

Lei de indução de Faraday

1. Introdução

Três experiências de Faraday
(ver figura abaixo):

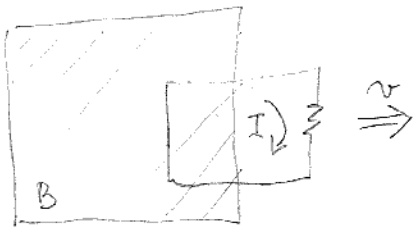


fig. 1-a
empurrando o
ímã p/ direita

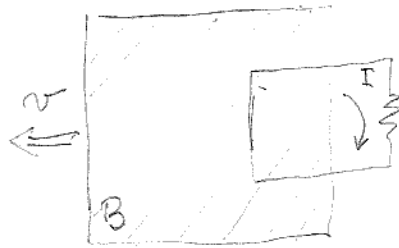


fig. 1-b
empurrando o
ímã p/ esquerda

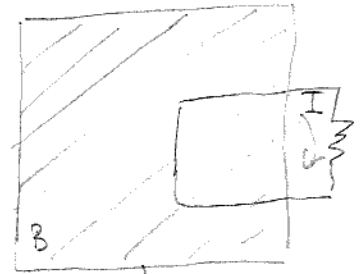


fig. 1-c
movendo o
campo magnético

2. FEM por movimento

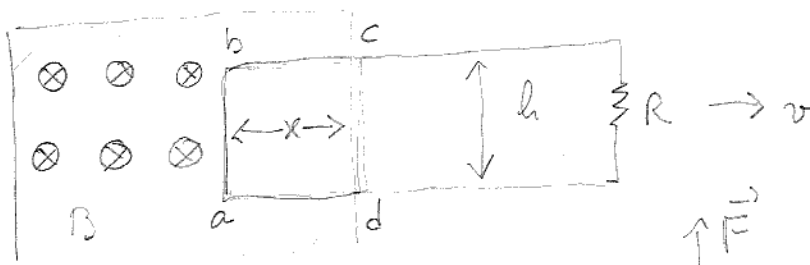


fig. 2

$$\vec{F} = \oint \vec{v} \times \vec{B}$$


As cargas no segmento ab mostrado na figura 2 sofem uma força que gera uma corrente no sentido horário. A fem é

$$\mathcal{E} = \oint \vec{F}_{\text{mag}} \cdot d\vec{l} = v B h \quad (1)$$

ja que $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ mas

que $\vec{F}_{\text{mag}}$ é a força p/ unidade de

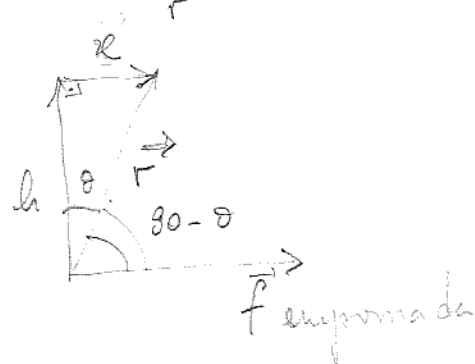
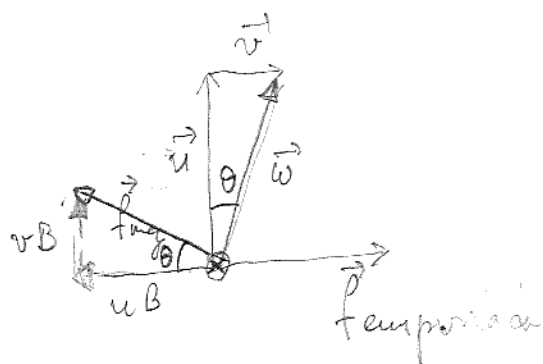
carga. Novamente, a força magnética

~~é responsável pela fem~~

mas realiza trabalho, a energia é cedida pelo dispositivo que proporciona o movimento.

$$\cos \theta = \frac{h}{r}$$

3.



Seja $\vec{u}$ a velocidade vertical das cargas,
que cria uma componente horizontal de força p'
unidade de carga. O dispositivo que movi-
menta o circuito deve fazer uma força
(p/ unidade de carga) $f_{\text{emp}} = uB$.

$$\cos 90^\circ \sin \theta + \sin 90^\circ \cos \theta$$

$$\int \vec{f}_{\text{emp}} \cdot d\vec{l} = uB \left(\frac{h}{\cos \theta} \right) \underbrace{\cos(90 - \theta)}_{\sin \theta}$$

$$= Bh \quad u \tan \theta$$

$$= Bh v$$

ja que $v = u \tan \theta$

Seja Φ o fluxo do campo
magnético de $\vec{B}$ através do "loop"

$$\Phi \equiv \int \vec{B} \cdot d\vec{a}$$

Para o retângulo da fig. 2

$$\Phi = B h x$$

Quando o loop se move a variação
do fluxo

$$\frac{d\Phi}{dt} = B h \frac{dx}{dt} = \ominus B h v \quad (2)$$

$\downarrow$
 variação de x ?

Comparando com a eq. (1)

$$\mathcal{E} = - \frac{d\phi}{dt} \quad (4)$$

3. A relação entre campo elétrico e magnético

Claramente a experiência mostrada na fig. 1.a pode ser atribuída à FEM por movimento, mas com relação à experiência mostrada na fig. 1.b onde as cargas permanecem estacionárias.

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\phi}{dt} \quad (\text{unidades}) \quad (5)$$

A variação do campo magnético induz um campo elétrico

ou

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{a}$$

pelos teoremas de Stokes

$$\int (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{a} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{a}$$

Finalmente

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (6)$$

Obviamente no caso estático

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$$

No experimento da Fig. 1-c, a variação do campo magnético tem uma origem diferente, mas também dá origem a $\mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt}$.

Em outras palavras, qualquer que seja a razão, assim que o fluxo magnético através de um "loop" acontece, aparece uma f.e.m.

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

Entretanto, no conjunto de experiências mostradas na Fig. 1, podemos identi

dois mecanismos distintos para a
existência de uma f.e.m. No caso de
fig. 1.a é a força de Lorentz. Enquanto
nos outros 2 casos é um campo elétrico
induzido pela variação do fluxo magnético.