

## Capacitores

### Resumo

---

#### Introdução a Capacitores

O capacitor elétrico é um dos diversos componentes de um circuito elétrico. A função dele é armazenar energia, através do acúmulo de cargas. O capacitor é simbolizado por dois traços de mesmo comprimento, conforme a figura:

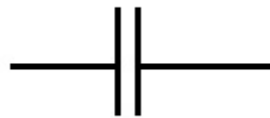


Figura 1: Símbolo do capacitor em circuitos elétricos.

Para entender o processo de carga de um capacitor, considere um circuito simples composto por uma d.d.p (bateria) e um capacitor.

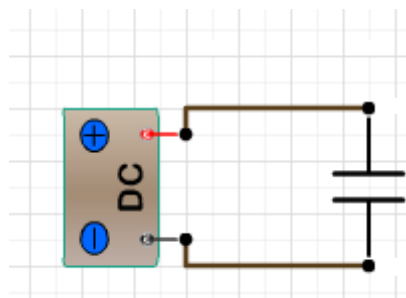


Figura 2: Circuito Simples bateria – capacitor

NOTA: Lembre-se que tomaremos o sentido convencional de corrente, ou seja, as cargas vão do polo positivo para o polo negativo.

Teremos uma carga positiva  $+Q$  saindo do polo positivo e acumulando-se em um lado do capacitor, que não poderá continuar o caminho devido ao espaçamento entre as placas (esse espaçamento é chamado de dielétrico). A outra placa sofrerá uma polarização, tendo uma concentração de cargas negativas.

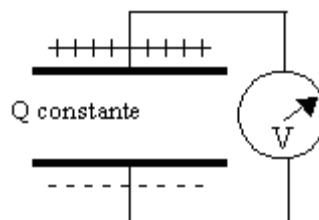


Figura 3: Esquema de um capacitor carregado.

Podemos dizer então que o capacitor foi carregado por uma carga  $+Q$  (conforme a figura 3).

O capacitor possui uma grandeza atrelada a ele chamada de Capacitância. Essa grandeza representa a capacidade que o capacitor tem de acumular carga e durante esse processo, conforme o capacitor vai carregando, a d.d.p dele também aumenta. Logo, temos três grandezas que se relacionam nesse circuito. Podemos formalizar matematicamente essa relação da seguinte forma:

$$Q = C \cdot U \rightarrow C = \frac{Q}{U}$$

Sendo as unidades

- $Q = [C]$  Colomb
- $U = [V]$  Volts
- $C = [C/V] = [F]$  Farad

### Análise do gráfico QxU e Energia potencial elétrica

É possível ver pela equação que  $Q$  e  $U$  são grandezas diretamente proporcionais e já que  $C$  é uma característica do material, pode-se perceber que o valor máximo de d.d.p (valor da bateria) será encontrado quando o valor de carga for máximo. Com isso em mente, ao montar o gráfico QxU dessa situação:

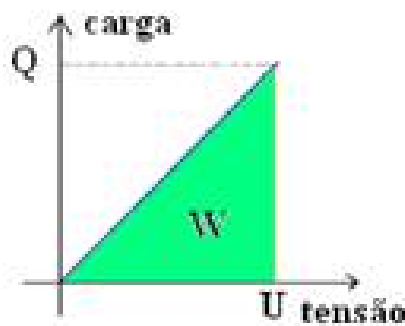


Figura 4: Gráfico QxU

Teremos um gráfico em que a Área (W) corresponde a Energia armazenada no capacitor ou Energia potencial elétrica ( $E_{pel}$ ). Logo, a equação que corresponde a essa energia é descrita como:

$$E_{pel} = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2}$$

## Capacitor Plano

Nos circuitos elétricos, é bem comum a utilização de capacitores planos. Observe o esquema abaixo:

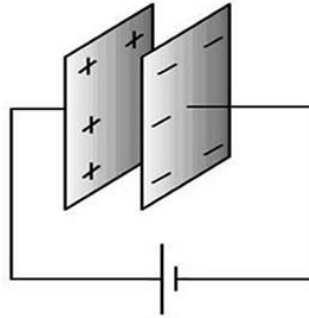


Figura 5: Representação capacitor

Analisando geometricamente a placa do capacitor, é possível perceber que a área dessa placa influencia na quantidade de carga que esse capacitor pode armazenar e a proximidade das placas influencia na capacidade de uma indução entre elas. A partir dessas observações, foi possível formar uma equação referente à capacitância de um capacitor plano:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot A}{d}$$

Sendo  $\varepsilon$  um valor característico do meio ( $\varepsilon_0$  é para o vácuo). As unidades são:

- $A = [\text{m}^2]$  metro quadrado
- $d = [\text{m}]$  metro

## Exercícios

---

1. *Tasers* são armas de eletrochoque que usam uma corrente elétrica para imobilizar pessoas que estejam representando alguma ameaça a alguém ou à ordem pública. O sistema interno da arma cria e trata a corrente elétrica que será descarregada por meio dos fios de cobre. Capacitores, transformadores e baterias são peças fundamentais nesse processo.

Fonte: Disponível em: < <https://www.tecmundo.com.br/infografico/12216-a-tecnologia-das-armas-taser-infografico-.htm> >.

Adaptada. Acesso em: 03 de set. 2017.

Nesse sentido, assinale a alternativa correta que completa as lacunas das frases a seguir.

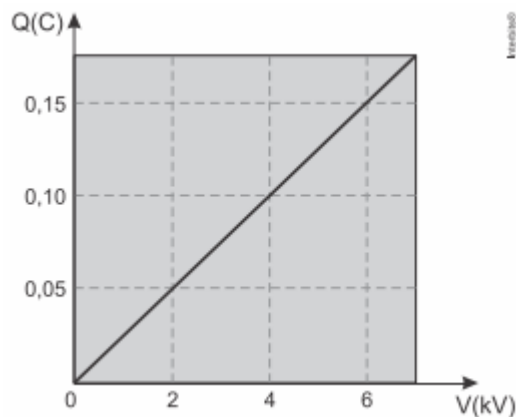
A bateria é uma fonte de energia que transforma energia \_\_\_\_\_ em energia elétrica. O capacitor é um dispositivo que armazena \_\_\_\_\_.

- a) Térmica – campo magnético.
  - b) Lumisosa – corrente elétrica.
  - c) Química – cargas elétricas.
  - d) Magnética – resistência elétrica.
  - e) Solar – energia elétrica.
2. Analise as seguintes afirmativas, referentes a um capacitor de placas planas e paralelas:
- I. A capacitância do capacitor depende da carga armazenada em cada uma de suas placas em determinado instante.
  - II. A diferença de potencial elétrico entre as placas do capacitor depende da capacitância e da carga de cada placa.
  - III. Quando as placas do capacitor se aproximam, sem que outros fatores sejam alterados, a sua capacitância aumenta.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

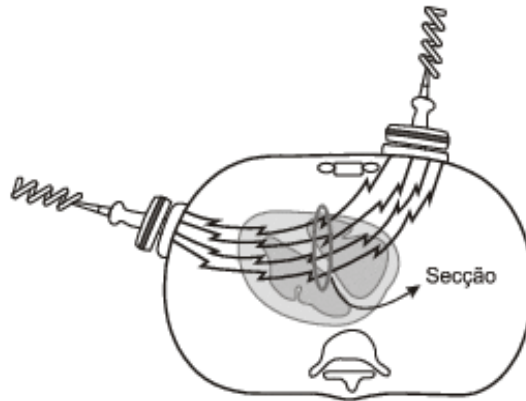
- a) I e III, apenas.
- b) III apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) I, II e III.
- e) Nenhuma.

3. Fibrilação ventricular é um processo de contração desordenada do coração que leva à falta de circulação sanguínea no corpo, chamada parada cardiorrespiratória. O desfibrilador cardíaco é um equipamento que aplica um pulso de corrente elétrica através do coração para restabelecer o ritmo cardíaco. O equipamento é basicamente um circuito de carga e descarga de um capacitor (ou banco de capacitores). Dependendo das características da emergência, o médico controla a energia elétrica armazenada no capacitor dentro de uma faixa de 5 a 360 J. Suponha que o gráfico dado mostra a curva de carga de um capacitor de um desfibrilador. O equipamento é ajustado para carregar o capacitor através de uma diferença de potencial de 4 kV. Qual o nível de energia acumulada no capacitor que o médico ajustou?



- a) 100 J.
- b) 150 J.
- c) 200 J.
- d) 300 J.
- e) 400 J.

4. É comum vermos em filmes ou séries de TV a utilização de um equipamento elétrico capaz de estimular os batimentos do coração após uma parada cardíaca. Tal equipamento é o desfibrilador, aparelho provido de dois eletrodos que aplica um choque no paciente, a fim de provocar a passagem de uma grande corrente variável pelo coração em um curto intervalo de tempo, estabelecendo assim o ritmo normal das contrações. A descarga acontece porque o desfibrilador libera a energia elétrica acumulada em um capacitor.



Fonte: BIT Boletim Informativo de Tecnovigilância, Brasília, Número 01, jan/fev/mar 2011 - ISSN 2178-440X (Adaptado).

Imagine que um desses aparelhos possua uma tensão de 3kV entre os eletrodos e que o capacitor esteja carregado com 300 J de energia. Despreze as resistências elétricas dos componentes do desfibrilador e também do paciente.

A alternativa correta que apresenta o módulo da corrente média, em ampère, que atravessa o tórax do paciente se a descarga ocorre no tempo de 10ms é:

- a) 20
- b) 30
- c) 10
- d) 40
- e) 50

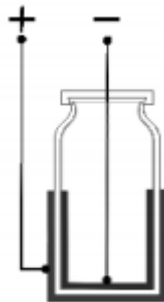
5. (Enem 2ª aplicação 2010) Atualmente, existem inúmeras opções de celulares com telas sensíveis ao toque (touchscreen). Para decidir qual escolher, é bom conhecer as diferenças entre os principais tipos de telas sensíveis ao toque existentes no mercado. Existem dois sistemas básicos usados para reconhecer o toque de uma pessoa:
- O primeiro sistema consiste de um painel de vidro normal, recoberto por duas camadas afastadas por espaçadores. Uma camada resistente a riscos é colocada por cima de todo o conjunto. Uma corrente elétrica passa através das duas camadas enquanto a tela está operacional. Quando um usuário toca a tela, as duas camadas fazem contato exatamente naquele ponto. A mudança no campo elétrico é percebida, e as coordenadas do ponto de contato são calculadas pelo computador.
  - No segundo sistema, uma camada que armazena carga elétrica é colocada no painel de vidro do monitor. Quando um usuário toca o monitor com seu dedo, parte da carga elétrica é transferida para o usuário, de modo que a carga na camada que a armazena diminui. Esta redução é medida nos circuitos localizados em cada canto do monitor. Considerando as diferenças relativas de carga em cada canto, o computador calcula exatamente onde ocorreu o toque.

Disponível em: <http://eletronicos.hsw.uol.com.br>. Acesso em: 18 set. 2010 (adaptado).

O elemento de armazenamento de carga análogo ao exposto no segundo sistema e a aplicação cotidiana correspondente são, respectivamente,

- a) receptores – televisor.
  - b) resistores – chuveiro elétrico.
  - c) geradores – telefone celular.
  - d) fusíveis – caixa de força residencial.
  - e) capacitores – flash de máquina fotográfica.
6. Uma das aplicações dos capacitores é no circuito eletrônico de um flash de máquina fotográfica. O capacitor acumula carga elétrica por um determinado tempo (alguns segundos) e, quando o botão para tirar a foto é acionado, toda carga acumulada é “despejada” sobre a lâmpada do flash, daí o seu brilho intenso, porém de curta duração.
- Se nesse circuito houver um capacitor de dados nominais 315 V e 100  $\mu\text{F}$ , corresponderá a uma carga, em coulomb, máxima, acumulada de
- a) 3,1500
  - b) 0,3175
  - c) 0,3150
  - d) 0,0315
  - e) 3,1750

7. Uma garrafa de Leyden é um capacitor de alta tensão, inventado por volta do ano de 1745. Consiste num pote cilíndrico de material altamente isolante com folhas metálicas fixadas nas superfícies interna e externa do frasco, como mostra a figura. Um terminal elétrico, atravessando a tampa do pote, faz contato com a folha interior; e um terminal externo faz contato com a folha exterior. Ligando os terminais a uma bateria, pode-se acumular carga nas superfícies metálicas. A ideia de usar pote tampado veio da teoria antiga de que a eletricidade era um fluido, e que poderia ser armazenado na garrafa. Num experimento de eletrostática, Ana quer construir garrafas de Leyden com frascos de vidro. Ela usa dois frascos de maionese, A e B, de tamanhos iguais, mas a espessura das paredes de vidro do frasco A é 4,0mm e a espessura das paredes do frasco B é de 2,0mm. Os terminais dos dois frascos são submetidos a uma tensão de 12,0V, com o uso de baterias, durante bastante tempo. Considere que área total das folhas metálicas em cada uma das garrafas é de  $0,02\text{m}^2$ .

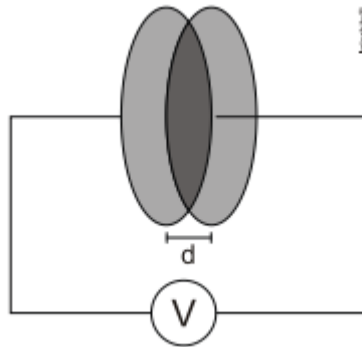


Sabe-se que o campo elétrico entre as placas do capacitor é calculado aproximadamente por  $E = \sigma/\epsilon$ . Nesta equação,  $\sigma$  é a densidade superficial de carga acumulada no capacitor e tem unidades de Coulomb por metro quadrado, e  $\epsilon = 4,5 \times 10^{-11} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$  é a permeabilidade elétrica do meio. Com base nestas informações, qual a capacitância de cada garrafa.

- a)  $2,25 \cdot 10^{-10} \text{ F}$  e  $4,5 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- b)  $2,50 \cdot 10^{-10} \text{ F}$  e  $4,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- c)  $2,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$  e  $9,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- d)  $5,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$  e  $8,0 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
- e)  $25 \cdot 10^{-10} \text{ F}$  e  $45 \cdot 10^{-10} \text{ F}$



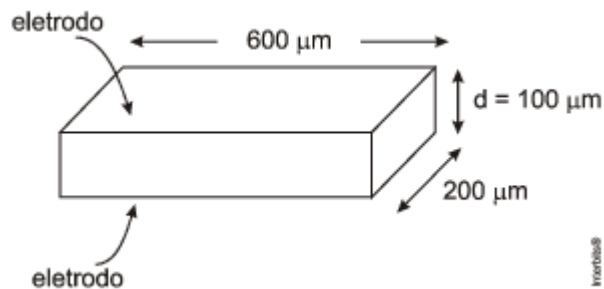
8. O sistema composto de duas placas metálicas circulares, móveis e de diâmetro 20 cm, formam um capacitor, conforme ilustrado na figura a seguir.



Quando a distância  $d$  entre as placas é da ordem de um milésimo do diâmetro das placas, este é, com boa aproximação, um capacitor plano de placas paralelas. Nessas condições, esse sistema é usado para medir o campo elétrico atmosférico. Considerando-se que  $\pi = 3$ ,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ N.m}^2/\text{C}^2$  e que a ddp medida é de 20 mV, qual o módulo da carga elétrica em cada placa

- a)  $4,22 \cdot 10^{-11} \text{ C}$
  - b)  $3,60 \cdot 10^{-11} \text{ C}$
  - c)  $2,66 \cdot 10^{-14} \text{ C}$
  - d)  $2,66 \cdot 10^{-11} \text{ C}$
  - e)  $4,22 \cdot 10^{-14} \text{ C}$
9. Em dias secos, algumas pessoas podem perceber descargas elétricas quando se aproximam de superfícies metálicas. Numa condição específica, o corpo humano pode ficar eletrizado estaticamente com uma diferença de potencial de 30 kV. Neste caso, a pele humana funciona como as placas de um capacitor de 300 pF, e o estrato córneo (a camada mais externa na pele) funciona como o dielétrico, podendo armazenar energia elétrica. Considerando-se o exposto, a energia eletrostática e a carga elétrica, armazenada pelo corpo, são, respectivamente,
- a) 0,250 J e  $4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
  - b) 0,135 J e  $9 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
  - c) 0,250 J e  $4 \cdot 10^{-10} \text{ C}$
  - d) 0,135 J e  $9 \cdot 10^{-10} \text{ C}$
  - e) 0,750 J e  $3,6 \cdot 10^{-10} \text{ C}$

10. Numa tela de televisor de plasma, pequenas células contendo uma mistura de gases emitem luz quando submetidas a descargas elétricas. A figura abaixo mostra uma célula com dois eletrodos, nos quais uma diferença de potencial é aplicada para produzir a descarga. Considere que os eletrodos formam um capacitor de placas paralelas, cuja capacitância é dada por  $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ , onde  $\epsilon_0 = 8,9 \times 10^{-12}$  F/m, A é a área de cada eletrodo e d é a distância entre os eletrodos.



A capacitância da célula é

- a)  $1,068 \cdot 10^{-14}$  F.
- b)  $1,068 \cdot 10^{-16}$  F.
- c)  $1,068 \cdot 10^{-18}$  F.
- d)  $1,068 \cdot 10^{-20}$  F.
- e)  $1,068 \cdot 10^{-22}$  F.

## Gabarito

## 1. C

As baterias são dispositivos que transformam a energia **química** em energia elétrica através de reações espontâneas de oxirredução.

Capacitor é um dispositivo eletrônico cuja sua função básica é armazenar **cargas elétricas**, consequentemente é um acumulador de energia potencial elétrica.

## 2. C

[I] Incorreta. Conforme a expressão:  $C = \frac{\epsilon A}{d}$ , a capacitância depende: da área das placas, da distância entre elas e do dielétrico que preenche o espaço entre elas.

[II] Correta. A ddp no capacitor é  $U = \frac{Q}{C}$ .

[III] Correta. Conforme a expressão:  $C = \frac{\epsilon A}{d}$ , a capacitância é inversamente proporcional à distância entre as placas. Logo, diminuindo a distância entre elas, a capacitância

## 3. C

A energia em um capacitor é dada por:

$$E = \frac{Q \cdot U}{2}$$

Analisando o ponto em que a tensão é 4 kV, a carga  $Q = 0,10$  C. Substituindo os valores na equação, temos que:

$$E = \frac{0,10 \cdot 4 \cdot 10^3}{2}$$

$$E = 200 \text{ J}$$

## 4. A

Dados:  $U = 3 \text{ kV} = 3 \times 10^3 \text{ V}$ ;  $E = 300 \text{ J}$ ;  $\Delta t = 10 \text{ ms} = 10^{-2} \text{ s}$ .

Calculando a carga armazenada:

$$E = \frac{Q U}{2} \Rightarrow Q = \frac{2 E}{U} = \frac{2 \cdot 300}{3 \times 10^3} \Rightarrow Q = 0,2 \text{ C.}$$

A intensidade média da corrente elétrica é:

$$i_m = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{0,2}{10^{-2}} \Rightarrow i_m = 20 \text{ A}$$

## 5. E

Dispositivos que armazenam carga elétrica são chamados **capacitores** ou **condensadores**. A carga armazenada é descarregada num momento oportuno, como por exemplo, através do filamento de uma lâmpada de máquina fotográfica, emitindo um *flash*.

## 6. D

A carga elétrica, em coulombs, é dada pelo produto da capacitância em farad pela diferença de potencial em volt:

$$Q = C \cdot U \Rightarrow Q = 100 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 315 \text{ V} \therefore Q = 0,0315 \text{ C}$$

7. A

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \begin{cases} C_A = \frac{4,5 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_A = 2,25 \times 10^{-10} \text{ F.} \\ C_B = \frac{4,5 \times 10^{-11} \times 2 \times 10^{-2}}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow C_B = 4,5 \times 10^{-10} \text{ F.} \end{cases}$$

8. D

$$\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2; D = 20 \text{ cm} = 2 \times 10^{-1} \text{ m}; \pi = 3.$$

$$Q = C U \Rightarrow Q = \frac{\varepsilon_0 A}{d} U \Rightarrow Q = \varepsilon_0 \frac{\pi D^2}{4} \frac{U}{d} = \varepsilon_0 \frac{\pi D^2}{4} E \Rightarrow$$

$$Q = \frac{8,85 \times 10^{-12} \cdot 3 \cdot (2 \times 10^{-1})^2 \cdot 100}{4} = \frac{8,85 \times 10^{-12} \cdot 3 \cdot \cancel{4} \times 10^{-2} \cdot 100}{\cancel{4}} = 2,655 \times 10^{-11} \Rightarrow$$

$$Q = 2,66 \times 10^{-11} \text{ C.}$$

9. B

$$\text{Dados: } U = 30 \text{ kV} = 3 \times 10^4 \text{ V} = 30 \times 10^3; C = 300 \text{ pF} = 300 \times 10^{-12} \text{ F} = 3 \times 10^{-10} \text{ F.}$$

Da expressão da energia armazenada no capacitor plano:

$$E = \frac{C U^2}{2} = \frac{3 \times 10^{-10} \times (3 \times 10^4)^2}{2} = \frac{3 \times 10^{-10} \times 9 \times 10^8}{2} \Rightarrow E = 0,135 \text{ J.}$$

Da expressão da carga elétrica armazenada pelo capacitor:

$$Q = CU = 3 \times 10^{-10} \times 3 \times 10^4 \Rightarrow Q = 9 \times 10^{-6} \text{ C.}$$

10. A

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d} = \frac{8,9 \times 10^{-12} \times 600 \times 200 \times 10^{-12}}{100 \times 10^{-6}} = 1,068 \times 10^{-14} \text{ F}$$