



CONDENSADOR PLANO

Objectivos

Enquadramento no programa de Física do 12^o ano, Unidade II – Electricidade e magnetismo

A – Explorar a aplicação multimédia “Capacitor” (de *PhET Interactive Simulations, University of Colorado*): http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/capacitor-lab

- Determinar a relação entre carga e tensão para um condensador.
- Explorar o efeito da área, da distância e dos materiais dielétricos inseridos entre as armaduras de um condensador.

B – Realizar o **TLII.2 – Condensador plano**

- Construir um condensador plano de geometria variável.
- Relacionar a capacidade de um condensador plano de geometria variável:
 - com a área das armaduras;
 - com a distância entre as armaduras;
 - com o dielétrico.
- Determinar a permitividade relativa de um dielétrico.

A – Roteiro de exploração da aplicação multimédia “Capacitor”

Introdução

Um condensador é um dispositivo que armazena carga eléctrica e energia. Na sua forma mais simples, um condensador é constituído por duas placas condutoras paralelas, de área A – **armaduras** – que se encontram a uma distância d uma da outra e separadas por um material isolador – **dieléctrico**: o ar ou outro material. Para carregar um condensador, estabelece-se uma tensão, U , entre armaduras. A sua **capacidade** de armazenamento, C , está relacionada com a carga eléctrica existente em cada armadura, Q , e com a tensão que se estabelece entre elas, U .

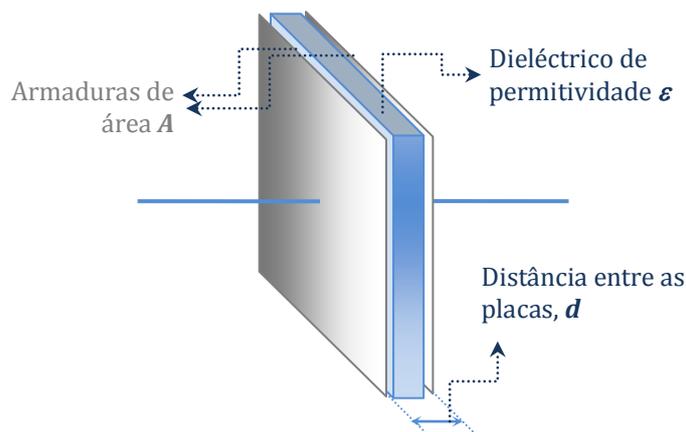


Figura 1 – Esquema de um condensador plano

Com esta simulação pretende-se relacionar a capacidade do condensador com:

- a carga das armaduras, Q , e a tensão, U , entre elas;
- a área das armaduras, A ;
- a distância entre as armaduras, d ;
- o meio dieléctrico entre as armaduras.

Exploração da simulação

1. Aceda à simulação, escrevendo o endereço:

http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/capacitor-lab

A simulação abre, mostrando duas placas condutoras, planas e paralelas, ligadas a uma bateria; repare que esta tem uma tensão variável (arrastando o cursor, é possível variar a tensão entre as placas entre $-1,5\text{ V}$ e $1,5\text{ V}$). No índice **Visão** aparece seleccionada a opção **Cargas da placa**.

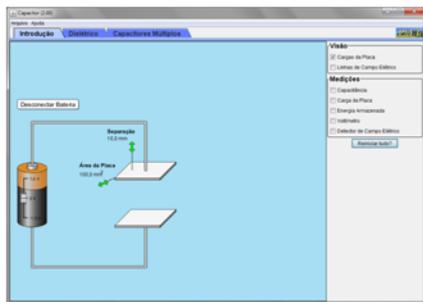


Figura 2

i Capacitor é a designação, em português do Brasil, de **condensador**. Do mesmo modo, no Brasil usa-se **capacitância** com o significado de **capacidade**.

Active a opção **Linhas de Campo Elétrico**. Usando o cursor associado à bateria, faça variar a tensão entre as armaduras. Observe a correspondente variação de carga entre as placas.

?

1. Como designa o campo eléctrico criado entre as placas?
2. Quando se aumenta a tensão entre as placas, aumenta o número de linhas de campo representadas. Qual o significado desta representação?
3. Atente às cargas representadas em cada uma das placas. Que relação existe entre a carga eléctrica das armaduras?

2. Coloque o cursor da bateria em $1,5\text{ V}$ e clique no botão **Desconectar bateria**. Aparece o indicador da carga eléctrica da placa de topo. O condensador está agora carregado. Use as setas para fazer variar apenas a área das armaduras.

?

Baseando-se nas linhas de campo representadas, pode afirmar que:

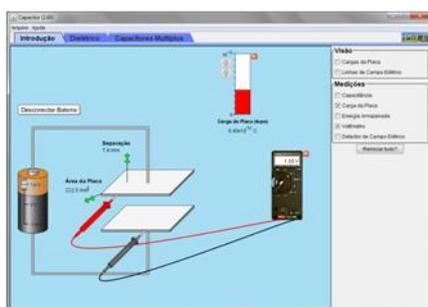
- A. A intensidade do campo eléctrico aumenta quando aumenta a área das placas.
- B. A intensidade do campo eléctrico diminui quando aumenta a área das placas.
- C. A intensidade do campo eléctrico não depende da área das placas.

Use agora as setas para fazer variar a distância entre as armaduras, mantendo a área constante.

? Baseando-se nas linhas de campo representadas, pode afirmar que:

- A. A intensidade do campo eléctrico aumenta quando aumenta a distância entre as armaduras.
- B. A intensidade do campo eléctrico diminui quando aumenta a distância entre as armaduras.
- C. A intensidade do campo eléctrico não depende da distância entre as armaduras.

3. Clique em **Conectar bateria** para ligar novamente a bateria. No índice **Medições**, active a **Carga da placa** e o **Voltímetro**; desactive, no índice **Visão**, **Linhas de Campo Eléctrico**. Mantenha constantes a área das placas e a distância entre elas.

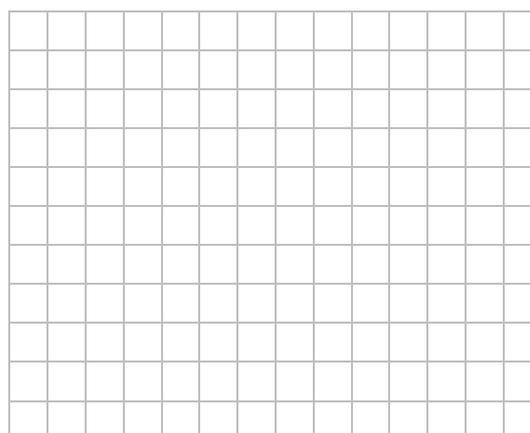


i O **voltímetro** tem de ser ligado às placas, arrastando com o rato as pontas de prova.

Figura 3

Faça variar a tensão e registe os correspondentes valores obtidos para a carga das placas.

Carga das placas Q / C	Tensão U / V



- a) Represente num gráfico a carga eléctrica das placas, Q , em função da tensão, U . Trace a recta que melhor se ajusta aos pontos.
- b) Determine o declive da recta traçada.

c) Active a opção **Capacitância** (Capacidade). Compare o valor indicado na simulação com o declive da recta. Qual o significado desse declive?



1. Qual das seguintes equações para a capacidade de um condensador é consistente com os valores registados?

$$C = Q \cdot U$$

$$C = Q/U$$

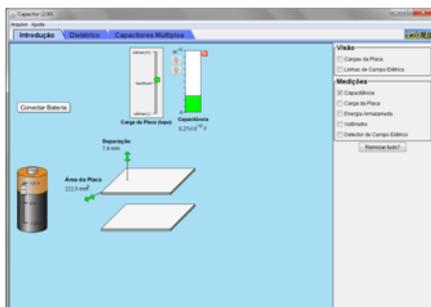
$$C = U/Q$$

2. Baseando-se na resposta anterior, sugira uma unidade SI adequada para medir a capacidade.



A unidade SI de capacidade é o **farad (F)**, em homenagem ao físico inglês Michael Faraday (1791-1867).

4. Vai agora investigar o que acontece quando se altera a geometria do condensador. Clique em **Desconectar bateria**. Desactive, no índice **Medições**, o indicador **Carga da placa** e o **Voltímetro**. Faça variar a área das placas (A) e o afastamento entre elas (d).



O **capacímetro** indica a capacidade do condensador simulado, independentemente de haver carga eléctrica nas placas.

Figura 4

Esquematize abaixo as configurações que correspondem à capacidade máxima e à capacidade mínima do condensador representado e registe os valores das grandezas indicadas.

$C =$ $A =$ $d =$	$C =$ $A =$ $d =$
Capacidade máxima	Capacidade mínima



1. Para uma mesma tensão entre as placas, a carga que o condensador pode armazenar será tanto maior:

- A. quanto maior for a área das placas e a distância entre elas.
- B. quanto menor for a área das placas e a distância entre elas.
- C. quanto maior for a área das placas e menor a distância entre elas.

2. Qual das expressões está de acordo com o que observou?

$$C \propto A \cdot d$$

$$C \propto A/d$$

$$C \propto d/A$$

(O símbolo \propto significa *directamente proporcional*.)



A constante de proporcionalidade designa-se **permitividade eléctrica**, ϵ , que é uma característica do meio inversamente proporcional à constante da Lei de Coulomb:

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

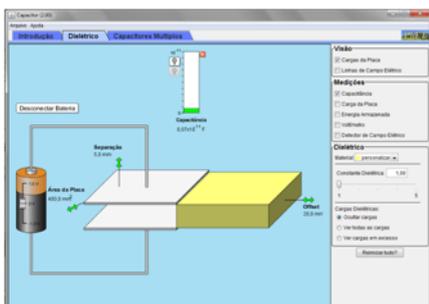
A unidade SI de permitividade é o **farad por metro** (F.m⁻¹).

Para comparar facilmente as permitividades eléctricas de um meio, ϵ , e do vazio, ϵ_0 , define-se a **permitividade relativa** (ou **constante dieléctrica**), ϵ_r :

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

5. Passe agora para o separador **Dieléctrico**. Clique em **Desconectar bateria** e active a opção **Capacitância** (capacidade). Altere a geometria do condensador de modo a obter a capacidade máxima.

Certifique-se de que a placa de dieléctrico não está entre as placas.

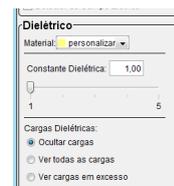


Um material não condutor, como vidro, papel ou madeira, é um **dieléctrico**.

Figura 5

Ajuste o valor da constante dieléctrica para 1,00 no painel lateral.

Registe o valor da capacidade do condensador.



Arraste a placa de dielétrico para o espaço entre as placas. Registe o novo valor da capacidade do condensador.



A constante dielétrica do ar é 1,00, o que indica que a permissividade do ar é 1,00 vezes a permissividade do vácuo. (A permissividade eléctrica do ar é aproximadamente igual à permissividade eléctrica do vácuo.)

Registe os valores da capacidade do condensador para diferentes valores da constante dielétrica, fixando a geometria do condensador.

Área das placas A / mm^2	Espessura do dielétrico d / mm	Constante dielétrica ϵ_r	Capacidade do condensador C / F



1. Se C_0 representar a capacidade de um condensador quando o dielétrico é o ar e C a capacidade de um condensador com dielétrico de constante ϵ_r , a expressão que melhor representa o que observou é:

$$C = \epsilon_r \cdot C_0$$

$$C = \epsilon_r / C_0$$

$$C = C_0 / \epsilon_r$$

2. Procure agora uma expressão matemática que relacione a capacidade de um condensador plano com a sua geometria e com a permissividade do dielétrico

B - Trabalho Laboratorial

TL II.2 - Condensador plano

Como pôde verificar através da aplicação multimédia “Capacitor”, a capacidade de um condensador plano, C , depende da sua geometria (área das armaduras, A , e espessura do dieléctrico, d) e do meio dieléctrico, de acordo com a equação $C = \epsilon_{\text{meio}} \cdot \frac{A}{d}$.

Objectivos

- Verificar a dependência da capacidade do condensador plano das suas características geométricas e do dieléctrico entre as armaduras.
- Determinar a permitividade relativa de um dieléctrico.

Material

Duas placas quadrangulares de alumínio, 22 cm × 22 cm (numa estão marcadas linhas equidistantes 2 cm); placa de acrílico de 3,0 mm de espessura; placa de vidro de 3,0 mm de espessura; folhas de acetato com 0,10 mm de espessura; multímetro com função de capacímetro; fios de ligação; placas isoladoras

Modo de proceder

O trabalho divide-se em duas partes: na primeira, estuda-se a variação da capacidade com o meio dieléctrico e com a área da superfície das armaduras; na segunda, analisa-se a variação da capacidade apenas com a espessura do dieléctrico.

1. Coloque uma das placas de alumínio sobre a placa isoladora com a face com linhas marcadas virada para cima.
2. Coloque a placa de vidro e por cima a outra placa, de modo a que a área sobreposta das placas seja 20 cm × 22 cm. Tenha atenção à posição dos fios.

3. Ligue as placas ao capacímetro. Nunca encostar as armaduras com o capacímetro ligado, pois pode danificá-lo. Ligue o capacímetro e registre a capacidade do condensador construído. Tome precauções para evitar que fique ar entre as armaduras. Desligue o capacímetro.
4. Desloque a placa superior para outra posição de modo a alterar a área do condensador. Ligue o capacímetro e registre a capacidade do novo condensador. Repita este procedimento para todas as áreas possíveis.
5. Substitua a placa de vidro pela placa de acrílico e repita os procedimentos 1. a 4.. Registe todos os valores.
6. Substitua agora o acrílico por folhas de acetato. Utilize a área máxima do condensador. Meça a capacidade do condensador para 1, 3, 5, 8 e 10 folhas de acetato, mantendo constante a área das armaduras. Registe todos os valores.

Análise de resultados:

1. Apresente em tabela todos os dados recolhidos.
2. Faça os cálculos necessários para construir o gráfico $C = C(A)$ – capacidade, C , em função da área das armaduras, A , para a placa de vidro e para a placa de acrílico. Faça um esboço deste gráfico. Qual o significado físico do declive da recta de ajuste?
3. Utilizando a calculadora gráfica, determine a equação da recta que melhor se ajusta aos valores experimentais obtidos para a placa de vidro e para a placa de acrílico. Determine a permitividade eléctrica do vidro e do acrílico a partir da equação da recta de ajuste.
4. Faça os cálculos necessários para construir o gráfico $C = C \cdot \left(\frac{1}{d}\right)$ – capacidade, C , em função do inverso da distância entre as armaduras, d , para o acetato. Faça um esboço deste gráfico. Qual o significado físico do declive da recta de ajuste?
5. Utilizando a calculadora gráfica, determine a equação da recta que melhor se ajusta aos valores experimentais obtidos para o acetato. Determine a permitividade eléctrica do acetato a partir da equação da recta de ajuste.
6. A permitividade eléctrica relativa de um meio, ϵ_r , é $\epsilon_r = \frac{\epsilon_{\text{meio}}}{\epsilon_0}$. Determine a permitividade relativa dos três meios utilizados nesta actividade experimental.

(Dado: $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$)

C - Física em acção



1. Faça uma pesquisa sobre os diferentes tipos de condensadores e respectivas aplicações.
2. Os condensadores convencionais têm geralmente uma capacidade da ordem de alguns microfarads (μF) ou nanofarads (nF). Recentemente foram desenvolvidos condensadores com capacidades muito superiores – os ultracondensadores. Faça uma pesquisa sobre a sua constituição e algumas das suas aplicações.

Endereços úteis

- 1) Carregando e descarregando um condensador

<http://www.hsw.uol.com.br/framed.htm?parent=capacitor.htm&url=http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/capacitor/>

- 2) Tipos de condensadores e suas aplicações

http://www.ufrgs.br/eng04030/aulas/teoria/cap_07/tiposcon.htm

<http://eletronicos.hsw.uol.com.br/capacitor3.htm>

<http://www.sagitron.com/pt/produtos/passivos/avx/90-twm-nuevos-condensadores-tantalo-para-aplicaciones-de-alto-nivel-vibracion>

- 3) Código de cor de condensadores

<http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/75/37/>

- 4) Ultracondensadores

<http://www.supercapacitors.org/>

<http://www.supercapacitors.org/howtheywork.html>

<http://www.mpoweruk.com/supercaps.htm>

5) Condensadores de dupla camada

<http://www.google.com/patents?hl=pt-PT&lr=&vid=USPAT4438481&id=kdw4AAAAEBAJ&oi=fnd&dq=double+layer+capacitor&printsec=abstract#v=onepage&q&f=false>

http://www.google.com/patents?id=7ksGAAAAEBAJ&printsec=abstract&source=gb_s_overview_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

http://www.google.com/patents?id=Wmw7AAAAEBAJ&printsec=abstract&source=gb_s_overview_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

http://www.elna.co.jp/en/capacitor/double_layer/principle/

6) Os ultracondensadores e os veículos híbridos

http://www.altenergymag.com/emagazine.php?issue_number=05.02.01&article=maxwell

Bibliografia

Textos de apoio do *Projecto Faraday*:

http://faraday.fc.up.pt/Faraday/Recursos/texto_12/texto_12_c4_c6.pdf/view

Tipler, Paul (1995). *Física, vol. 3, Electricidade e Magnetismo*, 3ª edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

Gil, Salvador; Rodríguez, Eduardo (2001). *Física re-Creativa*. Buenos Aires: Pearson Education S.A.

Manuais de Física do 12º ano