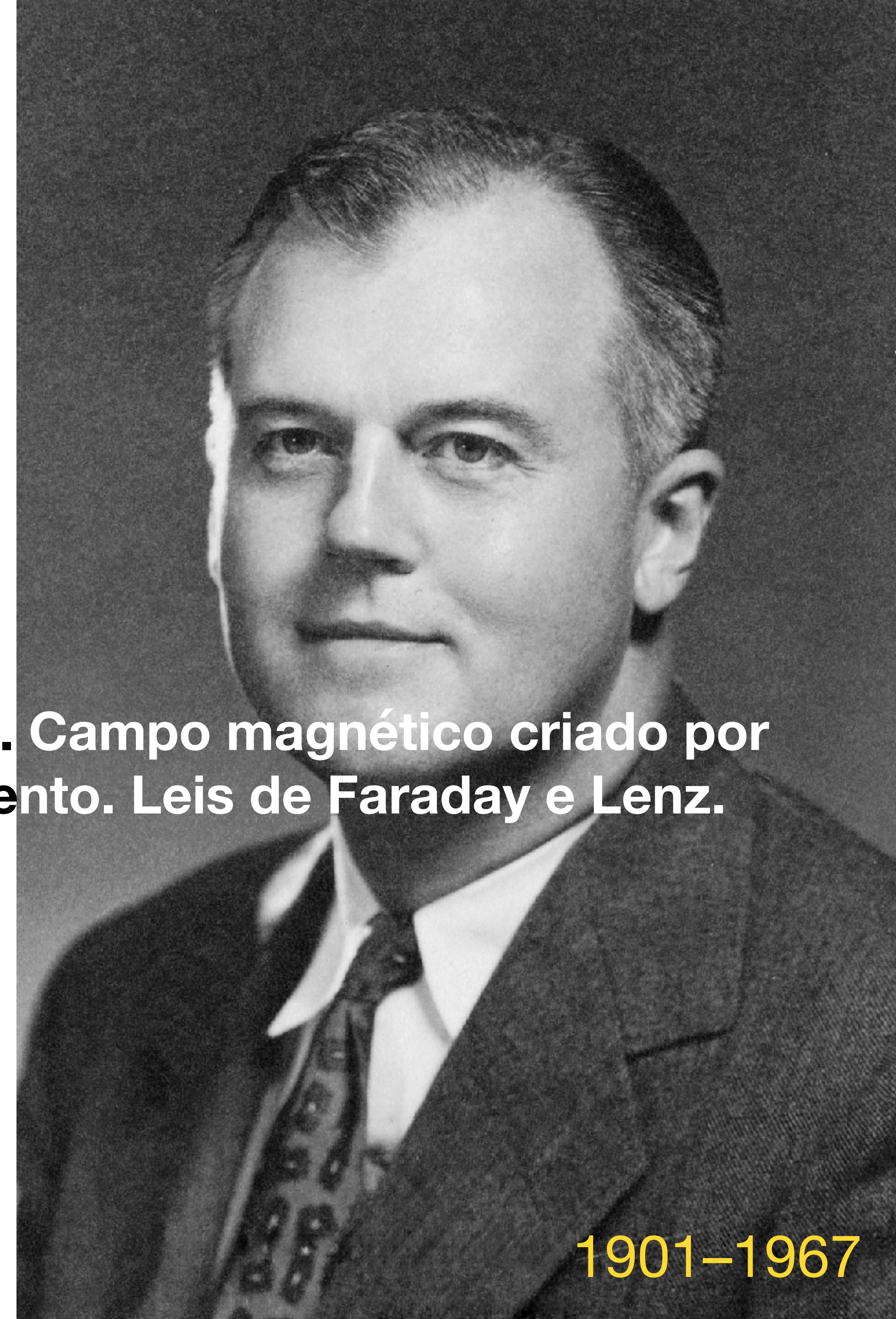


Física — 12.º ano

10 — Campo Magnético e Indução Electromagnética. Campo magnético criado por correntes. Força magnética sobre cargas em movimento. Leis de Faraday e Lenz.



José Pedro do Amaral zp.amaral@colegiodestomas.com

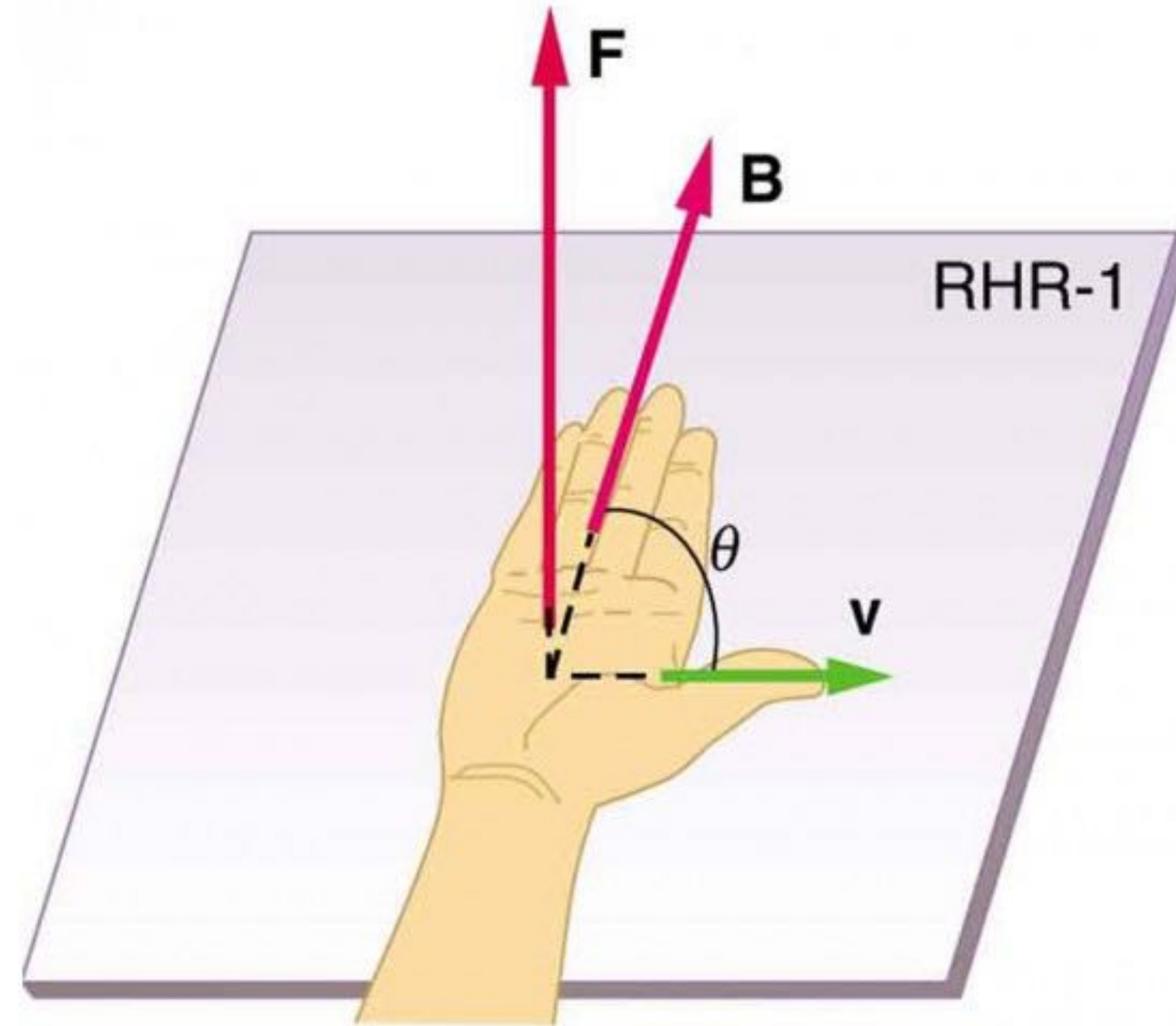
1901–1967

Campo magnético

$$\vec{F} = q\vec{v}\vec{B}$$

- **B** é a direcção do campo magnético
- **q** é a partícula
- **v** é a velocidade da partícula

- Experiências feitas num campo magnético com o movimento de partículas carregadas dá os resultados seguintes:
 - A magnitude da força magnética F é proporcional à carga q e à rapidez v da partícula.
 - A magnitude e direcção da força magnética dependem da velocidade da partícula e da magnitude e direcção do campo magnético.
 - Quando uma partícula se move paralelamente ao vector de campo magnético, a força magnética aplicada na carga é zero.
 - Quando o vector velocidade faz um ângulo θ com o campo magnético, a força magnética actua numa direcção perpendicular a $\mathbf{B}$ e a $\mathbf{v}$. Isto é, $\mathbf{F}$ é perpendicular ao plano formado por $\mathbf{B}$ e $\mathbf{v}$.



$$F = qvB \sin \theta$$

$\mathbf{F} \perp$ plane of $\mathbf{v}$ and $\mathbf{B}$

- A força magnética numa carga positiva é numa direcção oposta à direcção da força aplicada numa carga negativa que se mova na mesma direcção que a carga positiva.
- Se o vector velocidade $\mathbf{v}$ faz um ângulo θ com o campo magnético, a magnitude da força magnética é proporcional ao seno de θ .
- A magnitude da força magnética é:

$$F = qvB \sin \theta$$

- F será zero se v for paralela a B pois θ será 0° ou 180° e máxima quando θ é 90° e isto acontece quando v é perpendicular a B.

Diferenças entre forças eléctricas e magnéticas

- A força eléctrica é sempre na direcção do campo eléctrico, mas a magnética é perpendicular.
- A força eléctrica actua numa partícula carregada independentemente de sua velocidade, mas a força magnética só actua quando a partícula estiver em movimento.
- A força eléctrica faz trabalho quando move uma partícula carregada, mas a força associada a um campo magnético estável não faz trabalho quando a partícula é movida
- Assim, quando uma partícula carregada se move com uma velocidade $\mathbf{v}$, um campo magnético aplicado consegue mudar a direcção de $\mathbf{v}$ mas não afecta v ou a energia cinética da partícula carregada.

Unidades de campo magnético

- SI — weber por metro quadrado ou testa (T). Uma carga de 1 C em movimento num campo de 1 T com a velocidade de 1 m/s perpendicular ao campo, experiencia uma força de 1 N.
- Outra unidade comum, mas não SI, é o gauss (G) e 1 T é equivalente a 10^4 G.

$$[B] = T = \frac{Wb}{m^2} = \frac{N}{C \cdot \frac{m}{s}} = \frac{N}{A \cdot m}$$

Aplicações do movimento de partículas carregadas num campo magnético

- A carga move-se com a velocidade v na presença do campo eléctrico E e do campo magnético B . Assim, a carga experiencia uma força eléctrica e uma força magnética.

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v}\vec{B}$$

Lei de Faraday-Lenz

- Campo electromagnético induzido: quando um ímã forte é aproximado ou afastado de uma bobina (voltas de fio condutor), uma corrente eléctrica é induzida. **Um campo magnético variável induz uma corrente eléctrica.**

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \qquad \varepsilon = -N\frac{d\phi_B}{dt}$$

- ε é a força electromotriz; ϕ_B é o fluxo magnético; e N é o número de voltas na bobina.

- E $\phi_B = BA \cos \theta$

- Portanto
- Vemos assim que a força electromotriz poderá ser induzida de várias formas:
 - A magnitude de B poderá variar ao longo do tempo
 - A área do circuito poderá mudar ao longo do tempo
 - O ângulo θ entre B e a normal ao plano poderá mudar com o tempo
 - Quaisquer combinações dos anteriores.

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

Usos

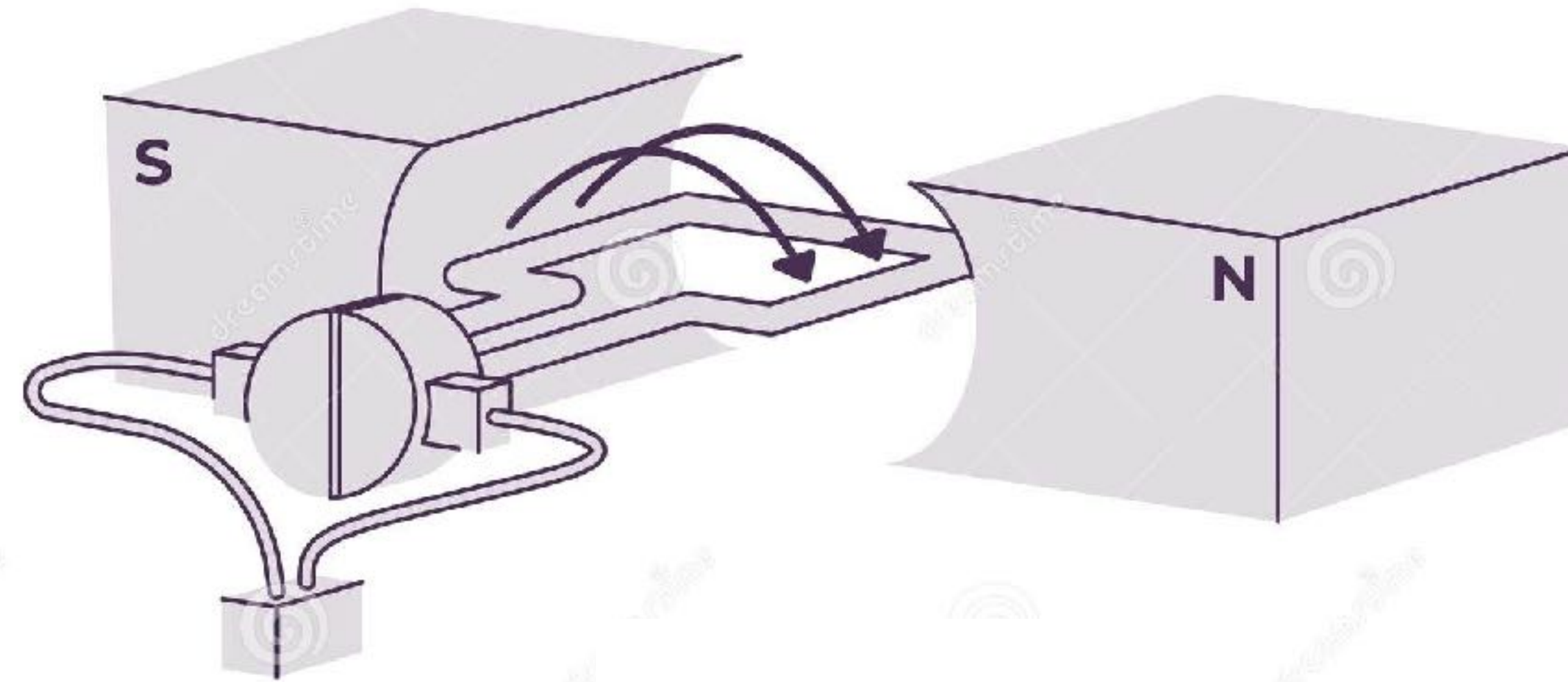
- Fogões de indução
- Mecanismos anti-electrocussão
- Guitarras eléctricas, microfones e altifalantes

Importância da lei de Lenz

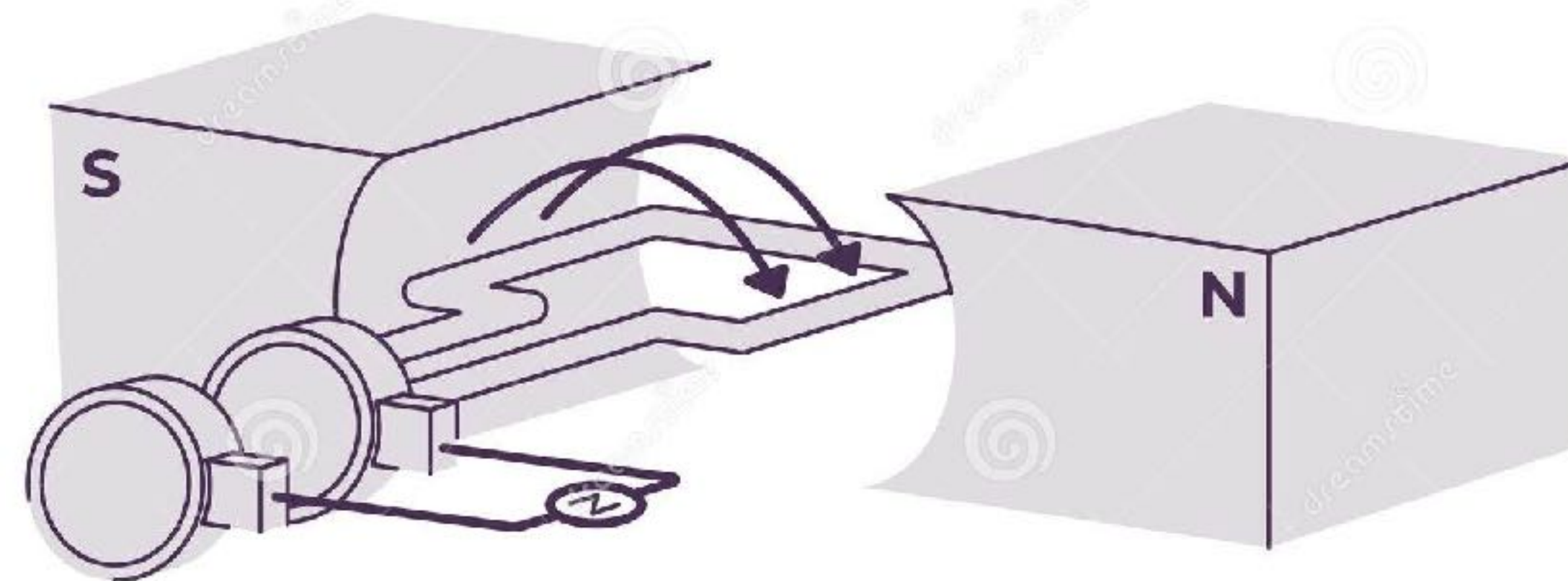
- A corrente induzida num circuito tem sempre um sentido tal que o campo magnético por ela criado se opõe à variação do fluxo magnético que a originou.
- Ou ainda mais simplesmente, a indução electromagnética ocorre no sentido de contrariar a variação do fluxo magnético.
- Na lei de Faraday-Lenz, Faraday dá a parte quantitativa dizendo que a força electromotriz é proporcional à taxa de variação do fluxo magnético. Lenz dá o sinal (-): o sentido da indução é tal que se opõe à variação do fluxo que a causou.

- Assim, a corrente induzida cria um campo magnético induzido B_{ind} que se opõe à variação do fluxo magnético, se o campo magnético B for constante e perpendicular.
- Para ilustrar a direcção de B podemos usar a notação da flecha: $\bullet$ representa a ponta da flecha indicando que B sai do plano e $\times$ representa a penas da seta indicando que B entra no plano.
- Uma regra prática para o sentido da corrente I :
 - A corrente é anti-horária quando $B_{ind} \bullet$ e $\cos \theta + 1$
 - A corrente é horária quando $B_{ind} \times$ e $\cos \theta - 1$

Motores e geradores



Motor ou gerador a corrente contínua



Motor ou gerador a corrente alterna

