

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

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



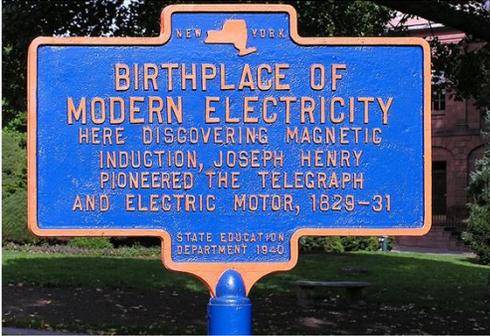
Estados Unidos
1797-1878

“ 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

Lei da indução de Faraday



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

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.

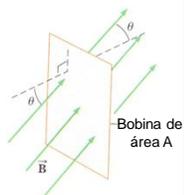
“ Não importa o número de linhas de campo, mas sim que ele varie!

“ 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**.



RELEBRANDO
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!

The diagram shows a yellow Gaussian surface with a grid of small area elements ΔA . Electric field lines \vec{E} are shown passing through the surface. Three specific area elements are highlighted: 1. $\Phi < 0$ (field lines entering), 2. $\Phi = 0$ (field lines parallel to the surface), and 3. $\Phi > 0$ (field lines exiting).

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

The diagram shows a rectangular coil of area A in a uniform magnetic field \vec{B} . The angle between the normal to the coil's area and the magnetic field is θ . The coil is labeled "Bobina de área A".

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.

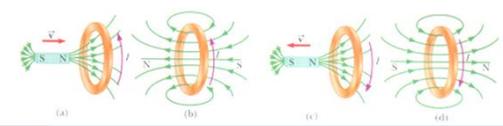
“ A corrente induzida em uma espira será na direção **que cria um campo B** que se **opõe à mudança no fluxo magnético** através da área envolvida pela espira.

“ 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.



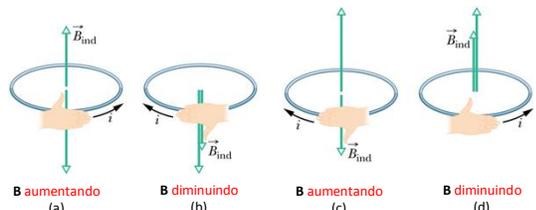
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos
Física Geral III
loos.prof@ufsc.br

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

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 $\mathcal{E}_{fonte} = 2,0V$ 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 $t = 10s$?

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
