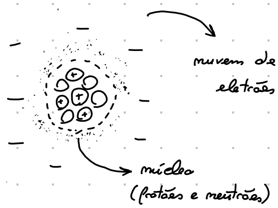
L.EIC
#2.1

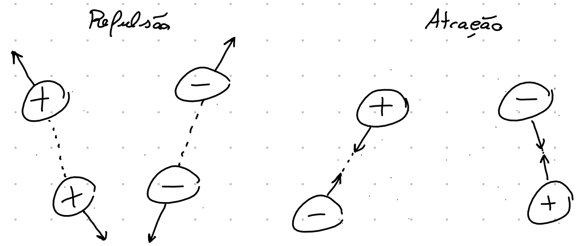
# Física II

## Resumos

1. Campo elétrico
2. Voltagem e corrente
3. Resistência
4. Capacidade e condensadores
5. Circuitos de corrente contínua
6. Fluxo elétrico
7. Potencial eletrostático
8. Campo magnético
9. Indução eletromagnética

# 1. Campo elétrico




$\boxed{\vec{F_e}}$

## Força elétrica (N)

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{K \, d^2}$$

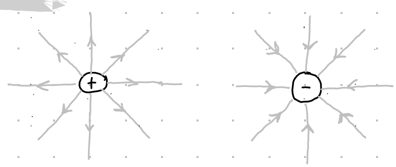
k | Constante de Coulomb
K | Constante dielétrica do meio

$K \geq 1$
- No vácuo: $K = 1$
- No ar: $K \approx 1$

## Campo elétrico $\left(\frac{N}{C}\right)$ $\left(\frac{V}{m}\right)$ $\left(\frac{J}{mC}\right)$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

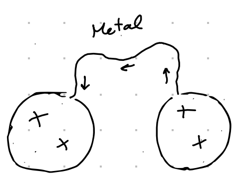
$$E = \frac{k \, |Q|}{K \, r^2}$$



**Linhas de campo:**
- Simetria esférica
- Campo radial
- Centrífugo, se $Q > 0$
- Centrípeto, se $Q < 0$

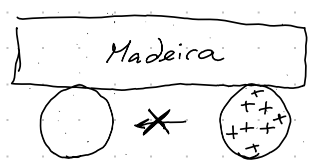
## Condutores

Os elétrons mais externos conseguem movimentar-se livremente pelo material.




## Isoladores

As cargas elétricas não se movimentam livremente.



# 2. Voltagem e corrente

* Trabalho e energia mecânica (Física I):

- $W = \int_a^b F \cdot dr$
- $W = \Delta E_c$
- $W = -\Delta U$ (se conservativo)
- Se $\Delta E_m = 0$ => $\Delta E_c = -\Delta U$

## Energia Potencial eletroestática (J)

$$\Delta U = -\int_a^b F_e \, dr$$

- Semelhante à mecânica
- $\Delta E_m = 0$ só no vácuo

## Potencial elétrico (V) $\left(\frac{J}{C}\right)$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} = -\int_a^b E \, dr \simeq E \Delta s$$

$\Delta s$ → comprimento do fio

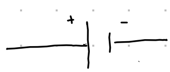
## Corrente elétrica (A) $\left(\frac{C}{s}\right)$

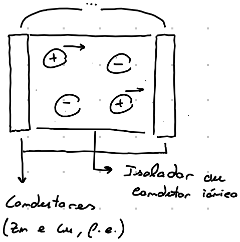
$$I = \frac{dQ}{dt} \iff Q = \int_{t_1}^{t_2} I \, dt$$

## Potência (W) (A·V)

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = I \Delta V$$

## Bateria






Força eletromotriz:

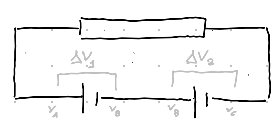
$$\mathcal{E} = \frac{\Delta U}{e} \quad (V)$$

Equação característica:

$$\Delta V = \mathcal{E} \pm rI$$

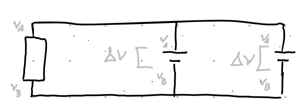
Associações em série:

$$\Delta V_{eq} = \Delta V_1 + \Delta V_2$$



Associações em paralelo:

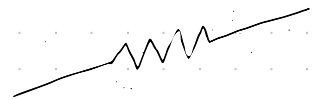
$$\Delta V_{eq} = \Delta V_1 = \Delta V_2$$



Fís. II

# 3. Resistência

## Lei de Ohm $(\Omega)$ $\left(\frac{V}{A}\right)$



$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

- Apenas válidos para condutores ohmicos

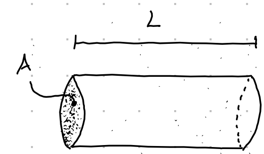
## Potência dissipada por efeito Joule

$$P = R I^2 = \frac{\Delta V^2}{R} = \Delta V \, I$$

## Resistividade

$$R = \rho \, \frac{L}{A}$$

$\rho$ | Resistividade do material
↳ Depende da temperatura e da natureza do material




## Em função da temperatura

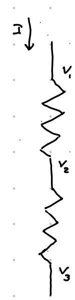
Condutores ohmicos variam linearmente:

$$R = R_{20} \left(1 + \alpha_{20} (T - 20)\right)$$

$R_{20}$ | Resistência a 20°C
$\alpha_{20}$ | Coeficiente de temperatura a 20°C

## Em série

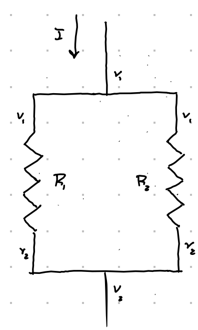
- $R_{eq} = R_1 + R_2$
- $\Delta V_{eq} = \Delta V_1 + \Delta V_2$
- $I_{eq} = I_1 = I_2$




## Em paralelo

- $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

  $\Rightarrow R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
- $\Delta V_{eq} = \Delta V_1 = \Delta V_2$
- $I_{eq} = I_1 + I_2$




Fís. II

# 4. Capacidade e condensadores

I ↘

## Capacidade / Constante própria (F) $\left(\frac{C}{V}\right)$

$$C = \frac{Q}{V_{superfície}}$$

- Não depende da carga, mas da geometria e do meio.

Ex: $C_{esfera} = \frac{KR}{k}$

## Condensador

- **Capacidade**

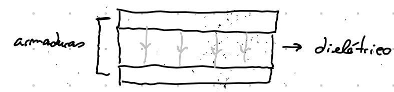
$$C = \frac{Q}{\Delta V_{armaduras}}$$

$$C = k \cdot C_0$$

no vazio

- **Plano**

$$C = K \, \varepsilon_0 \, \frac{A}{d}$$




Permitividade no vazio

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

- **Energia armazenada**

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

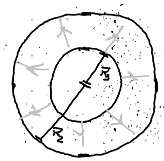
(se isolado)

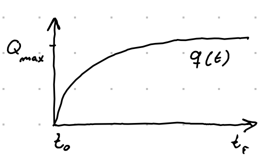
$$= \frac{1}{2} C \Delta V^2$$

(caso contrário)

- **Esfera**

$$C = \frac{K \cdot R_1 \cdot R_2}{k \, (R_2 - R_1)}$$




- $t_0 \mid Q = 0$
- $t_f \mid q(t) = Q$

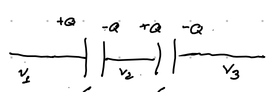
- **Em série**

$$|Q|_{eq} = |Q_1| = |Q_2|$$

$$\Delta V_{eq} = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\Leftrightarrow C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

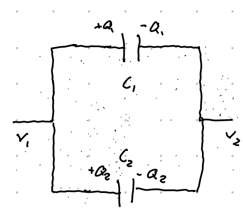



- **Em paralelo**

$$|Q|_{eq} = |Q_1| + |Q_2|$$

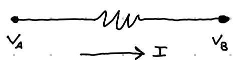
$$\Delta V_{eq} = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$



# 5. Circuitos de corrente contínua

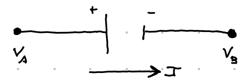
**Resistência**




$V_A - V_B = -RI$

$V_B - V_A = RI$

**Bateria**



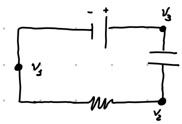

$V_A - V_B = -\varepsilon$

$V_B - V_A = \varepsilon$

(*) ou vice-versa

## Lei das malhas

$(V_1 - V_2) + (V_2 - V_3) + (V_3 - V_1) = 0$

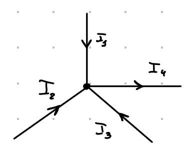



## Lei das nós

Soma das correntes de entrada

=

Soma das correntes de saída




$I_1 + I_2 + I_3$

=

$I_4$

## Condensadores em circuitos

- Instante inicial | $t = 0$

$\Delta V = 0$

- Estado estacionário | $t \to \infty$

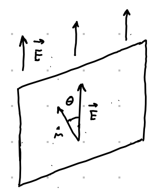
$I = 0$

# 6. Fluxo elétrico

## Fluxo

| Quantidade de linhas de campo que passam uma superfície por unidade de tempo
| Analogia a fluídos: Volume de fluído por unidade de tempo

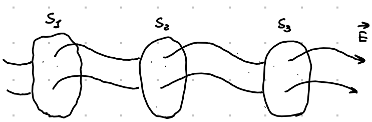
$$\phi = \iint_S \vec{E} \cdot \hat{n} \, \partial A$$




- Em campos uniformes e superfícies bem definidas:

$$\phi = E \cdot A \cos\theta \quad (V\,m)$$

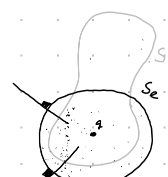
## Tubo de fluxo




$$\phi_1 = \phi_2 = \phi_3$$

## Lei de Gauss

| Apenas válido se S for uma superfície fechada



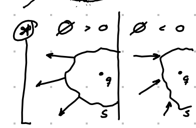

- Se q estiver dentro de S

$$\phi = 4\pi k \, Q_{interior}$$

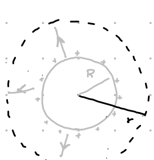
- Se q estiver fora de S

$$\phi_{ext} = \phi_{int} \Leftrightarrow \phi = 0$$

Assumir uma superfície (usualmente esférica) que:
→ contém o mesmo fluxo;
→ fluxo sempre constante;
→ fluxo perpendicular à superfície.

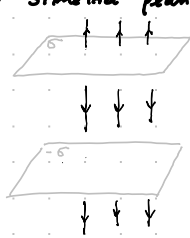



- Simetria esférica



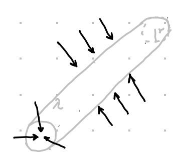

→ $r \geq R$ | $E(r) = \frac{kQ}{r^2}$
→ $r < R$ | $E(r) = 0$

- Simetria plana




→ Dentro | $E = 4\pi k \sigma$
→ Fora | $E = 0$

- Simetria cilíndrica



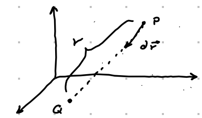

→ Laterais | $E = \frac{2k\lambda}{r}$
→ Bases | $E = 0$

$\rho = Q/V$ $(C/m^3)$ $\sigma = Q/A$ $(C/m^2)$ $\lambda = Q/L$ $(C/m)$

# 7. Potencial eletrostático

## Campo elétrico de uma carga pontual

$$\left.\begin{aligned} E_x(\vec{r}) &= -\partial V/\partial x \\ E_y(\vec{r}) &= -\partial V/\partial y \\ E_z(\vec{r}) &= -\partial V/\partial z \end{aligned}\right\} \vec{E}(\vec{r}) = -\vec{\nabla} V(r) \rightarrow E_{pontual} = \frac{k\,q}{k\,r^2}$$



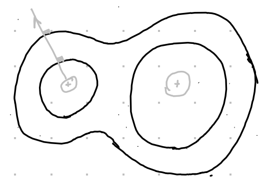

- $\vec{E} \perp d\vec{r} \Rightarrow \partial V = 0$
- $\vec{E}$ aponta no sentido em que $V$ diminui

## Superfícies equipotenciais

$\measuredangle(\vec{E}, d\vec{r}) = \alpha \rightarrow \partial V = E\,dr\cos\theta$

$\measuredangle(\vec{E}, d\vec{r}) = 0 \rightarrow \partial V = E\,dr$ (máximo)

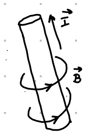
$\measuredangle(\vec{E}, d\vec{r}) = 180° \rightarrow \partial V = -E\,dr$ (mínimo)



# 8. Campo magnético

$\vec{B}$

## Força magnética (T)




- Num fio retilíneo com campo uniforme:

$$\vec{F}_{mag} = L\vec{I} \times \vec{B} \qquad \left( \Delta\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}\,\Delta s \right)$$

- Numa carga pontual:

$$\vec{F}_{mag} = q\,\vec{v} \times \vec{B}$$

- Raio da curvatura

$$r = \frac{m\,v}{q\,B}$$

- Período

$$\omega = \frac{q\,B}{m}$$

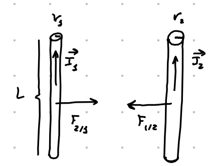

## Lei de Ampère

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = 4\pi\,k_m\,I_{interior}$$

⊕ Constante magnética: $k_m = 10^{-7}\ \frac{T \cdot m}{A}$

$$B_{fio} = \frac{2\,k_m\,I}{r}$$

$$F_{fios\ retos} = \frac{2\,k_m\,L\,I_1\,I_2}{r}$$

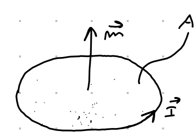



## Momento magnético

| Vetor orientado do polo sul para o polo norte.

$$\vec{m} = N\,I\,A\,\hat{m}$$

| Numa espira plana com N espiras




$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$$

↳ binário

↳ momento magnético

Fís. II

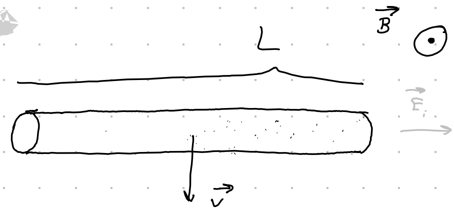
# 9. Indução eletromagnética

## Campo elétrico induzido

$$\vec{E}_{\text{induzido}} = \vec{v} \times \vec{B}$$

$$\mathcal{E}_{\text{induzido}} = L \cdot v \cdot B \cos\theta$$

$$\vec{F}_{\text{induzida}} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$




## Lei de Faraday

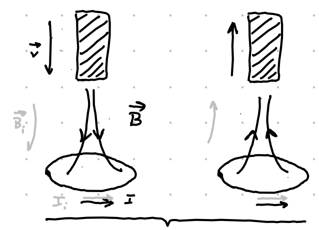
$$\mathcal{E}_{\text{induzido}} = -\frac{\partial \Psi}{\partial t} = -L\,\frac{\partial I}{\partial t}$$

(*) Fluxo magnético:

$$\Psi = A\,B \cos\theta$$

(*) Indutância:

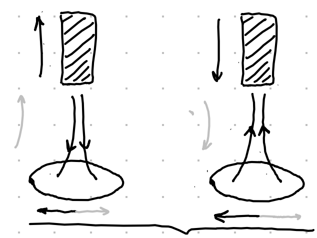
$$L \quad \underset{\left(\frac{V\,s}{A}\right)}{(H)}$$




$\Delta B < 0$ | Mesmo sentido

## Lei de Lenz

$\vec{F}_{ind}$ e $\vec{E}_{ind}$ são sempre no sentido que produz um $\vec{B}_{ind}$ que contraria a variação do fluxo magnético externo.



$\Delta B > 0$ | Sentido oposto

## Circuitos com indutores

- Instante inicial | $t = 0$

$I = 0$

- Estado estacionário | $t \to \infty$

$\Delta V = 0$