

Física Experimental III

2º Semestre de 2023

Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da Silva

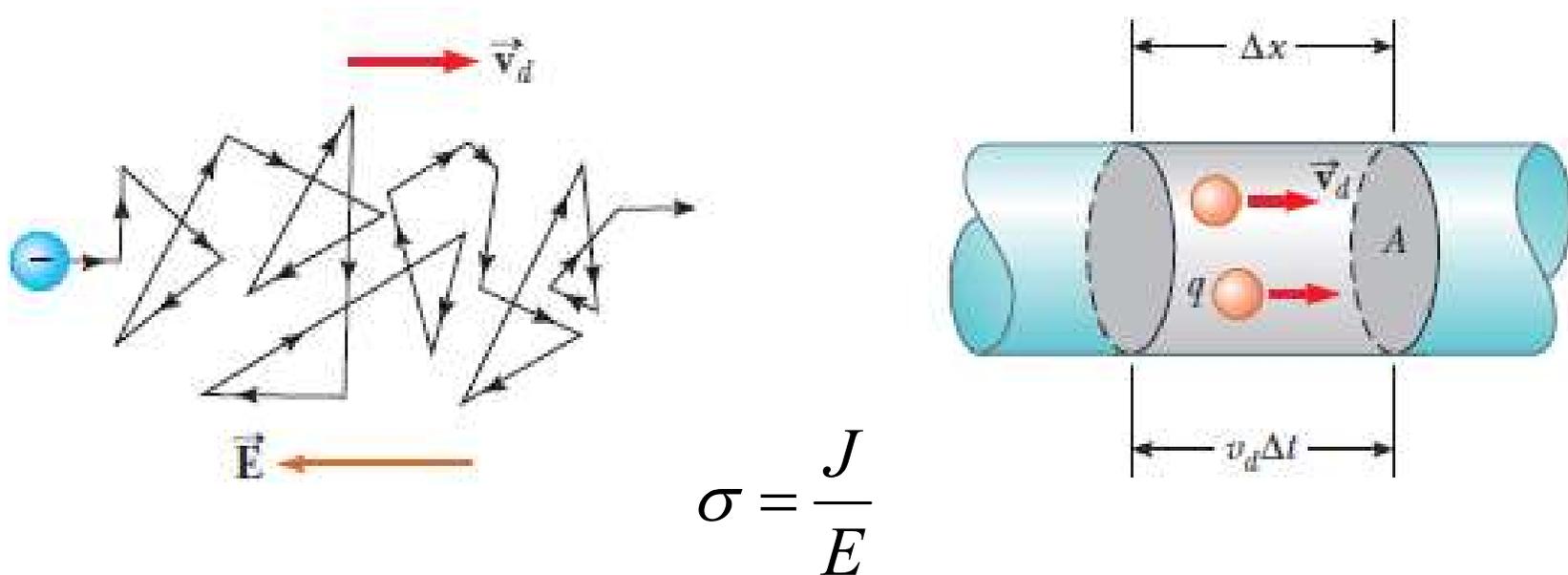
- ***Resistividade em função da Temperatura***
- ***Capacitores e capacitância***

Resistividade em função da Temperatura

- Condutividade e resistividade
- Resistividade como função da Temperatura
- Resistência como função da Temperatura
- Curva de Resistividade em função da Temperatura
 - Metal
 - Semicondutor
 - Supercondutor

Condutividade

Num **condutor de cobre**, a corrente é provocada pelo movimento de elétrons (carga negativa). Então, quando falamos de uma corrente num condutor comum, a **direção da corrente é oposta à direção do movimento dos elétrons**.



Condutividade e resistividade

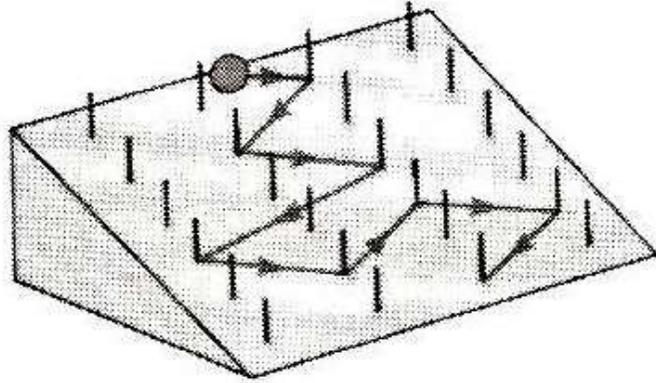
O inverso da condutividade do material é a resistividade

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

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

A = área da secção transversal do condutor
 l = comprimento do condutor

Resistividade como função da Temperatura



Analogia a um sistema mecânico, do movimento dos portadores de carga na presença de um campo elétrico.

Excesso de energia adquirido pelos elétrons, no campo elétrico, se perde para o condutor no processo de condução. Essa energia, cedida aos átomos nas colisões, aumenta a energia vibracional dos átomos e provoca o aquecimento do condutor.

Resistividade como função da Temperatura

A resistividade de um condutor depende de diversos fatores, um dos quais é a temperatura.

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

α = Coeficiente de temperatura da resistividade

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{\Delta\rho}{\Delta T} = \frac{1}{\rho_0} \frac{\rho - \rho_0}{T - T_0}$$

Resistivities and Temperature Coefficients of Resistivity for Various Materials (at 20°C)

Material	Resistivity ($\Omega \cdot \text{m}$)	Temperature Coefficient of Resistivity [(°C) ⁻¹]
Silver	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Copper	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Gold	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Aluminum	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungsten	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Iron	10.0×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Platinum	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}
Lead	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Nichrome ^a	150×10^{-8}	0.4×10^{-3}
Carbon	3.5×10^5	-0.5×10^{-3}
Germanium	0.46	-48×10^{-3}
Silicon	640	-75×10^{-3}
Glass	10^{10} – 10^{14}	
Hard rubber	$\approx 10^{13}$	
Sulfur	10^{15}	
Quartz (fused)	75×10^{16}	

^aA nickel–chromium alloy commonly used in heating elements.

Resistência como função da Temperatura

Uma vez que a resistência é proporcional à resistividade, temos que:

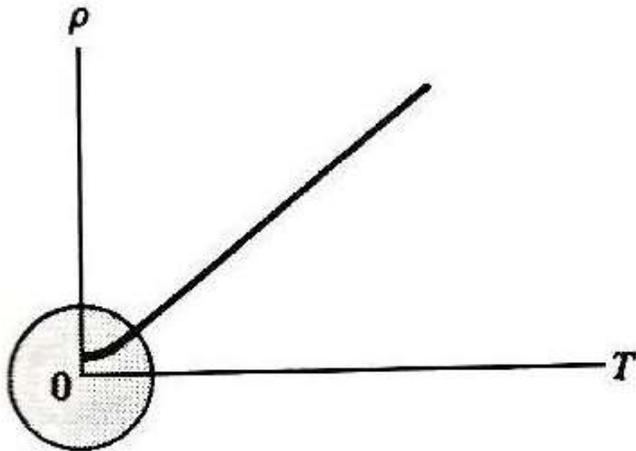
$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$



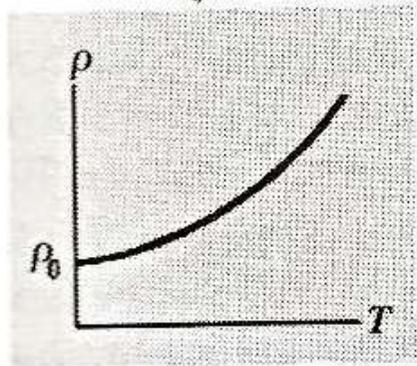
$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \frac{\Delta R}{\Delta T} = \frac{1}{R_0} \frac{R - R_0}{T - T_0}$$

Curva de Resistividade em função da Temperatura



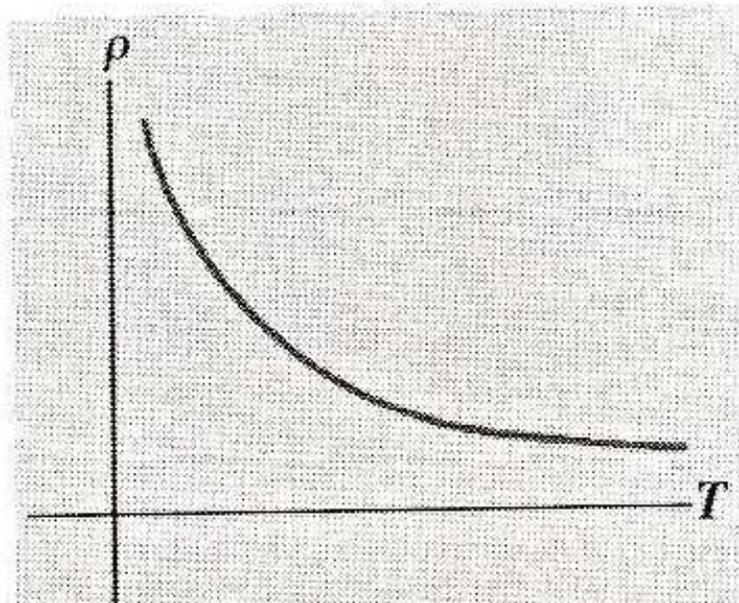
Resistividade em temperaturas elevada é dominada pelas colisões dos elétrons com os átomos metálicos.



Resistividade residual: colisões dos elétrons com impurezas e imperfeições do metal.

Metal

Curva de Resistividade em função da Temperatura

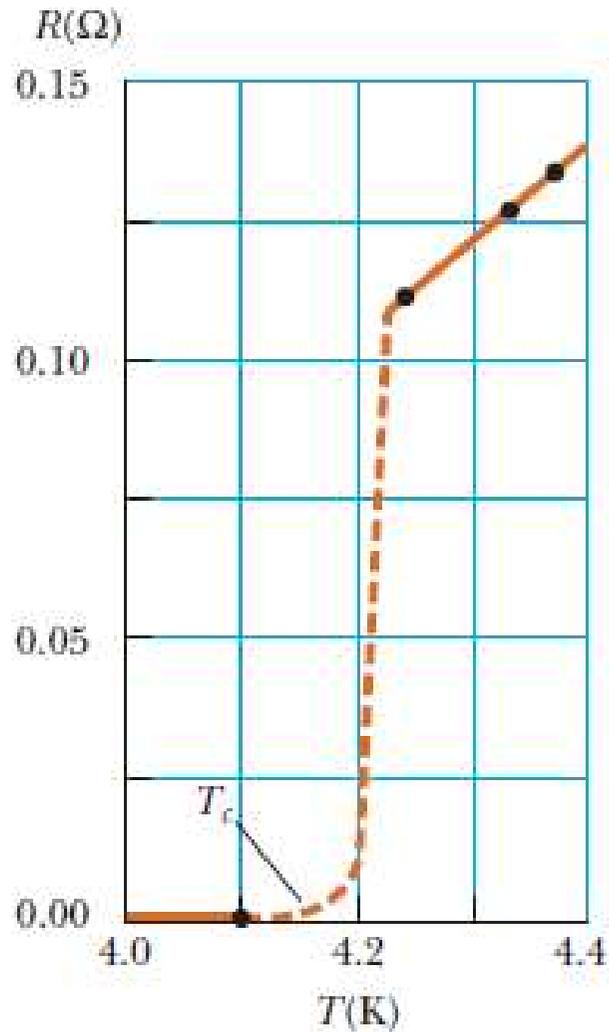


Semicondutor

Coeficiente de temperatura da resistividade negativo.

Isso se deve à elevação da densidade de portadores de carga nas temperaturas mais altas.

Curva de Resistência em função da Temperatura



Supercondutor

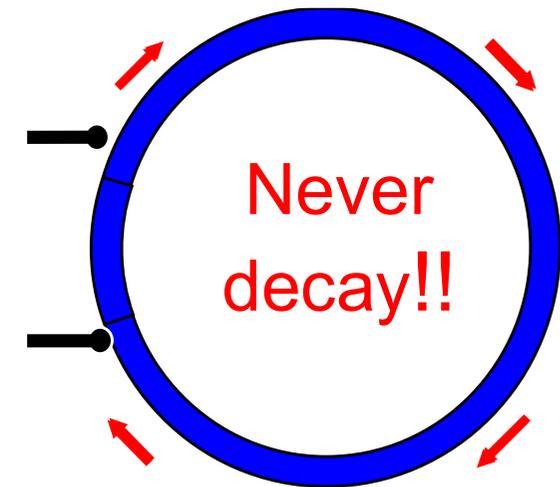
A resistência cai praticamente a zero abaixo de uma certa **temperatura crítica, T_c** .

Resistividade: $4 \times 10^{-25} \Omega.m$

10^{17} vezes menor que o cobre

Critical Temperatures for Various Superconductors

Material	T_c (K)
Zn	0.88
Al	1.19
Sn	3.72
Hg	4.15
Pb	7.18
Nb	9.46
Nb ₃ Sn	18.05
Nb ₃ Ge	23.2
YBa ₂ Cu ₃ O ₇	90
Bi-Sr-Ca-Cu-O	105
Tl-Ba-Ca-Cu-O	125
HgBa ₂ Ca ₂ Cu ₃ O ₈	134



Experimento:

Resistência em função da Temperatura

Objetivos

- Analisar a curva de resistência em função da temperatura para um metal.
- Encontrar o valor do coeficiente de temperatura da resistividade.
- Aprender a utilizar um termopar para medição de temperatura.

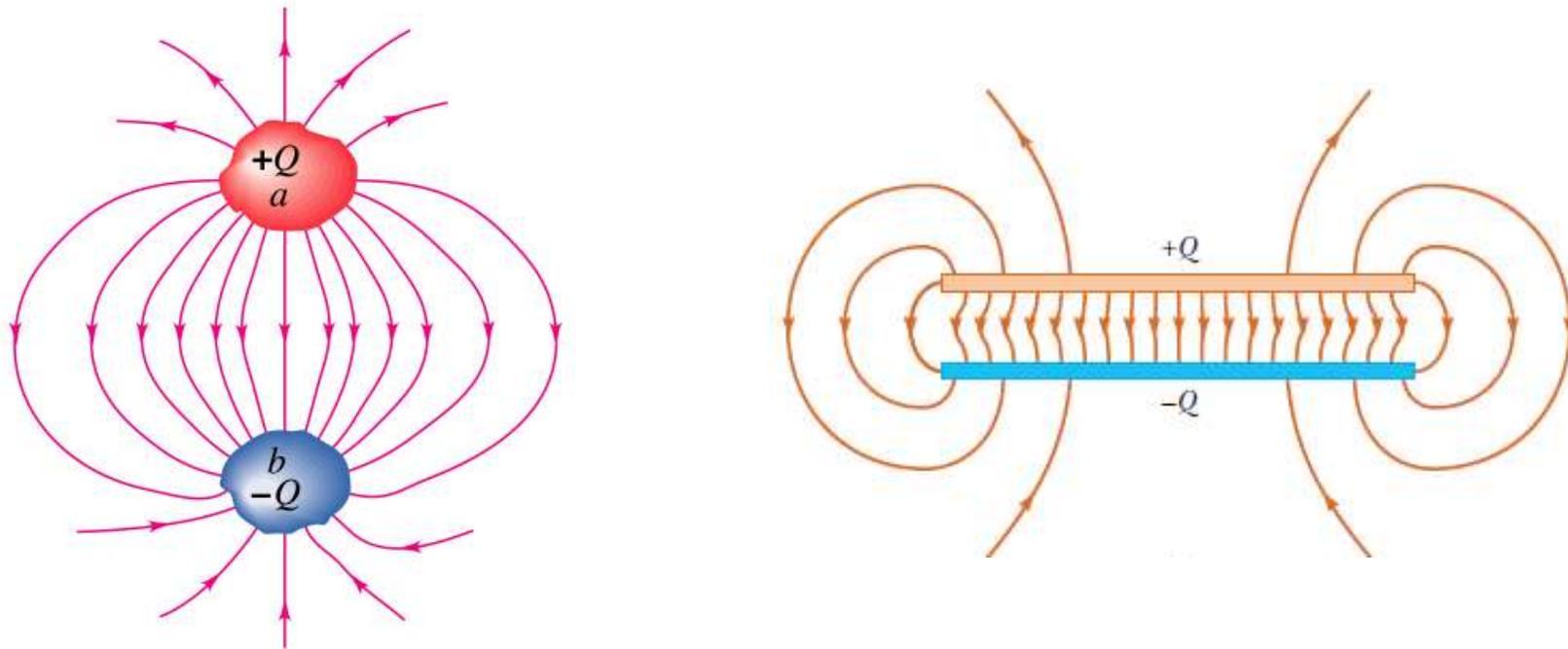
Capacitor e capacitância

- O capacitor e a capacitância
- Aplicações de capacitores
- Combinações de capacitores
- Capacitores com dielétricos
- Tipos de capacitores

O capacitor e a capacitância

- O capacitor se constitui, essencialmente, de dois condutores separados por um isolante.
- A capacitância depende da sua forma geométrica e da natureza do material que separa os condutores carregados.

O capacitor e a capacitância



Dois condutores com uma diferença de potencial V entre eles, com cargas iguais, porém opostas. O que se consegue ligando-se os condutores aos terminais de uma bateria.

Essa combinação de condutores chama-se capacitor.

A **capacitância**, C , de um capacitor é a razão entre o módulo da carga em qualquer dos dois condutores e o módulo da diferença de potencial entre os condutores:

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

Sempre uma carga positiva.

Capacitância de um dispositivo é uma medida da capacidade que o dispositivo possui de armazenar carga e energia potencial elétrica.

A unidade é o Farad [F].

Aplicações de capacitores

- Para sintonizar a frequência dos radio-capacitores.
- Filtros, nas fonte de potência.
- Supressores de centelha, nos sistemas de ignição dos motores de automóveis.
- Armazenadores de energia nas unidades de *flash* eletrônico.

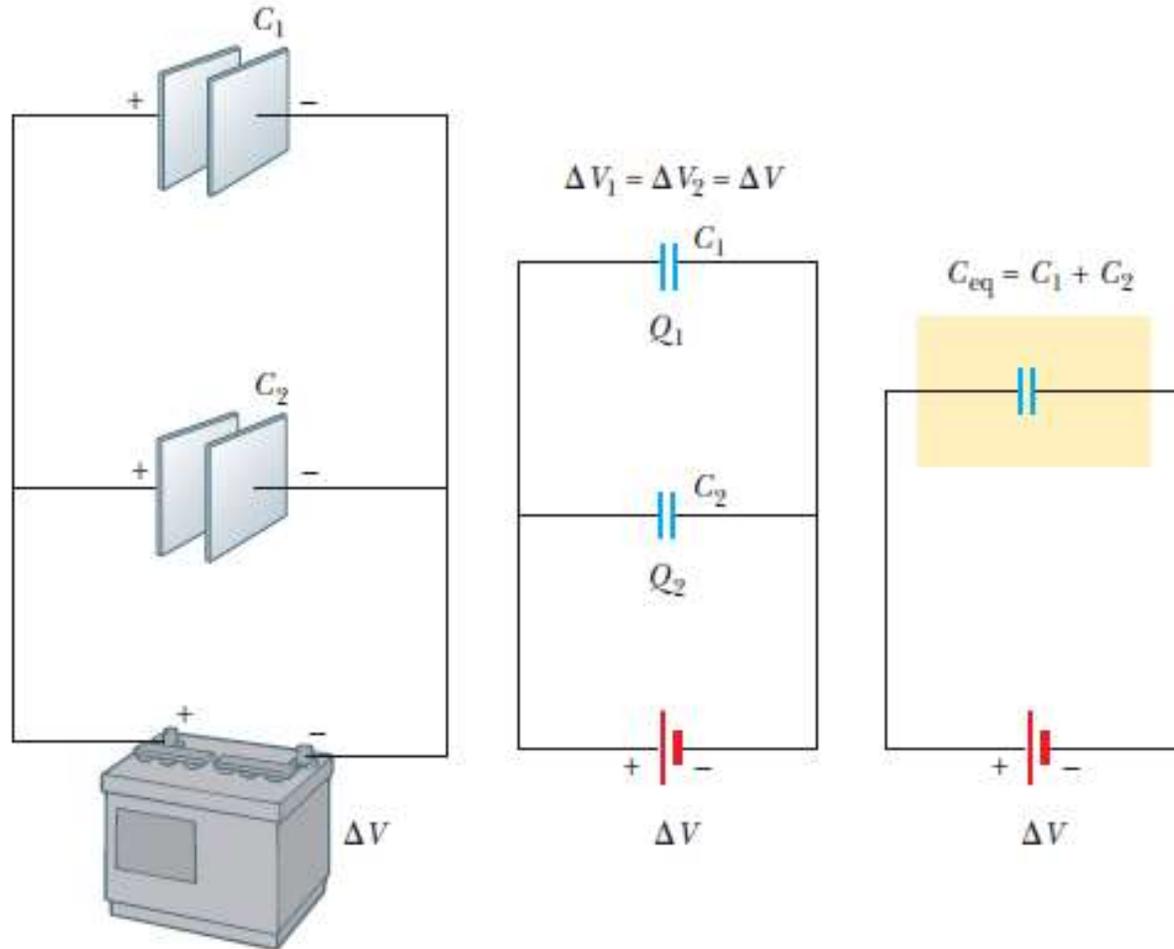
Combinações de capacitores

Dois ou mais capacitores muitas vezes se combinam nos circuitos e pode-se achar capacitâncias equivalentes.



Ligação em paralelo

A diferença de potencial, em cada capacitor, é igual nos dois capacitores e igual à voltagem da bateria.



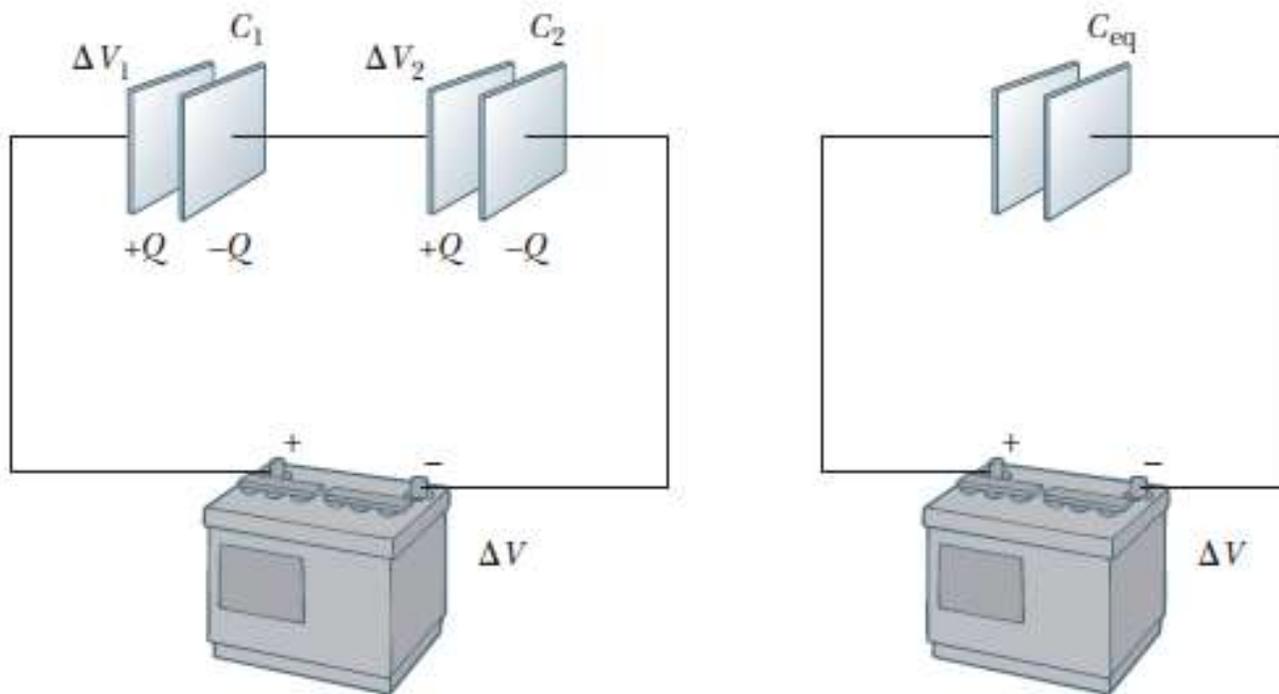
$$\rightarrow Q = Q_1 + Q_2$$

$$\rightarrow \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V$$

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

Ligação em série

A carga deve ser a mesma em todas as placas.



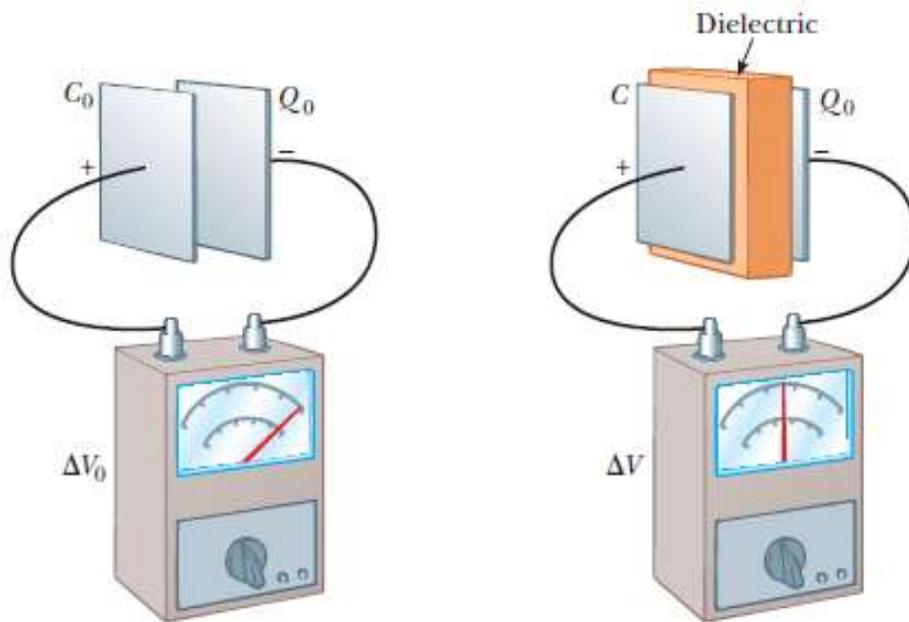
$$\rightarrow Q = Q_1 = Q_2$$

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

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

Capacitores com dielétricos

Dielétrico é um material não condutor, como borracha, vidro ou papel encerado. Quando se insere um material dielétrico entre as placas de um capacitor, a capacitância aumenta. Se o dielétrico encher completamente o espaço entre as placas, a capacitância aumenta por um fator adimensional κ denominado **constante dielétrica**.



$$\Delta V = \frac{\Delta V_0}{\kappa}$$
$$C = \frac{Q_0}{\Delta V} = \frac{Q_0}{\Delta V_0 / \kappa} = \frac{\kappa Q_0}{\Delta V_0}$$

$$C = \kappa C_0$$

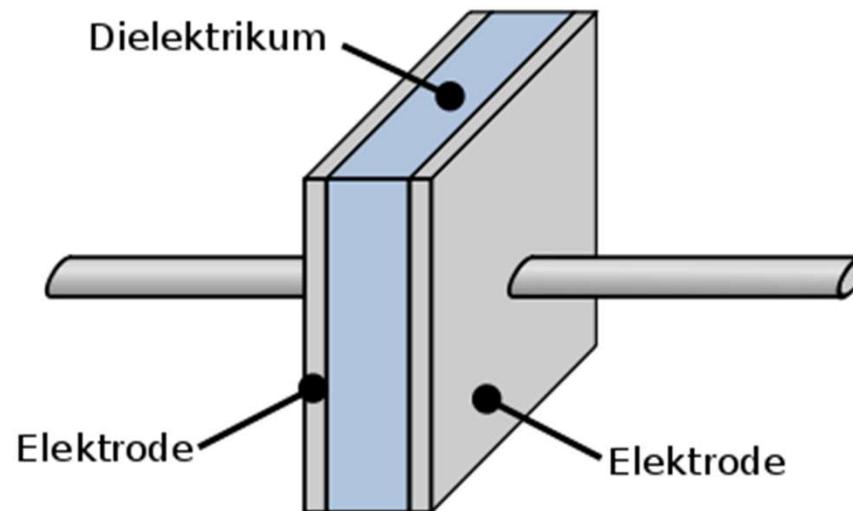
Para uma dada separação entre os condutores do capacitor, a voltagem máxima que pode ser aplicada a um capacitor, sem provocar descarga, depende da **rigidez dielétrica** (intensidade máxima do campo elétrico) do dielétrico.

Se o campo elétrico exceder a rigidez, as propriedades isolantes desaparecem, e o meio principia a conduzir.



Um dielétrico proporciona as seguintes vantagens:

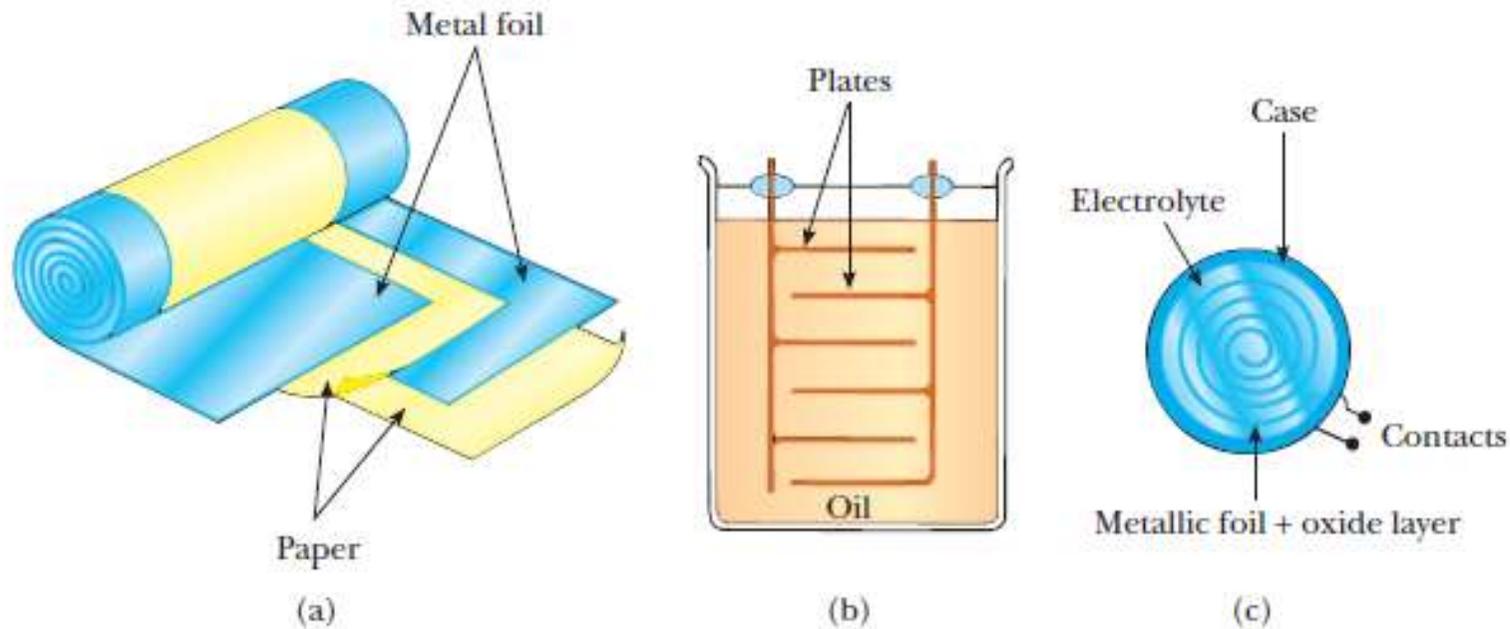
- Aumenta a capacitância de um capacitor.
- Eleva a voltagem operacional máxima de um capacitor.
- Proporciona suporte mecânico entre placas condutoras.



Dielectric Constants and Dielectric Strengths of Various Materials at Room Temperature

Material	Dielectric Constant κ	Dielectric Strength (V/m)
Vacuum	1.000 00	—
Air	1.000 59	3×10^6
Bakelite [®]	4.9	24×10^6
Fused quartz	3.78	8×10^6
Pyrex [®] glass	5.6	14×10^6
Polystyrene	2.56	24×10^6
Teflon [®]	2.1	60×10^6
Neoprene rubber	6.7	12×10^6
Nylon	3.4	14×10^6
Paper	3.7	16×10^6
Strontium titanate	233	8×10^6
Water	80	—
Silicone oil	2.5	15×10^6

Tipos de Capacitores



Três modelos de capacitores comerciais.

(a) Capacitor de papel, cujas placas são separadas por uma tira de papel e enroladas na forma de um cilindro.

(b) Capacitor de alta voltagem com as placas separadas por óleo isolante.

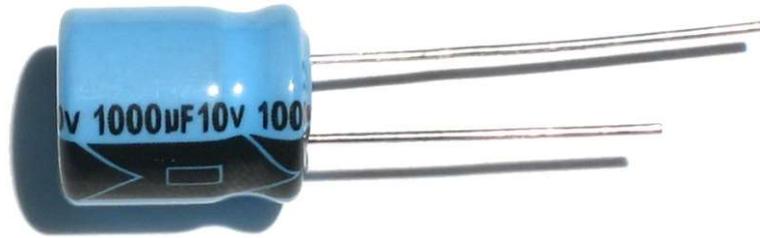
(c) Capacitor eletrolítico, para grande quantidade de carga em baixas voltagens.

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Capacitores



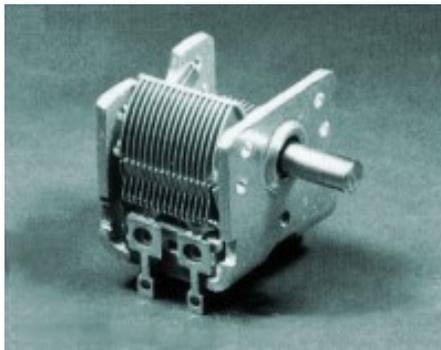
Cerâmico



Eletrolítico



Alta capacitância



Variável



Alta voltagem

Experimento:

Circuito RC

Objetivos

- Verificar o decaimento da tensão elétrica em função do tempo.
- Determinar a constante de carregamento.
- Determinar o valor da capacitância do capacitor.