

Física Aplicada

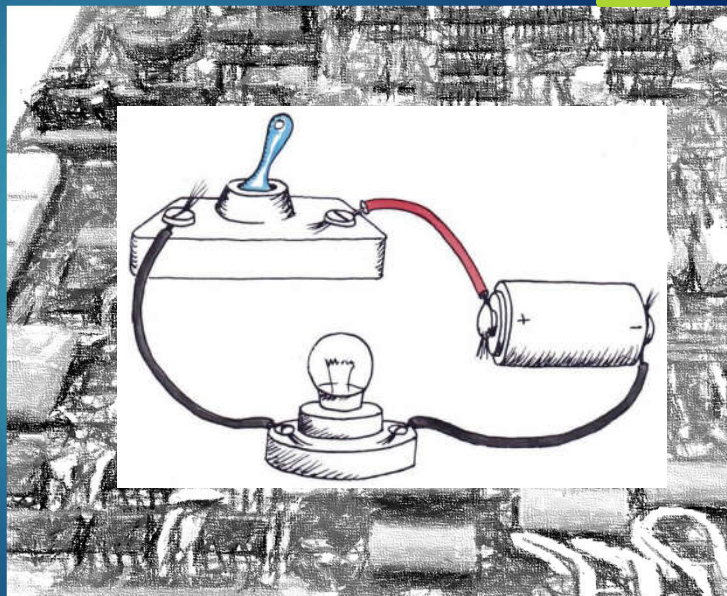
ENG. INFORMÁTICA
2020-2021

As fontes da tecnologia da informação

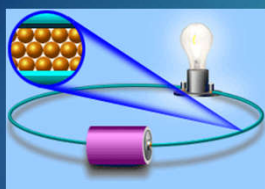
Temática 2

- Intensidade de Corrente elétrica e condutores.
- Lei de Ohm. Resistência num condutor.
- Efeito de Joule. Força eletromotriz (f.e.m.)
- Associação de resistência em série e em paralelo.
- Leis de Kirchhoff.
- Capacitância e dielétricos
- Associação de condensadores em série e em paralelo.

Circuitos elétricos



Intensidade de corrente Elétrica



A intensidade de corrente é uma razão ou taxa, duma quantidade de carga que flui através de uma superfície A

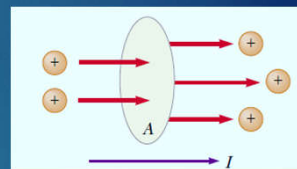
Se ΔQ for a quantidade de carga que passa através da área, no intervalo de tempo Δt , então a corrente média $I_{\text{média}}$ será igual à carga que atravessa a área A por unidade de tempo:

$$I_{\text{média}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Pode-se determinar a intensidade de corrente instantânea como sendo o diferencial da expressão anterior. Obtendo:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Unidades no SI: Ampére (A)
 $1\text{A} = 1\text{C/s}$



Num modelo microscópico

A intensidade de corrente pode ser definida como:

$\Delta Q = (n^\circ \text{ total de cargas num determinado volume})$

$$\Delta Q = n \cdot q_{\text{elementar}} \cdot A \cdot \Delta x = n \cdot q_{\text{elementar}} \cdot A \cdot v_d \cdot \Delta t$$

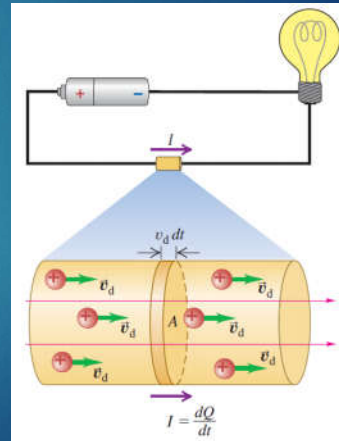
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = n \cdot q_{\text{elementar}} \cdot A \cdot v_d$$

Como $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

Logo

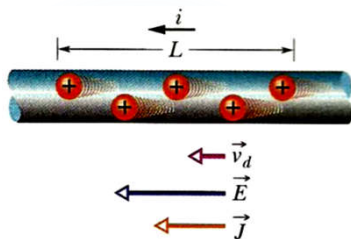
$$I = n \cdot q_{\text{elementar}} \cdot A \cdot v_d$$

$v_d \rightarrow$ velocidade de deriva



Lei de Ohm

Georg Simon Ohm (1789-1854)



Um material obedece a Lei de ohm se a sua condutividade elétrica não depender do campo elétrico aplicado

A densidade de corrente, J , num condutor é dada por:

$$J \equiv \frac{I}{A} = nqv_d$$

o que genericamente é expresso: $J = nqv_d$

Se aplicarmos uma diferença de potencial nas extremidades de um material condutor e mantivermos a sua temperatura constante, verifica-se a existência de uma densidade de corrente e um campo elétrico de tal forma que obedece a seguinte expressão:

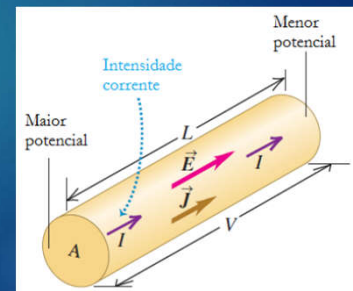
$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

onde a constante de proporcionalidade, σ é conhecida como condutividade elétrica

Os materiais que obedecem a esta lei, diz-se que seguem a **lei de Ohm**

Resistência num condutor

- ▶ Sabendo que o campo elétrico, \vec{E} , é constante no interior do condutor temos que: $|\vec{E}| = \frac{\Delta V}{L}$
- ▶ Substituindo o valor do campo elétrico na Lei de Ohm e a densidade de corrente, $|\vec{J}| = \frac{I}{A}$
- ▶ A lei de ohm $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ fica rescrita da seguinte forma: $\frac{I}{A} = \sigma \frac{\Delta V}{L} \rightarrow \Delta V = \frac{L}{A \sigma} I$
- ▶ Definindo $R = \frac{L}{A \sigma}$ onde R é a resistência do material, e pode ser expressa
- ▶ como a razão entre a diferença de potencial e a corrente: $R \equiv \frac{\Delta V}{I}$
- ▶ A resistência, é uma característica do material.



Resistividade elétrica, ρ , é o inverso da condutividade

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Assim, a resistência pode ainda ser expressa como:

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

No entanto quando a temperatura varia, a resistividade, ρ , varia da seguinte forma:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Material	Resistivity ^a ($\Omega \cdot m$)
Silver	1.59×10^{-8}
Copper	1.7×10^{-8}
Gold	2.44×10^{-8}
Aluminum	2.82×10^{-8}
Tungsten	5.6×10^{-8}
Iron	10×10^{-8}
Platinum	11×10^{-8}
Lead	22×10^{-8}
Nichrome ^c	1.50×10^{-6}
Carbon	3.5×10^{-5}
Germanium	0.46
Silicon	640
Glass	10^{10} to 10^{14}
Hard rubber	$\sim 10^{13}$
Sulfur	10^{15}
Quartz (fused)	75×10^{16}

^a All values at 20°C.

Efeito de Joule



É um fenómeno físico no qual a passagem de corrente elétrica através de algum meio resulta em seu aquecimento.

A quantificação da dissipação de energia por unidade de tempo de um material condutor por efeito de Joule pode ser escrita da seguinte forma:

$$P = V I$$

Num elemento resistivo, $V = R I$, podemos ainda exprimir a potência dissipada da seguinte forma:

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

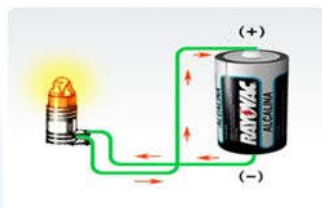
Unidades no SI da potência é o Watt (W)

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/segundo}$$

ou

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$$

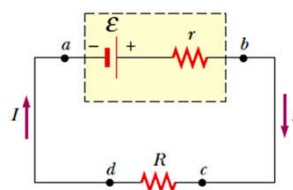
Força eletromotriz, \mathcal{E}



A força eletromotriz é o trabalho por unidade de carga que uma força não-eletrostática realiza quando uma carga é transportada de um ponto a outro por um caminho em particular.

A tensão aos terminais da bateria pode ser dada por:

$$\Delta V = V_b - V_a$$



Assim podemos escrever: $\Delta V = \mathcal{E} - I r$ em que \mathcal{E} , é a força eletromotriz.

Repare-se que \mathcal{E} , é a tensão em circuito-aberto da bateria, ou seja a tensão aos terminais quando a corrente é zero.

Unidades no SI da força eletromotriz, (f.e.m.) \mathcal{E} , é o Volt (V)

Leis de Kirchhoff

Lei dos nós

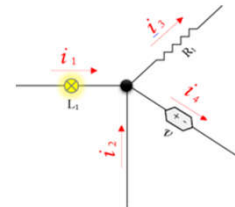
A soma das correntes que entram num nó é igual à soma das correntes que saem do mesmo nó.

Lei das malhas

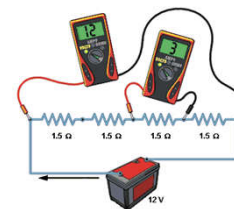
A soma algébrica das variações de potencial em todos os elementos de uma malha fechada é igual a zero.

Nó – é qualquer ponto do circuito onde é possível a divisão de corrente)

$$\sum I_{\text{entram}} = \sum I_{\text{saem}}$$

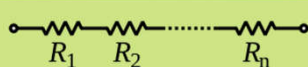
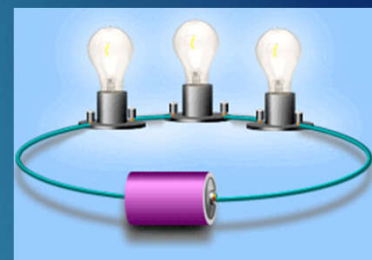
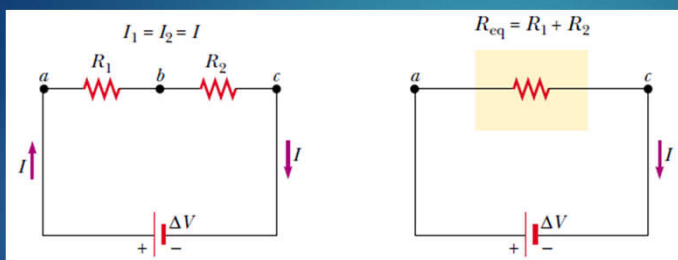


$$\sum_{\text{malha fechada}} \Delta V = 0$$



Associação de resistências

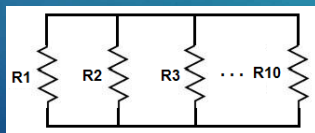
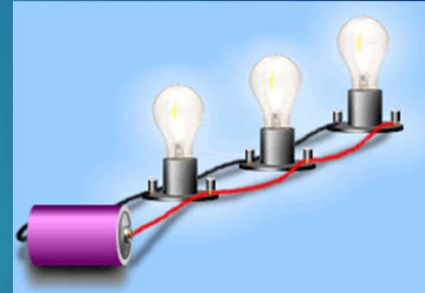
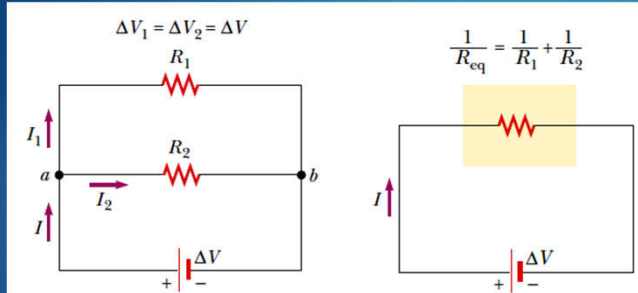
Em série



$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

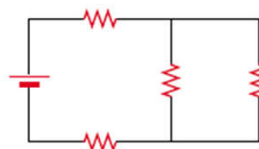
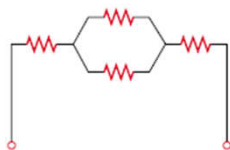
Associação de resistências

Em paralelo

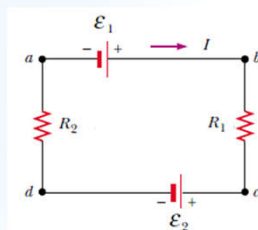


$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

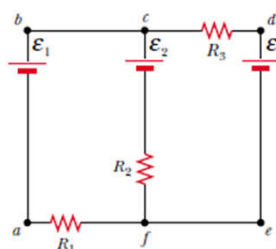
Aplicação das Leis:



$R_{equivalente} = ?$



- $I = ?$
- Potências dissipadas em R_1 e R_2

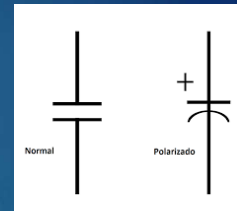


- I , em cada ramo?
- d.d.p. entre c e f

Condensadores

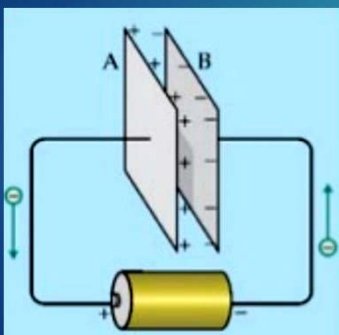


O condensador representa-se pelo seguinte símbolo

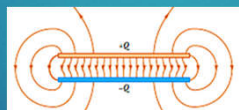


- ▶ Dispositivo elétrico que armazena cargas elétricas no seu interior, portanto armazena energia elétrica.
- ▶ A quantidade de carga que o condensador pode armazenar é definida pela sua capacidade, C .
- ▶ As unidades de capacidade no SI é o Farad (F),
 $1 \text{ Farad} = 1 \text{ Coulomb} / \text{Volt}$

Consideremos um condensador de placas paralelas, este é composto por duas placas condutoras com um material isolante (dielétrico) entre elas. Para carregar as placas do condensador aplica-se uma diferença de potencial entre elas, ΔV , com a ajuda de uma fonte.

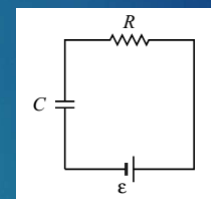


Desprezando o efeito nas bordas do condensador, verificamos que o campo elétrico, \vec{E} , no seu interior é constante.



As placas ficam carregadas com uma densidade de carga σ , aplicando a Lei de Gauss o campo elétrico será: $|\vec{E}| = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

Condensadores



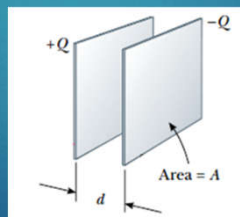
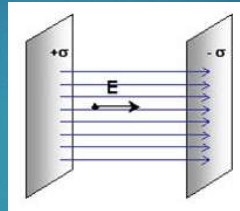
Como a densidade de carga a superfície é a carga total a dividir pela área, $\sigma = \frac{Q}{A}$, substituído na equação do campo elétrico temos:

$$|\vec{E}| = \frac{Q}{A \epsilon_0}$$

Capacidade de um Condensador

Depende da forma e material do condensador e não da carga e nem da diferença de potencial

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$



Permitividade do vazio

Como o campo elétrico é uniforme, a diferença de potencial aos terminais do condensador será: $\Delta V = |\vec{E}| d$

onde d é a distância entre as placas. Relacionado as duas equações temos:

$$\Delta V = \frac{Q}{A \epsilon_0} d$$

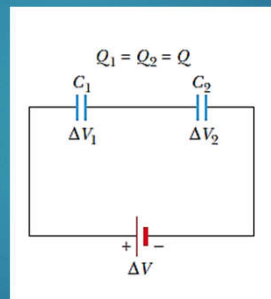
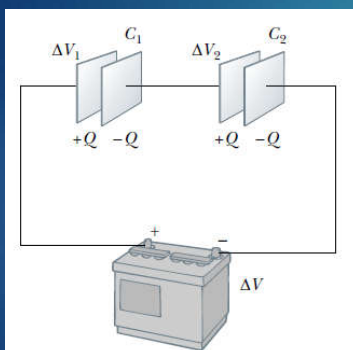
A constante de proporcionalidade entre a carga e a diferença de potencial do condensador é a capacidade (capacitância) do condensador

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

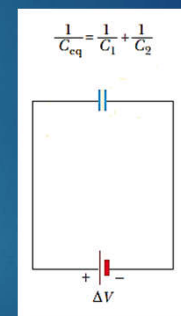
$$\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

Associação de condensadores

Em série



$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

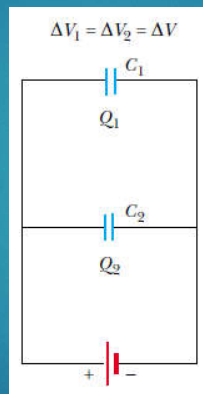
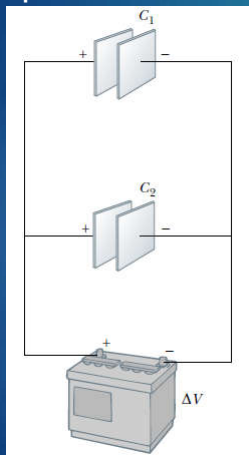


$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

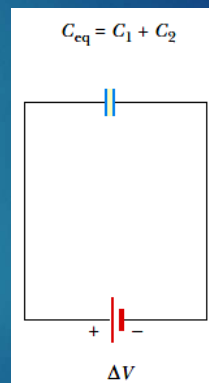
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Associação de condensadores

Em paralelo



$$Q = Q_1 + Q_2$$



$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Carga de um condensador

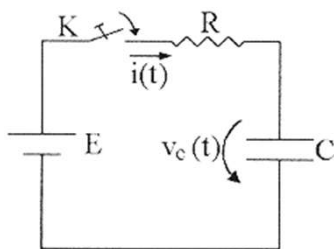
Equação da malha:

$$\Delta V = E = Ri(t) + v_c(t)$$

Onde a intensidade de corrente que passa na malha é: $i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$

e a d.d.p. nos terminais do condensador: $v_c(t) = \frac{q(t)}{C}$

Circuito R- C

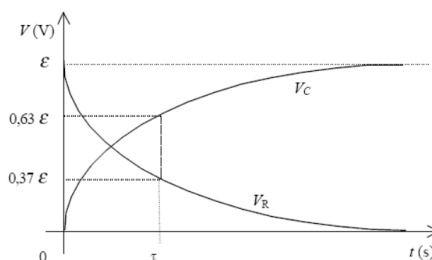


No instante $t = 0$

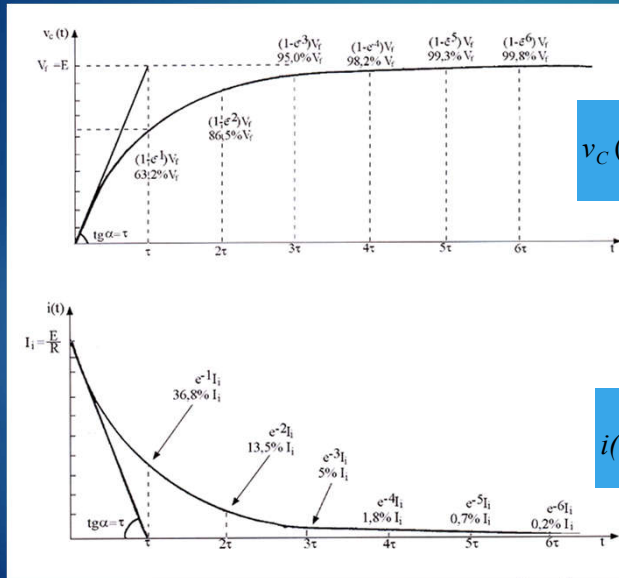
$$\begin{aligned} Q &= 0 \\ V_C &= 0 \\ I &= \frac{V_b}{R} \end{aligned}$$

No instante $t = \infty$

$$\begin{aligned} Q &\rightarrow CV_b \\ V_C &\rightarrow V_b \\ I &\rightarrow 0 \end{aligned}$$



$$E = IR + \frac{Q}{C}$$



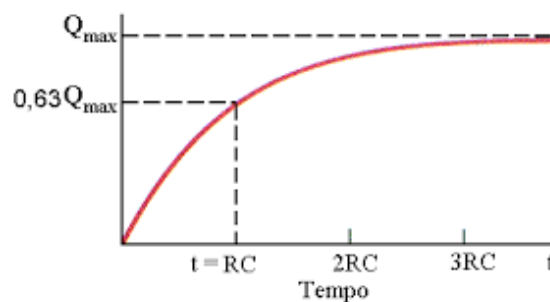
$$v_C(t) = E - Ri(t) = E - R \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

- Constante de tempo (τ), é definida como sendo o tempo necessário para que a carga do condensador atinja aproximadamente 63% do seu valor final

$$\tau = R C$$

A carga está completa para $t = 5\tau$
(a menos de 1%)

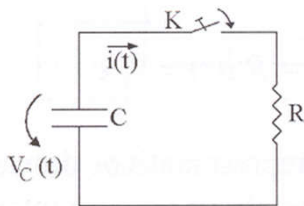


DESCARGA de um condensador

Equação da malha:

$$v_C(t) - Ri(t) = 0 \rightarrow V_C = \frac{Q}{C} = IR$$

Circuito R - C



No instante $t = 0$

$$V_C = V_0$$

$$Q = CV_0$$

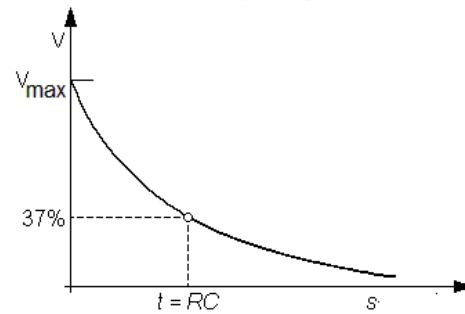
$$I = \frac{V_0}{R}$$

No instante $t = \infty$

$$Q \rightarrow 0$$

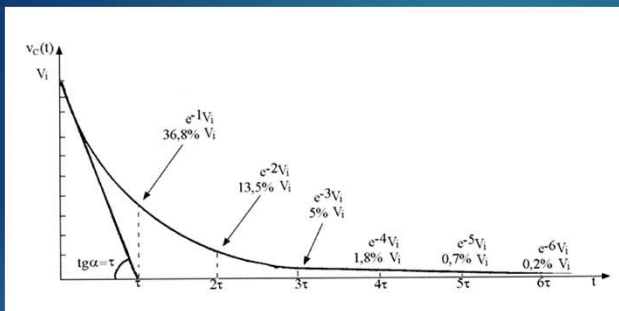
$$V_C \rightarrow 0$$

$$I \rightarrow 0$$



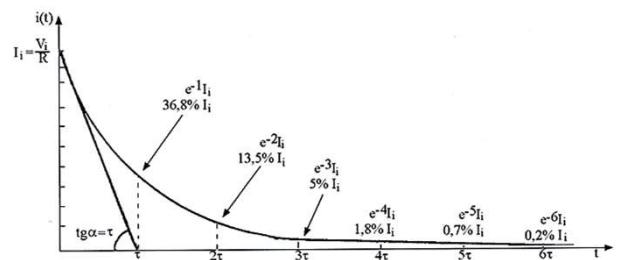
Circuito R - C

DESCARGA DE UM CONDENSADOR



$$v_C(t) = V_i e^{\frac{-t}{\tau}}$$

A descarga está completa para $t = 5\tau$
(a menos de 1%)

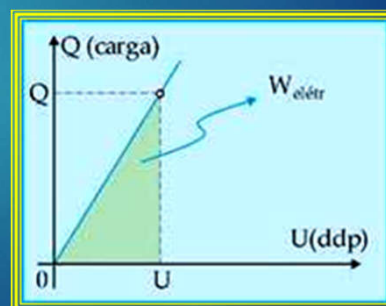
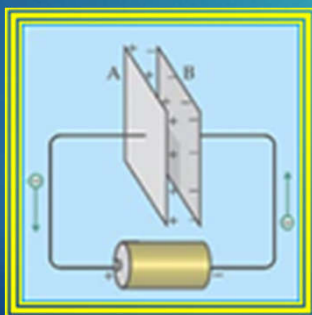


$$i(t) = \frac{V_i}{R} e^{\frac{-t}{\tau}}$$

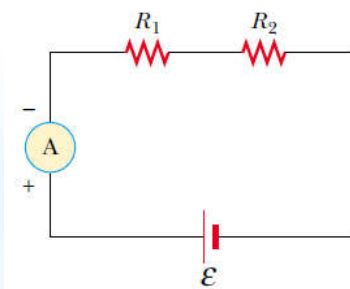
Energia armazenada num campo elétrico

O trabalho realizado, W , para os eletrões se deslocarem da placa A para a placa B do condensador transforma-se em energia potencial, U , do campo elétrico existente entre as placas.

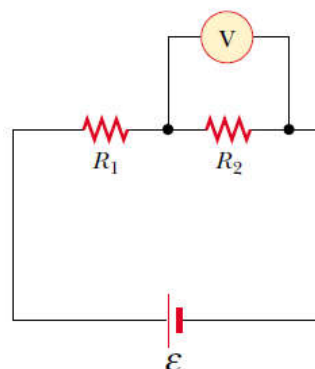
$$U = \frac{1}{2} CV^2$$



Equipamentos de Medida



Amperímetro $\rightarrow R_{\text{int}} \cong 0$
Medir a corrente



Voltímetro $\rightarrow R_{\text{int}} \cong \infty$
Medir tensões, d.d.p.

Bibliografia

- ▶ Halliday e Resnick, "Fundamentos de Física - Eletromagnetismo", vol 3, 9ª Edição
- ▶ Paul A. Tipler e Gene Mosca, "Física", vol 2, 5ª Edição.