

2ª Prova – F 328 – Questão 2 2S2020 – 02/12/2020

Nome: Daniel de Sousa Cipriano RA: 233228 Turma: K

Nome: Gabriel Pelizari RA: 234975 Turma: K

Nome: Guilherme Andrade Xavier RA: 235850 Turma: K

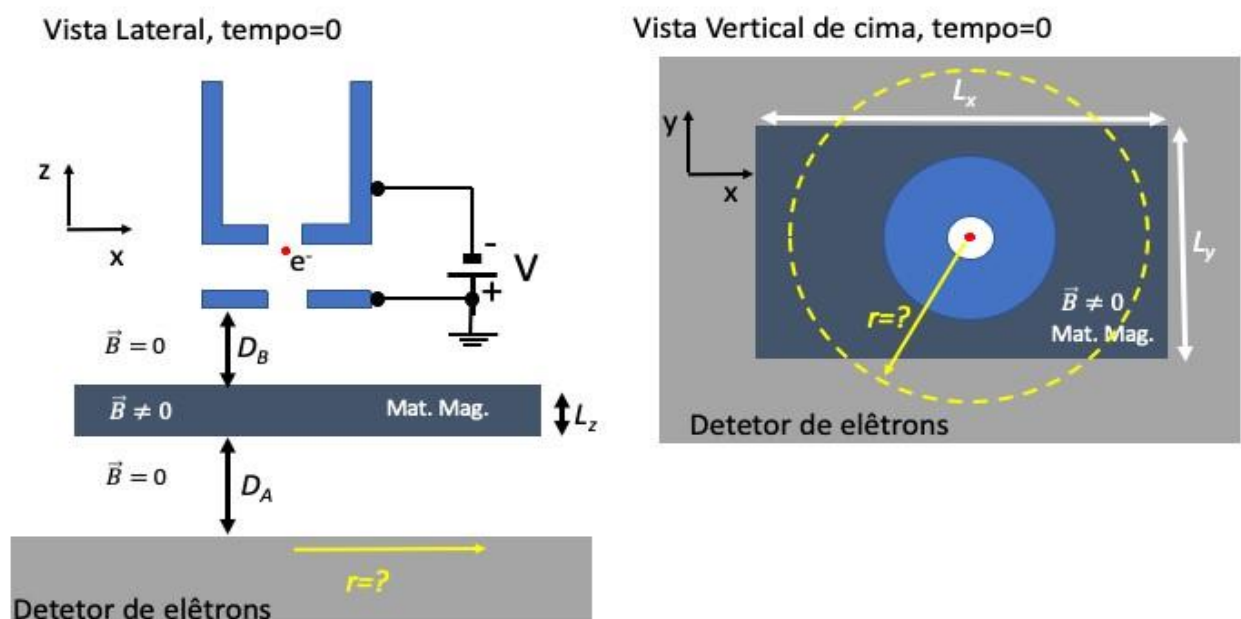
Façam todos os cálculos, e não pulem passagens. Justifiquem todas as respostas em detalhes. Deduzam todas as fórmulas usadas, ou, podem usar fórmulas prontas desde que estas sejam do Halliday – nesse caso, forneçam o número da equação do Halliday correspondente, e a edição do Halliday utilizada (p. ex., Eq. (24-1), 9ª ed.).

Atenção: Vocês usarão seus RAs ao longo da questão para obter alguns valores iniciais pedidos. Para isso, completem cada dígito dos seus RAs (KMNXYZ) na tabela abaixo:

RA	K	M	N	X	Y	Z
Alunx 1	2	3	3	2	2	8
Alunx 2	2	3	4	9	7	5
Alunx 3	2	3	5	8	5	0

Questão 2

Um elétron é acelerado na direção $-z$ com uma diferença de potencial $V = 400$ kV e passa por uma abertura localizada a uma distância $D_B = 0.5$ m acima de um material magnético (Mat. Mag.) de dimensões L_x, L_y, L_z , que possui um campo magnético interno \vec{B} . A uma distância $D_A = 1.5$ m do material magnético é colocado um detector de elétrons. As figuras mostram uma representação do arranjo experimental visto lateralmente (esquerda) e verticalmente (direita). Observem que as direções x , y e z foram pré-definidas nas figuras.



2ª Prova – F 328 – Questão 2 2S2020 – 02/12/2020

As componentes do campo magnético (medido em Teslas (T)) devem ser calculadas a partir dos seus RAs da seguinte maneira:

RA	B_x (T)		B_y (T)		B_z (T)	
Alunx 1	K_1	2	M_1	3	N_1	3
Alunx 2	K_2	2	M_2	3	N_2	4
Alunx 3	K_3	2	M_3	3	N_3	5

As dimensões do material magnético (medidas em metros (m)) devem ser calculados a partir dos seus RAs da seguinte maneira:

RA	$L_x (\times 10^{-7}\text{m})$		$L_y (\times 10^{-7}\text{m})$		$L_z (\times 10^{-7}\text{m})$	
Alunx 1	X_1	2	Y_1	2	Z_1	8
Alunx 2	X_2	9	Y_2	7	Z_2	5
Alunx 3	X_3	8	Y_3	5	Z_3	1

Por exemplo, se um estudante tiver $RA = 123456$, então $B_x = 1$ T, $B_y = 2$ T, $B_z = 3$ T, $L_x = 400$ nm, $L_y = 500$ nm, $L_z = 600$ nm. **Caso algum valor de L for 0, substituam por 1!**

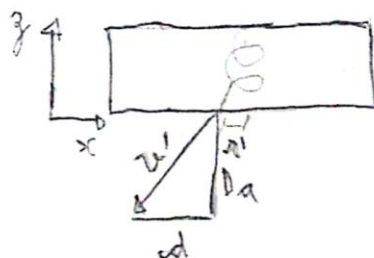
ATENÇÃO: Vocês trabalharão com 3 conjuntos de valores de campo magnético e dimensões do material magnético, um conjunto para cada Alunx, como calculado nas tabelas acima.

Dados: Carga do elétron: $e = -1.602 \times 10^{-19}$ C; massa em repouso do elétron: $m = 9.109 \times 10^{-31}$ kg.

Para cada conjunto de valores de $B_x, B_y, B_z, L_x, L_y, L_z$:

- a) (2.0) Determinem a distância r em que o elétron será detectado no detector. Considerem que a variação de momento linear do elétron na direção z desde a abertura até o detector é desprezível.

2-a)



temos que $r^2 = r'^2 + d^2$

Para o cálculo de r' , faremos $F_{\text{mag}} = F_{\text{cent}}$. Sabemos que

$$F_{\text{mag}} = |q| v B \sin \theta \quad (\text{Eq. 28-3, 9ª ed. Halliday})$$

$$F_{\text{cent}} = \frac{m v^2}{r'}$$

$$\text{Logo, } |q| v B \sin \theta = \frac{m v^2}{r'} \Rightarrow r' = \frac{m v}{|q| B \sin \theta}$$

Sabemos que $v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$ (Eq. 28-22, 9ª ed. Halliday). Substituindo,

$$\text{temos que } r' = \frac{m \sqrt{2qV/m}}{|q| B \sin \theta}$$

Para o cálculo de d , temos que $d^2 = r^2 - r'^2$

$$\text{Portanto, } r^2 = \left(\frac{m \sqrt{2qV/m}}{|q| B \sin \theta} \right)^2 + r'^2 - D_a^2$$

$$r^2 = \frac{m^2 \cdot 2qV/m}{q^2 B^2 \sin^2 \theta} + r'^2 - D_a^2 = \frac{2mV}{|q| B^2 \sin^2 \theta} + r'^2 - D_a^2$$

Para o cálculo de r' , temos que

$$r' = \frac{m v'}{|q| B} \quad (\text{Eq. 28-16, 9ª ed. Halliday}) \Rightarrow v' = \frac{r' |q| B}{m}, \text{ onde}$$

$$r' = \frac{m \sqrt{2qV/m}}{|q| B \sin \theta} \Rightarrow v' = \frac{\sqrt{2qV/m}}{\sin \theta}$$

Para o cálculo de θ fazemos

$$(0, 0, v) \times (R_1, R_2, R_3), \text{ onde } v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = 3,7509467462 \cdot 10^8 \text{ cm/s}$$

sentido $-y$. Para o aluno 1, ~~temos~~ teremos então

$$(0, 0, -3,7509467462 \cdot 10^8) \times (2, 3, 3) \text{ que resulta em}$$

$$\cos \theta = 0,634730513 \Rightarrow \theta = \arccos(0,634730513) = 50,6^\circ$$

$$\text{Substituindo em } v' = \frac{\sqrt{2qV/m}}{\sin \theta} \text{ temos que } v' = 4,854126797 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Sabemos que $d^2 = v'^2 - D_a^2$. Para $D_a = 1,5 \text{ m}$, temos que $v'^2 \gg D_a^2$,

tornando D_a desprezível. Logo, podemos afirmar que $d^2 = v'^2$
 $\Rightarrow d = v'$

Ficamos então com $\pi^2 = \pi'^2 + v'^2$

$$\text{Calculando } \pi' = \frac{m v}{|q| B \sin \theta}, \text{ onde } \theta = 50,6^\circ \text{ e } B = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 + R_3^2} T$$

Para o aluno 1, teremos que $B = \sqrt{2^2 + 3^2 + 3^2} = \sqrt{22} T$, logo

$$\pi' = 5,98447 \cdot 10^{-4}$$

Temos então que π'^2 será um termo de ordem 10^{-8} enquanto

v'^2 será de ordem 10^{16} , portanto $v'^2 \gg \pi'^2$

Podemos então afirmar que $\pi^2 = v'^2 \Rightarrow \pi = v'$

Logo, $\pi = 4,854126797 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, para o aluno 1

Na forma análoga, temos para o aluno 2 que
 $\cos \theta = 0,708918 \Rightarrow \theta = 44,8530511^\circ$

Portanto

$$r = r' = \frac{v}{\sin \theta} = \frac{3,7509467462 \cdot 10^8}{0,705290911} = 5,318297297 \cdot 10^8 \text{ m} //$$

para o aluno 2

Para o ~~aluno~~ aluno 3, temos que
 $\cos \theta = 0,617213 \Rightarrow \theta = 51,88716262^\circ$

Portanto

$$r = r' = \frac{v}{\sin \theta} = \frac{3,7509467462 \cdot 10^8}{0,786796706} = 4,767368272 \cdot 10^8 \text{ m} //$$

para o aluno 3

Figura 1: Contas referentes a questão 2-a.

- b) (0.7) Se pudessem alterar a voltagem V , como ela afetaria a distância r obtida? Considerando que as partes do aparelho não podem se mover mecanicamente, seria possível fazer com que os elétrons atingissem o detector no mesmo lugar, para os 3 conjuntos de valores? Explique.

A voltagem V influencia diretamente na velocidade inicial (v) da partícula, ou seja, quanto maior a voltagem maior será a velocidade inicial e, portanto, também a velocidade final (v'), indicando que quanto maior a voltagem maior a distância r . A voltagem afeta a velocidade da partícula, mas não a sua direção, sendo esta última determinada pelo campo magnético B . Como temos campos diferentes para cada um dos conjuntos, torna-se impossível fazer com que os elétrons atingissem o mesmo ponto no detector.

- c) (0.7) As dimensões do material afetam de alguma maneira a distância r ? Se sim, como?

Não, as dimensões do material não afetam a distância r , já que a mesma só depende da direção e módulo do campo magnético e da velocidade inicial da partícula, sendo esses parâmetros também independentes das dimensões do material.

Observações:

- Desconsiderem a gravidade e os efeitos relativísticos.
- Caso façam alguma aproximação, expliquem!
- **Obtenham primeiro equações algébricas (isto será cobrado – as equações obtidas devem estar mostradas de forma clara!)** para somente no final substituir os valores numéricos.
- Usem notação científica.
- Verifiquem a dimensionalidade em todos os seus cálculos.