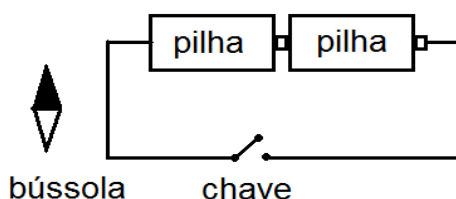


Indução eletromagnética

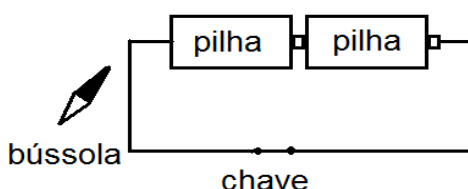
Resumo

O físico Hans Christian Oersted demonstrou experimentalmente, em 1820, que um fio condutor com corrente elétrica criava um campo magnético a sua volta que provocava o desvio em uma bússola colocada em sua proximidade. Foi um grande passo para mostrar que fenômenos elétricos e magnéticos estavam ligados.

A experiência de Oersted:



Ao fechar a chave, a bússola muda de posição.



A importância dessa experiência é mostrar que cargas elétricas em movimento provocam campo magnético nas proximidades do espaço em volta desse movimento.

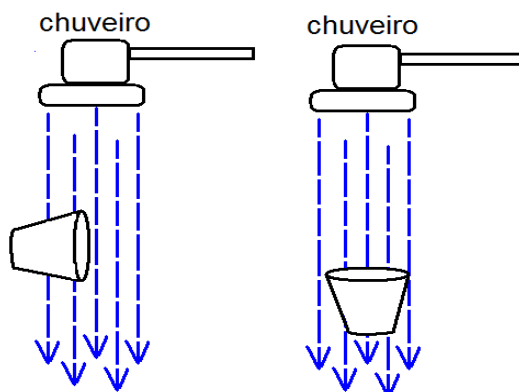
Cerca de 12 anos depois o físico Michael Faraday conseguiu provar o caminho inverso, isto é, campos magnéticos variáveis produzem corrente elétrica. Esse princípio é chamado de indução eletromagnética e é o princípio de funcionamento do gerador mecânico de energia elétrica.

Para se conseguir corrente elétrica é preciso variar o campo magnético em uma região delimitada por fios condutores.

Imagine a seguinte situação:

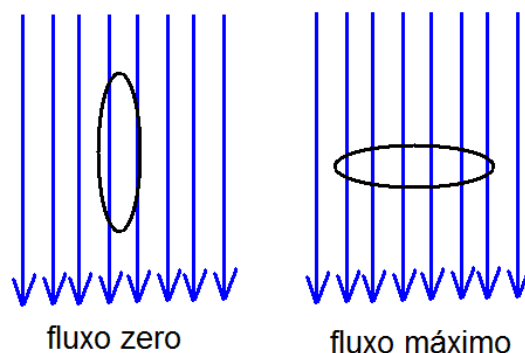
Um copo colocado embaixo de um chuveiro.

Coloca-se o copo primeiro de lado e depois vai virando-se o copo até ficar direito.



É fácil perceber que na primeira situação não vai entrar água no copo, enquanto que na segunda situação teremos muita água entrando no copo. Podemos dizer que o fluxo de água pela área de entrada do copo é zero na primeira situação e máximo na segunda. Assim, à medida que o copo vai sendo girado o fluxo vai aumentando.

Para o fluxo magnético a analogia é igual. No lugar da água, pense em um campo magnético uniforme de módulo B . No lugar do copo pense em um aro circular de área A .



Isso quer dizer que se modificando a posição do aro (espira), teremos um fluxo magnético (ϕ) através da área A que será dado por

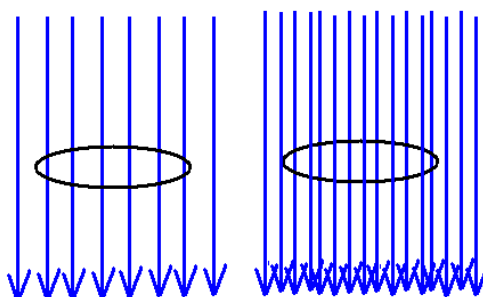
$$\phi = BA \cos \theta$$

$$\phi = BA \text{ (na situação de máximo fluxo)}$$

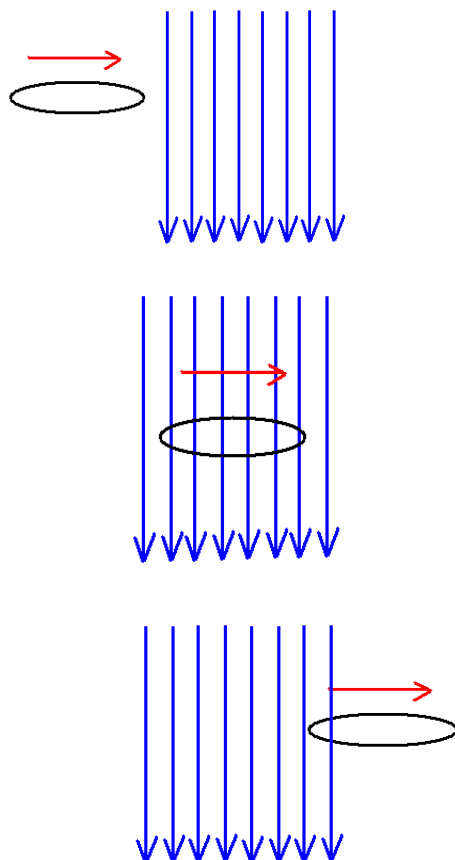
É importante perceber que aparecerá uma corrente elétrica induzida na espira devido a essa variação do campo magnético.

Há outras formas de produzir essa variação e criar corrente elétrica.

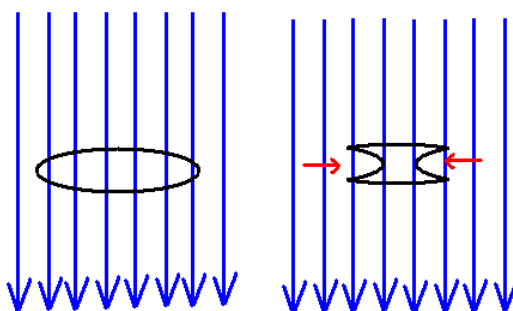
- Modificando o campo magnético. Por exemplo aumentando o número de linhas de campo.



- Movimentar a espira através do campo.



- Pela variação na área. Por exemplo, modificando a área da espira.



Para calcular o módulo da força eletromotriz induzida (ε) por essas variações devemos dividir a variação do fluxo pelo intervalo de tempo dessa variação.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$
$$|\varepsilon| = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

(Lei de Faraday-Neumann)

Obs.: O sinal negativo aparece na fórmula anterior porque a corrente induzida aparece no sentido que produz um fluxo contrário à variação do fluxo indutor. É a chamada Lei de Lenz.

Dica: É importante perceber que:

- cargas elétricas em movimento produzem campo magnético;
- campos magnéticos variáveis podem produzir corrente elétrica.

Os transformadores de tensão, chamados normalmente de transformadores, são dispositivos capazes de aumentar ou reduzir valores de tensão.

Um transformador é constituído por um núcleo, feito de um material altamente imantável, e duas bobinas com número diferente de espiras isoladas entre si, chamadas primário (bobina que recebe a tensão da rede) e secundário (bobina em que sai a tensão transformada).

O seu funcionamento é baseado na criação de uma corrente induzida no secundário, a partir da variação de fluxo gerada pelo primário.

A tensão de entrada e de saída são proporcionais ao número de espiras em cada bobina. Sendo:

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

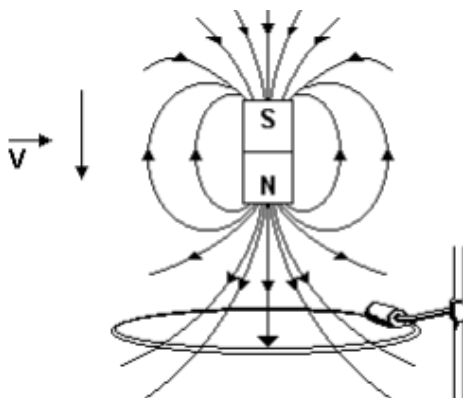
Onde:

- U_P é a tensão no primário;
- U_S é a tensão no secundário;
- N_P é o número de espiras do primário;
- N_S é o número de espiras do secundário.

Quer assistir um QGD e pegar um mapa mental sobre o assunto? Só clicar [aqui](#)

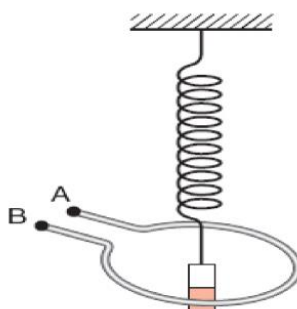
Exercícios

1. Um ímã permanente cai por ação da gravidade através de uma espira condutora circular fixa, mantida na posição horizontal, como mostra a figura. O polo norte do ímã está dirigido para baixo e a trajetória do ímã é vertical e passa pelo centro da espira.



Use a lei de Faraday e diga o sentido da corrente induzida na espira no momento ilustrado na figura e a direção e o sentido da força resultante exercida sobre o ímã, respectivamente.

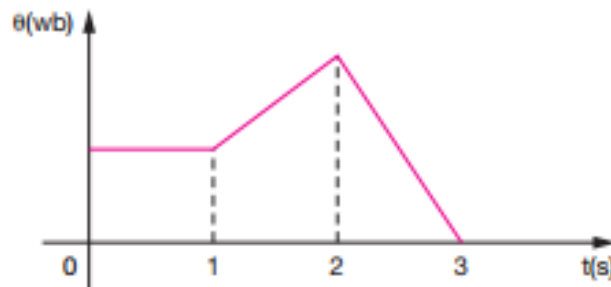
- a) Anti-horário; Vertical para cima.
 - b) Anti-horário; Vertical para baixo.
 - c) Horário; Vertical para cima.
 - d) Horário; Vertical para baixo.
2. Um pequeno corpo imantado está preso à extremidade de uma mola e oscila verticalmente na região central de uma bobina cujos terminais A e B estão abertos, conforme indica a figura.



Devido à oscilação do ímã, aparece entre os terminais A e B da bobina:

- a) Uma corrente elétrica constante
- b) Uma corrente elétrica variável
- c) Uma tensão elétrica constante
- d) Uma tensão elétrica variável
- e) Uma tensão e uma corrente elétrica, ambas constantes

3. Uma espira circular está imersa em um campo magnético. O gráfico representa o fluxo magnético através da espira em função do tempo.



O intervalo de tempo em que aparece na espira uma corrente elétrica induzida é de:

- a) 0 a 1 s, somente
 - b) 0 a 3 s
 - c) 1 s a 2 s, somente
 - d) 1 s a 3 s, somente
 - e) 2 s a 3 s, somente
4. (Enem 2011) O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:
- Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante.
- Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon
- a) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
 - b) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
 - c) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente.
 - d) induz correntes elétricas na bobina mais intensas que a capacidade do captador.
 - e) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

5. (Enem 2ª aplicação 2010) Os dinamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- a) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
 - b) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - c) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
 - d) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
 - e) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.
6. (Enem 2018) A tecnologia de comunicação da etiqueta RFID (chamada de etiqueta inteligente) é usada há anos para rastrear gado, vagões de trem, bagagem aérea e carros nos pedágios. Um modelo mais barato dessas etiquetas pode funcionar sem baterias e é constituído por três componentes: um microprocessador de silício; uma bobina de metal, feita de cobre ou de alumínio, que é enrolada em um padrão circular; e um encapsulador, que é um material de vidro ou polímero envolvendo o microprocessador e a bobina. Na presença de um campo de radiofrequência gerado pelo leitor, a etiqueta transmite sinais. A distância de leitura é determinada pelo tamanho da bobina e pela potência da onda de rádio emitida pelo leitor.

Disponível em: <http://eleletronicos.hsw.uol.com.br>. Acesso em: 27 fev. 2012 (adaptado).

A etiqueta funciona sem pilhas porque o campo

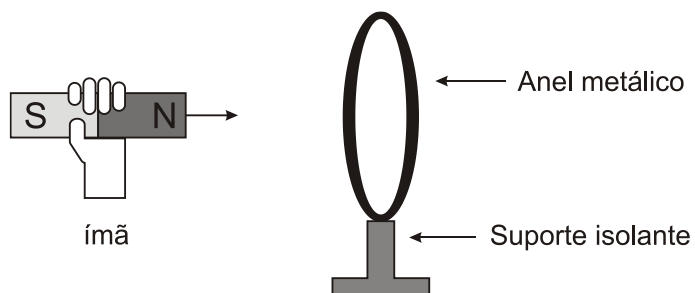
- a) elétrico da onda de rádio agita elétrons da bobina.
- b) elétrico da onda de rádio cria uma tensão na bobina.
- c) magnético da onda de rádio induz corrente na bobina.
- d) magnético da onda de rádio aquece os fios da bobina.
- e) magnético da onda de rádio diminui a ressonância no interior da bobina.

7. (Enem 2ª aplicação 2010) Há vários tipos de tratamentos de doenças cerebrais que requerem a estimulação de partes do cérebro por correntes elétricas. Os eletrodos são introduzidos no cérebro para gerar pequenas correntes em áreas específicas. Para se eliminar a necessidade de introduzir eletrodos no cérebro, uma alternativa é usar bobinas que, colocadas fora da cabeça, sejam capazes de induzir correntes elétricas no tecido cerebral.

Para que o tratamento de patologias cerebrais com bobinas seja realizado satisfatoriamente, é necessário que

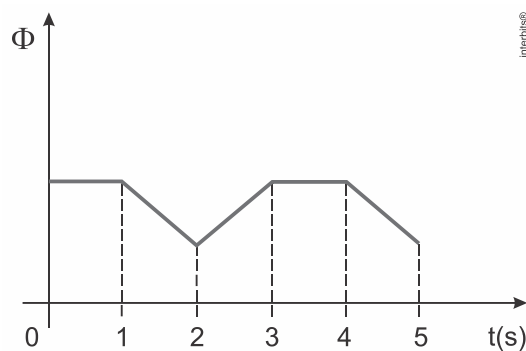
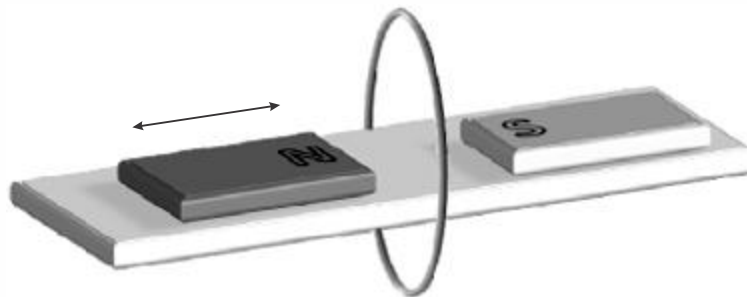
- a) haja um grande número de espiras nas bobinas, o que diminui a voltagem induzida.
 - b) o campo magnético criado pelas bobinas seja constante, de forma a haver indução eletromagnética.
 - c) se observe que a intensidade das correntes induzidas depende da intensidade da corrente nas bobinas.
 - d) a corrente nas bobinas seja contínua, para que o campo magnético possa ser de grande intensidade.
 - e) o campo magnético dirija a corrente elétrica das bobinas para dentro do cérebro do paciente.
8. (Upf 2018) A indução eletromagnética é um fenômeno que se encontra presente em diversos equipamentos que utilizamos cotidianamente. Ela é utilizada para gerar energia elétrica e seu princípio físico consiste no aparecimento de uma força eletromotriz entre os extremos de um fio condutor. Para que essa força eletromotriz surja, é necessário haver variação de
- a) campo elétrico.
 - b) resistência elétrica.
 - c) capacitância elétrica.
 - d) temperatura.
 - e) fluxo magnético.

9. (Fuvest 2010) Aproxima-se um ímã de um anel metálico fixo em um suporte isolante, como mostra a figura. O movimento do ímã, em direção ao anel,



- a) não causa efeitos no anel.
- b) produz corrente alternada no anel.
- c) faz com que o polo sul do ímã vire polo norte e vice versa.
- d) produz corrente elétrica no anel, causando uma força de atração entre anel e ímã.
- e) produz corrente elétrica no anel, causando uma força de repulsão entre anel e ímã.

10. (Ufjf-pism 3 2015) Uma espira circular está imersa em um campo magnético criado por dois ímãs, conforme a figura abaixo. Um dos ímãs pode deslizar livremente sobre uma mesa que não interfere no campo gerado. O gráfico da figura, a seguir, representa o fluxo magnético através da espira em função do tempo.



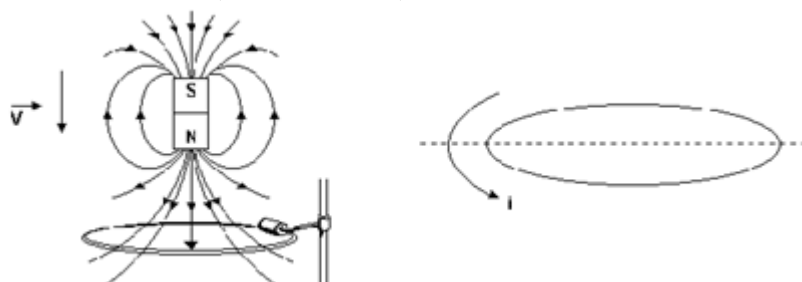
O intervalo de tempo em que aparece na espira uma corrente elétrica induzida é de:

- a) 0 a 1 s, somente.
- b) 0 a 1 s e de 3 a 4 s.
- c) 1 a 3 s e de 4 a 5 s.
- d) 1 a 2 s e de 4 a 5 s.
- e) 2 a 3 s somente.

Gabarito

1. B

Como o ímã está caindo em direção à espira, o número de linhas de campo magnético que atravessa a área definida pela espira está aumentando, o que faz surgir uma corrente induzida na espira. O sentido da corrente é tal que esta gera um campo magnético que se opõe à variação da densidade de linhas de campo magnético (veja o desenho)



O campo gerado pela corrente induzida na espira comporta-se como um ímã cujo polo norte está dirigido para cima tendendo a repelir verticalmente o ímã. Portanto, a força resultante é vertical para baixo e tem módulo menor que o peso do ímã.

2. D

Devido ao movimento do ímã haverá uma variação de fluxo magnético que irá originar uma fem induzida variável no decorrer do tempo. Como os terminais a e b da bobina estão em aberto, a corrente elétrica será nula, mas entre estes haverá uma tensão variável.

3. D

Para que exista uma corrente induzida é necessário uma fem induzida. Pela lei de Faraday, temos:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Ou seja, é necessário uma variação de fluxo para que exista uma fem induzida. O intervalo de tempo durante o qual há variação de fluxo é de $t = 1\text{ s}$ até $t = 3\text{ s}$.

4. C

De acordo com o enunciado: **"O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra..."**. Trocando-se as cordas de aço (material ferromagnético) por cordas de nylon, o efeito de magnetização torna-se muito fraco, desprezível, não enviando sinais ao amplificador.

5. E

De acordo com a lei de Faraday-Neumann, a corrente elétrica induzida num circuito fechado ocorre quando há variação do fluxo magnético através do circuito.

6. C

De acordo com a Lei de Faraday, uma corrente elétrica é induzida na bobina quando há variação do fluxo do campo magnético.

7. C

A intensidade da corrente induzida depende da variação do fluxo magnético gerado pela corrente na bobina: quanto mais intensa for a corrente na bobina, maior será a intensidade da corrente induzida no cérebro.

8. E

Para haver indução eletromagnética é necessária que haja variação do **fluxo magnético** que atravessa os condutores por movimento relativo entre ímã e enrolamento elétrico.

9. E

A aproximação do ímã provoca variação do fluxo magnético através do anel. De acordo com a Lei de Lenz, sempre que há variação do fluxo magnético, surge no anel uma corrente induzida. Essa corrente é num sentido tal que produz no anel uma polaridade que tende a ANULAR a causa que lhe deu origem, no caso, o movimento do ímã. Como está sendo aproximado o polo norte, surgirá na face do anel frontal ao ímã, também um polo norte, gerando uma força de repulsão entre eles.

10. C

Só há o surgimento de corrente induzida na espira quando houver variação no fluxo magnético, isto é, durante os intervalos de 1 a 3 s e de 4 a 5 s.