

Mecânica e Campo Eletromagnético

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Ano letivo 2021/2022

TRABALHO 2.1: LEI DA INDUÇÃO DE FARADAY

Objetivos

- Compreender, de uma perspetiva experimental, a lei da indução de Faraday.
- Identificar os parâmetros que afetam a aplicação da lei de indução de Faraday.
- Investigar a relação entre as variações no fluxo magnético e a força eletromotriz induzida.

1. INTRODUÇÃO

Existem vários dispositivos modernos cujo funcionamento se baseia em indução eletromagnética. A lei de indução de Faraday foi formulada em 1831 e descreve a forma como um campo magnético induz a criação de uma força eletromotriz (f.e.m.). As aplicações desta lei incluem:

- Geradores
- Comboios de levitação
- Placas de indução nas cozinhas
- Captadores de guitarra elétrica
- Estações de transmissão de energia sem fios usadas para carregar dispositivos móveis.

A lei da indução de Faraday estabelece que uma alteração no ambiente magnético de uma bobina induz uma f.e.m., representada por ε :

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

em que N é o número de espiras da bobina e Φ é o fluxo magnético que passa através da bobina. Para escalas de tempo pequenas, $d\Phi/dt$ pode ser aproximado a $\Delta\Phi/\Delta t$.

O fluxo magnético depende da área da bobina A , da intensidade do campo magnético B , e do ângulo θ formado entre as linhas de força do campo magnético e o vetor normal (90°) ao plano da bobina. No caso de o campo magnético ser constante,

$$\Phi = B A \cos \theta \quad (2)$$

Qualquer alteração na intensidade do campo magnético, na área da bobina, ou no ângulo resulta numa f.e.m. induzida que pode ser medida com um galvanómetro e usado para demonstrar os princípios da indução (Figura 1).

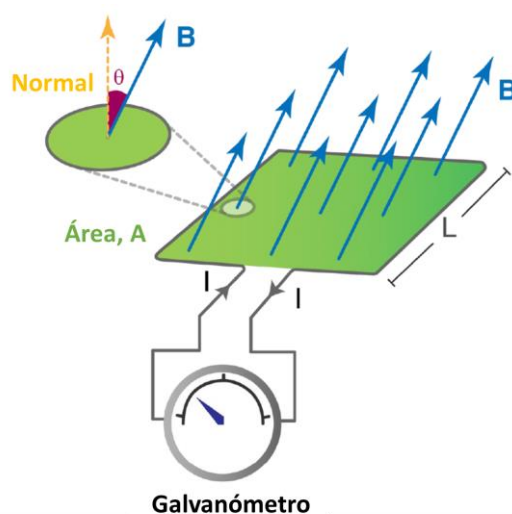


Figura 1. Circuito elétrico com um galvanómetro e uma bobina quadrada, sob um campo magnético com intensidade B e direção.

MAGNETE EM QUEDA LIVRE

A relação entre a f.e.m. induzida e a taxa de variação do fluxo magnético, indicada pela variação da velocidade do magnete através de uma bobina pode ser observada. Se houver vácuo dentro do solenóide, então a permissividade é a do espaço livre, $\mu = \mu_0$. Esta equação mostra que a tensão induzida num circuito fechado depende da velocidade com que o fluxo magnético varia no circuito. A lei de Lenz requer que uma corrente seja produzida no solenóide para criar um fluxo magnético que se opõe à mudança no fluxo magnético produzido pelo magnete em queda. Assim, um campo magnético oposto ao do magnete em barra é produzido conforme este se aproxima do solenóide. À medida que o magnete vai passando pelo solenóide, o campo magnético no solenóide segue na mesma direção que o do magnete, levando a que o magnete descendente sofra efeito de outras forças além da gravidade. No entanto, a massa peso do magnete é muito maior do que as forças magnéticas e aproximamo-nos de um movimento em

queda livre. A velocidade do centro da barra magnética que é largada do repouso conforme ele passa pelo centro do solenóide é, então, dada por:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

onde g é a aceleração da gravidade e h é a distância do centro do magnete ao centro do solenóide no instante em que o magnete é largado a partir da situação de repouso.

A utilização de um LED conectado ao solenóide (Figura 2) pode dar uma indicação de f.e.m. induzida resultante da variação de fluxo magnético, mas não fornece dados quantitativos.

Podem ser obtidos dados adicionais através da equação:

$$\Phi(t) = B_{max} A e^{\left(-\frac{(y(t)-y_0)^2}{\sigma}\right)} \quad (4)$$

onde y representa a coordenada do magnete, y_0 é a coordenada do centro do solenóide, B_{max} é o valor máximo da intensidade do campo magnético, e σ é um parâmetro que descreve o decaimento da intensidade do campo magnético.

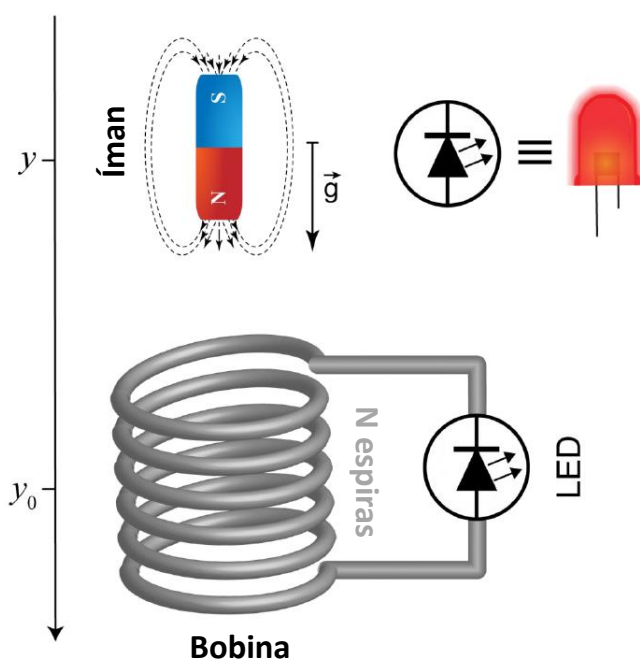


Figura 2. Representação da experiência com magnete em queda livre utilizando um LED.

2. PREPARAÇÃO DO TRABALHO¹

- Como espera que o fluxo magnético varie à medida que o magnete se aproxima do centro da bobina?
- O que espera que aconteça à f.e.m. induzida à medida que o magnete passa pelo centro da bobina?
- Espera que a curva da f.e.m. induzida seja simétrica antes e depois da passagem pelo centro da bobina? Elabore um esboço da curva em função da distância ao centro da bobina.
- No caso da Figura 2, considera que o facto de utilizar LEDs com emissão de diferentes cores terá alguma influência no resultado da experiência? Se sim, qual?

3. NORMAS DE SEGURANÇA



- Não se aproxime dos magnetes se estiver a utilizar quaisquer dispositivos médicos eletrónicos cirurgicamente implantados como, por exemplo, *pacemakers* cardíacos ou outros implantes metálicos.
- Caso sejam acidentalmente ingeridos, os magnetes podem causar situações potencialmente fatais. Poderá ser necessário realizar cirurgia abdominal se um magnete ingerido permanecer no corpo.
- Caso os magnetes sofram um impacto devido à união entre ambos ou a outros objetos, os magnetes ou o revestimento da superfície podem lascar ou soltar-se.
- Se os magnetes se unirem, poderá não ser possível separá-los, dependendo da sua forma.
- Pode ser perigoso se um magnete for negligentemente colocado em alguns locais, pois os magnetes ou metais que se encontrem nas proximidades poderão ser fortemente atraídos.



¹ Se tiver dúvidas consulte o docente.

- Mantenha ímãs afastados de telemóveis e relógios analógicos, assim como suportes de gravação magnética como, por exemplo, cartões magnéticos e fitas magnéticas, pois poderão causar danos nos dados gravados.
- Para separar ímãs que estejam unidos, deslize-os. Se forem separados desta forma será necessário exercer menos força do que através de outros métodos.
- Os ímãs de neodímio (como os que são utilizados neste trabalho) são tratados com um revestimento anti-corrosão (galvanização ou resina) porque contêm ferro e são altamente corrosivos. Os ímãs corroem facilmente em água e ambientes com humidade elevada. Não permita que os ímãs entrem em contacto com a pele durante períodos prolongados, pois o revestimento pode desgastar-se devido ao suor.

NOTA: Por motivos de segurança, sempre que necessitar de um ímã, deverá solicitar junto do docente. Devem, também, ter especial atenção a todos os equipamentos que sejam suscetíveis aos efeitos do campo magnético (computadores, discos externos, etc.)

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Conecte os terminais da bobina aos contactos do LED.
2. Coloque o ímã 20 cm acima do centro da bobina (alinhado com o centro da bobina).
3. Prepare o seu *smartphone* para gravar a experiência, se possível, em câmara lenta (*slow motion*).
4. Prepare o software para aquisição de dados.
5. Liberte o ímã e registre o que acontece no LED.
6. Repita a experiência libertando o ímã a diferentes distâncias acima da bobina. Que diferenças observa?
7. Repita a experiência utilizando ímãs distintos ou combinação entre ímãs (mantendo a distância entre o ímã e o centro da bobina). Que diferenças observa?
8. Rode a bobina 180° e repita a experiência. O que observa?

MATERIAL

- Bobina com N espiras
- Ímãs
- LEDs
- Fita métrica

4. ANÁLISE E TRATAMENTO DE DADOS

Com base nesta secção, deverá preparar o relatório preliminar obrigatoriamente entregue ao docente no final da aula.

- Comente os resultados obtidos.
- Indique qual a maior fonte de erro. Discuta estratégias para melhorar o resultado obtido.

BIBLIOGRAFIA

[1] Serway, R. A., Physics for Scientist and Engineers with modern Physics, 2000, Saunder College Publishing.

[2] Alonso & Finn, *Física - um curso universitário*, vol. 1, 3ª edição, editora Edgard Blucher, 1981: Cap.5 e 7.

[3] R. Resnick e D. Halliday, *Física*, vol. 2, 4ª ed., editora Livros Técnicos e Científicos, 1990.