

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Campus Blumenau

## Física Geral III

Aula Teórica 10 (Cap. 27 parte 1/2):

- 1) Capacitância
- 2) Cálculo da capacitância para capacitores de placas paralelas, cilíndricos e esféricos
- 3) Associações de capacitores

Prof. Marcio R. Loos

---

---

---

---

---

---

---

---

### Capacitor

- Um capacitor é um componente elétrico usado para **armazenar energia num campo elétrico**.
- Capacitores consistem de dois condutores separados por um isolante.



Você sabia?  
A unidade de Flash de máquinas fotográficas usam um capacitor como fonte de alimentação. Uma pilha libera energia aos poucos, enquanto um capacitor pode liberar elevados picos de energia.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 2

---

---

---

---

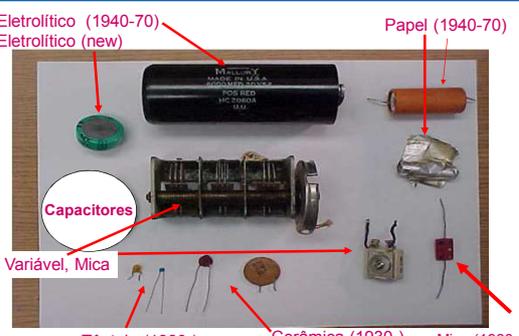
---

---

---

---

### Evolução dos capacitores



Eletrolítico (1940-70)  
Eletrolítico (new)  
Papel (1940-70)  
Capacitores  
Variável, Mica  
Tântalo (1980-)  
Cerâmica (1930-)  
Mica (1930-50)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 3

---

---

---

---

---

---

---

---

### Capacitor no pisca alerta do carro

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 4

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Capacitor

- Os elementos básicos de capacitores são dois condutores isolados de formato arbitrário.
- Independente da geometria, tais condutores são chamados de placas.

- Um arranjo de capacitores mais convencional é o do **capacitor de placas paralelas**.
- Este capacitor é formado por duas placas paralelas condutoras de área A separadas por uma distância d.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 5

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Capacitância

- Num capacitor carregado, as placas contém cargas de mesmo módulo e sinais opostos.
- Dizemos que a carga do capacitor é q.
- A **carga total** do capacitor é **zero!**
- As **placas** de um capacitor são feitas de materias condutores e são **superfícies equipotenciais**.
- Cada placa do capacitor possui um potencial constante, mas existe uma ddp entre duas placas.
- Por razões históricas, a ddp entre duas placas é representada por V e não  $\Delta V$ .

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 6

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Capacitância

- A carga  $q$  e a ddp de um capacitor são proporcionais:

$q = CV$

$C = \text{Capacitância do capacitor}$

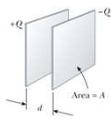
- $C$  depende da geometria das placas....
- ... mas independe de  $q$  e  $V$

Em resumo:

"A capacitância é uma medida da quantidade de carga que precisa ser acumulada nas placas para produzir uma determinada ddp entre elas".

- Quanto  $> C$ ,  $> q$  necessário para atingir  $V$ .

$[C] = \frac{q}{V} = \frac{C}{V} = 1F(\text{farad})$



$1\mu F = 10^{-6} F$

$1nF = 10^{-9} F$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
7

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Exercício

Os dois objetos de metal da fig. possuem cargas de  $+70 \text{ pC}$  e  $-70 \text{ pC}$ , que resultam em uma diferença de potencial de  $20 \text{ V}$  entre eles.

- Qual é a capacitância do sistema?
- Se as cargas mudam para  $+200 \text{ pC}$  e  $-200 \text{ pC}$ , qual é o novo valor da capacitância?
- Qual é o novo valor da diferença de potencial?



Resposta

- $3,5 \text{ pF}$
- $3,5 \text{ pF}$
- $57 \text{ V}$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
8

---

---

---

---

---

---

---

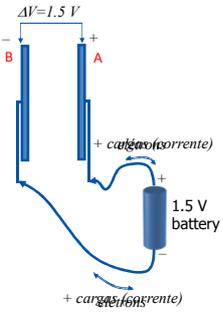
---

---

---

### Carga de um Capacitor

- Considere um capacitor de placas paralelas.
- Ao fecharmos o circuito, cargas começam a circular.
- Elétrons se movimentarão nos fios, devido ao campo criado pela bateria.
- O campo fará com que elétrons se desloquem da placa A para o terminal "+" da bateria.
- A placa A ficará então positivamente carregada.
- O campo irá deslocar o mesmo número de elétrons do terminal "-" da bateria para a placa B do capacitor.
- A placa B ficará negativamente carregada.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
9

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Carga de um Capacitor

- Antes de fecharmos o circuito, as placas estão descarregadas e a ddp entre elas é zero.
- Enquanto o capacitor carrega, a ddp aumentará até atingir a ddp dos terminais da bateria.

Quando o capacitor está carregado:

- a placa A e o terminal "+" da bateria tem o mesmo potencial;
- não existe um campo no fio que liga estes dois pontos;
- ✓ a placa B e o terminal "-" da bateria tem o mesmo potencial;
- ✓ não existe um campo no fio que liga estes dois pontos;
- Se  $E=0$ , não há fluxo de elétrons.
- Dizemos então que o capacitor está totalmente carregado com uma ddp  $V$  e uma carga  $q$ .

$q = CV$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 10

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Cálculo da capacitância

- A capacitância de um capacitor irá variar com sua geometria.

Para calcular a capacitância de diferentes capacitores, iremos:

- 1) Supor que as placas estão carregadas com uma carga  $q$ ;
- 2) Calcular  $E$  entre as placas em função de  $q$  usando a Lei de Gauss:

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{enc}$$

- 3) Usando  $E$ , calcular a ddp ( $V$ ) entre as placas:

$$V_f - V_i = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

- 4) calcular  $C$  usando:

$$q = CV$$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 11

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Cálculo da capacitância

$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{enc}$

- Quando  $E$  é cte e  $E$  e  $dA$  são paralelos, a Lei de Gauss pode ser escrita como:

$$\epsilon_0 EA = q$$

- Resolveremos a integral:

$$V = V_f - V_i = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

ao longo de uma trajetória da placa "+" para "-":

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = -E ds \quad V = \int_0^d E ds$$

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$   
 $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F / m}$

---

**Capacitor de placas paralelas (fig. acima):**

$$q = \epsilon_0 EA \quad V = \int_0^d E ds = E \int_0^d ds = Ed \quad q = CV \quad \epsilon_0 EA = C(Ed)$$

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

**Capacitor de placas paralelas** note que C depende apenas de fatores geométricos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 12

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Capacitância e o iPhone (touchscreen ou sistema multitoque – Sensor capacitivo)

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

1. A capacitive sensor is a solid-state sensor made using standard pc-board or flex circuit technology. A finger on top of a grid of conductive traces changes the capacitance of the nearest traces. This change in trace capacitance can be measured, and finger position can be computed.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 13

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Cálculo da capacitância Capacitor cilíndrico

- A fig. mostra um capacitor cilíndrico de comprimento  $L$  formado por dois cilindros coaxiais de raios  $a$  e  $b$ .
- $L \gg b$ , de modo que efeitos de borda são desprezados.
- Cada placa contém carga de módulo  $q$ .
- A sup. gaussiana consiste de um cilindro de raio  $r$  e comprimento  $L$  (fig.):

$q = \epsilon_0 EA = \epsilon_0 E(2\pi rL)$ 
 $E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 rL}$ 
 $V = \int E ds = \int_b^a E(-dr)$

$V = -\frac{q}{2\pi\epsilon_0 L} \int_b^a \frac{dr}{r} = -\frac{q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$ 
 $V = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$

$q = CV$ 
 $C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(b/a)}$

**Capacitor cilíndrico**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Cálculo da capacitância Capacitor esférico

- A fig. mostra um capacitor esférico (visto de perfil) formado por duas esferas coaxiais de raios  $a$  e  $b$ .
- A sup. gaussiana consiste de uma esfera de raio  $r$ .

$q = \epsilon_0 EA = \epsilon_0 E(4\pi r^2)$ 
 $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$

$V = \int E ds = \int_b^a E(-dr)$ 
 $V = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_b^a \frac{dr}{r^2}$

$V = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[ -\frac{1}{r} \right]_b^a$ 
 $V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$ 
 $V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{b-a}{ab} \right)$

**Capacitor esférico**

$q = CV$ 
 $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a}$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Uma Esfera Isolada

$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a}$

- Uma capacitância pode ser atribuída a uma esfera condutora única de raio R.
- Vamos supor que a esfera que falta é uma casca esférica de raio infinito.
- As linhas de campo sairão de a e terminarão em b.
- Reescrevemos a capacitância de um capacitor esférico como:  $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{a}{1-a/b}$
- Fazendo  $b \rightarrow \infty$  e  $a=R$  obtemos:
 

$C = 4\pi\epsilon_0 R$

Esfera isolada

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
16

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Exercício

- Qual é a capacitância de uma gota formada pela fusão de duas gotas esféricas de mercúrio com 2,00 mm de raio?

Resposta

$C = 0,280 \text{ pF}$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
17

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Resumo até agora

"A capacitância é uma medida da quantidade de carga que precisa ser acumulada nas placas para produzir uma determinada ddp entre elas".

Um capacitor é um componente elétrico usado para armazenar energia num campo elétrico.

$q = CV$	Definição de capacitância
$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$	Capacitor de placas paralelas
$C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(b/a)}$	Capacitor cilíndrico
$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a}$	Capacitor esférico
$C = 4\pi\epsilon_0 R$	Esfera isolada

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br
18

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Associação de Capacitores

#### Paralelo

- A fig. mostra um circuito com dois capacitores em paralelo.
- A ddp  $V$  é a mesma entre as placas de todos os capacitores.
- A carga total  $q$  armazenada nos capacitores é a soma das cargas armazenadas em cada capacitor

$V_1 = V_2 = V$

$q_1 = C_1 V \quad q_2 = C_2 V$

$q = q_1 + q_2 = (C_1 + C_2) V$

$C_{eq} = \frac{q}{V} = C_1 + C_2$

$C_{eq} = \sum_{j=1}^n C_j$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 19

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Associação de Capacitores

#### Série

- A fig. mostra um circuito com dois capacitores em paralelo.
- A carga total  $q$  armazenada nos capacitores é a mesma em cada capacitor.
- A ddp  $V$  através da associação é a soma da ddp entre as placas de cada capacitor

Em série, pode haver apenas um percurso da carga: de um capacitor para outro!  
A bateria produzirá cargas apenas nas placas a que está ligada.

$V_1 = \frac{q}{C_1}, V_2 = \frac{q}{C_2}$

$V = V_1 + V_2 = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2}$

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

$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_j}$

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 20

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Exemplo de um circuito de capacitores

$C_1 = 12,0 \mu\text{F}, C_2 = 5,30 \mu\text{F}, C_3 = 4,50 \mu\text{F}$

$C_{12} = C_1 + C_2$

$C_{12} = 12,0 + 5,30 \mu\text{F} = 17,3 \mu\text{F}$

Passo 1

$\frac{1}{C_{123}} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_3}$

$C_{123} = \frac{C_{12} C_3}{C_{12} + C_3}$

$C_{123} = \frac{17,3 \mu\text{F} \cdot 4,50 \mu\text{F}}{17,3 \mu\text{F} + 4,50 \mu\text{F}} = 3,57 \mu\text{F}$

Passo 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Prof. Loos Física Geral III loos.prof.ufsc.br 21

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Explodindo um capacitor




---

---

---

---

---

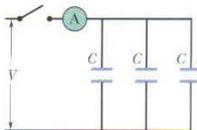
---

---

---

## Exercício

Os três capacitores da fig. estão inicialmente descarregados e tem uma capacitância de  $25,0 \mu\text{F}$ . Uma diferença de potencial  $V=4200 \text{ V}$  entre as placas dos capacitores é estabelecida quando a chave é fechada. Qual é a carga total que atravessa o medidor A?



Resposta

$$q = 315 \text{ mC}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Você já pode resolver os seguintes exercícios:

Capítulo 26: 5, 6, 9, 11, 13, 14

Capítulo 26: 15, 16, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41

Capítulo 26: 43, 45, 48, 56, 60, 68 e 70

**Capítulo 27: 2, 4, 6, 8, 11, 12, 16, 17, 18, 21, 23, 26, 27, 29, 30**

Capítulo 27: 36, 46, 47, 52, 60, 63, 64 e 65.

Livro texto: Halliday, vol. 3, 4ª edição.

Mais informações (cronogramas, lista de exercícios):

web: [loos.prof.ufsc.br](http://loos.prof.ufsc.br) e-mail: [marcio.loos@ufsc.br](mailto:marcio.loos@ufsc.br)

---

---

---

---

---

---

---

---