



MAGNETISMO



EXERCÍCIOS APROFUNDADOS 2020 - 2022



MAGNETISMO

Nessa área, você descobrirá os mistérios por trás dos fenômenos magnéticos e a íntima relação entre eletricidade e magnetismo.

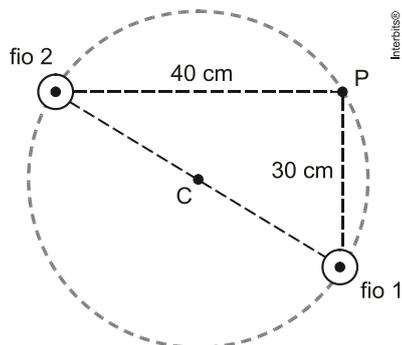
Esta subárea é composta pelos módulos:

- 1. Exercícios Aprofundados: Campo Magnético**
- 2. Exercícios Aprofundados: Força Magnética**



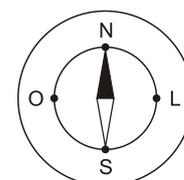
CAMPO MAGNÉTICO

1. (UNESP 2015) Dois fios longos e retilíneos, 1 e 2, são dispostos no vácuo, fixos e paralelos um ao outro, em uma direção perpendicular ao plano da folha. Os fios são percorridos por correntes elétricas constantes, de mesmo sentido, saindo do plano da folha e apontando para o leitor, representadas, na figura, pelo símbolo \odot . Pelo fio 1 circula uma corrente elétrica de intensidade $i_1 = 9\text{A}$ e, pelo fio 2, uma corrente de intensidade $i_2 = 16\text{A}$. A circunferência tracejada, de centro C, passa pelos pontos de intersecção entre os fios e o plano que contém a figura.



Considerando $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{T}\cdot\text{m}/\text{A}$, calcule o módulo do vetor indução magnética resultante, em tesla, no centro C da circunferência e no ponto P sobre ela, definido pelas medidas expressas na figura, devido aos efeitos simultâneos das correntes i_1 e i_2 .

2. (UFPR 2013) Em 1820, Hans Cristian Oersted aproximou de uma bússola um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica e não observou qualquer alteração na direção da agulha dessa bússola. Mais tarde, ao refazer o experimento, porém agora com o fio condutor posicionado em outra direção, ele constatou que ocorria uma alteração na direção da agulha da bússola. Essa experiência histórica fez a conexão entre a eletricidade e o magnetismo, criando o que nós conhecemos hoje por eletromagnetismo. Suponha uma bússola posicionada sobre esta folha de papel com sua agulha apontando para a parte superior da folha, o que corresponde à direção norte. Utilizando a figura a seguir, desenhe a direção em que deverá ser posicionado o fio condutor, passando exatamente sobre o centro da bússola, para que se obtenha o maior desvio possível da sua agulha. Escolha um sentido para a corrente no fio, marcando-o com uma seta na figura. Indique na figura para qual lado ocorrerá esse desvio, se para leste ou para oeste, de modo compatível com o sentido da corrente escolhido. Justifique suas respostas.





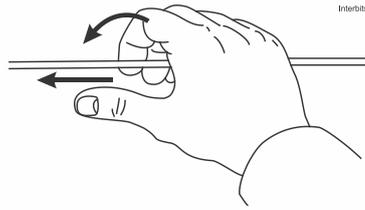
3. (UDESC 2009) A tabela a seguir apresenta algumas propriedades dos fios de cobre comumente utilizados em circuitos e instalações elétricas.

Calibre	Diâmetro a 20 °C (mm)	Área (mm ²)
4	5,2	21,2
8	3,3	8,5
12	2,1	3,5
16	1,3	1,3
20	0,8	0,5

Considerando que a resistividade do cobre a 20 °C é igual a $1,7 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$, e as informações fornecidas na tabela acima, resolva as questões a seguir:

- Calcule a resistência por unidade de comprimento de um fio de cobre de calibre 12.
- Para a montagem de um circuito elétrico são necessários 10 m de fio de cobre. A resistência máxima oferecida pelo fio não poderá ser maior do que $2,0 \times 10^{-2} \Omega$ para o bom funcionamento do circuito. Determine qual o diâmetro mínimo de fio que pode ser utilizado para a montagem do circuito e identifique qual o calibre do fio.
- Determine o campo magnético a 10 cm de um fio (longo e reto) de cobre de calibre 20, quando nele estiver passando uma corrente elétrica contínua igual a 2,0 A.

4. (UEG 2008) A figura a seguir descreve uma regra, conhecida como “regra da mão direita”, para análise da direção e do sentido do vetor campo magnético em torno de um fio percorrido por uma corrente elétrica.



Analisando a figura, responda aos itens a seguir.

- O que representam, na figura, as setas que estão ao lado dos dedos polegar e indicador?
- Faça um esboço (desenho) das linhas de campo magnético em torno desse fio.
- Faça uma análise qualitativa relacionando a dependência do módulo do vetor campo magnético nas proximidades do fio com a intensidade de corrente elétrica e com a distância em que se encontra do fio.

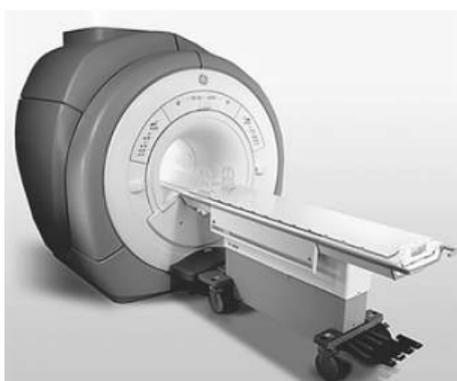
5. (UNICAMP 2002) A corrente elétrica contínua em uma dada linha de transmissão é de 4000A. Um escoteiro perdido, andando perto da linha de transmissão, tenta se orientar utilizando uma bússola. O campo magnético terrestre é de $5,0 \times 10^{-5} \text{ T}$ perto da superfície da Terra. A permeabilidade magnética é $\epsilon_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$.

- Se a corrente está sendo transmitida no sentido leste para oeste, qual é o sentido do campo magnético gerado pela corrente perto do chão? Justifique sua resposta.
- A que distância do fio o campo gerado pela corrente terá o módulo igual ao do campo magnético terrestre?

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Custo e manutenção dos aparelhos de imagem encarecem exames

É inegável que a evolução da medicina diagnóstica permitiu avanços sem precedentes na prevenção e tratamento de vários tipos de doenças. Se por um lado a tecnologia propiciou fidelidade cada vez maior nas imagens obtidas do interior do corpo humano, por outro ela também cobra o seu preço. Um exame de ressonância magnética, por exemplo, pode chegar a R\$1200,00 em média, se for feito sem material para contraste, e R\$1800,00 se essa substância para contraste for utilizada.



<http://ressonanciamagnetica.cepem.med.br/>

A ressonância nuclear magnética, ou simplesmente ressonância magnética, é um método de diagnóstico por imagem que usa ondas de radiofrequência e um forte campo magnético para obter informações detalhadas dos órgãos e

tecidos internos do corpo, sem a utilização de radiação ionizante. Esta técnica provou ser muito valiosa para o diagnóstico de uma ampla gama de condições clínicas em todas as partes do corpo. O aparelho em que o exame é feito consta de um tubo circundado por um grande eletroímã, no interior do qual é produzido um potente campo magnético.

Na técnica de ressonância magnética aplicada à medicina trabalha-se principalmente com as propriedades magnéticas do núcleo de hidrogênio, que é o menor núcleo que existe e consta de apenas um próton.

O paciente a ser examinado é colocado dentro de um campo magnético intenso, o qual pode variar de 0,2 a 3,0 teslas, dependendo do aparelho. Esse campo magnético externo é gerado pela elevada intensidade de corrente elétrica circulando por uma bobina supercondutora que precisa ser continuamente refrigerada a uma temperatura de 4K (kelvin), por meio de hélio líquido, a fim de manter as características supercondutoras do magneto.

(Disponível em: <http://www.famerp.br/projis/grp25/ressonancia.html>. Adaptado.)

Um dos motivos para os altos valores cobrados por exames de imagem sofisticados é o alto custo desses aparelhos, dos custos de instalação e manutenção do equipamento, além da exigência de mão de obra extremamente qualificada para operá-los.

Um equipamento de ressonância magnética, por exemplo, pode custar de US\$2 milhões a US\$3,5 milhões, dependendo da sua capacidade. Além disso, há um adicional anual de cerca de R\$2 milhões em manutenção, incluindo o custeio de procedimentos para arrefecer as bobinas magnéticas da máquina.

(Disponível em: <http://glo.bo/19JB2sB>. Adaptado.)



6. (FAC. ALBERT EINSTEIN - MEDICINA 2016) Nas proximidades da superfície da Terra, a intensidade média do campo magnético é de $5 \cdot 10^{-5} \text{T}$ e, conforme o texto informa, a intensidade do campo magnético produzido por alguns aparelhos de ressonância magnética pode chegar a 3T. Considere, por hipótese, esses campos magnéticos uniformes e produzidos por duas bobinas chatas distintas, de raios iguais a 1m para o aparelho e R_T (raio da Terra) para a bobina da Terra; cada uma delas composta por espiras justapostas; percorridas pela mesma intensidade de corrente elétrica e mesma permeabilidade magnética do meio.

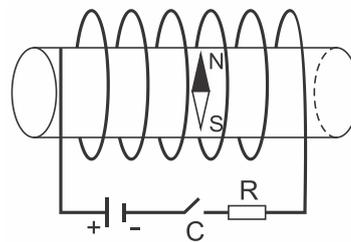
Determine a razão ($N_{\text{Terra}}/N_{\text{aparelho}}$) entre o número de espiras das bobinas chatas da Terra e do aparelho, respectivamente. Para simplificar os cálculos, adote o raio da Terra igual a 6000km.

7. (UEL 2013) Com o objetivo de estudar a estrutura da matéria, foi projetado e construído no CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares) um grande acelerador (LHC) para fazer colidir dois feixes de prótons, ou íons pesados. Nele, através de um conjunto de ímãs, os feixes de prótons são mantidos em órbita circular, com velocidades muito próximas à velocidade da luz c no vácuo. Os feixes percorrem longos tubos, que juntos formam um anel de 27 km de perímetro, onde é feito vácuo. Um desses feixes contém $N = 2,0 \cdot 10^{14}$ prótons distribuídos uniformemente ao longo dos tubos. Os prótons são mantidos nas órbitas circulares por horas, estabelecendo, dessa forma, uma corrente elétrica no anel.

a. Calcule a corrente elétrica i , considerando o tubo uma espira circular de corrente.

b. Calcule a intensidade do campo magnético gerado por essa corrente no centro do eixo de simetria do anel do acelerador LHC (adote $\pi = 3$).

8. (UEMA 2015) Um professor de física, para construir um eletroímã, montou um circuito com as seguintes características: valor da resistência $R = 15\Omega$, solenoide com $8\pi \cdot 10^{-2} \text{m}$ de comprimento, 5000 espiras e resistência $r = 85\Omega$, conforme ilustrado:

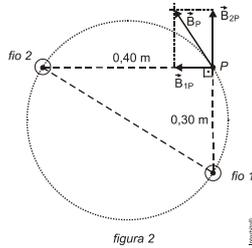
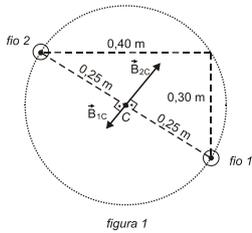


Determine o módulo do vetor indução magnética no interior do solenoide quando a d.d.p. for de 60V, considerando $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{T.m/A}$.



GABARITO

1: As figuras 1 e 2 mostram os vetores indução magnética nos pontos citados.



Como todo triângulo inscrito numa semicircunferência é retângulo, aplicando Pitágoras na figura 1, calculamos o diâmetro da circunferência que passa pelos fios 1 e 2

$$d^2 = 0,3^2 + 0,4^2 = 0,25 \Rightarrow d = 0,5 \text{ m.}$$

Aplicando a regra da mão direita, descobrimos os sentidos dos vetores indução magnética de cada fio em cada um dos pontos.

A expressão da intensidade do vetor indução magnética à distância d de um fio percorrido por corrente elétrica de intensidade i é dada por:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi d} i.$$

- No ponto C.

Como se observa na figura 1, trata-se de vetores de sentidos opostos. A intensidade do vetor indução magnética resultante nesse ponto C é:

$$B_C = B_{2C} - B_{1C} = \frac{\mu_0}{2\pi d} (i_2 - i_1) = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2 \cdot \pi \cdot 0,25} (16 - 9) \Rightarrow$$

$$B_C = 5,6 \times 10^{-6} \text{ T.}$$

- No ponto P.

Na figura 2, temos vetores de direções perpendiculares entre si. Então, reaplicando a expressão do item anterior:

$$B_P^2 = B_{2P}^2 + B_{1P}^2 \Rightarrow B_P = \sqrt{\left(\frac{4\pi \times 10^{-7} \times 16}{2\pi \times 0,4}\right)^2 + \left(\frac{4\pi \times 10^{-7} \times 9}{2\pi \times 0,3}\right)^2} \Rightarrow$$

$$B_P = 1 \times 10^{-5} \text{ T.}$$

2: Se o fio deve passar "exatamente" sobre o centro da bússola, ele deve furá-la nesse centro. Para que o desvio seja máximo, o fio deve ser perpendicular à superfície sobre a qual a bússola está apoiada. Há duas possibilidades: a corrente está entrando (fig. 1) ou saindo (fig. 2). Pela regra da mão direita determinamos o sentido das linhas de indução magnética. O desvio da agulha é no sentido dessas linhas.

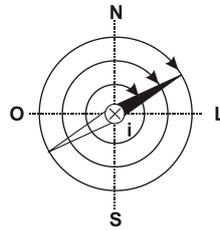


Fig 1 - corrente entrando

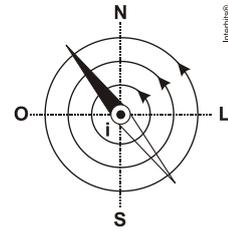


Fig 2 - corrente saindo

- Na fig. 1, a corrente está entrando. O sentido das linhas de indução magnética é horário, desviando a extremidade imantada da agulha no sentido leste.

- Na fig. 2, a corrente está saindo. O sentido das linhas de indução magnética é anti-horário, desviando a extremidade imantada da agulha no sentido oeste.

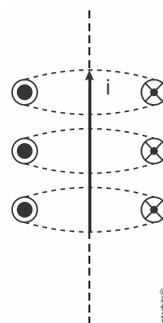
$$3: R = \rho \cdot L/A \rightarrow R/L = \rho/A = 1,7 \cdot 10^{-8} / (3,5 \cdot 10^{-6}) = 0,486 \cdot 10^{-2} = 4,86 \cdot 10^{-3} \Omega/m$$

$R = \rho \cdot L/A \rightarrow 2 \cdot 10^{-2} = 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 10/A \rightarrow A = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 8,5 \text{ mm}^2$. Esta é a área transversal do fio para que a resistência seja de exatamente $2 \cdot 10^{-2} \Omega$. Como a resistência e a área são inversamente proporcionais, para se ter a máxima resistência a área deve ser de no mínimo $8,5 \text{ mm}^2$. O calibre 12 é o indicado. O diâmetro associado a esta área será o diâmetro mínimo $\rightarrow A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot d^2/4 \rightarrow d^2 = 4 \cdot A/\pi = 4,8,5/3,14 = 10,83 \rightarrow d = 3,29 \text{ mm}$

$$B = \mu_0 \cdot i / (2\pi r) \rightarrow B = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 / (2 \cdot \pi \cdot 0,1) = 4 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

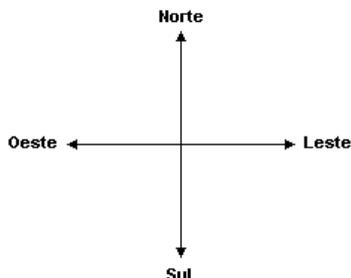
4: a) Polegar: intensidade de corrente elétrica. Indicador: direção e sentido do vetor campo magnético.

b) As linhas de indução magnética formadas por um fio infinito, transportando corrente elétrica, são círculos concêntricos ao fio.



c) O módulo do vetor campo magnético é diretamente proporcional à intensidade de corrente elétrica e inversamente proporcional à distância em que se encontra o fio.

5: a) Considerando a orientação a seguir:



Pela regra da mão direita, o vetor campo magnético é perpendicular ao plano do papel "saindo".

b) 16 m

6: O campo magnético formado pela superposição de N espiras é dado por:

$$B = N \cdot \frac{\mu \cdot i}{2R} \rightarrow N = \frac{B \cdot 2R}{\mu \cdot i}$$

Desta forma, pode-se escrever:

$$\frac{N_{\text{Terra}}}{N_{\text{aparelho}}} = \frac{B_{\text{Terra}} \cdot R_{\text{Terra}}}{B_{\text{aparelho}} \cdot R_{\text{aparelho}}} = \frac{(5 \cdot 10^{-5}) \cdot (6 \cdot 10^6)}{(3) \cdot (1)}$$

$$\frac{N_{\text{Terra}}}{N_{\text{aparelho}}} = 100$$

7: a) A carga que atravessa uma secção reta do acelerador em uma volta é:

$$\Delta Q = 2,0 \times 10^{14} \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ C.}$$

O tempo de uma volta é:

$$\Delta t = \frac{L}{C} = \frac{27 \times 10^3}{3 \times 10^8} = 9,0 \times 10^{-5} \text{ s}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{3,2 \times 10^{-5}}{9 \times 10^{-5}} \cong 0,36 \text{ A}$$

b) O raio do anel é:

$$L = 2\pi R \rightarrow R = \frac{L}{2\pi}$$

O campo magnético pedido é obtido pela expressão

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Portanto,

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0,36}{2 \times \frac{27 \times 10^3}{2\pi}} \cong 5 \times 10^{-11} \text{ T}$$

8: O campo magnético no interior do solenoide é dado por:

$$B = \frac{n}{L} \cdot \mu_0 \cdot i$$

Para ser possível calculá-lo, é necessário achar o valor da corrente que está circulando por ele. Para isto, é necessário utilizar os conhecimentos acerca de circuitos elétricos.

Foi dado que a resistência do solenoide (r) tem o valor de 85Ω e que existe uma outra resistência em série com ela de valor $R = 15 \Omega$. Assim, a resistência equivalente do circuito é:

$$R_{\text{eq}} = r + R$$

$$R_{\text{eq}} = 85 + 15$$

$$R_{\text{eq}} = 100 \Omega$$

Como o circuito é alimentado por uma fonte de tensão de 60 Volts, pela Primeira Lei de Ohm tem-se que:

$$i = \frac{U}{R}$$

$$i = \frac{60}{100}$$

$$i = 0,6 \text{ A}$$

Com o valor da corrente que circula no solenoide, podemos voltar à equação do campo magnético.

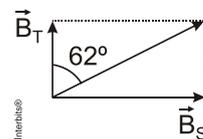
$$B = \frac{5000}{(8\pi \cdot 10^{-2})} \cdot (4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot 0,6$$

$$B = 0,015 \text{ T}$$

9: Dados: $N = 300$ espiras/m; $\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \text{ T.m/A}$; $i = 100 \text{ mA} = 0,1 \text{ A}$;

$\text{sen } 62^\circ = 0,88$, $\text{cos } 62^\circ = 0,47$ e $\text{tg } 62^\circ = 1,87$.

Pela regra da mão direita nº1, o vetor indução magnética no interior do solenoide é horizontal para direita. O vetor indução magnética terrestre é orientado para o norte. A figura ilustra esses vetores.



Dessa figura:

$$\text{tg } 62^\circ = \frac{B_S}{B_T} \Rightarrow B_T = \frac{B_S}{\text{tg } 62^\circ} = \frac{N \mu_0 i}{\text{tg } 62^\circ} = \frac{300 \times 1,26 \times 10^{-6} \times 0,1}{1,87}$$

$$B_T = 2 \times 10^{-5} \text{ T.}$$