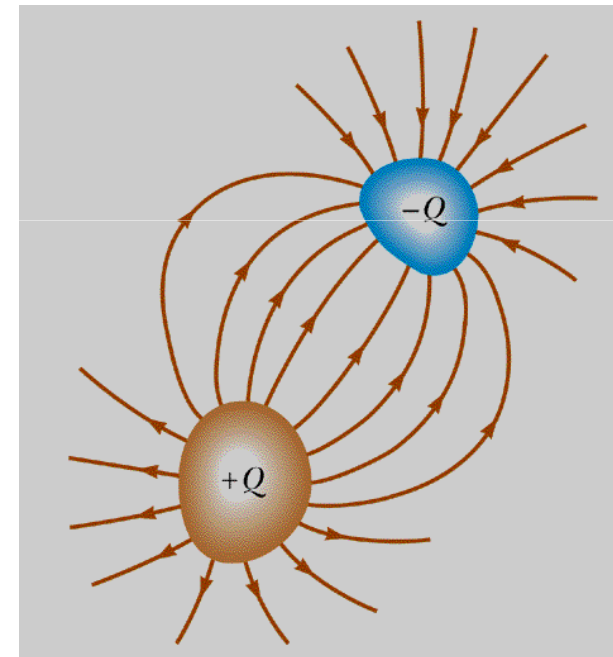


Aula 5

- **Capacitância**

Capacitor

- Componente elétrico usado em circuitos.
- **Função:** armazenar cargas
- Dois condutores carregados de qualquer formato e tendo uma ddp (ΔV) entre eles.



Capacitância - C

Capacitância é a propriedade que quantifica a capacidade de armazenar cargas do capacitor.

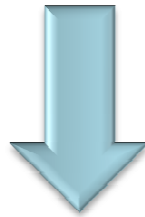
$$C \equiv \frac{Q}{\Delta V}$$

A capacitância é sempre positiva e por isto, ΔV deve ser tomada em módulo ($C > 0$).

Como ΔV é proporcional à carga, a capacitância é constante para um determinado capacitor.

Unidade de Capacitância

A unidade capacitância é farad (F):



$$[\text{capacitância}] = \text{Coulomb/Volt} = \text{C/V} = \text{F}$$

dispositivos: $C \sim 10^{-6}$ a 10^{-12} F

Do que depende a capacitância?

1º) ARRANJO GEOMÉTRICO DOS CONDUTORES

2º) MATERIAL COLOCADO ENTRE OS CONDUTORES

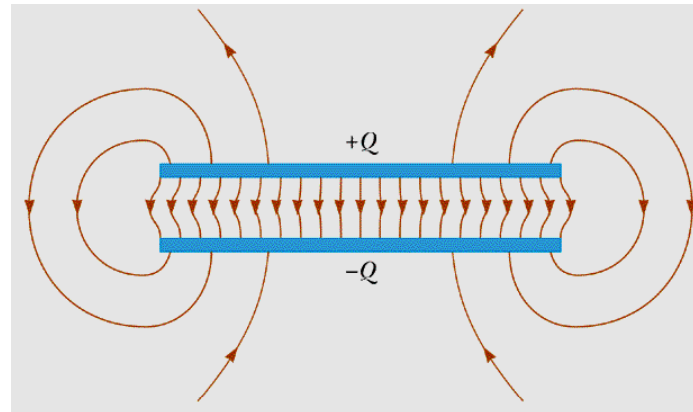
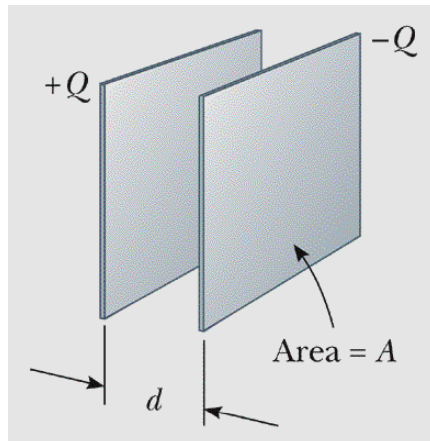
Condutor esférico: carga Q ; raio R
Adota-se o segundo condutor seria esférico de raio infinito:

$$V_A - V_B = V_{esfera} - V_{\infty} = V_{esfera} = \frac{kQ}{R}$$

$$C \equiv \frac{Q}{\Delta V} \rightarrow C \equiv \frac{Q}{kQ/R} = \frac{R}{k} = 4\pi\epsilon_0 R$$

Independente de Q e de ΔV !!

Capacitor de Placas Paralelas



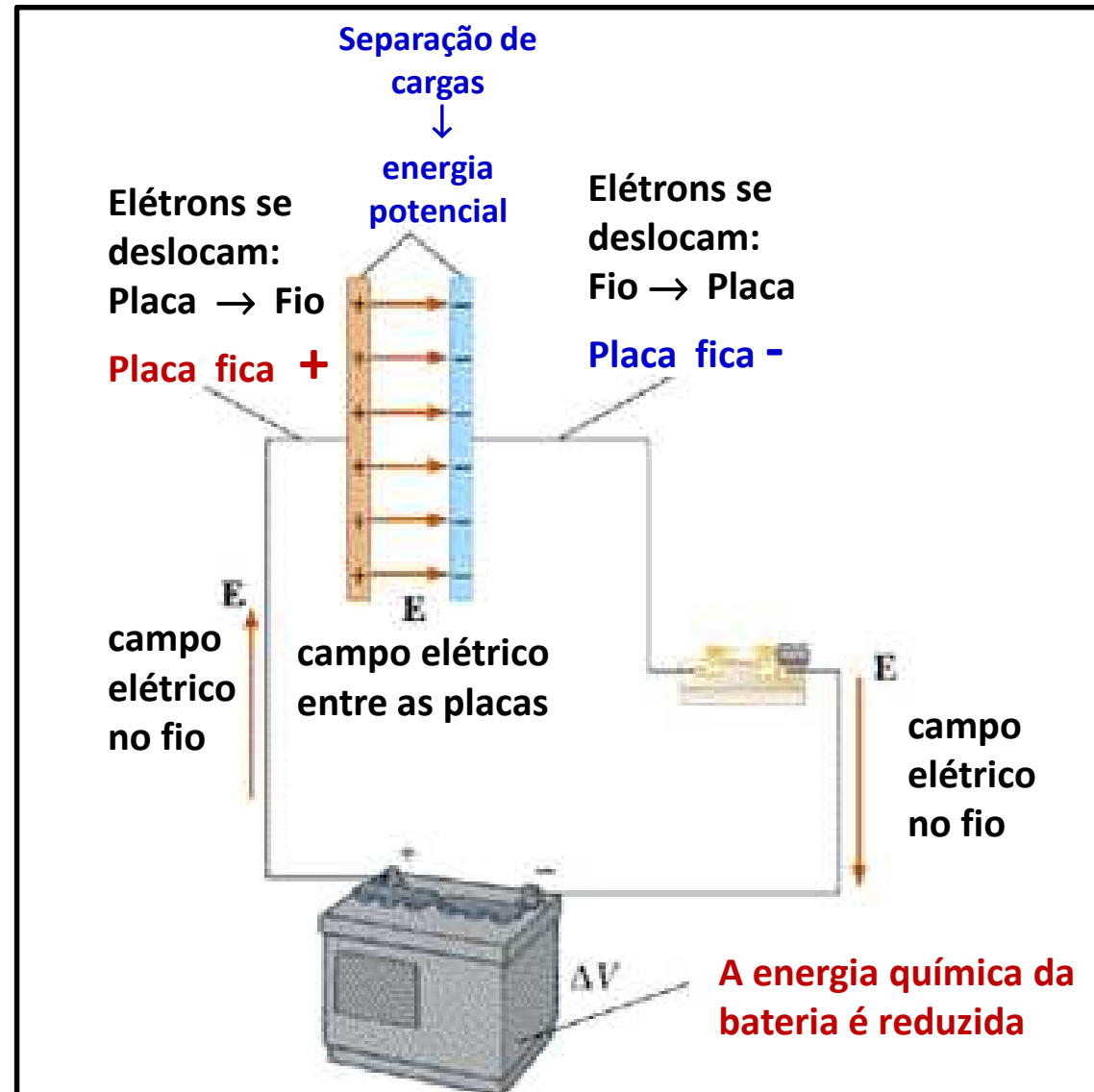
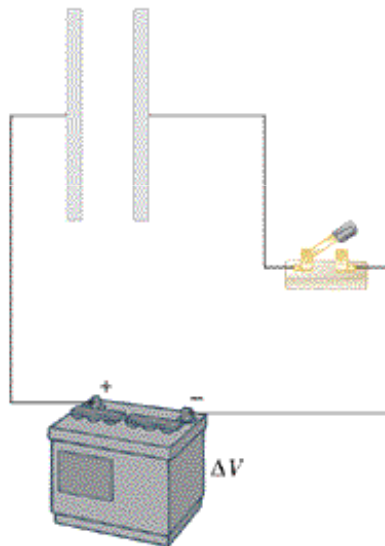
A capacitância de um capacitor de placas paralelas é proporcional à área de suas placas e inversamente proporcional à separação das placas.

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{Q}{A} \quad \rightarrow \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{A\epsilon_0} \\ \Delta V &= E \cdot d = \frac{Qd}{A\epsilon_0} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta V}{Q} = \frac{1}{C} = \frac{d}{A\epsilon_0} \quad \rightarrow \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{d}\end{aligned}$$

Carregando um Capacitor

Chave é fechada

Circuito:
bateria + capacitor
+ chave



Exemplo 20.7 – Capacitor de placas paralelas

- Um capacitor de placas paralelas tem uma área $A = 2,00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ e uma separação entre as placas $d=1,00 \text{ mm}$. Encontre sua capacitância.

Capacitor Cilíndrico

Para um cilindro de raio r e comprimento ℓ :

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$



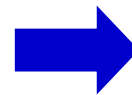
$$V_b - V_a = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s}$$



$$V_b - V_a = - \int_a^b \frac{2k\lambda}{r} dr = -2k\lambda \ln r \Big|_a^b$$

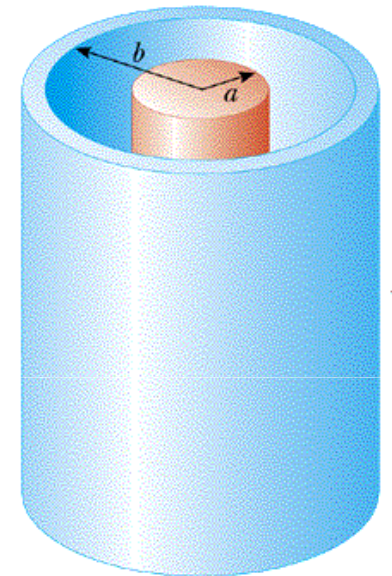


$$V_b - V_a = -2k\lambda \ln \frac{b}{a}$$

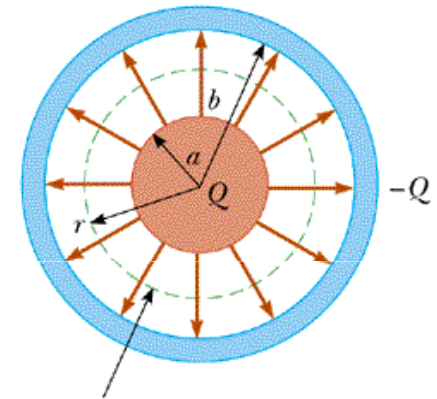


$$C = \frac{Q}{|\Delta V|} = \frac{\ell}{2k \ln \frac{b}{a}}$$

Cabo coaxial: blindagem



$$\ell \gg a \text{ e } \ell \gg b$$

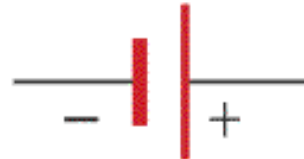


Símbolos

capacitor



bateria

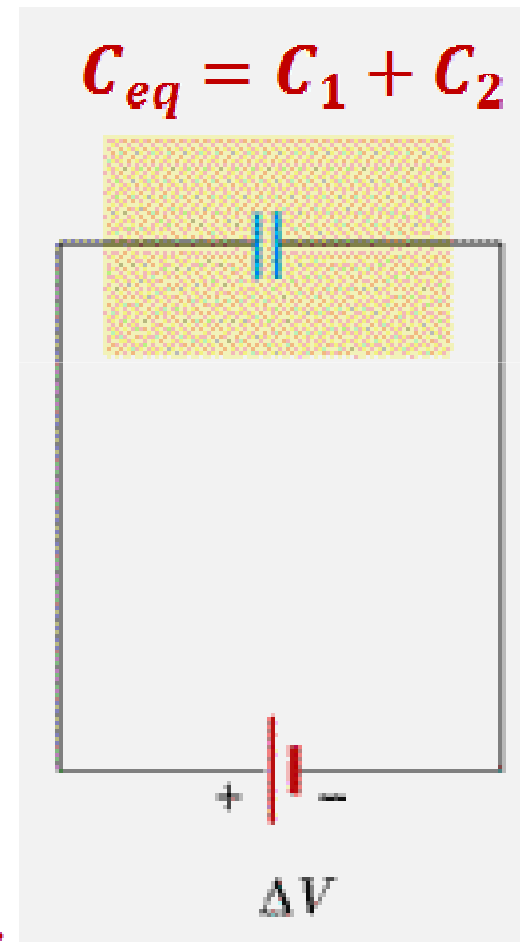
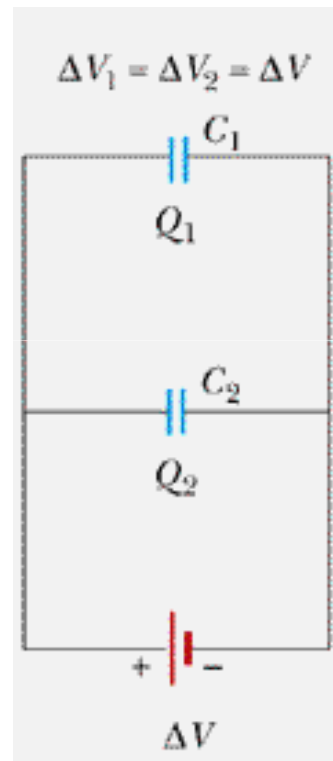
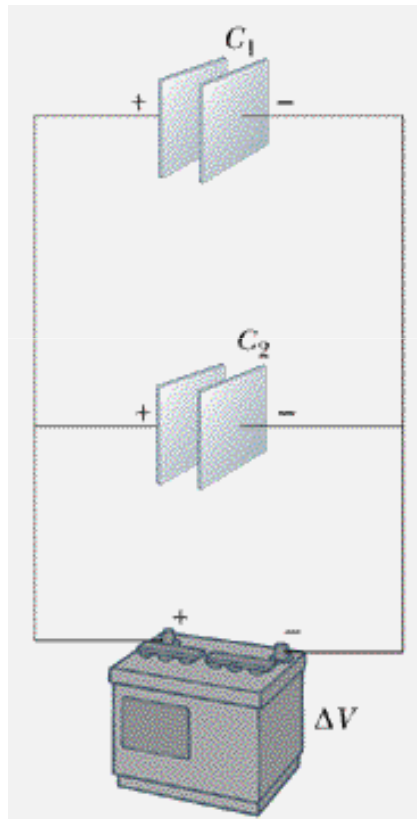


chave



Combinações de Capacitores

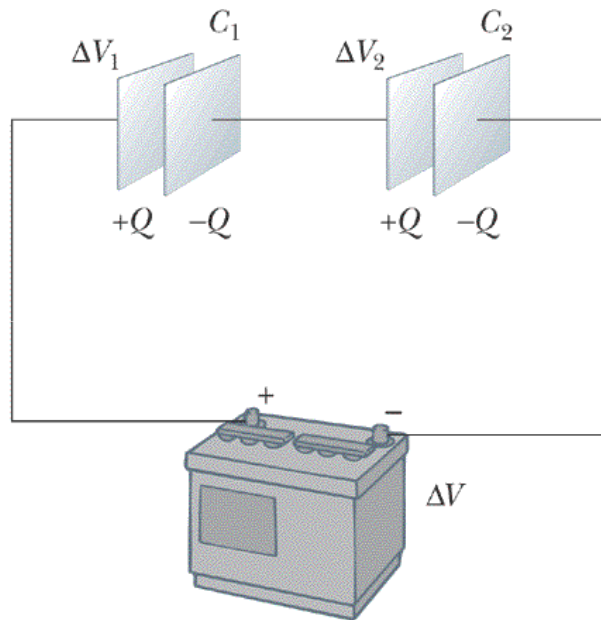
EM PARALELO: a diferença de potencial em cada capacitor é a mesma da bateria



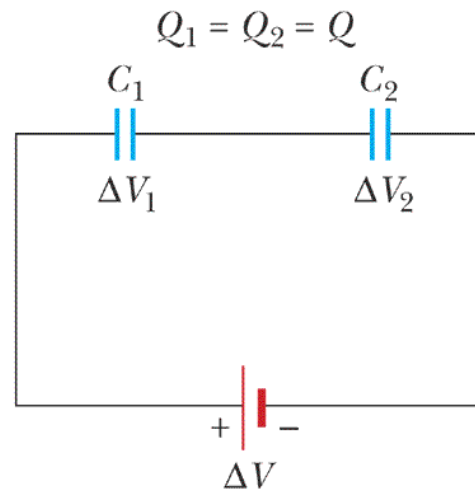
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

Combinações de Capacitores

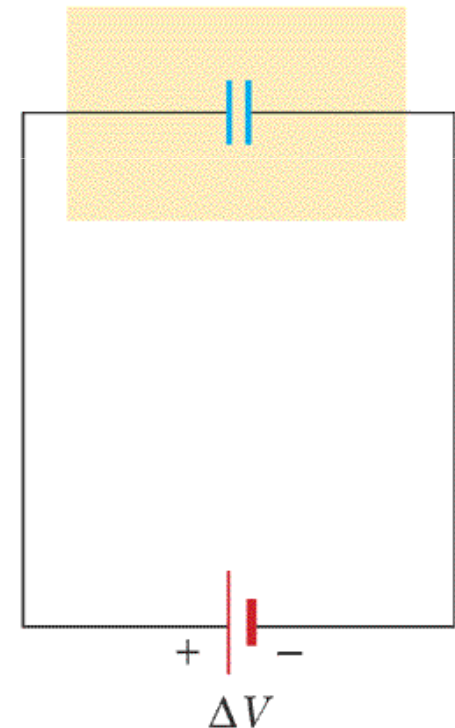
EM SÉRIE : a magnitude da carga é a mesma em cada capacitor



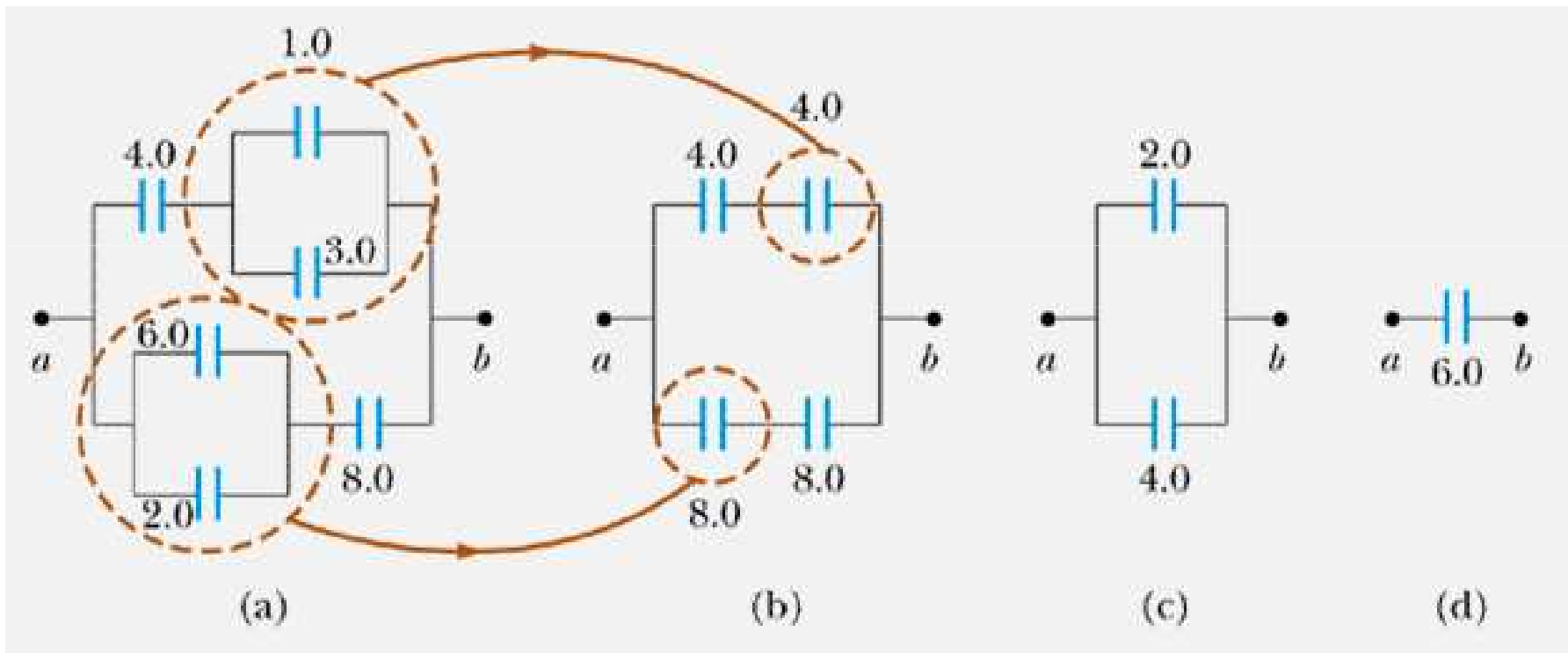
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$



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



Exemplo 20.8 – Capacitância Equivalente



Energia Acumulada em um Capacitor Carregado

Imagine que:

- um agente externo capture pequenas quantidades de carga e as transfira de uma placa para outra.
- q seja a carga em algum instante deste carregamento e $\Delta V = q/C$.
- que o agente externo transfira um incremento adicional de carga dq da placa de carga $-q$ para a de carga $+q$ (que está em um potencial mais elevado), aplicando uma força na carga dq para deslocá-la através do campo elétrico das placas.

Energia Acumulada em um Capacitor Carregado - continuação

O trabalho necessário para transferir um incremento de carga dq de uma placa para a outra é:

$$dW = \Delta V dq = \frac{q}{C} dq$$

O trabalho total necessário para carregar o capacitor de $q=0$ a $q=Q$ é:

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{Q^2}{2C}$$

O trabalho W realizado pelo agente externo sobre o sistema
= energia potencial U armazenada no sistema

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} Q \Delta V = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2$$

$$U = \frac{1}{2} \epsilon_0 A d \cdot E^2$$

Densidade de energia $\rightarrow$

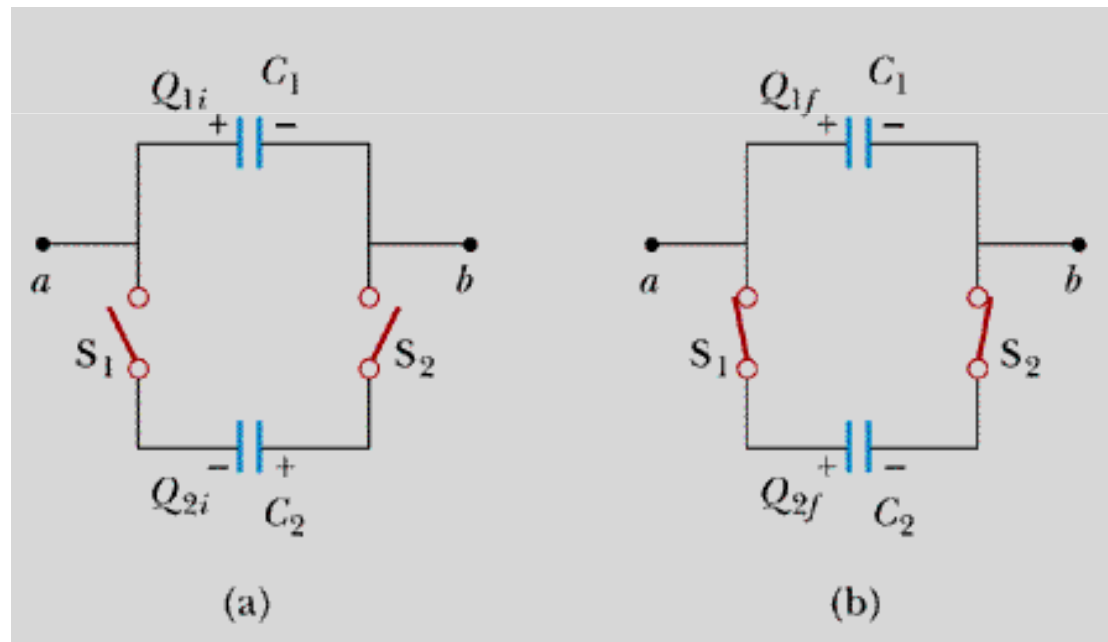
$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 \cdot E^2$$

Exemplo 20.8 – Reconectando dois capacitores carregados

- Dois capacitores com capacitâncias C_1 e C_2 (onde $C_1 > C_2$) estão carregados à mesma diferença de potencial ΔV_i . Os capacitores carregados são separados da bateria e suas placas são conectadas conforme Fig (a). As chaves S_1 e S_2 são então fechadas como na Fig. (b).

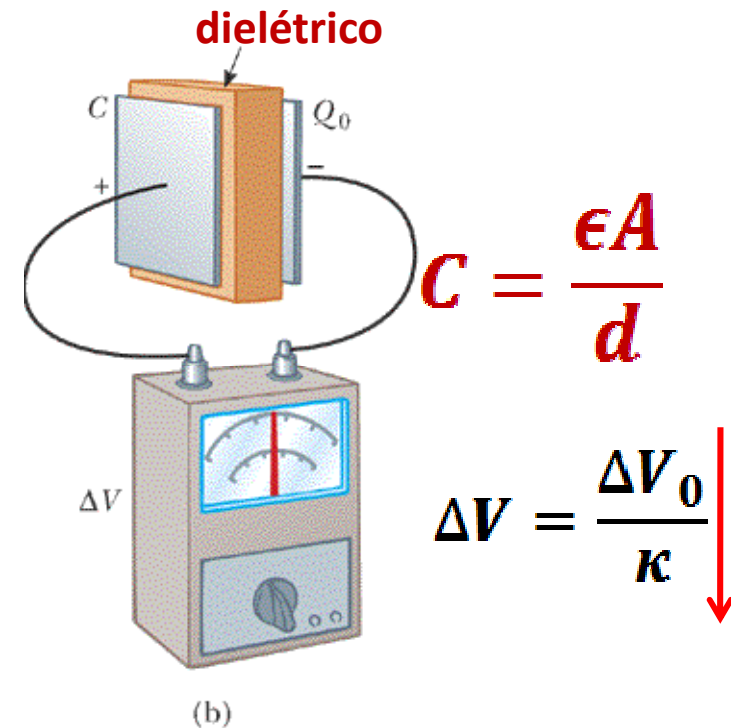
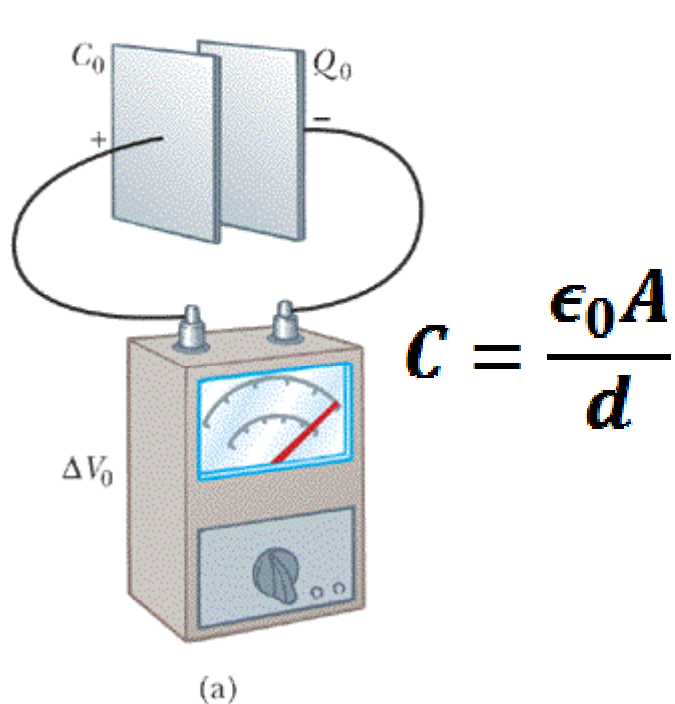
(a) Encontre a diferença de potencial final entre as placas.

(b) Encontre a energia total armazenada antes e depois das chaves serem fechadas, e a razão entre elas.



Capacitores com dielétricos

Dielétrico → material isolante entre as placas dos capacitor



Constante Dielétrica

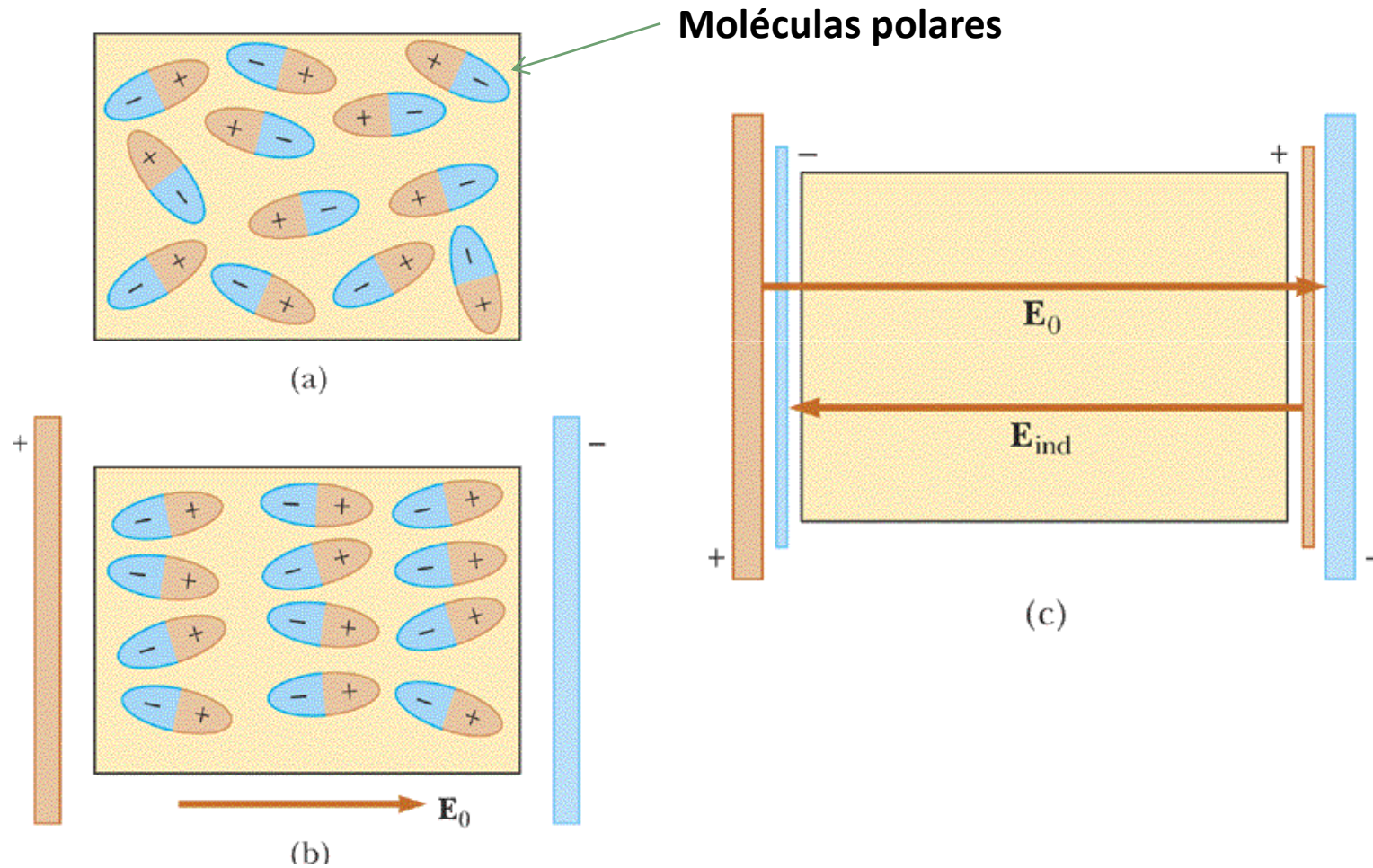


$$\kappa = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$



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

Material Dielétrico entre as Placas



Constante dielétrica - κ

Rigidez Dielétrica

Rigidez Dielétrica = campo elétrico máximo que o material dielétrico suporta.

TABELA 20.1 Constante Dielétrica e Rigidez Dielétrica de Diversos Materiais à Temperatura Ambiente		
Material	Constante Dielétrica κ	Rigidez Dielétrica ^a (V/m)
Vácuo	1,00000	—
Ar (seco)	1,00059	3×10^6
Baquelita	4,9	24×10^6
Quartzo fundido	3,78	8×10^6
Vidro pirex	5,6	14×10^6
Poliestireno	2,56	24×10^6
Teflon	2,1	60×10^6
Borracha de neopreno	6,7	12×10^6
Náilon	3,4	14×10^6
Papel	3,7	16×10^6
Titanato de estrôncio	233	8×10^6
Água	80	—
Óleo de silicone	2,5	15×10^6

^a A rigidez dielétrica é igual ao campo elétrico máximo que pode existir em um dielétrico sem provocar rompimento dielétrico.

Atmosfera como um Capacitor

Placa negativa
Superfície da Terra

Placa positiva
Cargas da Atmosfera

