

ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA C/PE DA CALHETA

Física e Química A – 11.º Ano

Ficha de trabalho de iniciação F2.2 – n.º 2

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____

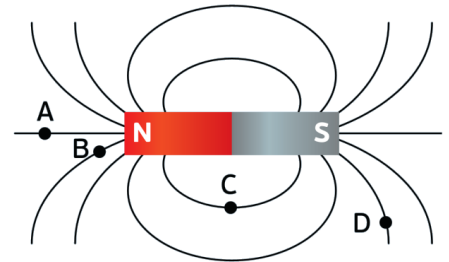
Unidade 2: Ondas e eletromagnetismo / 2.2: Eletromagnetismo

2.2.2. Campo magnético

2.2.3. Indução eletromagnética e produção industrial de energia elétrica

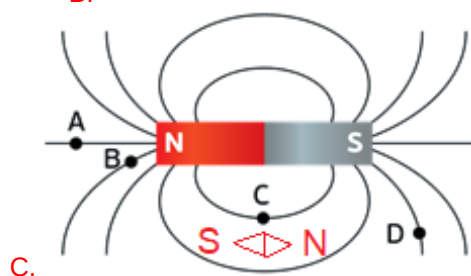
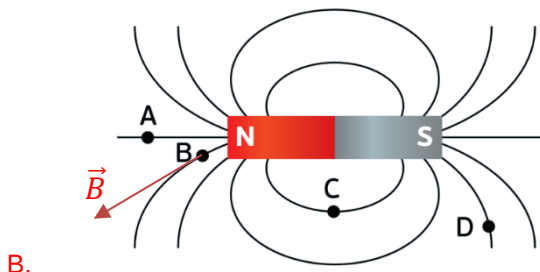
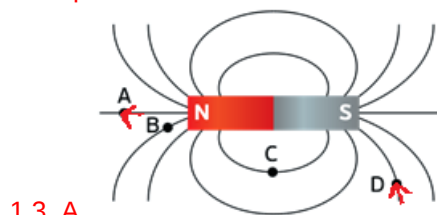
1. Considere a representação da região do espaço em torno de um ímã em forma de barra apresentada na figura ao lado.

- 1.1. Que linhas são apresentadas na figura em torno do ímã?
- 1.2. Em qual dos pontos representados na figura é maior a intensidade do campo magnético? Justifique a sua resposta.
- 1.3. Represente na figura:
 - (A) O sentido das linhas de campo magnético nos pontos A e D.
 - (B) Um vetor que possa traduzir o campo magnético no ponto B.
 - (C) A orientação de uma agulha magnética colocada no ponto C.



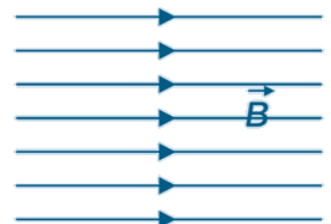
1.1. Na figura estão representadas as linhas de campo magnético em torno do ímã.

1.2. A intensidade do campo magnético é maior no ponto B pois é o local onde as linhas de campo se encontram mais próximas revelando uma maior densidade de linhas de campo magnético.



2. A figura ao lado representa as linhas de campo magnético numa determinada região do espaço.

- 2.1. Pela análise das linhas de campo o que se pode concluir sobre o campo magnético nessa região do espaço? Justifique a sua resposta.
- 2.2. Para que polo magnético estão a convergir as linhas de campo apresentadas?
- 2.3. Onde se pode encontrar um campo magnético semelhante ao apresentado na figura?



- 2.1. Uma vez que as linhas de campo magnético nessa região do espaço são paralelas e equidistantes entre si o campo magnético é uniforme.
- 2.2. As linhas de campo convergem para o polo sul.
- 2.3. Pode encontrar-se um campo magnético uniforme na região que medeia os polos num íman em forma de ferradura que seja bastante comprido.

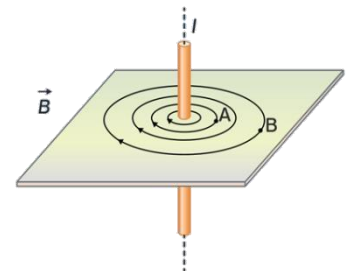
3. (Exame 2020 F2) Na figura, a agulha de uma bússola, cujo polo norte é a parte colorida, está imóvel sobre uma mesa. Qual dos esquemas representa a componente horizontal do campo magnético, B , na posição em que a bússola se encontra?



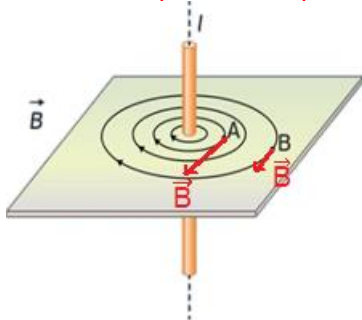
R: Posição (A). O norte da bússola magnética aponta sempre no sentido do campo magnético.

4. Considere a figura seguinte onde se apresenta um fio condutor atravessado por corrente elétrica e as linhas de campo magnético num plano perpendicular ao fio, que indicam o sentido do campo magnético criado.

- 4.1. Indique, justificando, em que sentido a corrente elétrica atravessa o fio.
- 4.2. Represente, na figura, dois vetores que possam traduzir o campo magnético nos pontos A e B.



- 4.1. De acordo com a regra da mão direita e atendendo ao sentido do campo magnético indicado pelas linhas de campo da figura, quando os dedos da mão fecham, o polegar aponta para baixo, logo a corrente elétrica atravessa o fio no sentido descendente.
- 4.2. O campo magnético é tangente à linha de campo nesse ponto, apresenta o sentido da linha de campo e uma intensidade que diminui, para a mesma corrente elétrica com a distância ao fio.

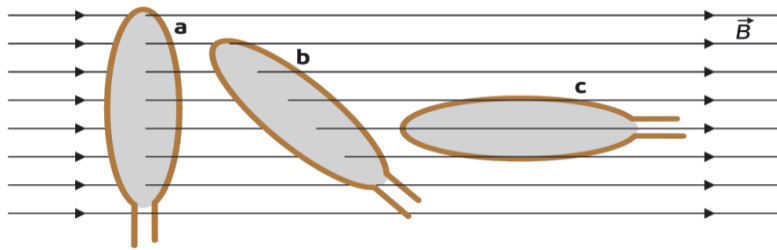


5. Foi no séc. XIX que Oersted descobriu que uma agulha magnética é desviada quando se aproxima um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica.
- 5.1. Apresente o motivo que torna esta descoberta aparentemente simples tão relevante sob o ponto de vista da física.
 - 5.2. Por que se diz que um solenoide pode substituir um íman natural?

5.1. Esta descoberta foi muito importante pois veio demonstrar que um fio condutor atravessado por corrente elétrica cria um campo magnético à sua volta, formando-se a primeira evidência experimental da ligação entre eletricidade e magnetismo.

5.2. Quando é atravessado por corrente elétrica o solenoide origina um campo magnético à sua volta idêntico ao criado por um íman natural em forma de barra podendo, portanto, ser usado em sua substituição.

6. Na figura abaixo encontram-se representadas três posições diferentes de uma mesma espira, com 5,0 cm de raio, numa região onde existe um campo magnético uniforme de intensidade $5,0 \times 10^{-3} \text{ T}$. O ângulo entre a direção normal ao plano da espira e o campo magnético $\vec{B}$ nas posições a, b e c são, respetivamente, 0° , 45° e 90° .



- 6.1. Indique, justificando, em qual das posições é maior o fluxo do campo magnético na espira.
 6.2. Calcule o fluxo magnético na espira quando esta se encontra na posição b.
 6.3. Determine a variação do fluxo do campo magnético na espira se esta passar da posição a para a posição c.

6. raio = $5,0 \text{ cm} = 0,050 \text{ m}$

$B = 5,0 \times 10^{-3} \text{ T}$ (uniforme)

$\alpha_A = 0^\circ \quad \alpha_B = 45^\circ \quad \alpha_C = 90^\circ$

6.1. Como a área de superfície delimitada pela espira e a intensidade do campo magnético são as mesmas para as três posições da espira o fluxo do campo magnético depende apenas da orientação da espira

$$\Phi_m = B.A. \cos \alpha$$

O fluxo será máximo quando a normal ao plano da espira e o campo magnético fazem um ângulo de 0° , ou seja, na posição a) dado que o $\cos 0^\circ = 1$ sendo o valor máximo possível para o cosseno.

6.2. $\Phi_m = B.A. \cos \alpha$

$$\Phi_m = 5,0 \times 10^{-3} \times \pi \times 0,05^2 \times \cos 45^\circ$$

$$\Phi_m = 0,000028 \text{ Wb} = 2,8 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

6.3. $\Phi_m(a) = B.A. \cos 0^\circ$

$$\Phi_m(a) = 5,0 \times 10^{-3} \times \pi \times 0,05^2 \times \cos 0^\circ = 3,9 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\Phi_m(c) = B.A. \cos 90^\circ = 0 \text{ Wb}$$

$$\Delta \Phi_m = \Phi_m(c) - \Phi_m(a)$$

$$\Delta \Phi_m = 0 - 3,9 \times 10^{-5} = -3,9 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

7. Uma espira que delimita uma área de 500 cm^2 encontra-se num local onde existe um campo magnético uniforme de intensidade $5,0 \times 10^{-3} \text{ T}$. Considere que a direção do campo magnético apresenta um ângulo de 30° em relação à direção normal ao plano da superfície da espira.

7.1. Determine o fluxo do campo magnético que atravessa a espira.

7.2. Qual seria o fluxo do campo magnético se, em vez de uma espira, existisse uma bobina com 200 espiras iguais à apresentada?

7.1.

$$A = 500 \text{ cm}^2 = 500 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$B = 5,0 \times 10^{-3} \text{ T} \text{ (uniforme)}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\Phi_m = B.A. \cos \alpha$$

$$\Phi_m = 5,0 \times 10^{-3} \times 500 \times 10^{-4} \times \cos 30^\circ$$

$$\Phi_m = 2,17 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

7.2. $\Phi_m = N \Phi_m(\text{espira})$

$$\Phi_m = 200 \times 2,17 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\Phi_m = 4,33 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

8. O fluxo de campo magnético através da superfície de uma espira é de $0,050 \text{ Wb}$. Calcule o raio da espira, sabendo que a intensidade do campo magnético onde está inserida é de 80 mT e que este faz com o plano da espira um ângulo de 30° .

O ângulo que o campo magnético, $\vec{B}$, faz com a normal do plano da espira é de $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

$$\Phi_m = B.A. \cos \alpha$$

$$0,050 = 80 \times 10^{-3} \times \pi \times r^2 \times \cos 60^\circ$$

$$r = \sqrt{\frac{0,050}{80 \times 10^{-3} \times \pi \times \cos(60^\circ)}} = 0,63 \text{ m}$$

9. O fluxo do campo magnético que atravessa cada espira de uma bobina de 80 espiras varia à taxa de $3,6 \times 10^{-1}$ Wb por minuto.

9.1. Calcule o módulo da força eletromotriz induzida no circuito.

9.2. Sabendo que a resistência do condutor é $0,50 \Omega$, calcule a corrente que se estabelece no circuito.

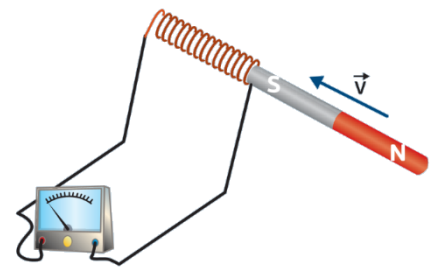
9.1.

$$|\varepsilon_i| = \frac{80 \times |\Delta\Phi_m|}{\Delta t} = \frac{80 \times 3,6 \times 10^{-1}}{60} = 0,48 \text{ V}$$

9.2. Pela expressão que traduz a lei de ohm:

$$U = R I \Leftrightarrow 0,48 = 0,50 \times I \Leftrightarrow I = 0,96 \text{ A}$$

10. De acordo com a Lei de Faraday é possível criar uma força eletromotriz induzida num circuito fazendo variar o fluxo do campo magnético. Ao movimentar um ímã no interior de uma bobina a intensidade do campo magnético no interior da bobina passou de $1,0 \times 10^{-3} \text{ T}$ para $5,0 \times 10^{-3} \text{ T}$. Considere que a bobina é formada por 1000 espiras com áreas de secção transversal de $1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$.



10.1. No caso apresentado, o que deu origem à força eletromotriz induzida na bobina?

10.2. Determine o módulo da força eletromotriz induzida na bobina considerando que o movimento do ímã demorou 0,50 s.

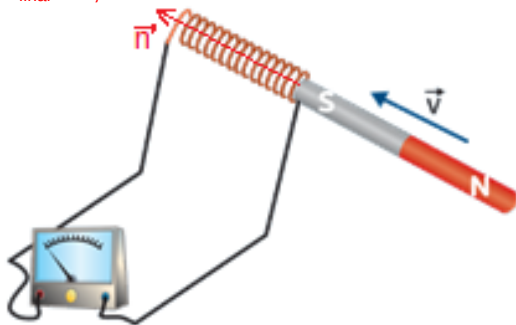
10.1. Nesta situação, o que deu origem à força eletromotriz induzida na bobina foi uma variação do fluxo do campo magnético provocada pelo movimento do ímã no interior da bobina.

10.2. $\Delta t = 0,50 \text{ s}$

$$A = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$B_{\text{inicial}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$B_{\text{final}} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ T}$$



$$\Phi_m (\text{inicial}) = B.A. \cos \alpha = 1,0 \times 10^{-3} \times 1,0 \times 10^{-3} \times \cos 0^\circ = 1 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

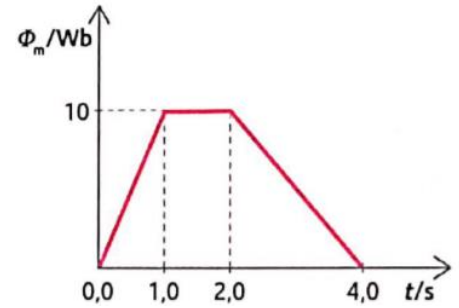
$$\Phi_m (\text{final}) = B.A. \cos \alpha = 5,0 \times 10^{-3} \times 1,0 \times 10^{-3} \times \cos 0^\circ = 5 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} = \frac{5 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-6}}{0,5} = 8 \times 10^{-6} \text{ V} \Rightarrow \text{para cada espira}$$

$$N = 1000 \text{ espiras}$$

$$|\varepsilon_i| = 1000 \times 8 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-3} \text{ V}$$

11. O fluxo de campo magnético que atravessa uma bobina na direção perpendicular ao plano das suas espiras varia com o tempo, como se indica no gráfico.



- 11.1. Em que intervalo(s) de tempo se induz na espira uma força eletromotriz?

- (A) [0,0; 1,0] s
(B) [1,0; 2,0] s
(C) [2,0; 4,0] s
(D) [0,0; 1,0] s e [2,0; 4,0] s

Nesses intervalos o fluxo magnético é variável ao longo do tempo.

- 11.2. Qual é o módulo da força eletromotriz induzida no intervalo de tempo em que tem maior valor?

- (A) 10 V
(B) 5,0 V
(C) 2,5 V
(D) 0,10 V

O declive da reta é maior no intervalo de tempo de 0,0 s a 1,0 s. Logo:

$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} = \frac{|10 - 0|}{1,0 - 0,0} = 10 \text{ V}$$

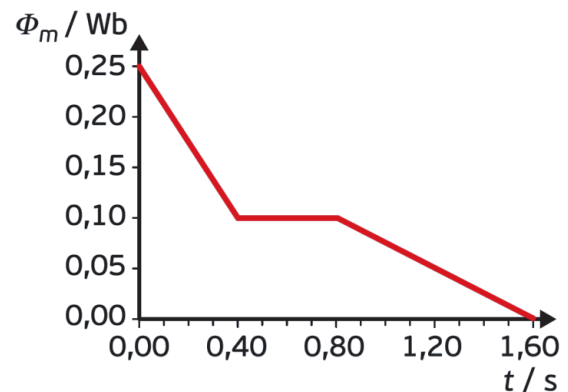
- 11.3. Supondo que a corrente que se estabelece entre 2,0 s e 4,0 s é 500 mA, qual é a potência disponibilizada ao circuito nesse intervalo de tempo?

- (A) 5,0 W
(B) 2,5 W
(C) 10 W
(D) 0,10 W

$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} = \frac{|0 - 10|}{4,0 - 2,0} = 5,0 \text{ V}$$

$$P = U I = 5,0 \times 0,500 = 2,5 \text{ W}$$

12. Na figura seguinte, encontra-se representada a variação do fluxo do campo magnético que atravessa uma determinada bobina, em função do tempo.



- 12.1. Indique, justificando, o intervalo de tempo em que é nula a força eletromotriz induzida na bobina.

- 12.2. Calcule o módulo da força eletromotriz induzida na bobina no intervalo de tempo [0,00; 0,40] s.

- 12.3. Compare os valores da força eletromotriz induzida na bobina nos intervalos de tempo [0,00; 0,40] s e [0,80; 1,60] s.

- 12.1 A força eletromotriz induzida na bobina é nula no intervalo de tempo [0,40; 0,80] s, uma vez que nesse intervalo não existe variação do fluxo do campo magnético.

- 12.2.

$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} = \frac{|0,10 - 0,25|}{0,40 - 0} = 0,375 \text{ V}$$

- 12.3.

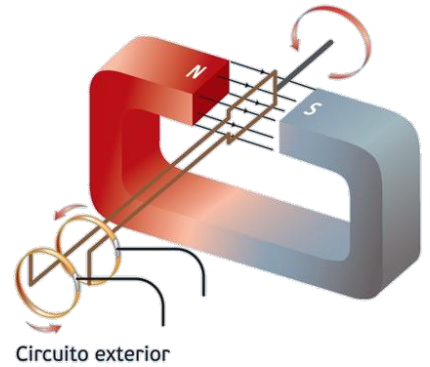
$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} = \frac{|0 - 0,10|}{1,60 - 0,80} = 0,125 \text{ V}$$

$$\frac{|\varepsilon_{i [0,0;0,40]}|}{|\varepsilon_{i [0,80;1,60]}|} = \frac{0,375}{0,125} = 3$$

Logo de [0; 0,40] s a força eletromotriz induzida é o triplo da $\varepsilon_{i [0,80;1,60]} \text{ s}$

A força eletromotriz induzida será tanto maior quanto maior a taxa de variação temporal do fluxo do campo magnético. Assim, o valor da força eletromotriz será superior no intervalo de tempo [0,0; 0,4] s, onde o declive da curva do gráfico é superior.

13. De acordo com a Lei de Faraday é possível criar uma força eletromotriz induzida num circuito fazendo variar o fluxo do campo magnético. A figura ao lado representa, de modo simplificado, o mecanismo que conduz à indução eletromagnética associado à produção de energia elétrica nas centrais elétricas. Considere que se trata de uma bobina constituída por 500 espiras com áreas de secção transversal de $2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ num campo magnético uniforme.



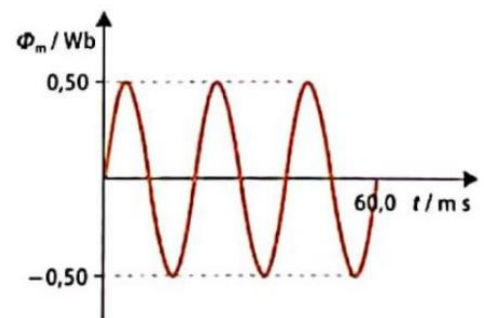
- 13.1. Com base na figura, elabore um pequeno texto onde explique a origem da corrente elétrica no circuito exterior.
- 13.2. Que tipo de corrente é criada durante a produção de energia elétrica nas centrais elétricas?
- 13.3. Se o número de espiras da bobina duplicasse, o que aconteceria ao valor da força eletromotriz induzida na bobina em cada instante?

13.1. O movimento de rotação do eixo conduz à rotação da bobina que provoca a variação do ângulo entre a normal ao plano da superfície das espiras e o campo magnético com esta rotação, o fluxo do campo magnético irá variar continuamente entre um valor nulo e um valor máximo (em módulo), variação essa que induz uma força eletromotriz nos terminais da bobina que varia periodicamente ao longo do tempo. Assim ligando-se os terminais da bobina a um circuito exterior fechado, obtém-se uma corrente elétrica alternada nesse circuito.

13.2. Corrente alternada, uma vez que a força eletromotriz induzida varia de forma sinusoidal com o tempo.

13.3. o valor da força eletromotriz induzida duplicaria, pois é diretamente proporcional ao número de espiras.

14. O fluxo magnético que atravessa uma espira que roda no interior de um campo magnético uniforme é dado pelo gráfico da figura.



- 14.1. Que tipo de corrente é induzida na espira?
- 14.2. Que tipo de movimento descreve a espira?
- 14.3. Qual é o período de rotação da espira?
- 14.4. Sabendo que a área da superfície da espira tem $0,10 \text{ m}^2$, determine a intensidade deste campo magnético.
- 14.5. Calcule o módulo da f.e.m. máxima na espira.

14.1. Corrente alternada.

14.2. Movimento circular uniforme.

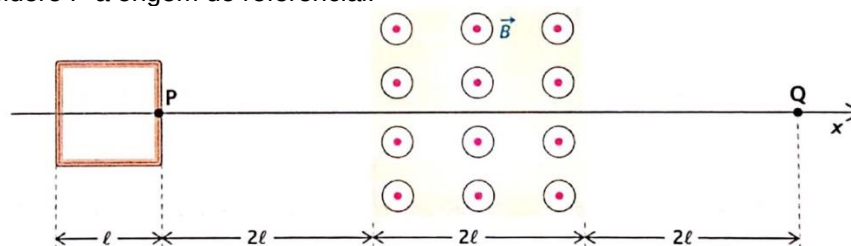
14.3. $60,0 \text{ ms} = 3 \text{ T} \Leftrightarrow T = 20 \text{ ms}$

14.4. $\Phi_m = B A \cos 0^\circ \Leftrightarrow 0,50 = B \times 0,10 \times \cos 0^\circ \Leftrightarrow B = 5,0 \text{ T}$

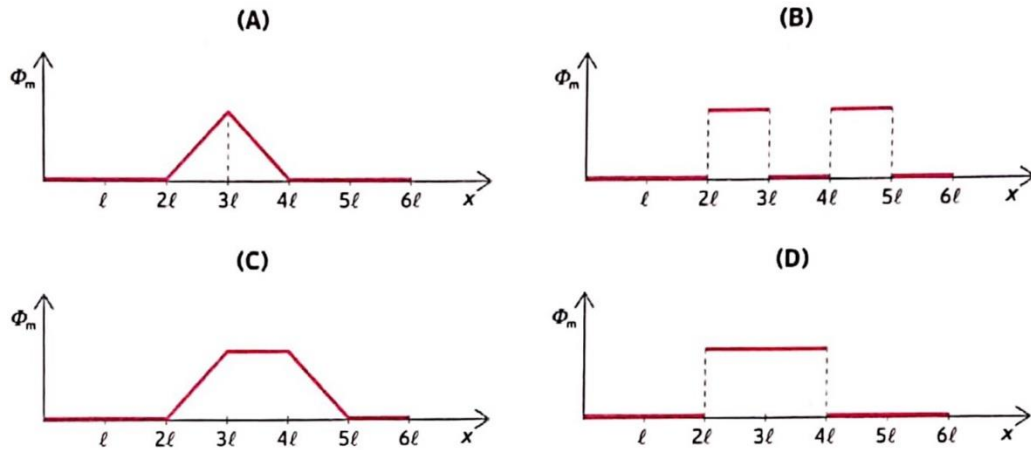
14.5. Nota: O fluxo varia de máximo para nulo em $\frac{1}{4} T$.

$$|\mathcal{E}_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} = \frac{|0,50 - 0|}{T/4} = \frac{|0,50 - 0|}{5 \times 10^{-3}} = 100 \text{ V}$$

15. Uma espira quadrangular com lado ℓ move-se com velocidade constante na direção horizontal de P para Q. Numa parte da trajetória, a espira atravessa uma região onde existe um campo magnético uniforme perpendicular ao seu plano. Considere P a origem do referencial.

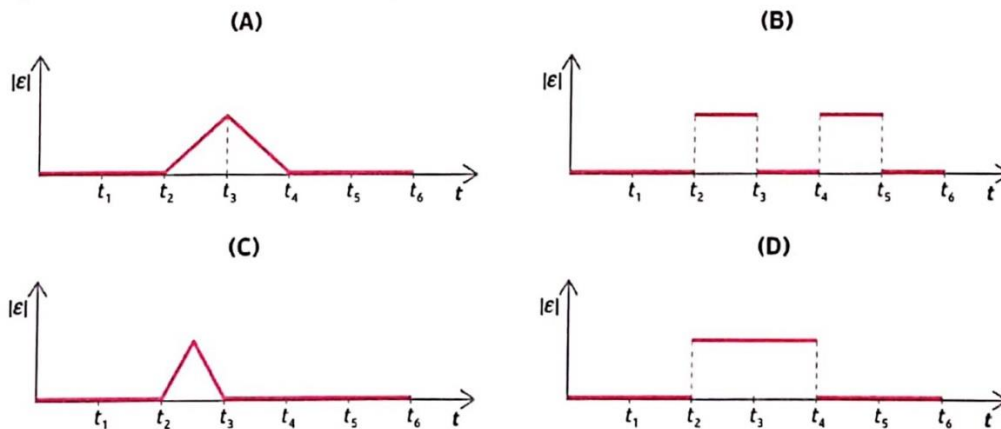


- 15.1. Qual dos gráficos pode traduzir o fluxo magnético que atravessa a espira em função de x ?



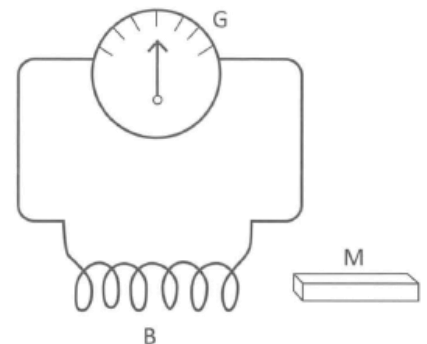
R: (C). Quando a espira se encontra totalmente no interior da região onde existe campo magnético, o fluxo é constante. O fluxo só varia na entrada e saída da região do campo magnético. Fora desta região o fluxo magnético é nulo.

- 15.2. Qual dos gráficos pode traduzir o módulo da força eletromotriz induzida na espira no intervalo de tempo em que se deslocou entre P e Q?



R: (B). Só há força eletromotriz induzida quando o fluxo magnético varia (entrada e saída da espira da região onde existe o campo magnético).

16. (Exame 2014 F1) Em 1831, Michael Faraday {1791-1867}, um dos mais extraordinários homens do século XIX, descobriu a indução eletromagnética. Este fenómeno, na sua impressionante simplicidade, pode ser observado com uma montagem semelhante à representada na figura: liga-se um galvanómetro G (aparelho que indica a passagem de corrente elétrica) a uma bobina B (fio condutor enrolado em espiral) e introduz-se, ao longo dessa bobina, uma barra magnetizada M. Imediatamente a agulha do galvanómetro se desloca, provando, assim, que o fio é percorrido por uma corrente elétrica, embora na montagem não exista nem pilha, nem gerador de qualquer espécie. O simples movimento da barra magnetizada dá origem à corrente elétrica. Só existe corrente elétrica no fio enquanto a barra se move. Se a barra parar, a agulha do galvanómetro regressa imediatamente a zero.



- 16.1. A partir da experiência descrita no texto, conclui-se que:

- (A) um campo elétrico origina sempre um campo magnético.
- (B) um campo magnético origina sempre uma corrente elétrica.
- (C) uma corrente elétrica pode originar um campo magnético.
- (D) uma barra magnetizada em movimento pode originar uma corrente elétrica.

- 16.2. Na experiência descrita no texto, enquanto a barra magnetizada M estiver parada em relação à bobina B, a agulha do galvanómetro G estará no zero, porque, nesse intervalo de tempo,
- (A) a força eletromotriz induzida nos terminais da bobina é elevada.
 - (B) o campo magnético criado pela barra magnetizada é uniforme.

(C) o fluxo magnético através da bobina é pequeno.

(D) a variação do fluxo magnético através da bobina é nula.

16.3. Numa experiência semelhante à descrita no texto, o módulo da força eletromotriz induzida nos terminais da bobina será tanto maior quanto:

(A) menor for o número de espiras da bobina e menor for a área de cada espira.

(B) menor for a área de cada espira da bobina e mais rápido for o movimento da barra magnetizada.

(C) maior for o número de espiras da bobina e mais rápido for o movimento da barra magnetizada.

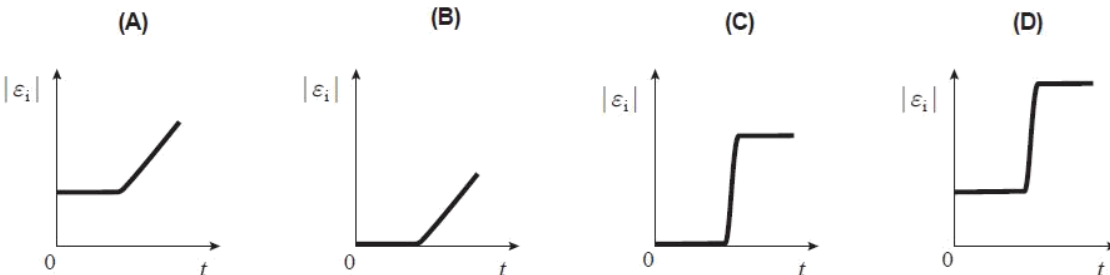
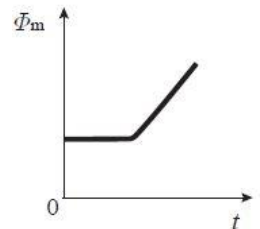
(D) maior for o número de espiras da bobina e menor for a área de cada espira.

16.4. Qual é o nome da unidade do Sistema Internacional em que se exprime a força eletromotriz?

Volt

17. (TI 04/2012) A figura representa o esboço do gráfico do fluxo magnético, Φ_m , em função do tempo, t , devido ao movimento relativo de uma espira metálica imersa num campo magnético uniforme.

Qual é o esboço do gráfico que pode representar o módulo da força eletromotriz induzida, $|\varepsilon_i|$, na espira, em função do tempo, t ?



Opção C. O esboço do gráfico do fluxo magnético em função do tempo mostra que, num primeiro intervalo de tempo, Φ_m se mantém constante, pelo que $\Delta\Phi_m = 0$ e, consequentemente, $|\varepsilon_i| = 0$. O esboço mostra ainda que, num segundo intervalo de tempo, Φ_m aumenta linearmente com o tempo, o que determina que o módulo da força eletromotriz induzida seja constante e não nulo.

18. Os transformadores são dispositivos fundamentais para o funcionamento dos sistemas elétricos, permitindo a alteração dos níveis de tensão e assegurando a eficiência na transmissão de energia.

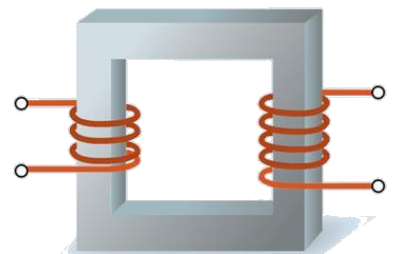
18.1. Qual das seguintes afirmações sobre transformadores está correta?

(A) Transformadores funcionam com corrente contínua (CC) ou corrente alternada (CA).

(B) Transformadores criam energia elétrica a partir de energia magnética.

(C) A tensão no secundário de um transformador depende diretamente do número de espiras do enrolamento e da variação do fluxo magnético.

(D) Transformadores não dependem da variação do fluxo magnético.



Opção C. A tensão no secundário de um transformador é dada pela Lei de Faraday, que estabelece que a força eletromotriz induzida é proporcional à variação do fluxo magnético e ao número de espiras do enrolamento. Assim, quanto maior o número de espiras no secundário e a variação do fluxo magnético, maior será a tensão induzida. Este é o princípio fundamental do funcionamento dos transformadores.

18.2. Por que os transformadores precisam de corrente alternada para funcionar?

(A) Porque a corrente alternada é mais eficiente nos condutores.

(B) Porque a variação da corrente alternada gera um fluxo magnético variável, necessário para induzir tensão no enrolamento secundário.

(C) Porque a corrente contínua danifica os enrolamentos do transformador.

(D) Porque a corrente alternada reduz as perdas térmicas no núcleo do transformador.

Opção B. Os transformadores dependem da variação do fluxo magnético para induzir tensão no enrolamento secundário. A corrente alternada (CA) é essencial porque varia continuamente em intensidade e direção, gerando o fluxo magnético variável necessário para o funcionamento do transformador.

19. As placas de fogão por indução utilizam campos magnéticos para:

(A) transferir calor diretamente para o alimento.

(B) produzir radiação térmica para aquecer os alimentos.

(C) funcionar apenas com materiais isolantes.

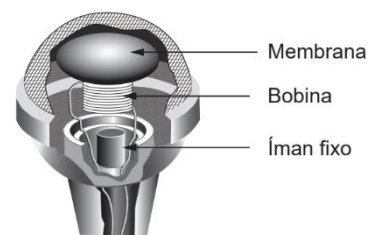
(D) induzir correntes elétricas no recipiente, aquecendo-o.

Opção D. As placas de fogão por indução utilizam um campo magnético alternado para induzir correntes elétricas (correntes de Foucault) no recipiente de cozinhar. Estas correntes geram calor devido à resistência do material do recipiente, aquecendo-o diretamente.

20. (Exame 2019 EE) A Figura representa um microfone de indução. Este microfone é constituído, essencialmente, por uma membrana e por uma bobina ligadas entre si e, ainda, por um íman fixo colocado na proximidade da bobina.

Explique como é que um sinal sonoro é convertido num sinal elétrico, neste tipo de microfones.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a explicação solicitada.



A resposta deve apresentar os seguintes tópicos:

- A oscilação da membrana, provocada por um sinal sonoro, origina um movimento oscilatório da bobina.
- O movimento da bobina ocorre num campo magnético (ou ocorre na proximidade de um íman fixo), pelo que haverá uma variação do fluxo magnético que atravessa as superfícies delimitadas pelas espiras da bobina.
- A variação do fluxo magnético origina uma força eletromotriz induzida nos terminais da bobina e, conseqüentemente, uma corrente elétrica induzida na bobina.