



## Capacidade e dieléctricos

Energia de condensadores carregados.

Definição de dieléctrico.

Efeitos do campo eléctrico nos dieléctricos.

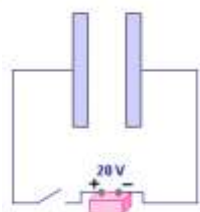
Condensadores com dieléctricos.



Um dos equipamentos em que os condensadores são de uma grande importância é nos desfibriladores. No condensador destes equipamentos podem ser armazenados cerca de 360 J de energia que pode ser transferida para o paciente em cerca de 2 ms.

(Esta energia corresponde a cerca de 3000 vezes a energia de uma lâmpada de 60 W).

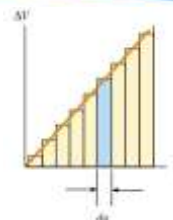
O choque eléctrico pára a fibrilação (contrações cardíacas arritmadas) que acontecem quando há ataques cardíacos, e ajudam a restabelecer o ritmo cardíaco.



Quando um condensador de capacidade  $C$  é carregado, à medida que a carga é "armazenada" a diferença de potencial entre as duas placas vai aumentando.

O trabalho necessário para transferir a carga  $dq$ , é:

$$dW = \Delta V dq$$



O trabalho total para carregar o condensador de  $Q=0$  até  $Q=Q$ , será:

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

O trabalho ( $W$ ) efectuado no processo de carga de um condensador é uma medida da energia transferida ou uma medida da energia potencial eléctrica armazenada pelo condensador.



### Energia Potencial Electrostática de um condensador carregado:

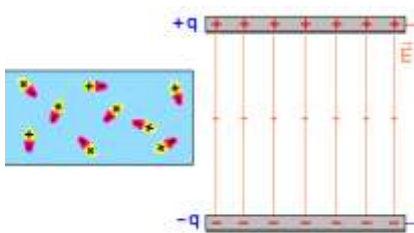
$$E_{\text{condensador}} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2$$

- Aplica-se a qualquer condensador, independentemente da geometria.
- A energia armazenada aumenta com C e V
- Na prática, há um valor limite para a energia máxima (ou a  $Q_{\text{max}}$ ) que pode ser armazenada: Quando a diferença de potencial entre as placas atinge um valor elevado (que depende da geometria do condensador e do material entre as placas) dá-se uma descarga eléctrica entre as placas - o condensador descarrega.



### O que é um dielétrico? Como "funciona" o dielétrico?

#### Que materiais se usam para dielétricos?

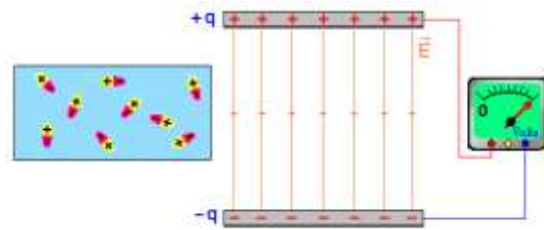


- Há materiais, como a água, em que as moléculas estão permanentemente polarizadas; noutros as moléculas só ficam polarizadas na presença de um campo eléctrico.
- Nos materiais usados como dielétricos, predominam aqueles em que a polarização é induzida.

- Na ausência de um campo eléctrico externo, os dipolos orientam-se aleatoriamente.
- Quando um campo é aplicado, surge sobre os dipolos um momento que tende a alinhar os dipolos com o campo externo. Geralmente o alinhamento não é total.
- O grau de alinhamento depende da temperatura, da intensidade do campo aplicado e do material em causa.



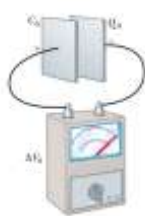
## Condensadores com Dielétricos



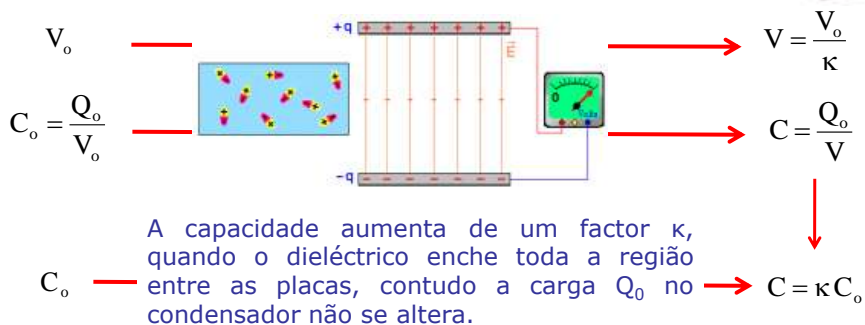
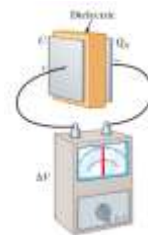
- **Dielétrico** é um material não condutor (isolante). Ex: vidro, papel borracha, poliéster, etc.
- Quando se insere um material dielétrico entre as placas dum condensador, a sua capacidade aumenta, porém a sua carga permanece inalterada.
- Se o dielétrico encher completamente o espaço entre as placas, a capacidade aumenta por um factor adimensional denominado **constante dielétrica ( $\kappa$ )**.



## Efeito de um Dielétrico num condensador



Quando se insere um dielétrico entre as placas de um condensador carregado a carga ( $Q_0$ ) fica inalterada, contudo a diferença de potencial ( $V$ ) registada por um voltímetro reduz-se de  $V_0$  para  $V = V_0/\kappa$ .



A capacidade aumenta de um factor  $\kappa$ , quando o dielétrico enche toda a região entre as placas, contudo a carga  $Q_0$  no condensador não se altera.



Caso de um dielétrico num condensador de placas paralelas

A capacidade de um condensador de placas planas e paralelas é proporcional à área das placas e inversamente proporcional à separação entre as placas.

$$C_o = \epsilon_o \frac{A}{d}$$

Com um dielétrico:  $C = \kappa C_o \Rightarrow C = \kappa \frac{\epsilon_o A}{d}$  **C** aumenta com a diminuição de **d**.

Na prática, o valor de **d** está limitado pela descarga eléctrica que pode ocorrer através do dielétrico que separa as placas.

Para um dado d, a  $V_{max}$  que pode ser aplicada a um C, sem provocar descarga, depende da **rigidez dielétrica** do material (intensidade máxima do campo)

Se o campo eléctrico no dielétrico for superior ao valor da rigidez dielétrica, as propriedades isolantes desaparecem; o meio começa a conduzir .

A maioria dos materiais isolantes têm valores de rigidez e constante dielétrica superiores aos do ar.



Constantes Dielétricas

TABLE 26.1 Dielectric Constants and Dielectric Strengths of Various Materials at Room Temperature

Material	Dielectric Constant $\kappa$	Dielectric Strength* (V/m)
Air (dry)	1.000 59	$3 \times 10^6$
Bakelite	4.9	$24 \times 10^6$
Fused quartz	3.78	$8 \times 10^6$
Neoprene rubber	6.7	$12 \times 10^6$
Nylon	3.4	$14 \times 10^6$
Paper	3.7	$16 \times 10^6$
Polystyrene	2.56	$24 \times 10^6$
Polyvinyl chloride	3.4	$40 \times 10^6$
Porcelain	6	$12 \times 10^6$
Pyrex glass	5.6	$14 \times 10^6$
Silicone oil	2.5	$15 \times 10^6$
Strontium titanate	233	$8 \times 10^6$
Teflon	2.1	$60 \times 10^6$
Vacuum	1.000 00	—
Water	80	—

Os materiais dielétricos apresentam algumas vantagens:

Aumentam a capacidade

Aumentam a voltagem máxima de utilização

Podem proporcionar suporte mecânico entre as placas do condensador

\* The dielectric strength equals the maximum electric field that can exist in a dielectric without electrical breakdown. Note that these values depend strongly on the presence of impurities and flaws in the materials.



## Comportamento de um material dielétrico quando submetido a um campo eléctrico

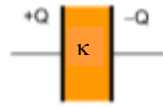
Considerar um condensador de placas paralelas (campo  $E$  – uniforme) sem dielétrico e com dielétrico:

Situação 1 – Mantendo a carga do condensador ( $Q$ ) constante  
(condensador é carregado e depois desligado da fonte de tensão)

Situação 2 – Mantendo a diferença de potencial ( $V$ ) aplicada constante  
(condensador é mantido ligado à fonte de tensão)



Situação 1 – Mantendo a carga do condensador ( $Q$ ) constante  
(condensador é carregado e depois desligado da fonte de tensão)



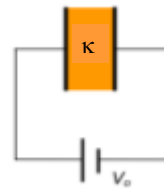
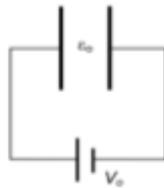
d.d.p	$V_o = \frac{Q}{C_o}$	$V = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\kappa C_o} = \frac{V_o}{\kappa}$	$V < V_o$
-------	-----------------------	---	-----------

Campo	$E_o = \frac{Q}{\epsilon_o A}$	$E = \frac{Q}{\kappa \epsilon_o A} = \frac{E_o}{\kappa}$	$E < E_o$
-------	--------------------------------	--	-----------

Energia	$W_o = \frac{1}{2} C_o V_o^2$	$W = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{W_o}{\kappa}$	$W < W_o$
---------	-------------------------------	--	-----------



Situação 2 – Mantendo a diferença de potencial (V) aplicada constante (condensador é mantido ligado à fonte de tensão)



Carga  $Q_0 = C_0 V_0$   $Q = CV_0 = \kappa C_0 V_0 = \kappa Q_0$   $Q > Q_0$

Campo  $E_0 = \frac{V_0}{d}$   $E = \frac{V_0}{d} = E_0$   $E = E_0$

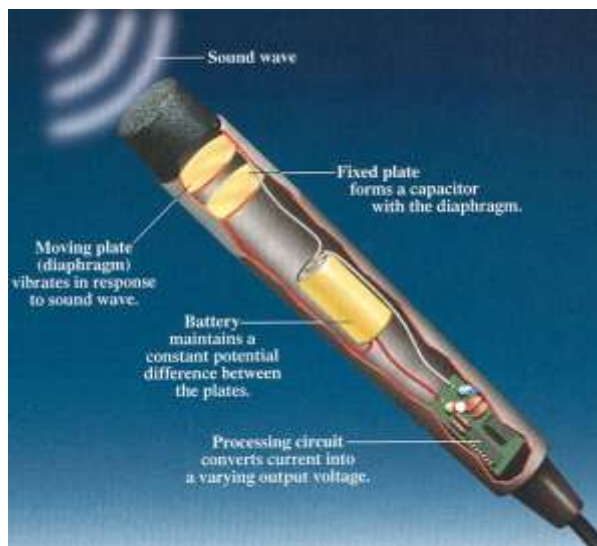
Energia  $W_0 = \frac{1}{2} C_0 V_0^2$   $W = \frac{1}{2} CV_0^2 = \kappa W_0$   $W > W_0$



Teclado



Cada uma das teclas dos teclados está associada a uma das placa de um condensador de placas paralelas. O condensador é mantido a uma diferença de potencial constante de 5 V. Ao pressionar a tecla altera-se a distância entre as placas e daí a capacidade do condensador, gerando um fluxo de corrente.



- Dielétrico é um material não condutor (isolante). Ex: vidro, papel borracha, poliéster, etc.
- Quando se insere um material dielétrico entre as placas dum condensador, a sua capacidade aumenta, porém a sua carga permanece inalterada.
- A capacidade aumenta de um factor  $\kappa$  (constante dielétrica), quando o dielétrico enche toda a região entre as placas.
- Quando se insere um dielétrico entre as placas de um condensador carregado a carga ( $Q_0$ ) fica inalterada, contudo a diferença de potencial ( $V$ ) reduz-se para  $V=V_0/\kappa$ .