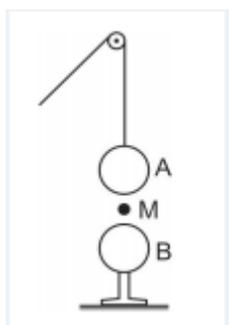


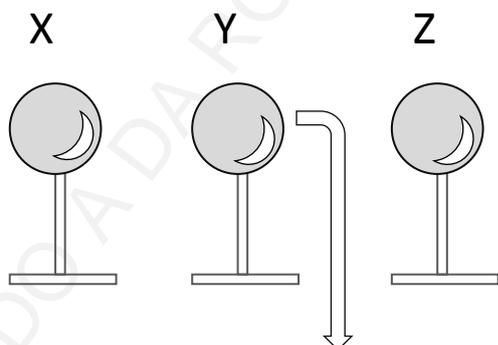
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1. **(Fuvest – SP)** Uma esfera condutora A, de peso P, eletrizada positivamente, é presa por um fio isolante que passa por uma roldana. A esfera A se aproxima, com velocidade constante, de uma esfera B, idêntica à anterior, mas neutra e isolada. A esfera A toca em B e, em seguida, é puxada para cima, com velocidade também constante. Quando A passa pelo ponto M a tração no fio é T_1 na descida e T_2 na subida.



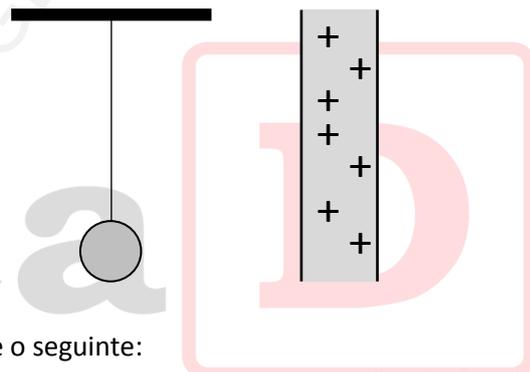
- a) $T_1 < T_2 < P$.
 b) $T_1 < P < T_2$.
 c) $T_2 < T_1 < P$.
 d) $T_2 < P < T_1$.
 e) $P < T_1 < T_2$.

2. **(UFRGS)** Três esferas metálicas idênticas, x, y, z, estão colocadas sobre suportes feitos de isolantes elétricos e y está ligada a terra por um fio condutor, conforme mostra a figura a seguir, x e z estão descarregadas, enquanto z está carregada com uma quantidade de carga elétrica q. Em condições ideais, faz-se a esfera z tocar primeiro a esfera x e depois y. Logo após esse procedimento, as quantidades de carga elétrica nas esferas x, y e z, são, respectivamente



- a) $\frac{q}{3}, \frac{q}{3}, \frac{q}{3}$
 b) $\frac{q}{2}, \frac{q}{2}, \frac{q}{4}$
 c) $\frac{q}{2}, \frac{q}{2}$, nula
 d) $\frac{q}{2}$, nula, $\frac{q}{2}$
 e) $\frac{q}{2}$, nula, nula

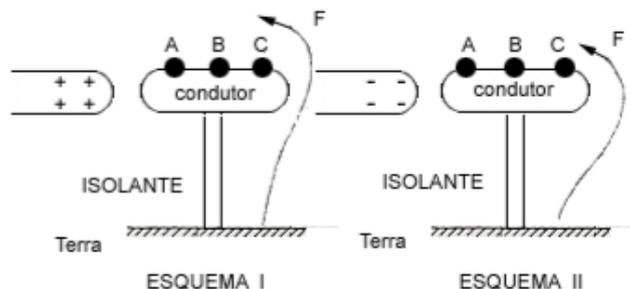
3. Uma esfera de material isolante, recoberta com uma fina camada de grafite, que é condutora, é suspensa por um fio e trazida para as proximidades de uma placa metálica que apresenta um excesso de cargas positivas distribuídas na sua superfície conforme a figura abaixo:



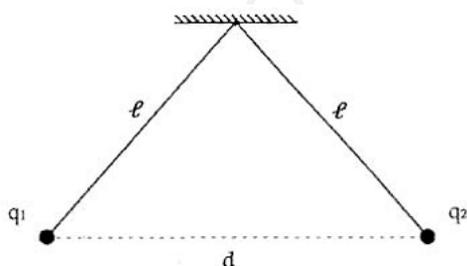
Observa-se o seguinte:

- a) A bola é eletricamente neutra e não é afetada pela placa.
 b) A bola é repelida pela placa.
 c) A bola é atraída pela placa e, ao tocá-la, é imediatamente repelida.
 d) A bola adquire uma carga induzida negativa.

4. Deseja-se carregar negativamente um condutor metálico pelo processo de indução eletrostática. Nos esquema I e II, o condutor que nos permite fazer o contato com a Terra nos pontos A, B e C do condutor. Devemos utilizar:

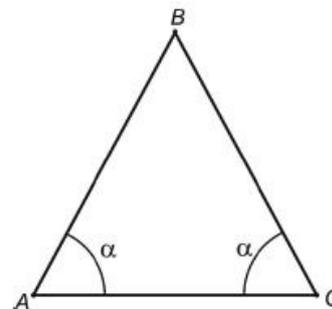


- a) O esquema I e ligar necessariamente **F** em **C**, pois as cargas positivas aí induzidas atrairão elétrons da Terra, enquanto que se ligarmos em **A**, os elétrons aí induzidos pela repulsão eletrostática, irão impedir a passagem de elétrons para a região **C**.
- b) O esquema II e ligar necessariamente **F** em **A**, pois as cargas positivas aí induzidas atrairão elétrons da Terra, enquanto que se ligarmos em **C**, os elétrons aí induzidos pela repulsão eletrostática, irão impedir a passagem de elétrons para a região **A**.
- c) Qualquer dos esquemas I ou II, desde que liguemos **F** respectivamente em **C**, e em **A**.
- d) O esquema I, no qual a ligação de **F** com o condutor poderá ser efetuada em qualquer ponto do condutor, pois os elétrons fluirão da Terra ao condutor até que o mesmo atinja o potencial da Terra.
- e) O esquema II, no qual a ligação de **F** com o condutor poderá ser efetuada em qualquer ponto do condutor, pois os elétrons fluirão da Terra ao condutor, até que o mesmo atinja o potencial da Terra.
5. Duas pequenas esferas (seus diâmetros são desprezíveis) não condutoras, carregadas positivamente com cargas q_1 e q_2 , encontram-se em equilíbrio eletrostático penduradas por fios isolantes de massa desprezível e comprimento $l = 1,0$ m cada, fixados no mesmo ponto de teto. Considerando que o módulo da força eletrostática que atua sobre cada esfera é igual ao seu peso, a distância d , em metros, entre os centros das esferas, é:



- a) $2/3$
 b) $1,0$
 c) $\sqrt{2}$
 d) $2,0$

- e) $2\sqrt{3}$
6. **(AFA – 13)** Três cargas elétricas puntiformes q_A , q_B e q_C estão fixas, respectivamente, nos vértices **A**, **B** e **C** de um triângulo isósceles, conforme indica a figura abaixo.



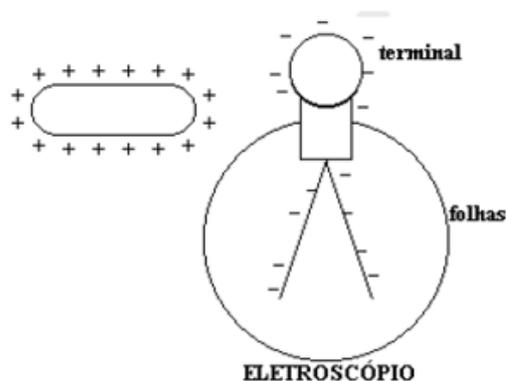
Considerando F_A o módulo da força elétrica de interação entre as cargas q_A e q_C ; F_B , o módulo da força elétrica de interação entre as cargas q_B e q_C e sabendo-se que a força resultante sobre a carga q_C é perpendicular ao lado **AB** e aponta para dentro do triângulo, pode-se afirmar, certamente que a relação entre os valores das cargas elétrica é:

- a) $\frac{q_A + q_C}{q_B} < 0$
 b) $\frac{q_A + q_C}{q_B} > 0$
 c) $0 < \frac{q_A}{q_B} < 4 \frac{F_A}{F_B}$
 d) $0 < \left| \frac{q_A}{q_B} \right| < \frac{F_A}{F_B}$

7. **(UNESP – SP)** De acordo com o modelo atômico atual, os prótons e nêutrons não são mais consideradas partículas elementares. Eles seriam formados de três partículas ainda menores, os quarks. Admite-se a existência de 12 quarks na natureza, mas só dois tipos formam os prótons e nêutrons, o quark *up* (*u*), de carga elétrica positiva, igual a $2/3$ do valor da carga do elétron, e o quark *down* (*d*), de carga negativa, igual a $1/3$ do valor da carga do elétron. A partir dessas informações, assinale a alternativa que apresenta corretamente a composição do próton e do nêutron.

Próton	Nêutron
a) d, d, d	u, u, u
b) d, d, u	u, u, d
c) d, u, u	u, d, d
d) u, u, u	d, d, d
e) d, d, d	d, d, d

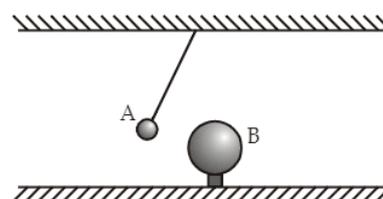
8. (ITA – SP) Um objeto metálico carregado positivamente, com carga $+Q$, é aproximado de um eletroscópio de folhas, que foi previamente carregado negativamente com carga igual a $-Q$.
- À medida que o objeto for se aproximando do eletroscópio, as folhas vão se abrindo além do que já estavam,
 - À medida que o objeto for se aproximando, as folhas permanecem como estavam.
 - Se o objeto tocar o terminal externo do eletroscópio, as folhas devem necessariamente fechar-se.



Neste caso, pode-se afirmar que:

- Somente a afirmativa I é correta.
 - As afirmativas II e III são corretas.
 - As afirmativas I e III são corretas.
 - Somente a afirmativa III é correta.
 - Nenhuma das afirmativas é correta.
9. Duas esferas de prata, de raio R , são uniformemente eletrizadas com cargas iguais em módulo, mas de sinais contrários $+Q$ e $-Q$. Tais esferas são colocadas a uma pequena distância D , uma da outra, e se atraem com uma força F . Caso tais esferas fossem de vidro, mantidas as demais condições, a força de atração entre elas, nesse caso, seria:
- A mesma, pois a distância entre os centros de carga elétrica seria a mesma nos dois casos;
 - Menor, pois no caso do vidro, a distância entre os centros de carga elétrica seria maior;
 - Maior, pois no caso do vidro, a distância entre os centros de carga elétrica seria menor;

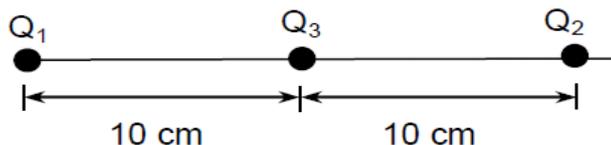
- Menor, pois no caso do vidro, a distância entre os centros de carga elétrica seria menor;
 - Maior, pois no caso do vidro, a distância entre os centros de carga elétrica seria maior;
10. (AFA – 07) Na figura abaixo, a esfera A suspensa por um fio flexível e isolante, e a esfera B, fixa por um pino também isolante, estão em equilíbrio.



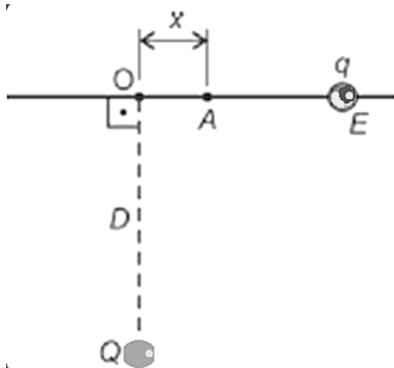
É correto afirmar que:

- É possível que somente a esfera A esteja eletrizada;
 - A esfera A pode estar neutra, mas a esfera B certamente estará eletrizada;
 - As esferas A e B devem estar eletrizadas com cargas de mesma natureza;
 - As esferas devem estar eletrizadas com cargas de mesmo módulo.
11. Uma esfera condutora A, carregada positivamente, é aproximada de uma outra esfera condutora B, que é idêntica à esfera A, mas está eletricamente neutra. Sobre processos de eletrização entre essas duas esferas, identifique as afirmativas corretas:
- Ao aproximar a esfera A da B, sem que haja contato, uma força de atração surgirá entre essas esferas.
 - Ao aproximar a esfera A da B, havendo contato, e em seguida separando-as, as duas esferas sofrerão uma força de repulsão.
 - ao aproximar a esfera A da B, havendo contato, e em seguida afastando-as, a esfera A ficará neutra e a esfera B ficará carregada positivamente.
 - Ao aproximar a esfera A da B, sem que haja contato, e em seguida aterrando a esfera B, ao se desfazer esse aterramento, ambas ficarão com cargas elétricas de sinais opostos.
 - ao aproximar a esfera A da B, sem que haja contato e em seguida afastando-as, a configuração inicial de cargas não se modificará

12. Considerando que as três cargas da figura estão em equilíbrio, determine qual o valor da carga Q_1 em unidades de 10^{-9} C. Considere $Q_3 = -3 \cdot 10^{-9}$ C:



13. A figura abaixo mostra uma pequena esfera vazada E, com carga elétrica $q = +2,0 \cdot 10^{-5}$ C e massa 80g, perpassada por um eixo retilíneo situado num plano horizontal e distante $D = 3$ m de uma carga puntiforme fixa $Q = -3,0 \cdot 10^{-6}$ C.



Se a esfera for abandonada, em repouso, no ponto A, a uma distância x , muito próxima da posição de equilíbrio O, tal que, $\frac{x}{D} \ll 1$ a esfera passará a oscilar de MHS, em torno de O, cuja a pulsação é, em rad/s, igual a:

- a) $\frac{1}{3}$
- b) $\frac{1}{4}$
- c) $\frac{1}{2}$
- d) $\frac{1}{5}$

14. Considere um tubo horizontal cilíndrico de comprimento ℓ , no interior do qual encontram-se respectivamente fixadas em cada extremidade de suas geratriz inferior as cargas q_1 e q_2 , positivamente carregadas. Nessa mesma geratriz, numa posição entre as cargas, encontra-se uma pequena esfera em condição de equilíbrio, também positivamente carregada. Assinale a opção com as respostas corretas na ordem das seguintes perguntas:

- I. Essa posição de equilíbrio é estável?
- II. Essa posição de equilíbrio seria estável se não houvesse o tubo?
- III. Se a esfera fosse negativamente carregada e não houvesse o tubo, ela estaria em equilíbrio estável?

- a) Não. Sim. Não.
- b) Não. Sim. Sim.
- c) Sim. Não. Não.
- d) Sim. Não. Sim.
- e) Sim. Sim. Não.

15. 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 garrada de vidro transparentem 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.

16. O processo de eletrização por atrito, ou triboeletrização, é responsável, em parte, pelo acúmulo de cargas nas nuvens, e nesse caso, a manifestação mais clara desse acúmulo de cargas é a existência de raios, que são descargas elétricas extremamente perigosas. Entretanto, como o ar atmosférico é um material isolante, os raios não ocorrem a todo momento. Para que ocorram, o valor do campo elétrico produzido no ar por um objeto carregado deve ter uma intensidade maior do que um certo valor crítico chamado rigidez dielétrica. É importante notar que não apenas o ar, mas todos os materiais, sejam isolantes ou condutores, possuem rigidez dielétrica. Nos condutores em geral, essa grandeza tem valores muito menores que nos isolantes, e essa é uma característica que os diferencia. Assim, com um campo elétrico pouco intenso é possível produzir movimento de cargas num condutor, enquanto um isolante o campo necessário deve ser muito mais intenso.

Considerando essa informações, responda:

- Sabe-se que a rigidez dielétrica do ar numa certa região vale $3,0 \times 10^6$ N/C. qual é a carga máxima que pode ser armazenada por um condutor esférico com raio de 30 cm colocado nessa região?
- Supondo que o potencial elétrico a uma distância muito grande do condutor seja nulo, quando vale o potencial elétrico produzido por esse condutor esférico na sua superfície quando ele tem a carga máxima determinada no item anterior?

17. Duas esferas metálicas iguais, A e B, estão carregadas com cargas $Q_A = + 76\mu\text{C}$ e $Q_B = + 98\mu\text{C}$, respectivamente. Inicialmente, a esfera A é conectada momentaneamente ao solo através de um fio metálico. Em seguida, as esferas são postas em contato momentaneamente. Calcule a carga final da esfera B, em μC .

18. Quatro objetos condutores esféricos e de mesmas dimensões estão inicialmente isolados e carregados com cargas

$$Q_1 = q, Q_2 = 2q, Q_3 = 3q \text{ e } Q_4 = 4q$$

Respectivamente. A seguinte sequência de ações é executada sobre esses condutores:

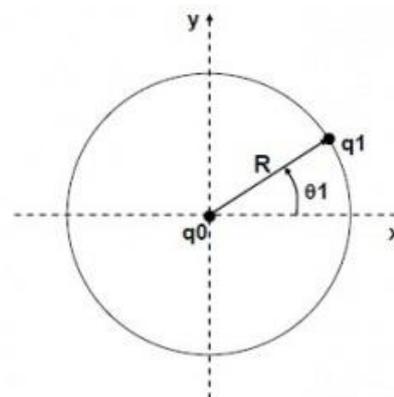
- Os condutores 1 e 2 são colocados em contato e depois separados isolados.
- Os condutores 2 e 3 são colocados em contato e depois separados e isolados.
- Os condutores 3 e 4 são colocados em contato e depois separados e isolados.

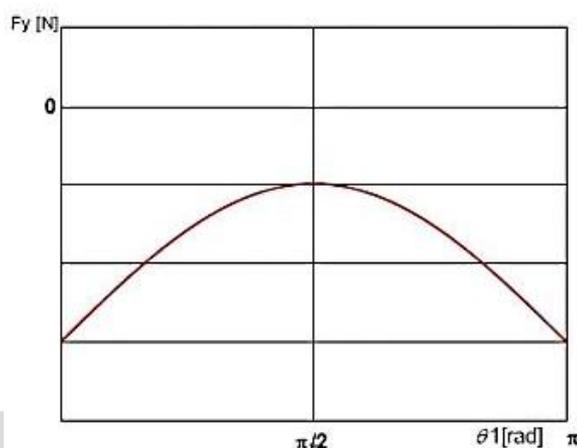
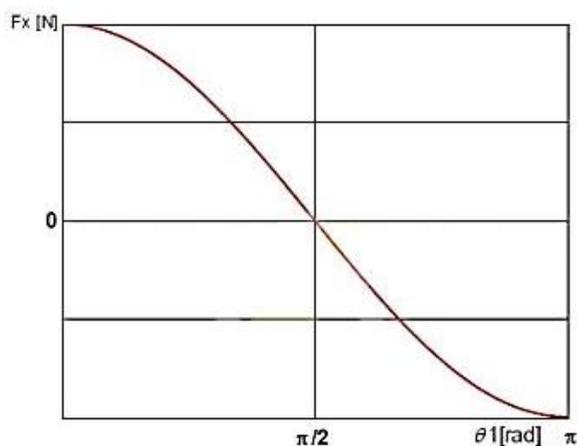
Após a execução da sequência descrita acima, seja F_{ij} a força eletrostática que o objeto j exerce sobre o objeto i quando estes estão separados por uma mesma distância d.

Considerando a situação apresentada, pode-se afirmar que

- $F_{23} < F_{14}$ e $F_{13} > F_{24}$
- $F_{41} = F_{13}$ e $F_{34} > F_{23}$
- $F_{12} = F_{34}$ e $F_{42} = F_{31}$
- $F_{32} > F_{41}$ e $F_{24} = F_{21}$
- $F_{14} > F_{31}$ e $F_{12} < F_{32}$

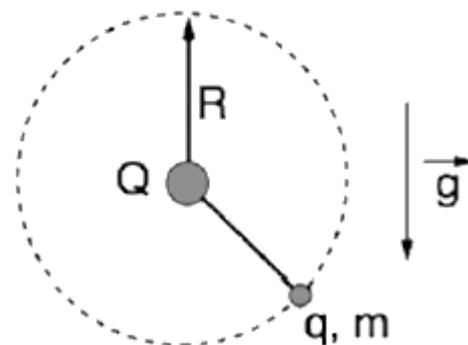
19. Três cargas elétricas possuem a seguinte configuração: A carga q_0 é negativa e está fixa na origem. A carga q_1 é positiva, movimenta-se lentamente ao longo do arco de círculo de raio "R" e sua posição angular varia de $\theta_1 = 0$ e a $\theta_1 = \pi$ [radianos]. A carga q_2 está sobre o arco inferior e tem posição fixa dada pela coordenada angular θ_2 . O sistema de coordenadas angulares é o mesmo para as cargas q_1 e q_2 e suas posições angulares são definidas por θ_1 e θ_2 respectivamente (ver desenho). As componentes F_x e F_y da força elétrica resultante atuando na carga q_0 são mostradas nos gráficos abaixo. Baseado nestas informações qual das alternativas abaixo é verdadeira?





- a) As três cargas possuem módulos iguais, q_2 é positiva e está fixa em uma coordenada $\theta_2 = (3/2)\pi$
- b) As cargas q_1 e q_2 possuem módulos diferentes, q_2 é positiva e está fixa em uma coordenada $\theta_2 = (5/3)\pi$
- c) As cargas q_1 e q_2 possuem módulos diferentes, q_2 é positiva e está fixa em uma coordenada $\theta_2 = (3/2)\pi$

- d) As cargas q_1 e q_2 possuem módulos diferentes, q_2 é positiva e está fixa em uma coordenada $\theta_2 = (3/2)\pi$
- e) As cargas q_1 e q_2 possuem módulos diferentes, q_2 é negativa e está fixa em uma coordenada $\theta_2 = (3/2)\pi$
20. Duas cargas elétricas pontuais, $Q = 2,0 \mu\text{C}$ e $q = 0,5 \mu\text{C}$ estão amarradas à extremidade de um fio isolante. A carga q possui massa $m = 10\text{g}$ e gira em uma trajetória de raio $R = 10 \text{ cm}$, vertical, em torno da carga Q que está fixa.



Sabendo que o maior valor possível para a tração no fio durante esse movimento é igual a $T = 11\text{N}$, determine o módulo da velocidade tangencial quando isso ocorre. A constante eletrostática do meio é igual a $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$.

- a) 10 m/s
- b) 11 m/s
- c) 12 m/s
- d) 14 m/s
- e) 20 m/s

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

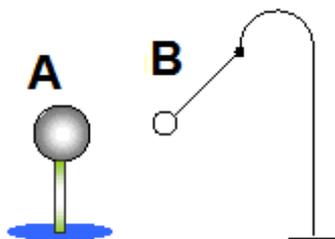
1. **N** esferas metálicas de raios $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$, inicialmente neutras, são postas em contato com outra esfera metálica de raio **R** e carga **Q**.

a) Determine a carga final da esfera de carga **Q**, se está é colocada em contatos sucessivos, isto é, primeiro a esfera raio **R₁**, segundo com esfera de **R₂**, e assim por diante.

b) Determine a carga final da esfera de carga **Q**, num contato simultâneo com as esferas neutras

2. Considere 5 bolas b_1, b_2, \dots, b_5 condutoras de raios $2R$, inicialmente neutras. Uma sexta bola condutora, de raio **R**, eletrizada com carga $+q$, foi contactada sucessivamente com as bolas b_1, b_2, \dots, b_5 . Após os contatos, verificou-se que a esfera b_3 ficou com 36 cargas positivas a mais que a esfera b_4 . Determine a carga $+q$.

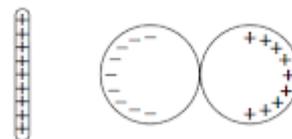
3. Uma pequena esfera de isopor B, recoberta por uma fina lâmina de alumínio, é atraída por outra esfera condutora A. Tanto A como B estão eletricamente isoladas.



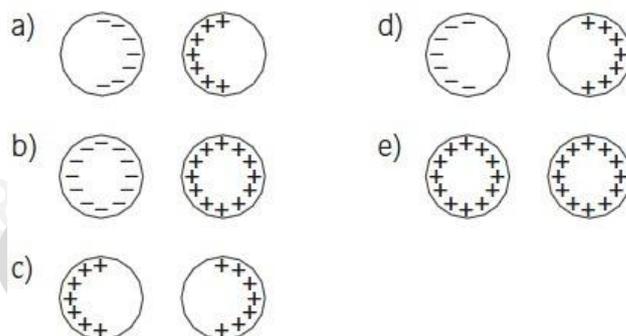
Tal experimento permite afirmar que:

- A esfera A possui carga positiva.
- A esfera B possui carga negativa.
- A esfera A não pode estar neutra.
- As cargas elétricas existentes em A e B têm sinais opostos.
- Pelo menos uma bola está eletrizada, podendo a outra estar neutra.

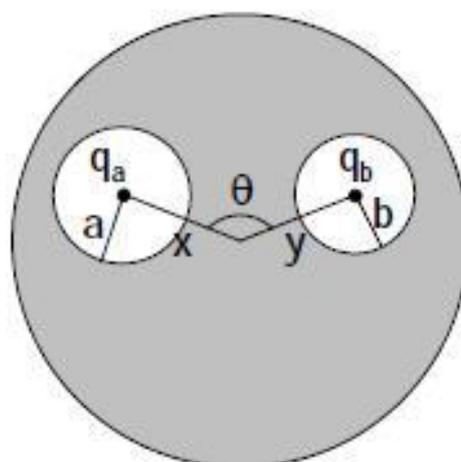
4. A aproxima-se uma barra eletrizada de duas esferas condutoras, inicialmente descarregadas e encostadas uma na outra, observa-se a distribuição de cargas esquematizadas na figura abaixo.



Em seguida sem tirar do lugar a barra eletrizada, afasta-se um pouco uma esfera da outra. Finalmente, sem mexer mais nas esferas, remove-se a barra, levando-a para muito longe das esferas. Nessa situação, a figura que melhor representa a distribuição de cargas nas duas esferas é:

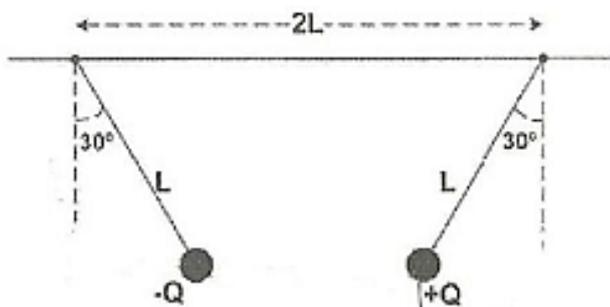


5. Uma esfera condutora de raio **R** possui no seu interior duas cavidades esféricas, de raio **a** e **b**, respectivamente, conforme mostra a figura. No centro de uma cavidade há uma carga pontual q_a e no centro da outra, uma carga também pontual q_b , cada qual distando do centro da esfera condutora de **x** e **y**, respectivamente. É correto afirmar que:



- A força entre as cargas q_a e q_b é $K_0 q_a q_b (x^2 + y^2 - 2xy \cos \theta)$.
- A força entre as cargas q_a e q_b é nula.
- Não é possível determinar a força entre as cargas, pois não há dados suficientes.
- Se nas proximidades do condutor houvesse uma terceira carga, q_c esta não sentiria força alguma.
- Se nas proximidades do condutor houvesse uma terceira carga; q_c a força entre q_a e q_b seria alterada.

6. Observe a figura a seguir:

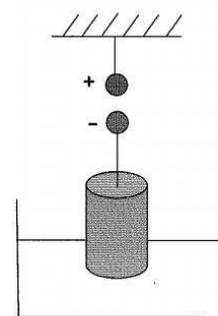


Dois esferas iguais estão em equilíbrio e suspensas por dois fios isolantes de mesmo comprimento $L = 20$ cm, conforme mostra a figura acima. Sabendo que elas estão carregadas com cargas de sinais opostos, mas de mesmo valor absoluto $Q = 2 \mu\text{C}$, e que a distância entre os pontos de apoio dos fios é $2L$, qual é o módulo, em newtons, da tração em cada fio?

Dados: $k_0 = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

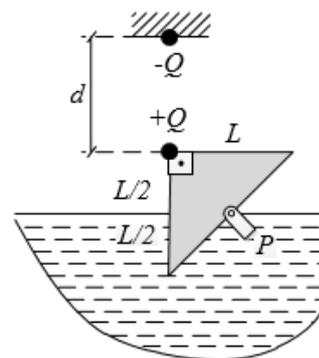
- 0,9
- 1,2
- 1,6
- 1,8
- 2,0

- Dois esferas carregadas (consideradas cargas elétricas pontuais) possuem massas desprezíveis. A de cima possui carga elétrica $q_1 = +3,0 \mu\text{C}$ e a de baixo possui carga elétrica $q_2 = -4,0 \mu\text{C}$. As duas esferas estão presas a fios ideais; um dos fios está preso ao teto e o outro preso a um cilindro maciço de massa específica igual a $8,0 \text{ g/cm}^3$ e volume igual a $1,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. O cilindro está parcialmente imerso em equilíbrio, de acordo com a figura abaixo. A distância entre as esferas é de 10 cm e o meio entre elas em comportamento de vácuo. O volume imerso do cilindro em relação ao seu volume total, em porcentagem, é: Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $K_0 = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.



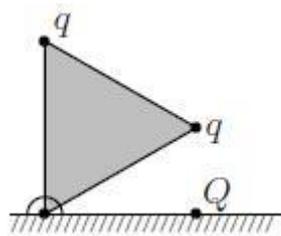
- 70%
- 74%
- 78%
- 80%
- 82%

- Uma chapa triangular, cujo material constituinte tem 2 vezes a densidade específica da água, está parcialmente imersa na água, podendo girar sem atrito em torno do ponto P , situado na superfície da água. Na parte superior da chapa, há uma carga positiva que interage com uma carga negativa presa no teto. Sabe-se que, se colocadas a uma distância L , essas cargas de massas desprezíveis provocam uma força de atração igual ao peso da chapa. Para manter o equilíbrio mostrado na figura, a razão d/L , onde d é a distância entre as cargas, deve ser igual a

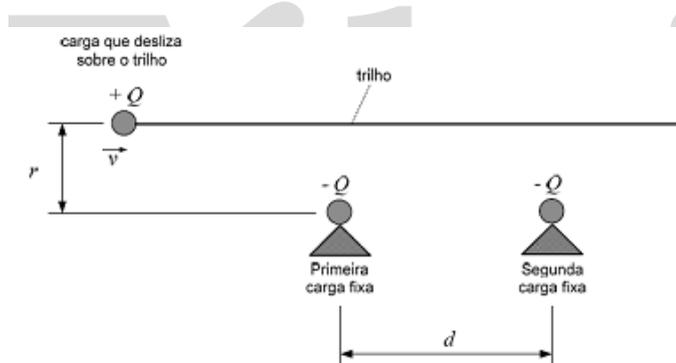


- $\frac{\sqrt{10}}{6}$
- $\frac{3\sqrt{10}}{5}$
- $\frac{\sqrt{14}}{6}$
- $\frac{\sqrt{14}}{4}$
- $\frac{\sqrt{30}}{6}$

9. A figura mostra uma chapa fina de massa M com o formato de um triângulo equilátero, tendo um lado na posição vertical, de comprimento a , e um vértice articulado numa barra horizontal contida no plano da figura. Em cada um dos outros vértices encontra-se fixada uma carga elétrica q e, na barra horizontal, a uma distância $a\sqrt{3}/2$ do ponto de articulação, encontra-se fixada uma carga Q . Sendo as três cargas de mesmo sinal e massa desprezível, determine a magnitude de carga Q para que o sistema permaneça em equilíbrio.

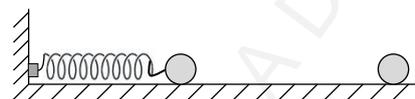


10. Sobre um trilho sem atrito, uma carga $+Q$ vem deslizando do infinito na velocidade inicial v , aproximando-se de suas cargas fixas de valor $-Q$. Sabendo que $r \ll d$, pode-se afirmar que:



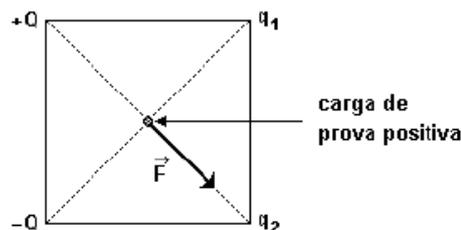
- A carga poderá entrar em oscilação apenas em torno de um ponto próximo à primeira carga fixa, dependendo do valor de v .
- A carga poderá entrar em oscilação apenas em torno de um ponto próximo à segunda carga fixa, dependendo do valor de v .
- A carga poderá entrar em oscilação apenas em torno de um ponto próximo ao ponto médio do segmento formado pelas duas cargas, dependendo do valor de v .
- A carga poderá entrar em oscilação em torno de qualquer ponto, dependendo do valor de v .
- A carga passará por dentro das duas cargas fixas e prosseguirá indefinidamente pelo trilho.

11. Uma mola de constante elástica $K = 400 \text{ N/m}$ tem uma extremidade presa a um suporte fixo e a outra possui uma carga elétrica puntiforme, de massa desprezível, de $+10\mu\text{C}$. Essa mola encontra-se permanentemente comprimida devido à presença de uma segunda carga elétrica q , localizada a uma distância $d = 60 \text{ cm}$ da primeira. Sabendo que a compressão permanente da mola vale $x = 0,5 \text{ cm}$ nesse equilíbrio, a carga q deve ser de:



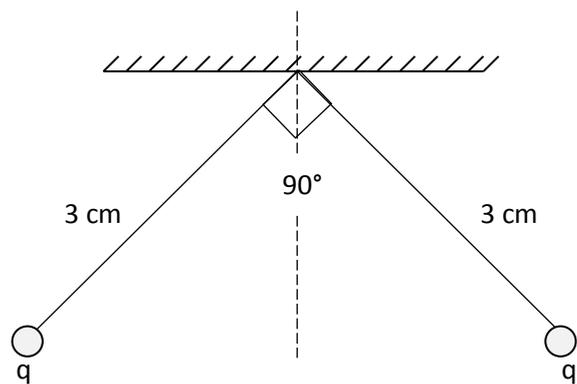
- $16 \mu\text{C}$
- $8 \mu\text{C}$
- $-12 \mu\text{C}$
- $-36 \mu\text{C}$
- $24 \mu\text{C}$

12. 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 destas cargas, coloca-se uma carga de prova positiva no centro do quadrado e verifica-se que a força sobre ela é F , mostrada na figura. Podemos afirmar que:



- $q_1 > q_2 > 0$
- $q_2 > q_1 > 0$
- $q_1 + q_2 > 0$
- $q_1 + q_2 < 0$
- $q_1 = q_2 > 0$

13. Duas bolinhas iguais, carregadas negativamente, estão presas por fios de seda de 3 cm de comprimento a um ponto comum, como mostra a figura. Cada bola tem massa igual a 80 g . qual a quantidade de carga das bolas para que os fios formem entre si 90° ?



- $4 \cdot 10^{-2}\text{ C.}$
- $4 \cdot 10^{-4}\text{ C.}$
- $4 \cdot 10^{-6}\text{ C.}$
- $4 \cdot 10^{-7}\text{ C.}$
- $4 \cdot 10^{-8}\text{ C.}$

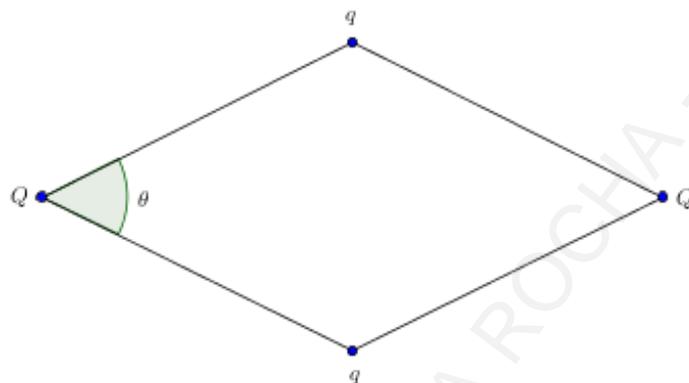
14. Duas cargas positivas iguais estão separadas por uma distância $2a$. Uma carga de prova puntiforme é colocada num plano equidistante das duas primeiras, perpendicular ao segmento de reta que as une. Calcule o raio r da circunferência nesse plano, para os pontos da qual a força na carga de prova é máxima.

- a
- $\frac{a\sqrt{2}}{2}$
- $a\sqrt{2}$
- $\frac{a}{2}$
- nenhum dos valores anteriores citados.

15. Quatro elétrons estão em rotação em torno de um próton formando um quadrado de lado R . Determine os módulos das velocidades dos elétrons em função de:

- $m \rightarrow$ massa do elétron
- $-e \rightarrow$ carga do elétron
- $e \rightarrow$ carga do próton
- $k \rightarrow$ constante eletrostática do meio

16. Quatro cargas positivas q, Q, q, Q estão ligados por quatro fios cada um com comprimento L . Sabe-se que $Q = 8q$. Determine o ângulo θ . Despreze a gravidade.



- $\theta = 30^\circ$
- $\theta = 2\text{arc tg}(4)$
- $\theta = 4\text{arc tg}(2)$
- $\theta = 4\text{arc tg}\left(\frac{1}{3}\right)$
- n. r. a

17. Uma partícula de massa m e carga positiva $+q$ é colocada no centro do segmento da reta que une duas cargas fixas, cada uma de valor $+Q$, afastadas uma da outra de $2d$ (figura 1). Se o movimento da partícula ficar restrito à direção desse segmento de reta, é possível mostrar que para pequenos deslocamentos, ela descreve um movimento harmônico simples. Qual a pulsação ω_1 desse MHS? E se essa partícula for substituída por outra, também de massa m , mas de carga $-q$, movimentando-se no plano perpendicular ao segmento de reta que une as cargas fixas, qual a pulsação ω_2 desse movimento harmônico, também considerado pequenas oscilações?

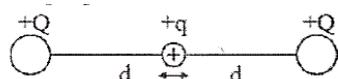


Figura 1

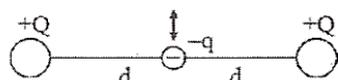


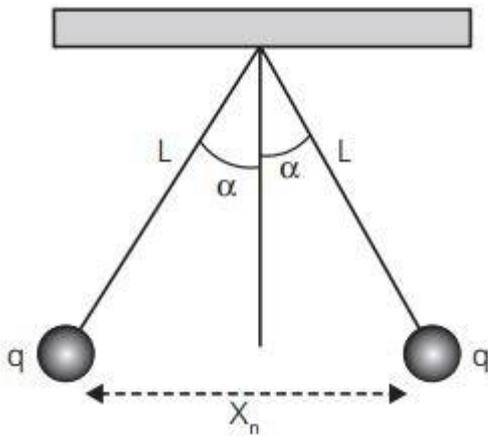
Figura 2

- $\omega_1 = \sqrt{\frac{2KQq}{md^3}}$ e $\omega_2 = \sqrt{\frac{KQq}{md^3}}$
- $\omega_1 = \omega_2 = \sqrt{\frac{2KQq}{md^3}}$
- $\omega_1 = \omega_2 = \sqrt{\frac{4KQq}{md^3}}$

$$d) \omega_1 = \sqrt{\frac{4KQq}{md^3}} \text{ e } \omega_2 = \sqrt{\frac{2KQq}{md^3}}$$

$$e) \omega_1 = \sqrt{\frac{2KQq}{md^3}} \text{ e } \omega_2 = \sqrt{\frac{4KQq}{md^3}}$$

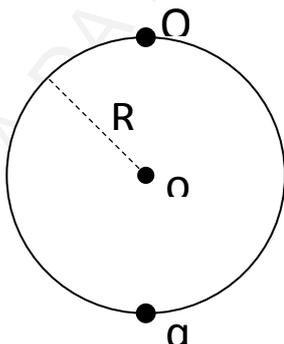
18. Duas esferas condutoras iguais, de massa m e carga q , estão penduradas por um fio de seda de comprimento L , como na figura.



Na posição inicial de equilíbrio, a distância entre as partículas vale x_0 . A seguir, descarregamos uma das esferas e a nova posição de equilíbrio será x_1 , novamente descarregamos uma das esferas e, no equilíbrio, a nova distância entre as esferas será x_2 .

Após realizarmos N operações de descarga de uma das esferas, quanto valerá a distância x_n , entre as partículas no equilíbrio, em função de L , K , q , m , g e N ? Considerando $\alpha = \text{tg } \alpha$.

19. Determinar o período das pequenas oscilações de um corpo de massa M e carga $+q$ situado dentro de uma esfera lisa de raio R , se no ponto superior da esfera existe uma carga $+Q$. Suponha que ϵ_0 é a constante de permissividade do meio.



20. Duas cargas Q_1 e Q_2 de $16\mu\text{C}$ e $36\mu\text{C}$, respectivamente, são colocadas no espaço separadas pela distância de 8 cm. É então colocada uma terceira carga de 1mC que dista simultaneamente 4 cm de Q_1 e 6 cm de Q_2 . Assinale a alternativa que corresponde ao módulo da força resultante que age sobre Q_3 :

a) $\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 9 \cdot 10^{-4} \text{N}$

b) $\sqrt{\frac{5}{2}} \cdot 9 \cdot 10^4 \text{N}$

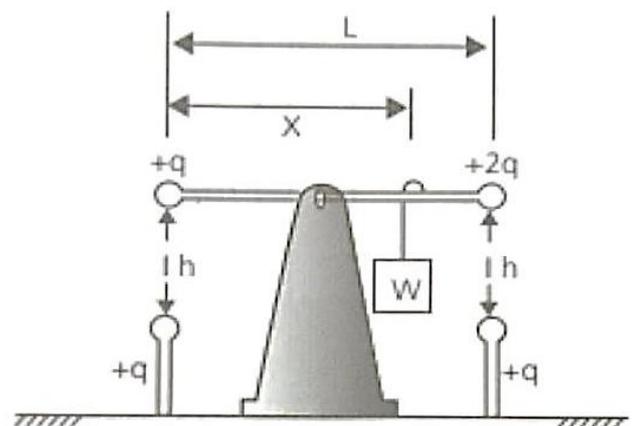
c) $\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 9 \cdot 10^4 \text{N}$

d) $\sqrt{2} \cdot 9 \cdot 10^{-4} \text{N}$

e) $\sqrt{2} \cdot 9 \cdot 10^4 \text{N}$

21. A figura a seguir mostra uma haste longa, de massa desprezível, de comprimento L , pivotada em seu centro balanceada por um peso W colocada a uma distância x da extremidade esquerda. Na extremidade esquerda coloca-se uma carga $+q$ e na extremidade direita uma carga $+q$ a uma distância h das cargas $+q$ e na extremidade direita uma carga $+q$ a uma distância h das cargas $+q$. Despreze a interação entre as cargas colocadas em lados opostos da haste.

- a) Indique as forças que agem sobre a haste.
b) Calcule a distância x para a qual a haste estará equilibrada.



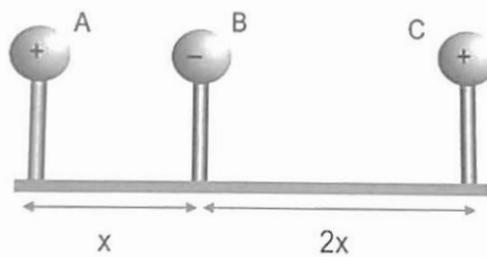
Sobre K , a constante elétrica no ar, assinale a alternativa que corresponde à altura h em que a reação do apoio sobre a haste seja nula.

- a) $q \sqrt{\frac{K}{W}}$
 b) $q \sqrt{\frac{2K}{W}}$
 c) $q \sqrt{\frac{3K}{W}}$
 d) $q \sqrt{\frac{5K}{W}}$
 e) $q \sqrt{\frac{K}{2W}}$

22. Três partículas carregadas positivamente, cada uma com carga q , ocupam os vértices de um triângulo retângulo cujos catetos são iguais e medem d . Sabendo-se que as cargas estão num meio cuja constante eletrostática é k , a força elétrica resultante sobre a carga do ângulo reto é dada pela expressão:

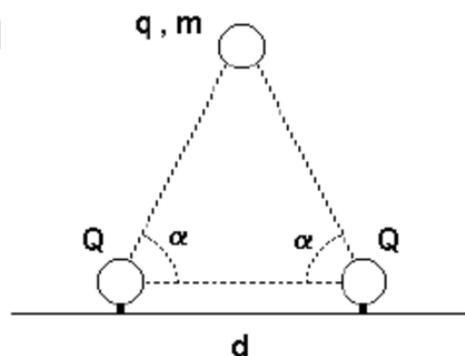
- a) $\frac{kq^2}{2d^2}$
 b) $\frac{\sqrt{2}kq^2}{d^2}$
 c) $\frac{\sqrt{2}kq^2}{2d^2}$
 d) $\frac{2kq^2}{d^2}$
 e) $\frac{kq^2}{d^2}$

23. Três pequenas esferas isoladas, carregadas com cargas respectivamente $+q$, $-q$ e $+q$ estão localizadas como mostra a figura. A força (resultante) exercida sobre a esfera C pelas esferas A e B é 5N. A força (resultante) exercida sobre as esferas A e B, valem, respectivamente:



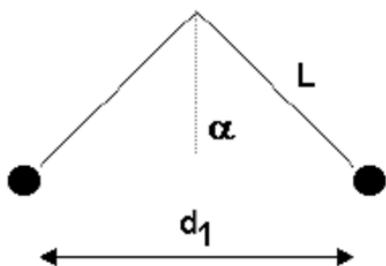
- a) 32N, 27N
 b) 30N, 45N
 c) 36N, 48N
 d) 27N, 36N
 e) 16N, 25N

24. Uma pequena esfera de massa m e carga q , sob influência da gravidade e da interação eletrostática, encontra-se suspensa por duas cargas Q fixas, colocadas a uma distância d no plano horizontal, como mostrado na figura. Considere que a esfera e as duas cargas fixas estejam no mesmo plano vertical, e que sejam iguais a α os respectivos ângulos entre a horizontal e cada reta passando pelos centros das cargas fixas e da esfera. A massa da esfera é então:



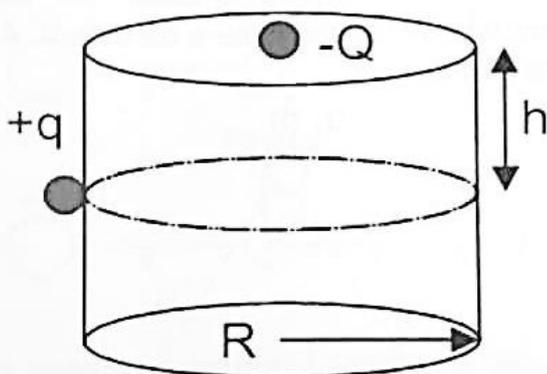
- a) $\frac{4qQ\cos^2\alpha}{4\pi\epsilon_0 dg}$
 b) $\frac{4qQ\text{sen}\alpha}{4\pi\epsilon_0 dg}$
 c) $\frac{8qQ\cos^2\alpha}{4\pi\epsilon_0 d^2 g}$
 d) $\frac{8qQ\cos^2\alpha\text{sen}\alpha}{4\pi\epsilon_0 d^2 g}$
 e) $\frac{4qQ\cos^2\alpha\text{sen}^2\alpha}{4\pi\epsilon_0 d^2 g}$

25. Duas partículas têm massas iguais a m e carga iguais a Q . Devido a sua interação eletrostática, elas sofrem uma força F quando estão separadas de uma distância d . em seguida, estas partículas são penduradas, a partir de um mesmo ponto, por fios de comprimento L e ficam equilibradas quando a distância entre elas é d_1 . A cotangente do ângulo que cada fio forma com a vertical, em função de m , g , d , d_1 , F e L , é:



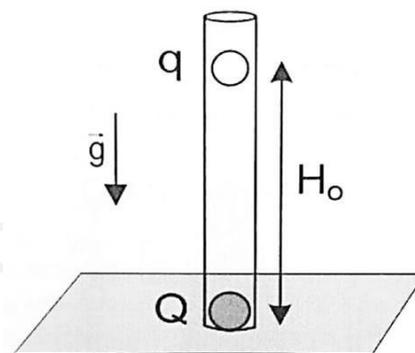
- $\frac{mgd_1}{Fd}$
- $\frac{mgLd_1}{Fd^2}$
- $\frac{mgd_1}{Fd_2}$
- $\frac{mgd^2}{Fd_1^2}$
- $\frac{mgd_1^2}{Fd^2}$

26. A figura mostra uma carga puntiforme $-Q$ fixa no centro da base superior de um cilindro isolante de raio R . Uma pequena esfera eletrizada com carga $+q$ gira externamente sobre a superfície lateral do cilindro, numa trajetória circular horizontal, mantendo-se suspensa devido à atração elétrica.



- Qual é a massa da pequena esfera, sendo h distância entre sua trajetória e a base superior do cilindro.
- Qual a máxima velocidade da pequena esfera para que não perca o contato com a superfície lateral do cilindro, durante seu movimento circular, Adotar g como sendo a aceleração da gravidade.

27. Uma pequena massa puntiforme m , que possui carga q , é restrita a mover-se verticalmente no interior de um cilindro estreito sem atrito. Na parte inferior do cilindro há uma massa puntiforme fixa com carga Q de mesmo sinal de q .



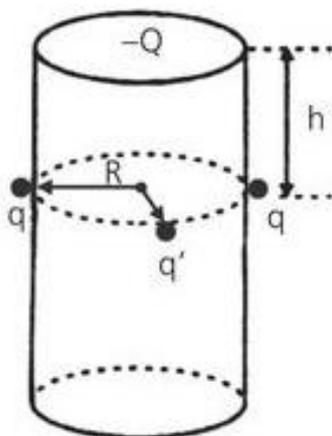
Determine:

- A que altura H_0 a partícula de massa m ficará em equilíbrio;
- O período do MHS executado por essa pequena massa m , caso seja levemente deslocada (verticalmente) da sua posição de equilíbrio.

28. Sobre uma placa horizontal de vidro coloca-se um ar circular de material isolante. Em pontos **A** e **B**, diametralmente opostos, fixam-se com cera corpúsculos eletrizados com cargas q_1 e q_2 respectivamente. Em um ponto qualquer do círculo envolvido pelo ar abandona-se uma pequena esfera eletrizada. Sabendo-se que as três cargas mencionadas são harmônicas, e que a terceira se estaciona um ponto **C** do aro, tal que $\widehat{CAB} = \theta$, determine a razão $\frac{q_2}{q_1}$

- $\sec^3 \theta$
- $\operatorname{cosec}^2 \theta$
- $\operatorname{tg}^3 \theta$
- $\operatorname{tg}^2 \theta$
- $\operatorname{cotg}^3 \theta$

29. A figura mostra uma carga puntiforme, $-Q$ situada no centro da base superior de um cilindro de raio R . Uma pequena esfera eletrizada com carga q gira sobre a superfície lateral do cilindro, numa trajetória circular horizontal. Adote g como a aceleração da gravidade e $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$



- a) A carga q pode ser negativa ou positiva e sua velocidade máxima para que ela fique apoiada na superfície lateral do cilindro é $V = R \sqrt{\frac{g}{h}}$.
- b) A carga q é necessariamente positiva e sua velocidade máxima para que ela fique apoiada na superfície lateral do cilindro é $V = R \sqrt{\frac{g}{h}}$.
- c) Carga q é necessariamente negativa e sua massa vale

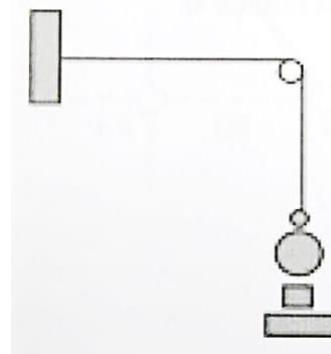
$$m = \frac{Qqh}{4\pi\epsilon_0 g(R^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}$$

- d) A carga q é necessariamente positiva e sua velocidade mínima para que ela fique apoiada na superfície lateral do cilindro vale $V = R \sqrt{\frac{g}{h}}$.
- e) A carga q é necessariamente negativa, sua massa vale:

$$m = \frac{Qqh}{4\pi\epsilon_0 gR^2 + h^2}$$

E a sua velocidade máxima para que ela se mantenha apoiada na superfície lateral do cilindro vale $V = \sqrt{Rg}$

30. Na figura ao lado, uma corda é fixada a uma parede e depois de passar por uma roldana é tensionada por uma esfera metálica com 330g de massa. Uma segunda esfera metálica, firmemente presa no solo, é colocada verticalmente abaixo da primeira.



Sabendo que a distância entre a parede e a roldana é de 0,50 m e que a distância entre os centros das esferas é de 10 cm, determine a frequência fundamental do trecho da corda entre a parede e a roldana:

Dados:

Aceleração da gravidade = $9,8 \text{ m/s}^2$

Permissividade no vácuo = $\epsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \text{ P/m}$

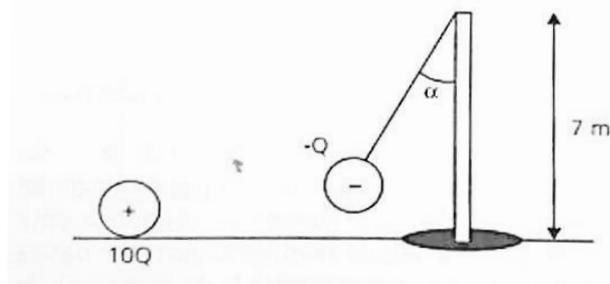
Densidade linear da corda = $\mu = 2,0 \text{ g/m}$

- a) Com as duas esferas descarregadas.
- b) Com as duas esferas de $-1,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ e a segunda com uma carga elétrica de $-2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$.
31. Sobre um plano horizontal existe uma guia circular perfeitamente lisa. Internamente à guia podem deslocar-se livremente três pequenas esferas eletrizadas; duas das esferas possuem carga Q_2 e a terceira carga Q_1 . Mostre que a relação entre Q_1 e Q_2 , sabendo-se que, na posição de equilíbrio, as esferas eletrizadas igualmente são vistas do centro da guia sob um ângulo central de 60° , vale:
32. Uma esfera de plástico, maciça, é eletrizada ficando com uma densidade de carga superficial $\sigma = 0,05 \text{ C/m}^2$. Em consequência, se uma carga puntiforme $q = +1\mu\text{C}$ fosse colocada exteriormente a 3m do centro da esfera, sofreria uma repulsão de $0,02\pi\text{N}$. A esfera é descarregada e cai livremente de uma altura 750 m, adquirindo ao fim da queda uma energia de $0,009\pi\text{J}$. A massa específica do plástico da esfera vale:
- Considere** $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$
- a) $0,8 \text{ kg/m}^3$
- b) 800 kg/m^3
- c) $0,6 \text{ kg/m}^3$
- d) 600 kg/m^3
- e) N.r.a

33. Um pêndulo elétrico é constituído por uma esfera de massa 900 g e carga $-Q$ presa a um fio de 7 m, conforme a figura. Uma segunda esfera, de massa 900 g e carga $+10Q$ foi fixada ao solo nas imediações do pêndulo, devido à atração entre as esferas. Sabendo que, no equilíbrio, essa força elétrica de atração tem módulo igual ao peso de uma esfera, determine Q .

Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$

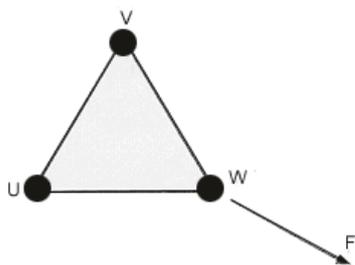
$k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ e $\cos \alpha = 0,8$



34. Duas esferas idênticas com cargas Q_1 , positiva e Q_2 negativa com $|Q_1| > |Q_2|$, atraem-se com uma força de intensidade 0,3 N quando colocadas a uma distância de 3 m de uma outra. Elas são colocadas em contato e depois recolocadas nas suas posições originais. Dessa forma, passam a se repelir com uma força igual a 0,1 N. Nessas condições, assinale a alternativa que corresponde aos valores das cargas Q_1 e Q_2 , respectivamente.

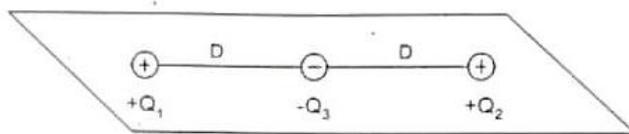
- $+25 \mu\text{C}$ e $-10 \mu\text{C}$
- $+30 \mu\text{C}$ e $-10 \mu\text{C}$
- $+25 \mu\text{C}$ e $-15 \mu\text{C}$
- $+10 \mu\text{C}$ e $-30 \mu\text{C}$
- $+30 \mu\text{C}$ e $-15 \mu\text{C}$

35. Três cargas elétricas puntiformes estão nos vértices U, V e W de um triângulo equilátero. Suponha-se que a soma das cargas é nula e a que a força sobre a carga localizada no vértice W é perpendicular à reta UV e aponta para fora do triângulo, como mostra a figura. Conclui-se que:



- As cargas localizadas U e V são de sinais contrários e de valores absolutos iguais.
- As cargas localizadas nos pontos U, e V têm valores absolutos diferentes e sinais contrários.
- As cargas localizadas nos pontos U, V e W têm o mesmo valor absoluto, com uma delas de sinal diferente das demais.
- As cargas localizadas nos pontos U, V e W têm o mesmo valor absoluto e o mesmo sinal.
- A configuração descrita é fisicamente impossível.

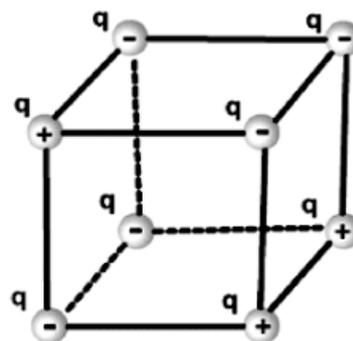
36. Três cargas puntiformes $+Q_1$, $+Q_2$ e $-Q_3$ encontram-se fixas e alinhadas num plano horizontal sem atrito. Sabe-se que, quando se abandona uma carga de prova qualquer num certo ponto P desse plano, localizado a uma distância D de carga $-Q_3$, a carga de prova permanece em repouso.



Marque a opção correta.

- $\left(\frac{Q_1}{4Q_3}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{Q_2}{4Q_3}\right)^{\frac{2}{3}} = 1$
- $\left(\frac{Q_1}{2Q_3}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{Q_2}{2Q_3}\right)^{\frac{2}{3}} = 1$
- $\left(\frac{Q_1}{5Q_3}\right)^{\frac{1}{3}} + \left(\frac{Q_2}{5Q_3}\right)^{\frac{1}{3}} = 1$
- $\left(\frac{Q_1}{3Q_3}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{Q_2}{3Q_3}\right)^{\frac{2}{3}} = 1$

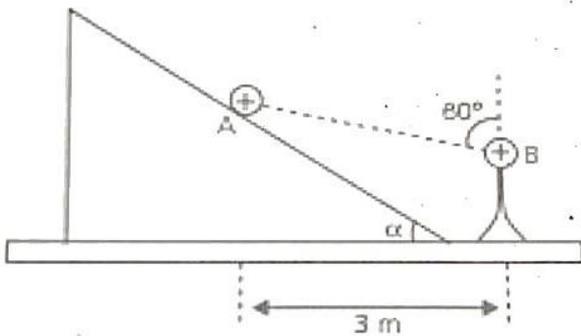
37. Em cada um dos vértices de uma caixa cúbica de aresta 1 foram fixadas cargas elétricas de módulo q cujos sinais estão indicados na figura.



Sendo k a constante eletrostática do meio, o módulo da força elétrica que atua sobre uma carga pontual de módulo $2q$, colocada no ponto de encontro das diagonais da caixa cúbica é:

- a) $4kq^2/3l^2$
- b) $8kq^2/3l^2$
- c) $16kq^2/3l^2$
- d) $8kq^2/l^2$
- e) $4kq^2/l^2$

38. Uma pequena esfera A_1 de carga $+Q$ e massa m encontra-se em repouso nas proximidades de um plano inclinado, quando dela é aproximada lentamente uma segunda esfera B , de carga $+Q$, fixa sobre um suporte isolante.



Devido à repulsão eletrostática, a esfera A desloca-se ao longo da rampa sem atrito, estacionando na posição ilustrada anteriormente. Determine o ângulo α

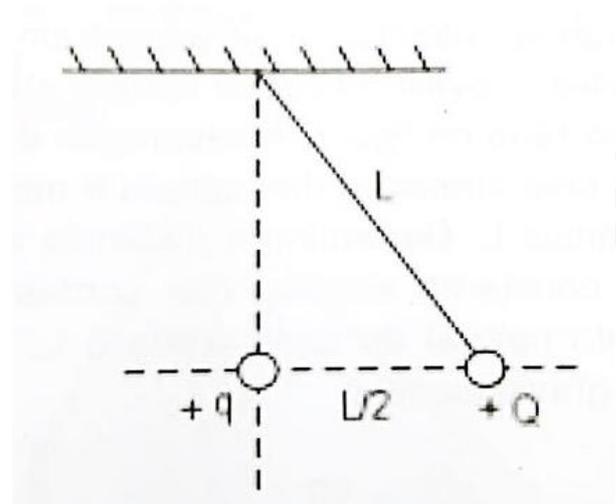
Dados: constante eletrostática = $9 \cdot 10^9$ (SI)

$G = 10 \text{ m/s}^2$

$Q = 2\mu\text{C}$;

$M = 0,3 \text{ g}$;

39. A figura indica um pêndulo elétrico carregado com carga $(+Q)$ mantido em equilíbrio através da fixação de certa carga (q) distribuída sobre uma pequena esfera. Através de determinado processo, aumenta-se continuamente o valor de q , até o instante em que o fio se mantenha na horizontal. Sendo P o peso da esfera do pêndulo, assinale a alternativa que corresponde à nova carga q' da esfera supondo que o meio que envolve as cargas é o vácuo.



a) $q' = \frac{L^2 \cdot P}{4 \cdot K_0 \cdot Q}$

b) $q' = \frac{\sqrt{7} \cdot L^2 \cdot P}{4 \cdot K_0 \cdot Q \cdot \sqrt{3}}$

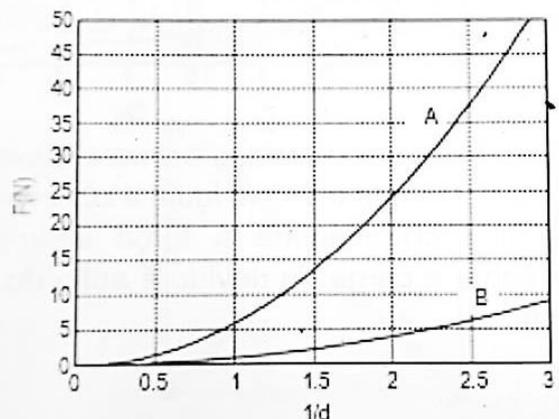
c) $q' = \frac{7\sqrt{7} \cdot L^2 \cdot P}{4 \cdot K_0 \cdot Q \cdot \sqrt{3}}$

d) $q' = \frac{7\sqrt{7} \cdot L^2 \cdot P}{4 \cdot K_0 \cdot Q}$

e) $q' = \frac{7 \cdot L^2 \cdot P}{4 \cdot K_0 \cdot Q \sqrt{3}}$

40. Considere o gráfico abaixo onde estão representadas as curvas A e B, das forças de interação eletrostática de duas cargas puntiformes, em função do inverso da distância, no vácuo e no óleo.

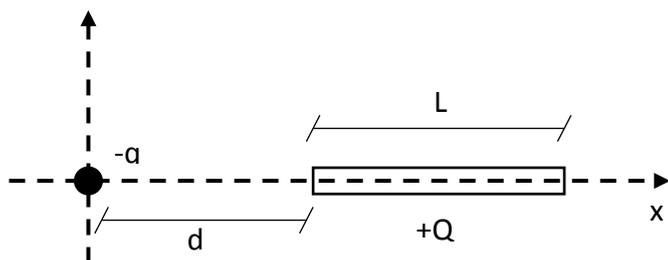
Gráfico da força F (N) em função de $1/d$ em dois meios diferentes -



Assinale a alternativa que corresponde à curva que representa a força eletrostática no vácuo, bem como aproximadamente a permissividade relativa do óleo.

- a) $B, \epsilon_r \cong 6$
- b) $A, \epsilon_r \cong 6$
- c) $B, \epsilon_r \cong \sqrt{6}$
- d) $A, \epsilon_r \cong \sqrt{6}$
- e) $A, \epsilon_r \cong 3$

41. Observe a figura abaixo onde uma carga $-q$ encontra-se fixa na origem de um sistema cartesiano xy . A uma distância d da referida carga encontra-se um fio, cuja área de secção transversal é desprezível. Este fio encontra-se carregado com uma carga $+Q$ uniformemente distribuída no seu comprimento L .



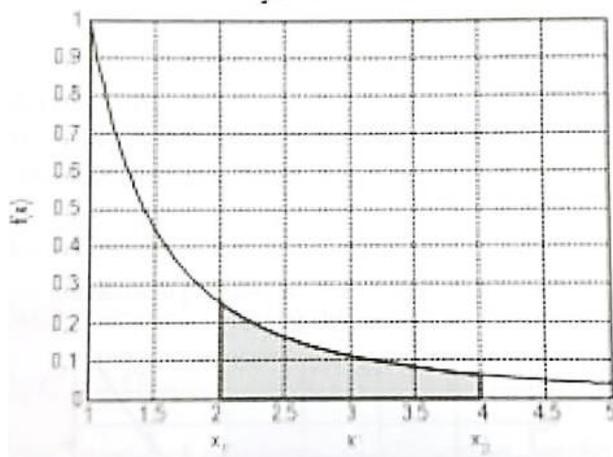
O gráfico abaixo representa o gráfico da função:

$$f(x) = \frac{1}{x^2}$$

Cuja área hachurada entre os pontos x_1 e x_2 vale

$$x_2 - \frac{x_1}{x_2 x_1}$$

Gáfico da função $1/x^2$ entre $x = 1$ e $x = 5$



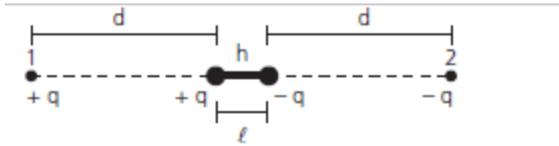
Assim, de acordo com os dados acima e supondo a permissividade elétrica do meio igual a ϵ_0 , assinale a alternativa que corresponde à força eletrostática resultante sobre a carga $-q$ devido à ação do fio de comprimento L .

- a) $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{(\sqrt{(d) \cdot (L-1)})^2}$
- b) $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{(\sqrt{(d) \cdot (L+1)})^2}$
- c) $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{(\sqrt{(L) \cdot (d)})^2}$
- d) $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{(\frac{L+2d}{2})^2}$
- d) $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{(\frac{L}{2})^2}$

42. Duas cargas Q_1 e Q_2 , de $16\mu\text{C}$ e $36\mu\text{C}$ respectivamente, são colocadas no espaço separadas pela distância de 8cm. É então colocada uma terceira carga Q_3 de 1mC que dista simultaneamente 4 cm de Q_1 e 6 cm de Q_2 . Assinale a alternativa que corresponde ao módulo da força resultante que age sobre Q_3 .

- a) $\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 9 \cdot 10^{-4}\text{N}$
- b) $\sqrt{\frac{5}{2}} \cdot 9 \cdot 10^4\text{N}$
- c) $\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 9 \cdot 10^4\text{N}$
- d) $\sqrt{2} \cdot 9 \cdot 10^{-4}\text{N}$
- e) $\sqrt{2} \cdot 9 \cdot 10^4\text{N}$

43. Considere a figura abaixo, onde as cargas 1 e 2 estão fixas e a haste h , isolante, possui em suas extremidades cargas iguais a q e $-q$. Considere que as 4 cargas estão sob uma mesma reta e que s[ó] agem as forças elétricas. Considere ainda que o conjunto, haste e cargas, tem massa m e que a permissividade elétrica do meio é igual a ϵ . Nessas condições, a haste é movimentada uma distância x no sentido da carga 1, mantendo-se o alinhamento entre as cargas. Se $x \ll d$, assinale a alternativa que corresponde ao período do movimento harmônico simples sofrido pela carga.



a) $T = \pi \sqrt{\frac{m \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3 \cdot (d + l)^3}{q^2 \cdot (3 \cdot d^2 \cdot l + 3 \cdot d \cdot l^2 + l^3)}}$

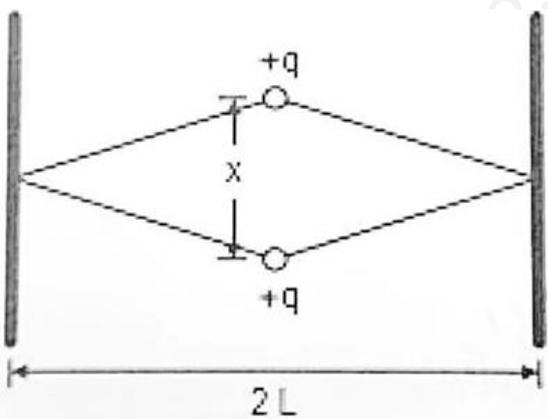
b) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3}{Q \cdot q}}$

c) $T = \pi \sqrt{\frac{m \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3}{Q \cdot q}}$

d) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3 \cdot (d + l)^3}{q^2 \cdot (3 \cdot d^2 \cdot l + 3 \cdot d \cdot l^2 + l^3)}}$

e) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot d^3 \cdot (d - l)^3}{q^2 \cdot (3 \cdot d^2 \cdot l + 3 \cdot d \cdot l^2 + l^3)}}$

44. Duas cargas elétricas q se encontram unidas a duas paredes imóveis mediante cordas elásticas da maneira ilustrada na figura. A separação das cordas provocada pela interação das cargas é muito menor que a distância L . Determine a distância x entre as cargas. A constante elástica das cordas é k e o comprimento natural de cada corda é L . Despreze interações gravitacionais.

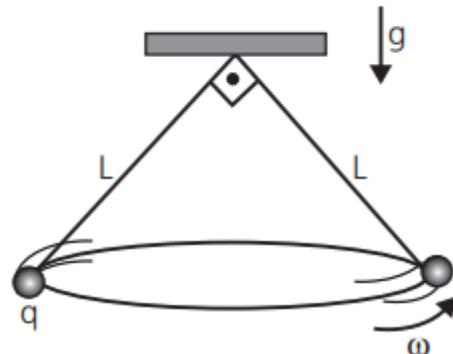


45. Sobre uma mesa horizontal, fixa-se um aro circular isolante também na horizontal. Em dois pontos A e B diametralmente opostos fixam-se duas cargas positivas q_A e q_B . No centro do aro, abandona-se uma pequena esfera de carga $+q$, que pode descolar-se sem atrito, ao longo da região circular. No equilíbrio, a esfera estaciona junto ao aro em

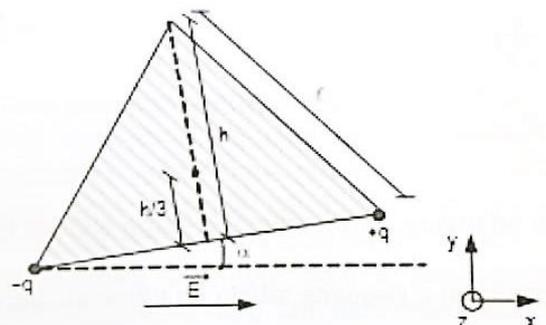
um ponto C, tal que $\widehat{B\hat{A}C} = 60^\circ$. Determine a razão

$$\left(\frac{q_A}{q_B}\right)^2$$

46. Duas pequenas esferas de carga $+q$ e massa 600g cada, penduradas em cordões de comprimento $2m$, giram em movimento circular num plano horizontal com velocidade angular $\omega = 2 \text{ rad/s}$. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$ a aceleração da gravidade, determine $+q$.



47. Considere a figura a seguir, em que duas cargas, de mesma massa m , de mesmo módulo q e de sinais opostos, são colocadas em dois vértices de um triângulo equilátero, de espessura constante e de massa M ($m \ll M$) e lado l . Na região age um campo elétrico horizontal uniforme no sentido indicado na figura. O triângulo pode girar em torno do seu centro. É dado o momento de inércia do triângulo com espessura constante $I_z = \frac{M \cdot l^2}{12}$, cujo eixo z é perpendicular à superfície do triângulo. Nessas condições, assinale a alternativa que corresponde ao período do MHS, que ocorre quando o triângulo é inclinado em um ângulo α (pequeno) em relação à horizontal. Considere a ausência de campos gravitacionais.



$$a) T = \sqrt{\frac{l \cdot M}{12 \cdot q \cdot E}}$$

$$b) T = 2\pi \sqrt{\frac{l(M + 2m)}{q \cdot E}}$$

$$c) T = 2\pi \sqrt{\frac{l(M + 2m)}{12 \cdot q \cdot E}}$$

$$d) T = 2\pi \sqrt{\frac{l(M + 8 \cdot m)}{6 \cdot q \cdot E}}$$

$$e) T = 2\pi \sqrt{\frac{l(M + 8 \cdot m)}{q \cdot 12 \cdot E}}$$

48. Duas esferas condutoras idênticas, cujos módulos das cargas são Q_1 e Q_2 , atraem-se com força F quando colocadas a uma distância d no vácuo. Essas esferas são postas em contato e após afastadas para uma distância $2d$, sendo colocadas em um meio cuja permissividade relativa é ϵ_r . Assinale a alternativa que corresponde, em termos de F , Q_1 , Q_2 e ϵ_r , à força elétrica F' de interação entre as cargas nas novas condições.

$$a) F' = \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{16 \cdot \epsilon_r \cdot Q_1 \cdot Q_2} \cdot F$$

$$b) F' = \frac{16 \cdot \epsilon_r \cdot Q_1 \cdot Q_2}{(Q_1 - Q_2)^2} \cdot F$$

$$c) F' = \frac{(Q_1 - Q_2)^2}{16 \cdot \epsilon_r \cdot Q_1 \cdot Q_2}$$

$$d) F' = \frac{16 \cdot \epsilon_r \cdot Q_1 \cdot Q_2}{(Q_1 + Q_2)^2} \cdot F$$

$$e) F' = \frac{F}{2 \cdot \epsilon_r}$$

49. Uma carga elétrica $-q$, de massa m , oscila pela ação da força elétrica, perpendicularmente ao plano de um quadrado de lado L , no vácuo; a oscilação se dá no centro desse plano. Em cada vértice do quadrado encontra-se uma carga Q_1 . A carga oscila com amplitude l ($l \ll L$) e com um período T . Assinale a alternativa que corresponde ao período T em função de K (constante eletrostática), Q , q e m .

$$a) T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot L^3 \cdot \sqrt{2}}{K \cdot Q_1 \cdot q \cdot 2}}$$

$$b) T = \pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot L^3 \cdot \sqrt{2}}{K \cdot Q_1 \cdot q}}$$

$$c) T = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot L^3 \cdot \sqrt{2}}{K \cdot Q_1 \cdot q}}$$

$$d) T = \pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot L^3 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}{K \cdot Q_1 \cdot q}}$$

$$e) T = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot L^3 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}{K \cdot Q_1 \cdot q}}$$

50. Ainda em relação à questão anterior, assinale a alternativa que corresponde à relação $\frac{Q_1}{Q_2}$ para que uma carga $+q$, de mesmo módulo da questão anterior, oscile entre 2 cargas positivas $+Q_2$, espaçadas entre si por uma distância $2L$, com período $T = \pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot L^3 \cdot 2 \cdot \sqrt{2}}{K \cdot Q_1 \cdot q}}$. Considere que a carga oscila na mesma direção que une as cargas Q_2 e com a mesma amplitude da questão anterior.

$$a) \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{2}}{4}$$

$$b) \frac{Q_1}{Q_2} = 1$$

$$c) \frac{Q_1}{Q_2} = 2\sqrt{2}$$

$$d) \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$e) \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1}{2}$$

51. Considere duas cargas puntiformes idênticas carregadas com carga Q , de massas m , penduradas no mesmo ponto por fios idênticos isolantes de comprimento L . Suponha essas cargas no vácuo cuja constante eletrostática é K_0 . Suponha que o campo gravitacional no local tem módulo g . Assinale a alternativa que corresponde, em termos dos dados do problema, ao valor da distância entre as cargas elétricas no equilíbrio, na situação em que $d \ll L$.

- a) $\left(\frac{L \cdot K_0 \cdot Q^2}{m \cdot g}\right)^{\frac{1}{3}}$
 b) $\left(\frac{L \cdot K_0 \cdot Q^2}{2 \cdot m \cdot g}\right)^{\frac{1}{3}}$
 c) $\left(\frac{L \cdot K_0 \cdot Q^2}{3 \cdot m \cdot g}\right)^{\frac{1}{3}}$
 d) $\left(\frac{2 \cdot L \cdot K_0 \cdot Q^2}{m \cdot g}\right)^{\frac{1}{3}}$
 e) $\left(\frac{3 \cdot L \cdot K_0 \cdot Q^2}{m \cdot g}\right)^{\frac{1}{3}}$

52. Considere n esferas condutoras idênticas neutras. Toma-se $1/3$ das esferas e eletriza-se uma delas com carga Q . Depois, realiza-se contatos sucessivos da esfera inicialmente eletrizada com as demais esferas do terço inicialmente separado. Finalmente realiza-se um contato simultâneo desta esfera com os $2/3$ restantes de esferas. Determine a carga final da esfera inicialmente eletrizada.

- a) $\frac{3}{2n+3} \cdot \frac{Q}{2^{\frac{n}{3}}}$
 b) $\frac{3}{2n+3} \cdot \frac{Q}{2^{\frac{n-3}{3}}}$
 c) $\frac{3}{2n} \cdot \frac{Q}{2^{\frac{n-3}{3}}}$
 d) $\frac{3}{2n} \cdot \frac{Q}{2^{\frac{n}{3}}}$

e) Não há meios de determinar a carga elétrica final.

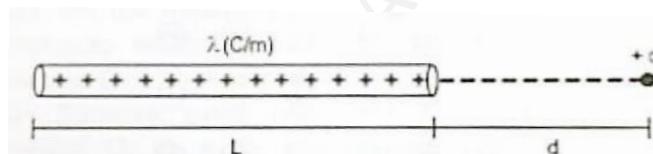
53. Considere a seguinte tabela o triboeletricidade:

(+) vidro – seda – madeira – metal (-)

Em um experimento envolvendo um eletroscópio de folhas, considere que seda foi atritada com uma barra de cobre. Depois, a barra de cobre é utilizada para a eletrização por indução do eletroscópio. Em seguida, atrita-se um pedaço de vidro utilizado um outro pedaço de seda neutro. Em relação ao comportamento das folhas, ao aproximarmos o pedaço de vidro do eletroscópio de folhas previamente eletrizado, pode-se afirmar que:

- a) As folhas se fecham.
 b) As folhas se abrem.
 c) As folhas permanecem imóveis.
 d) As folhas podem se abrir ou se fechar dependendo da carga elétrica adquirida pelo vidro.
 e) Nada se pode afirmar a respeito do comportamento das folhas.

54. Considere um bastão de comprimento L , uniformemente carregado com uma densidade linear de carga λ ($\frac{C}{m}$), conforme a figura abaixo:



À direita do fio encontra-se uma carga puntiforme $+q$. Determine:

- a) O módulo da força resultante que age sobre a carga $+q$ em função de K_0 , λ , L , d e q ;
 b) O módulo da força resultante se a distância d for muito maior do que L ($d \gg L$).

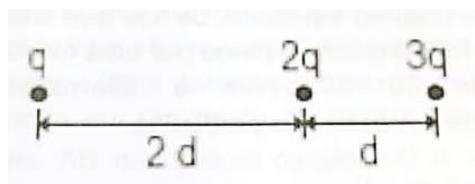
Caso seja necessário, utilize em seus cálculos:

$$\int_a^b \frac{dx}{x^2} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b}$$

55. Uma pequena conta carregada com $+1 \mu C$ pode deslizar sem atrito por uma haste isolante ficada verticalmente sobre uma mesa também isolante. Quando uma partícula carregada com $+1 \mu C$ é colocada sobre a mesma a uma distância de 8 cm da haste, a conta sobe por esta e permanece em equilíbrio suspensa a 6 cm da mesa. Assinale a alternativa que corresponde à massa da conta.

- a) 18 g
 b) 27 g
 c) 36 g
 d) 9 g
 e) 54 g

56. Considere 3 cargas q , $2q$, e $3q$, de mesmo sinal, dispostas como mostrado na figura a seguir:



Sabendo que as cargas estão fixas e que a resultante das forças elétricas que agem sobre a carga $3q$ é igual a F , assinale a alternativa que corresponde à resultante das forças elétricas que agem sobre a carga $2q$ (F_{2q}). Considere que todas as cargas encontram-se no mesmo meio.

- a) $F_{2q} = \frac{38F}{33}$
 b) $F_{2q} = \frac{F}{4}$
 c) $F_{2q} = \frac{9F}{4}$
 d) $F_{2q} = \frac{33F}{38}$
 e) $F_{2q} = \frac{4F}{9}$

57. Um eletroscópio de folhas está carregado com uma carga de sinal desconhecido. Para determinar o sinal da carga, um indivíduo faz um teste utilizando a eletrização por atrito. Inicialmente ele pega um pedaço de mica e atrita em algodão. Aproximando a mica do eletroscópio, ele verifica que as folhas tendem a se fechar. Assinale a alternativa que corresponde, respectivamente, à carga do eletroscópio e à sua reação, caso o algodão fosse dele aproximado após ter sido atritado com âmbar.

Série triboelétrica:

+++ Vidro \rightarrow Mica \rightarrow Lã \rightarrow Seda \rightarrow Algodão \rightarrow
 Madeira \rightarrow âmbar \rightarrow Enxofre \rightarrow Metais ---

- a) Carga positiva, as folhas tenderiam a se fechar.
 b) Carga positiva, as folhas tenderiam a se abrir.
 c) Carga negativa, as folhas tenderiam a se fechar.
 d) Cargas negativas, as folhas tenderiam a se abrir.
 e) Não é possível, com as informações fornecidas, determinar o sinal da carga do eletroscópio.

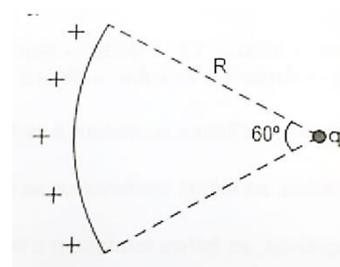
58. Quatro partículas com cargas idênticas a $1 \mu\text{C}$ são penduradas por fios de mesmo comprimento l igual a 1 m a um mesmo ponto, ficando sob ação de um campo gravitacional \vec{g} , de módulo 10 m/s^2 , e da força de repulsão eletrostática. Nessa situação, observa-se que, no equilíbrio, os fios que sustentam as cargas formam com o plano por elas formado um ângulo de 60° . Assinale a alternativa que corresponde à massa das partículas.

- a) $\frac{9\sqrt{3}}{2} \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) \text{ kg}$
 b) $18\sqrt{3} \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) \text{ kg}$
 c) $\frac{9\sqrt{3}}{2} \cdot 10^{-3} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) \text{ kg}$
 d) $\frac{9\sqrt{3}}{2} \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \text{ kg}$
 e) $3\sqrt{3} \cdot 10^{-4} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \text{ kg}$

59. Considere a situação indicada na figura, onde uma carga q igual a -1 mC é colocada no centro de um arco de circunferência, de raio 30 cm , no vácuo. O arco é feito de um fio isolante, com uma densidade linear de carga λ igual a $1 \mu\text{C/m}$, distribuída uniformemente. Considere que o arco se encontra no plano do papel. Assinale a alternativa que corresponde à força elétrica resultante na carga.

Dado: $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}$ e $\int_a^b \cos\theta \cdot d\theta = \sin(b) - \sin(a)$

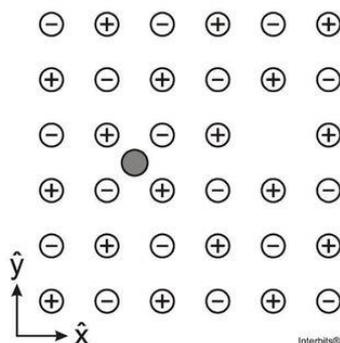
Considere a definição do ângulo em radianos $\alpha = \frac{s}{R}$, onde s é o tamanho do arco.



- a) 30 N
 b) 100 N
 c) 150 N
 d) 200 N
 e) 250 N

60. Uma carga q ocupa o centro de um hexágono regular de lado d tendo em cada vértice uma carga idêntica q . Estando todas as sete cargas interligadas por inextensíveis, determine as tensões em cada um deles.

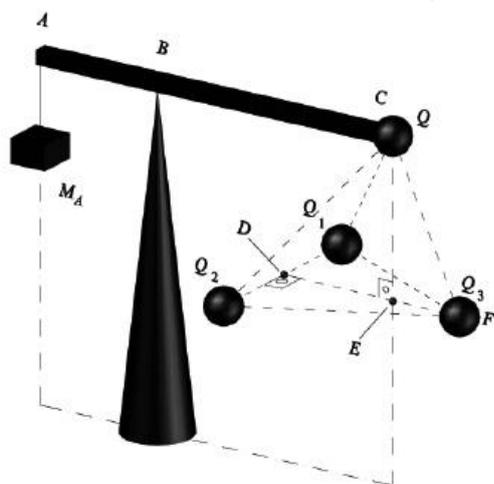
61. A figura mostra parte de uma camada de um cristal tridimensional infinito de sal de cozinha, em que a distância do átomo de Na ao seu vizinho Cl é igual a



Considere a existência dos seguintes defeitos neste cristal: ausência de um átomo Cl e a presença de uma impureza de lítio (esfera cinza), cuja carga é igual à fundamental $+e$, situada no centro do quadrado formado pelos átomos de Na e Cl.

Obtenha as componentes F_x e F_y da força eletrostática resultante $\vec{F} = F_x \hat{x} + F_y \hat{y}$ que atua no átomo de lítio. Dê sua resposta em função de e , a , e da constante de Coulomb K_0 .

62.



A figura acima apresenta uma barra ABC apoiada sem atrito em B . No extremidade A , um corpo de massa M_A é preso por um fio. Na extremidade C existe um corpo

com carga elétrica negativa Q e massa desprezível. Abaixo desse corpo se encontram três cargas elétricas positivas, Q_1 , Q_2 e Q_3 em um mesmo plano horizontal, formando um triângulo isósceles, onde o lado formado pelas cargas Q_1 e Q_3 é igual ao formado pelas cargas Q_2 e Q_3 . Sabe-se, ainda, que o triângulo formado pelas cargas Q_1 e Q_2 é equilátero de lado igual a $2\frac{\sqrt{3}}{3}m$.

Determine a distância EF para que o sistema possa ficar em equilíbrio.

Dados:

Massa específica linear do segmento AB da barra: $1,0 \text{ g/cm}$;

Massa específica linear do segmento BC da barra: $1,5 \text{ g/cm}$;

Segmento AB barra: 50 cm ;

Segmento BC barra: 100 cm .

Segmento DE : 60 cm ; $MA = 150 \text{ g}$;

$|Q| = |Q_1| = |Q_2| = 3^{1/4} \times 10^{-6} \text{ C}$;

Aceleração da gravidade: 10 m/s^2

Constante de coulomb $9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

Observação: As cargas Q_1 e Q_2 são fixas e a carga Q_3 , após o seu posicionamento, também permanecerá fixa.

63.



A figura acima ilustra duas cargas elétricas pontiformes que são mantidas fixas a uma distância de 1 metro. Uma terceira carga positiva q será abandonada em um ponto c interior ao segmento imaginário AB que une as cargas $+Q$ e $+4Q$. Esse ponto C será escolhido aleatoriamente.

A probabilidade de que a terceira carga, assim que for abandonada, se desloque sobre o segmento no sentido A para B é:

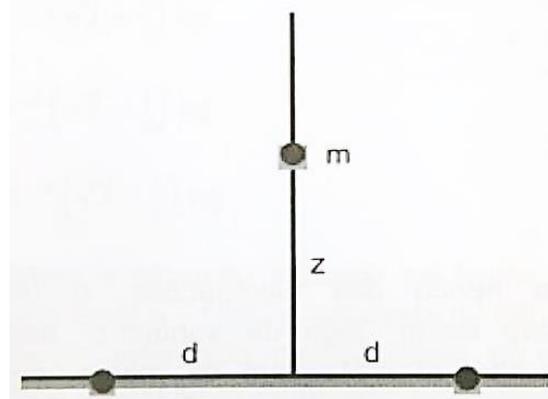
- $1/6$
- $2/5$
- $1/5$
- $2/3$
- $1/3$

64. Na época das navegações, o fenômeno conhecido como “fogo de santelmo” assombrou aqueles que atravessavam os mares, com suas espetaculares manifestações nas extremidades dos mastros das embarcações. Hoje, sabe-se que o fogo de santelmo é uma consequência da eletrização e do fenômeno conhecido na Física como o “poder das pontas”. Sobre os fenômenos eletrostáticos, considerando-se dois corpos, é verdade que:

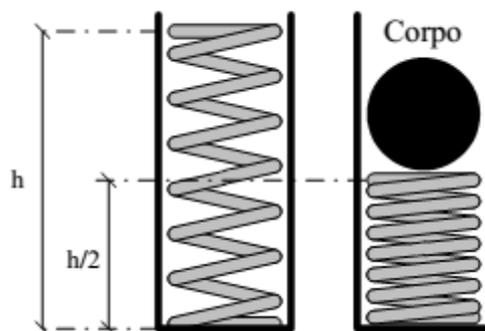
- São obtidas cargas de igual sinal nos processos de eletrização por contato e por indução.
- Toda eletrização envolve contato físico entre os corpos a serem eletrizados.
- Para que ocorra eletrização, por atrito, um dos corpos necessita estar previamente eletrizado.
- A eletrização por indução somente pode ser realizada com o envolvimento de um terceiro corpo.
- Um corpo não eletrizado é também chamado de corpo neutro, por não possuir carga elétrica.

65. 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 massa m será dada por:

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



66.



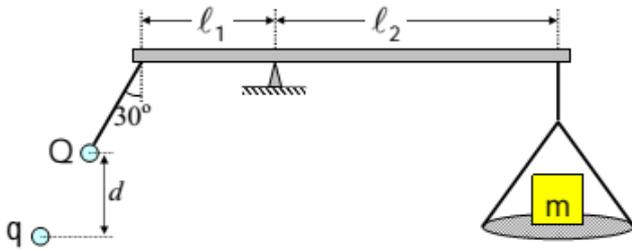
A figura ilustra uma mola feita de material isolante elétrico, não deformada, toda contida no interior de um tubo plástico não condutor elétrico, de altura $h = 50$ cm. Colocando-se sobre a mola de um pequeno corpo (raio desprezível) de massa $0,2$ kg e carga positiva de $9 \cdot 10^{-6}$ C, a mola passa a ocupar metade da altura do tubo. O valor da carga, em coulombs, que deverá ser fixada na extremidade superior do tubo, de modo que o corpo possa ser posicionado em equilíbrio estático a 5 cm do fundo, é:

Dados:

- Aceleração da gravidade: $g = 10$ m/s²
- Constante eletrostática: $K = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C²

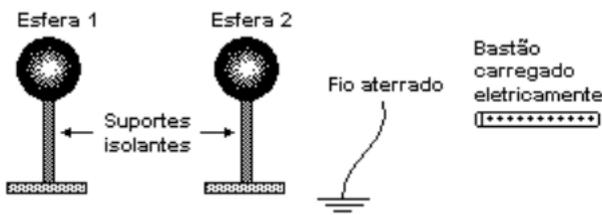
- $2 \cdot 10^{-6}$
- $4 \cdot 10^{-4}$
- $4 \cdot 10^{-6}$
- $8 \cdot 10^{-4}$
- $8 \cdot 10^{-6}$

67. Considere uma balança de braços desiguais, de comprimentos l_1 e l_2 , conforme mostra a figura. No lado esquerdo encontra-se pendurada uma carga de magnitude Q e massa desprezível, situada a uma certa distância d de outra carga, q . No lado direito encontra-se uma massa m sobre um prato de massa desprezível a massa do prato da direita, o valor de q para equilibrar a massa m é dado por



- a) $\frac{-mg_2d^2}{(k_0Ql_1)}$
 b) $\frac{-8mgl_2d^2}{(k_0Ql_1)}$
 c) $\frac{-4mgl_2d^2}{(3k_0Ql_1)}$
 d) $\frac{-2mgl_2d^2}{\sqrt{3}k_0Ql_1}$
 e) $\frac{-8mgl_2d^2}{(3\sqrt{3}k_0Ql_1)}$

68. Deseja-se, disposto do material ilustrado a seguir, carregar as esferas metálicas com cargas de mesmo módulo e sinais opostos, sem encostar o bastão nas esferas. Descreva, em etapas, e apresentando as respectivas ilustrações, o procedimento necessário para se atingir este objetivo.



69. Uma esfera de plástico, maciça, é eletrizada, ficando com uma densidade de carga superficial $+0,05 \text{ Coulombs/m}^2$. Em consequência, se uma carga puntiforme $q = +1 \text{ nC Coulomb}$ fosse colocada exteriormente a 3 metros do centro da esfera, sofreria uma repulsão de $0,02 \pi \text{ Newtons}$. A esfera é descarregada e cai livremente de uma altura de 750 metros, adquirido ao fim da queda uma energia de 0,009 Joules.

Determine a massa específica do plástico da esfera.

Dado:

Aceleração da gravidade: $g = 10 \text{ m/s}^2$

GABARITO EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. D

02. E

03. D

04. D

05. C

06. C

07. C

08. D

09. B

10. B

11. V V F V V

12. $Q_1 = Q_2 = 12 \times 10^{-9} C$

13. C

14. C

15. 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.

16. a) o campo elétrico citado é no ar próximo à nuvem.

$$Q = \frac{ER^2}{k} = \frac{3,0 \times 10^6 \times (0,3)^2}{9 \times 10^9} = 3,0 \times 10^{-5} C$$

$$= 30 \mu C$$

b) O potencial é dado pela expressão:

$$V = \frac{kQ}{R} = \frac{9 \times 10^9 \times 30 \times 10^{-6}}{0,3} = 9 \times 10^5 V$$

17.

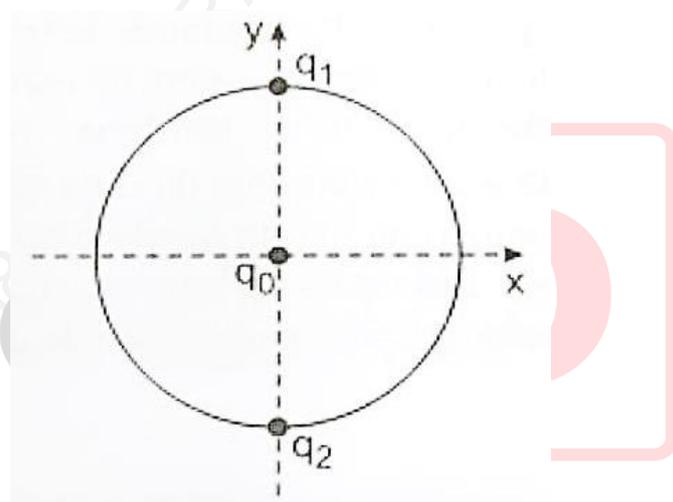
$$(Q_A)_{final} = (Q_B)_{final} = \frac{(Q_B)_{inicial}}{2} = \frac{98}{2}$$

$$= 49 \mu C.$$

18. B

19. D

Observe que quando $\theta_1 = \pi/2 \rightarrow Fx$, o que nos leva à seguinte configuração:



Nesta configuração observamos que a força resultante é negativa (sentido contrário ao de y). Como a força entre q_1 , q_2 e q_0 é atrativa (sentido positivo de y) devemos ter uma força atrativa entre q_2 e q_0 (sentido contrário ao de y) maior que a primeira. Portanto, q_2 deve ser positiva e maior que q_1 .

20. A

GABARITO EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01.

$$a) \frac{QR^N}{(R_1 + R)(R_2 + R) \dots (R_N + R)}$$

$$b) \frac{QR}{R + \sum_{i=1}^N R_i}$$

02. + 729C

03. E

04. A

05. A

06. D

07. D

08. B

09.

$$Q = \frac{49Mga^2}{24kg\sqrt{7} + 588kg}$$

10. E

11. B

12. D

13. D

14. B

15.

$$V = \sqrt{\frac{Ke^2}{mR} \left(\frac{3\sqrt{2} - 4}{4} \right)}$$

16. E

17. D

18.

$$\sqrt[3]{\frac{kq^2L}{2^{(2n-1)}mg}}$$

19.

$$T = 8\pi \sqrt{\frac{2\pi m \epsilon_0 R^3}{qQ}} 2$$

20. C

21. A

22. B

23. A

24. D

25. C

26.

$$a) h \cdot Q \cdot q \cdot k \cdot g^{-1} (h^2 + R^2)^{-\frac{3}{2}}$$

$$b) R \cdot (g/h)^{\frac{1}{2}}$$

27.

$$a) \sqrt{\frac{kQq}{mg}}$$

$$b) 2\pi \sqrt{\frac{H_0}{2g}}$$

28. C

29. B

$$30. a) 7\sqrt{33}\text{Hz}$$

$$b) 2\sqrt{293}\text{Hz}$$

31.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{6}}{4} (\sqrt{3} + 1)^3$$

32. E

$$33. 5 \times 10^{-5}\text{C}$$

34. B

35. E

36. A

37.

$$38. \alpha = 60^\circ$$

39. C

40. B

41. B

42. C

43. D

44.

$$x = \left(\frac{kq^2 L^2}{2} \right)^{1/5}$$

45. 1/27

46.

$$q = \frac{4\sqrt{3}}{3} 10^{-5} \text{C}$$

47. E

48. C

49. E

50. C

51. D

52. B

53. B

54.

$$a) F = \frac{k_0 q \lambda L}{[\sqrt{d(d+L)}]^2}$$

$$b) F = \frac{k_0 q \lambda L}{d^2}$$

55. E

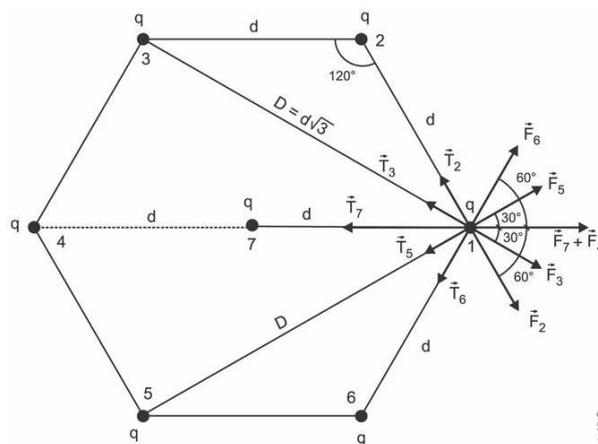
56. D

57. C

58. B

59. A

60. Por simetria, as cargas nos vértices estão sujeitas a forças de mesma intensidade.



Sabemos que no hexágono regular, o lado é igual ao raio da circunferência circunscrita. O comprimento da diagonal que liga dois vértices opostos é igual ao diâmetro. A medida da outra diagonal é D , calculada abaixo.

$$D^2 = d^2 + d^2 - 2d^2 \cos 120^\circ \Rightarrow D^2 = 3d^2 \Rightarrow D = d\sqrt{3}$$

Calculando as intensidade das forças elétricas que agem na carga (1);

$$\begin{cases} F_2 = F_6 = F_7 = \frac{kq^2}{d^2} = F \\ F_3 = F_5 = \frac{kq^2}{D^2} = \frac{kq^2}{(d\sqrt{3})^2} = \frac{kq^2}{3d^2} = \frac{F}{3} \\ F_4 = \frac{kq^2}{(2d)^2} = \frac{kq^2}{4d^2} = \frac{F}{4} \end{cases}$$

A resultante (R) das forças elétricas sobre essa carga é:

$$R = F_4 + F_7 + 2F_3 \cos 30^\circ + 2F_2 \cos 60^\circ$$

$$R = \frac{27 + 4\sqrt{3}}{12} F$$

$$R = \left(\frac{27 + 4\sqrt{3}}{12} \right) \frac{kq^2}{d^2}$$

Se os fios que formam os lados do hexágono e os que ligam dois vértices alternados forem cortados e ficarem apenas os fios radiais, a configuração de equilíbrio forem cortados e ficarem apenas os fios radiais, a configuração de equilíbrio não se altera. Nesse caso, as trações nos fios radiais têm intensidade máxima, igual à de resultante das forças elétricas.

$$T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6 = 0$$

$$T_7 = R = \left(\frac{27 + 4\sqrt{3}}{12} \right) \frac{kq^2}{d^2}$$

61.

$$\vec{F} = (-F\cos\alpha)\hat{x} + (-F\sin\alpha)\hat{y}$$

$$\vec{F} = -\left(\frac{2K_0e^2}{13a^2} \cdot \frac{a}{2\sqrt{26}}\right)\hat{x} - \left(\frac{2K_0e^2}{13a^2} \cdot \frac{5a}{2\sqrt{26}}\right)\hat{y}$$

$$\vec{F} = -\frac{5\sqrt{26}K_0e^2}{169a^2}\hat{x} - \frac{\sqrt{26}K_0e^2}{169a^2}\hat{y}$$

62. 0,89 m

63. E

64. D

65. B

66. C

67. E

68.

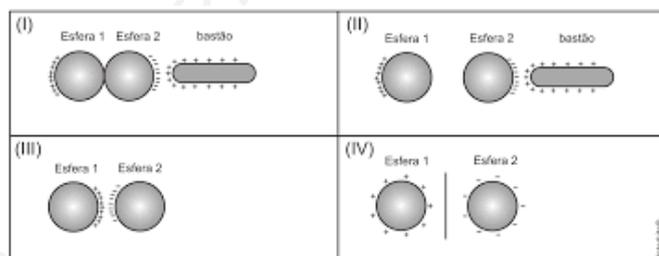
a) Aproxima-se o bastão, eletrizado positivamente, na esfera 2;

b) Liga-se o fio aterrado a um ponto qualquer da esfera 2;

- c) Ocorre um fluxo de elétrons através do fio, da Terra para a esfera 2, eletrizando-a negativamente;
- d) Desliga-se o fio aterrado da esfera 2 e afasta-se o bastão;
- e) Liga-se o fio aterrado a um ponto qualquer da esfera 1;
- f) Ocorre um fluxo de elétrons da esfera 1 para a Terra, eletrizando-a positivamente;
- g) Desliga-se o fio aterrado da esfera 1 e afastam-se as esferas.

Obs: por esse processo, não se pode garantir que as cargas finais das esferas tenham mesmo módulo.

A sequência de figuras, (I), (II), (III), (IV), (V) e (VI), ilustra o processo.



69. 0,9 kg/m³