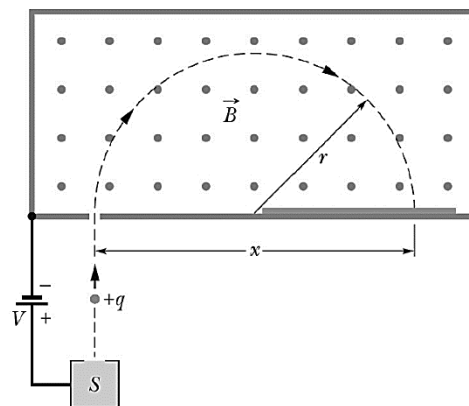


Folha 3 – Força eletromagnética. Ondas eletromagnéticas.

- 1) Na figura representa-se esquematicamente um espectrómetro de massa, um dispositivo que é utilizado para determinar a massa de um ião. Neste dispositivo um ião monopositivo (carga igual a $1,6022 \times 10^{-19}$ C) vai ser acelerado devido a um campo elétrico até atingir uma velocidade igual a $30,761722 \text{ km s}^{-1}$ antes de entrar numa região do espaço onde existe um campo magnético uniforme de intensidade igual a $80,000 \text{ mT}$, cujo sentido e direção são indicados na figura.



- a) Determine a intensidade, direção e sentido da força que vai atuar no ião quando sujeito ao campo magnético B.
b) Sabendo que a distância x é igual a $1,6254 \text{ m}$, qual a massa do ião? Represente o resultado em unidades de massa atómica (Nota: $1 \text{ u.m.a.} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$).

R: a) $|F_m| = 3,9429 \times 10^{-16} \text{ N}$; b) $m = 203,93 \text{ u.m.a.}$

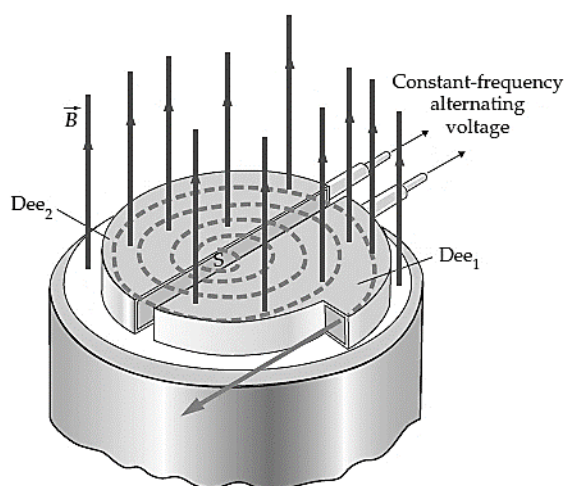
- 2) Num aparelho de televisão, um eletrão desloca-se no tubo de raios catódicos em direção ao ecrã, segundo o eixo dos xx , com velocidade de $8,0 \times 10^6 \text{ m/s}$, sob ação de um campo magnético de $0,025 \text{ T}$. O campo magnético faz um ângulo de 60° com o eixo dos xx , no plano xy .

($m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $q_e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

- a) Calcule a intensidade da força magnética que atua no eletrão.
b) Indique a direção e o sentido da força magnética.
c) Determine o módulo da aceleração

R: a) $F_m = 2,8 \times 10^{-14} \text{ N}$; b) Eixo do zz , para baixo; c) $a = 3,1 \times 10^{16} \text{ m/s}^2$

- 3) A ação de campos magnéticos sobre cargas em movimento é utilizada para guiar feixes de partículas. O ciclotrão de Lawrence foi o primeiro dispositivo a acelerar partículas a velocidades elevadas. O facto de o ciclotrão (e de uma grande parte dos aceleradores) serem aproximadamente circulares está ligado ao uso de campos magnéticos que fazem as partículas mudar ciclicamente de direção e assim possuírem trajetórias circulares fechadas. O ciclotrão é constituído por duas cavidades semi-cilíndricas (forma de “D”) onde atua um campo magnético uniforme, separadas por uma fenda estreita onde atua um campo elétrico alternado (ou seja, uma tensão alternada). Devido ao campo magnético, as partículas carregadas seguem trajetórias circulares com velocidade constante. Na fenda a partícula é acelerada pela ação do campo elétrico. Claro que tem que haver um sincronismo perfeito entre a frequência da tensão e a frequência do movimento de rotação da partícula. Suponha que num ciclotrão que opera a uma frequência de 12 MHz e em que o raio do “D” é de 53 cm , pretende-se acelerar deutério (de massa igual a $3,34 \times 10^{-27} \text{ kg}$).



- a) Qual a intensidade do campo magnético necessário no ciclotrão?
b) Qual a velocidade final conseguida?

R: a) $B \cong 1,6 \text{ T}$; b) $v = 3,99 \times 10^7 \text{ m/s}$

- 4) Um fio retilíneo é colocado perpendicularmente à direção de um campo magnético de intensidade igual a $2,0 \times 10^{-5}$ T. Se uma corrente elétrica de 1,0 A percorre o fio qual o campo magnético resultante máximo e mínimo à distância de 1,0 cm do fio? Localize esses pontos.

R: $B_{\max} = 4,0 \times 10^{-5}$ T; $B_{\min} = 0$ T

- 5) Os solenóides são utilizados para produzir campos magnéticos intensos em equipamentos de diagnóstico médico conhecidos como MRI (“Magnetic Ressonance Imaging”). Nestes equipamentos conseguem-se imagens do interior do corpo humano sem a utilização de raios X. O solenóide do MRI utiliza um fio supercondutor arrefecido com hélio líquido para obter uma elevada corrente e assim um elevado campo magnético. Se o solenóide tiver 2,4 m de comprimento e 95 cm de diâmetro e se a espessura do fio for de 2,0 mm (a espessura do revestimento do isolador é desprezável), qual a corrente necessária para produzir um campo magnético de 1,5 T no interior do solenóide?

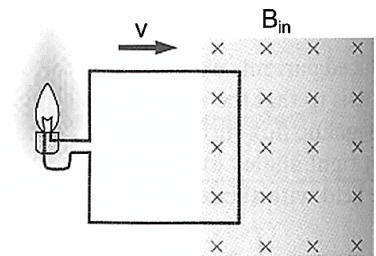
R: $i = 2,4$ kA

- 6) Uma espira circular metálica, de raio 0,1 m, possui uma resistência elétrica de $2,0 \Omega$. Um campo magnético atua perpendicularmente ao plano da espira aumentando de intensidade à taxa de $0,10 \text{ Ts}^{-1}$. Qual a intensidade da corrente induzida na espira?

R: $i = 1,6 \times 10^{-3}$ A

- 7) Qual a velocidade com que a espira quadrada (de resistência desprezável) de lado igual a 25,0 cm tem de se mover, para que a lâmpada de 3 V acenda? O campo magnético tem uma intensidade de 1,2 T e é perpendicular ao plano da espira.

R: $v = 10$ m/s



- 8) A lei de Faraday está na base de uma revolução tecnológica profunda: a capacidade de produzir energia elétrica a partir de outras formas de energia (carvão, petróleo, núcleo atômico de urânio...). Consideremos o seguinte exemplo: uma espira circular de raio igual a 11,0 cm, e de resistência 10Ω , está mergulhada num campo magnético de intensidade $B=0,63$ T.

A espira roda com uma velocidade angular de 250 rad s^{-1} . Qual a tensão e a corrente induzida?

R: $V_s(t) = 6 \sin 250t$ (V); $i(t) = 0,6 \sin 250t$ (A)

- 9) Um próton é lançado num campo magnético uniforme, $\vec{B} = 2,0 \times 10^{-2} \vec{e}_y$ Tesla, com uma velocidade, $\vec{v} = 3,0 \times 10^5 \vec{e}_x$ m/s, perpendicular ao campo. Determine:

- A força magnética, \vec{F}_m , que atua no próton, no momento em que entra no campo.
- O raio da trajetória
- O tempo de permanência do próton no campo, sabendo que descreve uma trajetória semicircular até abandonar o campo.
- A energia cinética da partícula no instante em que abandona o campo.
- O trabalho realizado pela força magnética desde que a partícula entra no campo até que o abandona.

R: a) $\vec{F}_m = 9,6 \times 10^{-16} \vec{e}_z$ (N) b) $r = 1,6 \times 10^{-1}$ m c) $t = 3,3 \times 10^{-6}$ s d) $E_c = 7,5 \times 10^{-17}$ J e) $W = 0$ J

- 10) Uma partícula com carga (+) $3,0 \times 10^{-11}$ C desloca-se com velocidade $\vec{v} = 2,0 \times 10^6 \vec{e}_y$ m/s, numa região do espaço onde existe um campo magnético $\vec{B} = 2,0 \times 10^2 \vec{e}_x$ T e um campo elétrico,

$\vec{E} = 4,0 \times 10^3 \vec{e}_z$ V/m. Calcule:

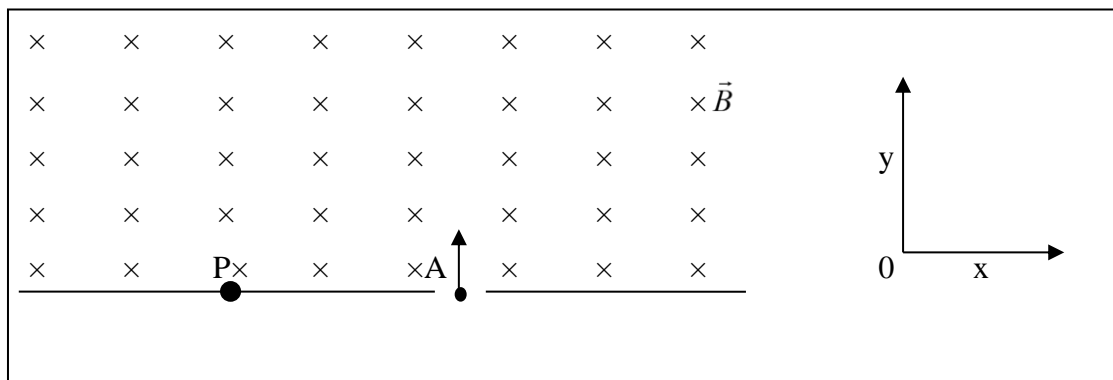
- A força eletromagnética que atua sobre a partícula.
- A velocidade com que deveria ser lançada a partícula para não sofrer desvio na sua trajetória.
- Caracterize o movimento da partícula para o caso da alínea anterior.

R: a) $\vec{F}_{em} = -1,1 \times 10^{-6} \vec{e}_z$ (N) b) $\vec{v} = 2,0 \times 10^5 \vec{e}_x$ (m/s)

- 11) Um transformador (ideal) opera a 8,5 kV no circuito primário e fornece uma tensão no circuito secundário de 120 V (valores eficazes) a uma série de equipamentos.
- Qual a razão entre o número de espiras no primário e no secundário?
 - A taxa de consumo de energia numa habitação é 78 kW. Qual a corrente (eficaz) no circuito primário e secundário?
 - Qual a resistência da carga no circuito secundário e no primário?
- R:** a) 71; b) $i_p=9,2$ A, $i_s=650$ A; c) $R_p=930 \Omega$, $R_s=0,18 \Omega$

- 12) Um transformador suposto ideal, apresenta uma tensão de 230 V no secundário. Sabe-se que alimenta uma instalação elétrica puramente resistiva, cuja resistência equivalente é de $4,4 \Omega$. Sabendo que a corrente medida no primário é de 2 A. (considere os valores referidos como valores eficazes)
- Calcule a razão entre o número de espiras do primário e do secundário.
 - Qual a corrente no secundário?
- R:** a) 26; b) $I_s = 52$ A

- 13) Uma partícula de massa $2,0 \times 10^{-8}$ kg é lançada perpendicularmente a um campo magnético $\vec{B} = -4,0 \times 10^{-2} \vec{e}_z (T)$, com velocidade $\vec{v} = 50 \vec{e}_y (m/s)$ atingindo o anteparo no ponto P a 2,5 cm de A. Tal como se indica na figura.
- Calcule:
- A carga da partícula e indique o respetivo sinal.
 - O intervalo de tempo que a partícula demora a atingir a posição P.

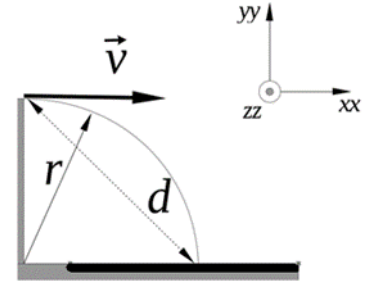


R: a) $q=2,0 \times 10^{-3}$ C ($q>0$); b) $\Delta t=8 \times 10^{-4}$ s

- 14) Um corpo de massa 0,3 kg e com uma carga de 3 C fica sujeito a um campo elétrico $\vec{E} = -\hat{i} - 3\hat{j} (NC^{-1})$ e a um campo magnético $\vec{B} = \hat{i} - 2\hat{j} + 3\hat{k} (T)$.
- Sabendo que o corpo possui uma velocidade $\vec{v} = 3\hat{i} (ms^{-1})$, qual a força magnética a que o corpo fica sujeito no instante inicial?
 - Qual a força eletromagnética aplicada na partícula?
 - Se considerasse o efeito da gravidade $\vec{g} = -10\hat{k} (ms^{-2})$, qual seria a aceleração do corpo?
- R:** a) $\vec{F}_m = -27\hat{j} - 18\hat{k}$ (N) ; b) $\vec{F}_{em} = -3\hat{i} - 36\hat{j} - 18\hat{k}$ (N) ; c) $\vec{a} = -10\hat{i} - 120\hat{j} - 70\hat{k}$ (m/s^2)

- 15) Pretende-se que uma partícula de massa $2,0 \times 10^{-12}$ kg e com carga positiva de $4,4 \times 10^{-6}$ C, atinja um alvo pré-definido depois de descrever $\frac{1}{4}$ de círculo. O alvo encontra-se a uma distância, $d = 3$ mm, do ponto de entrada da partícula carregada, tal como representado na figura. Despreze o efeito da gravidade.

- Determine a intensidade do campo magnético, a sua direção e o seu sentido para que o alvo seja atingido, assumindo que a velocidade da partícula é $2,0 \times 10^6$ m/s
- Depois de atingir o alvo, a partícula entra numa zona do espaço onde existe também um campo elétrico constante, $\vec{E} = -3 \times 10^8 \vec{e}_y$ V/m. Qual a força aplicada à partícula no momento em que entra nesta zona do espaço.
- Determine a aceleração a que a partícula está sujeita nesse mesmo momento.



R: $\vec{B} = 428,55 \vec{e}_z$ (T), no sentido positivo; $\vec{F}_{em} = (-1320 \vec{e}_y - 3771,24 \vec{e}_x)$ (N); $|\vec{a}| = 1,99 \times 10^{15}$ m/s²

- 16) Um fio reto e longo transporta uma corrente de 5,0 A. Num dado instante, um próton viaja a 4,0 mm do fio e a uma velocidade de $1,5 \times 10^3$ m/s paralelo ao fio e na mesma direção da corrente. Tal como se representa na figura.

- Determine a intensidade, direção e sentido do campo magnético criado pelo fio no próton.
- Determine a intensidade, direção e sentido da força magnética que o campo magnético do fio exerce no próton.
- Determine a intensidade, direção e sentido do campo elétrico necessário para que o próton viaje sempre paralelo ao fio.

R: a) $B = 0,25$ mT; b) 6×10^{-20} N, segundo xx, no sentido negativo, dirigido para o fio; c) $0,375$ N/C, segundo xx no sentido (+), no sentido contrário da força magnética.

