấu kính và cách E một khoảng 45cm. Xác định vị trí đặt thấu kính để trên màn thu được vùng sáng có kích thước nhỏ nhất.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: a. $L > 4f$; b. $f = \frac{L^2 - a^2}{4L} = 20\text{cm}$; c. 30cm

Bài 23. Một khối bán cầu đồng chất, giới hạn bởi một mặt phẳng và một mặt lồi bán kính R , chiết suất $n=1,5$. Vật AB đặt trên trục đối xứng của khối cầu và cách mặt phẳng đoạn $b = 6\text{ cm}$. Đặt màn ảnh (M) vuông góc với trục và cách mặt cầu lồi rồi cho M tinh tiến sang phải và quan sát. Khi khoảng cách từ AB đến M nhỏ nhất $L_{\min} = 17\text{ cm}$ thì xuất hiện trên màn một ảnh rõ nét của AB. Tìm bán kính R của bán cầu.

ĐS: 2cm

Bài 24. Điểm sáng A nằm trên trục chính của một thấu kính mỏng, phía bên kia thấu kính đặt một màn (M) vuông góc với trục chính cách A đoạn L .

Xê dịch thấu kính trong khoảng từ A đến màn (M), ta thấy khi thấu kính cách màn một đoạn $\ell_1 = 40\text{ (cm)}$ thì trên màn thu được một vệt sáng nhỏ nhất.

Dịch màn ra xa A một đoạn 21 cm , rồi lại dịch chuyển thấu kính như trên thì ta lại thấy khi thấu kính cách màn đoạn $\ell_2 = 55\text{ (cm)}$ thì trên màn lại thu được vệt sáng nhỏ nhất.

Tính tiêu cự f của thấu kính và khoảng cách L .

ĐS: $f=36\text{cm}$; $L=36\text{cm}$

Bài 25. Vật thật AB đặt trên trục chính của một thấu kính hội tụ cho ảnh thật trên màn.

Nếu dịch chuyển vật dọc theo trục chính lại gần thấu kính 20 cm thì ta phải dịch chuyển màn 10 cm dọc theo trục chính 10 cm mới thu được ảnh rõ nét của vật trên màn, ảnh này cao gấp 2 lần ảnh kia. Tìm tiêu cự của thấu kính.

ĐS: $f = 20\text{ cm}$.

X.2. THẤU KÍNH GHÉP CÁC QUANG CỤ

Bài 1. Cho hai thấu kính mỏng L_1 và L_2 , cùng trục chính và cách nhau 30cm . Tiêu cự của hai thấu kính lần lượt là 10cm và 5cm . Bán kính rìa thấu kính của hai thấu kính lần lượt là 4cm và 2cm . Một đĩa tròn sáng AB có bán kính 2cm đặt trước thấu kính L_1 , cách thấu kính L_1 một khoảng 20cm , sao cho tâm đĩa nằm trên trục chính của hai thấu kính và mặt phẳng đĩa vuông góc với trục chính của hai thấu kính.

a. Tìm vị trí của màn để hứng được ảnh rõ nét của đĩa AB qua hệ hai thấu kính trên.

b. Rìa của ảnh không sáng rõ bằng trung tâm. Tại sao?

c. Để tạo ra ảnh rõ nét trên màn và có độ sáng đồng đều, người ta thêm vào thấu kính L_3 . Tìm vị trí đặt, tiêu cự và bán kính đường rìa của thấu kính đó.

ĐS: a. Màn sau thấu kính L_2 và cách thấu kính L_2 một đoạn bằng 10(cm) .

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

c. $f_3 = 6,67\text{cm}$, cách thấu kính L_1 một đoạn là 20cm , cách thấu kính L_2 là 10cm , bán kính đường rìa của thấu kính L_3 nhỏ nhất bằng bán kính đường rìa của thấu kính L_2 .

Bài 2. Một nguồn sáng điểm S đặt trên trục chính của một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 20\text{ cm}$ và có đường kính rìa $D = 6\text{ cm}$ cách thấu kính một khoảng d . Một màn ảnh M đặt vuông góc với trục chính của thấu kính và cách vật một khoảng $L = 50\text{ cm}$ sao cho thấu kính nằm giữa điểm sáng và màn.

a. Với $d = 45\text{ cm}$. Tìm đường kính của vệt sáng trên màn.

b. Giữ điểm sáng S và màn cố định di chuyển thấu kính theo phương trùng với trục chính của nó trong khoảng giữa điểm sáng S và màn. Tìm d để đường kính của vệt sáng trên màn là nhỏ nhất. Xác định giá trị nhỏ nhất đó của đường kính vệt sáng.
 ĐS: a. $D' \approx 5,16\text{ cm}$; b. $D'_{\min} = 3,97\text{ cm}$, $d = \sqrt{1000} \approx 31,6\text{ cm}$.

Bài 3. Đặt thấu kính phẳng – lõm bằng thủy tinh nằm ngang, đổ một chất lỏng trong suốt có chiết suất $n' = 1,8125$ vào mặt lõm (quay lên). Biết bán kính cong của mặt lõm là $12,5\text{ cm}$ và chiết suất của thủy tinh $n = 1,5$. Từ bề mặt của chất lỏng ta truyền cho viên bi một vận tốc $v_0 = 3\text{ m/s}$ thẳng đứng hướng lên. Hỏi viên bi cho ảnh thật và cho ảnh ảo qua thấu kính trong bao lâu? Lấy $g = 10\text{ m/s}^2$.

ĐS: Thời gian vật cho ảnh thật $0,2\text{s}$. Thời gian vật cho ảnh ảo $0,4\text{s}$.

Bài 4.

Một quang hệ gồm hai thấu kính mỏng L_1 và L_2 giống nhau có cùng tiêu cự f đặt đồng trục. Giữa hai thấu kính đặt một bản mặt song song vuông góc với trục chính hai thấu kính. Bản mặt song song này có bề dày h , chiết suất thay đổi theo quy luật $n = n_0 + k.y$ (n_0 và k là các hằng số dương) với trục Oy vuông góc với trục chính tại O như hình vẽ 3. Một điểm sáng S đặt tại tiêu điểm vật của L_1 .

a. Xác định ảnh của S qua quang hệ.

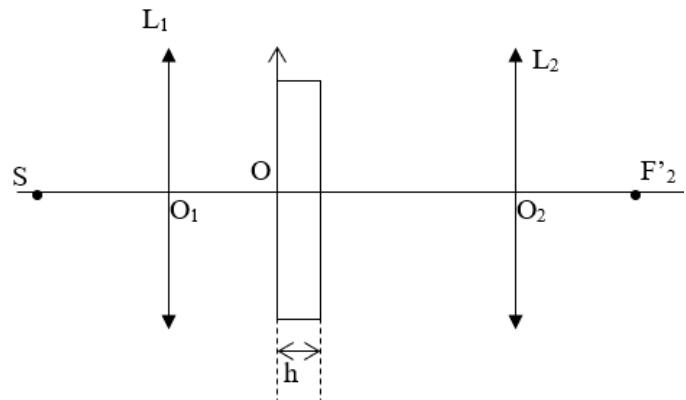
b. Từ vị trí đồng trục, quay thấu kính L_2 một góc φ nhỏ quanh O_2 sao cho trục chính của L_2 vẫn thuộc mặt phẳng chứa Oy và O_2 . Xác định ảnh của S qua quang hệ.

ĐS: a. Ảnh S' của S nằm trên tiêu diện ảnh của L_2 và cách tiêu điểm ảnh F'_2 của nó đoạn:

$$S'F'_2 = f \cdot \tan \alpha = \frac{khf}{\sqrt{1 - k^2h^2}}$$

b. Ảnh S'' của S lúc này là giao điểm

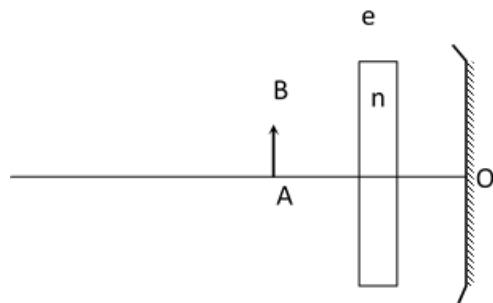
giữa O_2S' và tiêu diện ảnh của L_2 . S'' nằm trên O_2S' và cách O_2 đoạn: $O_2F'' = \frac{f}{\cos(\varphi - \alpha)}$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 5. Một gương cầu lõm tiêu cự $f = 12\text{cm}$, ảnh của vật AB hứng được trên màn ảnh là $A_1B_1 = 9\text{mm}$. Nếu đặt giữa vật và gương một bản mặt song song trong suốt có độ dày $e = 2\text{cm}$ và có chiết suất n thì phải dịch chuyển màn ảnh đi một đoạn $a = 13\text{cm}$ mới hứng được ảnh của vật là $A_2B_2 = 12\text{mm}$. Hãy tính chiết suất n .

ĐS: $n=2$



Bài 6. Đặt một vật phẳng nhỏ AB vuông góc với trục chính của một thấu kính phẳng, lồi (L), làm bằng thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$ ta thu được một ảnh thật cách thấu kính 5cm . Nhưng toàn bộ hệ thống vào nước có chiết suất $n' = \frac{4}{3}$ ta vẫn thu được một ảnh thật của vật nhưng cách vị trí ảnh cũ 25cm (khoảng cách vật – thấu kính không thay đổi).

a) Tính bán kính mặt cầu của thấu kính, tiêu cự của thấu kính trong không khí và trong nước. Tính khoảng cách từ thấu kính tới vật.

b) Thấu kính vẫn ở trong nước nhưng nằm sát mặt nước, trục chính vuông góc với mặt nước. Khoảng cách vật – thấu kính vẫn như trước, vật ở trong không khí. Xác định vị trí, tính chất, số phóng đại ảnh cuối cùng của vật.

ĐS: a. $R = 2,25\text{cm}; f_1 = 4,5\text{cm}; f_2 = 18\text{cm}; d_1 = d_2 = 45\text{cm}$

b. Ảnh cuối cùng của vật là ảnh thật, cách thấu kính $25,7\text{cm}$ và có số phóng đại $k = -0,43$.

Bài 7. Cho hệ hai thấu kính L_1 và L_2 đặt đồng trực cách nhau $l = 30\text{cm}$, có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 6\text{cm}$ và $f_2 = -3\text{cm}$. Một vật sáng $AB = 1\text{cm}$ đặt vuông góc với trục chính, trước L_1 và cách L_1 một khoảng d_1 , hãy cho ảnh $A'B'$.

a) Cho $d_1 = 15\text{cm}$. Xác định vị trí, tính chất, chiều và độ cao của ảnh $A'B'$.

b) Xác định d_1 để khi hoán vị hai thấu kính, vị trí của ảnh $A'B'$ không đổi.

ĐS: b. Vật AB cách thấu kính gần nó nhất một khoảng $7,37\text{ cm}$.

Bài 8. Hai thấu kính O_1, O_2 có cùng trục chính, đặt cách nhau một khoảng $l = 30\text{cm}$. Đặt một vật AB trước O_1 , cách một khoảng 15cm , thì thu được một ảnh rõ nét $A'B'$ trên màn M đặt cách O_2 một khoảng 12cm . Giữ vật cố định, rồi hoán vị hai thấu kính thì phải dịch màn 2cm lại gần O_1 thì mới thu được ảnh rõ nét trên màn M .

Xác định tiêu cự f_1, f_2 của hai thấu kính và độ phóng đại của ảnh ở hai vị trí hệ thấu kính trên?

ĐS: $f_1 = 6\text{cm}, f_2 = 7,5\text{cm}, k_1 = 0,4$ và $k_2 = \frac{2}{3}$

Bài 9. Một vật phẳng nhỏ AB đặt trước một màn M , giữa vật và màn có một thấu kính hội tụ O tiêu cự f_1 và một thấu kính phân kì L tiêu cự 10cm . Giữ vật và màn cố

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

định, rồi dịch chuyển hai thấu kính, ta tìm được một vị trí của O có tính chất đặc biệt là: dù đặt L ở trước hay ở sau O và cách O cùng một khoảng $\ell = 30$ cm, thì ảnh của AB vẫn rõ nét trên màn. Khi L ở trước O thì ảnh có độ cao $h_1 = 1.2\text{cm}$ và khi L ở sau O thì ảnh có độ cao $h_2 = 4.8\text{cm}$. Hãy tính:

- Tiêu cự f_1 của thấu kính O.
- Khoảng cách từ thấu kính O đến vật và màn.

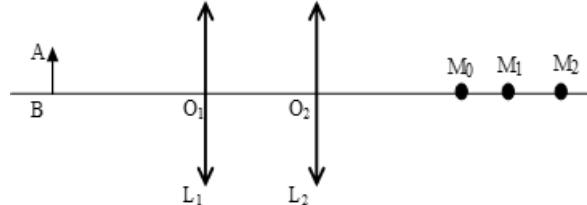
ĐS: a. $f_1 = 20\text{cm}$; b. 45cm

Bài 9. Hai thấu kính L_1 và L_2 đồng trục. Vật sáng nhỏ AB đặt trước L_1 vuông góc với trực chính cho ảnh rõ nét cao 1,8 cm trên màn E đặt tại M_0 sau L_2 . Nếu giữ nguyên AB và L_1 , bỏ L_2 đi thì phải đặt màn E tại M_1 cách M_0 6 cm mới thu được ảnh thật của vật, cao 3,6 cm. Còn giữ nguyên AB và L_2 , bỏ L_1 đi thì phải đặt màn E tại M_2 sau M_1 cách M_1 2 cm mới thu được ảnh thật cao 0,2 cm

1. Xác định chiều cao của vật AB và hai tiêu cự f_1, f_2 .

2. Giữ nguyên AB và L_1 . Điều chỉnh để khoảng cách giữa L_1 và L_2 là 30cm. Tìm số phóng đại của ảnh cho bởi hệ.

ĐS: 1. $AB=1,2\text{cm}$; $f_1=18\text{cm}$; $f_2=12\text{cm}$; 2. $k=-\frac{2}{3}$



Bài 10. Một thấu kính hội tụ (L), quang tâm O, tiêu cự $f = 40$ cm đặt trước màn M, cách màn một khoảng $a = 2$ m không đổi. Trước (L) có một thấu kính hội tụ (L_1) quang tâm O_1 ; tiêu cự $f_1 = 10$ cm, đặt cách (L) đoạn l sao cho 2 thấu kính đồng trục chính. Trước (L_1) có đặt một vật phẳng nhỏ AB trên trực chính, vuông góc với trực chính và cách (L) đoạn d. Ảnh của vật hiện rõ nét trên màn.

a. Tìm hệ thức liên hệ giữa d và l . Vẽ đồ thị (C) biểu diễn sự phụ thuộc của d theo l .

Dựa vào đồ thị (C) biện luận theo 1 giá trị của d.

b. Cho $l = 20$ cm. Xác định vị trí và số phóng đại của ảnh qua quang hệ.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: a. $d = \frac{l^2 - 50l - 500}{l - 60}$. Biện luận: Khi $0 < l < 25 + 25\sqrt{5} \text{ cm}$ thì $0 < d < 50 \text{ cm}$. Khi $60 \text{ cm} < l < +\infty$ thì $d > 90 \text{ cm}$.

b. $k = -16$

Bài 11. Một thấu kính mỏng, có một mặt phẳng và một mặt lồi. Thấu kính được đặt sao cho trục chính vuông góc với mặt phẳng nằm ngang. Một điểm sáng S ở trên trục chính phía mặt phẳng của thấu kính và cách mặt phẳng của thấu kính một khoảng d.

- Nếu toàn bộ hệ ở trong không khí thì ảnh của S ở cách thấu kính 5cm về phía mặt cong
- Nếu toàn bộ hệ ở trong nước, chiết suất $n' = 4/3$ thì ảnh của S dịch xa thấu kính thêm 25 cm

- Hỏi ảnh S sẽ ở đâu nếu

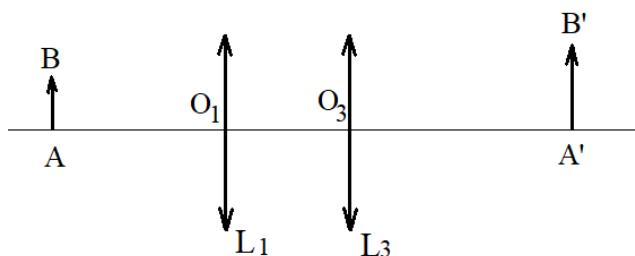
- a) Đặt thấu kính chìm trong nước, mặt phẳng của thấu kính sát mặt nước
- b) Đặt thấu kính chìm trong nước, mặt lồi của thấu kính sát mặt nước

ĐS: a. Ảnh thật nằm dưới mặt nước 25,7cm; b. Ảnh thật nằm ngoài không khí 22,5cm

Bài 12. Có hai thấu kính hội tụ L_1 và L_3 đặt đồng trục cách nhau 70cm. Vật sáng AB đặt trên trục chính, vuông góc với trục chính trước L_1 ta thu được ảnh $A'B'$ lớn gấp 6 lần vật ở sau L_3 và $AA' = 370 \text{ cm}$

(Hình vẽ). Đặt hem thấu kính L_2 trong khoảng giữa O_1 và O_3 cùng trục chính với hai thấu kính trên. Với $O_1O_2 = 36 \text{ cm}$ thì ảnh $A'B'$ không đổi.

Với $O_1O_2 = 46 \text{ cm}$ thì ảnh $A'B'$ ra xa vô cùng;



a) Tính f_1 và f_3 .

b) Hỏi $O_1O_2 = x$ bằng hao nhiêu thì độ lớn của $A'B'$ không đổi khi AB tịnh tiến theo trục chính trước L_1 ?

ĐS: a. $f_1=20 \text{ cm}$, và $f_3=30 \text{ cm}$; b. 10 cm và 50 cm

Bài 13. Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính L_1 cho một ảnh thật nằm cách vật một khoảng nào đó. Nếu cho vật dịch chuyển lại gần thấu kính

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

30(cm) thì ảnh của vật vẫn là ảnh thật, cách vật một khoảng như cũ và lớn gấp 4 lần ảnh cũ.

- a) Tính tiêu cự f_1 của thấu kính L_1 và xác định vị trí ban đầu của vật AB .
- b) Đặt thêm thấu kính L_2 có tiêu cự $f_2 = -30(cm)$ sau thấu kính L_1 , đồng trực và cách thấu kính L_1 một khoảng 1.

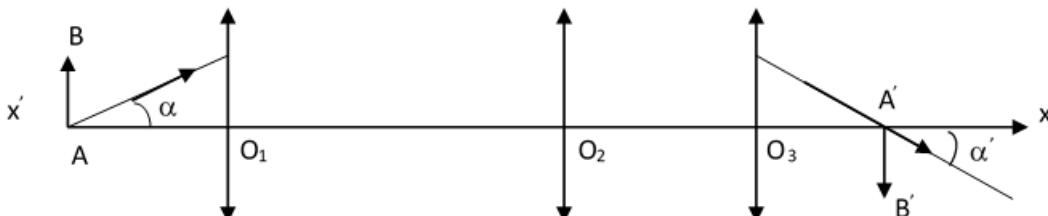
b₁) Tính 1 để ảnh cuối cùng A_2B_2 tạo bởi hệ thấu kính có độ cao không phụ thuộc vị trí đặt vật AB .

b₂) Cho $l = 40(cm)$, xác định vị trí của vật sáng AB trước hệ sao cho khi giữ vật cố định, hoán vị hai thấu kính cho nhau thì hệ luôn cho ảnh tại cùng một vị trí.

ĐS: a. $d = 60cm$; $f = 20cm$; b₁. $10cm$; b₂. $d_1 = 31,3cm$.

Bài 14. Một hệ đồng trực gồm 3 thấu kính mỏng hội tụ có tiêu cự $f_1 = 6a$, $f_2 = f$, $f_3 = 3a$ các khoảng cách $O_1O_2 = 6a$; $O_2O_3 = 3a$ ($a > 0$). Biết rằng O_2 là ảnh của chính nó qua quang hệ

1. Tính f theo a
2. Gọi $A'B'$ là ảnh của AB qua quang hệ. Chứng minh rằng $\alpha' \cdot A'B' = \alpha AB$
3. Gọi x và x' là hoành độ A và A' trên trực $x'0_2x$. Tìm hệ thức liên hệ giữa x và x'



ĐS: 1. $f = a$; 3. $x = 4x'$

Bài 15. Vật AB đặt trước một hệ ba thấu kính mỏng (L_1), (L_2) và (L_3) đặt đồng trực như hình vẽ.

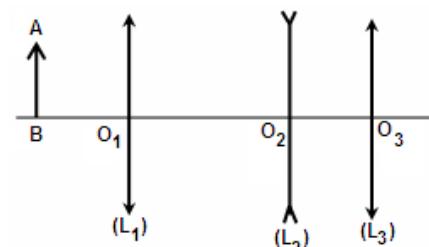
Biết tiêu cự của các thấu kính đó là $f_1 = 30cm$, $f_2 = -20cm$ và $f_3 = 40cm$.

Khoảng cách $O_1O_3 = 80cm$.

Khi dịch chuyển vật AB phía trước thấu kính (L_1) ta nhận thấy số phóng đại k của ảnh qua hệ thấu kính này không thay đổi. Tính:

- a. Khoảng cách O_1O_2 .
- b. Số phóng đại k .

ĐS: a. 20cm hoặc 50cm; b. $-\frac{8}{3}$ hoặc $-\frac{2}{3}$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 16. Cho một hệ quang học gồm hai thấu kính hội tụ mỏng giống nhau có cùng tiêu cự f , đặt đồng trục, cách nhau một khoảng l .

a) Chiếu tới hệ một chùm tia sáng đơn sắc song song hợp với trực chính của hệ một góc nhỏ. Hãy nêu đặc điểm của chùm tia ló ra khỏi hệ (có vẽ hình minh họa) trong hai trường hợp sau:

$$\begin{aligned} & -f < l < 2f \\ & -l > 2f \end{aligned}$$

b) Cho $f = 10\text{cm}$, $l = 2f$. Ban đầu đặt một điểm sáng trên trực chính, sát thấu kính thứ nhất, sau đó cho điểm sáng di chuyển dọc theo trực chính ra xa thấu kính với tốc độ không đổi $v = 5\text{cm/s}$. Nêu tính chất chuyển động và tính chất của ảnh cuối cùng của hệ.

ĐS: b. *Ảnh sau cùng của hệ chuyển động đều từ vị trí cách thấu kính thứ hai một đoạn 20cm , với vận tốc $V' = 5\text{cm/s}$, cùng chiều với chiều chuyển động của vật.*

+ *Tính chất của ảnh sau cùng của hệ:*

- * Khi $0 < t < 4s \Rightarrow 0 < d'_2 < 20\text{cm}$: *Ảnh thật.*
- * Khi $t = 4s \Rightarrow d'_2 = 0$: *Ảnh sát với thấu kính thứ hai.*
- * Khi $t > 4s \Rightarrow d'_2 < 0$: *Ảnh ảo.*

Bài 17. Cho hệ hai thấu kính hội tụ mỏng, tiêu cự lần lượt là f_1 và f_2 , đặt đồng trục cách nhau một khoảng a . Hãy xác định một điểm A trên trực chính của hệ sao cho mọi tia sáng qua A sau khi lần lượt khúc xạ qua hai thấu kính thì ló ra khỏi hệ theo phuong song song với tia tới.

$$\text{ĐS : } O_1A = d_1 = \frac{f_1 a}{a - (f_1 + f_2)}.$$

Khi $(f_1 + f_2) < a$, khi đó A trước O_1

Khi $(f_1 + f_2) = a$; điểm A ở xa vô cùng.

Khi $(f_1 + f_2) > a$ điểm A là ảo ở sau O_1 .

Bài 18. Cho quang hệ gồm hai thấu kính hội tụ, đồng trục $f_1 = 10\text{cm}$; $f_3 = 25\text{cm}$; khoảng cách giữa hai thấu kính là $O_1O_3 = 40\text{cm}$.

a) Đặt một vật sáng $AB = 2\text{cm}$ vuông góc với trực chính trước thấu kính O_1 một đoạn $d_1 = 15\text{cm}$. Xác định vị trí và tính chất của ảnh qua quang hệ.

b) Đặt thêm thấu kính O_2 đồng trục với hai thấu kính trên và tại trung điểm của O_1O_3 , khi đó độ phóng đại ảnh qua hệ 3 thấu kính không phụ thuộc vị trí đặt vật. Xác định f_2 và vẽ đường đi của tia sáng.

ĐS: a. $d'_2 = -\frac{50}{3}\text{cm}$. Ảnh A_2B_2 qua hệ thấu kính là ảnh ảo, ngược chiều với vật và bằng

$\frac{50}{15}$ lần vật

b. $f_2 = -10(\text{cm})$

Bài 19. Cho quang hệ đồng trục gồm hai thấu kính, thấu kính phân kỳ L_1 có tiêu cự $f_1 = -30\text{ cm}$ và thấu kính hội tụ L_2 có tiêu cự $f_2 = 48\text{ cm}$, đặt cách nhau một khoảng l . Đặt

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

trước L_1 một vật sáng $AB = 1$ cm, vuông góc với trục chính và cách L_2 một khoảng bằng 88 cm.

- a.Với $l = 68$ cm, hãy xác định vị trí, tính chất và độ lớn của ảnh cho bởi quang hệ ?
- b.Muốn cho ảnh của vật cho bởi quang hệ là ảnh thật thì l phải thoả mãn điều kiện gì ?

ĐS:a. $d'_2 = 120$ cm ; A_2B_2 là ảnh thật cách thấu kính L_2 và A_2B_2 ngược chiều với vật có độ lớn: $A_2B_2 = 0,9$ cm.

b. $28 \text{ cm} < l \leq 88 \text{ cm}$

Bài 20. Một điểm sáng S được đặt trên trục chính của một thấu kính hội tụ (L_1) có tiêu cự $f_1 = 25$ (cm). Người ta hứng được ảnh S' trên màn (E) đặt vuông góc với trục chính.

1. Xác định vị trí của vật, màn đối với thấu kính để khoảng cách vật và màn là nhỏ nhất.

2. Với vị trí vật, thấu kính, màn ở câu (1). Đặt sau (L_1) một thấu kính (L_2) đồng trực với (L_1) và cách (L_1) một khoảng 20 (cm). Trên màn xuất hiện một vết sáng. Hãy tính tiêu cự f_2 của thấu kính (L_2) trong các điều kiện sau:

- a. Vết sáng trên màn có đường kính không đổi khi tịnh tiến màn.
- b. Vết sáng trên màn có đường kính tăng gấp đôi khi tịnh tiến màn ra xa thêm 10 cm.
- c. Vết sáng trên màn có đường kính giảm một nửa khi tịnh tiến màn ra xa thêm 10 cm.

ĐS: 1. Vị trí của vật và màn đối xứng nhau qua thấu kính $d = d' = 2f = 50$ cm.

2a. $f_2 = -30\text{cm}$

2b. $f_2 = 60\text{cm}$ hoặc $f_2 = -300\text{cm}$

2c. $f_2 = -75\text{cm}$ hoặc $f_2 = -165\text{cm}$

Bài 21. Hai thấu kính (L_1), (L_2) có cùng trục chính, đặt cách nhau một khoảng $\ell = 30\text{cm}$. Đặt một vật có chiều cao AB trước (L_1) cách một khoảng 15cm, thì thu được một ảnh có chiều cao $A'B'$ trên màn (M) đặt cách (L_2) 12cm. Giữ vật cố định, rồi hoán vị hai thấu kính thì phải dịch chuyển màn 2cm lại gần (L_1) mới thu được ảnh. Xác định tiêu cự của hai thấu kính và số phóng đại của ảnh ở mỗi vị trí.

ĐS: $f_1 = 6\text{cm}$; $f_2 = 7,5\text{cm}$; $k_1 = 0,4$; $k_2 = \frac{2}{3}$.

Bài 22. Hai thấu kính (L_1), (L_2) có cùng trục chính, đặt cách nhau một khoảng ℓ . Một vật có chiều cao $AB = 6\text{cm}$, đặt trước (L_1) cho một ảnh có chiều cao $A'B' = 1,5\text{cm}$, cùng chiều với vật, trên một màn (M). Nếu:

- Đặt một bản mặt song song bằng thủy tinh, độ dày $e = 8\text{cm}$, chiết suất $n = 1,6$ giữa hai thấu kính, thì phải dịch chuyển màn một đoạn 3cm và ảnh cao 6cm.

- Đặt bản đó giữa vật và (L_1), thì phải dịch chuyển màn $\frac{1}{3}\text{cm}$ và ảnh cao 1,6cm.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

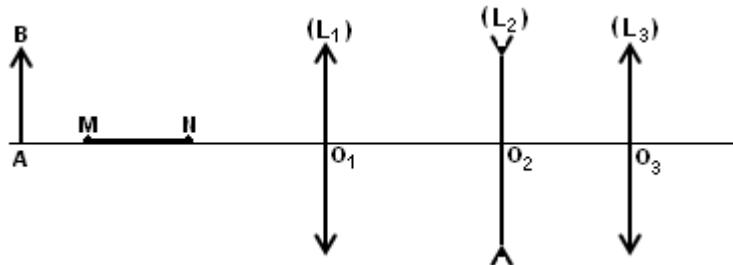
Tính tiêu cự của hai thấu kính và khoảng cách ℓ .

ĐS: $f_1 = 6\text{cm}$; $f_2 = 2\text{cm}$; $\ell = 15\text{cm}$.

Bài 23. Cho hệ 3 thấu kính (L_1), (L_2), (L_3) đặt đồng trục và được sắp xếp như hình vẽ.

Vật sáng phẳng, nhỏ có chiều cao AB đặt vuông góc với trục chính, ở trước (L_1) và chỉ tịnh tiến dọc theo trục chính.

Hai thấu kính (L_1) và (L_3) được giữ cố định tại hai vị trí O_1 và O_3 cách nhau 70 (cm) . Thấu kính (L_2) chỉ tịnh tiến trong khoảng O_1O_3 . Các khoảng O_1M = 45 (cm) , $O_1N = 24\text{ (cm)}$.



a. Đầu tiên vật AB được đặt tại điểm M, thấu kính (L_2) đặt tại vị trí cách (L_1) khoảng $O_1O_2 = 36\text{ (cm)}$, khi đó ảnh cuối của vật AB cho bởi hệ ở sau (L_3) và cách (L_3) một khoảng bằng 255 (cm) . Trong trường hợp này nếu bỏ (L_2) đi thì ảnh cuối không có gì thay đổi và vẫn ở vị trí cũ. Nếu không bỏ (L_2) mà dịch chuyển nó từ vị trí đã cho về phía (L_3) một đoạn 10 (cm) , thì ảnh cuối ra vô cực. Tìm các tiêu cự f_1 , f_2 , f_3 của các thấu kính.

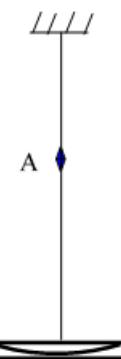
b. Tìm các vị trí của (L_2) trong khoảng O_1O_3 mà khi đặt (L_2) cố định tại các vị trí đó thì ảnh cuối có độ lớn luôn không thay đổi khi ta tịnh tiến vật AB trước (L_1).

c. Bỏ (L_3) đi. Đặt (L_2) sau (L_1), cách (L_1) một khoảng bằng 9 (cm) . Bây giờ giả sử tiêu cự của (L_1) có thể được lựa chọn. Hỏi cần phải chọn tiêu cự của (L_1) như thế nào để khi vật AB chỉ tịnh tiến trong khoảng MN thì ảnh cuối cho bởi hệ (L_1) và (L_2) luôn luôn là ảnh thật?

ĐS: a. $f_1 = 20\text{ (cm)}$; $f_2 = -15\text{ (cm)}$; $f_3 = 30\text{ (cm)}$; b. L_2 các L_1 là 10 cm hoặc 50cm

$$\text{c. } \frac{72}{11} \text{ (cm)} < f_1 < 12 \text{ (cm)}$$

Bài 24. Một thấu kính mỏng phẳng-lồi tiêu cự $f=15\text{cm}$, chiết suất $n=1,5$ được đặt cho trục chính thẳng đứng trong một chiếc cốc thủy tinh có đáy phẳng rất mỏng. Một con kiến nhỏ A bò dọc theo sợi dây treo trùng với trục chính của thấu kính. Người ta thấy có hai vị trí của con kiến cách nhau 20 cm cho ảnh của nó qua thấu kính, cách thấu kính những khoảng bằng nhau.



1. Xác định hai vị trí trên của con kiến.

2. Đổ một chất lỏng trong suốt chiết suất n' vào trong cốc cho vừa đủ ngập thấu kính. Với hai vị trí của con kiến tìm được trong câu 1, hai ảnh của nó ở hai bên thấu kính và có khoảng cách đến thấu kính gấp nhau 9 lần. Tính chiết suất n' của chất lỏng.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: a. $d_1 = 30 \text{ cm}$ và $d_2 = 10 \text{ cm}$; b. $n' = 1,2$

Bài 25. Cho hệ gồm hai thấu kính mỏng hội tụ O_1, O_2 đặt đồng trục cách nhau 70cm . Vật sáng AB đặt vuông góc với trực chính tại A và cách thấu kính O_1 một khoảng 45cm . Ảnh cuối cùng cho bởi hệ nằm sau thấu kính O_2 và cách thấu kính O_2 một khoảng 255cm . Nếu đặt thêm thấu kính mỏng O vào trong khoảng giữa hai thấu kính O_1 và O_2 đồng trục thì nhận thấy có hai vị trí M và N của thấu kính O thỏa mãn tính chất sau:

+ Khi thấu kính O ở M thì ảnh qua hệ không thay đổi và $O_1M = 36\text{cm}$.

+ Khi thấu kính O ở N thì ảnh qua hệ có độ phóng đại không đổi với mọi vị trí của vật AB trước thấu kính O_1 . Biết N là duy nhất. Tính tiêu cự của các thấu kính và đoạn O_1N .

ĐS: $f_1=20\text{cm}$; $f_2=30\text{cm}$; $f=5\text{cm}$; $O_1N = 30(\text{cm})$

Bài 26. Đặt một vật phẳng nhỏ AB trước một thấu kính và vuông góc với trực chính của thấu kính. Trên màn vuông góc với trực chính ở phía sau thấu kính thu được một ảnh rõ nét lớn hơn vật, cao 4mm . Giữ vật cố định, dịch chuyển thấu kính dọc theo trực chính 5cm về phía màn phải dịch chuyển 35cm mới lại thu được ảnh rõ nét cao 2mm .

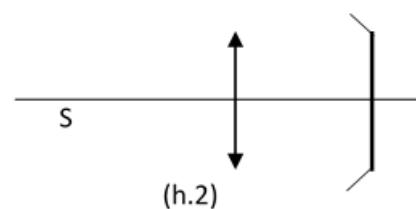
a) Tính tiêu cự thấu kính và độ cao của vật AB.

b) Vật AB, thấu kính và màn đang ở vị trí có ảnh cao 2mm . Giữ vật và màn cố định, hỏi phải dịch chuyển thấu kính dọc theo trực chính về phía nào, một đoạn bằng bao nhiêu để lại có ảnh rõ nét trên màn? Khi dịch chuyển thấu kính thì ảnh của vật AB dịch chuyển như thế nào so với vật?

ĐS: a. $f=20\text{cm}$; $AB=1\text{mm}$;

b. Khi dịch chuyển thấu kính lại gần vật thì lúc đầu ảnh của vật dịch lại gần vật, khi thấu kính cách vật 40 cm thì khoảng cách từ vật tới thấu kính cực tiểu, sau đó ảnh dịch ra xa vật.

Bài 27. Cho quang hệ như hình vẽ (h.2). Điểm sáng S đặt trên trực chính của hệ. Khoảng cách từ S đến gương là 120cm . Khi tịnh tiến thấu kính trong khoảng điểm sáng S và gương sao cho trực chính của thấu kính và gương vẫn trùng nhau thì thấy có 3 vị trí của thấu kính mà chùm sáng từ S sau khi qua thấu kính, gương và thấu kính lần thứ hai lại trở về S. Biết tiêu cự của gương $f_2 = 36\text{cm}$.



1) Tính tiêu cự của thấu kính.

2) Xác định 3 vị trí nói trên của thấu kính.

ĐS: 1. $f_1 = 12\text{cm}$; 2. : $d_1 = 24\text{cm}$; $106,475\text{cm}$; $13,525\text{cm}$

Bài 28. Đặt một vật sáng AB vuông góc với một trực chính của thấu kính hội tụ L_2 có tiêu cự f_2 . Trên màn E đặt cách vật AB một đoạn $a = 7,2 f_2$, ta thu được ảnh của vật.

1. Giữa vật AB và qua màn E cố định. Tịnh tiến thấu kính L_2 dọc theo trực chính đến vị trí cách màn E 20 cm . Đặt thêm một thấu kính L_1 (tiêu cự f_1) đồng trục với L_2 vào trong khoảng giữa AB và L_2 , cách AB một khoảng 16 cm thì thu được một ảnh cùng chiều và cao bằng AB hiện lên trên màn E . Tìm các tiêu cự f_1 và f_2 .

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

2. Bây giờ giữ vật AB cố định, còn màn E thì tịnh tiến ra xa AB đến vị trí mới cách vị trí cũ 23 cm . Tìm khoảng cách giữa hai thấu kính và vị trí mới của chúng để qua hệ thấu kính vật cho một ảnh hiện trên màn E có cùng chiều và cao gấp 8 lần vật AB.
 ĐS: 1. $f_1 = 8 \text{ cm}$; $f_2 = 10 \text{ cm}$.

2. Vị trí mới của L_1 : $d_{11} = \frac{125}{11} = 11,4 \text{ cm}$ và $d_{12} = 10 \text{ cm}$

Khoảng cách giữa hai thấu kính $l_1 = 40 \text{ cm}$ và $l_2 = 55 \text{ cm}$.

Bài 29. Một thấu kính (L) hai mặt lồi, cùng bán kính cong $R = 15 \text{ cm}$, làm bằng thủy tinh có chiết suất n.

- Một vật phẳng, nhỏ có chiều cao AB đặt trên trực chính của thấu kính, cách thấu kính một khoảng $d = 30 \text{ cm}$ cho một ảnh thật có chiều cao $A'B'$.

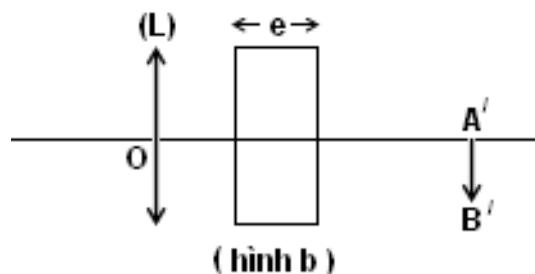
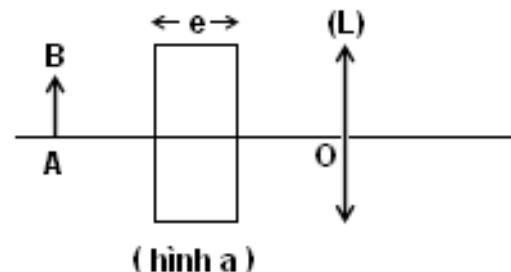
- Một bản hai mặt song song (B) làm bằng cùng một thứ thủy tinh như thấu kính có độ dày e.

Nếu đặt bản giữa vật và thấu kính (như hình a) thì ảnh $A'B'$ bị dịch chuyển dọc theo trực chính một đoạn bằng 3,75 cm.

Nếu đặt bản giữa thấu kính và ảnh $A'B'$ (như hình b) thì ảnh bị dịch một đoạn bằng 3cm.
 Tính:

- a. Tiêu cự f của thấu kính.
- b. Chiết suất n của thủy tinh.
- c. Độ dày e của bản.

ĐS: a. $f = 15 \text{ cm.}$; b. $n = 1,5;$ c. $e=9\text{cm}$



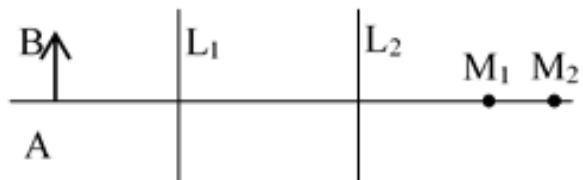
Bài 30. Cho hệ hai thấu kính mỏng đồng trục L_1 và L_2 đặt trong không khí. Một vật phẳng nhỏ AB cao 3cm đặt vuông góc với trực chính trước L_1 , cho ảnh cuối cùng qua hệ ở M_1 sau L_2 , ảnh này ngược chiều với AB và cao 4,5cm. Giữ cố định AB và L_1 , bỏ L_2 đi thì ảnh của AB ở vị trí M_2 xa hơn M_1 một đoạn 6cm, ảnh này cao 9cm. Nếu giữ cố định L_1 , bỏ L_2 đi và dịch chuyển vật dọc theo trực chính ra xa L_1 thêm một đoạn 12cm thì ảnh của vật có độ lớn bằng vật.

a. Các thấu kính L_1 và L_2 là hội tụ hay phân ki? Tại sao?

b. Tìm tiêu cự của mỗi thấu kính và khoảng cách giữa chúng.
 c. Giữ nguyên L_1 và L_2 như ban đầu. Đặt xen giữa L_1 và L_2 một thấu kính mỏng L_3 có tiêu cự $f_3 = -\frac{40}{3} \text{ cm}$ (cùng trực chính với hệ đã cho) tại vị trí nào để ảnh của vật

đặt trước L_1 qua hệ 3 thấu kính có độ cao không phụ thuộc vào vị trí của vật?

ĐS: b. $f_1 = 18\text{cm}, f_2 = 12\text{cm}, \ell = O_1O_2 = 60\text{cm}$



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

c. Có hai vị trí L_3 thỏa mãn, cách L_1 các khoảng 8cm và 58cm.

Bài 31. Một kính hiển vi gồm:

- Vật kính O_1 là một thấu kính mỏng, tiêu cự $f_1 = 0,5\text{cm}$, đường kính đường rìa bằng 1cm.
- Thị kính là một hệ kép gồm hai thấu kính hội tụ mỏng đặt cố định và đồng trục, cách nhau 2cm. Thấu kính phía trước O_2 có tiêu cự 3cm, thấu kính phía sau có tiêu cự 1cm. Đường kính đường rìa của các thấu kính O_2 và O_3 đều bằng 1,5cm. Hệ vật kính và thị kính được đặt đồng trục. Biết $O_1O_2 = 17,5\text{cm}$.

Người quan sát có mắt bình thường với $D = 25\text{ cm}$, quan sát một tiêu bản qua kính hiển vi, tiêu bản đặt cách vật kính khoảng d_1 .

- a) Tìm d_1 và số bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực. Biết mắt đặt sát O_3 .
- b) Để kính trên vẫn giữ nguyên số bội giác đối với người quan sát khi ngắm chừng ở vô cực, người ta thay thị kính kép bằng một thấu kính mỏng.
- Tìm tiêu cự của thấu kính mới và khoảng cách giữa thấu kính đó với vật kính.
- Tính đường kính của vùng quan sát được trên tiêu bản khi mắt đặt tại vòng tròn thị kính. Biết đường kính đường rìa của thấu kính mới bằng 1,2cm.

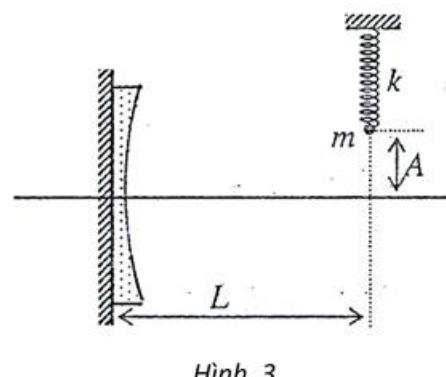
ĐS: a. $d_1 = 19/37\text{cm}$, $G_\infty = 616,7$; b. $f_4 = 1,5\text{cm}$, $O_1O_4 = 20,5\text{cm}$, $D' = 382,1\mu\text{m}$

Bài 32. Một vật nhỏ khối lượng m gắn vào đầu dưới một lò xo có độ cứng k (xem hình 3) thực hiện dao động điều hòa đối với trực chính của quang hệ gồm một thấu kính mỏng có một mặt phẳng với tiêu cự bằng $-f$ ($f > 0$). Thấu kính được ép sát vào một gương phẳng đặt thẳng đứng. Khoảng cách $L = 4,5f$.

a. Ảnh của vật nhỏ qua quang hệ nằm cách gương bao nhiêu?

b. Trong khi vật dao động, ảnh của vật sẽ cắt trực chính của thấu kính với vận tốc bao nhiêu nếu biên độ dao động của vật bằng A ?

ĐS : a. $\ell = -0,45f$; b. $v_N = (-0,1)^{N+1} A \sqrt{\frac{k}{m}}$



Hình 3

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 33. Một cái chậu có đáy là gương phẳng G nằm ngang (Hình bên). Đặt thấu kính L mỏng, dạng phẳng lồi, tiêu cự là 10 cm, sao cho mặt lồi hướng lên phía trên còn mặt phẳng thì nằm trên mặt phẳng ngang qua miệng chậu. Điểm sáng S nằm trên trục chính của thấu kính, trong khoảng giữa gương và thấu kính, khi đó ta thu được hai ảnh thật của S cách nhau $20/3$ cm. Cho nước vào đầy chậu thì hai ảnh vẫn là thật nhưng cách nhau 15cm. Biết chiết suất của nước là $n=4/3$.

a) Tìm độ sâu h của chậu và khoảng cách từ điểm sáng S tới thấu kính.

b) Đổ đầy nước vào chậu. Thay S bằng vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của thấu kính ta vẫn thu được 2 ảnh của vật. Xác định khoảng cách từ AB đến thấu kính để hai ảnh đều là ảnh thật và ảnh này cao gấp 3 lần ảnh kia.

ĐS: a. $d = 20$ cm và $h = 30$ cm; b. $d = 21,7$ cm.

Bài 34.(HSG QG 2018)

Mắt thần là một dụng cụ quang học thông dụng, thường được lắp trên các cánh cửa giúp người ở trong nhà có thể nhìn rõ bên ngoài. Mắt thần đơn giản có cấu tạo gồm hai thấu kính mỏng đặt đồng trục trong một ống hình trụ rỗng dài 3 cm. Trục chính của các thấu kính trùng với trục hình trụ. Một thấu kính được lắp ở sát đầu ống phía ngoài cửa và một thấu kính được lắp ở chính giữa ống. Người quan sát đặt mắt ở sát đầu hở của ống ở phía trong cửa để quan sát bên ngoài cửa. Cho biết một thấu kính có độ tụ $+50$ dp, rìa hình tròn có đường kính 7,5 mm, còn một thấu kính có độ tụ -200 dp, rìa hình tròn có đường kính 1 cm.

1. Thấu kính nào được lắp ở chính giữa ống để thị trường của Mắt thần là lớn nhất? Tính góc mở của thị trường khi đó.

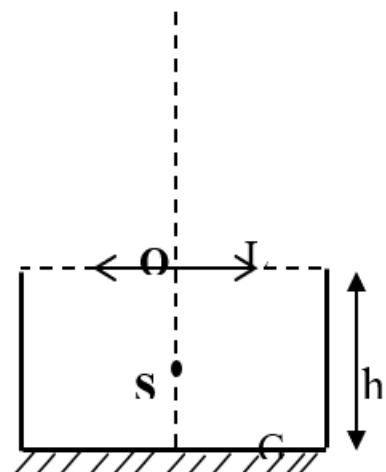
2. Tính số bội giác của Mắt thần đối với người có mắt tốt khi quan sát mà mắt không điều tiết.

3. Người có mắt tốt nhìn qua Mắt thần sẽ nhìn thấy rõ những vật đặt trong khoảng nào trước thấu kính ở đầu ống phía ngoài cửa? Biết khoảng cực cận của mắt người đó là $D = 20$ cm.

ĐS:

1.Thấu kính được lắp giữa ống là thấu kính hội tụ. $\beta \approx 94^\circ$

2. $G = 4$; 3. $d \geq d_{lc} = 7,8125\text{mm}$.



X.3. HỆ THẤU KÍNH ĐỒNG TRỤC

Bài 1. Xác định ảnh cuối cùng của vật cho bởi hệ hai thấu kính.

Một hệ gồm hai thấu kính mỏng L_1, L_2 đồng trục, đặt cách nhau 50cm. Thấu kính L_1 thuộc loại phẳng – lồi, chiết suất 1,5, bán kính mặt lồi 25cm. Thấu kính L_2 có độ tụ -2 dp. Vật AB cao 10cm đặt thẳng góc với trục chính, ở trước L_1 và cách L_1 1,5m. Xác định vị trí, tính chất, độ lớn của ảnh cuối cùng. Vẽ ảnh.

ĐS: Vây ảnh cuối cùng $A'_2B'_2$ ở sau L_2 , cách L_2 50cm, là ảnh thật ($d'_2 > 0$)

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Số phóng đại của ảnh cuối cùng $k=1$, $A_2B_2 = 10\text{cm}$

Bài 2. *Thấu kính tương đương của hệ hai thấu kính.*

1. Một thấu kính hội tụ L_1 có tiêu cự $f_1 = 10\text{cm}$. Vật AB đặt thẳng góc với trục chính, có A nằm trên trục chính và cách L_1 4cm. Tìm vị trí, tính chất và số phóng đại của ảnh A_1B_1 . Vẽ chùm tia sáng xuất phát từ B.

2. Sau L_1 4cm, đặt một thấu kính phân kỳ L_2 có độ tụ $D_2 = -10\text{dp}$. Xác định vị trí, tính chất, số phóng đại của ảnh cuối cùng A_2B_2 cho bởi hệ. Vẽ tiếp đường đi của chùm tia ở câu 1.

3. Nay, vật AB coi như ở xa vô cùng. Người ta định thay hệ hai thấu kính L_1 và L_2 bằng một thấu kính hội tụ L sao cho ảnh cuối cùng cho bởi hệ và cho bởi thấu kính L có cùng độ lớn và trùng nhau. Xác định tiêu cự của thấu kính L và khoảng cách giữa L và L_2 .

$$\text{ĐS: 1. } d'_1 = -\frac{20}{3}(\text{cm}), \text{ ảnh ảo, } k_1 = \frac{5}{3}, A_1B_1 = \frac{5}{3}AB.$$

2. A_2B_2 là ảnh ảo, ở trước L_2 5,16cm, $k = 0,8$, $A_2B_2 = 0,8AB$.

3. $f = 25\text{cm}$, thấu kính L đặt trước vị trí của L_2 một khoảng 10(cm).

Bài 3. *Vị trí của vật cho ảnh qua hệ hai thấu kính có số phóng đại cho trước; vận tốc của ảnh khi vật di chuyển.*

Trước một thấu kính hội tụ L_1 tiêu cự $f_1 = 30\text{cm}$, đặt vật AB thẳng góc với trục chính. Sau L_1 đặt thấu kính phân kí L_2 tiêu cự $f_2 = -40\text{cm}$, đồng trục và cách L_1 10cm.

- Tìm những vị trí của vật AB để ảnh cuối cùng cho bởi hệ lớn gấp 5 lần vật.
- Tìm vị trí và độ lớn của vật AB để ảnh cuối cùng ở vô cực; biết chùm tia tới phát từ B ngoài trục chính, cuối cùng ló ra khỏi L_2 là một chùm tia song song hợp với trục chính góc 2^0 .

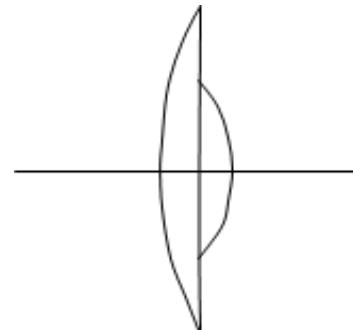
3. Giả sử bây giờ $f_2 = -10\text{cm}$ và L_2 cách L_1 20cm. Cho vật AB tịnh tiến trên trục chính với vận tốc 18cm/s . Tìm vận tốc di chuyển của ảnh cuối cùng.

ĐS: 1. Ảnh cuối cùng là ảnh ảo, $d_1 = 63\text{cm}$; ảnh cuối cùng là ảnh thật, $d_1 = 87\text{cm}$

2. $d_1 = 75(\text{cm})$; $AB = 2,09(\text{cm})$; 3. $v_{A'B'} = -2\text{cm/s}$.

Bài 4. *Hệ hai thấu kính hội tụ khác kích thước ghép sát.*

Hai thấu kính phẳng lồi, mỏng, cùng bằng thủy tinh chiết $n = 1,5$; mặt lồi có cùng bán kính $R = 15\text{cm}$, nhưng một cái lớn gấp đôi cái kia. Người ta dán hai mặt phẳng của chúng với nhau bằng một lớp nhựa trong suốt rất mỏng có cùng chiết suất n , sao cho trục chính của chúng trùng nhau.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

1. Chứng minh rằng khi đặt một vật sáng nhỏ trước thấu kính ghép đó và cách nó một khoảng d , ta sẽ thu được hai ảnh phân biệt của vật.

Tìm điều kiện mà d phải thỏa mãn để hai ảnh ấy là thật cả, hoặc ảo cả. Chứng minh rằng khi cả hai ảnh đều thật, hoặc đều ảo thì độ lớn của chúng không thể bằng nhau.

2. Xác định d sao cho hai ảnh của vật cho bởi thấu kính ghép ấy có cùng độ lớn và tính số phóng đại của chúng.

ĐS: 2. $d=0$ hoặc $d = 20\text{cm}$.

Bài 5. Hệ hai thấu kính vô tiêu.

Hai thấu kính hội tụ L_1 và L_2 đặt đồng trục, có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 30\text{cm}$ và $f_2 = 2\text{cm}$. Một vật sáng phẳng AB đặt vuông góc với trực chính của hệ, trước L_1 cho ảnh cuối cùng là A_2B_2 .

1. Tìm khoảng cách để số phóng đại của ảnh cuối cùng không phụ thuộc vào vị trí của vật AB trước hệ.

2. Với kết quả ở câu trên, ta đưa vật AB ra rất xa L_1 (A ở trên trực chính, B ở ngoài trực chính). Vẽ đường đi của một tia sáng phát ra từ B , đi qua hệ. Hãy cho biết hệ thấu kính này giống dụng cụ quang học nào?

3. Một người mắt không có tật, đặt mắt sát sau thấu kính L_2 để quan sát ảnh cuối cùng của AB thu được ở câu 2. Tính số bội giác của ảnh lúc đó. Có nhận xét gì về mối liên hệ giữa số phóng đại và số bội giác của ảnh lúc này?

Đ: 1. $O_1O_2 = 32\text{cm}$; 2. Hệ lúc này được gọi là hệ vô tiêu.

$$3. k = -\frac{1}{15}, G_{\infty} = \frac{1}{|k|} = 15.$$

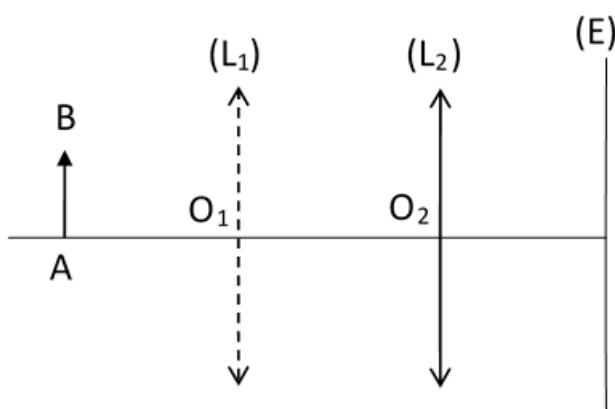
Bài 6. Cho ảnh và số phóng đại, tìm tiêu cự và khoảng cách giữa hai thấu kính.

Một vật sáng AB hình mũi tên đặt vuông góc với trực chính của một thấu kính hội tụ L_2 có tiêu cự f_2 thì cho ảnh hiện lên trên một màn E đặt cách vật AB một đoạn $\delta = 7,2f_2$.

1. Tính số phóng đại của ảnh của AB cho bởi thấu kính L_2 .

2. Giữ vật AB và màn E cố định. Tịnh tiến thấu kính L_2 dọc theo trực chnhns đến cách màn E là 20cm . Người ta đặt thêm một thấu kính hội tụ L_1 có tiêu cự f_1 đồng trực với L_2 vào trong khoảng giữa vật AB và L_2 và cách AB 16cm (hình vẽ) thì được một ảnh cùng chiều và cao bằng AB hiện lên trên màn E . Tính tiêu cự f_1 và f_2 .

3. Bây giờ giữ vật AB cố định, tịnh tiến



màn E ra xa AB đến vị trí mới cách vị trí cũ của nó 23cm . Thấu kính L_1 vẫn ở trước thấu kính L_2 . Hãy xác định khoảng cách giữa hai thấu kính và vị trí mới của chúng để

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

qua hệ hai thấu kính, vật cho một ảnh hiện lên trên màn có cùng chiều và cao gấp 8 lần vật AB.

ĐS: 1. $k_2 = -5$; 2. $f_1 = 8\text{cm}$, $f_2 = 10\text{cm}$; 3. Với $d_1 \approx 11,36\text{cm}$ thì $a \approx 40\text{cm}$; với $d_1 = 10\text{cm}$ thì $a = 50\text{cm}$.

Bài 7. Hệ 3 thấu kính mỏng ghép sát. Đo chiết suất của chất lỏng.

Một thấu kính mỏng giới hạn bởi hai mặt cầu lồi có cùng bán kính $R = 42\text{cm}$, chiết suất $n = 1,70$. Người ta bỏ thấu kính vào một chậu có thành thẳng đứng, rất mỏng, trong suốt, bè ngang của chậu lớn hơn bè dày của thấu kính một chút.

1. Chậu không chứa gì. Hỏi phải đặt một màn ở đâu để thu được ảnh của một vật nhỏ đặt trước hệ 90cm ?

2. Đổ đầy một chất lỏng chiết suất n' vào chậu. Chứng tỏ rằng hệ hợp bởi một số thấu kính mỏng ghép sát. Tính tiêu cự f_1 của hệ theo n' .

3. Phải đặt một màn ở đâu để thu được ảnh của vật cũ ở câu 1 qua hệ.

Áp dụng số: $n' = 1,2$.

4. Chứng minh rằng nếu biết vị trí d' của màn thì có thể tính ra n' . Xây dựng công thức tính n' theo d' .

Áp dụng số: $d' = 157,5\text{cm}$. Xác định những giới hạn của n' .

5. Vẽ đường biểu diễn của f_1 theo n' trong các giới hạn tìm được ở trên.

ĐS: 1. Màn đặt sau hệ 45cm ; 2. $f_1 = \frac{210}{17-10n'}$; 3. Sau thấu kính $78,75(\text{cm})$.

$$4. n' = \frac{44d' - 630}{30d'}; n' = \frac{4}{3}.$$

Bài 8. Hệ 3 thấu kính. Vị trí của các thấu kính để ảnh cuối cùng trùng với vật.

Cho 3 thấu kính mỏng L_1 , L_2 và L_3 như hình vẽ, cùng được làm bằng thủy tinh có chiết suất $n = 1,5\text{cm}$. Bán kính các mặt cầu bằng nhau $R = 10\text{cm}$.

1. Tính tiêu cự của các thấu kính.

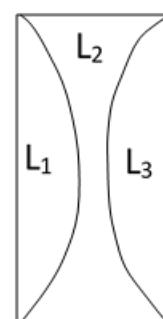
2. Giữ nguyên L_1 và L_2 , tách L_3 ra xa một đoạn $a = 40\text{cm}$. Chiếu một chùm tia sáng song song với trực chính đến L_1 . Xác định điểm hội tụ của chùm tia ló. Vẽ đường đi của chùm tia ló.

3. Vật là điểm sáng S đặt tại tiêu điểm vật của L_1 . Giữ nguyên khoảng cách a . Di chuyển L_2 từ L_1 đến L_3 .

Hỏi với vị trí nào của L_2 thì chùm tia ló khỏi L_3 là chùm hội tụ, là chùm phân kì.

Từ đó suy ra vị trí của L_2 để ảnh cuối cùng trùng với S.

ĐS : 1. $f_1 = f_3 = 20\text{cm}$; 2. Sau L_3 và cách 30cm ; 3. L_2 cách $L_1 35\text{cm}$



Bài 9. Hệ đối xứng gồm ba thấu kính. Điều kiện để có ảnh đối xứng với vật; để ảnh ở vô cực.

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Cho hệ ba thấu kính mỏng đồng trục L_1, L_2, L_3 lần lượt có tiêu cự là $f_1 = -20\text{cm}$, $f_2 = 10\text{cm}$ và $f_3 = -20\text{cm}$.

Khoảng cách giữa quang tâm là $O_1O_2 = O_2O_3 = 5\text{cm}$ (hình vẽ).

Một điểm sáng A nằm ở bên trái hệ thấu kính và cách thấu kính L_1 một khoảng d_1 .

Xác định d_1 để chùm tia sáng xuất phát từ A sau khi truyền qua hệ thấu kính:

1. Hội tại một điểm đối xứng với A qua quang tâm O_2 .

2. Trở thành một chùm tia song song.

ĐS: 1. 60cm ; 2. 28cm

Bài 10. (HSGQG 2000)

Một vật phẳng nhỏ AB đặt trước màn M. Giữa vật và màn có một thấu kính hội tụ O tiêu cự f và một thấu kính phân kì L tiêu cự $f_1 = -10\text{cm}$. Giữ vật và màn cố định và bằng a, di chuyển hai thấu kính dọc theo trực chính người ta tìm thấy một vị trí của O có tính chất đặc biệt là dù L có ở phía trước hay phía sau O và cách O cùng một khoảng $\ell = 30\text{cm}$ thì ảnh của AB cho rõ nét trên màn, khi L ở phía trước ảnh cho bởi hệ có độ cao $1,2\text{cm}$, khi L ở phía sau ảnh cho bởi hệ có độ cao $4,8\text{cm}$. Tính f ; a.

ĐS: $f = 20\text{cm}$; $a = 90\text{cm}$

Bài 11. Vật sáng AB đặt vuông góc với trực chính của thấu kính phân kì O_2 có tiêu cự $f_2 = -30\text{cm}$ và cách O_2 đoạn $a = 115\text{cm}$. Sau O_2 đoạn $b = 15\text{cm}$ đặt màn M vuông góc với trực chính của thấu kính O_2 . Giữa vật AB và thấu kính O_2 người ta đặt một thấu kính hội tụ O_1 có tiêu cự f_1 đồng trục với O_2 . Người ta nhận thấy có hai vị trí đặt O_1 (trong khoảng O_2 đến vật) đều cho ảnh của AB rõ nét trên màn M, hai vị trí này cách nhau $\ell = 75\text{cm}$.

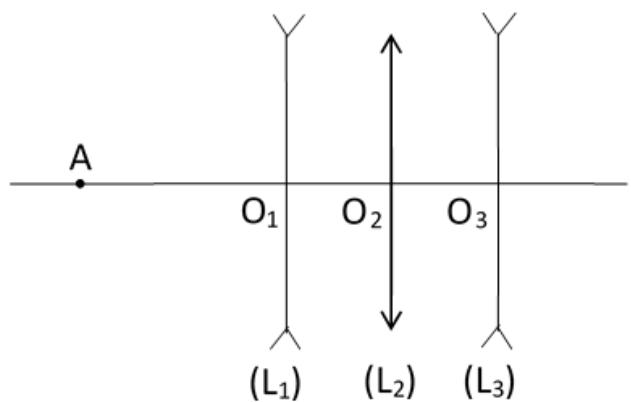
1. Tính f_1 và vị trí của O_1 .

2. Đặt hai thấu kính trên cách nhau đoạn $a = 45\text{cm}$ sao cho chúng đồng trục nhau. Xác định vị trí của AB để ảnh của nó có vị trí không đổi nếu ta đổi chỗ hai thấu kính cho nhau. Tính khoảng cách vật ảnh trường hợp này $L = ?$

ĐS: 1.: $f_1 = 20\text{cm}$. Có hai vị trí của O_1 là: $d_1 = 25\text{cm}; d_1 = 100\text{cm}$; 2. $L = 105\text{cm}$

Bài 12. Vật sáng AB đặt vuông góc với trực chính trước thấu kính hội tụ O_1 có $f_1 = 20\text{cm}$, phía sau thấu kính O_1 là thấu kính O_2 đồng trục cách AB đoạn $a = 85\text{cm}$.

1. Sau thấu kính O_2 người ta đặt màn M song với O_2 cách O_2 đoạn $b = 10\text{cm}$. Khi di chuyển O_1 dọc theo trực chính vuông góc với trực chính trong khoảng AB & O_2 thì người ta thấy có hai vị trí của O_1 cách nhau đoạn $\ell = 30\text{cm}$ đều cho ảnh rõ nét trên màn. Tính f_2 ; $\overline{O_1O_2}$.



BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

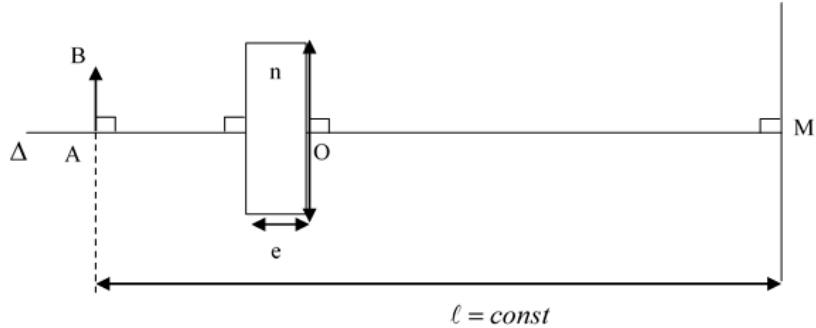
2. Khi O_1 cách AB đoạn $c = 30cm$, người ta di chuyển màn M đến vị trí thích hợp nào đó rồi cố định màn M, khoảng cách giữa vật và màn lúc này là $L = \text{const}$. Sau đó người ta di chuyển thấu kính O_2 dọc theo trục chính vuông góc với trục chính trong khoảng $O_1 & M$ đến vị trí thích hợp để ảnh cho bởi quang hệ hiện rõ nét trên màn M rồi hoán đổi hai thấu kính cho nhau, thì thấy ảnh cho bởi hệ vẫn hiện rõ nét trên màn M. Tính $\overline{O_1 O_2}; L$.

ĐS : 1. TH 1 : $f_2 = -10\text{cm}$, $\overline{O_1 O_2} = 55\text{cm}$; TH 2 : $f_2 = -10\text{cm}$, $\overline{O_1 O_2} = 25\text{cm}$.

2. $\overline{O_1 O_2} = 52,5\text{cm}$; $L = 112,5\text{cm}$

Bài 13. Cho quang hệ như HV. Vật sáng AB đặt trước thấu kính hội tụ tiêu cự f sao cho AB vuông góc với Δ . Ngay

sát phía trước thấu là một bản thủy tinh có hai mặt // độ dày $e = 5,7\text{cm}$, chiết suất $n = 1,5$. Giữ khoảng cách giữa vật AB và màn M cố



định và bằng ℓ , dịch thấu kính và bản thủy tinh dọc theo trục chính (sao cho thấu kính và bản thủy tinh luôn ép sát nhau) thì người ta thấy có một vị trí của thấu kính mà dù bản thủy tinh có đặt sát phía trước hay phía sau thấu kính thì ảnh đều rõ nét trên màn. Khi tấm thủy tinh ở phía sau ảnh này cao 10mm , khi tấm thủy tinh ở phía sau ảnh này cao $8,1\text{mm}$. Tính $f; \overline{AB}; \ell$

ĐS : $f = 9\text{cm}$; $\ell = 38\text{cm}$, $\overline{AB} = 9\text{mm}$

Bài 14. Vật sáng AB qua một thấu kính O cho ảnh rõ nét trên một màn M . Dịch vật lại gần thấu kính một khoảng 36cm và dịch màn theo cùng chiều thì ảnh của vật lại vẫn rõ nét trên màn và ảnh mới cao gấp 4 lần ảnh cũ . Hãy xác định tiêu cự thấu kính , khoảng cách từ vật đến màn và khoảng cách từ vật đến vị trí vật lúc ban đầu . Để được ảnh rõ nét trên màn cao bằng vật thì phải dịch vật từ vị trí ban đầu đến vị trí nào ?

ĐS: $f = 24\text{cm}$, lúc đầu $d_1 = 72\text{cm}$ và lúc sau $d_2 = 36\text{cm}$.

Bài 15. Một thấu kính O có tiêu cự f . Vật nhỏ AB đặt vuông góc với trục chính phía trước thấu kính . Màn ảnh M đặt vuông góc với trục chính phía sau thấu kính . Một bản thủy tinh hai mặt song song có độ dày $e = 6\text{cm}$ chiết suất $n = 1,5$, đặt vuông góc với trục chính . Vật AB và màn M cố định , dịch thấu kính và bản mặt ss . Ta tìm được một vị trí của thấu kính mà dù bản mặt ss đặt trước hay sau thấu kính thì ảnh trên

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

màn vẫn rõ nét hai ảnh cao 10mm và $8,1\text{mm}$. Tìm tiêu cự thấu kính f , chiều cao của vật $AB = h$, khoảng cách l_1 từ vật đến thấu kính và l_2 từ thấu kính đến màn.

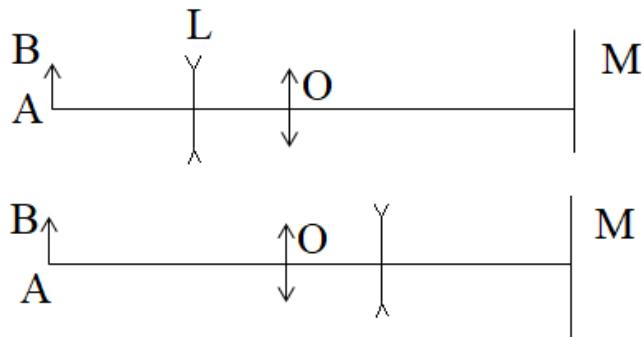
$$\text{ĐS: } h = 9\text{mm}, l_1 = l_2 = 20\text{cm}, f = 9,47 \text{ cm}$$

Bài 16. Có hai thấu kính phân kỳ cùng tiêu cự $-f$ đặt cách nhau một đoạn bằng $2f$. Đặt vào giữa chúng một thấu kính hội tụ có tiêu cự sao cho bất cứ vật nào nằm trước quang hệ đều cho ảnh thật. Xác định tiêu cự của thấu kính hội tụ và số phóng đại ảnh qua hệ khi khoảng cách giữa vật và ảnh là nhỏ nhất.

$$\text{ĐS: } f' = \frac{2f}{3}, k = 1$$

Bài 17. Một vật phẳng nhỏ AB đặt trước một màn M , giữa vật và màn có một thấu kính hội tụ O tiêu cự f và một thấu kính phân kỳ L tiêu cự 10cm .

Giữ vật và màn cố định, rồi dịch chuyển hai thấu kính, người ta tìm được một vị trí của O có tính chất đặc biệt là: Dù đặt L ở trước hay sau O và cách O cũng một khoảng $l = 30\text{cm}$ thì ảnh của AB vẫn rõ nét trên màn. Khi L ở trước O (Nghĩa là ở trước AB và O) thì ảnh có độ cao $h_1 = 1,2 \text{ cm}$ và khi L ở sau O thì ảnh có độ cao $h_2 = 4,8\text{cm}$. Hãy tính .



- a) Tiêu cự f của thấu kính hội tụ O
- b) Khoảng cách từ O đến vật và đến màn.

$$\text{ĐS: a. } f = 20\text{cm}; \text{ b. Khoảng cách từ } O \text{ đến vật và đến màn là } 45\text{cm}.$$

Bài 18. Cho hệ hai thấu kính hội tụ có tiêu cự f_1 và f_2 đặt đồng trục và cách nhau 1 khoảng là a . Tìm điểm A trên trục thấu kính sao cho mọi tia sáng đi vào A sau khi khúc xạ qua hai thấu kính đều cho tia ló song song với nó .

$$\text{ĐS: TH1: A nằm trước } O_1 \text{ và } O_2 \text{ thì A cách } O_1: d_1 = \frac{a \cdot f_1}{a - f_1 - f_2} > 0 \text{ với } a > (f_1 + f_2)$$

$$\text{TH2: A nằm trước } O_2 \text{ và } O_1 \text{ thì A cách } O_2: d_1 = \frac{a f_2}{a - f_1 - f_2}$$

Bài 19. Một tia laser chiếu tới một thấu kính phân kỳ có tiêu cự $f = 3\text{cm}$ dưới một góc $\alpha = 0,1\text{rad}$ đối với trục chính của thấu kính và được quan sát dưới dạng một chấm sáng trên màn E , đặt vuông góc với trục chính, ở sau thấu kính và cách thấu kính một khoảng $L = 630\text{cm}$. Nếu ở trước thấu kính đặt một bản mặt song song bằng thuỷ tinh có bề dày $d = 1\text{cm}$ thì thấy chấm sáng dịch chuyển trên màn một đoạn $a = 8\text{cm}$. Hãy xác định chiết suất của bản thuỷ tinh.

$$\text{ĐS: } n \approx 1,61$$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 20. Xét hệ quang học gồm n thấu kính hội tụ mỏng, giống nhau, có tiêu cự f , được đặt đồng trục và cách đều nhau một khoảng $4f$. Ta gọi k là số thứ tự của thấu kính L_K và O_K là quang tâm của thấu kính thứ K . Một vật được biểu diễn bằng véc tơ AB , có điểm A nằm trên quang trực xx' được đặt vuông góc với quang trực cách thấu kính thứ nhất khoảng $2f$ ở phía ngoài quang hệ. Ta gọi $y = \overline{AB}$ là chiều cao của vật, ảnh của AB sau thấu kính thứ K là $A_K B_K$ có chiều cao $y_K = \overline{A_K B_K}$

- 1) Xác định vị trí của các điểm A_K và các giá trị y_K
- 2) Một tia sáng xuất phát từ B nằm trong cùng mặt phẳng với quang trực đi về phía quang hệ và ra xa quang trực lập với quang trực một góc α nhỏ
- a) Sau khi qua thấu kính thứ nhất, tia sáng đó lập với quang trực một góc α_1 bằng bao nhiêu?
- b) Sau khi qua thấu kính thứ k , tia sáng đó lập với quang trực một góc α_k bằng bao nhiêu?
- 3) Từ kết quả câu 2 nhận xét về độ sáng của các điểm trên ảnh thu được sau hệ quang học, giả thiết vật AB có độ sáng đồng đều.

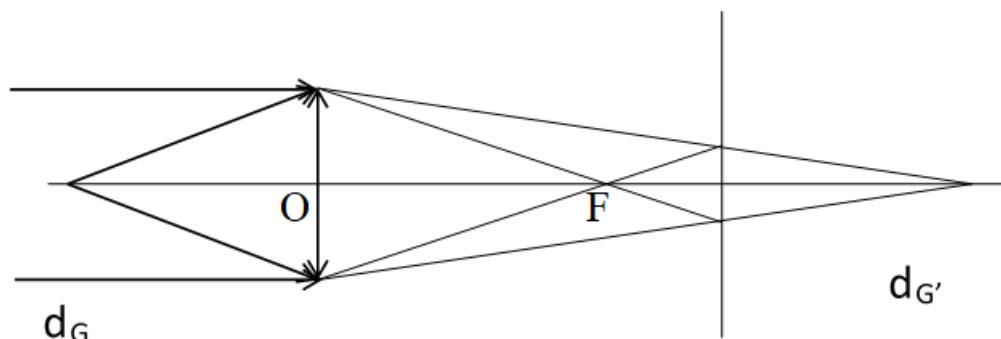
4) Hệ quang học này được ứng dụng để truyền ảnh của vật trên một khoảng cách. Trước đây người ta sử dụng hệ này cùng với một vài thấu kính thích hợp tạo nên một kính nội soi dùng để quan sát các chi tiết nhỏ của các bộ phận ở sâu bên trong cơ thể người. Hãy nêu một phương án chế tạo kính nội soi như vậy. Cho biểu thức gần đúng $\operatorname{tg}\alpha \approx \alpha$ nếu α nhỏ.

ĐS: 1. A_K cách L_K về phía sau một khoảng $2f$ cách L_{K+1} về phía trước một khoảng $2f$ và $y_K = -y_{K-1}$ vậy $y_k = y$ nếu k chẵn và $y_k = -y$ nếu k lẻ.

$$2a. \alpha_1 = -\alpha - \frac{y}{f}; 2b. \alpha_k = (-1)^k (\alpha + k \frac{y}{f}).$$

3. Điểm sáng càng xa quang trực thì ảnh của nó càng yếu.

Bài 21. Khoảng cách từ vật kính đến phim trong 1 máy ảnh tự động là 5cm. Đường kính đường rìa của vật kính là 1cm. Máy ảnh chụp rõ nét được các vật cách máy từ 2,5m đến vô cùng. Hỏi nếu khoảng cách từ vật kính đến phim vẫn như thế thì máy ảnh chụp được rõ nét từ đâu ra xa vô cùng nếu đường kính đường rìa là 0,8cm?

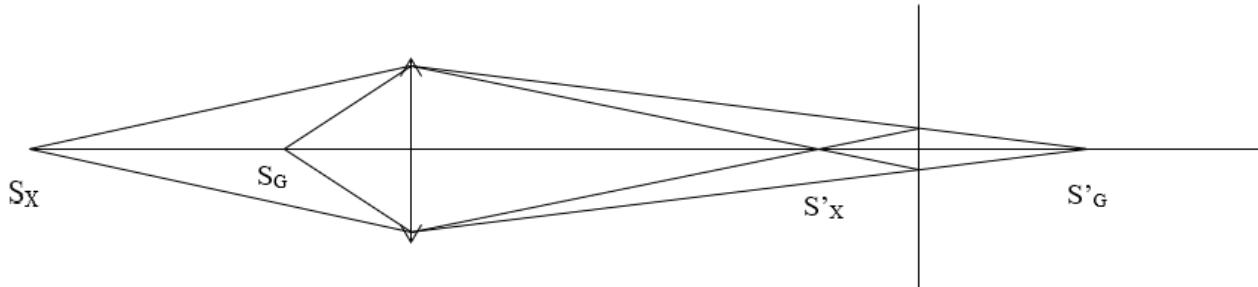


BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

ĐS: Máy ảnh chụp rõ nét từ 2m đến vô cùng

Bài 22. D : Đường kính lỗ con ngươi ; $\frac{D}{f}$ khẩu độ tỉ đối ; $\frac{f}{D}$ độ mở của ống kính .

Khi chụp ảnh của một vật nếu để độ mở của ống kính là 4 thì những vật nằm cách máy từ 2 đến 4 m cho ảnh rõ nét trên phim . Khoảng cách từ 2 đến 4 m gọi là chiều sâu của trường . Hỏi nếu để độ mở của ống kính là 2 thì chiều sâu của trường là bao nhiêu ?



ĐS: Từ 2,28(m) đến 3,2cm

Bài 23. Cho gương phẳng đặt nghiêng 45^0 so với trục chính của một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 20\text{cm}$. Khoảng cách từ giao điểm của gương với trục chính đến tâm O của thấu kính là $a = 40\text{cm}$. Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính , nằm trước thấu kính và gương cách thấu kính một khoảng $d_1 = 30\text{cm}$.

a) Tìm vị trí và tính chất ảnh qua hệ

b) Nếu thay gương bằng một lăng kính phản xạ toàn phần cạnh $b = 6\text{cm}$, chiết suất $n = 1,5$. Hãy xác định vị trí và tính chất của ảnh.

ĐS: 1. Ảnh cuối cùng là ảnh thật và song song với trục chính của thấu kính.

2. Ảnh cuối cùng là ảnh thật nằm cách thấu kính là 62cm

Bài 24. Một thấu kính mỏng phẳng lồi làm bằng thuỷ tinh và có bán kính mặt lồi $R = 40\text{cm}$.

1. Thấu kính được đặt sao cho mặt phẳng tiếp xúc với mặt nước và mặt lồi tiếp xúc với không khí . Người ta chiếu một chùm tia đơn sắc hẹp song song với trục chính của thấu kính và rất gần trục đi từ không khí vào nước . Chùm này hội tụ ở điểm M . Tính khoảng cách từ M đến đỉnh S của thấu kính . Chiết suất của không khí là 1 , của thuỷ tinh là 1,5 , của nước là $n' = 4/3$

2) Nếu mặt phẳng của thấu kính tiếp xúc với không khí , mặt lồi với nước thì SM bằng bao nhiêu ?

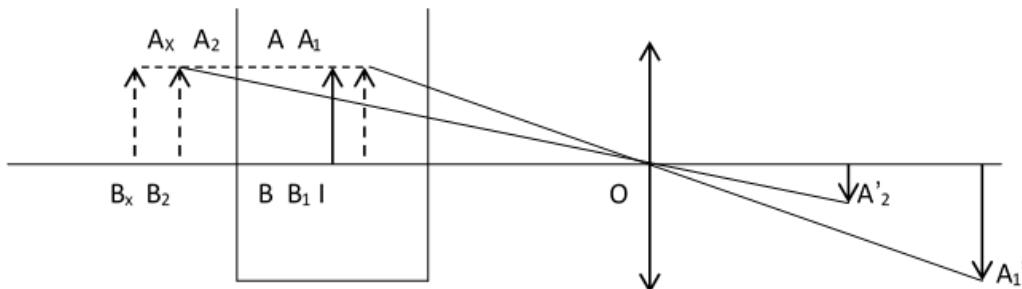
3) Trong câu 1 , thay nước bằng chất lỏng có chiết suất x . Biết SM = 112cm . Tính x

4) Nếu dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng lớn hơn thì trong câu 3 , x tăng hay giảm ?

ĐS: 1. $\frac{320}{3}\text{cm}$

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

Bài 25. Một bể nhỏ hình hộp chữ nhật trong có chứa nước. Thành bể phía trước là một tấm thuỷ tinh có độ dày không đáng kể, thành bể phía sau là một tấm gương phẳng. Khoảng cách giữa hai thành bể này là $a = 32\text{cm}$. Giữa bể có một vật phẳng AB thẳng đứng. Đặt một thấu kính hội tụ trước bể, và màn M để thu ảnh của vật. Ta thấy có hai vị trí của màn cách nhau một khoảng $d = 2\text{cm}$ đều thu được ảnh rõ nét. Độ lớn của ảnh trên màn lần lượt là 6cm và $4,5\text{cm}$. Tính tiêu cự của thấu kính, khoảng cách từ thấu kính đến thành bể phía trước, độ lớn của vật. Cho biết chiết suất của nước là $4/3$



ĐS: $AB = 18\text{cm}$; $f = 24\text{cm}$; khoảng cách từ thấu kính đến thành bể phía trước 84cm

Bài 26. Máy ảnh.

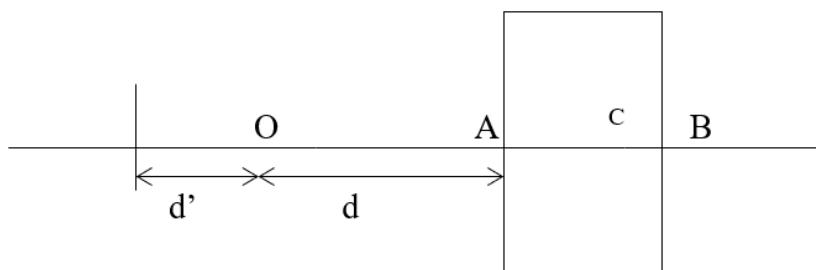
Một con cá mình rất mỏng coi như một hình phẳng (cá thần tiên) bơi trong một bể nước bằng thuỷ tinh, kích thước trong $8 \times 40 \times 40$ (cm). Thành bể dày 9mm và có chiết suất $n = 1,500$. Một người định chụp ảnh con cá bằng một máy ảnh, dùng phim $24x36$ (mm). Quang trực của máy ảnh vuông góc với thành bể có kích thước $80x40$ (cm). Vật kính có tiêu cự $f = 5\text{cm}$. Do phim có cấu tạo hạt nên nếu phim lệch khỏi vị trí ứng với ảnh rõ nét không quá $0,3\text{mm}$ thì ảnh chụp được vẫn coi là tốt.

1. Để ảnh của con cá là tốt dù nó ở bất cứ chỗ nào nhưng không cần chụp toàn bộ bể thì máy ảnh phải đặt cách mặt trước của bể bao nhiêu và phim phải đặt cách vật kính bao nhiêu? Khi đó máy được điều chỉnh vào điểm nào?

2) Giả sử vị trí của phim chỉ được xác định chính xác đến $\frac{1}{20}\text{mm}$, thì có thể bỏ qua độ dày của thành bể được không?

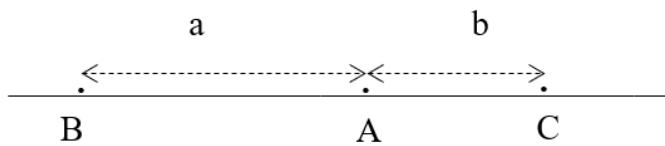
3. Để chụp được con cá cùng toàn bộ chiều dài bể cá và tận dụng được phim, phải đặt máy cách bể bao nhiêu và phải điều chỉnh máy vào điểm nào? Cho chiết suất của nước $n = 4/3$

ĐS:



Bài 27. Cho một thấu kính mỏng có quang tâm O và 3 điểm A; B; C đặt trên trục chính. Một điểm sáng S đặt ở A cho ảnh ở B, S đặt ở B lại cho ảnh ở C (Hình vẽ)

BỒI HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG



1) Hỏi thấu kính loại gì ? Đặt trong khoảng nào ? Tìm khoảng cách AO và tiêu cự f của thấu kính . Biết AB = a = 40cm ; b = 20cm

2/ Điểm sáng S đặt ở A , dịch chuyển thấu kính từ O ra xa S . Hãy khảo sát sự biến thiên của khoảng cách y = AS' (S' là ảnh của S) theo x là khoảng cách từ thấu kính (O₁ đến vị trí ban đầu O của nó .

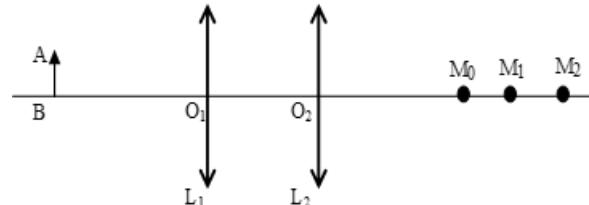
$$\text{ĐS: 1. } AO = \frac{ab}{2a+b} = 8\text{cm} ; f = \frac{2ab(a+b)}{(2a+b)^2} = 9,6\text{cm}; \text{ 2. } y = \frac{(x+8)(x-11,2)}{(x-1,6)^2}$$

Bài 28. Hai thấu kính L₁ và L₂ đồng trục. Vật sáng nhỏ AB đặt trước L₁ vuông góc với trực chính cho ảnh rõ nét cao 1,8 cm trên màn E đặt tại M₀ sau L₂. Nếu giữ nguyên AB và L₁, bỏ L₂ đi thì phải đặt màn E tại M₁ cách M₀ 6 cm mới thu được ảnh thật của vật, cao 3,6 cm. Còn giữ nguyên AB và L₂, bỏ L₁ đi thì phải đặt màn E tại M₂ sau M₁ cách M₁ 2 cm mới thu được ảnh thật cao 0,2 cm

1. Xác định chiều cao của vật AB và hai tiêu cự f₁, f₂.

2. Giữ nguyên AB và L₁. Điều chỉnh để khoảng cách giữa L₁ và L₂ là 30cm. Tìm số phóng đại của ảnh cho bởi hệ.

$$\text{ĐS: 1. } AB=1,2\text{cm}; f_1=18\text{cm}; f_2=12\text{cm}; \text{ 2. } k=-\frac{2}{3}$$



-----TÀI LIỆU LUƯ HÀNH NỘI BỘ-----