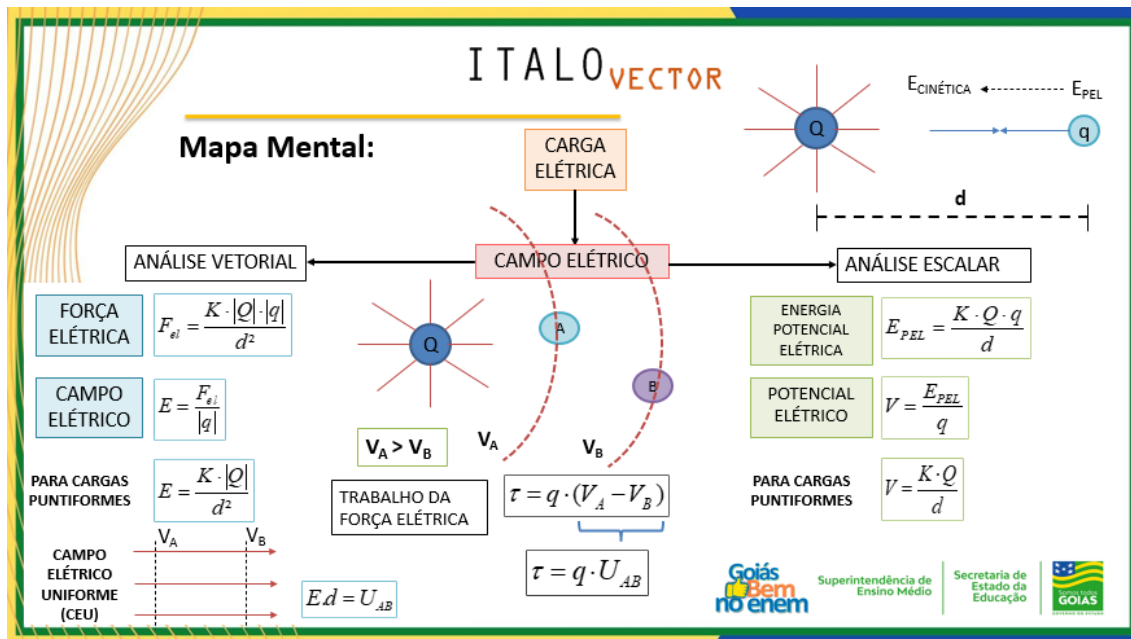


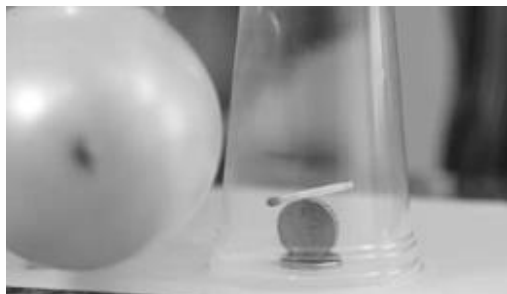
# MARATONA ELETROSTÁTICA



## TÓPICO 1 – Conceitos básicos da eletrostática e processos de eletrização

### Questões 01 a 03

1) (UFU 2019) Um estudante realiza um experimento, utilizando duas moedas, um palito de fósforo, um balão de festa e um copo plástico descartável transparente. Primeiramente, ele coloca o palito de fósforo em equilíbrio sobre uma moeda posicionada na vertical, que se equilibra sobre a segunda moeda na horizontal. Em seguida, cobre o sistema com o copo descartável. Em um outro momento, ele infla o balão e o esfrega no próprio cabelo. Por fim, ele aproxima o balão do palito de fósforo pelo lado de fora do copo de plástico e movimenta o balão em volta do copo. Como resultado, o estudante observa que o palito de fósforo gira sobre a moeda, acompanhando o movimento do balão. A figura mostra o dispositivo montado.



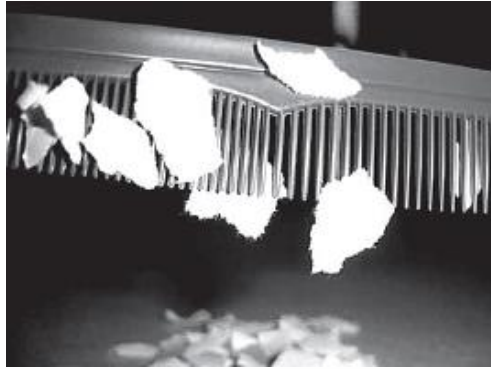
<http://www.manualdomundo.com.br>. Acesso em 02.fev.2019. (Adaptado)

Qual a explicação para o fato de o palito acompanhar o movimento do balão?

- O balão se magnetiza ao ser inflado, e ele atrai o palito pelo fato de o material que compõe a cabeça do palito ser um material magnético.
- O balão se aquece após o atrito com o cabelo e, ao se aproximar do copo, provoca correntes de convecção no ar em seu interior, gerando o movimento do palito de fósforo.

- c) As moléculas do balão se ionizam após o atrito com o cabelo e, ao se aproximarem da moeda condutora, a ionizam com carga oposta, gerando um campo elétrico que faz o palito de fósforo se mover.
- d) O balão se eletriza após atrito com o cabelo e, ao se aproximar do palito de fósforo, o atrai por indução eletrostática.

**2) (Enem (Libras) 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

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

**3) (Fuvest 2017)** Um objeto metálico, X, eletricamente isolado, tem carga negativa  $5,0 \times 10^{-12}$  C. Um segundo objeto metálico, Y, neutro, mantido em contato com a Terra, é aproximado do primeiro e ocorre uma faísca entre ambos, sem que eles se toquem. A duração da faísca é 0,5 s e sua intensidade é  $10^{-11}$  A.

No final desse processo, as cargas elétricas totais dos objetos X e Y são, respectivamente,

- zero e zero.
- zero e  $-5,0 \times 10^{-12}$  C.
- $-2,5 \times 10^{-12}$  C e  $-2,5 \times 10^{-12}$  C.
- $-2,5 \times 10^{-12}$  C e  $+2,5 \times 10^{-12}$  C.
- $+5,0 \times 10^{-12}$  C e zero.

## TÓPICO 2 – Quantização da carga elétrica

### Questão 04

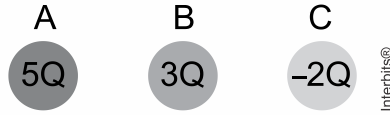
4) (FGV 2015) Deseja-se eletrizar um objeto metálico, inicialmente neutro, pelos processos de eletrização conhecidos, e obter uma quantidade de carga negativa de  $3,2\mu\text{C}$ . Sabendo-se que a carga elementar vale  $1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ , para se conseguir a eletrização desejada será preciso

- 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.

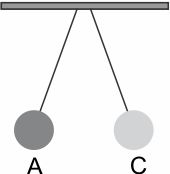
### TÓPICO 3 – Força elétrica (Lei de Coulomb)

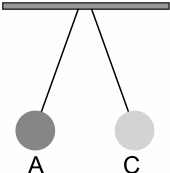
#### Questões 05 a 07

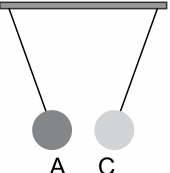
5) (Unesp 2015) Em um experimento de eletrostática, um estudante dispunha de três esferas metálicas idênticas, A, B e C, eletrizadas, no ar, com cargas elétricas  $5Q$ ,  $3Q$  e  $-2Q$ , respectivamente.

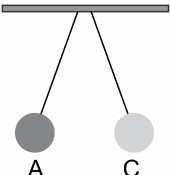


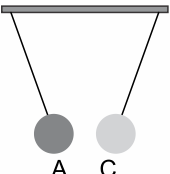
Utilizando luvas de borracha, o estudante coloca as três esferas simultaneamente em contato e, depois de separá-las, suspende A e C por fios de seda, mantendo-as próximas. Verifica, então, que elas interagem eletricamente, permanecendo em equilíbrio estático a uma distância  $d$  uma da outra. Sendo  $k$  a constante eletrostática do ar, assinale a alternativa que contém a correta representação da configuração de equilíbrio envolvendo as esferas A e C e a intensidade da força de interação elétrica entre elas.

a)  e  $F = \frac{10kQ^2}{d^2}$

b)  e  $F = \frac{4kQ^2}{d^2}$

c)  e  $F = \frac{10kQ^2}{d^2}$

d)  e  $F = \frac{2kQ^2}{d^2}$

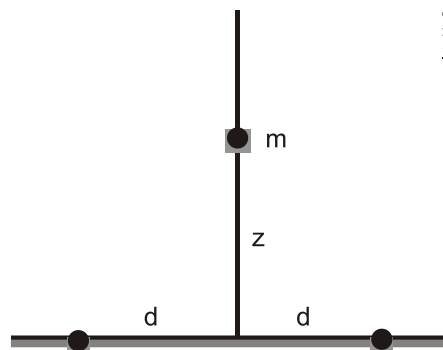
e)  e  $F = \frac{4kQ^2}{d^2}$

Interbits®

6) (UFU 2010) Duas cargas  $+q$  estão fixas sobre uma barra isolante e distam entre si uma distância  $2d$ . Uma outra barra isolante é fixada perpendicularmente à primeira no ponto médio entre essas duas cargas. O sistema é colocado de modo que esta última haste fica apontada para cima. Uma terceira pequena esfera de massa  $m$  e carga  $+3q$  furada é atravessada pela haste vertical de maneira a poder deslizar sem atrito ao longo desta, como mostra a figura a seguir. A distância de equilíbrio da massa  $m$  ao longo do eixo vertical é  $z$ .

Com base nessas informações, o valor da massa  $m$  em questão pode ser escrito em função de  $d$ ,  $z$ ,  $g$  e  $k$ , onde  $g$  é a aceleração gravitacional e  $k$  a constante eletrostática.

A expressão para a massa  $m$  será dada por:



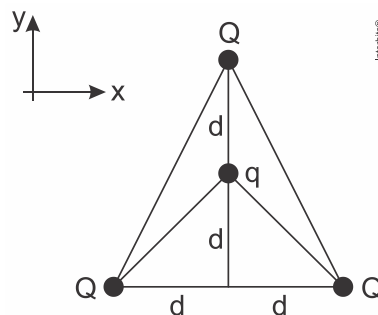
a)  $m = \frac{kq^2z}{(d^2 + z^2)^{3/2}}$

b)  $m = \frac{6kq^2z}{g(d^2 + z^2)^{3/2}}$

c)  $m = \frac{6kq^2z}{g(d^2 + z^2)^2}$

d)  $m = \frac{6kq^2z}{g(d^2 + z^2)^3}$

7) (Fuvest 2019) Três pequenas esferas carregadas com carga positiva  $Q$  ocupam os vértices de um triângulo, como mostra a figura. Na parte interna do triângulo, está afixada outra pequena esfera, com carga negativa  $q$ . As distâncias dessa carga às outras três podem ser obtidas a partir da figura.



Sendo  $Q = 2 \times 10^{-4}$  C,  $q = -2 \times 10^{-5}$  C e  $d = 6$  m, a força elétrica resultante sobre a carga  $q$

Note e adote:

A constante  $k_0$  da lei de Coulomb vale  $9 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

a) é nula.

b) tem direção do eixo  $y$ , sentido para baixo e módulo 1,8 N.

c) tem direção do eixo  $y$ , sentido para cima e módulo 1,0 N.

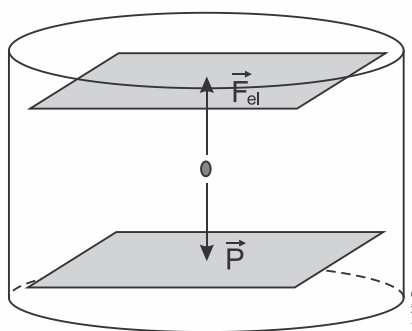
d) tem direção do eixo  $y$ , sentido para baixo e módulo 1,0 N.

e) tem direção do eixo  $y$ , sentido para cima e módulo 0,3 N.

## TÓPICO 4 – Campo Elétrico em cargas puntiformes e em condutores em equilíbrio.

### Questões 08 a 14

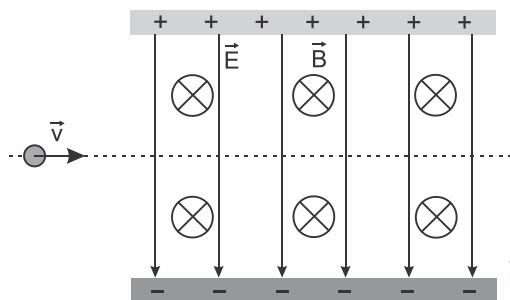
8) (FGV 2016) Muitos experimentos importantes para o desenvolvimento científico ocorreram durante o século XIX. Entre eles, destaca-se a experiência de Millikan, que determinou a relação entre a carga  $q$  e a massa  $m$  de uma partícula eletrizada e que, posteriormente, levaria à determinação da carga 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)  $\frac{d.U^2}{g}$ .
- b)  $\frac{g.U^2}{d}$ .
- c)  $\frac{d.g}{U^2}$ .
- d)  $\frac{d.U}{g}$ .
- e)  $\frac{d.g}{U}$ .

9) (Ueg 2018) A figura a seguir descreve uma região do espaço que contém um vetor campo elétrico  $\vec{E}$  e um vetor campo magnético  $\vec{B}$ .

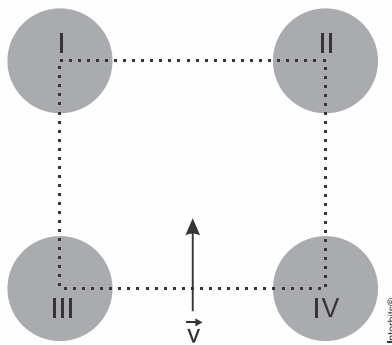


Mediante um ajuste, percebe-se que, quando os campos elétrico e magnético assumem valores de  $1,0 \times 10^3$  N/C e  $2,0 \times 10^{-2}$  T, respectivamente, um íon positivo, de

massa desprezível, atravessa os campos em linha reta. A velocidade desse íon, em m/s, foi de

- a)  $5,0 \times 10^4$
- b)  $1,0 \times 10^5$
- c)  $2,0 \times 10^3$
- d)  $3,0 \times 10^3$
- e)  $1,0 \times 10^4$

**10) (Fuvest 2016)** Os centros de quatro esferas idênticas, I, II, III e IV, com distribuições uniformes de carga, formam um quadrado. Um feixe de elétrons penetra na região delimitada por esse quadrado, pelo ponto equidistante dos centros das esferas III e IV, com velocidade inicial  $\vec{v}$  na direção perpendicular à reta que une os centros de III e IV, conforme representado na figura.



A trajetória dos elétrons será retilínea, na direção de  $\vec{v}$ , e eles serão acelerados com velocidade crescente dentro da região plana delimitada pelo quadrado, se as esferas I, II, III e IV estiverem, respectivamente, eletrizadas com cargas

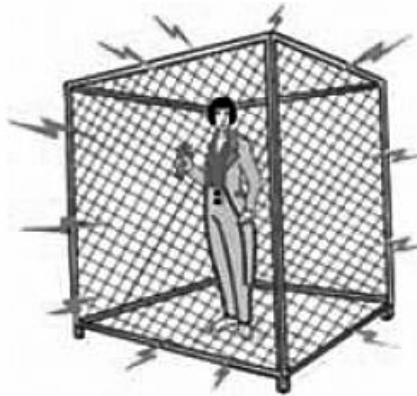
Note e adote:

$Q$  é um número positivo.

- a)  $+Q, -Q, -Q, +Q$
- b)  $+2Q, -Q, +Q, -2Q$
- c)  $+Q, +Q, -Q, -Q$
- d)  $-Q, -Q, +Q, +Q$
- e)  $+Q, +2Q, -2Q, -Q$



**11) (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.

**12) (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.

**13) (Enem PPL 2016)** 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.

**14) (Ufu 2015)** A Gaiola de Faraday nada mais é do que uma blindagem eletrostática, ou seja, uma superfície condutora que envolve e delimita uma região do espaço. A respeito desse fenômeno, considere as seguintes afirmativas.

- I. Se o comprimento de onda de uma radiação incidente na gaiola for muito menor do que as aberturas da malha metálica, ela não conseguirá o efeito de blindagem.
- II. Se o formato da gaiola for perfeitamente esférico, o campo elétrico terá o seu valor máximo no ponto central da gaiola.
- III. Um celular totalmente envolto em um pedaço de papel alumínio não receberá chamadas, uma vez que está blindado das ondas eletromagnéticas que o atingem.
- IV. As cargas elétricas em uma Gaiola de Faraday se acumulam em sua superfície interna.

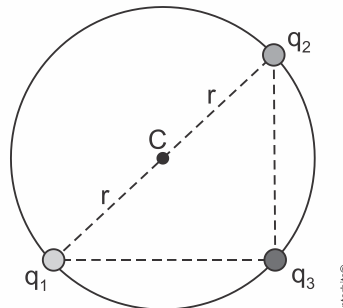
Assinale a alternativa que apresenta apenas afirmativas corretas.

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

## TÓPICO 5 – Potencial Elétrico

### Questões 15 a 18

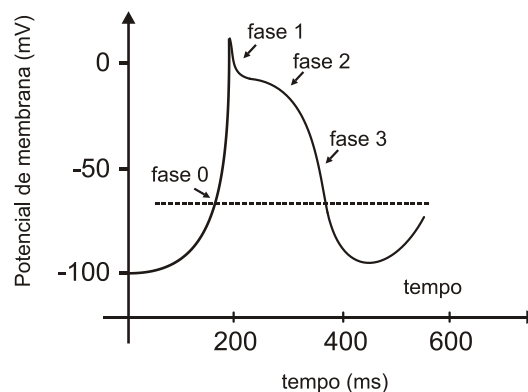
15) (Unesp 2017) Três esferas puntiformes, eletrizadas com cargas elétricas  $q_1 = q_2 = +Q$  e  $q_3 = -2Q$ , estão fixas e dispostas sobre uma circunferência de raio  $r$  e centro  $C$ , em uma região onde a constante eletrostática é igual a  $k_0$ , conforme representado na figura.



Considere  $V_C$  o potencial eletrostático e  $E_C$  o módulo do campo elétrico no ponto  $C$  devido às três cargas. Os valores de  $V_C$  e  $E_C$  são, respectivamente,

- a) zero e  $\frac{4 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$
- b)  $\frac{4 \cdot k_0 \cdot Q}{r}$  e  $\frac{k_0 \cdot Q}{r^2}$
- c) zero e zero
- d)  $\frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r}$  e  $\frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$
- e) zero e  $\frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$

16) (Enem cancelado 2009) As células possuem potencial de membrana, que pode ser classificado em repouso ou ação, e é uma estratégia eletrofisiológica interessante e simples do ponto de vista físico. Essa característica eletrofisiológica está presente na figura a seguir, que mostra um potencial de ação disparado por uma célula que compõe as fibras de Purkinje, responsáveis por conduzir os impulsos elétricos para o tecido cardíaco, possibilitando assim a contração cardíaca. Observa-se que existem quatro fases envolvidas nesse potencial de ação, sendo denominadas fases 0, 1, 2 e 3.



O potencial de repouso dessa célula é  $-100\text{mV}$ , e quando ocorre influxo de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$ , a polaridade celular pode atingir valores de até  $+10\text{mV}$ , o que se denomina despolarização celular. A modificação no potencial de repouso pode disparar um potencial de ação quando a voltagem da membrana atinge o limiar de disparo que está representado na figura pela linha pontilhada. Contudo, a célula não pode se manter despolarizada, pois isso acarretaria a morte celular. Assim, ocorre a repolarização celular, mecanismo que reverte a despolarização e retorna a célula ao potencial de repouso. Para tanto, há o efluxo celular de íons  $\text{K}^+$ .

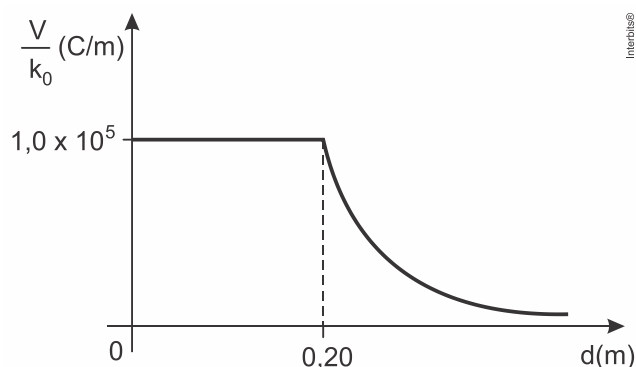
Qual das fases, presentes na figura, indica o processo de despolarização e repolarização celular, respectivamente?

- a) Fases 0 e 2.
- b) Fases 0 e 3.
- c) Fases 1 e 2.
- d) Fases 2 e 0.
- e) Fases 3 e 1.

**17) (Ueg 2015)** Uma carga  $Q$  está fixa no espaço, a uma distância  $d$  dela existe um ponto  $P$ , no qual é colocada uma carga de prova  $q_0$ . Considerando-se esses dados, verifica-se que no ponto  $P$

- a) o potencial elétrico devido a  $Q$  diminui com inverso de  $d$ .
- b) a força elétrica tem direção radial e aproximando de  $Q$ .
- c) o campo elétrico depende apenas do módulo da carga  $Q$ .
- d) a energia potencial elétrica das cargas depende com o inverso de  $d^2$ .

**18) (Ueg 2015)** Considere uma esfera condutora carregada com carga  $Q$ , que possua um raio  $R$ . O potencial elétrico dividido pela constante eletrostática no vácuo dessa esfera em função da distância  $d$ , medida a partir do seu centro, está descrito no gráfico a seguir.



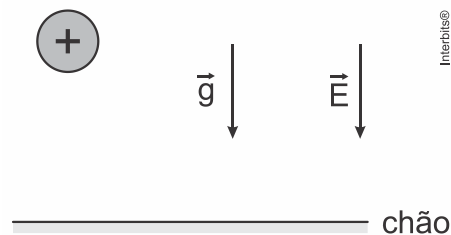
Qual é o valor da carga elétrica  $Q$ , em Coulomb?

- a)  $2,0 \times 10^4$
- b)  $4,0 \times 10^3$
- c)  $0,5 \times 10^6$
- d)  $2,0 \times 10^6$

## TÓPICO 6 – Trabalho da Força Elétrica

### Questões 19 a 21

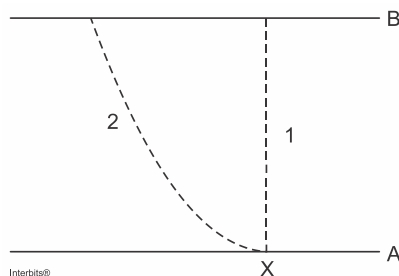
**19) (Unicamp 2020)** Existem na natureza forças que podemos observar em nosso cotidiano. Dentre elas, a força gravitacional da Terra e a força elétrica. Num experimento, solta-se uma bola com carga elétrica positiva, a partir do repouso, de uma determinada altura, numa região em que há um campo elétrico dirigido verticalmente para baixo, e mede-se a velocidade com que ela atinge o chão. O experimento é realizado primeiramente com uma bola de massa  $m$  e carga  $q$ , e em seguida com uma bola de massa  $2m$  e mesma carga  $q$ .



Desprezando a resistência do ar, é correto afirmar que, ao atingir o chão,

- a) as duas bolas terão a mesma velocidade.
- b) a velocidade de cada bola não depende do campo elétrico.
- c) a velocidade da bola de massa  $m$  é maior que a velocidade da bola de massa  $2m$ .
- d) a velocidade da bola de massa  $m$  é menor que a velocidade da bola de massa  $2m$ .

**20) (Fuvest 2018)** Na figura, A e B representam duas placas metálicas; a diferença de potencial entre elas é  $V_B - V_A = 2,0 \times 10^4$  V. As linhas tracejadas 1 e 2 representam duas possíveis trajetórias de um elétron, no plano da figura.



Considere a carga do elétron igual a  $-1,6 \times 10^{-19}$  C e as seguintes afirmações com relação à energia cinética de um elétron que sai do ponto X na placa A e atinge a placa B:

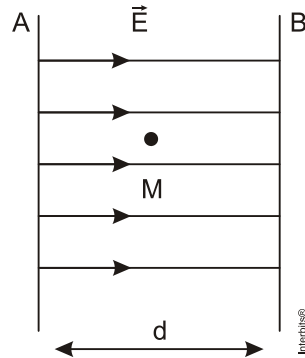
- I. Se o elétron tiver velocidade inicial nula, sua energia cinética, ao atingir a placa B, será  $3,2 \times 10^{-15}$  J.
- II. A variação da energia cinética do elétron é a mesma, independentemente de ele ter percorrido as trajetórias 1 ou 2.
- III. O trabalho realizado pela força elétrica sobre o elétron na trajetória 2 é maior do que o realizado sobre o elétron na trajetória 1.

Apenas é correto o que se afirma em

- a) I.
- b) II.
- c) III.

- d) I e II.  
e) I e III.

**21) (FGV 2014)** Duas placas metálicas planas A e B, dispostas paralela e verticalmente a uma distância mútua  $d$ , são eletrizadas com cargas iguais, mas de sinais opostos, criando um campo elétrico uniforme  $\vec{E}$  em seu interior, onde se produz um vácuo. A figura mostra algumas linhas de força na região mencionada.



Uma partícula, de massa  $m$  e carga positiva  $q$ , é abandonada do repouso no ponto médio  $M$  entre as placas. Desprezados os efeitos gravitacionais, essa partícula deverá atingir a placa \_\_\_\_\_ com velocidade  $v$  dada por \_\_\_\_\_.

Assinale a alternativa que preenche, correta e respectivamente, as lacunas.

- a) A;  $v = \frac{m \cdot E \cdot d}{q}$   
b) A;  $v = \frac{q \cdot E \cdot d}{m}$   
c) A;  $v = \sqrt{\frac{q \cdot E \cdot d}{m}}$   
d) B;  $v = \sqrt{\frac{m \cdot E \cdot d}{q}}$   
e) B;  $v = \sqrt{\frac{q \cdot E \cdot d}{m}}$

## Gabaritos e Resoluções:

### Resposta da questão 1: [D]

Neste caso há a eletrização do balão por atrito com o cabelo do estudante e ao aproximar o balão carregado do copo descartável, há também a eletrização por indução no palito. Esse fenômeno faz com que o palito acompanhe o movimento do balão, pois está com cargas internas separadas sendo as cargas contrárias ao do balão mais próximas e ele, causando a atração.

### Resposta da questão 2: [C]

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

### Resposta da questão 3: [A]

A faísca é formada pelo movimento de elétrons do objeto X para o objeto Y.

O módulo da carga transportada é:

$$|Q| = i\Delta t = 10^{-11} \times 0,5 \Rightarrow |Q| = 5 \times 10^{-12} \text{ C.}$$

Esse resultado mostra que toda a carga do objeto X foi transferida para o objeto Y. Porém o objeto Y está ligado à Terra, que absorve esses elétrons, sendo eles escoados através do fio, descarregando esse objeto Y.

Assim ambas as cargas finais são nulas:

$$Q_X = 0 \text{ e } Q_Y = 0.$$

### Resposta da questão 4: [C]

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

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

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

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

ou

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

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

### Resposta da questão 5: [B]

Calculando a carga final ( $Q'$ ) de cada esfera é aplicando a lei de Coulomb; vem:

$$Q'_A = Q'_B = Q'_C = Q' = \frac{Q_A + Q_B + Q_C}{3} = \frac{5Q + 3Q - 2Q}{3} \Rightarrow Q' = 2Q.$$

$$F = \frac{k|Q'_A||Q'_C|}{d^2} = \frac{k(2Q)^2}{d^2} \Rightarrow F = \frac{4kQ^2}{d^2}.$$

Como as cargas têm mesmo sinal, as forças repulsivas (ação-reação) têm mesma intensidade.

### Resposta da questão 6: [B]

Observemos as figuras a seguir.

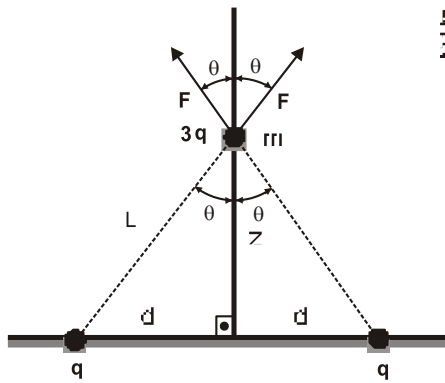


Fig 1

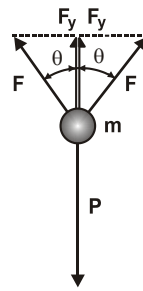


Fig 2

Na Fig 1:

$$\text{Pitágoras: } L^2 = d^2 + z^2 \Rightarrow L = (d^2 + z^2)^{\frac{1}{2}} \quad \text{(I)}$$

$$\cos \theta = \frac{z}{L} \quad \text{(II)}$$

As forças de repulsão mostradas têm intensidade dada pela lei de Coulomb:

$$F = \frac{k q 3q}{L^2} \Rightarrow F = \frac{k 3q^2}{L^2} \quad \text{(III)}$$

Na Fig 2, a partícula de massa  $m$  está em equilíbrio. Então:

$$m g = 2 F_y \Rightarrow m g = 2 F \cos \theta \Rightarrow$$

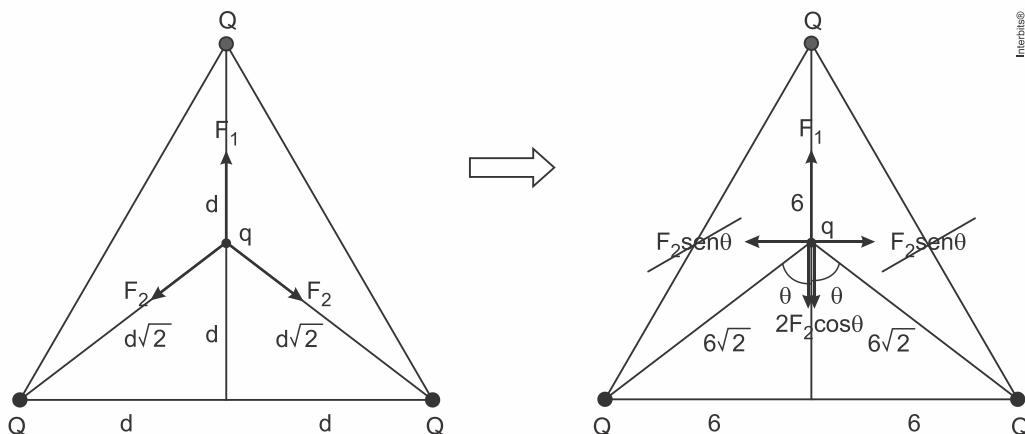
$$m = \frac{2 F \cos \theta}{g}. \text{ Substituindo (I), (II) e (III) nessa expressão vem:}$$

$$m = \left( \frac{2}{g} \right) \left( \frac{k 3q^2}{L^2} \right) \left( \frac{z}{L} \right) = \frac{6 k q^2 z}{g L^3} \Rightarrow m = \frac{6 k q^2 z}{g \left[ (d^2 + z^2)^{\frac{1}{2}} \right]^3}$$

$$m = \frac{6 k q^2 z}{g (d^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

**Resposta da questão 7:** [E]

Ilustrando as forças na carga  $q$ , temos:



Onde:

$$\cos \theta = \frac{6}{6\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$



Pela lei de Coulomb, obtemos  $F_1$  e  $F_2$  :

$$F_1 = \frac{k_0 |Q||q|}{d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{6^2} \Rightarrow F_1 = 1 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{k_0 |Q||q|}{(d\sqrt{2})^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{(6\sqrt{2})^2} \Rightarrow F_2 = 0,5 \text{ N}$$

Portanto, a força resultante sobre a carga  $q$  é de:

$$F_r = F_1 - 2F_2 \cos \theta = 1 - 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\therefore F_r \cong 0,3 \text{ N}$$

Na direção do eixo  $y$  e com sentido para cima.

### Resposta da questão 8:

[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:

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

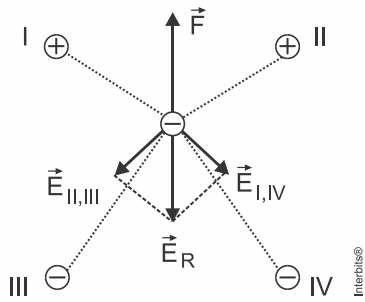
### Resposta da questão 9: [A]

A partícula ultrapassa a região de campo elétrico e magnético sem sofrer desvios porque suas forças derivadas, quando somadas vetorialmente, se anulam. Assim, temos que a força elétrica é igual a força magnética:

$$F_e = F_m \Rightarrow E \cdot \cancel{q} = B \cdot v \cdot \cancel{q} \cdot \sin 90^\circ \xrightarrow{\sin 90^\circ = 1} v = \frac{E}{B} = \frac{1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-2}} \therefore v = 5 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

### Resposta da questão 10: [C]

Para que o movimento do feixe de elétrons seja retilíneo e acelerado no interior do quadrado, a força elétrica deve ter o mesmo sentido da velocidade inicial. Como se trata de carga negativas (elétrons), o vetor campo elétrico resultante deve ter, então, sentido oposto ao da força. Isso somente é conseguido com a distribuição de cargas mostrada na figura.  $\vec{E}_R$  representa o vetor campo elétrico resultante num ponto da trajetória.



**Resposta da questão 11:** [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.

**Resposta da questão 12:** [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.

**Resposta da questão 13:** [D]

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

**Resposta da questão 14:** [B]

[I] (Verdadeira) Se a gaiola metálica for feita com tela metálica de abertura muito maior que o comprimento de onda a blindagem torna-se ineficiente, pois a onda consegue penetrar a gaiola.

[II] (Falsa) No interior da gaiola o campo elétrico é nulo.

[III] (Verdadeira) O papel alumínio, sendo metálico, agirá como uma gaiola de Faraday, impedindo o recebimento de ondas eletromagnéticas, isto é, o celular não recebe chamadas, pois o campo elétrico no interior do invólucro de alumínio é nulo.

[IV] (Falsa) As cargas se acumulam na superfície externa da gaiola.

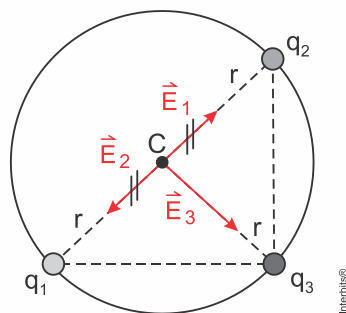
**Resposta da questão 15:** [E]

O potencial elétrico de uma carga puntiforme é uma grandeza escalar dado pela expressão:

$V = \frac{k_0 \cdot Q}{r}$ . Assim, o potencial elétrico resultante no centro C da circunferência é:

$$V_C = \frac{k_0 \cdot Q}{r} + \frac{k_0 \cdot Q}{r} + \frac{k_0 \cdot (-2Q)}{r} \Rightarrow \boxed{V_C = 0}$$

A figura mostra o vetor campo elétrico no centro C da circunferência devido a cada uma das cargas.



A intensidade do vetor campo elétrico resultante nesse ponto é:

$$E_C = E_3 = \frac{k_0 \cdot |q_3|}{r^2} = \frac{k_0 \cdot |-2Q|}{r^2} \Rightarrow E_C = \frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$$

**Resposta da questão 16:** [B]

A despolarização ocorre na fase em que o potencial sobe, que é a fase 0. A repolarização ocorre quando o potencial está voltando ao potencial de repouso, o que ocorre na fase 3.

**Resposta da questão 17:** [A]

Com as expressões de força elétrica, campo elétrico, potencial elétrico e energia potencial elétrica abaixo podemos tecer algumas considerações sobre as alternativas expostas.

O potencial elétrico de uma carga puntiforme é dado pelo produto do campo elétrico pela distância à carga geradora  $V = E \times d = k_0 \frac{Q}{d^2} \times d \Rightarrow V = k_0 \frac{Q}{d}$ . Sendo assim, temos a alternativa [A] como correta.

A força elétrica, dada pela Lei de Coulomb  $F_e = k_0 \frac{Q \times q_0}{d^2}$  tem a direção da reta que une os centros das duas cargas podendo ter o sentido de afastamento se as cargas forem de mesmo sinal (repulsão) ou de aproximação (atração) se as cargas forem de sinais contrários. Alternativa [B] incorreta.

O campo elétrico é a razão entre a força e a carga de prova  $E = \frac{F_e}{q_0} = k_0 \frac{Q}{d^2}$ , logo não depende apenas da carga Q e também da distância entre as cargas. Alternativa [C] incorreta.

A energia potencial elétrica é dada pelo produto do potencial elétrico e a carga de prova, então  $E_p = q_0 \times V = q_0 \times k_0 \frac{Q}{d} \Rightarrow E_p = k_0 \frac{Qq_0}{d}$ . A alternativa [D] está incorreta, pois a dependência é com o inverso de d.

**Resposta da questão 18:** [A]

Pela análise do gráfico, sabemos que o potencial se mantém constante até que a distância seja igual ao raio da esfera e para pontos externos o potencial decai. Com isso, calculamos a carga da esfera junto a sua superfície ( $d = R = 0,20$  m).

A expressão para o potencial elétrico é

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

Isolando Q

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

$$Q = 1 \cdot 10^5 \frac{C}{m} \cdot 0,20 \text{ m} \therefore Q = 2 \cdot 10^4 \text{ C}$$

**Resposta da questão 19:** [C]

Pelo Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\text{total}} = \Delta E_c$$

$$\tau_{F_e} + \tau_P = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$qEh + mgh = \frac{mv^2}{2} - \frac{m \cdot 0^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2h \left( \frac{qE}{m} + g \right)}$$

Portanto, o corpo de menor massa possui maior velocidade final.

**Resposta da questão 20:** [D]

[I] Correta. Desconsiderando a ação de outras forças, a força elétrica é a resultante. Então, pelo teorema da energia cinética, vem:

$$W_{\vec{F}_{el}} = E_{cin}^B - E_{cin}^A \Rightarrow q(V_A - V_B) = E_{cin}^B - 0 \Rightarrow E_{cin}^B = -1,6 \times 10^{-19} (-2 \times 10^4) \Rightarrow$$

$$E_{cin}^B = 3,2 \times 10^{-15} \text{ J.}$$

[II] Correta. A força elétrica é conservativa e, de acordo com o teorema da energia potencial, o trabalho de forças conservativas independe da trajetória.

[III] Incorreta. O trabalho é o mesmo, independente da trajetória, como já justificado.

**Resposta da questão 21:** [E]

Como a carga é positiva, ela será acelerada no sentido do campo elétrico e atingirá a placa B.

Aplicando o Teorema da Energia Cinética, obtemos a velocidade procurada:

$$\tau = \Delta E_c$$

$$F \cdot \frac{d}{2} = \frac{mv^2}{2} - \frac{m \cdot 0^2}{2}$$

$$qE \cdot \frac{d}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{qEd}{m}}$$