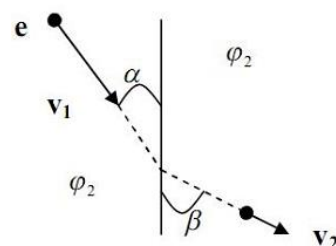


CHUYỂN ĐỘNG CỦA HẠT MANG ĐIỆN TRONG TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

[Bài 1]. Một electron chuyển động từ vùng đẳng thế có điện thế φ_1 sang vùng đẳng thế có điện thế φ_2 . Mặt phân cách giữa hai vùng là mặt phẳng. trong vùng đẳng thế φ_1 , electron có vận tốc hợp với mặt phân cách một góc α . Xác định góc β hợp bởi vận tốc của electron và mặt phân cách trong vùng đẳng thế φ_2 . Bỏ qua lực cản không khí và trọng lực.



[Bài 2]. Một bán cầu mỏng bán kính R , tích điện với mật độ điện mặt σ . Một lưỡng cực điện có momen lưỡng cực p_e nằm cân bằng tại tâm bán cầu. Tính chu kỳ dao động nhỏ của lưỡng cực trong mặt phẳng vuông góc với mặt đáy bán cầu.

[Bài 3]. Trong một điện trường đều có cường độ E ta đặt một vòng tròn tâm O đường kính $AB = 2R$. Tại điểm A có một điện tích điểm được phóng ra với vận tốc có độ lớn không đổi, trong trường hợp nó đến điểm C trên vòng tròn (góc $CAB = 30^\circ$) thì vận tốc của nó là lớn nhất. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

a. Tìm góc giữa phương của điện trường và đường kính AB .

b. Nếu điện tích được phóng ra theo phương vuông góc với phương của điện trường và nó có thể đến điểm C thì động năng ban đầu của nó phải bằng bao nhiêu?

[Bài 4]. Tìm thời gian để một điện tích q rơi xuống một bản kim loại rộng vô hạn biết ban đầu nó cách bản một khoảng l ?

[Bài 5]. Thấu kính Plasma

Vật lý các chùm tia năng lượng cao không chỉ có những phát kiến lớn trong nghiên cứu cơ bản mà còn trong cả các ứng dụng y học và công nghiệp. Thấu kính plasma là thiết bị mang lại chùm tia hội tụ cực mạnh ở đầu cuối các máy gia tốc thẳng. Để nhận ra khả năng của các thấu kính plasma, cần so sánh nó với các thấu kính từ trường và tĩnh điện thông thường. Trong thấu kính từ, cường độ hội tụ tia tỉ lệ với tốc độ biến thiên theo không gian (gradient) của từ trường. Giới hạn thực tiễn của thấu kính tụ tia từ cực ở ngưỡng 10^2 T/m, trong khi đối với thấu kính plasma với mật độ 10^{17} cm⁻³, khả năng tụ tia tương đương với gradient từ trường lên đến $3 \cdot 10^6$ T/m (bốn bậc độ lớn lớn hơn so với một thấu kính từ từ cực).

Trong phần này, chúng ta sẽ lý giải tại sao các chùm hạt tương đối tính có thể tụ tia mạnh đến vậy mà không bị rẽ phân.

a. Xét một chùm electron hình trụ dài với mật độ hạt phân bố đều n và chuyển động với tốc độ trung bình v , xét trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm. Tính cường độ điện trường tại một điểm cách trục của phân bố electron, sử dụng kiến thức điện từ cổ điển.

b. Tính từ trường tại điểm đã xét trong câu (a).

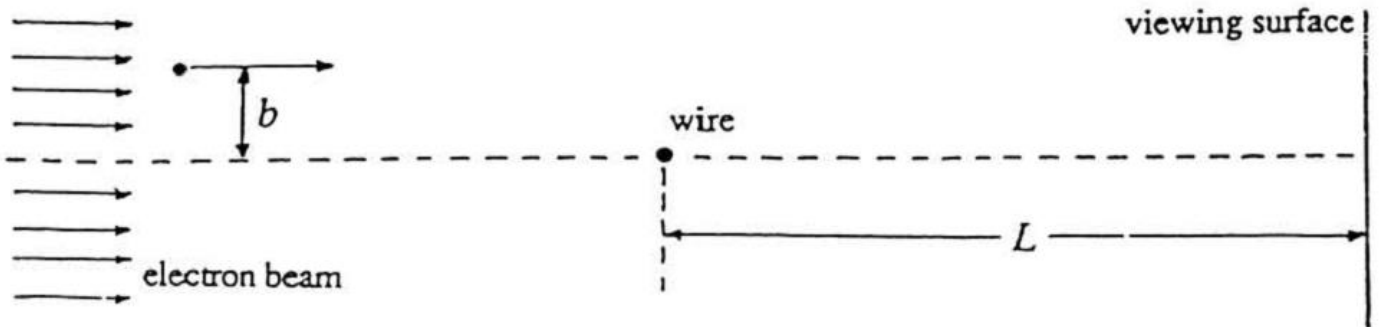
c. Tính lực tác dụng hướng ra xa trục lên một electron trong chùm chuyển động qua điểm đã xét trên đây.

d. Cho rằng kết quả tìm được trong câu (c) áp dụng được cho giới hạn vận tốc tương đối tính, tính lực tác dụng lên electron khi vận tốc v tiến gần tới tốc độ ánh sáng c , ở đây $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \eta_0}}$.

e. Nếu chùm tia electron có bán kính R đi vào trong một khối plasma có mật độ đồng nhất $n_0 < n$ (plasma là một dạng khí ion hóa gồm các ion và electron với mật độ giống nhau), tính lực tác dụng lên ion plasma đang đứng yên ở khoảng cách r' bên ngoài chùm tia electron sau khi chùm tia đi vào khối plasma. Cho biết, mật độ ion plasma giữ không đổi và đối xứng trụ được duy trì.

- f. Sau một thời gian đủ lâu, tổng lực tác dụng lên một electron ở khoảng cách r so với trục của chùm plasma là bao nhiêu, biết rằng $v \rightarrow c$ và mật độ ion plasma giữ không đổi, trong khi đối xứng trụ được duy trì.

[Bài 6]. Chùm electron.



Một chùm electron nhanh, song song, đồng nhất, tạo ra bởi một thế gia tốc V_0 . Chùm này bay ngang qua một sợi dây đồng mảnh, tích điện dương và căng vuông góc với hướng bay ban đầu của chùm tia như hình vẽ trên. Khi dây không tích điện, electron có thể bay cách dây khoảng b . sau đó electron bay đến một màn quan sát nằm cách dây khoảng L như hình vẽ.

Ban đầu chùm tia electron mở rộng ra 2 phía của trục sợi dây khoảng $\pm b_{\max}$. Theo phương vuông góc mặt giấy, chiều dài sợi dây và độ rộng của chùm electron xem như vô hạn. Một số thông số của bài toán được cho dưới đây:

- Bán kính sợi dây: $r_0 = 10^{-6}\text{m}$
- Giá trị lớn nhất của b : $b_{\max} = 10^{-4}\text{m}$
- Mật độ điện tích dài của dây: $\lambda = 4,41 \cdot 10^{-11}\text{C/m}$
- Thế gia tốc electron: $V_0 = 20\text{kV}$
- Khoảng cách từ dây đến màn: $L = 0,3\text{m}$

Ghi chú: với câu 2 – 3, ta cần tính gần đúng một cách hợp lý để có được biểu thức giải tích và kết quả bằng số.

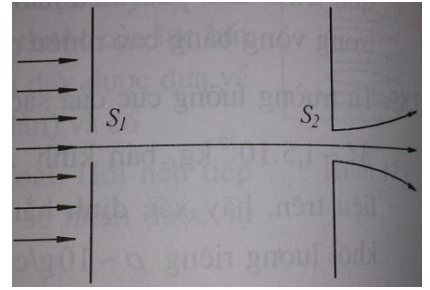
1. Tìm điện trường do dây tạo ra. Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc độ lớn của điện trường $\vec{E}$ vào khoảng cách r đến trục sợi dây.
2. Dùng vật lý cổ điển để tính độ lệch góc của electron. Khi tính dùng tham số b sao cho electron không chạm vào dây. Gọi $\theta_{\max}$ (xem là nhỏ) là góc giữa vận tốc ban đầu của electron và vận tốc của nó khi đập vào màn quan sát. Hãy tính giá trị $\theta_{\max}$.
3. Tính và vẽ đồ thị biểu diễn sự phân bố cường độ dòng electron đập vào màn quan sát theo cách tính cổ điển.

[Bài 7]. Một chùm hạt mang điện tích q , khối lượng m , chuyển động với vận tốc v bay qua một dây tích điện đều trên đơn vị chiều dài là Q (C/m). Các hạt lệch khỏi phương bay một góc nhỏ α . Xác định góc α đó. Nếu đằng sau khá xa dây ta đặt một màn huỳnh quang, có gì đặc biệt sẽ xuất hiện trên màn huỳnh quang đó?

[Bài 8]. Một chùm electron rộng, mỏng bay ra từ một khe hẹp có bề dày d với tốc độ $v = 10^5$ m/s. Mật độ electron trong chùm hạt ban đầu là $n_0 = 10^3$ hạt/ m^3 . Hỏi ở cách khe một khoảng l bằng bao nhiêu thì bề dày chùm electron tăng lên gấp đôi?

Đáp số:
$$l = v \sqrt{\frac{2\epsilon_0 m}{ne^2}}$$

[Bài 9]. Hai khe S_1, S_2 có cùng độ rộng $d = 0,1\text{cm}$ đặt trong khoang thoát để chia chùm tia electron phẳng mang năng lượng $W = 400\text{eV}$. Tại khoảng cách x nào tính từ khe S_2 thì độ rộng của chùm electron sẽ tăng lên gấp đôi do lực đẩy Coulomb giữa các electron. Cho biết dòng điện electron trên mỗi đơn vị dài của khe (sau khe S_2) là $i = 10^{-4}\text{A/cm}$. Trong quá trình tính giả thiết chiều dài của khe là vô hạn.

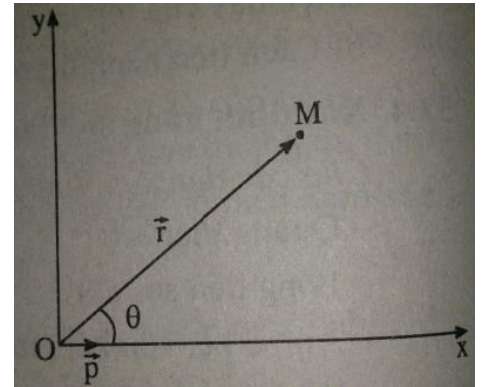


Đáp số: $x = \sqrt{\frac{mdv^3}{2\pi ie}}$ trong đó $v = \sqrt{\frac{2W}{m}}$

[Bài 10]. Từ máy gia tốc phát ra một chùm tia proton với năng lượng $W = 4\text{MeV}$, sau đó nó đi được trong chân không một đoạn $l = 4\text{m}$ trước khi va vào bia chắn. Do tương tác Coulomb giữa các hạt mà kích thước chùm proton tăng lên. Xác định mật độ dòng điện lớn nhất có thể nếu bán kính của chùm tăng lên $\delta = 10\%$ so với ban đầu. Sự phân bố các hạt trong chùm là đối xứng trục, bỏ qua vận tốc ngang ban đầu của chúng.

Đáp số: $j_{\max} \approx \frac{\delta m}{\pi e l^2} \left(\frac{2W}{m} \right)^{3/2}$

[Bài 11]. Trong mặt phẳng Oxy, người ta đặt cố định tại gốc tọa độ O một lưỡng cực điện có momen lưỡng cực $\mathbf{p}$. Vector $\mathbf{p}$ hướng dọc theo chiều của trục Ox. Một hạt nhỏ khối lượng m , điện tích q chuyển động ở vùng xa gốc O trong mặt phẳng Oxy dưới tác dụng của điện trường gây bởi lưỡng cực. Bỏ qua tác dụng của trọng lực và lực cản. Xét chuyển động của hạt trong tọa độ cực. Vị trí M của hạt ở thời điểm t được xác định bởi vector $\vec{r} = \overline{OM}$ và góc θ như hình vẽ.



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

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(r^2 \frac{d\theta}{dt} \right) = \frac{qp \sin \theta}{4\pi \epsilon_0 m r^2} \\ \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + r \frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{2W_0}{m} \end{cases} \quad \text{trong đó } W_0 \text{ là năng lượng ban đầu của hạt.}$$

2. Biết tại thời điểm $t = 0$ hạt ở vị trí M_0 có:

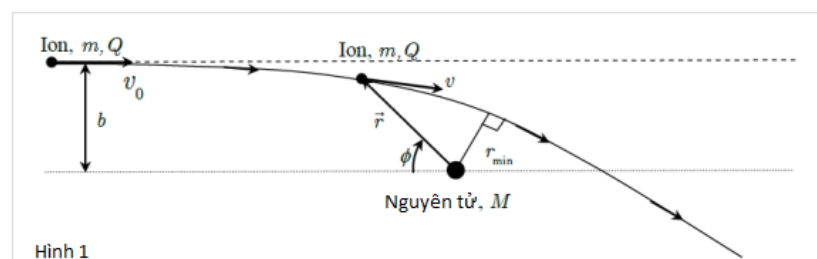
$$r(0) = r_0; \theta(0) = \theta_0; r'(0) = r'_0; \theta'(0) = \theta'_0$$

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

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

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

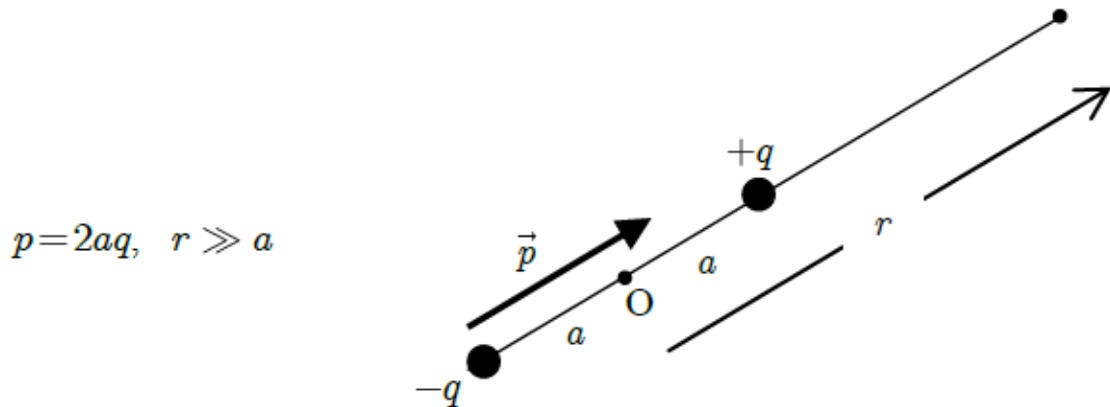
[Bài 12]. Tán xạ ion của một nguyên tử trung hòa



Hình 1

Một ion có khối lượng m , điện tích Q , chuyển động với vận tốc ban đầu phi tương đối tính v_0 ở rất xa, đi vào vùng không gian lân cận của một nguyên tử trung hòa có khối lượng $M \gg m$ và có hệ số phân cực điện α . Thông số va chạm là b như hình vẽ. Nguyên tử bị phân cực bởi dưới tác dụng của điện trường của ion. Khi đó, nguyên tử trở thành một lưỡng cực điện có momen lưỡng cực $\vec{p} = \alpha \vec{E}$. Bỏ qua sự mất mát năng lượng do bức xạ trong quá trình này.

1. Tính cường độ điện trường $\vec{E}_p$ tại điểm cách lưỡng cực một khoảng r , hướng dọc theo phương $\vec{p}$.



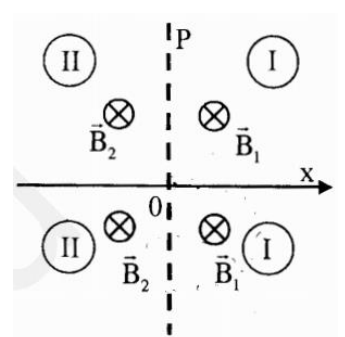
2. Tìm biểu thức của lực $\vec{f}$ do nguyên tử phân cực tác dụng lên ion. Chứng tỏ rằng lực này luôn là lực hút bất kể dấu điện tích của ion.
3. Tính thế năng tương tác của hệ ion – nguyên tử trên đây theo α , Q và r .
4. Tính khoảng cách ngắn nhất $r_{\min}$ giữa nguyên tử và ion.
5. Nếu thông số va chạm b luôn nhỏ hơn một giá trị tới hạn b_0 , ion sẽ chuyển động theo đường xoắn ốc tới nguyên tử. Trong trường hợp như vậy, ion sẽ bị trung hòa, còn nguyên tử sẽ tích điện. Quá trình này được gọi là tương tác “trao đổi điện tích”. Tiết diện tán xạ $A = \pi b_0^2$ của va chạm trao đổi điện tích này bằng bao nhiêu?

[Bài 13]. Từ điểm Q của một mặt phẳng, các proton được tăng tốc bởi điện áp U và được phóng ra trong mặt phẳng, chuyển động trong một từ trường đều vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo, giá trị cảm ứng từ là B . Phạm vi có từ trường được chọn sao cho các proton tập trung lại ở một điểm A ($QA = 2a$) và quỹ đạo các proton là đối xứng qua đường trung trực của QA. Phạm vi có từ trường này là liên tục (không có lỗ, không đứt quãng).

- a. Tính bán kính quỹ đạo R của các proton theo U và B .
- b. Nêu tính chất của các quỹ đạo.
- c. Bằng cách dựng hình học, vẽ giới hạn của phạm vi từ trường cho các trường hợp $R > a$; $R = a$ và $R < a$.
- d. Tìm phương trình của đường giới hạn phạm vi có từ trường.

Đáp số: a. $R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{e}}$; d. $y = \frac{x(a-x)}{\sqrt{R^2 - x^2}}$

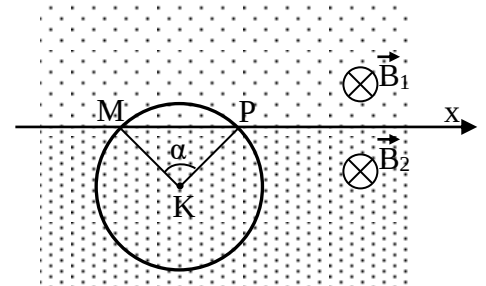
[Bài 14]. Hai vùng không gian I và II được ngăn cách với nhau bởi mặt phẳng P (có tọa độ $x = 0$), trong đó tồn tại các từ trường đều $\vec{B}_1$ và $\vec{B}_2$ như hình vẽ và có độ lớn cảm ứng từ B_1 và $B_2 = kB_1$ ($k > 2$). Tại một thời điểm



nào đó, một vật nhỏ khối lượng M tích điện dương q được bắn từ gốc tọa độ O với vận tốc ban đầu $\vec{v}_0$ theo chiều dương của trục Ox . Bỏ qua tác dụng của trọng trường.

- Vẽ phác quỹ đạo của vật trong vùng không gian này. Tìm độ lớn vận tốc trung bình của vật sau một khoảng thời gian đủ dài theo v_0 và k .
- Sau thời gian đủ dài, bắn tiếp từ gốc tọa độ O một hạt khác có khối lượng m và điện tích $q' = -q$ với động lượng ban đầu $\vec{p}' = -M\vec{v}_0$. Quỹ đạo của hai hạt giao nhau tại A . Biết thời gian hai vật chuyển động từ O đến A là như nhau. Tìm tỉ số $\frac{m}{M}$ theo k .

[Bài 15]. Một hạt mang điện bay với vận tốc $v = 8,0 \cdot 10^5$ m/s vuông góc với đường giới hạn Ox của hai từ trường đều B_1, B_2 như hình vẽ 3a. Các cảm ứng từ song song với nhau và vuông góc với vận tốc của hạt. Cho biết vận tốc trung bình của hạt trong một thời gian dài dọc theo trục Ox là $v_x = 2,0 \cdot 10^5$ m/s.



Hình 3b

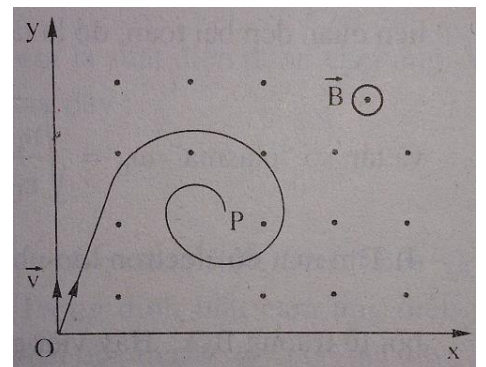
- Vẽ quỹ đạo chuyển động của hạt trong vùng không gian này. Tìm tỉ số độ lớn của các cảm ứng từ của hai từ trường đó?

b. Người ta đặt trong mặt phẳng vuông góc với hai từ trường trên một vòng dây cứng, mảnh có bán kính $r = 8,0$ cm. Vòng dây cắt trục x tại hai điểm M, P sao cho góc ở tâm $K = \alpha = 60^\circ$. Vòng dây có mang dòng điện $I = 1,2$ A chạy qua nên chịu lực từ tổng hợp của hai từ trường tác dụng có độ lớn $F = 28,8 \cdot 10^{-5}$ N. Tính độ lớn của các cảm ứng từ của hai từ trường?

[Bài 16]. Một điện tích điểm chuyển động trong từ trường đều có quỹ đạo là 1 hình tròn bán kính R . Người ta từ từ tăng độ lớn từ trường lên gấp đôi. Xác định bán kính mới của quỹ đạo điện tích.

[Bài 17]. Trong những từ trường mạnh điện tử chuyển động theo đường xoắn ốc quanh đường sức của từ trường. Chứng minh rằng trong từ trường mạnh và bán kính của đường xoắn ốc nhỏ đến mức có thể xem từ trường trong nó là từ trường đều thì tích của bình phương bán kính của đường xoắn ốc nhân với cảm ứng từ không thay đổi.

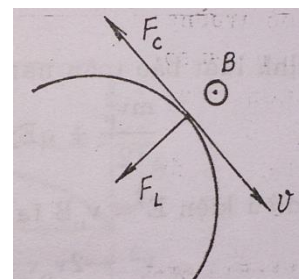
[Bài 18]. Trong miền không gian phẳng xOy ở phía $y > 0$ có một từ trường đều $\vec{B}$, $\vec{B}$ có hướng Oz . Một hạt mang điện tích q , khối lượng m chuyển động dọc theo trục y với vận tốc ban đầu $\vec{v}_0$ đi vào miền không gian đó. Khi chuyển động trong miền không gian đó, hạt chịu tác dụng của lực cản tỉ lệ với vận tốc: $\vec{F}_c = -\alpha \vec{v}$. Lực cản này có trị số lớn sao cho hạt luôn ở trong miền không gian đó. Sau khi vào trong miền không gian đó, hạt chuyển động theo quỹ đạo xoắn ốc và đi đến điểm P . Hãy xác định vị trí điểm P . Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



$$\Delta x = \frac{mqBv_0}{a^2 + (qB)^2}; \Delta y = \frac{mv_0}{a^2 + (qB)^2}$$

Đáp số:

[Bài 19]. Hạt có điện tích riêng $\alpha = 10^8$ C/kg bay vào buồng Wilson trong một từ trường đều với cảm ứng từ $B = 10^{-2}$ T. Từ trường này vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo của hạt. Cho rằng lực cản tác dụng lên hạt tỉ lệ với vận tốc của nó. Sau khi vectơ vận tốc quay một góc 90° so với lúc ban đầu thì bán kính quỹ đạo bị thay đổi một lượng bằng $\varepsilon = 5\%$. Tại thời điểm này người



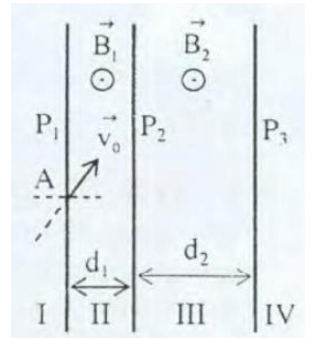
ta tắt từ trường và thấy sau đó hạt đi thêm một đoạn $L = 30\text{cm}$ thì dừng lại. Tính vận tốc ban đầu của hạt khi nó vừa bay vào buồng Wilson.

$$v_0 = \frac{2\varepsilon\alpha LB}{(1-\varepsilon)\pi} \approx 10^4 \text{ m/s}$$

Đáp số:

[Bài 20]. Một hạt điện tích bay vào trong vùng không gian mà lực ma sát tỉ lệ với vận tốc của hạt. Nó đi được 10cm thì dừng lại. Nếu trong không gian đó xuất hiện một từ trường có cảm ứng từ với độ lớn chưa biết thì khi đó hạt điện chuyển động theo quỹ đạo là đường cong và dịch chuyển được một đoạn là 6cm so với điểm đi vào (6cm này là độ lớn vectơ độ dời của hạt, là độ dài đoạn thẳng nối từ điểm ban đầu đến điểm cuối). Khoảng cách từ điểm hạt bay vào cho đến điểm cuối là bao nhiêu nếu tăng từ trường lên gấp hai lần.

[Bài 21]. Ba mặt phẳng song song P_1 , P_2 và P_3 cách nhau $d_1 = 2\text{cm}$, $d_2 = 4\text{cm}$, phân không gian thành bốn vùng I, II, III và IV. Trong vùng I và II người ta tạo ra từ trường đều có vectơ cảm ứng từ $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ song song với ba mặt phẳng trên và có chiều như hình vẽ. Hạt prton trong vùng I được tăng tốc bởi điện áp 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.



- 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 $B_1 = 1\text{T}$.
- Cho biết hạt ra khỏi vùng III theo hướng vuông góc với vectơ $\vec{v}_0$ tại A. Tính cảm ứng từ B_2 .
- Thực tế khi chuyển động trong vùng III và vùng IV, hạt chịu tác dụng của lực cản $\vec{F}_c = -k\vec{v}$ ($k = \text{const}$). 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 bị giảm đi 5% so với khi không có lực cản. Tính độ dài đoạn đường l mà hạt còn đi tiếp trong vùng IV.

[Bài 22]. Một hạt (xem như chất điểm) có khối lượng m và điện tích $-q < 0$ đặt cách một điện tích điểm $Q > 0$ cố định một khoảng cách d , tất cả đặt trong một từ trường đều có đường sức vuông góc với đường thẳng nối hai điện tích. Hạt $-q$ ban đầu đứng yên. Thả cho nó chuyển động. Khoảng cách từ điện tích đứng yên đến hạt giảm đến $r_{\min} = d/3$ rồi lại tăng.

- Mô tả chuyển động của hạt.
- Tính độ lớn cảm ứng từ của từ trường.

$$B = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{kQm}{qd^3}}$$

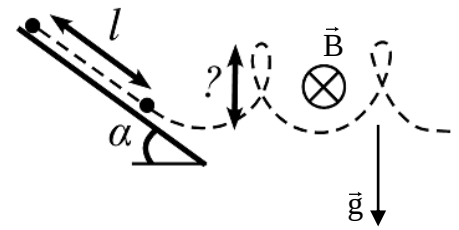
Đáp số:

[Bài 23]. Hai hạt có khối lượng m như nhau và điện tích bằng nhau về độ lớn (q) nhưng trái dấu, được đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ $\vec{B}$ vuông góc với đoạn thẳng R nối hai điện tích. Hai hạt chuyển động với vận tốc ban đầu bằng không.

- Tìm khoảng cách nhỏ nhất giữa hai hạt.
- Cảm ứng từ B phải thỏa điều kiện gì để có thể ngăn cản sự va chạm giữa hai hạt.

Đáp số: a. $r_{\min} = \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4m}{\pi\epsilon_0 B^2 R^3}}\right) \frac{R}{2}$; b. $B > \sqrt{\frac{4m}{\pi\epsilon_0 R^3}}$

[Bài 24]. Một vật nhỏ tích điện trượt không ma sát, không vận tốc ban đầu dọc theo một mặt phẳng nghiêng có góc nghiêng α . Vật chuyển động trong một từ trường đều hướng vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và trong trường trọng lực. Sau khi trượt được một quãng đường l , nó rời mặt phẳng nghiêng và bay theo một đường phức tạp như hình vẽ.



a. Hãy xác định vận tốc của vật lúc bắt đầu rời mặt phẳng nghiêng.

b. Hãy xác định mức biến thiên chiều cao của vật so với mặt đất trong khi bay.

Đáp số: $\Delta h = 4l \cdot \tan^2 \alpha$

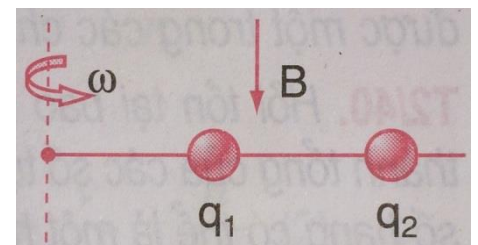
[Bài 25]. Một điện tích điểm e , mang năng lượng E và có vận tốc v di truyền trong vùng không gian có từ trường tạo ra bởi một lưỡng cực từ có mômen lưỡng cực p ; lưỡng cực đặt ở điểm O (Tọa độ $Oxyz$); vec-tơ $\mathbf{p}$ có phương chiều dọc theo chiều dương trục Oz . Ban đầu, điện tích đặt cách O đoạn R trên mặt phẳng Oxy và vận tốc v hướng dọc theo phương Oz . Hãy xác định khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất mà điện tích đạt được (khoảng cách giữa điện tích và gốc O). Xét hiệu ứng tương đối tính trong bài toán này.

[Bài 26]. Một thanh nam châm hình trụ, rơi thẳng đứng trong một ống kim loại hình trụ, có bán kính vừa khít với thanh nam châm. Bỏ qua ma sát, hãy khảo sát chuyển động của thanh. Tìm hàm của vận tốc phụ thuộc vào các thông số (tự cho) của thanh và ống kim loại.

[Bài 27]. Đơn cực từ Dirac (một hạt cơ bản có khối lượng M và từ tích b) nằm chính giữa khoảng không gian giữa hai bản tụ điện phẳng không tích điện làm từ chất siêu dẫn. Xác định tần số dao động nhỏ của đơn cực theo phương pháp tuyến với các mặt phẳng. Tất cả kích thước của tụ đều lớn hơn rất nhiều lần so với khoảng cách giữa hai bản tụ.

[Bài 28]. Một đơn cực từ Dirac đặt tại điểm O trong không gian tạo một từ trường xuyên tâm, độ lớn từ trường tại một điểm cách tâm O khoảng r là $B = kr^2$. Một hạt nhỏ khối lượng m , điện tích q có vận tốc ban đầu là $\vec{v}_0$ cách O khoảng R (vector $\vec{R}$). Xác định vị trí của hạt đối với O theo thời gian (vector $\vec{r}$)

[Bài 29]. Một thanh cứng dài, mảnh, cách điện nằm ngang có thể quay quanh trục thẳng đứng đi qua một đầu của thanh. Trên thanh luôn hai điện tích điểm có cùng khối lượng m mang điện tích dương q_1 và q_2 ($q_1 < q_2$) sao cho chúng có thể trượt không ma sát dọc theo thanh. Thanh quay đều với vận tốc góc ω trong một từ trường đều như hình vẽ. Xác định vị trí của các điện tích khi chuyển động ổn định.



Đáp số: $\omega > \frac{q_2 B}{m}$: không tồn tại VTCB của các hạt.

$\omega < \frac{q_1 B}{m}$: tồn tại VTCB bền của các hạt

$\frac{(q_1 + q_2) B}{2m} < \omega < \frac{q_2 B}{m}$: tồn tại VTCB không bền của các hạt

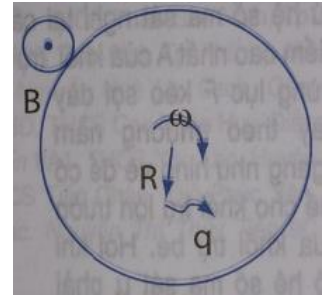
[Bài 30]. Một quả cầu khối lượng M mang điện tích Q phân bố đều theo thể tích được gắn trên một sợi dây nhẹ không giãn và quay trong mặt phẳng vuông góc với từ trường đều với vận tốc góc ω không đổi. Khi tăng chiều dài dây lên lần thì lực căng dây tăng 2 lần. Tình độ lớn cảm ứng từ B biết rằng lực căng dây có độ lớn như ban đầu nếu sau khi tăng chiều dài dây ta ngắt từ trường.

$$B = \frac{\omega M}{Q}$$

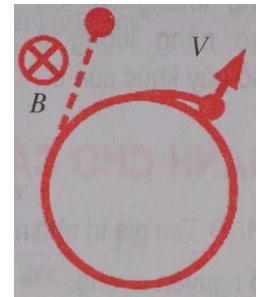
Đáp số:

[Bài 31]. Một đĩa lớn đặt nằm ngang quay quanh trục thẳng đứng đi qua tâm với tốc độ góc ω trong một từ trường đều có phương thẳng đứng (hình vẽ) có độ lớn cảm ứng từ B . Ở khoảng cách R tính từ tâm đĩa có buộc một sợi dây chiều dài L ($L < R$), đầu kia của dây có một điện tích điểm khối lượng m và điện tích dương q . Tính lực căng dây khi vật dừng lại đối với đĩa và vẽ đồ thị $T(\omega)$. Bỏ qua mọi ma sát.

Đáp số: $T = |m\omega^2 - qB\omega|(R \pm L)$



[Bài 32]. Một sợi chỉ không giãn được quấn quanh một hình trụ bán kính r . Ở đầu tự do của sợi chỉ có gắn một hạt tích điện dương, khối lượng m . Cả hệ trên được đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $\vec{B}$ hướng dọc theo trục hình trụ. Tại thời điểm ban đầu, khi sợi chỉ đã bị quấn hoàn toàn vào hình trụ và hạt tiếp xúc với mặt trụ, người ta truyền cho hạt vận tốc $\vec{v}$ có hướng dọc theo bán kính hình trụ. Biết rằng sau một thời gian hạt sẽ chạm vào mặt trụ theo phương tiếp tuyến với mặt trụ đó. Tính điện tích của hạt.



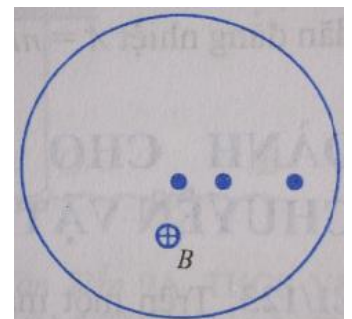
[Bài 33]. Một vật rắn hình trụ bằng kim loại quay với vận tốc góc ω quanh trục đối xứng của nó. Vật nằm trong một từ trường đều có cảm ứng từ $\vec{B}$ song song với trục hình trụ.

a. Tìm mật độ điện tích khối bên trong hình trụ.

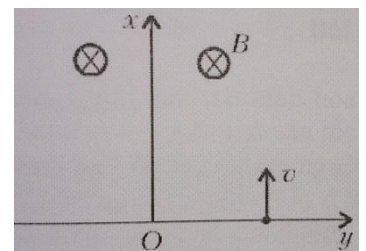
b. Cho bán kính hình trụ là R , tìm mật độ điện tích trên mặt hình trụ.

c. Nếu mật độ điện tích khối trong hình trụ bằng không tại mọi điểm thì vận tốc góc là bao nhiêu?

[Bài 34]. Trong một cuộn cảm đặt trong chân không, các điện tích dương được đặt trên một đường thẳng như hình vẽ. Ban đầu chưa có dòng điện chạy qua cuộn dây. Cho dòng điện chạy qua cuộn cảm sao cho từ trường B bên trong cuộn dây tăng đến giá trị B_0 trong thời gian rất nhỏ Δt , sau đó từ trường không đổi. Hãy mô tả quỹ đạo của các hạt và vị trí của chúng đối với nhau sau thời gian t kể từ khi đóng mạch điện. Bỏ qua sự tương tác điện giữa các hạt. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



[Bài 35]. Trong một từ trường không đều mà độ lớn cảm ứng từ phụ thuộc tọa độ x theo quy luật $B = ax$ ($x \geq 0$), một hạt khối lượng m , điện tích $q > 0$ bắt đầu chuyển động từ trục Oy với vận tốc ban đầu $\vec{v}_0$ hướng dọc theo Ox . Xác định độ dịch chuyển lớn nhất của hạt dọc theo trục Ox .



[Bài 36]. Dòng điện có cường độ 10 A chạy trong dây dẫn mảnh và dài, có độ dẫn điện rất lớn được đặt trong nguồn chân không. Một electron với vận tốc ban đầu v_0 bắt đầu chuyển động theo phương vuông góc với dây dẫn từ một điểm cách tâm dây dẫn một khoảng r_0 . Vận tốc của electron không cho phép

nó đến gần dây dẫn ở khoảng cách nhỏ hơn $\frac{r_0}{2}$. Tìm giá trị v_0 . Cho độ lớn điện tích electron bằng $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$, khối lượng electron bằng $9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$. Bỏ qua ảnh hưởng từ trường Trái đất.

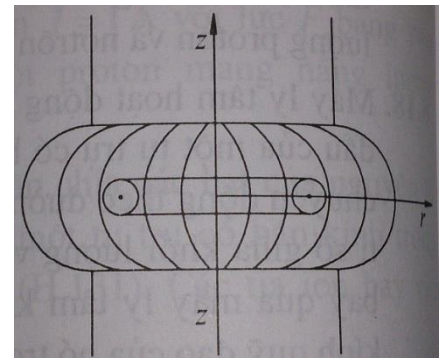
Đáp số: $v_0 = \frac{e\mu_0 I}{2\pi m} \ln 2$

[Bài 37]. Một sợi dây dài vô hạn, dòng điện I chạy qua. Chọn hệ trục tọa độ trụ, với trục z cùng chiều với chiều dòng điện, khoảng cách r là khoảng cách từ điểm cần xét tới dây và góc quay α là góc quay được trong mặt phẳng vuông góc với dây. Một điện tích điểm q , khối lượng m ban đầu ở khoảng cách R , véc-tơ vận tốc đầu $\mathbf{v}_0$ thuộc mặt phẳng vuông góc dây dẫn. Hãy xác định quỹ đạo của vật?

[Bài 38]. Trong vùng không gian xung quanh điểm O tồn tại một từ trường. Cảm ứng từ tại điểm M bất kỳ ($\overrightarrow{OM} = \vec{r}$) là $\vec{B} = k \frac{\vec{r}}{r^3}$ với k là một hằng số. Ở thời điểm $t = 0$, tại điểm M_0 ($OM_0 = r_0$) có một hạt tích điện 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 tốc độ của hạt không thay đổi trên quỹ đạo.
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 hợp giữa $\vec{v}$ và $\vec{r}$ tại thời điểm t .
 - b. Tính θ tại thời điểm $r = \sqrt{2}r_0$.
3. Bằng cách lấy đạo hàm theo thời gian của tích có hướng $\vec{r} \times \vec{v}$ rồi tính tích có 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.

[Bài 39]. Một hạt khối lượng m , điện tích e chuyển động theo quỹ đạo tròn ổn định có bán kính r_0 trong mặt phẳng ngang của khe hở một nam châm. Tại khe hở này, từ trường đối xứng trục có độ lớn giảm theo bán kính theo quy luật $B_z(r) = \frac{A}{r^n}$ ($0 < n$). Tâm quỹ đạo nằm trên trục đối xứng zz' .



- a. Xác định tần số dao động thẳng đứng ω_z của hạt trên quỹ đạo ổn định trong trường hợp nó bị lệch nhẹ theo phương ngang.
- b. Xác định tần số dao động theo phương bán kính nếu hạt bị lệch nhẹ ra khỏi quỹ đạo ổn định.
- c. Với giá trị nào của n thì đảm bảo hạt chuyển động tròn theo quỹ đạo cân bằng và ổn định theo phương bán kính?

Đáp số: a. $\omega_z = \frac{eB_z(r_0)}{m} \sqrt{n}$; b. $\omega_r = \sqrt{2-n} \frac{eB_z(r_0)}{m}$; c. $n < 2$

[Bài 40]. Giả sử trong không gian có một từ trường có tính đối xứng trụ với trục đối xứng là Δ . Cảm ứng từ tại một điểm cách trục Δ một khoảng r có phương gần như song song với trục Δ và có độ lớn là $B(r) = \frac{A}{r^n}$ ($n = \frac{2}{3}$ và A là một hằng số dương). Một hạt có khối lượng m , điện tích q ($q > 0$) chuyển động trên một mặt phẳng vuông góc với trục Δ . Bỏ qua tác dụng của các lực khác so với lực từ. Lúc đầu hạt chuyển động tròn đều trên quỹ đạo có bán kính R với tâm O nằm trên trục Δ .

- a. Xác định tốc độ dài và tốc độ góc của hạt.

- b. Khi đang chuyển động tròn đều trên quỹ đạo bán kính R nói trên, hạt bị một ngoại lực tác dụng trong thời gian ngắn làm hạt dịch chuyển một đoạn nhỏ x_0 theo phương bán kính ($x_0 \ll R$). Biết rằng sau đó hạt dao động tuần hoàn theo phương bán kính đi qua hạt. Tìm chu kỳ của dao động này.
- c. Giả thiết ban đầu hạt ở điểm M cách trục Δ một khoảng R_1 và có vận tốc hướng theo phương bán kính ra xa trục. Biết rằng trong quá trình chuyển động, khoảng cách cực đại từ hạt tới trục Δ là R_2 . Tính vận tốc ban đầu của hạt.

[Bài 41]. Một ống dây dài được quấn dây sao cho từ trường dọc theo trục của nó biến thiên theo quy luật

tuyến tính $B = B_0 \left(1 + \frac{|x|}{L} \right)$ trong đó x là khoảng cách tính từ tâm ống dây, còn $L = 15\text{cm}$ là tham số

của từ trường. đường kính ống dây $d \ll L$, từ trường B không phụ thuộc thời gian (chú ý rằng biểu thức đã cho của $B(x)$ không thể lấy giá trị lân cận điểm $x = 0$, nó không tồn tại để giải bài toán được). Một hạt tích điện chuyển động sao cho quỹ đạo của nó nằm hoàn toàn bên trong ống dây (để đơn giản có thể giả thiết rằng quỹ đạo của hạt đối xứng qua trục ống dây).

a. Viết phương trình chuyển động và phương trình quỹ đạo của hạt.

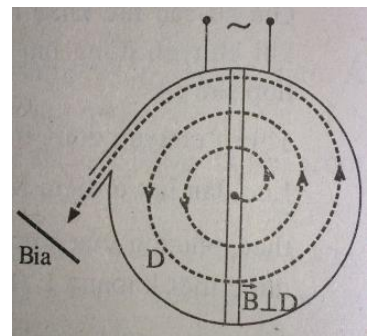
b. Tìm chu kỳ dao động và biên độ của hạt dọc theo trục ống dây nếu biết rằng tại mặt cắt ngang ở tâm ống dây, hạt có vận tốc $v = 1\text{m/s}$ và lập với trục một góc $\alpha = 60^\circ$.

[Bài 42]. Dọc theo một ống thoát dài hình trụ bán kính R , người ta tạo ra một dòng electron ổn định, đối xứng trục. Các electron sẽ được gia tốc khi có hiệu điện thế U đi qua. Tìm sự phân bố mật độ electron phụ thuộc vào bán kính r trong một tiết diện ngang bất kỳ của dòng. Nếu kết quả đo từ trường theo hàm

r trong tiết diện này có dạng $B(r) = B_0 \left(\frac{r}{R} \right)^q$ với $r < R$, $q > 0$, trong đó B_0 và q là các hằng số. Xác

định điện trường $E(r)$, giả thiết rằng các thông số của dòng electron không thay đổi dọc theo trục của nó.

[Bài 43]. Cyclotron là máy gia tốc hạt tích điện đầu tiên của vật lý hạt nhân. Nó gồm có hai hộp rỗng có dạng trụ nửa hình tròn gọi là các cực D , đặt cách nhau một khoảng rất nhỏ (khe) trong một buồng đã rút chân không. Các cực D được nối với hai cực của một nguồn điện sao cho giữa hai cực có một điện áp xoay chiều u , tần số f với giá trị hiệu dụng U . Một nam châm điện mạnh tạo ra một từ trường đều, véc tơ cảm ứng từ $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng các cực D (mặt phẳng hình vẽ).



Giữa hai thành khe của cyclotron có một nguồn phát ra hạt α với vận tốc ban đầu $v_0 = 10^7\text{m/s}$ vuông góc với khe, lúc ấy người ta điều chỉnh điện áp của nguồn điện để cho D bên phải tích điện âm, D bên trái tích điện dương. Sau đó hạt α chuyển động với tốc độ tăng dần cho đến khi đủ nhanh thì nó được lái ra ngoài cho đập vào các bia để thực hiện phản ứng hạt nhân.

Cho $B = 1\text{T}$ và $U = 200\text{kV}$.

a. Chứng minh rằng trong lòng các cực D quỹ đạo của hạt α là nửa đường tròn. Tìm mối liên hệ giữa bán kính quỹ đạo và khối lượng, vận tốc, điện tích của hạt α và cảm ứng từ B . Dựa vào hình vẽ, xác định chiều của cảm ứng từ.

b. Nếu mỗi lần đi qua khe, hạt α đều chuyển động cùng chiều với điện trường do các cực D sinh ra và nó được tăng tốc thì để có sự đồng bộ này, tần số f phải thỏa điều kiện gì và có giá trị bằng

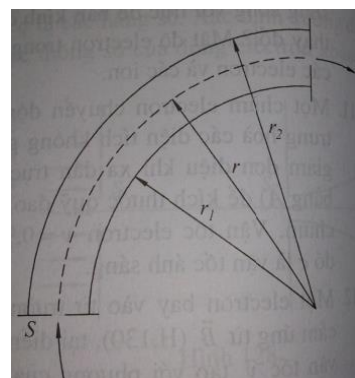
bao nhiêu? Tính vận tốc v_n của hạt α khi đi trên nửa đường tròn thứ n và bán kính R_n của nửa đường tròn đó.

- c. Nếu bán kính của nửa đường tròn cuối là 0,5m thì hạt α đã chuyển động được khoảng bao nhiêu vòng? Tính vận tốc ngay trước khi ra khỏi cực D của nó.

[Bài 44]. Để mô phỏng quỹ đạo của một hạt có điện tích $e > 0$ và xung lượng p chuyển động trong từ trường đều, người ta sử dụng một dây dẫn mềm nhẹ (không trọng lượng) với cường độ dòng điện I . Dưới tác dụng của lực căng T trong dây, dây sẽ nằm đúng vị trí trùng với quỹ đạo của hạt trong từ trường, bán kính cong của quỹ đạo là r . Tìm mối liên hệ giữa I , e , r và T . Hạt chuyển động vuông góc với từ trường, giả thiết rằng bên ngoài từ trường thì các đoạn của dây dẫn thẳng và nằm dọc theo các quỹ đạo thẳng của hạt.

Đáp số: $I_p = Te$

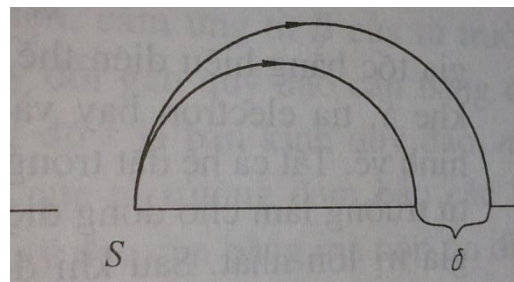
[Bài 45]. Thiết bị chọn lọc khối lượng dùng để phân chia các hạt của nguyên tử có khối lượng khác nhau. Thiết bị gồm một tụ điện trụ có bán kính trong $r_1 = 2,4\text{cm}$ và bán kính ngoài $r_2 = 3\text{cm}$. Các tia ion bay vào tụ qua khe hẹp S nằm chính giữa các bản tụ. Từ trường đều có độ lớn $B = 0,2\text{T}$ và song song với trục tụ điện (vuông góc mặt phẳng hình vẽ). Năng lượng của một ion là $W = 1\text{keV}$.



- a. Cần phải đặt giữa hai bản tụ một hiệu điện thế có chiều và độ lớn như thế nào để ion dương ${}^7\text{Li}$ tích điện duy nhất chuyển động dọc theo đường trung bình của tụ điện.

- b. Tính độ lớn cường độ điện trường trên đường trung bình của tụ.

[Bài 46]. Trong máy phân tích đồng vị ${}^{235}\text{U}$ và ${}^{238}\text{U}$, chùm ion uran được ion hóa và gia tốc một lần với năng lượng $W = 5\text{keV}$ bay từ nguồn qua khe S vào từ trường đều vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Trong từ trường, các ion có khối lượng khác nhau chuyển động theo các đường tròn khác nhau và sau khi chuyển động được nửa vòng thì rơi vào máy hấp thụ. Cấu trúc máy hấp thụ phải có dạng sao



cho khoảng cách giữa chùm tia ${}^{235}\text{U}$ và ${}^{238}\text{U}$ ở đầu ra không nhỏ hơn $\delta = 5\text{mm}$. Giả thiết khối lượng proton và neutron đều có giá trị là $1,67 \cdot 10^{-24}\text{g}$.

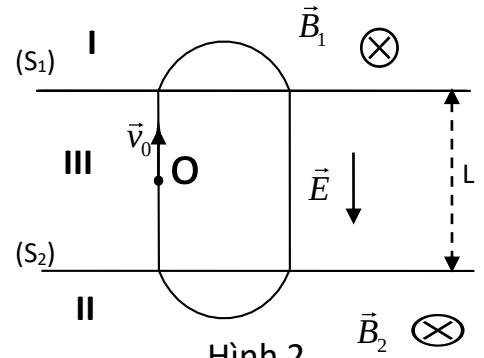
- a. Cảm ứng từ B phải bằng bao nhiêu để thỏa mãn điều kiện này.

- b. Tìm thời gian t cần thiết để phân chia 1kg uran tự nhiên, nếu dòng điện ion do nguồn sinh ra có cường độ $I = 5\text{mA}$.

Đáp số: a. $B \leq \frac{\Delta m}{\delta} \sqrt{\frac{2W}{me}}$; b. $t = \frac{Me}{Am_p I}$

[Bài 47]. Một trong những cách tạo nhiệt độ cao cần thiết cho các phản ứng nhiệt hạch là sử dụng “từ trường cách nhiệt”. Từ trường ngăn không cho các hạt chuyển động nhanh thoát ra khỏi vùng nhiệt độ cao. Tìm cường độ dòng điện I trong cột khí phóng điện bán kính $R = 3\text{cm}$ để các electron có vận tốc trung bình chuyển động hỗn loạn ứng với nhiệt độ $T = 10^6\text{K}$ không thể thoát khỏi bề mặt ống quá khoảng cách $r = 2 \cdot 10^{-3}\text{cm}$.

[Bài 48]. Trên hình vẽ: 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 và III. Trong các vùng I và II có các từ trường đều, có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ, chiều hướng vào trong, cảm ứng từ có độ lớn lần lượt là B_1 và B_2 . Trong vùng III có điện trường đều, cường độ $E = 3 \cdot 10^3 \text{ V/m}$, chiều hướng từ S_1 sang S_2 , bề rộng $L = 0,5 \text{ m}$. Người ta phóng một hạt electron cho nó chuyển động với vận tốc $v_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$, từ O hướng về S_1 . Khoảng cách từ O đến S_1 là $\frac{L}{2}$. Bỏ qua



Hình 2

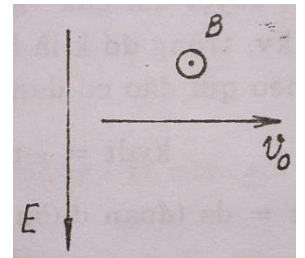
tác dụng của trọng lực. Quỹ đạo chuyển động của electron như hình vẽ (hai đoạn cong trên quỹ đạo có bán kính bằng nhau). Cho độ lớn điện tích của electron là $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ và khối lượng của nó là $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

a. Tính tỷ số độ lớn cảm ứng từ B_1 và B_2 .

b. Tìm điều kiện về độ lớn của điện trường E để hạt có thể chuyển động theo quỹ đạo như hình vẽ.

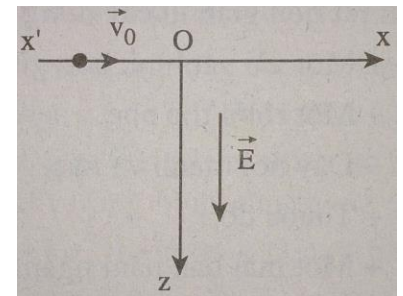
[Bài 49]. Electron phi tương đối tính có vận tốc $\vec{v}$ bay vào vùng có điện trường đều $\vec{E}$ và từ trường đều $\vec{B}$ vuông góc nhau. Vận tốc $\vec{v}$ vuông góc với cả $\vec{E}$ và $\vec{B}$. Tìm quỹ đạo chuyển động của electron.

[Bài 50]. Hạt mang điện dương chuyển động trong điện trường và từ trường đều vuông góc nhau. Tại một thời điểm nào đó vận tốc của hạt bằng $\vec{v}_0$ ($\vec{v}_0 \perp \vec{E}$ và $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$) như hình vẽ. Cho biết $E = v_0 B$. Tốc độ của hạt bằng bao nhiêu ở thời điểm vận tốc của nó tạo góc 180° so với $\vec{v}_0$



Đáp số: $v = 3v_0$

[Bài 51]. 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 tồn tại điện trường đều và từ trường đều. Vectơ điện trường $\vec{E}$ cùng chiều với trục Oz , hướng thẳng đứng xuống dưới. Vectơ từ trường $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Cho biết gia tốc trọng trường là g .



a. Xác định chiều và độ lớn của từ trường $\vec{B}$.

b. Khi hạt tới điểm O, người ta đột ngột đảo chiều của từ trường $\vec{B}$.

Chọn gốc thời gian khi hạt đến O. Hãy lập phương trình chuyển động của hạt và phác họa quỹ đạo của hạt. Xem rằng thời gian làm đảo chiều của $\vec{B}$ là nhỏ, không đáng kể.

c. Xác định thời điểm đầu tiên hạt đến được trục $x'Ox$, vị trí của hạt và vận tốc của hạt khi đó.

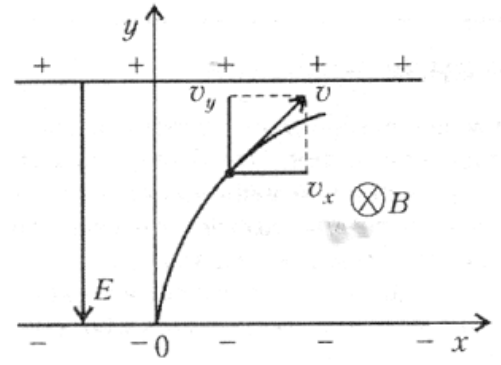
$$B = \frac{qE + mg}{qv_0}$$

Đáp số: a.

$$\text{b. } \begin{cases} x(t) = -v_0 t - \frac{2mv_0}{qB} \cos\left(\frac{qB}{m}t + \frac{\pi}{2}\right) \\ z(t) = \frac{2mv_0}{qB} \left[1 - \sin\left(\frac{qB}{m}t + \frac{\pi}{2}\right)\right] \end{cases};$$

$$c. \quad t_{\min} = \frac{2\pi m}{qB}, \quad x = -\frac{2\pi m v_0}{qB}, \quad v_x = v_0, v_z = 0$$

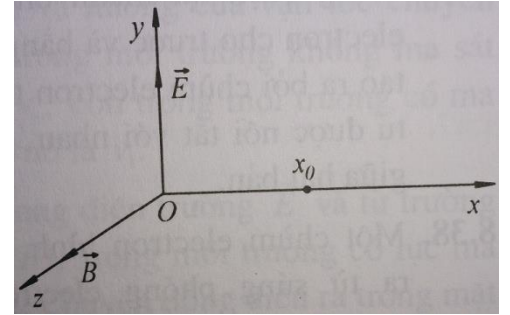
[Bài 52]. Một điôt chân không, trong đó khoảng cách giữa anôt và catôt bằng d , ở trong một từ trường có cảm ứng từ bằng B và hướng song song với mặt phẳng các bản cực. Hỏi điện áp tối thiểu giữa hai cực bằng bao nhiêu để các electron từ bề mặt catôt có thể đến được anôt. Coi các electron ở bề mặt catôt là đứng yên và bỏ qua tác dụng của trọng trường.



Đáp số:

$$U_{\min} = \frac{ed^2 B^2}{2m_e}$$

[Bài 53]. Trong không gian giữa hai trường vuông góc $\vec{E}$ và $\vec{B}$ ($\vec{E} \perp \vec{B}$), từ một điểm x_0 các electron bay ra với cùng vận tốc $v \ll c$ nằm trong mặt phẳng Oxy. Bỏ qua sự tương tác lẫn nhau giữa các electron.



a. Tại khoảng cách l và thời điểm T bằng bao nhiêu các electron lại gặp nhau ở một điểm?

b. Biểu diễn (một cách định tính) quỹ đạo của hạt, nếu biết rằng tại thời điểm ban đầu nó đứng yên tại vị trí x_0 .

[Bài 55]. Một từ trường đều không đổi có cảm ứng từ B_0 và hướng dọc theo trục Ox. Một điện trường đều cũng chỉ có thành phần dọc theo Ox và biến thiên điều hòa theo quy luật $E_x(t) = E_0 \cos(\omega t)$. Hạt có khối lượng m và điện tích $q > 0$ bay vào vùng không gian của hai trường với vận tốc ban đầu $\vec{v}_0$ vuông góc trục Ox. Tính khoảng cách cực đại từ hạt đến vị trí nó bay vào hai trường, cho biết tần số của điện trường $\omega = \frac{qB_0}{m}$. Bỏ qua ảnh hưởng của trọng lực.

Đáp số:

$$l_{\max} = \frac{2mv_0}{qB_0} \sqrt{1 + \left(\frac{E_0}{v_0 B_0} \right)^2}$$

[Bài 56]. Một hạt tích điện chuyển động phi tương đối tính trong hai trường đều bất chéo nhau: điện trường $\vec{E}$ và từ trường $\vec{B}$ ($\vec{E} \perp \vec{B}$) sao cho hạt đi qua một số điểm hai lần với cùng độ lớn vận tốc nhưng ngược hướng nhau. Tính vận tốc cực tiểu của hạt khi đi qua những điểm đó và vận tốc nhỏ nhất của hạt trên quỹ đạo của nó.

Đáp số:

$$v_{1\min} = \frac{E}{B} \tan \alpha \quad \text{và} \quad v_{2\min} = \frac{E}{B} \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right)$$

[Bài 57]. Một vùng không gian đồng thời có điện trường đều $\vec{E}$ và từ trường đều $\vec{B}$ ngược hướng nhau. Một hạt có khối lượng m và điện tích $q > 0$ bay vào vùng không gian trên với vận tốc $\vec{v}_0$ lập với phương của từ trường một góc α ($0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$). Tìm bán kính cong cực tiểu của quỹ đạo hạt. Bỏ qua ảnh hưởng của trọng lực.

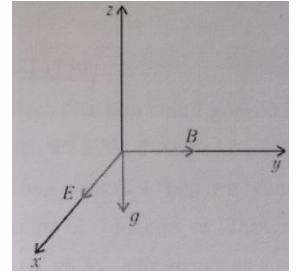
Đáp số: $\rho_{\min} = \frac{mv_0^2 \sin^2 \alpha}{q\sqrt{E^2 + B^2 v_0^2 \sin^2 \alpha}}$

[Bài 58]. Một hạt có điện tích q chuyển động trong vùng có điện trường đều $\vec{E}$ và từ trường đều $\vec{B}$ vuông góc nhau trong môi trường có lực ma sát tỉ lệ với vận tốc của vật $\vec{F} = -k\vec{v}$. Tìm vận tốc của hạt khi chuyển động đã ổn định.

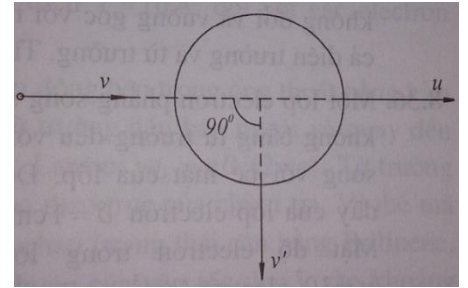
Đáp số: $v = \frac{|q|E}{\sqrt{k^2 + (qB)^2}}$, $\vec{v}$ lập với phương của $\vec{E}$ góc β với $\cos \beta = \frac{k}{\sqrt{k^2 + (qB)^2}}$

[Bài 59]. Một quả cầu tích điện chuyển động trong vùng có điện trường đều $\vec{E}$ và từ trường đều $\vec{B}$ vuông góc nhau trong môi trường có lực ma sát tỉ lệ với vận tốc của vật. Chuyển động diễn ra trong mặt phẳng vuông góc với từ trường. Tìm vận tốc của quả cầu nếu biết rằng khi không có từ trường, vận tốc này có độ lớn v_1 .

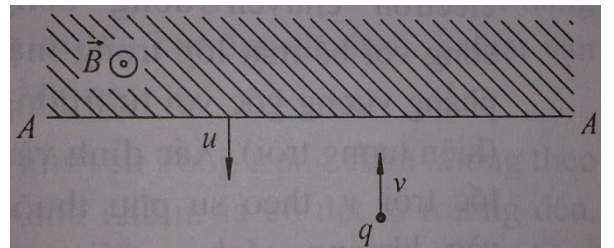
[Bài 60]. Một hạt khối lượng m , điện tích $q > 0$ chuyển động thẳng đều trong một vùng không gian có 3 trường vuông góc nhau: điện trường $\vec{E}$, từ trường $\vec{B}$ và trọng trường $\vec{g}$. Tại một thời điểm nào đó người ta tắt điện trường và từ trường đi. Động năng nhỏ nhất của hạt trong quá trình chuyển động bằng một nửa lúc ban đầu. Hãy tìm vận tốc ban đầu của hạt.



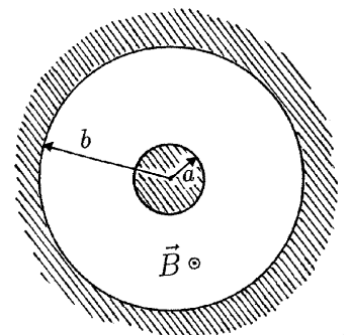
[Bài 61]. Một ống dây dài có dòng điện chạy qua, chuyển động với vận tốc $\vec{u}$ hướng vuông góc với trục của nó. Một hạt tích điện có vận tốc $\vec{v}$ ($u < v \ll c$) đuổi theo ống dây. Sau khi xuyên giữa các vòng dây, nó bay ra với vận tốc tạo một góc 90° so với hướng ban đầu. Tìm độ biến thiên tương đối năng lượng của hạt.



[Bài 62]. Một trong những cơ chế gia tốc các hạt mang điện (các proton và hạt nhân) trong các tia vũ trụ trong thiên hà được giải thích bởi sự phản chiếu của những “đám mây từ” đang chuyển động – đó là các luồng plasma ion hóa mang các từ trường mạnh “đóng băng”. Hình vẽ bên biểu diễn đường biên của vùng nhiễm từ AA’ (vùng có từ trường được gạch chéo) đang chuyển động với vận tốc $\vec{u}$. Từ trường trong đám mây vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Hạt nhân tích điện chuyển động vuông góc với đường biên AA’ với vận tốc $\vec{v}$ ($v \ll u$). Tính độ biến thiên tương đối năng lượng của hạt nhân khi bị đám mây phản chiếu, tính đến cả tác động của điện trường và từ trường.



[Bài 63]. Khoảng không giữa một cặp vật dẫn hình trụ đồng trục đã được rút chân không. Bán kính hình trụ trong là a , bán kính hình trụ ngoài là b . Hình trụ ngoài gọi là Anode và có thể đặt ở điện thế dương V so với hình trụ trong. Người ta thiết lập một từ trường $\vec{B}$ đều và không đổi, song song với trục hình trụ như hình vẽ. trong bài này ta nghiên cứu động lực học của electron khối lượng nghỉ m , điện tích $-e$, các electron này phát ra từ bề mặt của hình trụ trong.



1. Ban đầu ta đặt điện thế V nhưng $\vec{B} = \vec{0}$. Các electron được giải phóng khỏi mặt trụ trong với tốc độ ban đầu không đáng kể. Hãy tính tốc độ của nó khi đập vào Anode. Cho kết quả trong hai trường hợp: phi tương đối tính và tương đối tính. Trong các phần còn lại của bài toán, chỉ cần xét trường hợp phi tương đối tính.
2. Bây giờ cho $V = 0$ và cho tác dụng của từ trường $\vec{B}$. Một electron phát ra theo phương bán kính với vận tốc $\vec{v}_0$. Khi từ trường lớn hơn một giá trị giới hạn B_C , electron không tới được Anode. Vẽ quỹ đạo của electron khi B hơi lớn hơn B_C . Từ đây về sau ta cho tác dụng đồng thời của V và từ trường.
3. Từ trường sẽ tạo cho electron momen động lượng đối với trục hình trụ khác không. Hãy viết một phương trình cho ta tốc độ biến thiên dL/dt của momen động lượng. Chứng tỏ rằng từ phương trình đó ta suy ra được đại lượng $L - keBr^2$ không thay đổi khi electron chuyển động, trong đó k là một số xác định không có thứ nguyên, r là khoảng cách đến trục hình trụ. Xác định giá trị của k .
4. Xét một electron phát ra từ hình trụ trong với tốc độ không đáng kể và không đến được Anode, nhưng đạt được khoảng cách tối đa r_m đối với trục hình trụ. Xác định tốc độ v tại điểm mà khoảng cách theo phương bán kính là lớn nhất theo r_m .
5. Chúng ta muốn dùng từ trường để điều khiển dòng electron đi đến Anode. Với B lớn hơn giá trị B_C thì electron phát ra từ bề mặt trụ trong với tốc độ không đáng kể sẽ không đến được Anode. Xác định B_C .
6. Nếu electron được phát ra bằng cách đốt nóng khối trụ trong thì chúng có thể có tốc độ khác không ở bề mặt khối trụ trong. Thành phần tốc độ ban đầu song song với $\vec{B}$ là v_B , thành phần vuông góc với $\vec{B}$ là v_2 (theo phương bán kính) và v_ϕ (theo phương tiếp tuyến). Hãy xác định B_C trong điều kiện đó.

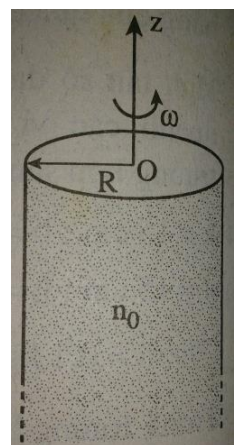
[Bài 64]. Cần phải cho bao nhiêu ion dương cố định, điện tích $+1$ vào không gian của chùm electron hình trụ đồng nhất chuyển động với vận tốc v song song với trục để bán kính chùm electron không thay đổi khi chuyển động. Mật độ electron trong chùm là n_0 , bỏ qua sự va chạm giữa các electron và ion dương.

$$n = n_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)$$

Đáp số:

[Bài 65]. Xét một đám mây electron hình trụ bán kính R , dài vô hạn. Mật độ electron có giá trị đồng đều n_0 , điện tích của electron là $-e$ và khối lượng electron là m . Quanh đám mây là chân không. Có một từ trường đều, không đổi dọc theo trục hình trụ (trục z) sao cho $\vec{B}_0 = B_0 \vec{k}$ với $B_0 > 0$ và $\vec{k}$ là vectơ đơn vị của trục Oz . Đám mây electron quay xung quanh trục Oz với vận tốc góc ω . Các vận tốc là phi tương đối tính.

1. Tìm điện trường tại một điểm cách trục một khoảng r bên trong đám mây.
2. Tìm hợp lực tác dụng lên một electron nằm cách trục một khoảng r bên trong đám mây. Bỏ qua từ trường sinh ra do chuyển động quay của đám mây này (sự bỏ qua này sẽ được xác nhận ở câu 6).
3. Bằng cách sử dụng định luật II Newton, hãy chỉ ra rằng có hai giá trị của ω là khả dĩ đối với các electron để cho hệ ổn định. Hãy biểu diễn các giá trị ω này theo hai tần số góc khác liên quan đến



bài toán, đó là tần số cyclotron $\omega_C = \frac{eB_0}{m}$ và tần số plasma $\omega_p = \sqrt{\frac{n_0 e^2}{\epsilon_0 m}}$, trong đó ϵ_0 là hằng số điện.

4. Tìm mật độ electron lớn nhất $n_{0\max}$ để electron có thể bị giam giữ bởi từ trường $\vec{B}_0 = B_0 \vec{k}$. Hãy viết câu trả lời theo mật độ năng lượng $\frac{B_0^2}{2\mu_0}$ và năng lượng nghỉ mc^2 của electron.
5. Tính từ trường sinh ra do chuyển động của đám mây tại một điểm nằm cách trục một khoảng r bên trong đám mây.
6. Xác định lực từ tác dụng lên một điện tích bên trong đám mây. Hãy chỉ ra rằng tỉ số giữa lực này và lực điện là $\frac{v^2}{c^2}$ trong đó v là tốc độ của hạt mang điện còn c là tốc độ ánh sáng (điều đó chứng tỏ rằng tác dụng của từ trường là không đáng kể khi vận tốc là phi tương đối tính).

[Bài 66]. Giả sử trong không gian Oxyz có một trường lực xuyên tâm. Một chất điểm khi đặt trong trường lực sẽ chịu tác dụng của một lực $\vec{F}(\vec{r}) = -k\vec{r}$ trong đó $\vec{r}$ vẽ từ tâm O của trường lực đến chất điểm. Ban đầu một hạt có khối lượng m , điện tích $q > 0$ chuyển động trong trường lực trên. Đúng vào thời điểm hạt có vận tốc bằng không tại tọa độ $(R; 0; 0)$ thì người ta bật một từ trường đều có cảm ứng từ $\vec{B}$ dọc theo trục Oz. Bỏ qua tác dụng của trọng lực. Xét chuyển động của hạt kể từ thời điểm trên.

- a. Tìm các tần số đặc trưng của hạt.
- b. Viết phương trình chuyển động của hạt.

Đáp số: a. Đặt $\omega_B = \frac{qB}{2m}$ và $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$, $\omega = \pm\omega_B + \sqrt{\omega_B^2 + \omega_0^2}$

$$b. \begin{cases} x(t) = \frac{R}{\omega_1^2 - \omega_2^2} [(\omega_1^2 - \omega_0^2) \cos(\omega_2 t) - (\omega_2^2 - \omega_0^2) \cos(\omega_1 t)] \\ y(t) = \frac{2R(\omega_1^2 - \omega_0^2)(\omega_2^2 - \omega_0^2)}{\omega_B(\omega_1^2 - \omega_2^2)} \left[\frac{\sin(\omega_1 t)}{\omega_1} - \frac{\sin(\omega_2 t)}{\omega_2} \right] \end{cases}$$

[Bài 67]. Chuyển động của lưỡng cực điện trong từ trường

Trong từ trường đều không đổi $\vec{B}$, một hệ điện tích vừa chuyển động tịnh tiến vừa chuyển động quay. Các định luật bảo toàn xung lượng và thành phần của momen động lượng theo hướng $\vec{B}$ được bổ sung so với dạng thông thường. Điều này được minh chứng trong bài toán bằng cách xét chuyển động của một lưỡng cực điện được tạo thành từ hai hạt có khối lượng bằng nhau m và mang các điện tích q và $-q$ ($q > 0$). Hai hạt được nối với nhau bằng một thanh điện môi rắn có chiều dài l , khối lượng không đáng kể. Gọi $\vec{r}_1, \vec{r}_2$ lần lượt là véc-tơ chỉ vị trí của hạt tích điện q và $-q$ và $\vec{l} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$. Gọi $\vec{\omega}$ là vận tốc góc của chuyển động quay quanh khối tâm của lưỡng cực. $\vec{r}_{CM}$ và $\vec{v}_{CM}$ lần lượt là véc-tơ vị trí và vận tốc của khối tâm của lưỡng cực. Các hiệu ứng tương đối tính và bức xạ điện từ được bỏ qua.

Lưu ý rằng, lực từ tác dụng lên một hạt tích điện q và vận tốc $\vec{v}$ là $q\vec{v} \times \vec{B}$, trong đó tích chéo của hai véc-tơ $\vec{A}_1 \times \vec{A}_2$ được định nghĩa thông qua các thành phần theo các trục x, y, z như sau

$$(\vec{A}_1 \times \vec{A}_2)_x = A_{1y}A_{2z} - A_{1z}A_{2y}$$

$$(\vec{A}_1 \times \vec{A}_2)_y = A_{1z}A_{2x} - A_{1x}A_{2z}$$

$$(\vec{A}_1 \times \vec{A}_2)_z = A_{1x}A_{2y} - A_{1y}A_{2x}$$

Bài 1. Các định luật bảo toàn

- Viết các phương trình chuyển động đối với khối tâm của lưỡng cực và đối với chuyển động quay quanh khối tâm bằng cách tính tổng hợp lực và tổng momen lực tác dụng đối với khối tâm của lưỡng cực.
- Từ phương trình chuyển động viết cho với khối tâm, viết dạng mở rộng của định luật bảo toàn đối với tổng xung lượng. Kí hiệu đại lượng bảo toàn tương ứng là $\vec{P}$. Tính theo $\vec{v}_{CM}$ và $\vec{\omega}$ năng lượng bảo toàn E .
- Momen động lượng gồm hai phần. Một phần do chuyển động của khối tâm và phần còn lại do chuyển động quay quanh khối tâm. Từ dạng mở rộng của định luật bảo toàn xung lượng toàn phần và phương trình chuyển động quay quanh khối tâm, chứng minh rằng đại lượng J được xác định bởi $J = (\vec{r}_{CM} \times \vec{P} + I\vec{\omega})$. $\hat{B}$ bảo toàn.

Cho biết

$$\vec{A}_1 \times \vec{A}_2 = -\vec{A}_2 \times \vec{A}_1$$

$$\vec{A}_1(\vec{A}_2 \times \vec{A}_3) = (\vec{A}_1 \times \vec{A}_2)\vec{A}_3$$

$$\vec{A}_1 \times (\vec{A}_2 \times \vec{A}_3) = (\vec{A}_1\vec{A}_3)\vec{A}_2 - (\vec{A}_1\vec{A}_2)\vec{A}_3$$

Đối với ba véc-tơ $\vec{A}_1, \vec{A}_2$ và $\vec{A}_3$ bất kì. Sử dụng hai đẳng thức đầu nhiều lần giúp ta rút ra được đại lượng bảo toàn từ phương trình trên.

Trong phần tiếp theo, ta xét từ trường $\vec{B}$ hướng dọc theo trục z.

Bài 2. Chuyển động trong mặt phẳng vuông góc với $\vec{B}$.

- Giả sử ban đầu khối tâm của lưỡng cực đang đứng yên tại gốc tọa độ, $\vec{l}$ hướng dọc theo trục x và vận tốc góc ban đầu của lưỡng cực là $\omega_0 \hat{z}$ ($\hat{z}$ là véc-tơ đơn vị của trục z).
- Nếu độ lớn của ω_0 rất nhỏ so với giá trị tới hạn ω_c , lưỡng cực không thể hoàn thành một vòng quay quanh khối tâm của nó. Tính ω_c .
- Đối với giá trị tùy ý của ω_0 , tính khoảng cách cực đại d_m theo phương x mà khối tâm của lưỡng cực có thể đạt tới.
- Tính lực căng của thanh theo vận tốc góc ω .

[Bài 68]. Một từ trường $\mathbf{B}$ đối xứng xung quanh trục Oz. Trong hệ tọa độ trụ, tại điểm $M(r, \theta, z)$ ở lân cận trục (điều kiện cận trục), cảm ứng từ có các thành phần sau:

$$\begin{cases} B_z = B_z(z) \\ B_r = -\frac{r}{2} \frac{dB_z}{dz} \end{cases} \quad (*)$$

trong đó $B_z(z)$ là hàm số của biến z và có đạo hàm cấp hai.

Tại điểm A trên trục Oz có một nguồn phát ra các proton có khối lượng m, điện tích e và vận tốc $\vec{v}_0$ hợp với trục Oz một góc α nhỏ. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

- Chứng minh rằng quỹ đạo của proton luôn tuân theo phương trình vi phân sau:

$$\frac{d^2 r}{dz^2} + \left(\frac{eB_z}{2mv_0} \right) r = 0, \text{ và điều đó cho thấy các proton khác nhau có cùng độ lớn vận tốc ban đầu}$$

sẽ hội tụ tại một điểm.

2. Một thấu kính từ mỏng là một vùng không gian có từ trường được giới hạn bởi hai mặt phẳng

$z = \frac{d}{2}$ và $z = -\frac{d}{2}$ với d đủ nhỏ (hình vẽ). Xét từ trường bên trong thấu kính có dạng (*) như phần trước, bỏ qua từ trường bên ngoài và xem như khoảng cách r từ các proton tới trục Oz là không đổi

Xét một chùm proton có cùng vận tốc đi qua thấu kính mỏng song song với trục Oz , chứng minh

rằng thấu kính này là thấu kính hội tụ và có tiêu cự ảnh f' xác định bởi: $\frac{1}{f'} = \left(\frac{e}{2mv_0} \right)^2 \int_{-d/2}^{d/2} B_z^2 dz$

Áp dụng tính độ tụ của thấu kính từ trong trường hợp từ trường $B_z = B_0 e^{-az^2}$. Cho $B_0 = 0,08T$, $a =$

$72m^{-2}$, $d = 8mm$ và tích phân $\int_0^{0,048} e^{-t^2} dt = 0,047963$

[Bài 69]. Sự hội tụ bằng từ trường

Có rất nhiều thiết bị sử dụng các chùm hạt mang điện. Ống tia ca-tốt dùng trong dao động nghiệm, trong đầu nhận của tivi hoặc trong kính hiển vi điện tử. Trong các thiết bị này, chùm hạt được hội tụ và làm lệch hướng giống như chùm tia sáng trong các dụng cụ quang học. Các chùm hạt có thể hội tụ nhờ vào điện trường hoặc từ trường. Trong các bài toán 2A và 2B, chúng ta sẽ xem xét việc hội tụ chùm tia bằng từ trường như thế nào.

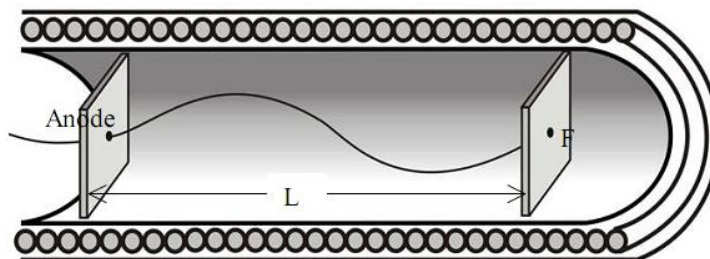
Bài 2A. Ống solenoid hội tụ từ trường

Hình 2.1 cho thấy một súng bắn electron bên trong và gần ngay chính giữa một ống solenoid dài. Các electron đi qua các lỗ hỏ trên anode có vận tốc truyền nhỏ. Các electron sẽ chuyển động theo đường xoắn ốc. Sau một vòng, electron sẽ trở lại trục kết nối với lỗ hỏ và tập trung tại F. Bằng cách điều chỉnh từ trường B bên trong ống solenoid, tất cả các electron sẽ hội tụ tại cùng một điểm F sau một vòng chuyển động.

- Hiệu điện thế dùng để gia tốc các electron là $V = 10kV$
- Khoảng cách giữa anode và điểm hội tụ F là $L = 0,50m$
- Khối lượng của một electron là $m = 9,11 \cdot 10^{-31}kg$
- Điện tích của một electron là $e = 1,60 \cdot 10^{-19}C$
- Độ từ thẩm chân không $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}H/m$

Xét bài toán phi tương đối tính.

1. Tính B để electron quay trở lại trục tại điểm F sau khi hoàn tất một vòng chuyển động.
2. Tính cường độ dòng điện trong solenoid nếu số vòng quấn trên mỗi mét chiều dài ống là 500.



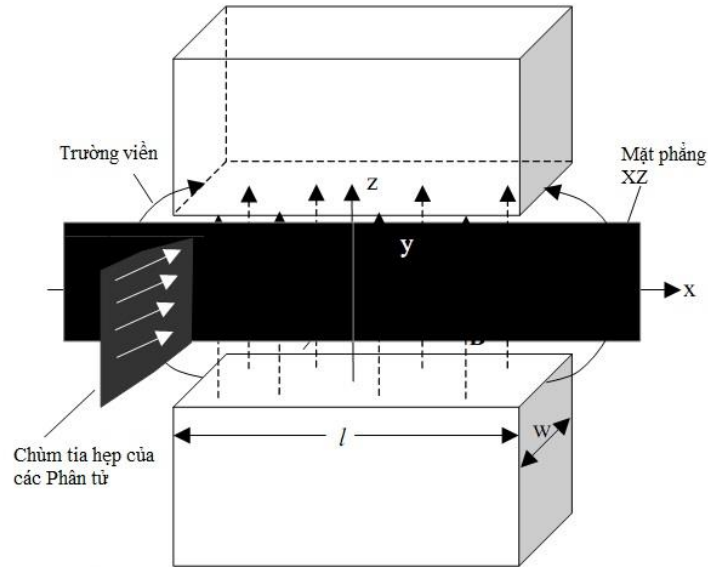
Hình 2.1

Bài 2B. Sự hội tụ bằng từ trường (trường viên)

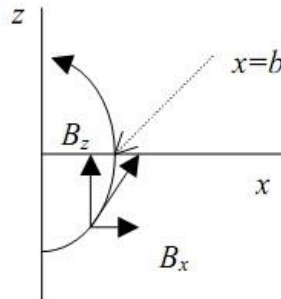
Hai cực của nam châm được đặt trên cùng một mặt phẳng nằm ngang, cách nhau một khoảng xác định để từ trường B do chúng tạo ra có phương thẳng đứng như hình 2.2. Bề mặt của các cực có dạng chữ nhật có chiều dài l và chiều rộng w . Xét từ trường viên quanh bờ của các cực từ (trường

viên là trường tạo bởi các hiệu ứng mép). Cho biết độ rộng của trường viên này là b , như hình 2.3. Trường viên có hai thành phần $B_x \vec{i}$ và $B_z \vec{k}$. Để đơn giản, cho rằng $|B_x| = B|z|/b$ với $z = 0$ ở mặt phẳng cách đều hai mặt cực từ, cho biết:

- Khi các hạt đi vào trường viên $B_x = +Bz/b$
- Khi các hạt lại đi vào trường viên sau khi đã đi qua nam châm thì $B_x = -Bz/b$

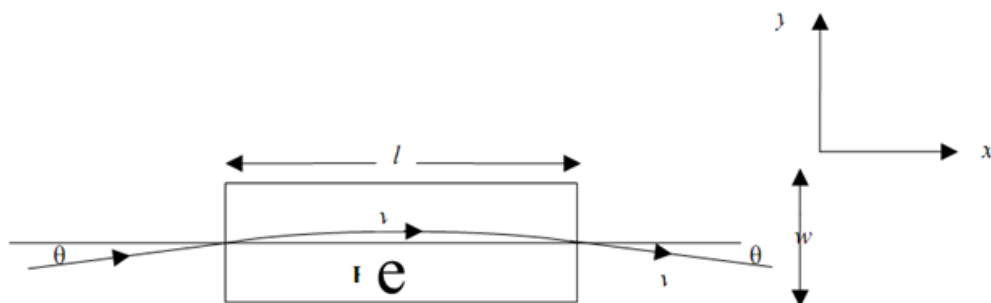


Hình 2.2 : Nhìn tổng thể (xem nhθ nhỏ)



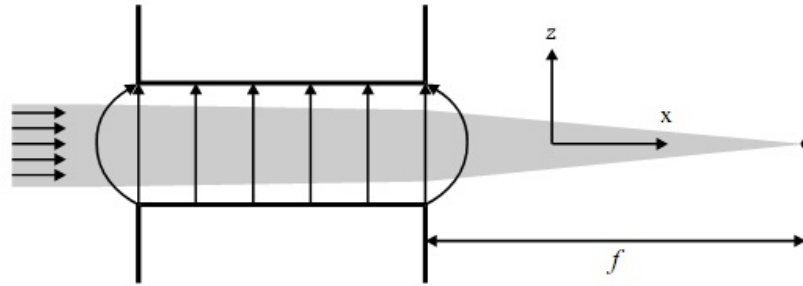
Hình 2.3 : Trường viên

Một chùm hạt song song hẹp, mỗi hạt có khối lượng m và điện tích dương q đi vào nam châm (gần trung tâm) với vận tốc v lớn song song với mặt phẳng nằm ngang. Độ rộng theo phương thẳng đứng của chùm hạt không thể bỏ qua khi so với khoảng cách giữa hai từ cực của nam châm. Chùm hạt này đi vào nam châm với góc lệch θ so với đường trục chỉ của nam châm và rời khỏi nam châm với góc lệch $-\theta$, xem hình 2.4 và cho rằng góc θ rất bé. Góc θ khi hạt đi vào trường viên bằng với góc θ khi hạt đi vào từ trường đều.



Hình 2.4. Nhìn từ trên xuống

1. Chùm hạt sẽ bị hội tụ bởi trường viền. Tính gần đúng độ dài tiêu cự như được chỉ ra trong hình 2.5.
2. Cho rằng $b \ll l$ và độ lệch theo phương z của chùm hạt trong từ trường đều B là rất nhỏ.



Hình 2.5. Nhìn một bên

[Bài 70]. Cho một lưỡng cực điện có momen là $\mathbf{p}$ đặt tại điểm O cố định trong không gian. Một điện tích điểm có khối lượng m, điện tích q chuyển động dưới tác dụng lực từ lưỡng cực điện nói trên. Ký hiệu $\mathbf{r}$ là vector bán kính xác định vị trí của điện tích điểm đến lưỡng cực điện. Trong bài toán này ta chỉ khảo sát trường hợp điện tích điểm chuyển động trong miền rất xa lưỡng cực. Đặt:

$$\beta = L^2 + \frac{qm}{2\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r}, \text{ trong đó } L \text{ là momen động lượng đối với tâm O của điện tích điểm. Để thuận}$$

tiện trong tính toán, ta khảo sát bài toán trong tọa độ cầu (r, φ, θ) với trục Oz trùng với chiều của momen lưỡng cực.

1. Chứng minh rằng β là một hằng số chuyển động. Tìm hệ thức liên hệ giữa năng lượng E của điện tích điểm và đại lượng β nói trên. Viết phương trình chuyển động của điện tích điểm q theo β .
2. Từ hệ thức năng lượng và phương trình chuyển động bên trên, ta nhận thấy chuyển động của điện tích điểm dưới tác dụng của lưỡng cực có thể được mô tả như chuyển động dưới tác dụng của thế năng hiệu dụng $V_{\text{eff}} = \frac{\beta}{2mr^2}$. Hãy vẽ đồ thị của V_{eff} theo r. Khảo sát chuyển động của điện tích điểm theo thế hiệu dụng này. Tìm điều kiện để điện tích điểm chuyển động trên một mặt cầu.

3. Xét trường hợp điện tích điểm q là điện tích dương chuyển động trên một mặt cầu. Chứng minh rằng khi đó ta có phương trình chuyển động của điện tích điểm có dạng: $\frac{1}{2}mr_0^2\dot{\theta}^2 + V(\theta) = 0$,

trong đó r_0 là bán kính mặt cầu và $V(\theta) = \frac{L_z^2}{2mr_0^2 \sin^2 \theta} + \frac{qp}{4\pi\epsilon_0 r_0^2} \cos \theta$. Tìm giá trị nhỏ nhất của

$V(\theta)$ và góc θ_c ứng với giá trị đó.

4. Xét trường hợp các thông số được chọn sao cho $V(\theta_c) < 0$, khi đó chuyển động của điện tích điểm sẽ bị giới hạn giữa hai mặt phẳng vuông góc với Oz, tức là tồn tại hai giá trị θ_1 và θ_2 sao cho $\theta_1 < \theta < \theta_2$. Xác định giá trị θ_1 và θ_2 . Chứng minh rằng thông số được chọn phải thỏa điều kiện: $p > \frac{3\sqrt{3}\pi\epsilon_0 L_z^2}{mq}$.

5. Xét trường hợp các thông số được chọn sao cho $V(\theta_c) = 0$, khi đó quỹ đạo chuyển động của điện tích điểm là một đường tròn nằm trong mặt phẳng vuông góc với Oz. Xác định vị trí mặt phẳng

này. Chứng minh rằng: $p = \pm \frac{3\sqrt{3}\pi\epsilon_0 L_z^2}{mq}$. Hãy tìm chu kỳ dao động nhỏ nếu như có một nhiễu loạn nhỏ tác động lên phương θ của điện tích điểm trong trường hợp này.

6. **Bài 91:** Quả cầu nặng, nhỏ khối lượng m điện tích q , được truyền vận tốc V hướng thẳng đứng lên trên, quả cầu ở trong điện trường đều E nằm ngang và trọng trường g hướng thẳng đứng xuống dưới. Tính vận tốc nhỏ nhất của quả cầu trong quá trình chuyển động của nó?
7. **Bài 180*:** Một điện tích điểm e , mang năng lượng E và có vận tốc v di chuyển trong vùng không gian có từ trường tạo ra bởi một lưỡng cực từ có mômen lưỡng cực p ; lưỡng cực đặt ở điểm O (Tọa độ Oxyz); vec-tơ p có phương chiều dọc theo chiều dương trục Oz . Ban đầu, điện tích đặt cách O đoạn R trên mặt phẳng Oxy và vận tốc v hướng dọc theo phương Oz ; hãy xác định khoảng cách lớn nhất và nhỏ nhất mà điện tích đạt được (khoảng cách giữa điện tích và gốc O). Xét hiệu ứng tương đối tính trong bài toán này.

2/ Trong nguyên tử hiđrô lúc đầu có êlectron chuyển động tròn với bán kính quỹ đạo $r = 2,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ quanh hạt nhân dưới tác dụng của lực Culông. Ta chỉ sử dụng các định luật vật lý cổ điển để nghiên cứu chuyển động của êlectron trong nguyên tử. Theo đó, khi êlectron chuyển động với gia tốc a thì nguyên tử sẽ bức xạ điện từ với công suất $P = \frac{2ke^2}{3c^3} a^2$ (trong đó $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$). Coi gia tốc toàn phần a của êlectron là gia tốc hướng tâm.

a/ Hãy tính thời gian cần thiết để bán kính quỹ đạo giảm đến $r_0 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

b/ Ước tính trong thời gian đó êlectron chuyển động trên quỹ đạo được bao nhiêu vòng.