

Campo Electromagnético

Força magnética entre fios.

- Força electromotriz induzida.
- Estudo da lei de Faraday da indução.
- Princípio de Lenz.
- Estudo do campo magnético criado pela força electromotriz induzida
- Resolução de exercícios.

Maria Rute André
rferreira@ua.pt

1

Força magnética entre fios

Consideremos dois fios condutores, de comprimento L_1 e L_2 , que transportam correntes diferentes.

A força total exercida em cada fio será:

$$\vec{F}_{21} = I_2 \vec{L}_2 \times \vec{B}_1 \quad \wedge \quad \vec{F}_{12} = I_1 \vec{L}_1 \times \vec{B}_2$$

Em módulo:

$$F_{21} = I_2 L_2 B_1 \quad \wedge \quad F_{12} = I_1 L_1 B_2$$

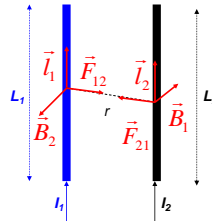
Pela Lei de Biot-Savat

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r} \quad \wedge \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r}$$

$$F_{21} = \frac{\mu_0 I_2 I_1 L_2}{2\pi r} \quad \wedge \quad F_{12} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L_1}{2\pi r}$$

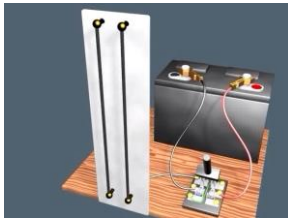
Considerando os fios infinitos,

Pela "regra da mão direita", cada força tende a aproximar um fio do outro

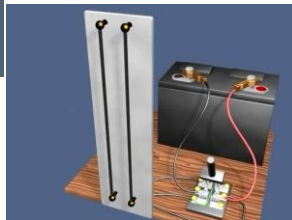


2

Força magnética entre fios



Corrente a circular no mesmo sentido



Corrente a circular em sentidos opostos

3

Indução magnética

Lei geral da indução ou lei de Faraday

Até agora, sabemos que:

1. distribuições de carga, geram campo eléctrico
2. distribuições de corrente, geram campo magnético, podendo concluir que o O campo eléctrico e magnético são independentes.

Tal só é válido, se o campo magnético não variar no tempo. Se o campo magnético variar no tempo, origina um campo eléctrico (induzido) que, de um modo geral, também varia no tempo (Faraday, em 1831).

4

Indução magnética

Lei geral da indução ou lei de Faraday

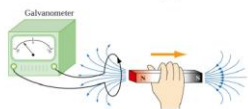
Consideremos a seguinte experiência



O ponteiro do galvanómetro move-se em diferentes direcções, quando a barra se afasta e se aproxima.



Não existe corrente induzida no anel, quando a barra magnética não se move



O aparecimento da corrente é compreensível pela existência de uma f.e.m induzida (\mathcal{E}).

5

Indução magnética

Lei geral da indução ou lei de Faraday

Verifica-se, experimentalmente, que \mathcal{E} só depende da taxa de variação do fluxo magnético (ϕ), através da espira:

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

Como sabemos que:

$$\phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Existem situações em que há variação do fluxo ϕ , por conseguinte, a existência de correntes induzidas:

1. variação da intensidade de campo magnético
2. variação da área dS
3. variação do ângulo entre os vectores campo magnético (B) e dS

6

Indução magnética

Lei geral da indução ou lei de Faraday

Vamos definir as várias convenções de sinais:

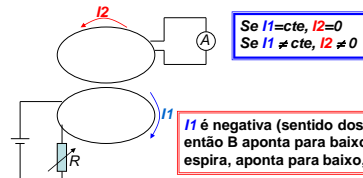
1. Fem e correntes são positivas se forem contrárias ao sentido de movimento dos ponteiros do relógio;
2. o fluxo é positivo se apontar no sentido do observador

Basta pensar que o sentido positivo do fluxo e corrente se relaciona com a regra do saca rolhas.

7

Indução magnética

Lei geral da indução ou lei de Faraday



Observador em cima

I_1 aumenta com o tempo: $\left(-\frac{dI_1}{dt} > 0\right)$ I_1 diminui com o tempo: $\left(-\frac{dI_1}{dt} < 0\right)$

I_1 é negativa

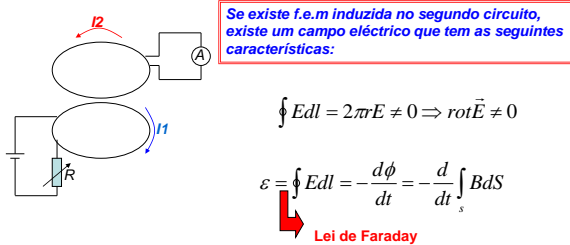
$$\Rightarrow \frac{d\phi}{dt} < 0 \Leftrightarrow -\frac{d\phi}{dt} > 0 \Rightarrow \frac{d\phi}{dt} > 0 \Leftrightarrow -\frac{d\phi}{dt} < 0 \Rightarrow$$

\Rightarrow corrente induzida I_2 (\mathcal{E}) é positiva \Rightarrow corrente induzida I_2 (\mathcal{E}) é negativa

8

Indução magnética

Lei geral da indução ou lei de Faraday



Aplicando o teorema de Stokes

$$\text{rot} \vec{E} = - \frac{d\vec{B}}{dt}$$

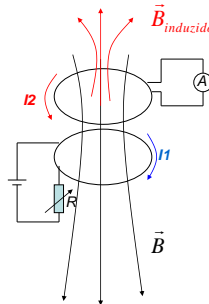
Lei pontual da indução

9

Indução magnética

Lei de Lenz: a f.e.m induzida, produz um fluxo que tende a opor-se à causa que a originou.

Exemplos práticos



Se I1 está a aumentar no tempo, então do fluxo do vector B, através do segundo circuito, também, aumenta no tempo.

A Corrente I2, cria um campo B induzido que se opõe a esta variação de B

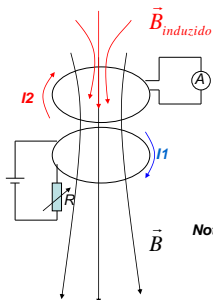
O sentido de B é oposto a B_{induzido}

10

Indução magnética

Lei de Lenz: a f.e.m induzida, produz um fluxo que tende a opor-se à causa que a originou.

Exemplos práticos



Se I1 está a diminuir no tempo, então do fluxo do vector B, através do segundo circuito, também, diminui no tempo.

A corrente I2, cria um campo B_{induzido} que se opõe a esta variação de B

O sentido de B é o mesmo de B_{induzido}

Nota: f.e.m numa espira $\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt}$

f.e.m em n espiras $\varepsilon = -n \frac{d\phi}{dt}$

11