

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Campus Blumenau

Física Geral III

Aula Teórica 18 (Cap. 32 parte 1/2):
 1) Lei da indução de Faraday
 2) Fluxo de campo magnético
 3) Lei de Lenz

Prof. Marcio R. Loos

Correntes criam campo magnético

B devido a um fio retilíneo longo carregando uma corrente i: $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$

B devido a uma espira carregando uma corrente i: $B = \frac{\mu_0 i}{2R}$

B no interior de um solenóide carregando uma corrente i: $B = \mu_0 i n$

B no interior de um toróide carregando uma corrente i: $B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi r}$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Lanterna de Faraday

United States Patent
Mah

(10) Patent No.: **US 6,893,141 B2**
 (45) Date of Patent: **May 17, 2005**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Lei da indução de Faraday

Corrente através de uma bobina num **B** → TORQUE

Princípio de funcionamento do motor elétrico

“ De forma similar surge a questão:

Torque em uma bobina num **B** → CORRENTE???

Princípio de funcionamento do gerador elétrico

“ A corrente que surge na bobina é descrita pela **Lei da indução de Faraday**.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 4

Lei da indução de Faraday

“ A lei de indução foi descoberta em **1831** por Faraday.

“ Aprox. na mesma época e independentemente, **Joseph Henry** descobriu esta lei.



Inglaterra
1791-1867



Estados Unidos
1797-1878

“ Faraday foi o primeiro a publicar os resultados.

“ A unidade SI de indutância foi denominada Henry (H).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 5

Lei da indução de Faraday



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 4

Lei de Faraday

Experiência 2

“ Somente quando a corrente na bobina está aumentando ou diminuindo, surge uma fem induzida na outra bobina.

“ Conclusão da experiência 2:

Uma fem é induzida somente quando algo está **variando**.

“ Quando $i = \text{cte}$ e **nada se move**, não há fem induzida.

Lei da indução de Faraday

“ Faraday notou que:

Uma fem é induzida na bobina somente quando o número de linhas de B que a atravessam estiver variando.

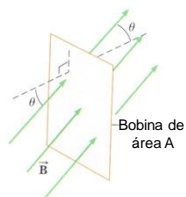
“ Não importa o número de linhas de campo, mas sim que ele varie!

“ Quanto maior a taxa de variação do número de linhas de campo, maior a fem induzida.

Fluxo de campo magnético

“ Precisamos encontrar uma forma de calcular a **quantidade de campo magnético** que passa através de uma espira.

“ Similar à definição de **fluxo elétrico**, definimos o **fluxo magnético**.



RELEMBRANDO
Fluxo do campo elétrico

Quando temos uma superfície complexa, podemos dividi-la em minúsculos elementos infinitesimais de área:

$$d\Phi = \vec{E} \cdot d\vec{A} = E dA \cos \theta$$

Estaremos interessados em superfícies fechadas (aí a direção "para fora" é evidente).

Qual é o fluxo elétrico fora de tal superfície fechada?

Devemos integrar sobre toda a superfície (fechada).

$$\Phi = \oint d\Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$$


O símbolo \oint indica a integral sobre uma superfície fechada. Aqui a superfície é fechada!

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 13

Fluxo de campo magnético

Precisamos encontrar uma forma de calcular a quantidade de *campo magnético* que passa através de uma espira.

Similar à definição de fluxo elétrico, definimos o fluxo magnético.



Wilhelm E. Weber
1804 ó 1891

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$
 Definição de fluxo magnético

O fluxo magnético é um **escalar**.

Quando **B** é **uniforme**, o fluxo pode ser expresso como:

$$\Phi_B = BA \cos \theta$$

Unidade SI: weber (Wb): 1 weber = 1 Wb = 1 T m²

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 14

Lei da Indução de Faraday

A fem induzida numa espira condutora é igual ao negativo da taxa em que o fluxo magnético através da espira está variando com o tempo

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$
 Lei de Faraday

Os sinais negativos nos ajudam a encontrar o sentido da fem induzida.

Se uma bobina consiste de N espiras de mesma área, a fem induzida total na bobina será dada por:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$
 Lei de Faraday

Num campo B uniforme, a fem induzida pode ser expressa como:

$$\mathcal{E} = - \frac{d}{dt} (BA \cos \theta)$$

Uma fem pode ser induzida (i.e. mudança no Φ_B) de 3 formas:

- O módulo de B pode mudar com o tempo.
- A área total da bobina sendo atravessada por B pode mudar com tempo.
- O ângulo entre B e o plano da bobina pode mudar com tempo (girar a bobina).
- Qualquer combinação dos itens acima pode ocorrer.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 14

Lei de Lenz



Lenz pesquisou:

- A condutividade de vários materiais sujeitos a corrente elétrica;
- O efeito da temperatura sobre a condutividade.

Ganhou fama por ter formulado a lei de Lenz em 1833.

Alemanha
1804-1865

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof@ufsc.br

Lei de Lenz

“ A Lei de Lenz é usada para determinar o **sentido** de uma corrente induzida numa espira.

“ A corrente induzida em uma espira será na direção **que cria um campo B** que se **opõe à mudança no fluxo magnético** através da área envolvida pela espira.

“ O sentido da fem induzida é o mesmo que o da corrente induzida.

A corrente induzida tende a evitar que o fluxo magnético original através da espira mude

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

O trabalho realizado por um agente externo induz a corrente.



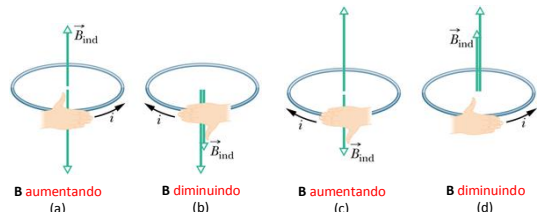
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof@ufsc.br

Lei de Lenz

“ O sentido da corrente i induzida é tal que o campo magnético B_{ind} produzido pela corrente se opõe à variação do campo magnético B que induziu a corrente.

“ B_{ind} sempre tem sentido oposto de B se B estiver aumentando (a,c) e o mesmo sentido que B se B está diminuindo (b,d).

“ A regra da mão direita fornece o sentido da corrente induzida.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof@ufsc.br

Direção da corrente induzida

Qual figura é fisicamente razoável?

A $v=0$

B

C

D

E

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Aplicação da lei de Faraday

Forno de indução

- “ Seu funcionamento é baseado no princípio da indução...
- “ Uma **corrente oscilante** passa através uma **bobina** colocada abaixo da superfície do fogão, feita de um vidro especial.
- “ A corrente produz um **campo B oscilante**, o qual **induz uma corrente na panela**.
- “ Como a panela possui alguma **resistência elétrica**, a energia elétrica associada com a corrente induzida é transformada em **energia interna (térmica)**.

An induction cooktop is 80-90% effective as compared to the 70% of a traditional electric stove and the 31% (!) of a gas stove.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Aplicação da lei de Faraday

Produção de som em uma guitarra elétrica

- “ Numa guitarra elétrica, uma corda vibrando induz uma fem em uma bobina coletora.
- “ Os círculos abaixo das cordas metálicas detectam as notas sendo tocadas e enviam a informação através de um amplificador para os altofalantes.
- “ Há vários conjuntos de bobinas coletoras que podem ser alternados por uma chave seletora.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br

Exercício

A Fig. mostra uma espira condutora formada por uma semicircunferência de raio $r = 0,20m$ e três fios retilíneos. A semicircunferência está em uma região onde existe um campo magnético uniforme \mathbf{B} orientado para fora do plano do papel; o módulo do campo é dado por $B = 4,0t^2 + 2,0t + 3,0$, com B em teslas e t em segundos. Uma fonte ideal com uma força eletromotriz $\mathcal{E}_{fonte} = 2,0 V$ é ligada à espira. A resistência da espira é $2,0 \Omega$.

(a) Determine o módulo e o sentido da força eletromotriz \mathcal{E}_{ind} induzida na espira pelo campo \mathbf{B} no instante $t = 10s$.

(b) Qual é a corrente na espira no instante $t = 10 s$?

Resolução:

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}; \quad \Phi_B = \int B dA \cos\theta = B \int dA = BA$$

$$\mathcal{E} = \frac{d(BA)}{dt} = A \frac{dB}{dt} \quad \mathcal{E} = A \frac{dB}{dt} = \pi r^2 \frac{d(4,0t^2 + 2,0t + 3,0)}{dt} \quad \mathcal{E} = \frac{\pi^2}{2} (8,0t + 2,0)$$

$$\mathcal{E}(10s) = 5,2V$$

$$i = \frac{\mathcal{E}_{total}}{R} = \frac{\mathcal{E}_{ind} - \mathcal{E}_{fonte}}{R}$$

$$i = \frac{5,2V - 2,0V}{2,0\Omega} = 1,6A$$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 22

Você já pode resolver os seguintes exercícios:

Capítulo 30: 2, 5, 6,10, 12,23, 27,30, 31, 34, 36, 43, 46, 47, 48, 50, 53 e 67.
 Capítulo 31: 8, 9, 11, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 53 e 56.

Capítulo 32: 1,2,4,5, 6,9,12, 19, 23, 24, 25, 26, 29, 34, 36, 37, 41 e 43.

Livro texto: Halliday, vol. 3, 4ª edição.
 Mais informações (cronogramas, lista de exercícios):
 web: loos.prof.ufsc.br e-mail: marcio.loos@ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 22
