

# Física 2019

Julho



# Conservação da quantidade de movimento

## Resumo

---

### Quantidade de movimento

Em diversos fenômenos físicos, é necessário agrupar os conceitos de massa e de velocidade vetorial. Isso ocorre nas colisões mecânicas e nas explosões, por exemplo. Nesses casos, torna-se conveniente a definição de **quantidade de movimento** (ou momento linear), que é uma das grandezas fundamentais da Física.

Considere uma partícula de massa  $m$  que, em certo instante, tem velocidade vetorial igual a  $v$ .

Por definição, a quantidade de movimento da partícula nesse instante é a grandeza vetorial  $Q$ , expressa por:

$$Q=mv$$

**Obs.:**

- A quantidade de movimento é uma grandeza instantânea, já que a sua definição envolve o conceito de velocidade vetorial instantânea.
- Sendo  $m$  um escalar positivo,  $Q$  tem sempre a mesma direção e o mesmo sentido de  $v$ , isto é, em cada instante é tangente à trajetória e dirigida no sentido do movimento.
- A energia cinética  $E_C$  pode ser relacionada com o módulo da quantidade de movimento:  
$$E_C = \frac{1}{2}mv^2$$
- A unidade da quantidade de movimento no SI é o kg.m/s (ou N.s).

### Sistema Isolado

Um sistema isolado é aquele em que a resultante das forças externas é nula. Assim o impulso total é nulo.

$$\vec{I} = \Delta t \cdot \vec{F} = \vec{0}$$

A quantidade de movimento de um sistema isolado se mantém constante.

$$\vec{I} = \Delta \vec{Q} = \vec{Q}_{final} - \vec{Q}_{inicial} = \vec{0}$$

$$\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$$

A relação anterior é conhecida como **Princípio da Conservação do Momento Linear ou da Quantidade de Movimento**.

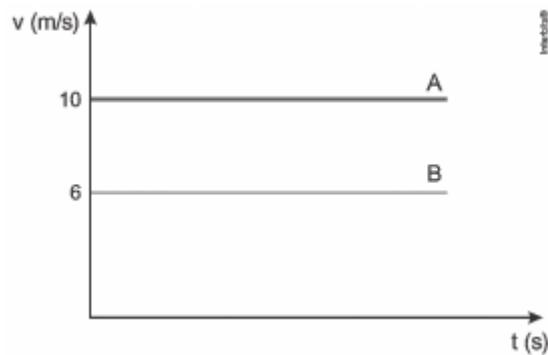
$$\vec{Q}_{INICIAL} = \vec{Q}_{FINAL}$$

---

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

## Exercícios

1. Em uma mesa de sinuca, as bolas A e B, ambas com massa igual a 140 g, deslocam-se com velocidades  $V_A$  e  $V_B$ , na mesma direção e sentido. O gráfico abaixo representa essas velocidades ao longo do tempo.



Após uma colisão entre as bolas, a quantidade de movimento total, em  $kg \cdot m/s$ , é igual a

- a) 0,56
- b) 0,84
- c) 1,60
- d) 2,24
- e) 3,60

2. Durante um reparo na estação espacial internacional, um cosmonauta, de massa 90 kg, substitui uma bomba do sistema de refrigeração, de massa 360 kg, que estava danificada. Inicialmente, o cosmonauta e a bomba estão em repouso em relação à estação. Quando ele empurra a bomba para o espaço, ele é empurrado no sentido oposto. Nesse processo, a bomba adquire uma velocidade de 0,2 m/s em relação à estação.

Qual é o valor da velocidade escalar adquirida pelo cosmonauta, em relação à estação, após o empurrão?

- a) 0,05 m/s.
- b) 0,20 m/s.
- c) 0,40 m/s.
- d) 0,50 m/s.
- e) 0,80 m/s.

3. Observe a tira abaixo:



Folia de São Paulo, 1993

O princípio físico ilustrado na tira acima, deve-se...

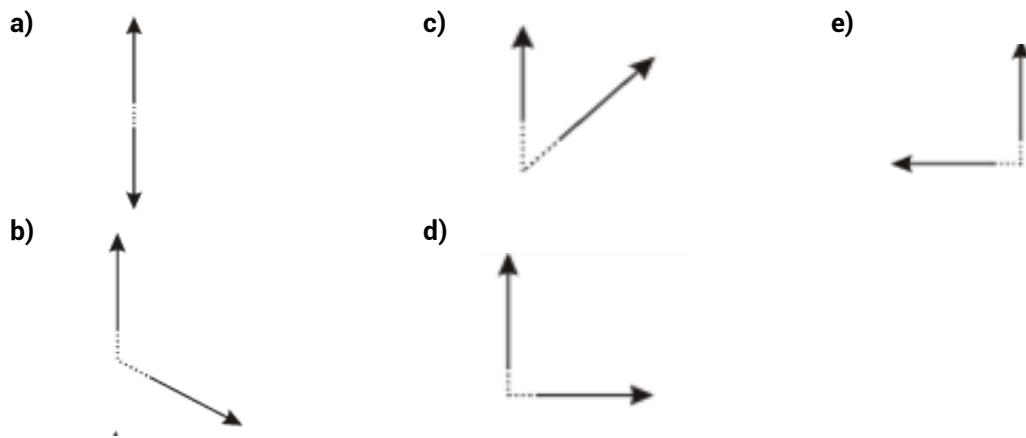
- a) ao Princípio de Bernoulli: o aumento da velocidade de um fluido está associado à diminuição da sua pressão, assim o aumento da velocidade nas bolas ocorre com a diminuição da sua pressão fazendo ela subir.
- b) à Lei de Boyle-Mariotte: a temperatura constante, a pressão e volume são constantes para uma massa gasosa, assim, a pressão de uma bola é transferida para outra integralmente, sendo que a massa das bolas é constante.
- c) à Lei da Conservação da Quantidade de Movimento: em um sistema isolado, a quantidade de movimento total se conserva. Assim a quantidade de movimento de uma bolinha é transferida integralmente à outra, descontados os efeitos térmicos, sonoros oriundos da colisão.
- d) à Lei de Joule: a corrente elétrica gera um aquecimento que repele a bola adjacente.
- e) à Lei de Joule: a corrente elétrica gera um aquecimento que repele a bola adjacente.

4. O estresse pode fazer com que o cérebro funcione aquém de sua capacidade. Atividades esportivas ou atividades lúdicas podem ajudar o cérebro a normalizar suas funções.

Num certo esporte, corpos cilíndricos idênticos, com massa de 4 kg, deslizam sem atrito sobre uma superfície plana. Numa jogada, um corpo A movimenta-se sobre uma linha reta, considerada o eixo x do referencial, com velocidade de módulo 2 m/s e colide com outro corpo, B, em repouso sobre a mesma reta. Por efeito da colisão, o corpo A permanece em repouso, e o corpo B passa a se movimentar sobre a reta. A energia cinética do corpo B, em J, é

- a) 2
- b) 4
- c) 6
- d) 8
- e) 16

5. A partícula neutra conhecida como méson  $K^0$  é instável e decai, emitindo duas partículas, com massas iguais, uma positiva e outra negativa, chamadas, respectivamente, méson  $\pi^+$  e méson  $\pi^-$ . Em um experimento, foi observado o decaimento de um  $K^0$ , em repouso, com emissão do par  $\pi^+$  e  $\pi^-$ . Das figuras abaixo, qual poderia representar as direções e sentidos das velocidades das partículas  $\pi^+$  e  $\pi^-$  no sistema de referência em que o  $K^0$  estava em repouso?



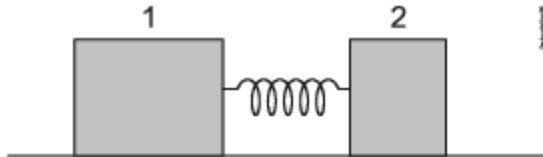
6. "A força agressiva da bomba atômica que literalmente implodiu a sociedade foi lembrada na poesia de Vinícius de Moraes que, combinada com a melodia de Gerson Conrad, se transformou no grande sucesso "Rosa de Hiroshima", gravada pelo grupo musical Secos & Molhados em 1973."

Fonte: Ciência na música popular brasileira, de Ildeu de Castro Moreira e Luisa Massarani. Publicado na revista pré-Univesp – Número 25 – Aprendizagem lúdica – Outubro de 2012.

Considerando-se que um artefato está em repouso sobre uma mesa e explode em dois pedaços. Um dos pedaços que possui um terço do total da massa do artefato foi lançado para o norte com velocidade de 300 m/s. Dessa maneira, é CORRETO afirmar que o segundo pedaço, com 2/3 da massa total do artefato, foi lançado para:

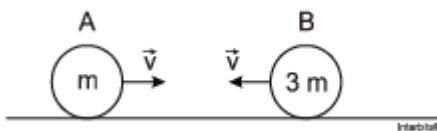
- a) o sul com velocidade de 150 m/s.
- b) o sul com velocidade de 600 m/s.
- c) o sudeste com velocidade de 150 m/s.
- d) o sudeste com velocidade de 600 m/s.
- e) uma direção desconhecida com velocidade de 600 m/s.

7. Dois blocos maciços estão separados um do outro por uma mola comprimida e mantidos presos comprimindo essa mola. Em certo instante, os dois blocos são soltos da mola e passam a se movimentar em direções opostas. Sabendo-se que a massa do bloco 1 é o triplo da massa do bloco 2, isto é  $m_1 = 3m_2$ , qual a relação entre as velocidades  $v_1$  e  $v_2$  dos blocos 1 e 2, respectivamente, logo após perderem contato com a mola?



- a)  $v_1 = -v_2/4$
- b)  $v_1 = -v_2/3$
- c)  $v_1 = v_2$
- d)  $v_1 = 3v_2$
- e)  $v_1 = 4v_2$

8. Duas esferas A e B, cujas massas e velocidades estão representadas na figura a seguir, sofrem um choque frontal e passam a se movimentar com velocidades opostas, cujos módulos são, respectivamente, iguais a 8 m/s e 1 m/s.



A velocidade relativa das esferas antes da colisão é

- a) 4 m/s.
- b) 5 m/s.
- c) 7 m/s.
- d) 9 m/s.
- e) 11 m/s.

9. Leonardo, de 75 kg, e sua filha Beatriz, de 25 kg, estavam patinando em uma pista horizontal de gelo, na mesma direção e em sentidos opostos, ambos com velocidade de módulo  $v = 1,5 \text{ m/s}$ . Por estarem distraídos, colidiram frontalmente, e Beatriz passou a se mover com velocidade de módulo  $u = 3,0 \text{ m/s}$ , na mesma direção, mas em sentido contrário ao de seu movimento inicial. Após a colisão, a velocidade de Leonardo é

- a) nula.
- b) 1,5 m/s no mesmo sentido de seu movimento inicial.
- c) 1,5 m/s em sentido oposto ao de seu movimento inicial.
- d) 3,0 m/s no mesmo sentido de seu movimento inicial.
- e) 3,0 m/s em sentido oposto ao de seu movimento inicial.

10. Um jovem de massa 60 kg patina sobre uma superfície horizontal de gelo segurando uma pedra de 2,0 kg. Desloca-se em linha reta, mantendo uma velocidade com módulo de 3,0 m/s. Em certo momento, atira a pedra pra frente, na mesma direção e sentido do seu deslocamento, com módulo de velocidade de 9,0 m/s em relação ao solo. Desprezando-se a influência da resistência do ar sobre o sistema patinador-pedra, é correto concluir que a velocidade do patinador em relação ao solo, logo após o lançamento, é de
- a) 3,0 m/s, para trás.
  - b) 3,0 m/s, para frente.
  - c) 0,30 m/s, para trás.
  - d) 0,30 m/s, para frente.
  - e) 2,8 m/s, para frente.

## Gabarito

---

### 1. D

$$Q_{\text{início}} = m_A v_A + m_B v_B = 0,14(10 + 6)$$

$$Q_{\text{início}} = 2,24 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

Com a conservação da quantidade de movimento, devemos ter que:

$$Q_{\text{fim}} = Q_{\text{início}} = 2,24 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

### 2. E

Tratando de um sistema mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento.

Assim:

$$|Q|_c = |Q|_b \Rightarrow m_c v_c = m_b v_b \Rightarrow 90 v_c = 360(0,2) \Rightarrow v_c = 0,8 \text{ m/s.}$$

### 3. C

O brinquedo mostrado na tira é conhecido como Pêndulo de Newton. Elevando-se a esfera de uma extremidade e a soltando, ocorrem sucessivos choques entre esferas adjacentes. Como se trata de um sistema mecanicamente isolado, em cada choque, uma esfera transmite quantidade de movimento para a esfera vizinha, até que a esfera da outra extremidade, ao receber essa quantidade de movimento, eleva-se, transformando energia cinética em energia potencial gravitacional.

### 4. D

Pela conservação da Quantidade de Movimento:

$$\cancel{m} v_A + \cancel{m} v_B = \cancel{m} v'_A + \cancel{m} v'_B \Rightarrow 2 + 0 = 0 + v'_B \Rightarrow v'_B = 2 \text{ m/s.}$$

$$E_{\text{Cin}}^B = \frac{m v_B'^2}{2} = \frac{4(2)^2}{2} \Rightarrow$$

$$E_{\text{Cin}}^B = 8 \text{ J.}$$

### 5. A

Trata-se de um sistema mecanicamente isolado, pois apenas forças internas provocam variações de velocidades. Assim, ocorre conservação da quantidade de movimento do sistema. Como se trata de uma grandeza vetorial, as partículas  $\pi^+$  e  $\pi^-$  devem ter velocidades de sentidos e de mesmo módulo, uma vez que as massas são iguais.

### 6. A

Como se trata de sistema mecanicamente isolado, temos:

$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}} \Rightarrow Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0 \Rightarrow \frac{1}{\cancel{\beta}} 300 = -\frac{2}{\cancel{\beta}} v_2 \Rightarrow$$

$$v_2 = -150 \text{ m/s.}$$

O segundo pedaço é lançado com velocidade de 150 m/s, em sentido oposto ao do primeiro, ou seja, para o sul.

## 7. B

Como o sistema é isolado de forças o momento linear total se conserva.

$$\vec{Q} = \vec{Q}_0 \rightarrow m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 0$$

$$3m_2 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 0 \rightarrow 3\vec{v}_1 = -\vec{v}_2 \rightarrow \vec{v}_1 = -\frac{\vec{v}_2}{3}$$

## 8. B

Como as esferas se deslocam em sentidos opostos, o módulo da velocidade relativa é igual à soma dos módulos das velocidades.

Então:

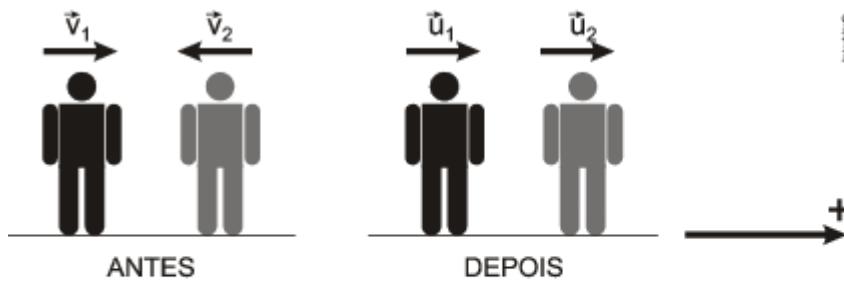
$$v_{\text{rel}} = v + v \Rightarrow v_{\text{rel}} = 2v.$$

Aplicando a conservação da Quantidade de Movimento ao choque, com sentido positivo orientado para a direita:

$$m_1 v - 3m_2 v = m_1(-8) + 3m_2(1) \Rightarrow -2v = -5 \Rightarrow 2v = 5.$$

$$v_{\text{rel}} = 2v = 5 \text{ m/s.}$$

## 9. A



Como o sistema é isolado de forças externas, podemos aplicar a conservação da quantidade de movimento:

$$\begin{aligned} \vec{Q}_{\text{TF}} &= \vec{Q}_{\text{TI}} \rightarrow m_1 V_1 - m_2 V_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \\ 75 \times 1,5 - 25 \times 1,5 &= 75u_1 + 25 \times 3 \rightarrow u_1 = 0 \end{aligned}$$

## 10. E

Antes do arremesso, o sistema possui massa total de 62 kg e velocidade de 3m/s. Isto significa uma quantidade total de movimento igual a  $Q = m \cdot v = 62 \cdot 3 = 186 \text{ kgm/s}$ .

Após o arremesso, teremos a pedra e o jovem separados:  $Q = Q_{(\text{jovem})} + Q_{(\text{pedra})}$ .

Como a resultante das forças externas ( atrito, resistência do ar, peso e normal) é nula, o sistema jovem-pedra é mecanicamente isolado, havendo conservação da quantidade de movimento.

$$Q_{(\text{antes})} = Q_{(\text{depois})}$$

$$186 = Q_{(\text{jovem})} + Q_{(\text{pedra})}$$

$$186 = 60 \cdot v + 2 \cdot 9$$

$$186 = 60 \cdot v + 18$$

$$186 - 18 = 60 \cdot v$$

$$168 = 60 \cdot v \rightarrow v = 168/60 = 2,8 \text{ m/s.}$$

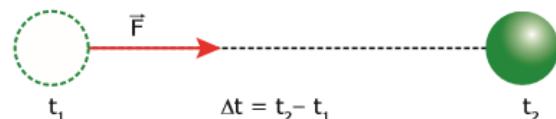
## Impulso e quantidade de movimento

### Resumo

Forças de grande intensidade, ainda que atuem por curtos intervalos de tempo, provocam grandes variações na quantidade de movimento dos corpos. Por exemplo, as forças que atuam em um carro durante um teste de colisão (*crash test*), apesar de atuarem sobre o veículo durante um pequeno intervalo de tempo, provocam uma grande variação na quantidade de movimento do carro, pois o vetor quantidade de movimento do veículo, que possuía módulo não nulo, torna-se nulo em uma pequena fração de segundo.



Considere uma força constante  $F$  atuando sobre um corpo durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ .



O impulso  $I$  da força  $F$  é a grandeza física que mede o efeito de uma força  $F$  atuando sobre um corpo durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ . O impulso  $I$  é definido como o produto da força  $F$  pelo intervalo de tempo  $\Delta t$ .

$$I = F \cdot \Delta t$$

Como  $\Delta t$  é uma grandeza escalar positiva, o vetor impulso possui as seguintes características:

Módulo:  $I = F\Delta t$

Direção: A direção de  $I$  é a mesma de  $F$ .

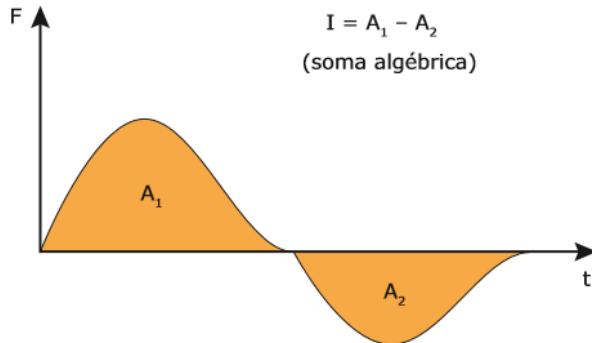
Sentido: O sentido de  $I$  é o mesmo de  $F$ .

A unidade do impulso no SI é o kg.m/s. Como 1 N é igual a 1 kg.m/s<sup>2</sup>, outra unidade do impulso é o N.s.

### Método gráfico para se calcular o impulso

A expressão  $I = F \cdot \Delta t$ , assim como a expressão usada para se calcular o valor do trabalho realizado por uma força ( $W = F \cdot \cos \theta \cdot d$ ), somente pode ser utilizada se o módulo da força  $F$  for constante, o que não acontece em muitas ocasiões. Quando o módulo da força  $F$  for variável, podemos calcular o módulo do impulso  $I$  por meio da área sob a curva do gráfico de força versus tempo. Nesse caso, o cálculo deve levar em consideração

o sinal da força, ou seja, áreas acima do eixo do tempo têm sinal positivo, e áreas abaixo do eixo do tempo têm sinal negativo no cálculo algébrico do impulso.



## Quantidade de movimento

Em diversos fenômenos físicos, é necessário agrupar os conceitos de massa e de velocidade vetorial. Isso ocorre nas colisões mecânicas e nas explosões, por exemplo. Nesses casos, torna-se conveniente a definição de **quantidade de movimento** (ou momento linear), que é uma das grandezas fundamentais da Física.

Considere uma partícula de massa  $m$  que, em certo instante, tem velocidade vetorial igual a  $v$ .

Por definição, a quantidade de movimento da partícula nesse instante é a grandeza vetorial  $Q$ , expressa por:

$$Q=mv$$

**Obs.:**

- A quantidade de movimento é uma grandeza instantânea, já que a sua definição envolve o conceito de velocidade vetorial instantânea.
- Sendo  $m$  um escalar positivo,  $Q$  tem sempre a mesma direção e o mesmo sentido de  $v$ , isto é, em cada instante é tangente à trajetória e dirigida no sentido do movimento.
- A energia cinética  $E_C$  pode ser relacionada com o módulo da quantidade de movimento:  
$$E_C=\frac{1}{2}mv^2$$
- A unidade da quantidade de movimento no SI é o kg.m/s (ou N.s).

## Teorema do impulso

O impulso da resultante (impulso total) das forças sobre uma partícula é igual à variação de sua quantidade de movimento:

$$I = \Delta Q$$

**Obs.:** A força cujo impulso é igual à variação da quantidade de movimento deve ser a resultante.

Podemos dizer que o impulso da força resultante é equivalente à soma vetorial dos impulsos de todas as forças que atuam na partícula

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

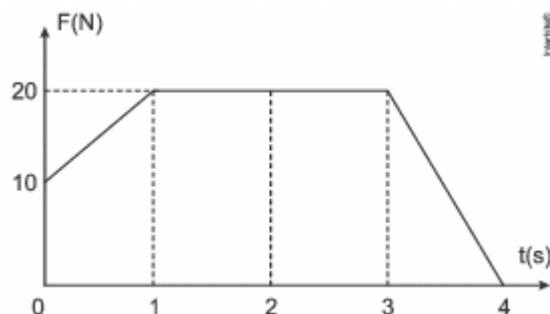
## Exercícios

---

1. Considere dois astronautas com massas iguais a  $M$  que estão inicialmente em repouso e distantes de qualquer corpo celeste. Um deles resolve lançar uma mochila de ferramentas também de massa igual a  $M$  para o outro, empurrando-a com uma força de módulo  $F$ . Admitindo que uma jogada completa se dá no início do arremesso até que o outro agarre a mochila e que o impulso permaneça o mesmo, a quantidade de jogada(s) completa(s) que os astronautas conseguem realizar é
  - a) uma.
  - b) duas.
  - c) três.
  - d) quatro.
  - e) mais de quatro.
  
2. Considere uma esfera muito pequena, de massa 1 kg, deslocando-se a uma velocidade de 2 m/s, sem girar, durante 3 s. Nesse intervalo de tempo, o momento linear dessa partícula é
  - a) 2 kg.m/s.
  - b) 3 s.
  - c) 6 kg.m/s.
  - d) 6 m.
  - e) 9 kg.m/s.
  
3. Um jogador de tênis, durante o saque, lança a bola verticalmente para cima. Ao atingir sua altura máxima, a bola é golpeada pela raquete de tênis, e sai com velocidade de 108 km/h na direção horizontal.  
Calcule, em kg.m/s, o módulo da variação de momento linear da bola entre os instantes logo após e logo antes de ser golpeada pela raquete.  
**Dado:** Considere a massa da bola de tênis igual a 50 g.
  - a) 1,5.
  - b) 5,4.
  - c) 54.
  - d) 1500.
  - e) 5400.

4. O *airbag* e o cinto de segurança são itens de segurança presentes em todos os carros novos fabricados no Brasil. Utilizando os conceitos da Primeira Lei de Newton, de impulso de uma força e variação da quantidade de movimento, analise as proposições.
- I. O *airbag* aumenta o impulso da força média atuante sobre o ocupante do carro na colisão com o painel, aumentando a quantidade de movimento do ocupante.
  - II. O *airbag* aumenta o tempo da colisão do ocupante do carro com o painel, diminuindo, assim, a força média atuante sobre ele mesmo na colisão.
  - III. O cinto de segurança impede que o ocupante do carro, em uma colisão, continue se deslocando com um movimento retílineo uniforme.
  - IV. O cinto de segurança desacelera o ocupante do carro em uma colisão, aumentando a quantidade de movimento do ocupante.
- Assinale a alternativa correta.
- a) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
  - b) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
  - c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
  - d) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
  - e) Todas as afirmativas são verdadeiras.
5. Uma bola de futebol de massa  $m = 0,20\text{ kg}$  é chutada contra a parede a uma velocidade de  $5,0\text{ m/s}$ . Após o choque, ela volta a  $4,0\text{ m/s}$ . A variação da quantidade de movimento da bola durante o choque, em  $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ , é igual a
- a) 0,2.
  - b) 1,0.
  - c) 1,8.
  - d) 2,6.
  - e) 5,4.
6. Considere uma esfera metálica em queda livre sob a ação somente da força peso. Sobre o módulo do momento linear desse corpo, pode-se afirmar corretamente que
- a) aumenta durante a queda.
  - b) diminui durante a queda.
  - c) é constante e diferente de zero durante a queda.
  - d) é zero durante a queda.
  - e) aumenta até um certo instante e depois permanece constante durante a queda.

7. Uma esfera de massa  $m$  é lançada do solo verticalmente para cima, com velocidade inicial  $V$ , em módulo, e atinge o solo 1 s depois. Desprezando todos os atritos, a variação no momento linear entre o instante do lançamento e o instante imediatamente antes do retorno ao solo é, em módulo,
- $2 mV$ .
  - $mV$ .
  - $mV^2/2$ .
  - $mV/2$ .
  - 0.
8. Os Jogos Olímpicos de 2016 (Rio 2016) é um evento multiesportivo que acontecerá no Rio de Janeiro. O jogo de tênis é uma das diversas modalidades que compõem as Olímpiadas. Se em uma partida de tênis um jogador recebe uma bola com velocidade de  $18,0 \text{ m/s}$  e rebate na mesma direção e em sentido contrário com velocidade de  $32 \text{ m/s}$ , assinale a alternativa que apresenta qual o módulo da sua aceleração média, em  $\text{m/s}^2$ , sabendo que a bola permaneceu  $0,10 \text{ s}$  em contato com a raquete.
- 450.
  - 600.
  - 500.
  - 475.
  - 200.
9. O gráfico abaixo mostra a intensidade de uma força aplicada a um corpo no intervalo de tempo de 0 a 4 s.



O impulso da força, no intervalo especificado, vale

- $95 \text{ kg.m/s}$ .
- $85 \text{ kg.m/s}$ .
- $65 \text{ kg.m/s}$ .
- $60 \text{ kg.m/s}$ .
- $55 \text{ kg.m/s}$ .

10. Nas cobranças de faltas em um jogo de futebol, uma bola com massa de 500 gramas pode atingir facilmente a velocidade de 108 km/h. Supondo que no momento do chute o tempo de interação entre o pé do jogador e a bola seja de 0,15 segundos, podemos supor que a ordem de grandeza atua na bola, em newton, é de:
- a)  $10^0$ .
  - b)  $10^1$ .
  - c)  $10^2$ .
  - d)  $10^3$ .
  - e)  $10^4$ .

## Gabarito

---

### 1. A

Os dois astronautas não sofrem a influência gravitacional de algum corpo celeste, portanto vamos admitir que estão realizando uma caminhada espacial em que realizam o experimento descrito. Neste sistema, a quantidade de movimento inicial é nula e, assim que o primeiro astronauta lança a mochila ao outro, pelo Princípio da Ação e Reação, a força aplicada na mochila faz o lançador se afastar com a mesma velocidade da mochila, porém em sentido contrário, sendo que a quantidade de movimento do sistema como um todo continua nula, pois ela se conserva. Quando a mochila chega ao segundo astronauta, temos uma colisão inelástica, em que os dois corpos mantêm a quantidade de movimento que a mochila quando viajava sozinha, mas com a metade da velocidade, pois as massas do astronauta e da mochila são iguais. Usando o mesmo impulso dado pelo primeiro astronauta, a mochila lançada pelo segundo astronauta não conseguirá mais alcançar o primeiro, porque teria a mesma aceleração que o astronauta. Logo, é possível executar o movimento apenas uma vez, a menos que fosse possível aplicar um impulso maior a cada arremesso.

### 2. A

O momento linear ou quantidade de movimento é dado pela expressão:

$$Q = mv = 1 \times 2 \Rightarrow Q = 2 \text{ kg} \cdot \text{m/s.}$$

### 3. A

$$\Delta p = m \cdot \Delta V \Rightarrow \Delta p = 50 \cdot 10^3 \cdot \frac{108}{3,6} \Rightarrow \Delta p = 1,5 \text{ kg m/s}$$

### 4. B

- [I] Falsa. O *airbag* reduz a força média sobre o corpo do ocupante do carro durante a colisão com o painel, pois aumenta o tempo de contato entre o sistema corpo-*airbag*. O impulso permanece o mesmo, que equivale à diferença de quantidade de movimento.
- [II] Verdadeira.
- [III] Verdadeira.
- [IV] Falsa. O cinto de segurança prende o passageiro ao banco evitando que o movimento do seu corpo continue por inércia após o choque. A aceleração e a variação da quantidade de movimento dos ocupantes que utilizam o cinto de segurança serão as mesmas sofridas pelo automóvel no momento do acidente.

### 5. C

**Nota:** A questão poderia ser melhor se pedisse o módulo da variação da quantidade de movimento.

Considerando que ela volte em sentido oposto, temos:

$$v_1 = 5 \text{ m/s}; v_2 = -4 \text{ m/s.}$$

O módulo da variação da quantidade de movimento ( $\Delta Q$ ) é:

$$\Delta Q = m |\Delta v| = 0,2 |-4 - 5| = 0,2(9) \Rightarrow \Delta Q = 1,8 \text{ kg} \cdot \text{m/s.}$$

### 6. A

Como se trata de uma queda livre, a velocidade aumenta linearmente com o tempo durante a queda, portanto o momento linear ou quantidade de movimento ( $Q = mv$ ) também aumenta durante a queda.

## 7. A

Adotando o sentido positivo para baixo e trabalhando algebraicamente, temos:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Lançamento: } Q_L = -m v \\ \text{Retorno: } Q_R = m v \end{array} \right\} \Rightarrow |\Delta Q| = |Q_R - Q_L| = |m v - (-m v)| \Rightarrow$$

$$|\Delta Q| = 2 m v.$$

## 8. C

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{32 - (-18)}{0,1} \Rightarrow a = \frac{50}{0,1} \Rightarrow 500 \text{ m/s}^2$$

Ou usando o teorema do Impulso – Quantidade de movimento

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

$$m \cdot a \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

$$\frac{m \cdot a \cdot \Delta t}{m} = \frac{m \cdot \Delta v}{m}$$

$$a \cdot \Delta t = \Delta v$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{32 - (-18)}{0,1} \Rightarrow a = \frac{50}{0,1} \Rightarrow 500 \text{ m/s}^2$$

## 9. C

Sabemos que no gráfico da força em função do tempo, a intensidade do impulso é numericamente igual à "área" entre a linha do gráfico e o eixo dos tempos. Assim:

$$I_F = \frac{20 + 10}{2} \times 1 + \frac{(4 - 1) + (3 - 1)}{2} \times 20 = 15 + 50 \Rightarrow I_F = 65 \text{ N} \cdot \text{s.}$$

## 10. C

O teorema do impulso nos fornece a relação entre o impulso e a variação da quantidade de movimento:

$$I = \Delta Q$$

E impulso e quantidade de movimento são determinados pelas equações:

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$Q = m \cdot v$$

Assim, como a quantidade de movimento inicial é zero, juntando as expressões acima, relacionamos a força média com a velocidade.

$$F \cdot \Delta t = m \cdot v$$

$$F = \frac{m \cdot v}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{0,5 \text{ kg} \cdot 108 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ m/s}}{3,6 \text{ km/h}}}{0,15 \text{ s}} \therefore F = 100 \text{ N}$$

Ordem de grandeza da força média:

$$\text{OG}(100 \text{ N}) = 10^2 \text{ N}$$

## Colisões

### Resumo

---

#### Sistema Isolado

Um sistema isolado é aquele em que a resultante das forças externas é nula. Assim o impulso total é nulo.

$$\vec{I} = \Delta t \cdot \vec{F} = \vec{0}$$

A quantidade de movimento de um sistema isolado se mantém constante.

$$\begin{aligned}\vec{I} &= \Delta \vec{Q} = \vec{Q}_{final} - \vec{Q}_{inicial} = \vec{0} \\ \vec{Q}_{final} &= \vec{Q}_{inicial}\end{aligned}$$

A relação anterior é conhecida como **Princípio da Conservação do Momento Linear**.

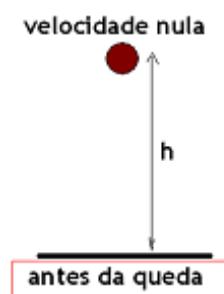
$$\vec{Q}_{INICIAL} = \vec{Q}_{FINAL}$$

#### Colisões

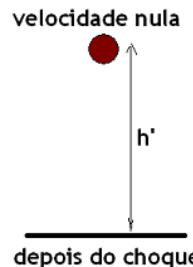
As colisões são classificadas de acordo com a energia conservada no choque.

Vamos usar a queda de uma bola sem resistência do ar para classificar as colisões.

A bola é abandonada de uma altura  $h$ , a partir do repouso.



Se após a colisão a esfera atingir a altura inicial, isso significa que não houve transformação de energia mecânica em outra forma de energia. O choque é classificado como perfeitamente elástico.

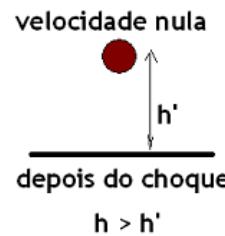


$$h = h'$$

energia inicial = energia final  
 $e = 1$

### Choque perfeitamente elástico

Se após a colisão a esfera atingir uma altura menor, parte da energia mecânica foi transformada. O choque é chamado **parcialmente elástico**.



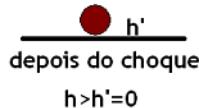
$$h > h'$$

energia inicial < energia final

$$0 < e < 1$$

### Choque parcialmente elástico

Se após o choque os *corpos ficarem unidos*, ocorre a *perda máxima de energia* e o choque é classificado de **perfeitamente inelástico**.



$$h > h' = 0$$

energia inicial < energia final

máxima perda energética  
 $e=0$

### Choque perfeitamente inelástico

*corpos unidos após o choque*

Para um choque entre duas partículas A e B, o coeficiente de restituição (e) é definido como a razão entre o módulo da velocidade relativa entre A e B pouco depois do choque (velocidade relativa de afastamento) e o módulo da velocidade relativa entre A e B pouco antes do choque (velocidade relativa de aproximação)

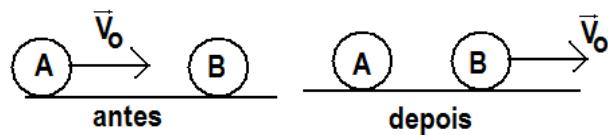
$$e = \frac{|velocidade\ relativa\ de\ afastamento|}{|velocidade\ relativa\ de\ aproximação|} = \frac{|v'_A - v'_B|}{|v_B - v_A|}$$

**Choque elástico:**  $e = 1$

**Choque parcialmente elástico:**  $0 < e < 1$

**Choque inelástico:**  $e = 0$  (*corpos unidos*)

Dica: Em uma colisão unidimensional perfeitamente elástica entre corpos de massas iguais, ocorre troca de velocidades.



---

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

## Exercícios

1. Considere as três afirmativas abaixo.

- I. Em qualquer processo de colisão entre dois objetos, a energia cinética total e a quantidade de movimento linear total do sistema são quantidades conservadas.
- II. Se um objeto tem quantidade de movimento linear, então terá energia mecânica.
- III. Entre dois objetos de massas diferentes, o de menor massa jamais terá quantidade de movimento linear maior do que o outro.

Quais estão corretas?

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

2.

VEÍCULO ARRASTADO POR TREM  
EM FORTALEZA



<https://dialogospoliticos.wordpress.com> (adaptado).  
Acesso: 02/04/2016

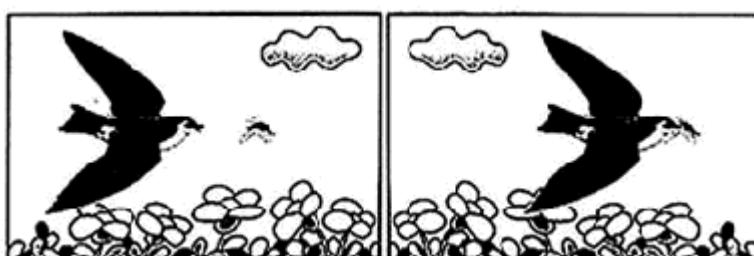
A figura mostra uma colisão envolvendo um trem de carga e uma camionete. Segundo testemunhas, o condutor da camionete teria ignorado o sinal sonoro e avançou a cancela da passagem de nível. Após a colisão contra a lateral do veículo, o carro foi arrastado pelo trem por cerca de 300 metros. Supondo a massa total do trem de 120 toneladas e a da camionete de 3 toneladas, podemos afirmar que, no momento da colisão, a intensidade da força que

- a) o trem aplicou na camionete foi 40 vezes maior do que a intensidade da força que a camionete aplicou no trem e a colisão foi parcialmente elástica.
- b) o trem aplicou na camionete foi 40 vezes maior do que a intensidade da força que a camionete aplicou no trem e a colisão foi inelástica.
- c) a camionete aplicou no trem foi igual à intensidade da força que o trem aplicou na camionete e a colisão foi parcialmente elástica.
- d) a camionete aplicou no trem foi igual à intensidade da força que o trem aplicou na camionete e a colisão foi inelástica.
- e) a camionete aplicou no trem foi igual à intensidade da força que o trem aplicou na camionete e a colisão foi elástica.

3. A lei de conservação do momento linear está associada às relações de simetrias espaciais. Nesse contexto, considere uma colisão inelástica entre uma partícula de massa  $M$  e a velocidade  $V$  e um corpo, inicialmente em repouso, de massa igual a  $10M$ . Logo após a colisão, a velocidade do sistema composto pela partícula e pelo corpo equivale a:
- a)  $V/10$ .
  - b)  $10V$ .
  - c)  $V/11$ .
  - d)  $11V$ .
  - e)  $11V/10$ .
4. Um corpo A colide com um corpo B que se encontra inicialmente em repouso. Os dois corpos estão sobre uma superfície horizontal sem atrito. Após a colisão, os corpos saem unidos, com uma velocidade igual a 20% daquela inicial do corpo A. Qual é a razão entre a massa do corpo A e a massa do corpo B?
- a) 0,20.
  - b) 0,25.
  - c) 0,80.
  - d) 1,0.
  - e) 4,0.
5. Em uma mesa de sinuca, uma bola é lançada frontalmente contra outra bola em repouso. Após a colisão, a bola incidente para e a bola alvo (bola atingida) passa a se mover na mesma direção do movimento da bola incidente. Supondo que as bolas tenham massas idênticas, que o choque seja elástico e que a velocidade da bola incidente seja de 2 m/s, qual será, em m/s, a velocidade inicial da bola alvo após a colisão?
- a) 0,5
  - b) 1
  - c) 2
  - d) 4
  - e) 8

6. Dois carros de mesma massa sofrem uma colisão frontal. Imediatamente, antes da colisão, o primeiro carro viajava a 72 km/h no sentido norte de uma estrada retilínea, enquanto o segundo carro viajava na contramão da mesma estrada com velocidade igual a 36 km/h, no sentido sul. Considere que a colisão foi perfeitamente inelástica. Qual é a velocidade final dos carros imediatamente após essa colisão?
- 5 m/s para o norte.
  - 5 m/s para o sul.
  - 10 m/s para o norte.
  - 10 m/s para o sul.
  - 30 m/s para o norte.
7. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.

Nos quadrinhos, vemos uma andorinha em voo perseguindo um inseto que tenta escapar. Ambos estão em MRU e, depois de um tempo, a andorinha finalmente consegue apanhar o inseto.



Nessas circunstâncias, pode-se afirmar que, imediatamente após apanhar o inseto, o módulo da velocidade final da andorinha é \_\_\_\_\_ módulo de sua velocidade inicial, e que o ato de apanhar o inseto pode ser considerado com uma colisão \_\_\_\_\_.

- maior que o - inelástica
- menor que o – elástica
- maior que o – elástica
- menor que o – inelástica
- igual ao – inelástica

8. Na Copa do Mundo de 2018, observou-se que, para a maioria dos torcedores, um dos fatores que encantou foi o jogo bem jogado, ao passo que o desencanto ficou por conta de partidas com colisões violentas. Muitas dessas colisões travavam as jogadas e, não raramente, causavam lesões nos atletas. A charge a seguir ilustra a narração de um suposto jogo da Copa, feita por físicos:



Com base na charge e nos conhecimentos sobre colisões e supondo que, em um jogo de futebol, os jogadores se comportam como um sistema de partículas ideais, é correto afirmar que, em uma colisão

- elástica, a energia cinética total final é menor que a energia cinética total inicial.
- elástica, a quantidade de movimento total final é menor que a quantidade de movimento total inicial.
- parcialmente inelástica, a energia cinética total final é menor que a energia cinética total inicial.
- perfeitamente inelástica, a quantidade de movimento total inicial é maior que a quantidade de movimento total final.
- parcialmente inelástica, a quantidade de movimento total final é menor que a quantidade de movimento total inicial.

9. Para responder à questão, analise a situação a seguir.

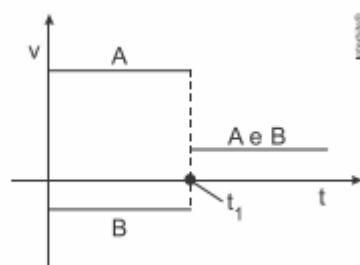
Duas esferas – A e B – de massas respectivamente iguais a 3 kg e 2 kg estão em movimento unidimensional sobre um plano horizontal perfeitamente liso, como mostra a figura 1.

Figura 1:



Inicialmente as esferas se movimentam em sentidos opostos, colidindo no instante  $t_1$ . A figura 2 representa a evolução das velocidades em função do tempo para essas esferas imediatamente antes e após a colisão mecânica.

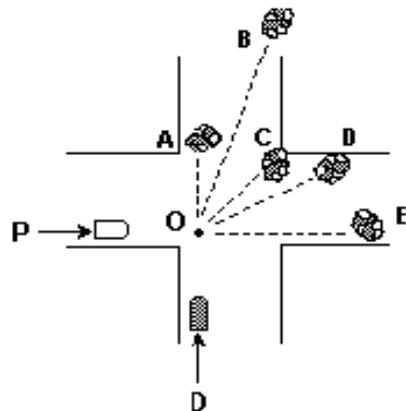
Figura 2:



Sobre o sistema formado pelas esferas A e B, é correto afirmar:

- a) Há conservação da energia cinética do sistema durante a colisão.
- b) Há dissipação de energia mecânica do sistema durante a colisão.
- c) A quantidade de movimento total do sistema formado varia durante a colisão.
- d) A velocidade relativa de afastamento dos corpos após a colisão é diferente de zero.
- e) A velocidade relativa entre as esferas antes da colisão é inferior à velocidade relativa entre elas após colidirem.

10. Perto de uma esquina, um pipoqueiro, P, e um "dogueiro", D, empurram distraidamente seus carrinhos, com a mesma velocidade (em módulo), sendo que o carrinho do "dogueiro" tem o triplo da massa do carrinho do pipoqueiro. Na esquina, eles colidem (em O) e os carrinhos se engancham, em um choque totalmente inelástico. Uma trajetória possível dos dois carrinhos, após a colisão, é compatível com a indicada por



- a) A.
- b) B.
- c) C.
- d) D.
- e) E.

## Gabarito

---

### 1. B

Análise das afirmativas:

- [I] Falsa. Em qualquer colisão, somente a quantidade de movimento é sempre conservada. A Energia cinética total é conservada somente no caso da colisão elástica.
- [II] Verdadeira. Havendo quantidade de movimento, há velocidade e, portanto, há energia cinética que faz parte da energia chamada mecânica.
- [III] Falsa. A quantidade de movimento depende não somente da massa, mas também da velocidade, portanto há possibilidade do objeto de menor massa ter maior velocidade e com isso, ter maior quantidade de movimento.

### 2. D

De acordo com a 3<sup>a</sup> lei de Newton, à toda ação corresponde uma reação de igual intensidade, mesma direção e sentido contrário. Com isso, a força aplicada na camionete pelo trem tem a mesma intensidade que a força aplicada pela camionete sobre o trem. Além disso, tendo em vista que os dois móveis após a colisão andarem juntos, se trata de uma colisão inelástica, confirmando a alternativa [D] como a correta.

### 3. C

Como se trata de sistema mecanicamente isolado, pela conservação do momento linear, têm-se:

$$Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}} \Rightarrow MV = (10M + M)V' \Rightarrow V' = \frac{V}{11}$$

### 4. B

A colisão entre os dois corpos é perfeitamente inelástica sem atrito, assim temos a Conservação da Quantidade de Movimento.

$$Q_{\text{inicial}} = Q_{\text{final}}$$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot \cancel{y_B} = (m_A + m_B) \cdot v_{\text{final}}$$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot 0 = (m_A + m_B) \cdot 0,2 v_A$$

$$m_A \cdot \cancel{y_A} = (m_A + m_B) \cdot 0,2 \cancel{y_A}$$

$$m_A = 0,2 \cdot m_A + 0,2 \cdot m_B$$

$$m_A - 0,2 \cdot m_A = 0,2 \cdot m_B$$

$$0,8 \cdot m_A = 0,2 \cdot m_B$$

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{0,2}{0,8}$$

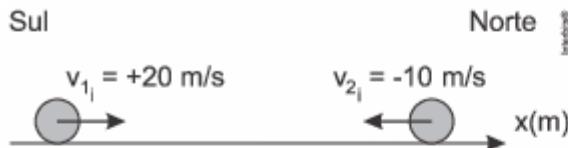
$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{4} = 0,25$$

### 5. C

Em choque frontal e perfeitamente elástico de dois corpos de mesma massa, eles trocam de velocidades. Portanto, após o choque, se bola incidente para, a velocidade da bola alvo é 2 m/s.

## 6. A

Tem-se a seguinte situação.



Em uma colisão perfeitamente inelástica, os corpos permanecem juntos após a colisão.

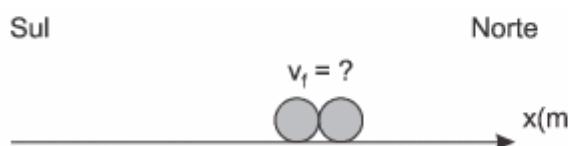
Desta forma:

$$m_1 \cdot v_{1,i} + m_2 \cdot v_{2,i} = m_1 \cdot v_{1,f} + m_2 \cdot v_{2,f}$$

Como,

$$v_{1,f} = v_{2,f}$$

$$m_1 \cdot v_{1,i} + m_2 \cdot v_{2,i} = (m_1 + m_2) \cdot v_f$$

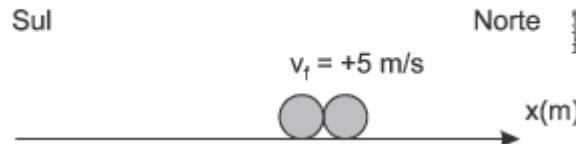


$$m \cdot (+20) + m \cdot (-10) = 2 \cdot m \cdot v_f$$

$$2v = 10$$

$$v = +5 \text{ m/s}$$

Assim,



## 7. D

Como é uma colisão onde os corpos não se separam após a mesma, ela será considerada perfeitamente INELÁSTICA. Nas colisões perfeitamente inelásticas os corpos se juntam, aumentando assim a massa do sistema. Como a quantidade de movimento total deve permanecer constante a velocidade deve diminuir.

## 8. C

Nas colisões **elásticas**, os móveis após o choque conservam suas energias cinéticas e também suas quantidades de movimento, portanto as alternativas [A] e [B] estão erradas. As colisões **perfeitamente inelásticas** ocorrem com conservação da quantidade de movimento e perda máxima da energia cinética dos móveis, sendo que, após a colisão, os mesmos seguem unidos como se fossem um corpo único, com a mesma velocidade final, assim a alternativa [D] está equivocada. Para as colisões **parcialmente inelásticas**, as energias cinéticas totais finais após o choque são menores que as iniciais, com a conservação da quantidade de movimento. Assim, descartamos a alternativa [E], sendo a alternativa correta [C].

## 9. B

Pela análise do gráfico, constata-se que os corpos andam juntos após o choque (velocidade relativa de afastamento dos corpos depois do choque é igual a zero), representando um choque perfeitamente inelástico. Neste caso, a energia cinética não é conservada e existe a perda de parte da energia mecânica inicial sob a forma de calor (energia dissipada) com aumento da energia interna e temperatura devido à deformação sofrida no choque. Sendo assim, a única alternativa correta é da letra [B].

## 10. B

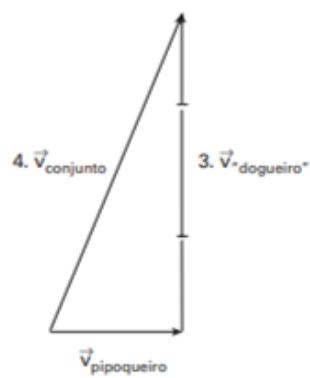
Como a situação descrita no enunciado é uma colisão inelástica, o sistema é isolado e os corpos permanecem juntos após a interação:

$$\vec{Q}_{SIST} = \vec{Q}'_{SIST}$$

$$M\vec{v}_{\text{pipoqueiro}} + 3M\vec{v}^{\text{"dogueiro"}} = 4M\vec{v}_{\text{conjunto}}$$

$$\vec{v}_{\text{pipoqueiro}} + 3\vec{v}^{\text{"dogueiro"}} = 4\vec{v}_{\text{conjunto}}$$

Representando graficamente:



## Exercícios de conservação da quantidade de movimento e colisões

### Exercícios

---

1. Na olimpíada, o remador Isaquias Queiroz, ao se aproximar da linha de chegada com o seu barco, lançou seu corpo para trás. Os analistas do esporte a remo disseram que esse ato é comum nessas competições, ao se cruzar a linha de chegada.

Em física, o tema que explica a ação do remador é

- a) o lançamento oblíquo na superfície terrestre.
- b) a conservação da quantidade de movimento.
- c) o processo de colisão elástica unidimensional.
- d) o princípio fundamental da dinâmica de Newton.
- e) a grandeza viscosidade no princípio de Arquimedes.

2. Com relação às colisões elásticas e inelásticas, analise as proposições:

- I. Na colisão elástica, o momento linear e a energia cinética não se conservam.
- II. Na colisão inelástica, o momento linear e a energia cinética não se conservam.
- III. O momento linear se conserva tanto na colisão elástica quanto na colisão inelástica.
- IV. A energia cinética se conserva tanto na colisão elástica quanto na colisão inelástica.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa IV é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

3. Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.

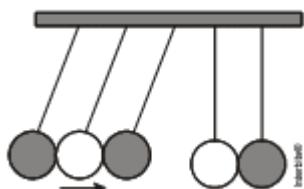


Galileu e o plano inclinado. Disponível em: [www.fisica.ufpb.br](http://www.fisica.ufpb.br). Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

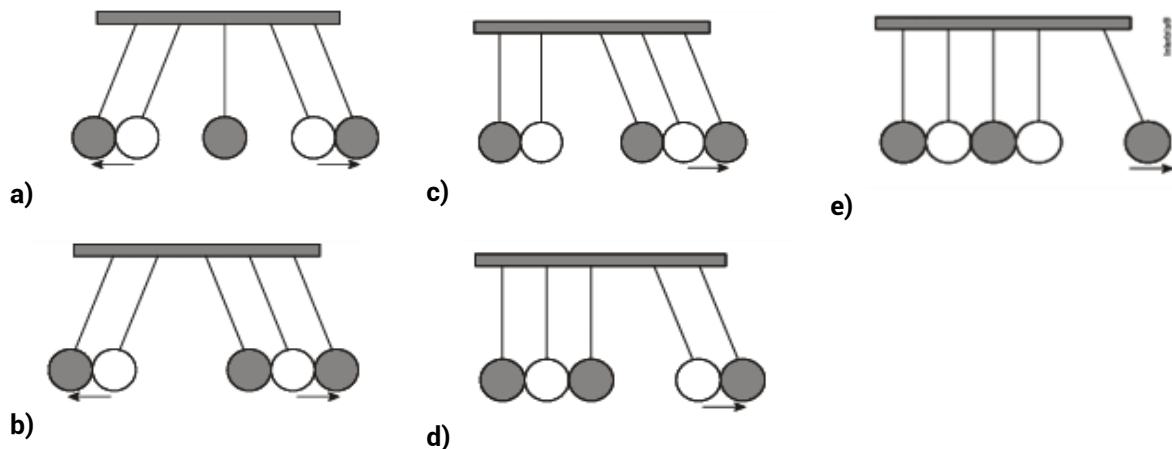
Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

- manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.
- manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.
- diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.
- diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.
- aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.

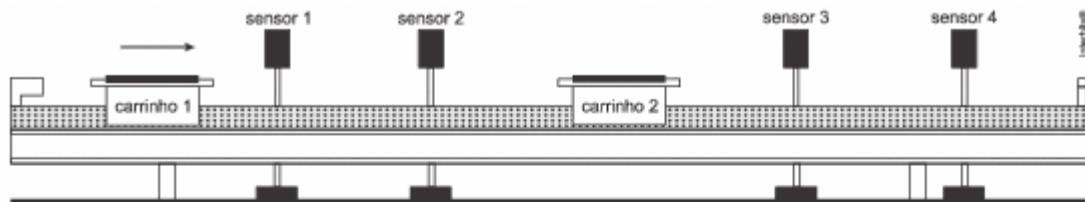
4. O pêndulo de Newton pode ser constituído por cinco pêndulos idênticos suspensos em um mesmo suporte. Em um dado instante, as esferas de três pêndulos são deslocadas para a esquerda e liberadas, deslocando-se para a direita e colidindo elasticamente com as outras duas esferas, que inicialmente estavam paradas.



O movimento dos pêndulos após a primeira colisão está representado em:



5. O trilho de ar é um dispositivo utilizado em laboratórios de física para analisar movimentos em que corpos de prova (carrinhos) podem se mover com atrito desprezível. A figura ilustra um trilho horizontal com dois carrinhos (1 e 2) em que se realiza um experimento para obter a massa do carrinho 2. No instante em que o carrinho 1, de massa 150,0 g, passa a se mover com velocidade escalar constante, o carrinho 2 está em repouso. No momento em que o carrinho 1 se choca com o carrinho 2, ambos passam a se movimentar juntos com velocidade escalar constante. Os sensores eletrônicos distribuídos ao longo do trilho determinam as posições e registram os instantes associados à passagem de cada carrinho, gerando os dados do quadro.

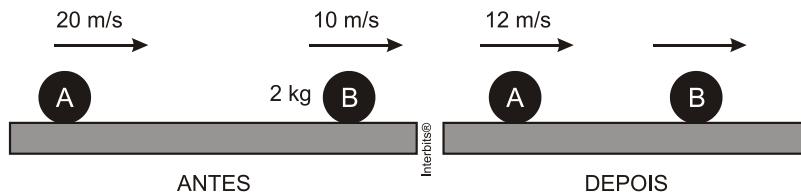


Carrinho 1		Carrinho 2	
Posição (cm)	Instante (s)	Posição (cm)	Instante (s)
15,0	0,0	45,0	0,0
30,0	1,0	45,0	1,0
75,0	8,0	75,0	8,0
90,0	11,0	90,0	11,0

Com base nos dados experimentais, o valor da massa do carrinho 2 é igual a

- a) 50,0 g.
- b) 250,0 g.
- c) 300,0 g.
- d) 450,0 g.
- e) 600,0 g.

6. O esquema a seguir mostra o movimento de dois corpos antes e depois do choque. Considere que o coeficiente de restituição é igual a 0,6.



Analise as proposições a seguir e conclua.

- ( ) A velocidade do corpo B após o choque é 18 m/s.
- ( ) A massa do corpo A vale 2 kg.
- ( ) O choque é perfeitamente elástico, pois os dois corpos têm massas iguais a 2 kg
- ( ) A quantidade de movimento depois do choque é menor do que antes do choque.
- ( ) A energia dissipada, igual à diferença da energia cinética antes do choque e da energia cinética depois do choque, é de 64 J.

- a) VVFFF
- b) VFFVF
- c) FFVVV
- d) VVFFV
- e) FVVFF

7. Um objeto de massa  $M_1 = 4,0 \text{ kg}$  desliza, sobre um plano horizontal sem atrito, com velocidade  $V = 5,0 \text{ m/s}$ , até atingir um segundo corpo de massa  $M_2 = 5,0 \text{ kg}$ , que está em repouso. Após a colisão, os corpos ficam grudados.

Calcule a velocidade final  $V_f$  dos dois corpos grudados.

- a)  $V_f = 22 \text{ m/s}$
- b)  $V_f = 11 \text{ m/s}$
- c)  $V_f = 5,0 \text{ m/s}$
- d)  $V_f = 4,5 \text{ m/s}$
- e)  $V_f = 2,2 \text{ m/s}$

8. "Ao utilizar o cinto de segurança no banco de trás, o passageiro também está protegendo o motorista e o carona, as pessoas que estão na frente do carro. O uso do cinto de segurança no banco da frente e, principalmente, no banco de trás pode evitar muitas mortes. Milhares de pessoas perdem suas vidas no trânsito, e o uso dos itens de segurança pode reduzir essa estatística. O Brasil também está buscando, cada vez mais, fortalecer a nossa ação no campo da prevenção e do monitoramento. Essa é uma discussão que o Ministério da Saúde vem fazendo junto com outros órgãos do governo", destacou o Ministro da Saúde, Arthur Chioro.

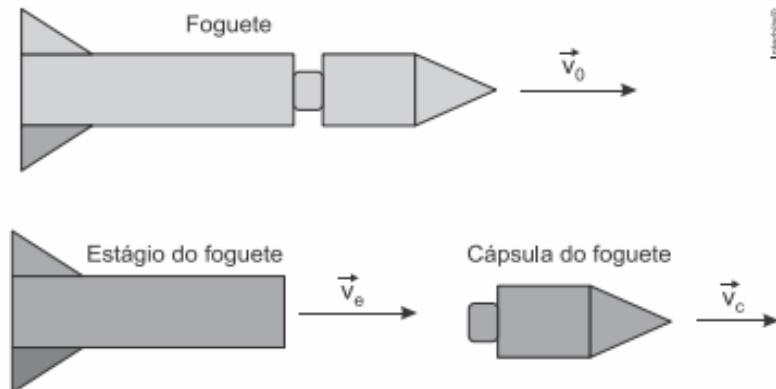
Estudo da Associação Brasileira de Medicina de Tráfego (Abramet) mostra que o cinto de segurança no banco da frente reduz o risco de morte em 45% e, no banco traseiro, em até 75%. Em 2013, um levantamento da Rede Sarah apontou que 80% dos passageiros do banco da frente deixariam de morrer, se os cintos do banco de trás fossem usados com regularidade.

Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/ultimas-noticias/1596-metade-dos-brasileiros-nao-usa-cinto-de-seguranca-no-banco-detras> Acesso em: 12 de julho de 2015.

Em uma colisão frontal, um passageiro sem cinto de segurança é arremessado para a frente. Esse movimento coloca em risco a vida dos ocupantes do veículo. Vamos supor que um carro popular com lotação máxima sofra uma colisão na qual as velocidades inicial e final do veículo sejam iguais a 72 km/h e zero, respectivamente. Se o passageiro do banco de trás do veículo tem massa igual a 80 kg e é arremessado contra o banco da frente, em uma colisão de 400 ms de duração, a força média sentida por esse passageiro é igual ao peso de

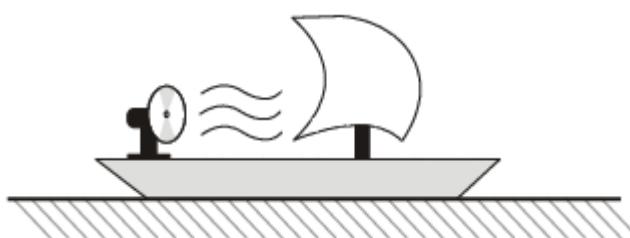
- a) 360 kg na superfície terrestre.
- b) 400 kg na superfície terrestre.
- c) 1440 kg na superfície terrestre.
- d) 2540 kg na superfície terrestre.
- e) 2720 kg na superfície terrestre.

9. Um foguete, de massa  $M$ , encontra-se no espaço e na ausência de gravidade com uma velocidade ( $\vec{V}_0$ ) de 3000 km/h em relação a um observador na Terra, conforme ilustra a figura a seguir. Num dado momento da viagem, o estágio, cuja massa representa 75% da massa do foguete, é desacoplado da cápsula. Devido a essa separação, a cápsula do foguete passa a viajar 800 km/h mais rápido que o estágio. Qual a velocidade da cápsula do foguete, em relação a um observador na Terra, após a separação do estágio?



OBS: as velocidades informadas são em relação a um observador na Terra.

- a) 3000 km/h.
  - b) 3200 km/h.
  - c) 3400 km/h.
  - d) 3600 km/h.
  - e) 3800 km/h.
10. A figura a seguir representa um ventilador fixado em um pequeno barco, em águas calmas de um certo lago. A vela se encontra em uma posição fixa e todo vento soprado pelo ventilador atinge a vela.



Nesse contexto e com base nas Leis de Newton, é CORRETO afirmar que o funcionamento do ventilador

- a) Aumenta a velocidade do barco.
- b) Diminui a velocidade do barco.
- c) Provoca a parada do barco.
- d) Não altera o movimento do barco.
- e) Produz um movimento circular do barco.

## Gabarito

---

### 1. B

Como a quantidade de movimento antes tem que ser igual à quantidade de movimento depois,  $Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$ , o remador ao lançar o seu corpo para trás, ganha uma vantagem para cruzar a linha de chegada.  
Para entendermos melhor esse caso, podemos pensar em um vagão de trem, onde se encontra uma pessoa. Digamos que o atrito entre o trilho e vagão seja desprezível, se uma pessoa lançar uma pedra para trás, por conservação da quantidade de movimento o vagão irá se movimentar para frente. A mesma coisa acontece com o remador que, ao lançar o corpo para trás, ganha uma vantagem.

### 2. A

Sabe-se que o momento linear em uma colisão sempre é conservado, independentemente do tipo de colisão. Quanto a conservação de energia cinética, sabe-se que esta depende do tipo de colisão.

- Colisão Parcialmente Elástica: Ocorre dissipação parcial de energia durante a colisão. Portanto, não há conservação de energia cinética.
- Colisão Perfeitamente Elástica: Há conservação de energia cinética.
- Colisão Inelástica: Ocorre dissipação máxima de energia durante a colisão. Portanto, não há conservação de energia cinética.

Analizando as afirmativas, observa-se que somente a [III] é correta.

### 3. A

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido à zero, a esfera passa a se deslocar num plano horizontal. Sendo desprezíveis as forças dissipativas, a resultante das forças sobre ela é nula, portanto o impulso da resultante também é nulo, ocorrendo conservação da quantidade de movimento. Então, por inércia, a velocidade se mantém constante.

### 4. C

Como se trata de sistema mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento.

$$Q_{\text{final}} = Q_{\text{ inicial}} \Rightarrow Q_{\text{final}} = 3 \text{ m v.}$$

Portanto, após as colisões, devemos ter três esferas bolas com velocidade  $v$  como mostra a alternativa [C].

Podemos também pensar da seguinte maneira: as esferas têm massas iguais e os choques são frontais e praticamente elásticos. Assim, a cada choque, uma esfera para, passando sua velocidade para a seguinte. Enumerando as esferas da esquerda para a direita de 1 a 5, temos:

- A esfera 3 choca-se com a 4, que se choca com a 5. As esferas 3 e 4 param e a 5 sai com velocidade  $v$ ;
- A esfera 2 choca-se com a 3, que se choca com a 4. As esferas 2 e 3 param e a 4 sai com velocidade  $v$ ;
- A esfera 1 choca-se com a 2, que se choca com a 3. As esferas 1 e 2 param e a 3 sai com velocidade  $v$ .

## 5. C

A velocidade do carrinho 1 antes do choque é:

$$v_1 = \frac{\Delta s_1}{\Delta t_1} = \frac{30,0 - 15,0}{1,0 - 0,0} \Rightarrow v_1 = 15,0 \text{ cm/s.}$$

O carrinho 2 está em repouso:  $v_2 = 0$ .

Após a colisão, os carrinhos seguem juntos com velocidade  $v_{12}$ , dada por:

$$v_{12} = \frac{\Delta s_{12}}{\Delta t_{12}} = \frac{90,0 - 75,0}{11,0 - 8,0} \Rightarrow v_{12} = 5,0 \text{ cm/s.}$$

Como o sistema é mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento.

$$Q_{\text{sist}}^{\text{antes}} = Q_{\text{sist}}^{\text{depois}} \Rightarrow Q_1 + Q_2 = Q_{12} \Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_{12} \Rightarrow \\ 150,0 \cdot 15,0 = (150,0 + m_2) 5,0 \Rightarrow m_2 = \frac{150,0 \cdot 15,0}{5,0} - 150,0 \Rightarrow m_2 = 300,0 \text{ g.}$$

## 6. A

VFFFF

O coeficiente de restituição de uma colisão vale:

$$e = \left| \frac{V_{\text{af}}}{V_{\text{ap}}} \right| \rightarrow 0,6 = \frac{V_B' - V_A}{V_A - V_B} \rightarrow 0,6 = \frac{V_B' - 12}{20 - 10} \rightarrow V_B' = 18 \text{ m/s}$$

Em toda colisão a quantidade de movimento total se conserva.

$$\vec{Q}_{\text{TF}} = \vec{Q}_{\text{TI}}$$

$$m_A \cdot \vec{V}_A + m_B \cdot \vec{V}_B = m_A \cdot \vec{V}'_A + m_B \cdot \vec{V}'_B$$

$$m_A \times 20 + 2 \cdot 10 = m_A \times 12 + 2 \times 18$$

$$8m_A = 16 \rightarrow m_A = 2,0 \text{ kg}$$

$$E_{C_i} - E_{C_f} = \left( \frac{1}{2} m_A V_A^2 + \frac{1}{2} m_B V_B^2 \right) - \left( \frac{1}{2} m_A (V_A')^2 + \frac{1}{2} m_B (V_B')^2 \right) \\ E_{C_i} - E_{C_f} = \left( \frac{1}{2} \times 2 \times 20^2 + \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \right) - \left( \frac{1}{2} \times 2 \times 12^2 + \frac{1}{2} \times 2 \times 18^2 \right) = 500 - 468 = 32 \text{ J}$$

(V) A velocidade do corpo B após o choque é 18 m/s.

(V) A massa do corpo A vale 2 kg.

(F) O choque é perfeitamente elástico, pois os dois corpos têm massas iguais a 2 kg.

No choque elástico  $e = 1$ .

(F) A quantidade de movimento depois do choque é menor do que antes do choque.

Em todo choque a quantidade de movimento total se conserva.

(F) A energia dissipada, igual à diferença da energia cinética antes do choque e da energia cinética depois do choque, é de 64 J.

A energia dissipada vale 32J.

## 7. E

**Dados:**  $M_1 = 4 \text{ kg}$ ;  $M_2 = 5 \text{ kg}$ ;  $V_1 = V = 5 \text{ m/s}$ ;  $V_2 = 0$ .

Como o sistema é mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento:

$$Q_{\text{sist}}^{\text{inicial}} = Q_{\text{sist}}^{\text{final}} \Rightarrow M_1 V_1 + M_2 V_2 = (M_1 + M_2) V_f \Rightarrow 4(5) + 5(0) = (4+5)V_f \Rightarrow$$

$$V_f = \frac{20}{9} = 2,2 \text{ m/s.}$$

## 8. B

Transformando a velocidade e o tempo para o Sistema Internacional de unidades:

$$v_i = 72 \text{ km/h} \cdot \frac{1 \text{ m/s}}{3,6 \text{ km/h}} = 20 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 400 \text{ ms} \cdot \frac{1 \text{ s}}{1000 \text{ ms}} = 0,4 \text{ s}$$

Utilizando a definição de impulso e o teorema do impulso, têm-se a relação entre a força média e a variação da quantidade de movimento:

$$I = \Delta Q = F_m \cdot \Delta t \Rightarrow F_m = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{m \cdot (v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$F_m = \frac{80 \text{ kg} \cdot (0 - 20 \text{ m/s})}{0,4 \text{ s}} \therefore F_m = 4000 \text{ N}$$

E essa força média equivale a uma massa no campo gravitacional terrestre de:

$$m = \frac{F_m}{g} \Rightarrow m = \frac{4000 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} \therefore m = 400 \text{ kg}$$

## 9. D

Pela conservação do momento linear, temos que:

$$Q_{\text{fog.}} = Q_{\text{est.}} + Q_{\text{cap.}}$$

$$M \cdot v_{\text{fog.}} = m_{\text{est.}} \cdot v_{\text{est.}} + m_{\text{cap.}} \cdot v_{\text{cap.}}$$

Onde,

$$\begin{cases} v_{\text{fog.}} = 3000 \text{ km/h} \\ m_{\text{est.}} = 0,75 \cdot M \\ v_{\text{est.}} = v - 800 \\ m_{\text{cap.}} = 0,25 \cdot M \\ v_{\text{cap.}} = v \end{cases}$$

Assim,

$$3000 \cdot M = (0,75 \cdot M) \cdot (v - 800) + (0,25 \cdot M) \cdot v$$

$$3000 = 0,75 \cdot v - 600 + 0,25 \cdot v$$

$$v = 3600 \text{ km/h}$$

## 10. A

Sejam  $M$  a massa do barco com o ventilador,  $m$  a massa de ar soprada num dado intervalo de tempo e, ainda, desprezíveis as forças de atrito com o ar e com a água.

Na figura dada, se o ar é soprado com velocidade  $\vec{V}$  para direita, a quantidade de movimento adquirida pela massa de ar nesse mesmo sentido é  $\vec{Q}_{a1} = m \cdot \vec{V}$ .

Pela conservação da quantidade de movimento, se não houvesse a vela, o barco adquiriria uma quantidade de movimento de mesmo módulo, em sentido oposto (para esquerda),  $\vec{Q}_{b1} = -m \cdot \vec{V}$ .

Se os choques entre as partículas de ar sopradas e a vela fossem inelásticos, ao bater na vela, as partículas de ar transfeririam à vela, portanto ao barco, uma quantidade de movimento  $\vec{Q}_{b2} = m \cdot \vec{V}$ , para a direita.

A Figura 1 ilustra essa situação.

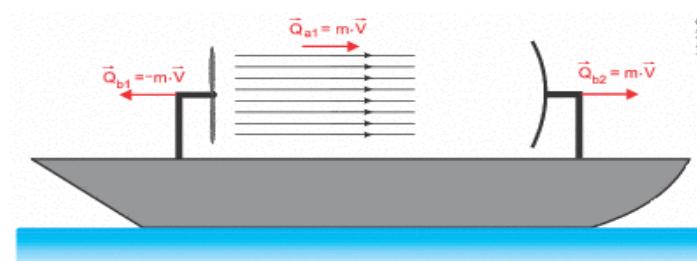


Figura 1

A quantidade de movimento resultante adquirida pelo barco seria:

$$\vec{Q}_b = \vec{Q}_{b1} + \vec{Q}_{b2} = m \vec{V} - m \vec{V} \Rightarrow \vec{Q}_b = \vec{0} \Rightarrow \vec{V}_b = \vec{0}.$$

Nessa condição, o barco não se moveria e a alternativa correta seria [D], que é a resposta dada pela banca examinadora.

Porém, na prática, os choques entre as partículas de ar e a vela não são inelásticos. As partículas retornam com velocidade  $-\vec{v}$ , para esquerda.

A quantidade de movimento da massa ao retornar é, então,  $\vec{Q}_{a2} = -m \cdot \vec{v}$ .

Novamente, pela conservação da quantidade de movimento, a vela adquire quantidade de movimento em sentido oposto,  $\vec{Q}_{v2} = m \cdot \vec{v}$ . como ilustra a Figura 2.

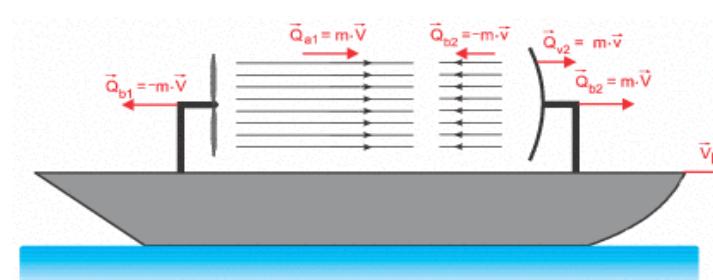


Figura 2

A quantidade de movimento resultante adquirida pelo barco é:

$$\vec{Q}_b = \vec{Q}_{b1} + \vec{Q}_{b2} + \vec{Q}_{v2} = m \vec{V} - m \vec{V} + m \vec{v} \Rightarrow \vec{Q}_b = m \vec{v}.$$

A velocidade adquirida pelo barco, para a direita, é:

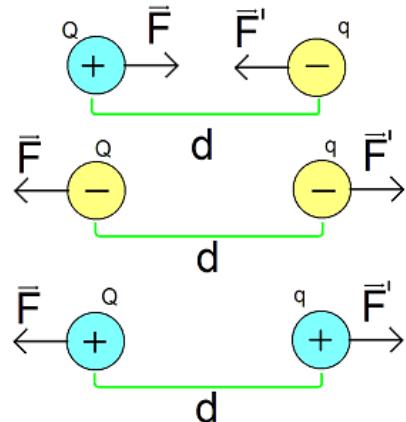
$$\begin{cases} Q_b = mv \\ Q_b = MV_b \end{cases} \Rightarrow MV_b = mv \Rightarrow V_b = \frac{m}{M} v.$$

Portanto a **velocidade do barco aumenta**.

## Força elétrica

### Resumo

A força elétrica é diretamente proporcional ao produto das cargas elétricas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.



$$|\vec{F}| = |\vec{F}'| = F$$

$$F \propto \frac{Qq}{d^2}$$

$$F = K \frac{Qq}{d^2}$$

K é a constante eletrostática. Para o vácuo:

$$K_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$K = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

**Obs.:** As forças de atração e repulsão elétrica formam par ação-reação.

Dica: Como a força é uma grandeza vetorial não se esqueça de fazer o desenho para saber o resultado da soma vetorial ou para onde as forças estão. E execute as contas sem sinal nas cargas, use em módulo.

## Exercício resolvido:

Uma carga Q colocada a uma distância D de outra carga q recebe uma força elétrica de módulo F. O valor de Q é triplicado e o de q é duplicado e as cargas são separadas de uma distância 2D. A nova força é F'. O valor da razão entre o módulo de F' e o módulo de F é:

- a) 1,5
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 6

### Solução:

Na primeira situação a força vale:

$$F = \frac{KQq}{D^2} \text{ (em módulo)}$$

Para F'

$$F' = \frac{K3Q2q}{(2D)^2} = \frac{6KQq}{4D^2}$$

$$F' = 1,5 \frac{KQq}{D^2} = 1,5F$$

$$\frac{F'}{F} = 1,5$$

Letra A

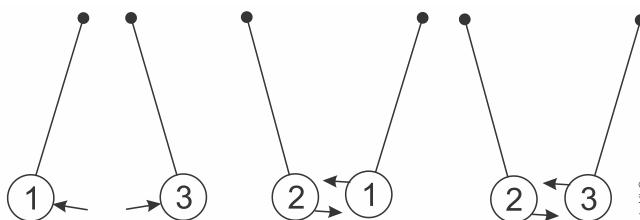
## Exercícios

1. Duas cargas pontuais  $q_1$  e  $q_2$  são colocadas a uma distância  $R$  entre si. Nesta situação, observa-se uma força de módulo  $F_0$  sobre a carga  $q_2$ .

Se agora a carga  $q_2$  for reduzida à metade e a distância entre as cargas for reduzida para  $R/4$ , qual será o módulo da força atuando em  $q_1$ ?

- a)  $F_0/32$
- b)  $F_0/2$
- c)  $2F_0$
- d)  $8F_0$
- e)  $16F_0$

2. Em uma experiência realizada em sala de aula, o professor de Física usou três esferas metálicas, idênticas e numeradas de 1 a 3, suspensas por fios isolantes em três arranjos diferentes, como mostra a figura abaixo:



Inicialmente, o Professor eletrizou a esfera 3 com carga negativa. Na sequência, o professor aproximou a esfera 1 da esfera 3 e elas se repeliram. Em seguida, ele aproximou a esfera 2 da esfera 1 e elas se atraíram. Por fim, aproximou a esfera 2 da esfera 3 e elas se atraíram. Na tentativa de explicar o fenômeno, 6 alunos fizeram os seguintes comentários:

João: A esfera 1 pode estar eletrizada negativamente, e a esfera 2, positivamente.

Maria: A esfera 1 pode estar eletrizada positivamente e a esfera 2 negativamente.

Letícia: A esfera 1 pode estar eletrizada negativamente, e a esfera 2 neutra.

Joaquim: A esfera 1 pode estar neutra e a esfera 2 eletrizada positivamente.

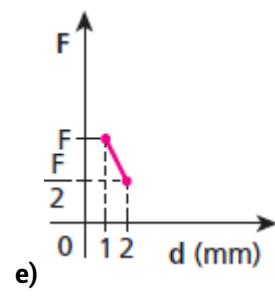
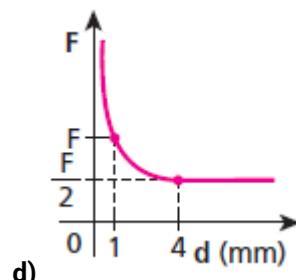
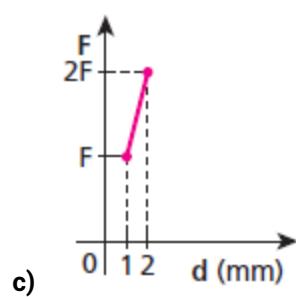
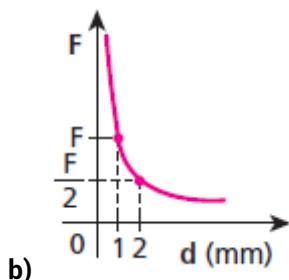
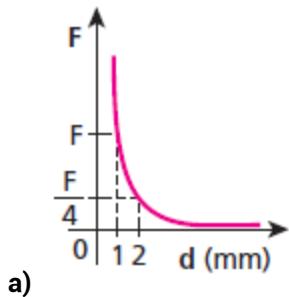
Marcos: As esferas 1 e 2 podem estar neutras.

Marta: As esferas 1 e 2 podem estar eletrizadas positivamente.

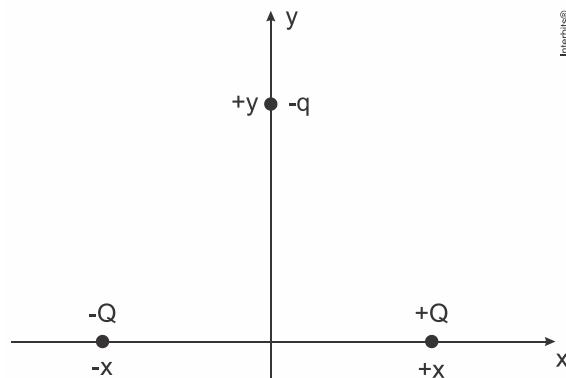
Assinale a alternativa que apresenta os alunos que fizeram comentários corretos com relação aos fenômenos observados:

- a) somente João e Maria.
- b) somente João e Letícia.
- c) somente Joaquim e Marta.
- d) somente João, Letícia e Marcos.
- e) somente Letícia e Maria.

3. Dois pequenos corpos, idênticos, estão eletrizados com cargas de  $1,00 \text{ nC}$  cada um. Quando estão à distância de  $1,00 \text{ mm}$  um do outro, a intensidade da força de interação eletrostática entre eles é  $F$ . Fazendo-se variar a distância entre esses corpos, a intensidade da força de interação eletrostática também varia. O gráfico que melhor representa a intensidade dessa força, em função da distância entre os corpos, é:



- 4.



Dois corpos eletrizados com cargas elétricas puntiformes  $+Q$  e  $-Q$  são colocados sobre o eixo  $x$  nas posições  $+x$  e  $-x$ , respectivamente. Uma carga elétrica de prova  $-q$  é colocada sobre o eixo  $y$  na posição  $+y$ , como mostra a figura acima.

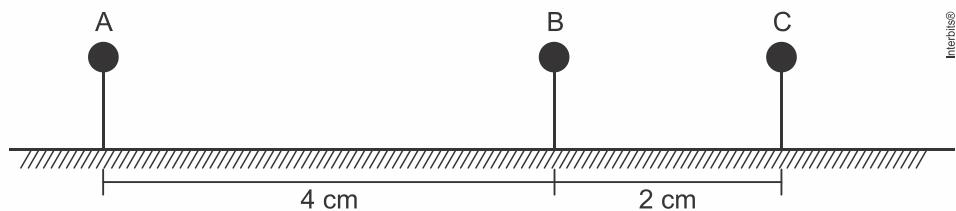
- A força eletrostática resultante sobre a carga elétrica de prova
- tem direção horizontal e sentido da esquerda para a direita.
  - tem direção horizontal e sentido da direita para a esquerda.
  - tem direção vertical e sentido ascendente.
  - tem direção vertical e sentido descendente.
  - é um vetor nulo.

5. Duas pequenas esferas condutoras idênticas estão eletrizadas. A primeira esfera tem uma carga de  $2Q$  e a segunda uma carga de  $6Q$ . As duas esferas estão separadas por uma distância  $d$  e a força eletrostática entre elas é  $F_1$ . Em seguida, as esferas são colocadas em contato e depois separadas por uma distância  $2d$ . Nessa nova configuração, a força eletrostática entre as esferas é  $F_2$ .

Pode-se afirmar sobre a relação entre as forças  $F_1$  e  $F_2$ , que:

- a)  $F_1 = 3 F_2$ .
- b)  $F_1 = F_2/12$ .
- c)  $F_1 = F_2/3$ .
- d)  $F_1 = 4 F_2$ .
- e)  $F_1 = F_2$ .

6. Três esferas de dimensões desprezíveis **A**, **B** e **C** estão eletricamente carregadas com cargas elétricas respectivamente iguais a  $2q$ ,  $q$  e  $q$ . Todas encontram-se fixas, apoiadas em suportes isolantes e alinhadas horizontalmente, como mostra a figura abaixo:

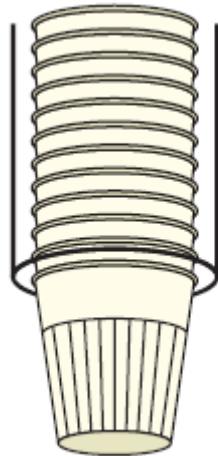


Inerdis®

O módulo da força elétrica exercida por **B** na esfera **C** é  $F$ . O módulo da força elétrica exercida por **A** na esfera **B** é

- a)  $F/4$
- b)  $F/2$
- c)  $F$
- d)  $2F$
- e)  $4F$

7. Ao retirar o copinho de um porta-copos, um jovem deixa-o escapar de suas mãos quando ele já se encontrava a 3 cm da borda do porta-copos. Misteriosamente, o copo permanece por alguns instantes pairando no ar. Analisando o fato, concluiu que o atrito entre o copo extraído e o que ficara exposto havia gerado uma força de atração de origem eletrostática.



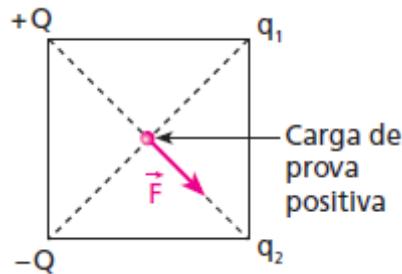
Suponha que:

- a massa de um copo seja de 1 g;
- a interação eletrostática ocorra apenas entre o copo extraído e o que ficou exposto, sendo que os demais copos não participam da interação;
- os copos, o extraído e o que ficou exposto, possam ser associados a cargas pontuais, de mesma intensidade.

Nessas condições, dados  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ , o módulo da carga elétrica excedente no copinho, momentos após sua retirada do porta-copos, foi, em coulombs, aproximadamente:

- a)  $6 \cdot 10^{-5}$ .
- b)  $5 \cdot 10^{-6}$ .
- c)  $4 \cdot 10^{-7}$ .
- d)  $3 \cdot 10^{-8}$ .
- e)  $2 \cdot 10^{-9}$ .

8. Quatro cargas pontuais estão colocadas nos vértices de um quadrado. As duas cargas  $+Q$  e  $-Q$  têm mesmo valor absoluto e as outras duas,  $q_1$  e  $q_2$ , são desconhecidas. A fim de determinar a natureza dessas cargas, coloca-se uma carga de prova positiva no centro do quadrado e verifica-se que a força sobre ela é  $\vec{F}$ , mostrada na figura.



Podemos afirmar que:

- a)  $q_1 > q_2 > 0$ .
- b)  $q_2 > q_1 > 0$ .
- c)  $q_1 + q_2 > 0$ .
- d)  $q_1 + q_2 < 0$ .
- e)  $q_1 = q_2 > 0$ .

9. Duas cargas são colocadas em uma região onde há interação elétrica entre elas. Quando separadas por uma distância  $d$ , a força de interação elétrica entre elas têm módulo igual a  $F$ . Triplicando-se a distância entre as cargas, a nova força de interação elétrica em relação à força inicial, será

- a) diminuída 3 vezes.
- b) diminuída 9 vezes.
- c) aumentada 3 vezes.
- d) aumentada 9 vezes.
- e) permanecerá igual.

10. (Ufjf-pism 3 2017) Duas pequenas esferas condutoras idênticas estão eletrizadas. A primeira esfera tem uma carga de  $2Q$  e a segunda uma carga de  $6Q$ . As duas esferas estão separadas por uma distância  $d$  e a força eletrostática entre elas é  $F_1$ . Em seguida, as esferas são colocadas em contato e depois separadas por uma distância  $2d$ . Nessa nova configuração, a força eletrostática entre as esferas é  $F_2$ .

Pode-se afirmar sobre a relação entre as forças  $F_1$  e  $F_2$ , que:

- a)  $F_1 = 3 F_2$ .
- b)  $F_1 = F_2/12$ .
- c)  $F_1 = F_2/3$ .
- d)  $F_1 = 4 F_2$ .
- e)  $F_1 = F_2$ .

## Gabarito

## 1. D

$$F_0 = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$$

$$F' = k \cdot \frac{q_1 \cdot \frac{q_2}{2}}{\left(\frac{R}{4}\right)^2} \Rightarrow F' = k \cdot \frac{q_1 \cdot \frac{q_2}{2}}{\frac{R^2}{16}} \Rightarrow F' = 16 \cdot k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{2 \cdot R^2} \Rightarrow F' = 8 \cdot k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2} \Rightarrow F' = 8 \cdot F_0$$

## 2. B

Do enunciado, a esfera 3 está eletrizada negativamente. Como a esfera 1 é repelida pela 3, ela também está eletrizada negativamente. Como a esfera 2 é atraída pelas outras duas, ou ela está eletrizada positivamente, ou está neutra.

Ilustrando:

Esfera 3	Esfera 1	Esfera 2
Negativa	Negativa	Positiva ou Neutra

## 3. A

Lei de Coulomb

$$F = K \frac{|Q|q}{d^2}$$

Para uma distância  $d = 1\text{ mm}$ , temos:

$$F = K \frac{Q^2}{1^2} = KQ^2$$

Se dobrarmos a distância ( $d = 2\text{ mm}$ ), temos:

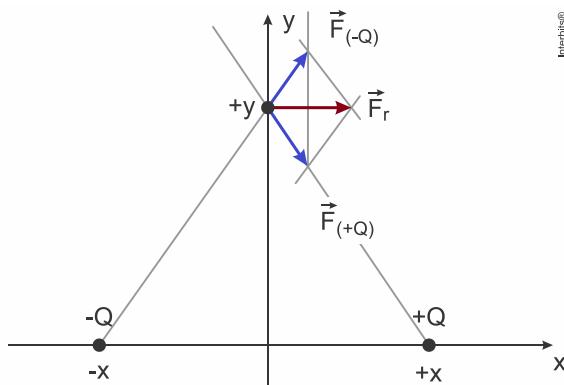
$$F' = K \frac{Q^2}{2^2} = K \frac{Q^2}{4}$$

Portanto: 
$$F' = \frac{F}{4}$$

Como a Lei de Coulomb mostra que a intensidade de  $F$  é inversamente proporcional ao quadrado da distância, a função é expressa no diagrama por uma **hipérbole cúbica**.

## 4. A

De acordo com a figura abaixo, estão representados em azul as forças correspondentes a cada carga no ponto da carga de prova ( $-q$ ). A carga ( $-Q$ ) provoca uma força de repulsão na carga de prova, enquanto a carga ( $+Q$ ) provoca uma atração, sendo ambas de mesma intensidade, pois o módulo das cargas e as distâncias são iguais. A soma vetorial destes dois efeitos provoca sobre a carga de prova uma força resultante horizontal da esquerda para a direita como ilustrado em marrom.



## 5. A

Como as esferas são idênticas, após o contato elas adquirem cargas iguais.

$$Q' = \frac{2Q + 6Q}{2} = 4Q.$$

Aplicando a lei de Coulomb às duas situações, antes e depois do contato.

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = \frac{k(2Q)(6Q)}{d^2} \Rightarrow F_1 = \frac{12kQ^2}{d^2} \\ F_2 = \frac{k(4Q)(4Q)}{(2d)^2} \Rightarrow F_2 = \frac{4kQ^2}{d^2} \end{array} \right\} \div \frac{F_1}{F_2} = \frac{12kQ^2}{d^2} \times \frac{d^2}{4kQ^2} \Rightarrow F_1 = 3F_2.$$

## 6. B

$$F_{\text{elétrica}} = \frac{kq_1 q_2}{d^2}$$

$$F_{BC} = \frac{k \cdot q \cdot q}{(2 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{BC} = \frac{k \cdot q^2}{4 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow$$

$$F = F_{BC} \Rightarrow F = \frac{k \cdot q^2}{4}$$

$$F_{AB} = \frac{k \cdot 2q \cdot q}{(4 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{AB} = \frac{k \cdot 2q^2}{16 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow F_{AB} = \frac{k \cdot q^2}{8 \cdot 10^{-4}}$$

$$F_{AB} = \frac{1}{2} \cdot \frac{k \cdot q^2}{4 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow F_{AB} = \frac{1}{2} \cdot F \Rightarrow F_{AB} = F/2$$

## 7. D

Quando o copinho está pairando no ar, temos:

$$F_e = P$$

$$K \frac{Q^2}{d^2} = mg$$

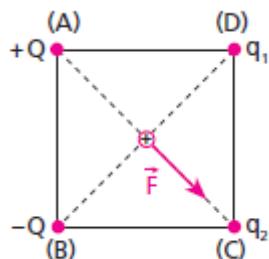
$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

$$\frac{9 \cdot 10^9 Q^2}{9 \cdot 10^{-4}} = 10^{-2}$$

$$Q^2 = 10^{-15} = 10 \cdot 10^{-16}$$

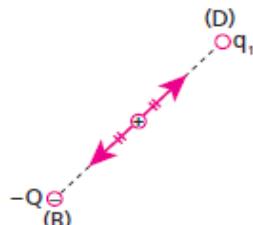
$$Q \approx 3,2 \cdot 10^{-8} C$$

## 8. D



Inicialmente vamos admitir que a carga  $+Q$  é positiva.

1) Na direção BD a força resultante deve ser nula.



Para que isso ocorra, devemos ter:

$$q_1 = -Q$$

2) Na direção AC a força resultante tem sentido de A para C, como mostra a figura original. Assim  $q_2$  pode ser negativa ou, se positiva, menor do que  $+Q$ :

$$q_2 < +Q$$

Portanto:

$$\begin{cases} q_1 = -Q \\ q_2 < +Q \end{cases}$$

Somando membro a membro:

$$q_1 + q_2 < -Q + Q$$

$$q_1 + q_2 < 0$$

## 9. B

$$F_1 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

$$F_2 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{(3d)^2} \Rightarrow F_2 = \frac{1}{9} \cdot \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

## 10. A

Como as esferas são idênticas, após o contato elas adquirem cargas iguais.

$$Q' = \frac{2Q + 6Q}{2} = 4Q$$

Aplicando a lei de Coulomb às duas situações, antes e depois do contato.

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = \frac{k(2Q)(6Q)}{d^2} \Rightarrow F_1 = \frac{12kQ^2}{d^2} \\ F_2 = \frac{k(4Q)(4Q)}{(2d)^2} \Rightarrow F_2 = \frac{4kQ^2}{d^2} \end{array} \right\} \div \frac{F_1}{F_2} = \frac{12kQ^2}{d^2} \times \frac{d^2}{4kQ^2} \Rightarrow \boxed{F_1 = 3F_2}$$

## Processos de eletrização

### Resumo

---

Aqui começa o estudo da Eletrostática, a parte da Física que estuda as propriedades elétricas das partículas em repouso (por isso o -estática).

#### Carga elementar

A unidade padrão do SI para a cargas elétricas é o Coulomb (símbolo: C).

Através de diversas experiências, foi determinado que a carga de 1 elétron é  $Q = -1,6 \times 10^{-19} \text{C}$  e a carga do próton é  $Q = +1,6 \times 10^{-19} \text{C}$ .

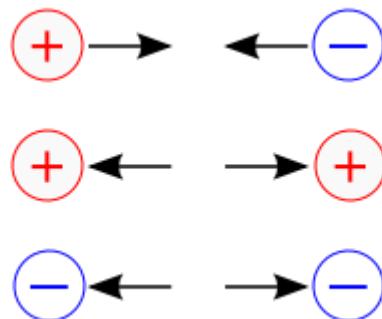
Como um corpo não pode ter “meio elétron” ou qualquer outra fração de elétron, a quantidade de carga em um corpo é dada pela relação:

$$Q = ne$$

Onde “n” é um número inteiro (número de elétrons do corpo) e “e” é a carga elétrica elementar.

#### Interação entre cargas

É bem simples, cargas de sinais opostos se atraem e sinais iguais se repelem. Como é algo bem prático, tenha certeza de que está sinalizando a interação correta durante a resolução de uma questão.



O que irá determinar se um corpo está carregado positivamente ou negativamente é o fato dele possuir elétrons em falta ou em excesso, respectivamente.

## Processos de eletrização

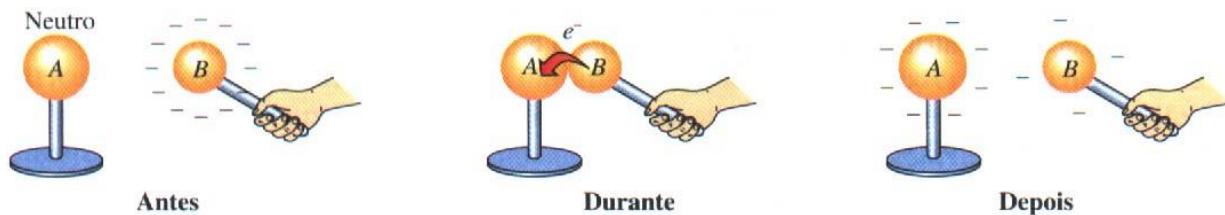
Existem três tipos de eletrização: por atrito, contato e indução.

- Eletrização por atrito: Ocorre quando atritamos (ou esfregamos) dois corpos, inicialmente neutros, e haverá transferência de elétrons de um corpo para o outro. Dessa maneira, quem perdeu os elétrons ficará eletrizado positivamente e quem ganhou ficará negativamente. O que irá determinar qual corpo ficará positivo e qual corpo ficará negativo é o material dos corpos atritados (geralmente a questão irá dizer qual corpo ficou positivo e qual ficou negativo).

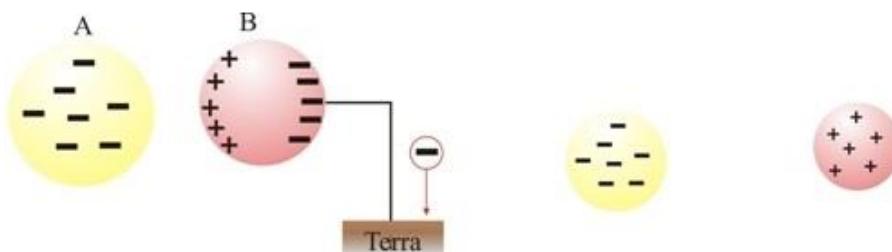


- Eletrização por contato: Considere duas esferas, uma carregada negativamente e outra neutra. A que está carregada possui um potencial maior, logo, como tudo na natureza tende a entrar em equilíbrio, quando encostamos uma na outra, as cargas de quem tem maior potencial passam para a que tem menor potencial.

Aqui não é necessário atritar um corpo com o outro, apenas um simples toque já basta para que haja a interação elétrica. Mas lembre-se que um dos corpos deve, obrigatoriamente, estar carregado positivamente ou negativamente e que a carga final dos corpos será a média aritmética entre as cargas iniciais deles.



- Eletrização por indução: Ao aproximarmos uma esfera carregada de uma neutra (sem haver contato entre elas), as cargas, naturalmente, se separam, devido a cargas de sinais iguais se repelirem e de opostos se atraírem. Se ligarmos um condutor na esfera B até a Terra, as cargas negativas, que foram repelidas, escoarão até a Terra, deixando a esfera B carregada positivamente.



## Exercícios

---

1. (Ufrgs 2018) Uma carga negativa  $Q$  é aproximada de uma esfera condutora isolada, eletricamente neutra. A esfera é, então, aterrada com um fio condutor.

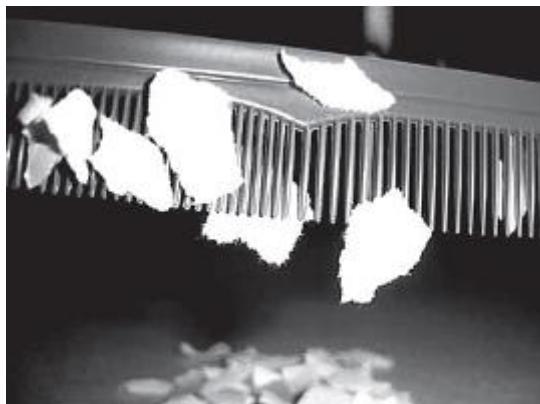
Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Se a carga  $Q$  for afastada para bem longe enquanto a esfera está aterrada, e, a seguir, for desfeito o aterramento, a esfera ficará \_\_\_\_\_.

Por outro lado, se primeiramente o aterramento for desfeito e, depois, a carga  $Q$  for afastada, a esfera ficará \_\_\_\_\_.

- a) eletricamente neutra – positivamente carregada
- b) eletricamente neutra – negativamente carregada
- c) positivamente carregada – eletricamente neutra
- d) positivamente carregada – negativamente carregada
- e) negativamente carregada – positivamente carregada

2. (Enem 2017) Um pente plástico é atritado com papel toalha seco. A seguir ele é aproximado de pedaços de papel que estavam sobre a mesa. Observa-se que os pedaços de papel são atraídos e acabam grudados ao pente, como mostra a figura.



Disponível em: <http://ogostoamargodometal.wordpress.com>.  
Acesso em: 10 ago. 2012.

Nessa situação, a movimentação dos pedaços de papel até o pente é explicada pelo fato de os papeizinhos

- a) serem influenciados pela força de atrito que ficou retida no pente.
- b) serem influenciados pela força de resistência do ar em movimento.
- c) experimentarem um campo elétrico capaz de exercer forças elétricas.
- d) experimentarem um campo magnético capaz de exercer forças magnéticas.
- e) possuírem carga elétrica que permite serem atraídos ou repelidos pelo pente.

3. (G1 - ifsp 2016) A tabela a seguir mostra a série triboelétrica.

Pele de coelho	
Vidro	
Cabelo humano	
Mica	
Lã	
Pele de gato	
Seda	
Algodão	
Âmbar	
Ebonite	
Poliéster	
Isopor	
Plástico	

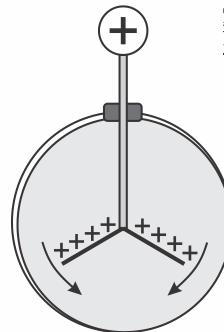
Através dessa série é possível determinar a carga elétrica adquirida por cada material quando são atritados entre si. O isopor ao ser atritado com a lã fica carregado negativamente.

O vidro ao ser atritado com a seda ficará carregado:

- a) positivamente, pois ganhou prótons.
- b) positivamente, pois perdeu elétrons.
- c) negativamente, pois ganhou elétrons.
- d) negativamente, pois perdeu prótons.
- e) com carga elétrica nula, pois é impossível o vidro ser eletrizado.

4. (G1 - ifce 2016) Dois corpos A e B de materiais diferentes, inicialmente neutros e isolados de outros corpos, são atritados entre si. Após o atrito, observamos que
- a) um fica eletrizado negativamente e o outro, positivamente.
  - b) um fica eletrizado positivamente e o outro continua neutro.
  - c) um fica eletrizado negativamente e o outro continua neutro.
  - d) ambos ficam eletrizados negativamente.
  - e) ambos ficam eletrizados positivamente.

5. (Acafe 2015) Utilizado nos laboratórios didáticos de física, os eletroscópios são aparelhos geralmente usados para detectar se um corpo possui carga elétrica ou não.



Considerando o eletroscópio da figura anterior, carregado positivamente, assinale a alternativa correta que completa a lacuna da frase a seguir.

Tocando-se o dedo na esfera, verifica-se que as lâminas se fecham, porque o eletroscópio \_\_\_\_\_.

- a) perde elétrons
- b) ganha elétrons
- c) ganha prótons
- d) perde prótons

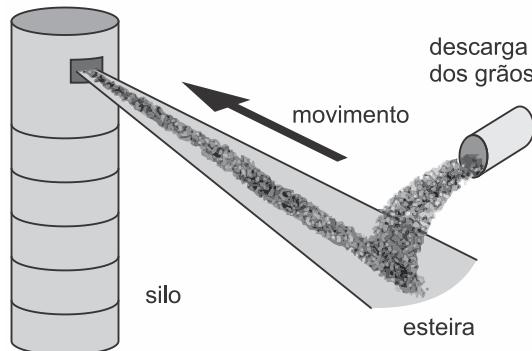
6. (Fgv 2015) Deseja-se eletrizar um objeto metálico, inicialmente neutro, pelos processos de eletrização conhecidos, e obter uma quantidade de carga negativa de  $3,2\mu\text{C}$ . Sabendo-se que a carga elementar vale  $1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ , para se conseguir a eletrização desejada será preciso
- a) retirar do objeto 20 trilhões de prótons.
  - b) retirar do objeto 20 trilhões de elétrons.
  - c) acrescentar ao objeto 20 trilhões de elétrons.
  - d) acrescentar ao objeto cerca de 51 trilhões de elétrons.
  - e) retirar do objeto cerca de 51 trilhões de prótons.

7. (Mackenzie 2015) Uma esfera metálica A, eletrizada com carga elétrica igual a  $-20,0 \mu\text{C}$ , é colocada em contato com outra esfera idêntica B, eletricamente neutra. Em seguida, encosta-se a esfera B em outra C, também idêntica eletrizada com carga elétrica igual a  $50,0 \mu\text{C}$ . Após esse procedimento, as esferas B e C são separadas.

A carga elétrica armazenada na esfera B, no final desse processo, é igual a

- a)  $20,0 \mu\text{C}$
- b)  $30,0 \mu\text{C}$
- c)  $40,0 \mu\text{C}$
- d)  $50,0 \mu\text{C}$
- e)  $60,0 \mu\text{C}$

8. (G1 - cps 2015) O transporte de grãos para o interior dos silos de armazenagem ocorre com o auxílio de esteiras de borracha, conforme mostra a figura, e requer alguns cuidados, pois os grãos, ao caírem sobre a esteira com velocidade diferente dela, até assimilarem a nova velocidade, sofrem escorregamentos, eletrizando a esteira e os próprios grãos. Essa eletrização pode provocar faíscas que, no ambiente repleto de fragmentos de grãos suspensos no ar, pode acarretar incêndios.



Nesse processo de eletrização, os grãos e a esteira ficam carregados com cargas elétricas de sinais

- a) iguais, eletrizados por atrito.
- b) iguais, eletrizados por contato.
- c) opostos, eletrizados por atrito.
- d) opostos, eletrizados por contato.
- e) opostos, eletrizados por indução.

9. (Pucrj 2015) Dois bastões metálicos idênticos estão carregados com a carga de  $9,0 \mu\text{C}$ . Eles são colocados em contato com um terceiro bastão, também idêntico aos outros dois, mas cuja carga líquida é zero. Após o contato entre eles ser estabelecido, afastam-se os três bastões.

Qual é a carga líquida resultante, em  $\mu\text{C}$ , no terceiro bastão?

- a) 3,0
- b) 4,5
- c) 6,0
- d) 9,0
- e) 18

10. (G1 – cftmg 2011) O eletroscópio da figura, eletrizado com carga desconhecida, consiste de uma esfera metálica ligada, através de uma haste condutora, a duas folhas metálicas e delgadas. Esse conjunto encontra-se isolado por uma rolha de cortiça presa ao gargalo de uma garrafa de vidro transparente, como mostra a figura.



Sobre esse dispositivo, afirma-se:

- I. As folhas movem-se quando um corpo neutro é aproximado da esfera sem tocá-la.
- II. O vidro que envolve as folhas delgadas funciona como uma blindagem eletrostática.
- III. A esfera e as lâminas estão eletrizadas com carga de mesmo sinal e a haste está neutra.
- IV. As folhas abrem-se ainda mais quando um objeto, de mesma carga do eletroscópio, aproxima-se da esfera sem tocá-la.

Estão corretas apenas as afirmativas

- a) I e II.
- b) I e IV.
- c) II e III.
- d) III e IV.

## Gabarito

---

### 1. A

Quando a carga é afastada antes de se romper o contato com o fio terra, a esfera condutora permanece com carga neutra, mas, por outro lado, se a carga é mantida próxima à esfera enquanto é rompido o contato de aterramento, a esfera fica eletrizada positivamente por indução, isto é, a carga negativa repulsa as cargas de mesmo sinal para o fio terra, que ao ser rompido, deixa eletrizada a esfera com carga contrária ao indutor (positiva).

### 2. C

Quando o pente é atritado com o papel toalha, ele fica eletrizado, criando nas suas proximidades um campo elétrico. Ao aproximar-lo dos pedaços de papel, ocorre o fenômeno da indução e esses pedaços de papel recebem do campo elétrico uma força elétrica.

### 3. B

O vidro precede a sede na série triboelétrica. Portanto, ele é mais eletropositivo (perde elétrons, ficando eletrizado positivamente) que a seda, que é mais eletronegativa (recebe elétrons ficando eletrizada negativamente).

### 4. A

Se dois corpos de materiais diferentes, inicialmente neutros, são atritados, um passará elétrons para o outro, ficando um eletrizado positivamente e o outro, negativamente.

### 5. B

Ao tocar a esfera, o dedo funcionará como uma ligação à terra e devido a isto, elétrons serão transferidos da terra para a esfera, na tentativa de neutralizá-la eletricamente. Desta forma, a esfera ganha elétrons. Vale salientar que prótons não se movimentam!

### 6. C

Sabendo que  $Q = n \cdot e$ , substituindo os dados fornecidos no enunciado, temos que:

$$(3,2 \cdot 10^{-6}) = n \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})$$

$$n = \frac{3,2 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$n = 2 \cdot 10^{13} e^-$$

ou

$$n = 20 \cdot 10^{12} e^-$$

Como o objetivo é uma carga negativa, podemos concluir que devem ser acrescentados 20 trilhões de elétrons ao objeto.

## 7. A

**Dados:**  $Q_A = -20 \mu\text{C}$ ;  $Q_B = 0$ ;  $Q_C = 50 \mu\text{C}$ .

Como as esferas são condutoras e idênticas, após cada contato cada uma armazena metade da carga total.

$$1^{\text{o}} \text{ Contato : } A \leftrightarrow B \left\{ Q_{B1} = \frac{Q_A + Q_B}{2} = \frac{-20 + 0}{2} \Rightarrow Q_{B1} = -10 \mu\text{C} \right.$$

$$2^{\text{o}} \text{ Contato : } B \leftrightarrow C \left\{ Q_{B2} = \frac{Q_C + Q_{B1}}{2} = \frac{-10 + 50}{2} = \frac{40}{2} \Rightarrow Q_{B2} = 20 \mu\text{C} \right.$$

## 8. C

Os grãos sofrem eletrização por atrito e, assim, ficam eletrizados com cargas opostas em relação à correia transportadora.

## 9. C

Esta questão trata da eletrização por contato, onde bastões metálicos idênticos são colocados em contato, sendo dois com carga de  $9,0 \mu\text{C}$  e outro neutro.

A resolução desta questão impõe o princípio da conservação de carga, isto é, o somatório das cargas é constante antes e depois do contato.

A carga líquida resultante em um bastão será este somatório de cargas dividido igualmente pelos três bastões.

Portanto:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \text{constante}$$

$$Q_t = 9,0 \mu\text{C} + 9,0 \mu\text{C} + 0 = 18,0 \mu\text{C}$$

E a carga de cada bastão após o contato será:

$$Q_3' = \frac{Q_t}{3} = \frac{18,0 \mu\text{C}}{3} = 6,0 \mu\text{C}$$

## 10. B

- I. Correta: haverá indução;
- II. Errada: para haver blindagem, o material deve ser condutor;
- III. Errada: a carga distribui-se por todo o material condutor;
- IV. Correta: haverá indução.

## Campo elétrico

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

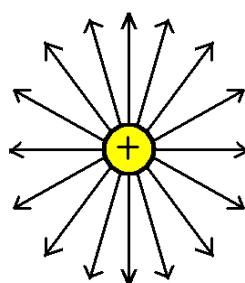
### Resumo

---

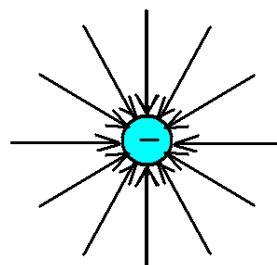
#### Campo Elétrico

O campo elétrico é a região em volta da carga que permite a interação elétrica.

Para uma carga positiva, o campo elétrico é representado por vetores que vão apontar para fora da carga.



Para uma carga negativa o campo elétrico é representado por vetores que vão apontar para dentro da carga.



#### Cálculo do campo elétrico

$$F = qE$$

Assim

$$\frac{KQq}{d^2} = qE$$

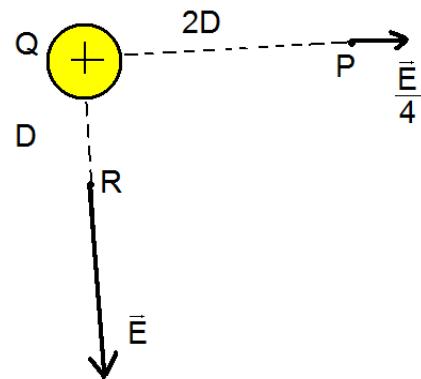
$$E = \frac{KQ}{d^2}$$

E = módulo do campo elétrico (N/C ou V/m)

Q = carga fixa (C)

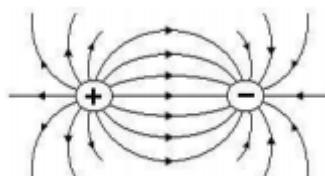
q = carga de prova (teste) (C)

Observe o desenho a seguir. No ponto R o campo é  $E$ , no ponto P (duas vezes mais distantes) o campo é 4 vezes menor, então o vetor deve ser também 4 vezes menor.

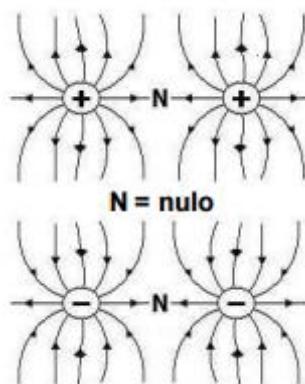


### Campo elétrico entre duas cargas:

Com sinais diferentes

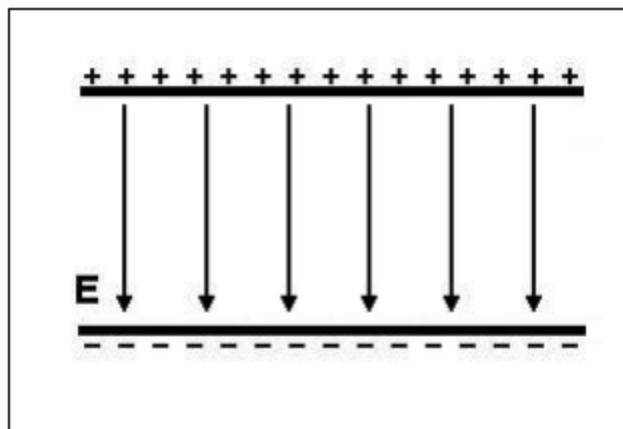


Com sinais iguais



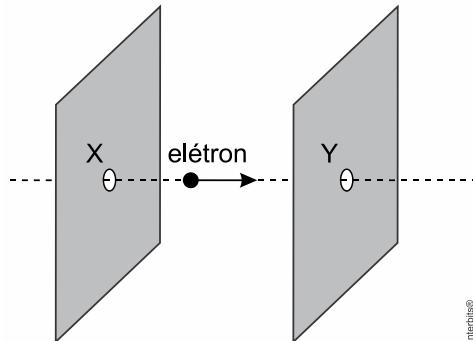
## Campo elétrico uniforme

Num campo elétrico uniforme (CEU), as linhas de força são perpendiculares aos planos condutores e constantes no tempo e igualmente espaçadas (uniforme).



## Exercícios

1. (Famerp 2018) A figura representa um elétron atravessando uma região onde existe um campo elétrico. O elétron entrou nessa região pelo ponto X e saiu pelo ponto Y, em trajetória retilínea.

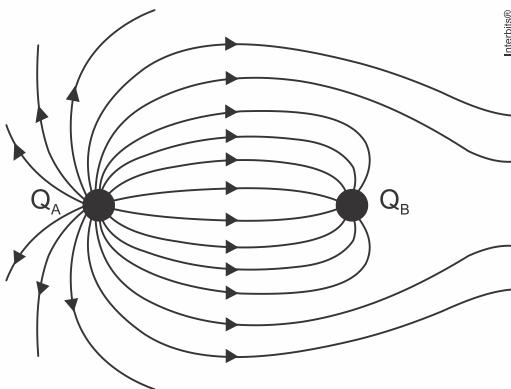


Interdisc®

Sabendo que na região do campo elétrico a velocidade do elétron aumentou com aceleração constante, o campo elétrico entre os pontos X e Y tem sentido

- a) de Y para X, com intensidade maior em Y.
  - b) de Y para X, com intensidade maior em X.
  - c) de Y para X, com intensidade constante.
  - d) de X para Y, com intensidade constante.
  - e) de X para Y, com intensidade maior em X.
2. Uma lâmina muito fina e minúscula de cobre, contendo uma carga elétrica  $q$ , flutua em equilíbrio numa região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme de  $20 \text{ kN/C}$ , cuja direção é vertical e cujo sentido se dá de cima para baixo. Considerando que a carga do elétron seja de  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$  e a aceleração gravitacional seja de  $10 \text{ m/s}^2$  e sabendo que a massa da lâmina é de  $3,2 \text{ mg}$ , é possível afirmar que o número de elétrons em excesso na lâmina é:
- a)  $3,0 \times 10^{12}$
  - b)  $1,0 \times 10^{13}$
  - c)  $1,0 \times 10^{10}$
  - d)  $2,0 \times 10^{12}$
  - e)  $3,0 \times 10^{11}$

3. Para responder à questão, considere a figura abaixo, que representa as linhas de força do campo elétrico gerado por duas cargas pontuais  $Q_A$  e  $Q_B$ .

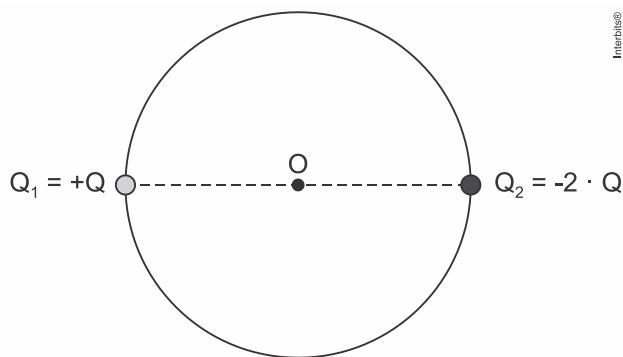


Interbíss®

A soma  $Q_A$  e  $Q_B$  é necessariamente um número

- a) par.
- b) ímpar.
- c) inteiro.
- d) positivo.
- e) negativo.

4. (Uefs 2018) Duas cargas elétricas puntiformes,  $Q_1$  e  $Q_2$ , estão fixas sobre uma circunferência de centro  $O$ , conforme a figura.



Interbíss®

Considerando que  $\vec{E}$  representa o vetor campo elétrico criado por uma carga elétrica puntiforme em determinado ponto e que  $E$  representa o módulo desse vetor, é correto afirmar que, no ponto  $O$ :

- a)  $\vec{E}_2 = -2 \cdot \vec{E}_1$
- b)  $\vec{E}_2 = 2 \cdot \vec{E}_1$
- c)  $\vec{E}_2 = \vec{E}_1$
- d)  $E_2 = -E_1$
- e)  $E_2 = -2 \cdot E_1$

5. Durante a formação de uma tempestade, são observadas várias descargas elétricas, os raios, que podem ocorrer: das nuvens para o solo (descarga descendente), do solo para as nuvens (descarga ascendente) ou entre uma nuvem e outra. As descargas ascendentes e descendentes podem ocorrer por causa do acúmulo de cargas elétricas positivas ou negativas, que induz uma polarização oposta no solo.

Essas descargas elétricas ocorrem devido ao aumento da intensidade do(a)

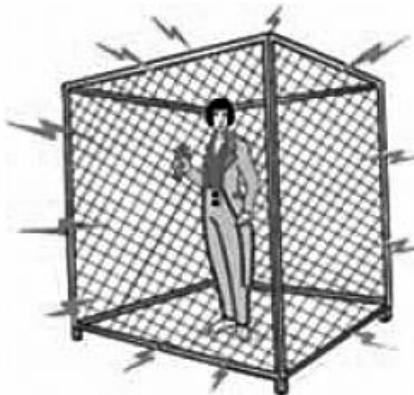
- a) campo magnético da Terra.
- b) corrente elétrica gerada dentro das nuvens.
- c) resistividade elétrica do ar entre as nuvens e o solo.
- d) campo elétrico entre as nuvens e a superfície da Terra.
- e) força eletromotriz induzida nas cargas acumuladas no solo.

6. (Enem PPL 2018) Em uma manhã ensolarada, uma jovem vai até um parque para acampar e ler. Ela monta sua barraca próxima de seu carro, de uma árvore e de um quiosque de madeira. Durante sua leitura, a jovem não percebe a aproximação de uma tempestade com muitos relâmpagos.

A melhor maneira de essa jovem se proteger dos relâmpagos é

- a) entrar no carro.
- b) entrar na barraca.
- c) entrar no quiosque.
- d) abrir um guarda-chuva.
- e) ficar embaixo da árvore.

7. (Fgv 2018) A gaiola de Faraday é um curioso dispositivo que serve para comprovar o comportamento das cargas elétricas em equilíbrio. A pessoa em seu interior não sofre descarga



(vcfaz.tv)

Dessa experiência, conclui-se que o campo elétrico no interior da gaiola é

- a) uniforme e horizontal, com o sentido dependente do sinal das cargas externas.
- b) nulo apenas na região central onde está a pessoa.
- c) mais intenso próximo aos vértices, pois é lá que as cargas mais se concentram.
- d) uniforme, dirigido verticalmente para cima ou para baixo, dependendo do sinal das cargas externas.
- e) inteiramente nulo.

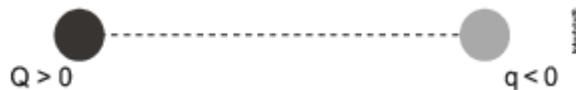
8. Na resolução, use quando necessário:  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\pi = 3,14$ ,  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

(Ufjf-pism 3 2018) Para uma feira de ciências, os alunos pretendem fazer uma câmara "antigravidade". Para isso, os estudantes colocaram duas placas metálicas paralelas entre si, paralelas à superfície da Terra, com uma distância de 10,0 cm entre elas. Ligando essas placas a uma bateria, eles conseguiram criar um campo elétrico uniforme de  $2,0 \text{ N/C}$ . Para demonstrar o efeito "antigravidade", eles devem carregar eletricamente uma bolinha de isopor e inseri-la entre as placas. Sabendo que a massa da bolinha é igual a  $0,50 \text{ g}$  e que a placa carregada negativamente está localizada no fundo da caixa, escolha a opção que apresenta a carga com que se deve carregar a bolinha para que ela flutue.

Considere que apenas a força elétrica e a força peso atuam sobre a bolinha.

- a)  $3,5 \times 10^{-2} \text{ C}$
- b)  $-3,5 \times 10^{-2} \text{ C}$
- c)  $-2,5 \times 10^{-3} \text{ C}$
- d)  $2,5 \times 10^{-3} \text{ C}$
- e)  $-3,5 \times 10^{-3} \text{ C}$

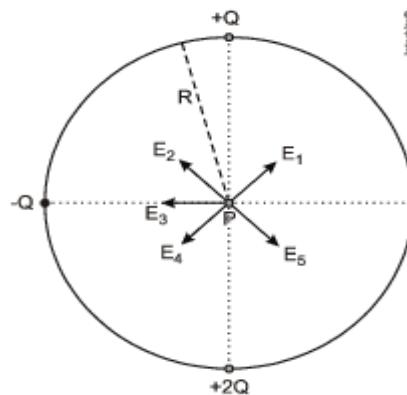
9. (Uea 2014) Duas cargas elétricas puntiformes,  $Q$  e  $q$ , sendo  $Q$  positiva e  $q$  negativa, são mantidas a uma distância uma da outra, conforme mostra a figura.



A força elétrica  $F$ , que a carga negativa sofre, e o campo elétrico  $E$ , presente no ponto onde ela é fixada, estão corretamente representadas por

- a)  $q \xrightarrow{\hspace{2cm}} F$
- b)  $F \leftarrow q \rightarrow E$
- c)  $F \leftarrow q \downarrow E$
- d)  $E \leftarrow q \rightarrow F$
- e)  $E \leftarrow q \leftarrow F$

10. (Ufrgs 2012) As cargas elétricas  $+Q$ ,  $-Q$  e  $+2Q$  estão dispostas num círculo de raio  $R$ , conforme representado na figura abaixo.



Com base nos dados da figura, é correto afirmar que, o campo elétrico resultante no ponto situado no centro do círculo está representado pelo vetor

- a)  $E_1$ .
- b)  $E_2$ .
- c)  $E_3$ .
- d)  $E_4$ .
- e)  $E_5$ .

## Gabarito

---

### 1. C

Como o elétron está aumentando a velocidade com aceleração constante, a força elétrica é constante, assim o campo elétrico é uniforme e aponta da placa positiva (Y) para a placa negativa (X). Portanto, está correta a alternativa [C].

### 2. C

Estando a lâmina em equilíbrio, significa que a força elétrica é igual à força gravitacional (peso) e estão em oposição:

$$F_e = P$$

Usando as equações correspondentes à essas forças:

$$F_e = E \cdot q \quad P = m \cdot g$$

Ficamos com

$$E \cdot q = m \cdot g$$

Mas a carga total em um corpo eletrizado é dada pelo produto do número ( $n$ ) individual de portadores de carga (no caso os elétrons) e a carga unitária ( $e$ ) dessas partículas.

$$q = n \cdot e$$

Então

$$E \cdot n \cdot e = m \cdot g$$

Isolando a quantidade de partículas

$$n = \frac{m \cdot g}{E \cdot e}$$

Substituindo os valores com as unidades no Sistema Internacional, temos:

$$n = \frac{m \cdot g}{E \cdot e} = \frac{3,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{20 \cdot 10^3 \text{ N/C} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1,0 \cdot 10^{10} \text{ elétrons}$$

### 3. D

As linhas de campo elétrico mostradas no desenho, além de informarem o sinal de cada carga (carga positiva = linhas de saída e carga negativa = linhas de chegada) indicam, também, que a carga  $Q_A$  possui uma supremacia em relação à carga  $Q_B$ . Com isso, a soma das cargas será positiva.

## 4. B

O módulo do campo elétrico para cada carga, no ponto O é dado por:

$$E = k_0 \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Então:

$$E_1 = k_0 \cdot \frac{Q}{r^2} \quad e \quad E_2 = k_0 \cdot \frac{2Q}{r^2}$$

A razão entre esses campos é:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{k_0 \cdot \frac{2Q}{r^2}}{k_0 \cdot \frac{Q}{r^2}} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = 2 \therefore E_2 = 2 \cdot E_1$$

Assim:  $\vec{E}_2 = 2 \cdot \vec{E}_1$

## 5. D

O aumento do campo elétrico entre as nuvens e o solo favorece o deslocamento de partículas carregadas (íons) que acarretam nas descargas elétricas.

## 6. A

O carro por ser um recinto fechado tem comportamento mais aproximado ao de um condutor em equilíbrio eletrostático (Gaiola de Faraday), sendo desprezíveis a intensidade do vetor campo elétrico no seu interior e a diferença de potencial entre dois pontos do seu interior.

## 7. E

A gaiola de Faraday ilustra o fenômeno no qual as cargas elétricas se distribuem pela superfície externa de um condutor isolado em equilíbrio eletrostático, sendo nulo o campo elétrico em seu interior.

## 8. C

Sinal da carga da bolinha de isopor:

Como é especificado que a placa inferior da câmara possui a carga negativa, para haver equilíbrio das forças elétricas e o peso, a bolinha de isopor deve ser carregada negativamente.

Cálculo do módulo da carga elétrica que a bolinha de isopor deve ser eletrizada.

Equilíbrio entre força elétrica e peso

$$F_e = P$$

$$E \cdot q = m \cdot g$$

$$q = \frac{m \cdot g}{E} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{2 \text{ N/C}} \therefore q = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

Logo, a carga da bolinha será de  $q = -2,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ .

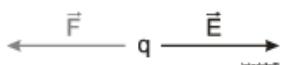
## 9. B

**Nota:** o enunciado apresenta falhas, pois a força elétrica e o vetor campo elétrico deveriam ter notação vetorial, como destacado abaixo:

"A força elétrica  $\vec{F}$ , que a carga negativa  $q$  sofre, e o campo elétrico  $\vec{E}$ , presente..."

As figuras das alternativas também ficariam melhores se fossem usadas notações vetoriais.

Sendo  $Q > 0$ , ela gera campo elétrico de afastamento; como  $q < 0$ , ela sofre força em sentido oposto ao do campo, conforme ilustrado.



## 10. B

A Fig. 1 mostra o campo elétrico de cada uma das cargas no centro do círculo, sendo o comprimento da seta proporcional à intensidade do campo. A Fig. 2 mostra o campo elétrico resultante, no sentido de  $\vec{E}_2$ .

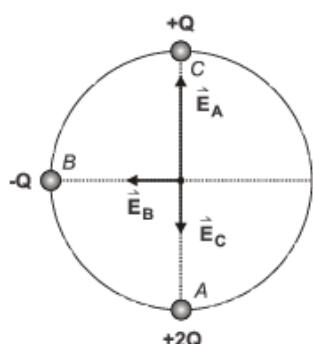


Fig 1

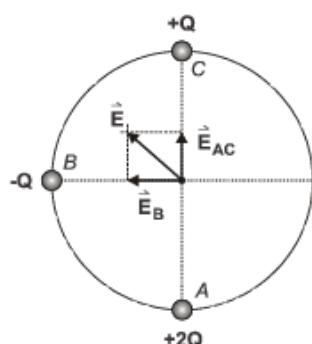


Fig 2

## Potencial elétrico

Quer ver este material pelo Dex? Clique [aqui](#)

### Resumo

---

#### Definição

Tomemos uma carga de prova ( $q$ ) e a coloquemos em um ponto P de um campo elétrico. Ela adquire uma energia potencial elétrica ( $E_{pot}$ ). Definimos o potencial elétrico ( $V$ ) associado ao ponto P como a grandeza escalar dada por

$$V = \frac{E_{pot}}{q}$$

No SI, a unidade do potencial elétrico é o Volt (V) e da energia potencial elétrica é o Joule (J).

#### Energia potencial elétrica

Consideremos o campo elétrico gerado por uma carga Q e o ponto P a uma distância d, no vácuo. A energia **potencial elétrica** que a carga elétrica puntiforme q adquire ao ser colocada em P é dada por

$$E_{pot} = \frac{k_0 Q q}{d},$$

onde

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}.$$

O potencial gerado por uma carga Q é dado por

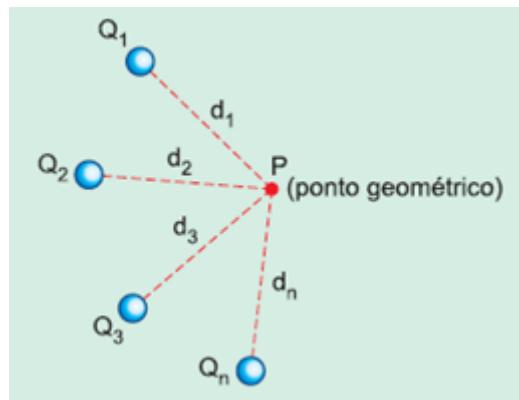
$$V = \frac{k_0 Q}{d}.$$

#### Observações

- Trata-se de uma grandeza escalar (um número real, no caso).
- Seu valor em P não depende de uma eventual carga de prova ali colocada.
- O sinal do potencial elétrico acompanha o da carga-fonte.
  - $Q > 0 \rightarrow V > 0$
  - $Q < 0 \rightarrow V < 0$
- Se o meio não for o **vácuo**, a constante eletrostática (k) assume um valor diferente de  $k_0$ .

## Princípio da superposição

O princípio da superposição afirma que o potencial elétrico gerado por um conjunto de cargas  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  é dado pela soma algébrica dos potenciais elétricos individuais:



$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

$$V = k_0 \left( \frac{Q_1}{d_1} + \frac{Q_2}{d_2} + \dots + \frac{Q_n}{d_n} \right)$$

## Trabalho da força elétrica

O trabalho que a força elétrica realiza para levar uma carga  $q$  de um ponto do espaço de potencial elétrico  $V_A$  até um ponto do espaço de potencial elétrico  $V_B$  é dado por:

$$W_{AB} = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$$

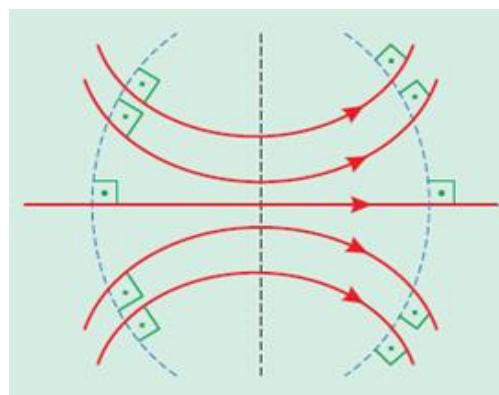
Aqui  $U_{AB}$  é a diferença de potencial  $V_A - V_B$ .

Obs.: Ainda vale que o trabalho de todas as forças que atuam em  $q$  é igual a variação de sua energia cinética ao passar do ponto A para o ponto B.

## Superfícies equipotenciais

As equipotenciais são linhas ou superfícies imaginárias nas quais seus pontos possuem um mesmo potencial.

Cabe ressaltar que as linhas de força são perpendiculares às linhas ou superfícies equipotenciais quando ambas se cruzarem.



As linhas contínuas são as linhas de força e as linhas tracejadas são as equipotenciais.

## Campo elétrico uniforme

Um campo elétrico é uniforme quando suas linhas de força (linhas de campo elétrico) forem retas, paralelas e uniformemente distribuídas. As superfícies equipotenciais serão planos paralelos entre si, e cada plano é perpendicular às linhas de força.



Neste caso, a relação entre a diferença de potencial (d.d.p.), o campo elétrico e a distância entre uma equipotencial e outra é:

## Exercícios

1. (G1 – ifsc 2014) Atingido por um raio na noite da última quinta-feira, o dedo médio da mão direita do Cristo Redentor (aquele popularmente conhecido como "pai de todos") será restaurado [...]. A restauração será feita pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan).

Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/dedo-de-cristo-redentor-sera-restaurado>. Acesso: 20 mar. 2014.  
[Adaptado]



A descarga elétrica a que o texto se refere aconteceu no dia 16/01/2014. Assinale a alternativa que explica CORRETAMENTE o fenômeno ao qual o Cristo Redentor foi vítima.

- a) O ar é bom condutor de eletricidade.
- b) Entre o Cristo Redentor e a nuvem havia uma diferença de potencial que permitiu a descarga elétrica.
- c) O Cristo Redentor foi construído de material condutor.
- d) Existe um excesso de carga elétrica na Terra.
- e) A descarga elétrica foi um aviso para que o ser humano trate melhor o planeta em que vive.

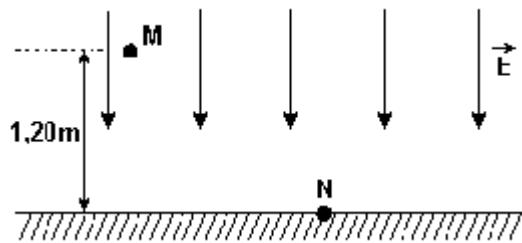
2. Em relação às propriedades do potencial elétrico, assinale o que for falso:

- I. O potencial elétrico em um ponto do espaço é inversamente proporcional ao quadrado da distância desse ponto até as cargas que geram esse potencial.
- II. O módulo da carga elétrica é diretamente proporcional ao potencial elétrico produzido.
- III. O potencial elétrico é uma grandeza física vetorial.
- IV. O potencial elétrico pode ser definido como a razão entre a energia potencial elétrica e a unidade de carga.

São falsas:

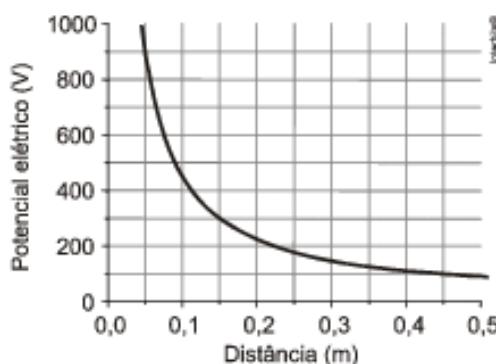
- a) I
- b) I e II
- c) I e III
- d) II e III
- e) III e IV

3. (Unifesp 2009) A presença de íons na atmosfera é responsável pela existência de um campo elétrico dirigido e apontado para a Terra. Próximo ao solo, longe de concentrações urbanas, num dia claro e limpo, o campo elétrico é uniforme e perpendicular ao solo horizontal e sua intensidade é de 120 V/m. A figura mostra as linhas de campo e dois pontos dessa região, M e N.



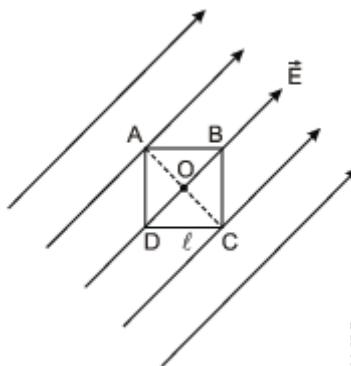
O ponto M está a 1,20 m do solo, e N está no solo. A diferença de potencial entre os pontos M e N é:

- a) 100 V.
  - b) 120 V.
  - c) 125 V.
  - d) 134 V.
  - e) 144 V.
4. (Ufpe 2012) O gráfico mostra a dependência do potencial elétrico criado por uma carga pontual, no vácuo, em função da distância a carga. Qual o valor, em unidades de  $10^{-9}$  C, o valor da carga elétrica?



- a)  $1.10^{-9}$  C
- b)  $2.10^{-9}$  C
- c)  $3.10^{-9}$  C
- d)  $4.10^{-9}$  C
- e)  $5.10^{-9}$  C

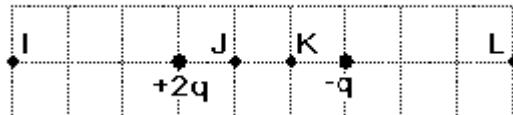
5. A figura abaixo ilustra um campo elétrico uniforme, de módulo  $E$ , que atua na direção da diagonal BD de um quadrado de lado  $\ell$ .



Se o potencial elétrico é nulo no vértice D, pode-se afirmar que a ddp entre o vértice A e o ponto O, intersecção das diagonais do quadrado, é

- a) nula.
  - b)  $\ell\sqrt{2}E/2$ .
  - c)  $\ell\sqrt{2}E$ .
  - d)  $\ell E$ .
  - e)  $\ell E^2$ .
6. (Mackenzie 2008) Na determinação do valor de uma carga elétrica puntiforme, observamos que, em um determinado ponto do campo elétrico por ela gerado, o potencial elétrico é de 18 kV e a intensidade do vetor campo elétrico é 9,0 kN/C. Se o meio é o vácuo ( $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ ), o valor dessa carga é
- a)  $4,0 \mu\text{C}$
  - b)  $3,0 \mu\text{C}$
  - c)  $2,0 \mu\text{C}$
  - d)  $1,0 \mu\text{C}$
  - e)  $0,5 \mu\text{C}$

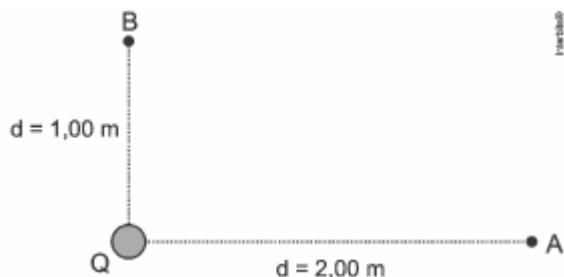
7. (Ufrgs 2007) A figura a seguir representa duas cargas elétricas puntiformes, mantidas fixas em suas posições, de valores  $+2q$  e  $-q$ , sendo  $q$  o módulo de uma carga de referência.



Considerando-se zero o potencial elétrico no infinito é correto afirmar que o potencial criado pelas duas cargas será zero também nos pontos

- a) I e J.
- b) I e K.
- c) I e L.
- d) J e K.
- e) K e L.

8. (Mackenzie 2015) Uma carga elétrica de intensidade  $Q = 10,0 \mu\text{C}$ , no vácuo, gera um campo elétrico em dois pontos A e B, conforme a figura abaixo.



Sabendo-se que a constante eletrostática do vácuo é  $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$  o trabalho realizado pela força elétrica para transferir uma carga  $q = 2,00 \mu\text{C}$  do ponto B até o ponto A é, em mJ, igual a

- a) 90,0
- b) 180
- c) 270
- d) 100
- e) 200

9. (Mackenzie 2017) A intensidade do campo elétrico ( $E$ ) e do potencial elétrico ( $V$ ) em um ponto  $P$  gerado pela carga puntiforme  $Q$  são, respectivamente,  $50 \text{ N/C}$  e  $100 \text{ V}$ . A distância  $d$  que a carga puntiforme se encontra do ponto  $P$ , imersa no ar, é
- a)  $1,0 \text{ m.}$
  - b)  $2,0 \text{ m.}$
  - c)  $3,0 \text{ m.}$
  - d)  $4,0 \text{ m.}$
  - e)  $5,0 \text{ m.}$

10. (Pucsp 2010)

**"Acelerador de partículas cria explosão inédita e consegue simular o Big Bang"**

GENEBRA – O Grande Colisor de Hadrons (LHC) bateu um novo recorde nesta terça-feira. O acelerador de partículas conseguiu produzir a colisão de dois feixes de prótons a 7 tera-elétron-volts, criando uma explosão que os cientistas estão chamando de um 'Big Bang em miniatura'".



Pesquisador na sala de controle do acelerador de partículas. Foto: AFP

<http://oglobo.globo.com/ciencia/mat/2010/03/30/accelerador-de-particulas-cria-explosao-inedita-consegue-simular-big-bang-916211149.asp> – Publicada em 30/03/2010. Consultada em 05/04/2010.

A unidade elétron-volt, citada na matéria de O Globo, refere-se à unidade de medida da grandeza física:

- a) corrente.
- b) tensão.
- c) potência.
- d) energia.
- e) carga elétrica.

## Gabarito

---

### 1. B

Mesmo sendo o ar um ótimo isolante elétrico, quando o campo elétrico entre o solo e a nuvem ultrapassa a sua rigidez dielétrica, a diferença de potencial atinge valores que permitem a descarga elétrica.

### 2. C

Confira a seguir as explicações detalhadas de todas as afirmações:

**I - FALSO:** O potencial elétrico é inversamente proporcional à distância (**V  $\propto 1/d$** ) até o ponto em que se deseja determiná-lo, e essa distância é medida em relação à distribuição de cargas que o gera.

**II - VERDADEIRO:** Quanto maior o valor da carga elétrica, maior será o potencial elétrico produzido.

**III - FALSO:** Diferentemente do campo elétrico, o potencial elétrico é uma grandeza física escalar, ou seja, pode ser totalmente definido pelo seu módulo e unidade física.

**IV – VERDADEIRO:** O potencial elétrico pode ser entendido como a quantidade de energia potencial elétrica por unidade de carga.

Portanto, são falsas as alternativas I e III.

### 3. E

$$U = E.d$$

$$U = 120 \cdot 1,2 = 144 \text{ V}$$

### 4. E

O potencial elétrico criado por uma carga pontual é dado por:  $V = \frac{k_0 \cdot Q}{r}$ .

Do gráfico temos:  $V = 300 \text{ V}$  e  $r = 0,15 \text{ m}$ .

Ou seja:

$$V = \frac{k_0 \cdot Q}{r} \rightarrow 300 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot Q}{0,15}$$

$$Q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

### 5. A

Nulo, pois o segmento de reta AOC é uma equipotencial.

## 6. A

Seja  $d$  a distância entre o ponto e a carga elétrica puntiforme.

A intensidade do campo elétrico é dada por:

$$E = k_0 \frac{Q}{d^2}$$

O potencial elétrico é dado por:

$$V = k_0 \frac{Q}{d}$$

Destas equações, temos que:

$$\frac{E}{V} = \frac{1}{d} \rightarrow E \cdot d = V \rightarrow d = \frac{V}{E} = \frac{18}{9,0} = 2,0\text{m}$$

E assim,

$$V = k_0 \frac{Q}{d} \rightarrow Q = \frac{V \cdot d}{k_0} = \frac{18 \cdot 10^3 \cdot 2,0}{9,0 \cdot 10^9} = 4,0 \cdot 10^{-6} = 4,0 \mu\text{C}$$

## 7. E

Sabendo que o potencial é uma grandeza escalar e que o potencial obedece a relação  $V = kQ/d$ , este será nulo nos pontos onde o potencial gerado por cada carga é igual em módulo. Observe que a carga à esquerda é o dobro da direita. Então como o potencial gerado pela carga à esquerda será sempre maior que o da carga à direita nos pontos I e J devido estarem mais próximos dela, então como ponto K está o dobro da distância da carga  $+2q$  em relação à carga  $-q$ , o potencial nesse ponto será NULO para as duas. Consequentemente, acontece o mesmo para o ponto L onde a distância dele também é o dobro em relação à carga  $-q$ , portanto também é NULO o potencial nesse ponto.

## 8. A

Usando o teorema da energia potencial:

$$W_F = E_{Pot}^B - E_{Pot}^A = \frac{k_0 Q q}{d_B} - \frac{k_0 Q q}{d_A} \Rightarrow$$

$$W_F = k_0 Q q \left( \frac{1}{d_B} - \frac{1}{d_A} \right) = 9 \times 10^9 \times 10 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6} \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{2} \right) \Rightarrow W_F = 90 \times 10^{-3} \Rightarrow$$

$W_F = 90 \text{ mJ.}$

## 9. B

$$V = E \cdot d$$

$$d = \frac{V}{E} \Rightarrow d = \frac{100}{50} \Rightarrow d = 2,0 \text{ m}$$

## 10. D

O elétron-volt é uma unidade de **energia**. Equivale ao trabalho da força elétrica para acelerar uma partícula com carga igual à carga elementar ( $q = e = 1,6 \times 10^{-19}$ ) numa ddp de 1 volt.

Na eletrostática, a expressão do trabalho da força elétrica é:

$$W_{F_{el}} = q U \Rightarrow W_{F_{el}} = (1,6 \times 10^{-19})(1) \Rightarrow 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

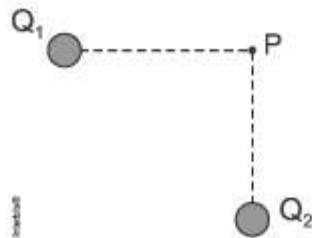
## Exercícios de campo elétrico e potencial elétrico

Quer ver esse material pelo Dex? clique [aqui](#)

### Exercícios

---

1. São dadas duas cargas, conforme a figura:



Considere  $E_1$  o módulo do campo elétrico devido à carga  $Q_1$ ,  $E_2$  o módulo do campo elétrico devido à carga  $Q_2$ ,  $V_1$  o potencial elétrico devido à carga  $Q_1$  e  $V_2$  o potencial elétrico devido à carga  $Q_2$ . Considere  $E_p$  o campo elétrico e  $V_p$  o potencial resultantes no ponto P

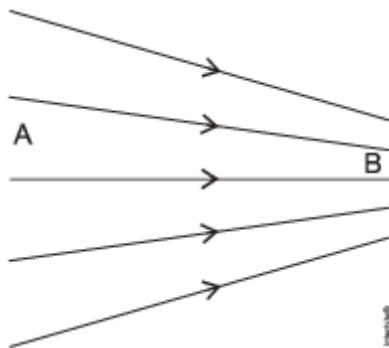
Julgue as expressões abaixo como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- (      )  $E_p = E_1 + E_2$
- (      )  $V_p = V_1 + V_2$
- (      )  $\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$
- (      )  $\vec{V}_p = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- a) V – V – F – F.
- b) V – F – F – V.
- c) F – F – V – V.
- d) F – V – V – F.
- e) F – F - V – V.

2. A tecnologia dos aparelhos eletroeletrônicos está baseada nos fenômenos de interação das partículas carregadas com campos elétricos e magnéticos. A figura representa as linhas de campo de um campo elétrico.



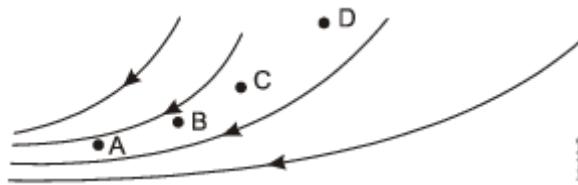
Assim, analise as afirmativas:

- I. O campo é mais intenso na região A.
- II. O potencial elétrico é maior na região B.
- III. Uma partícula com carga negativa pode ser a fonte desse campo.

Está(ão) correta(s)

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

3. Na figura a seguir, são representadas as linhas de força em uma região de um campo elétrico. A partir dos pontos A, B, C e D situados nesse campo, são feitas as seguintes afirmações:



- I. A intensidade do vetor campo elétrico no ponto B é maior que no ponto C.
- II. O potencial elétrico no ponto D é menor que no ponto C.
- III. Uma partícula carregada negativamente, abandonada no ponto B, se movimenta espontaneamente para regiões de menor potencial elétrico.
- IV. A energia potencial elétrica de uma partícula positiva diminui quando se movimenta de B para A.

É correto o que se afirma apenas em:

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

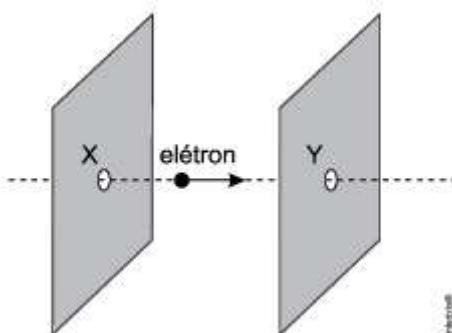
4. Considere as seguintes afirmações a respeito de uma esfera homogênea carregada em equilíbrio eletrostático:

- I. As cargas elétricas se distribuem pela superfície da esfera, independentemente de seu sinal.
- II. Na superfície dessa esfera o campo elétrico é nulo.
- III. Na superfície dessa esfera o campo elétrico é normal à superfície e no seu interior ele é nulo.
- IV. A diferença de potencial elétrico entre dois pontos quaisquer da sua superfície é nula.

A respeito dessas afirmações, pode-se dizer que:

- a) Todas estão corretas
- b) Apenas I está correta
- c) I, III e IV estão corretas
- d) II, III e IV estão corretas
- e) Nenhum está correta.

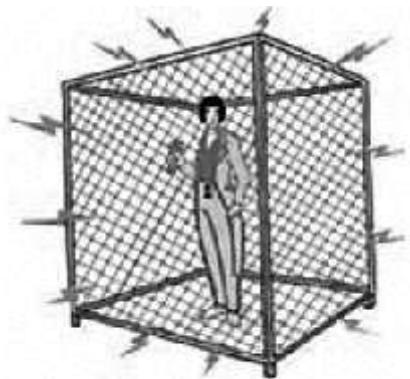
5. A figura representa um elétron atravessando uma região onde existe um campo elétrico. O elétron entrou nessa região pelo ponto X e saiu pelo ponto Y, em trajetória retilínea.



Sabendo que na região do campo elétrico a velocidade do elétron aumentou com aceleração constante, o campo elétrico entre os pontos X e Y tem sentido

- a) de Y para X, com intensidade constante.
- b) de X para Y, com intensidade constante.
- c) de Y para X, com intensidade maior em Y.
- d) de X para Y, com intensidade maior em X.
- e) de Y para X, com intensidade maior em X.

6. A gaiola de Faraday é um curioso dispositivo que serve para comprovar o comportamento das cargas elétricas em equilíbrio. A pessoa em seu interior não sofre descarga.



(vcfaz.tv)

Dessa experiência, conclui-se que o campo elétrico no interior da gaiola é

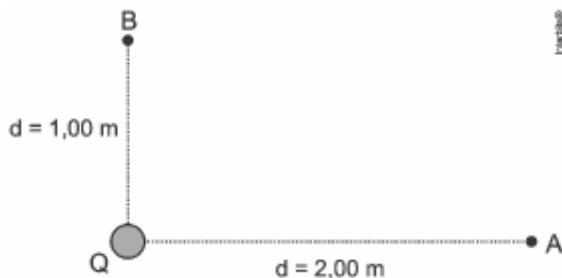
- a) uniforme e horizontal, com o sentido dependente do sinal das cargas externas.
- b) nulo apenas na região central onde está a pessoa.
- c) mais intenso próximo aos vértices, pois é lá que as cargas mais se concentram.
- d) uniforme, dirigido verticalmente para cima ou para baixo, dependendo do sinal das cargas externas.
- e) inteiramente nulo.

7. Em uma manhã ensolarada, uma jovem vai até um parque para acampar e ler. Ela monta sua barraca próxima de seu carro, de uma árvore e de um quiosque de madeira. Durante sua leitura, a jovem não percebe a aproximação de uma tempestade com muitos relâmpagos.

A melhor maneira de essa jovem se proteger dos relâmpagos é

- a) entrar no carro.
- b) entrar na barraca.
- c) abrir um guarda-chuva.
- d) ficar embaixo da árvore.

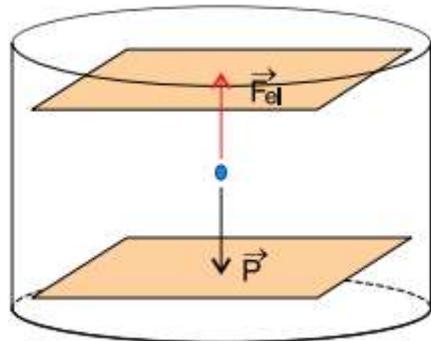
8.



Uma carga elétrica de intensidade  $Q = 10,0 \mu\text{C}$ , no vácuo, gera um campo elétrico em dois pontos A e B, conforme figura acima. Sabendo-se que a constante eletrostática do vácuo é  $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$  o trabalho realizado pela força elétrica para transferir uma carga  $q = 2,00 \mu\text{C}$  do ponto B até o ponto A é, em mJ, igual a:

- a) 90
- b) 180
- c) 270
- d) 100
- e) 200

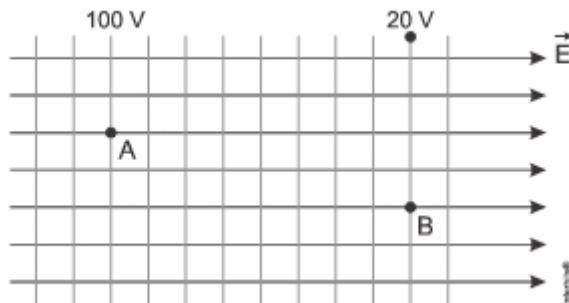
9. Muitos experimentos importantes para o desenvolvimento científico ocorreram durante o século XIX. Entre eles, destaca-se a experiência de Millikan, que determinou a relação entre a carga  $q$  e a massa  $m$  de uma partícula eletrizada e que, posteriormente, levaria à determinação da carga e da massa das partículas elementares. No interior de um recipiente cilíndrico, em que será produzido alto vácuo, duas placas planas e paralelas, ocupando a maior área possível, são mantidas a uma curta distância  $d$ , e entre elas é estabelecida uma diferença de potencial elétrico constante  $U$ . Variando-se  $d$  e  $U$ , é possível fazer com que uma partícula de massa  $m$  eletrizada com carga  $q$  fique equilibrada, mantida em repouso entre as placas. No local da experiência, a aceleração da gravidade é constante de intensidade  $g$ .



Nessas condições, a relação  $q/m$  será dada por

- a)  $d \cdot U^2/g$
- b)  $g \cdot U^2/d$
- c)  $d \cdot g/U^2$
- d)  $d \cdot U/g$
- e)  $d \cdot g/U$

10. O esquema abaixo representa um campo elétrico uniforme  $\vec{E}$ , no qual as linhas verticais correspondem às superfícies equipotenciais. Uma carga elétrica puntiforme, de intensidade  $400 \mu\text{C}$ , colocada no ponto A, passa pelo ponto B após algum tempo.



Determine, em joules, o trabalho realizado pela força elétrica para deslocar essa carga entre os pontos A e B.

- a)  $32 \cdot 10^{-3}$ .
- b)  $64 \cdot 10^{-3}$ .
- c)  $32 \cdot 10^{-5}$ .
- a)  $64 \cdot 10^{-5}$ .
- b)  $32 \cdot 10^{-8}$ .

## Gabarito

---

### 1. D

Pelo princípio da superposição  $\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$  e  $V_p = V_1 + V_2$ .

Vale a pena observar que para resolver essa questão basta saber que o campo elétrico é uma grandeza vetorial e o potencial elétrico uma grandeza escalar.

### 2. C

[I] INCORRETA. O campo é mais intenso na região onde as linhas estão mais próximas. Portanto, na região B ( $E_B > E_A$ ).

[II] INCORRETA. No sentido das linhas de força o potencial elétrico é decrescente, sendo, então, maior na região A ( $V_A > V_B$ ).

[III] CORRETA. Carga negativa cria linhas de aproximação, portanto esse campo pode ser gerado por uma carga negativa à direita da região B.

### 3. B

Analisando cada uma das afirmações:

I. **Correta.** Quanto mais concentradas as linhas de força, mais intenso é o campo elétrico.

II. **Falsa.** No sentido das linhas de força o potencial elétrico é decrescente, portanto  $V_B > V_C$ .

III. **Falsa.** Partículas com carga negativa sofrem força em sentido oposto ao do vetor campo elétrico, movimentando-se espontaneamente para regiões de **maior** potencial elétrico.

IV. **Correta.** Partículas positivamente carregadas movimentam-se espontaneamente no mesmo sentido dos menores potenciais, ganhando energia cinética, consequentemente, diminuindo sua energia potencial.

### 4. C

[I] Verdadeira. Uma esfera homogênea carregada em equilíbrio eletrostático tem as suas cargas elétricas distribuídas pela sua superfície.

[II] Falsa. O campo elétrico é nulo em pontos no infinito e no interior da esfera, não na sua superfície.

[III] Verdadeira. Descrição correta no item.

[IV] Verdadeira. Como a superfície da esfera é uma equipotencial, a d.d.p. é nula.

### 5. C

Como o elétron está aumentando a velocidade com aceleração constante, a força elétrica é constante, assim o campo elétrico é uniforme e aponta da placa positiva (Y) para a placa negativa (X). Portanto, está correta a alternativa [C].

### 6. E

A gaiola de Faraday ilustra o fenômeno no qual as cargas elétricas se distribuem pela superfície externa de um condutor isolado em equilíbrio eletrostático, sendo nulo o campo elétrico em seu interior.

### 7. A

O carro por ser um recinto fechado tem comportamento mais aproximado ao de um condutor em equilíbrio eletrostático (Gaiola de Faraday), sendo desprezíveis a intensidade do vetor campo elétrico no seu interior e a diferença de potencial entre dois pontos do seu interior.

## 8. A

Usando o teorema da energia potencial:

$$W_F = E_{\text{Pot}}^B - E_{\text{Pot}}^A = \frac{k_0 Q q}{d_B} - \frac{k_0 Q q}{d_A} \Rightarrow \\ W_F = k_0 Q q \left( \frac{1}{d_B} - \frac{1}{d_A} \right) = 9 \times 10^9 \times 10 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6} \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{2} \right) \Rightarrow W_F = 90 \times 10^{-3} \Rightarrow$$

$W_F = 90 \text{ mJ}$

## 9. E

Como a partícula é mantida em equilíbrio sob a ação das forças peso e elétrica, suas intensidades são iguais, com mesma direção e sentidos contrários, portanto a força resultante é nula.

$$F_e = P \Rightarrow |q| \cdot E = mg \therefore \frac{|q|}{m} = \frac{g}{E} \quad (1)$$

Considerando a expressão para o campo elétrico uniforme como a razão entre a diferença de potencial  $U$  e a distância entre as placas  $d$ , temos:

$$E = \frac{U}{d}$$

Substituindo na equação (1), obtemos:

$$\frac{|q|}{m} = \frac{g}{E} \Rightarrow \frac{|q|}{m} = \frac{g}{\frac{U}{d}} \therefore \frac{|q|}{m} = \frac{d \cdot g}{U}$$

## 10. A

O trabalho realizado pela força elétrica para deslocar a carga entre os pontos A e B é dada pelo produto entre módulo da carga elétrica e a diferença entre os potenciais elétricos dos dois pontos. Desta forma, pode-se escrever:

$$\tau_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_1 - V_2)$$

$$\tau_{A \rightarrow B} = (400 \cdot 10^{-6}) \cdot (100 - 20)$$

$$\tau_{A \rightarrow B} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

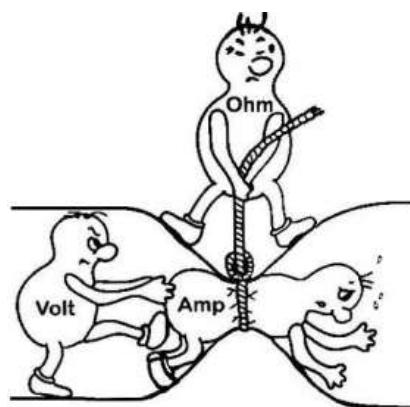
## Lei de Ohm, resistores e potência elétrica

Quer ver esse material pelo Dex? clique [aqui](#)

### Resumo

Luminárias, sistemas de som, aparelhos de micro-ondas, computadores e celulares são alguns dos dispositivos importantes do nosso dia a dia. Eles são conectados por fios ou por circuito interno a uma bateria ou a uma rede elétrica. O que acontece dentro do fio que faz com que a luz acenda? E por que isso ocorre? Dizemos que “a eletricidade flui através do fio”, mas o que tal afirmação significa exatamente? E, igualmente importante, como nós sabemos o que ocorre? Simplesmente olhar para um fio ligado entre uma bateria e uma lâmpada de filamento não nos diz se alguma coisa se move ou flui. Tanto quanto podemos observar visualmente, o fio tem a mesma aparência esteja ele “conduzindo eletricidade” ou não. Nossa objetivo é recordar acerca da corrente elétrica. Queremos entender o que é que se move através de um fio portador de corrente, e por quê.

Mas, antes, para poder solucionar problemas de circuito é necessário conhecer as definições essenciais, as grandezas envolvidas e suas unidades.



### Corrente elétrica

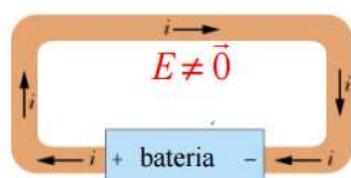
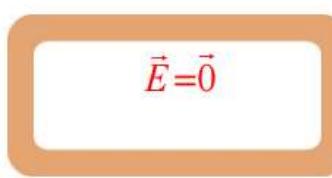
Uma corrente elétrica é um movimento ordenado de cargas elétricas. Um circuito condutor isolado, como na Fig. 1a, está todo a um mesmo potencial e  $E = 0$  no seu interior. Nenhuma força elétrica resultante atua sobre os elétrons de condução disponíveis, logo não há nenhuma corrente elétrica. A inserção de uma bateria no circuito (Fig. 1b) gera um campo elétrico dentro do condutor. Este campo faz com que as cargas elétricas se movam ordenadamente, constituindo assim uma **corrente elétrica**.

$$\vec{E} = \vec{0}$$

Fig. 1a

$$E \neq \vec{0}$$

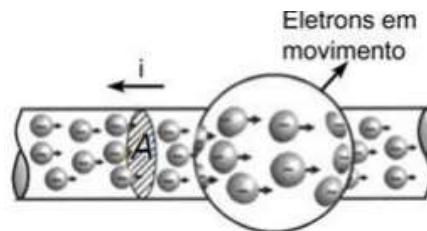
Fig. 1b



Definição: a intensidade de corrente é a quantidade de carga  $\Delta q$  que atravessa um plano em um intervalo de tempo  $\Delta t$ :

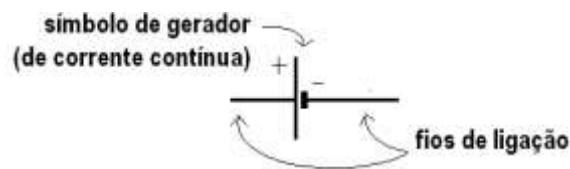
$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Unidade: C/s = A (ampère).



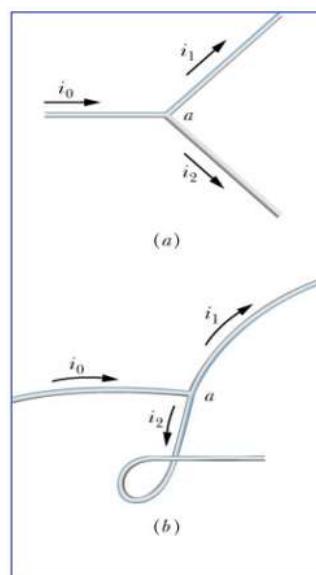
Um fluxo de elétrons (cargas negativas) indo para direita equivale a um fluxo de cargas positivas indo para a esquerda.

A corrente elétrica corresponde ao fluxo de elétrons. Os elétrons vão para o polo positivo de um gerador (pilha ou bateria).



## Corrente elétrica e conservação de carga

a) Correntes, apesar de serem representadas por setas, são escalares.



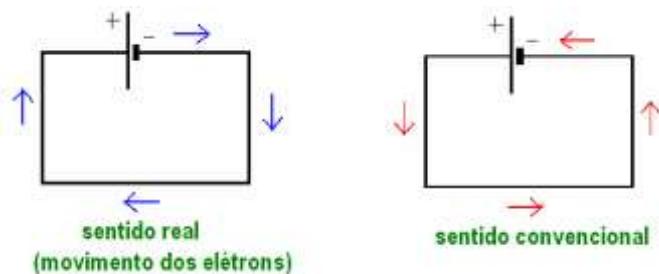
b) Em consequência da conservação da carga, temos:

$$i_0 = i_1 + i_2$$

Essa relação básica de conservação – de que a soma das correntes que entram em um nó deve ser igual à soma das correntes que saem do mesmo nó – é chamada de **lei de Kirchhoff dos nós**.

c) O sentido convencional da corrente é o sentido no qual se moveriam os portadores de carga positiva, mesmo que os verdadeiros portadores de carga sejam negativos.

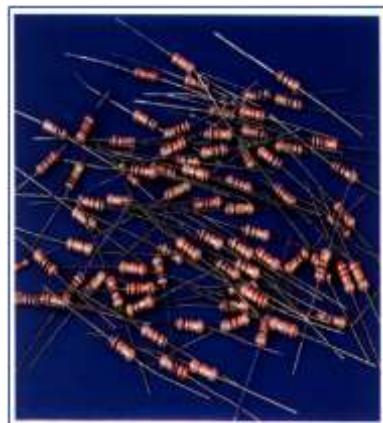
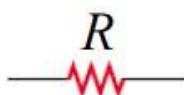
Observe como fica isso num circuito fechado:



**Obs.:** Corrente contínua: os elétrons vão em um único sentido. Corrente alternada: corresponde a uma corrente que oscila, mudando de sentido com um dado período.

## Resistividade e resistência

Os fios elétricos fornecem o “caminho” para o movimento dos elétrons. O fio ideal não possui resistência, não influencia o circuito. Um fio real oferece resistência à passagem da corrente, já que há colisões constantes entre os elétrons e os átomos que compõem o material do fio, gerando calor. Esse processo em que a corrente elétrica gera calor é chamado de **efeito Joule** (energia elétrica se transformando em energia térmica). Na prática, um material cuja função é oferecer uma resistência específica em um circuito é chamado de resistor (veja figura abaixo) e seu símbolo em circuitos é:



Em um condutor cilíndrico como num fio, a resistência depende da área A da seção transversal, do comprimento L e de um parâmetro  $\rho$  (resistividade) característico de cada material:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

## Unidades

Grandeza	Unidade (S.I.)
Resistência	$\Omega$ (ohm)
Área	$m^2$
Comprimento	m
Resistividade	$\Omega \cdot m$

A resistência de um fio ou de um condutor aumenta à medida que seu comprimento aumenta. Isto parece plausível, pois deve ser mais difícil empurrar elétrons através de um fio longo do que através de um fio mais curto. Diminuir a área da seção transversal também aumenta a resistência. De novo, isso parece plausível porque o mesmo campo elétrico pode empurrar mais elétrons em um fio largo do que em um fio fino.

**Nota:** É importante saber distinguir entre resistividade e resistência. A resistividade descreve apenas o material, e não, qualquer pedaço particular do mesmo. A resistência caracteriza um pedaço específico do condutor, dotada de uma geometria específica. A relação entre a resistividade e a resistência é análoga àquela entre a densidade e a massa.

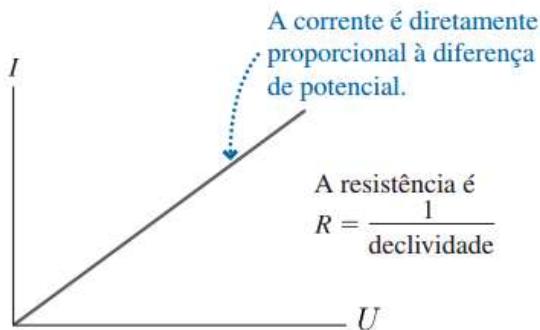
A tensão elétrica ou voltagem ( $U$ ) é a energia fornecida por unidade de carga. Esta voltagem, chamada de diferença de potencial (ddp) elétrico, é que fornece energia a cada elétron, obedecendo a seguinte relação, conhecida como Lei de Ohm:

$$U = Ri$$

A despeito do seu nome, a lei de Ohm não é uma lei da natureza. Sua validade é limitada aos materiais cuja resistência R permanece constante – ou muito próximo disso – durante o uso. Materiais para os quais a lei de Ohm é válida são chamados de ôhmicos.

A figura (a) mostra que a corrente através de um material ôhmico é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada. Dobrar a diferença de potencial dobrará a corrente. Metais e outros condutores são materiais ôhmicos.

(a) Material ôhmico.



(b) Materiais não-ôhmicos



Alguns materiais e dispositivos são não-ôhmicos, o que significa que a corrente através do mesmo não é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada. Por exemplo, a figura (b) mostra o gráfico  $I$  versus  $U$  para um dispositivo semicondutor comumente usado chamado de *diodo*. Os diodos não possuem uma resistência constante.

## Energia Elétrica

O gasto da energia elétrica está associada à potência dos aparelhos e ao tempo em que estes ficam ligados. A potência é a razão entre a energia e o intervalo de tempo.

$$Pot = \frac{\text{Energia}}{\Delta t}$$

$$\text{Energia} = Pot \cdot \Delta t$$

A conta de luz é medida em kWh (quilowatt-hora) e representa a potência (kW) e o tempo de funcionamento do aparelho (hora).

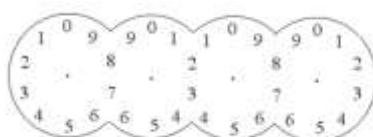
$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \text{ (J/s)} \times 3600 \text{ s} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

Um kWh é equivalente a  $3,6 \times 10^6$  J

Um relógio de luz residencial é o responsável pela cobrança de sua conta de luz. Ele registra a utilização da energia elétrica de uma casa.

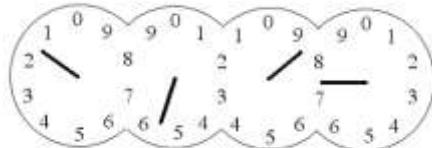
Você pode facilmente medir o valor indicado pelo relógio.

O relógio de luz possui esta configuração.



Este desenho pode ser encontrado nas contas residenciais. Relógios mais modernos possuem contadores/mostradores com números sequenciais e apresentam leituras maiores do que 5 dígitos. Relógios mais antigos possuem apenas 4 mostradores e precisam de um fator multiplicativo de 10.

Os valores devem ser lidos sempre pelo menor número onde está situado o ponteiro.



No exemplo acima o relógio marca: 1587.

## Potência

A potência resulta do produto da diferença de potencial ( $U$ ) pela corrente elétrica ( $i$ ).

Assim,  $\text{Pot} = U \cdot i$ .

Pela Lei de Ohm,  $U = R \cdot i$ . Temos então que

$$\text{Pot} = U \cdot i = R \cdot i^2 = \frac{U^2}{R}$$

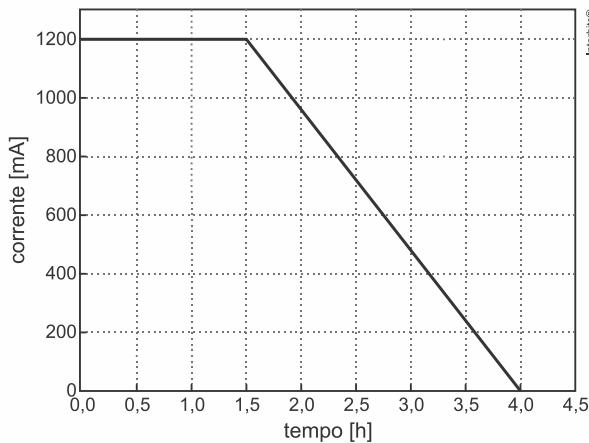
Quer assistir um Q&D sobre o tema e ainda baixar mapa mental? clique [aqui](#)

## Exercícios

---

1. Dependendo da intensidade da corrente elétrica que atravesse o corpo humano, é possível sentir vários efeitos, como dores, contrações musculares, parada respiratória, entre outros, que podem ser fatais. Suponha que uma corrente de  $0,1\text{ A}$  atravesse o corpo de uma pessoa durante  $2,0\text{ minutos}$ . Qual o número de elétrons que atravessa esse corpo, sabendo que o valor da carga elementar do elétron é  $1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$ .
  - a)  $1,2 \cdot 10^{18}$
  - b)  $1,9 \cdot 10^{20}$
  - c)  $7,5 \cdot 10^{19}$
  - d)  $3,7 \cdot 10^{19}$
  - e)  $3,2 \cdot 10^{19}$
  
2. (G1 cps 2016) O conhecimento científico tem auxiliado a agricultura em sua busca por melhor produtividade, e por esse motivo, são pesquisadas muitas caracterísiticas físicas do solo úmido, como sua capacidade de conduzir eletricidade, uma característica física que está associada
  - a) a resistência elétrica do solo.
  - b) a potência elétrica do solo.
  - c) a energia elétrica do solo.
  - d) a tensão elétrica do solo.
  - e) ao magnetismo do solo.

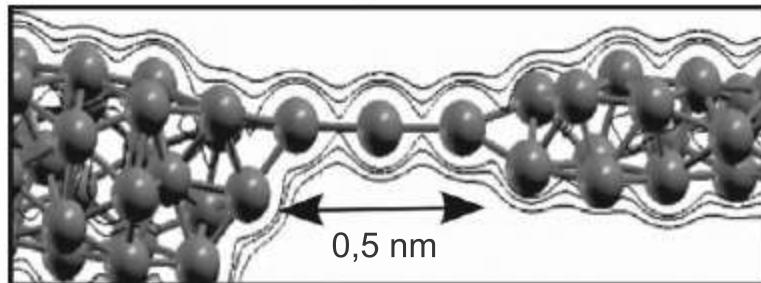
3. Tecnologias móveis como celulares e tablets têm tempo de autonomia limitado pela carga armazenada em suas baterias. O gráfico abaixo apresenta, de forma simplificada, a corrente de recarga de uma célula de bateria de íon de lítio, em função do tempo.



Considere uma célula de bateria inicialmente descarregada e que é carregada seguindo essa curva de corrente. A sua carga no final da recarga é de

- a) 3,3 C.
- b) 11.880 C.
- c) 1.200 C.
- d) 3.300 C.
- e) 4000 C.

4. Recentemente foram obtidos os fios de cobre mais finos possíveis, contendo apenas um átomo de espessura, que podem, futuramente, ser utilizados em microprocessadores. O chamado nanofio, representado na figura, pode ser aproximado por um pequeno cilindro de comprimento  $0,5\text{ nm}$  ( $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ ). A seção reta de um átomo de cobre é  $0,05\text{ nm}^2$  e a resistividade do cobre é  $17\Omega \cdot \text{nm}$ . Um engenheiro precisa estimar se seria possível introduzir esses nanofios nos microprocessadores atuais.

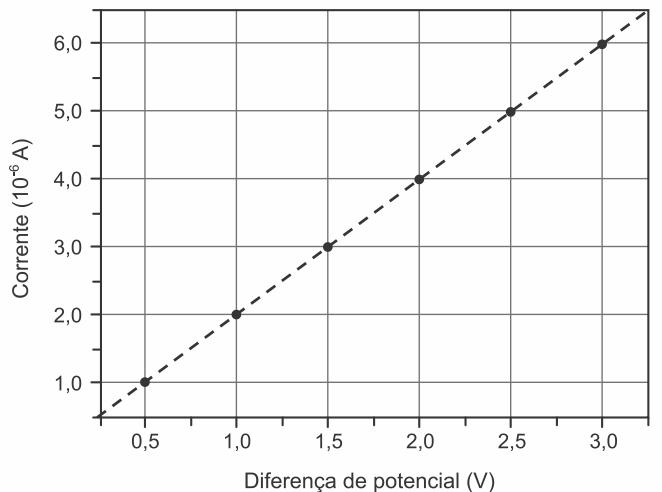


AMORIM, E. P. M.; SILVA, E. Z. Ab initio study of linear atomic chains in copper nanowires.  
*Physical Review B*, v. 81, 2010 (adaptado).

Um nanofio utilizando as aproximações propostas possui resistência elétrica de

- a)  $170\text{n}\Omega$ .
- b)  $0,17\text{n}\Omega$ .
- c)  $1,7\text{n}\Omega$ .
- d)  $17\text{n}\Omega$ .
- e)  $170\Omega$ .

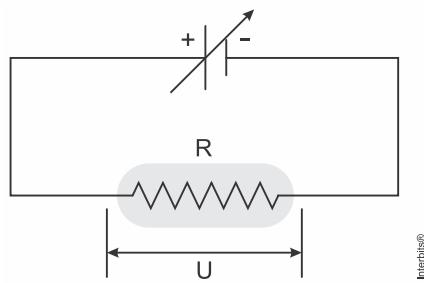
5. Dispositivos eletrônicos que utilizam materiais de baixo custo, como polímeros semicondutores, têm sido desenvolvidos para monitorar a concentração de amônia (gás tóxico e incolor) em granjas avícolas. A polianilina é um polímero semicondutor que tem o valor de sua resistência elétrica nominal quadruplicado quando exposta a altas concentrações de amônia. Na ausência de amônia, a polianilina se comporta como um resistor ôhmico e a sua resposta elétrica é mostrada no gráfico.



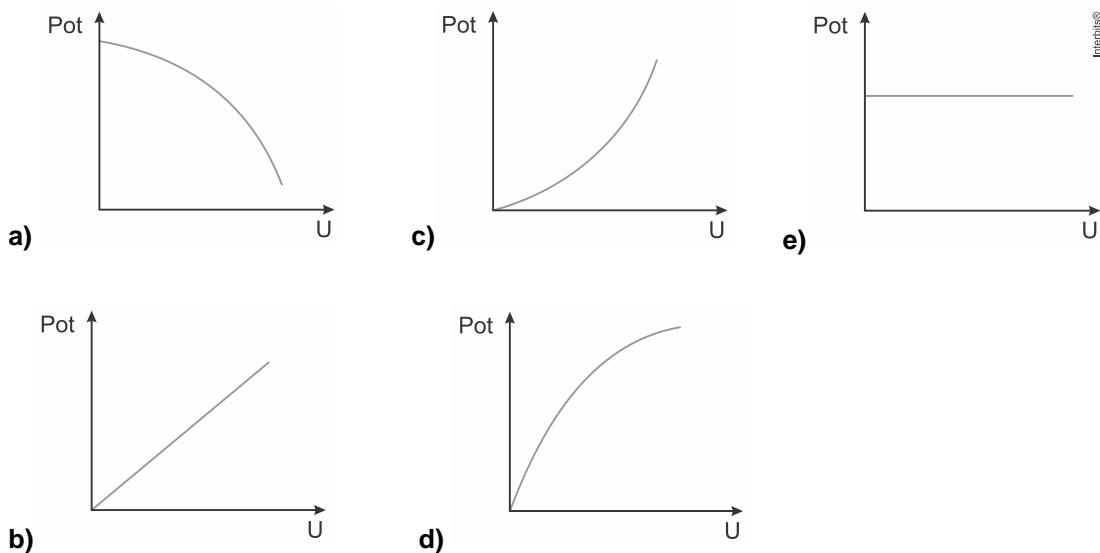
O valor da resistência elétrica da polianilina na presença de altas concentrações de amônia, em ohm, é igual a

- a)  $0,5 \times 10^0$ .
- b)  $0,2 \times 10^0$ .
- c)  $2,5 \times 10^5$ .
- d)  $5,0 \times 10^5$ .
- e)  $2,0 \times 10^6$ .

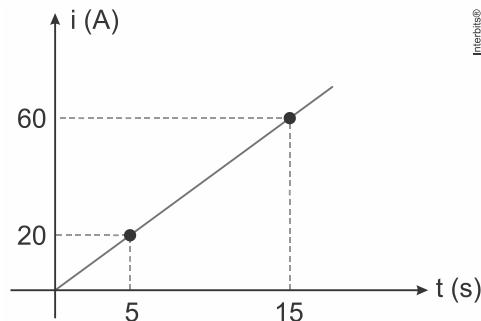
6. Um resistor ôhmico foi ligado a uma fonte de tensão variável, como mostra a figura.



Suponha que a temperatura do resistor não se altere significativamente com a potência dissipada, de modo que sua resistência não varie. Ao se construir o gráfico da potência dissipada pelo resistor em função da diferença de potencial  $U$  aplicada a seus terminais, obteve-se a curva representada em:



7. O gráfico abaixo indica o comportamento da corrente elétrica em função do tempo em um condutor.



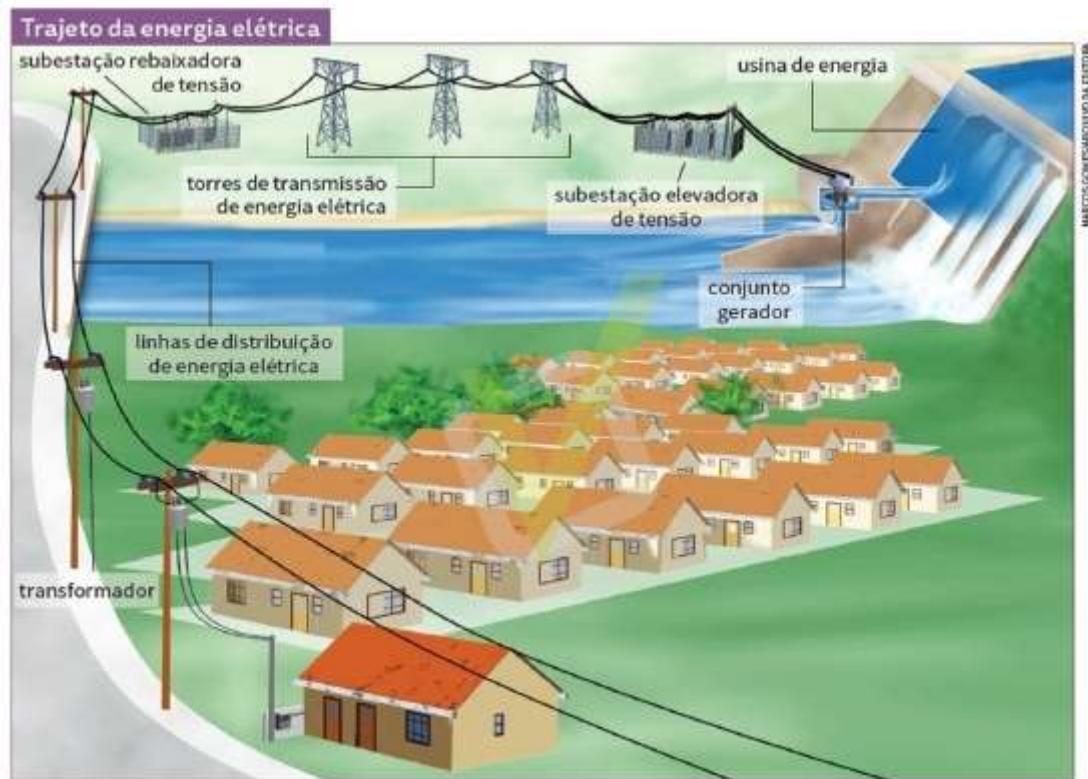
A carga elétrica, em coulombs, que passa por uma seção transversal desse condutor em 15 s é igual

a:

- a) 450
- b) 600
- c) 750
- d) 900
- e) 1500

8. Leia as informações a seguir.

A grande diversidade nos regimes de oferta de energia em cada região confere ao sistema elétrico brasileiro uma característica muito peculiar: a demanda de energia pode ser atendida por uma grande variedade de gerações ao longo do território nacional. [...] O esquema a seguir mostra as etapas da transmissão da energia elétrica.

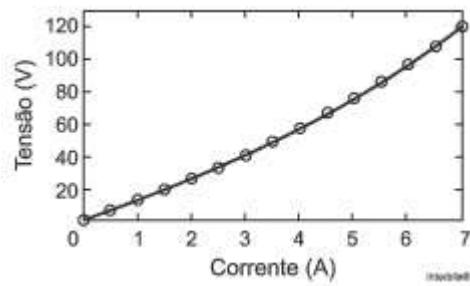


ARTUSO, Alysson R., SOARES, Marlon V. **Vivá Física**. Curitiba: Ed. Positivo, Vol. 3, 2016, p. 210.

A tensão elétrica produzida pela usina é elevada antes da transmissão e depois rebaixada antes de ser distribuída para a área residencial. A razão para que seja adotado tal procedimento é

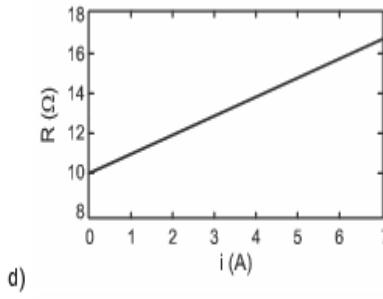
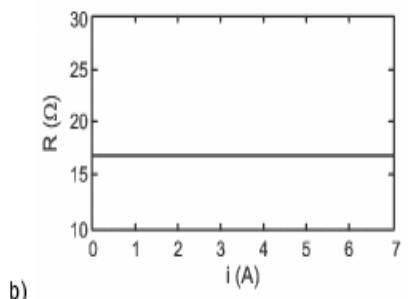
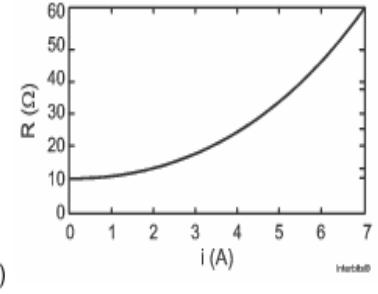
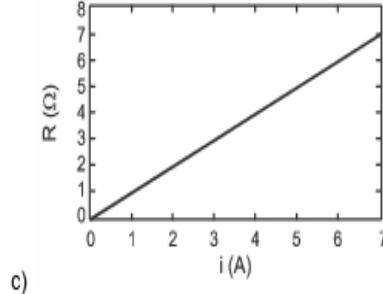
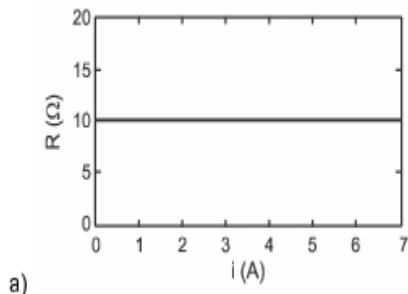
- a) a economia gerada pela possibilidade de usar fios mais finos nas linhas de transmissão.
- b) o aumento da potência elétrica transmitida para as residências ao final do processo.
- c) a redução dos efeitos gravitacionais sobre a corrente elétrica transmitida.
- d) o aumento da velocidade de transmissão da corrente elétrica.
- e) a criação de uma corrente elétrica variável na rede.

9. Ao pesquisar um resistor feito de um novo tipo de material, um cientista observou o comportamento mostrado no gráfico.



Após a análise do gráfico, ele concluiu que a tensão em função da corrente é dada pela equação  $V = 10i + i^2$ .

O gráfico da resistência elétrica ( $R$ ) do resistor em função da corrente ( $i$ ) é



10. Alguns peixes, como o poraquê, a enguia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. Um poraquê de 1 metro de comprimento, em perigo, produz uma corrente em torno de 2 ampères e uma voltagem de 600 volts. O quadro apresenta a potência aproximada de equipamentos elétricos.

Equipamento elétrico	Potência aproximada (watt)
Exaustor	150
Computador	300
Aspirador de pó	600
Churrasqueira elétrica	1.200
Secadora de roupas	3.600

O equipamento elétrico que tem potência similar àquela produzida por esse peixe em perigo é o(a)

- a) exaustor.
- b) computador.
- c) aspirador de pó.
- d) churrasqueira elétrica.
- e) secadora de roupas.

## Gabarito

---

### 1. C

A carga elétrica é dada pelo produto da corrente elétrica pelo tempo, de acordo com a equação:

$$Q = i \cdot \Delta t$$

Mas também a carga elétrica pode ser calculada pelo total de elétrons que circulou multiplicado pela carga elementar  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , portanto:

$$Q = n \cdot e$$

Igualando as duas equações, podemos calcular o número de elétrons para uma determinada corrente e um dado tempo em segundos.

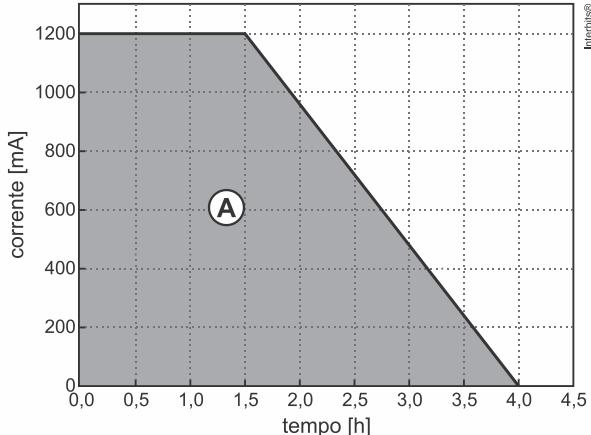
$$n \cdot e = i \cdot \Delta t \Rightarrow n = \frac{i \cdot \Delta t}{e} \Rightarrow n = \frac{0,1 \text{ A} \cdot 2 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \therefore n = 7,5 \cdot 10^{19} \text{ elétrons}$$

### 2. A

A capacidade de conduzir eletricidade é tanto maior, quanto menor for sua **resistência elétrica**.

### 3. B

A carga final é numericamente igual à área do trapézio, destacada na figura.



$$Q = A = \frac{4 + 1,5}{2} \times 1200 = 3.300 \text{ mAh} = (3.300 \times 10^{-3} \text{ A}) \cdot (3,6 \times 10^3 \text{ s}) = 11.880 \text{ As} \Rightarrow$$

$$Q = 11.880 \text{ C.}$$

### 4. E

Aplicando a 2ª lei de Ohm:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{17 \times 0,5}{0,05} \Rightarrow R = 170 \Omega.$$

## 5. E

Escolhendo o ponto (1, 2) do gráfico, temos:

$$r = \frac{U}{i} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow r = 0,5 \cdot 10^6 \Omega$$

Como a resistência quadruplica nas condições dadas, obtemos:

$$R = 4r = 4 \cdot 0,5 \cdot 10^6$$

$$\therefore R = 2 \cdot 10^6 \Omega$$

## 6. C

Expressão que relaciona a potência elétrica dissipada pelo resistor de resistência constante com a d.d.p.

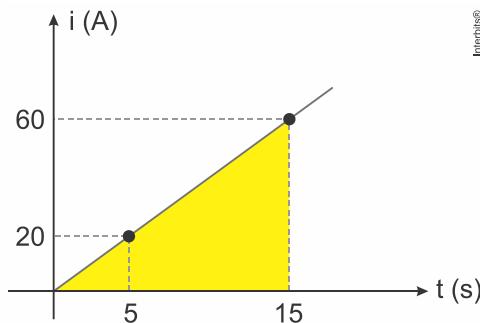
U :

$$P_{\text{ot}} = \frac{U^2}{R}$$

De acordo com a expressão acima, percebemos que a potência é diretamente proporcional ao quadrado da diferença de potencial, devendo seu gráfico (a partir do instante inicial) ser equivalente ao de uma parábola de concavidade positiva. Sendo assim, a alternativa [C] é a única que representa corretamente esta relação.

## 7. A

A carga elétrica em módulo que atravessa uma seção transversal do condutor é representada pela área sob a reta, isto é, a área entre o gráfico e o eixo do tempo no intervalo citado.



$$Q = \text{área} \Rightarrow Q = \frac{15 \cdot 60}{2} \therefore Q = 450 \text{ C}$$

## 8. A

Se a transmissão fosse em alta amperagem, teríamos o efeito joule presente necessitando de cabos mais grossos acarretando em altos custos. A distribuição de energia em altas tensões, no entanto, reduz a necessidade de cabos grossos resultando em economia.

## 9. D

Substituindo a equação da tensão dada na equação da 1<sup>a</sup> Lei de Ohm, temos:

$$R = \frac{V}{i} = \frac{10i + i^2}{i}$$
$$\therefore R = 10 + i$$

Portanto, o gráfico que representa a resistência elétrica do resistor deve ser uma reta inclinada positivamente e que intercepta o eixo vertical no valor de  $10\ \Omega$ , sendo correta a alternativa [D].

## 10. D

Calculando a potência elétrica com os valores dados, temos:

$$P = i \cdot U$$

$$P = 2 \cdot 600$$

$$\therefore P = 1200\ W$$

Logo, o equipamento que possui potência similar é a churrasqueira elétrica.