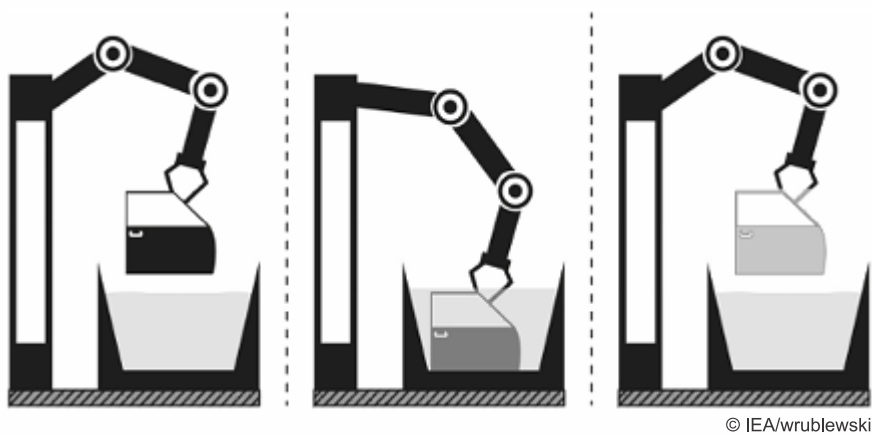


1. Um objeto metálico, X, eletricamente isolado, tem carga negativa $5,0 \times 10^{-12}$ C. Um segundo objeto metálico, Y, neutro, mantido em contato com a Terra, é aproximado do primeiro e ocorre uma faísca entre ambos, sem que eles se toquem. A duração da faísca é 0,5 s e sua intensidade é 10^{-11}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

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

- a) zero e zero.
- b) zero e $-5,0 \times 10^{-12}$ C.
- c) $-2,5 \times 10^{-12}$ C e $-2,5 \times 10^{-12}$ C.
- d) $-2,5 \times 10^{-12}$ C e $+2,5 \times 10^{-12}$ C.
- e) $+5,0 \times 10^{-12}$ C e zero.

2. Uma indústria automotiva faz a pintura de peças de um veículo usando a pintura eletrostática, processo também conhecido como pintura a pó. Nele, a pinça de um braço robótico condutor que segura a peça é ligada a um potencial de 1 kV. A pinça junto com a peça é imersa em um tanque de tinta em pó à 0 V. A diferença de potencial promove a adesão da tinta à peça, que depois é conduzida pelo mesmo braço robótico a um forno para secagem. Após essa etapa, o robô libera a peça pintada e o processo é reiniciado. A ilustração a seguir mostra parte desse processo.



© IEA/wrublewski

A indústria tem enfrentado um problema com a produção em série: após duas ou três peças pintadas, a tinta deixa de ter adesão nas peças. Uma possível causa para tal problema é:

- a) o movimento do braço robótico carregando a peça no interior da tinta gera atrito e aquece o sistema, anulando a diferença de potencial e impedindo a adesão eletrostática.
- b) a ausência de materiais condutores faz com que não exista diferença de potencial entre a peça e a tinta.
- c) cada peça pintada diminui a diferença de potencial até que, após duas ou três peças pintadas, ela torne-se nula.
- d) quando a pinça e a peça são imersas na tinta, ambos entram em equilíbrio eletrostático, o que impede que a tinta tenha aderência sobre a superfície da peça.
- e) com o tempo, a pinça acaba ficando recoberta por uma camada de tinta que atua como isolante elétrico anulando a diferença de potencial entre a peça e a tinta.

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

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

- a) $F_1 = 3 F_2$.

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

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

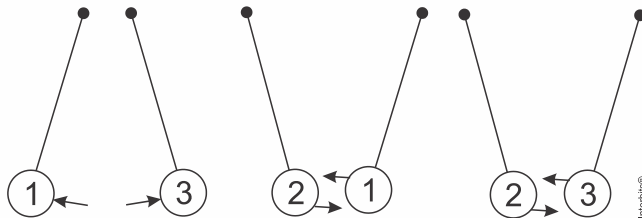
- a) diminuída 3 vezes
- b) diminuída 9 vezes
- c) aumentada 3 vezes
- d) aumentada 9 vezes

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

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

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

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



Inicialmente, o Professor eletrizou a esfera 3 com carga negativa. Na sequência, o professor aproximou a esfera 1 da esfera 3 e elas se repeliram. Em seguida, ele aproximou a esfera 2 da esfera 1 e elas se atraíram. Por fim, aproximou a esfera 2 da esfera 3 e elas se atraíram.

Na tentativa de explicar o fenômeno, 6 alunos fizeram os seguintes comentários:

- João: A esfera 1 pode estar eletrizada negativamente, e a esfera 2, positivamente.
- Maria: A esfera 1 pode estar eletrizada positivamente e a esfera 2 negativamente.
- Letícia: A esfera 1 pode estar eletrizada negativamente, e a esfera 2 neutra.
- Joaquim: A esfera 1 pode estar neutra e a esfera 2 eletrizada positivamente.
- Marcos: As esferas 1 e 2 podem estar neutras.

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

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

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

7. Duas esferas idênticas e eletrizadas com cargas elétricas q_1 e q_2 se atraem com uma força de 9 N. Se a carga da primeira esfera aumentar cinco vezes e a carga da segunda esfera for aumentada oito vezes, qual será o valor da força, em newtons, entre elas?

- a) 40
- b) 49
- c) 117
- d) 360

8. Considere um balão de formato esférico, feito de um material isolante e eletricamente carregado na sua superfície externa. Por resfriamento, o gás em seu interior tem sua pressão reduzida, o que diminui o raio do balão. Havendo aquecimento do balão, há aumento da pressão e do raio. Assim, sendo constante a carga total, é correto afirmar que a densidade superficial de carga no balão:

- a) decresce com a redução na temperatura.
- b) não depende da temperatura.
- c) aumenta com a redução na temperatura.
- d) depende somente do material do balão.

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

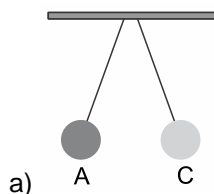
A carga elétrica armazenada na esfera B, no final desse processo, é igual a:

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

10. 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.

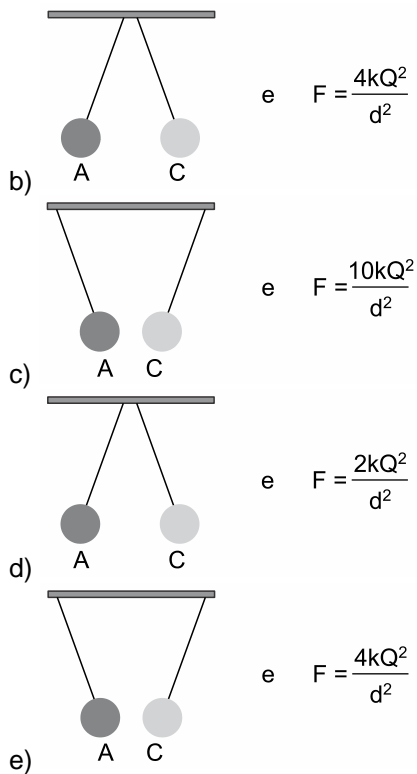


Utilizando luvas de borracha, o estudante coloca as três esferas simultaneamente em contato e, depois de separá-las, suspende A e C por fios de seda, mantendo-as próximas. Verifica, então, que elas interagem eletricamente, permanecendo em equilíbrio estático a uma distância d uma da outra. Sendo k a 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.



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

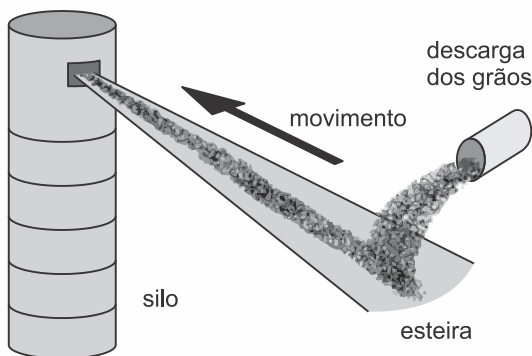
a)



11. 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:

- retirar do objeto 20 trilhões de prótons.
- retirar do objeto 20 trilhões de elétrons.
- acrescentar ao objeto 20 trilhões de elétrons.
- acrescentar ao objeto cerca de 51 trilhões de elétrons.
- retirar do objeto cerca de 51 trilhões de prótons.

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

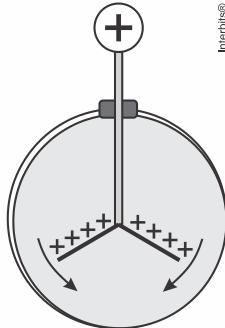


Nesse processo de eletrização, os grãos e a esteira ficam carregados com cargas elétricas de sinais:

- iguais, eletrizados por atrito.
- iguais, eletrizados por contato.

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

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



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

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

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

14. Considere duas cargas elétricas pontuais, sendo uma delas Q_1 , localizada na origem de um eixo x , e a outra Q_2 , localizada em $x=L$. Uma terceira carga pontual, Q_3 , é colocada em $x = 0,4L$.

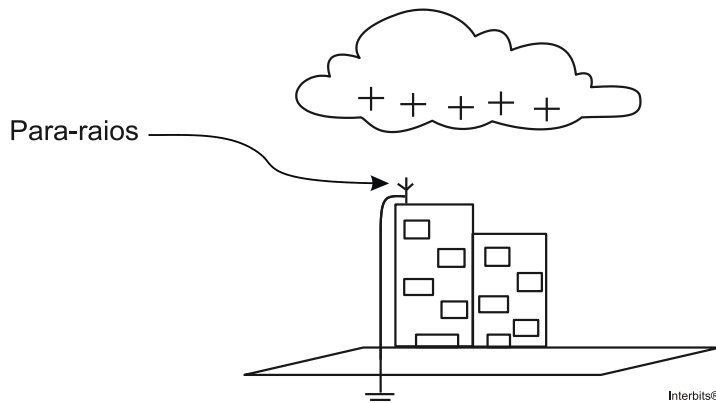
Considerando apenas a interação entre as três cargas pontuais e sabendo que todas elas possuem o mesmo sinal, qual é a razão $\frac{Q_2}{Q_1}$ para que Q_3 fique submetida a uma força

resultante nula?

- a) 0,44
- b) 1,0
- c) 1,5
- d) 2,25

15. Raios são descargas elétricas de grande intensidade que conectam as nuvens de tempestade na atmosfera e o solo. A intensidade típica de um raio é de 30 mil amperes, cerca de mil vezes a intensidade de um chuva elétrica, e eles percorrem distâncias da ordem de 5 km.

Durante uma tempestade, uma nuvem carregada positivamente se aproxima de um edifício que possui um para-raios, conforme a figura a seguir:

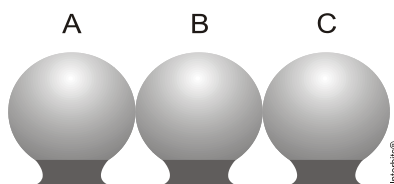


De acordo com o enunciado pode-se afirmar que, ao se estabelecer uma descarga elétrica no para-raios:

- prótons passam da nuvem para o para-raios.
- prótons passam do para-raios para a nuvem
- elétrons passam da nuvem para o para-raios.
- elétrons passam do para-raios para a nuvem.
- elétrons e prótons se transferem de um corpo a outro.

16. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas no fim do enunciado que segue, na ordem em que aparecem.

Três esferas metálicas idênticas, A, B e C, são montadas em suportes isolantes. A esfera A está positivamente carregada com carga Q , enquanto as esferas B e C estão eletricamente neutras. Colocam-se as esferas B e C em contato uma com a outra e, então, coloca-se a esfera A em contato com a esfera B, conforme representado na figura.



Depois de assim permanecerem por alguns instantes, as três esferas são simultaneamente separadas. Considerando-se que o experimento foi realizado no vácuo ($k_0 = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$) e que a distância final (d) entre as esferas A e B é muito maior que seu raio, a força eletrostática entre essas duas esferas é _____ e de intensidade igual a _____.

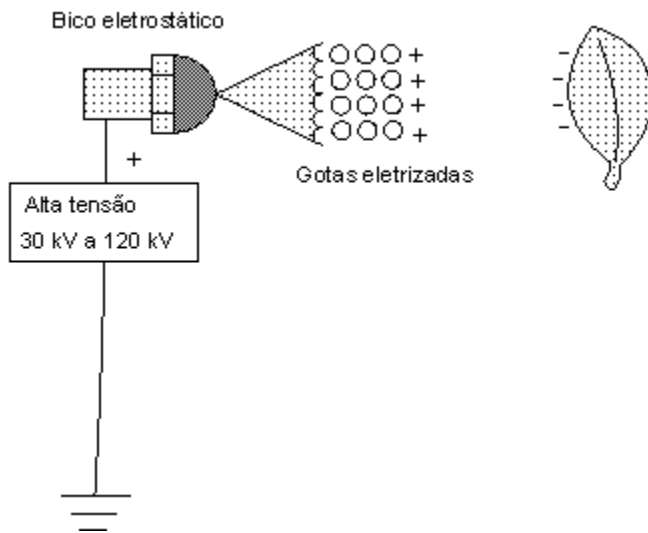
- repulsiva – $k_0 Q^2 / (9d^2)$
- atrativa – $k_0 Q^2 / (9d^2)$
- repulsiva – $k_0 Q^2 / (6d^2)$
- atrativa – $k_0 Q^2 / (4d^2)$
- repulsiva – $k_0 Q^2 / (4d^2)$

17. Considere um modelo clássico de um átomo de hidrogênio, onde um elétron, de massa m e carga $-q$, descreve um movimento circular uniforme, de raio R , com velocidade de módulo v , em torno do núcleo. A análise das informações, com base nos conhecimentos da Física, permite concluir:

- A intensidade da corrente elétrica estabelecida na órbita é igual a qv/R .
- O raio da órbita é igual a kq^2 / mv^2 , sendo k a constante eletrostática do meio.

- c) O trabalho realizado pela força de atração que o núcleo exerce sobre o elétron é motor.
- d) A resultante centrípeta é a força de atração eletrostática que o elétron exerce sobre o núcleo.
- e) O núcleo de hidrogênio apresenta, em seu entorno, um campo elétrico e um campo magnético.

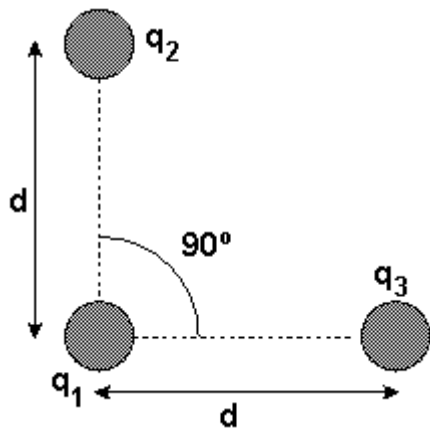
18. Atualmente é grande o interesse na redução dos impactos ambientais provocados pela agricultura através de pesquisas, métodos e equipamentos. Entretanto, a aplicação de agrotóxicos praticada continua extremamente desperdiçadora de energia e de produto químico. O crescente aumento dos custos dos insumos, mão de obra, energia e a preocupação cada vez maior em relação à contaminação ambiental têm realçado a necessidade de uma tecnologia mais adequada na colocação dos agrotóxicos nos alvos, bem como de procedimentos e equipamentos que levem à maior proteção do trabalhador. Nesse contexto, o uso de gotas com cargas elétricas, eletrizadas com o uso de bicos eletrostáticos, tem-se mostrado promissor, uma vez que, quando uma nuvem dessas partículas se aproxima de uma planta, ocorre o fenômeno de indução, e a superfície do vegetal adquire cargas elétricas de sinal oposto ao das gotas. Como consequência, a planta atrai fortemente as gotas, promovendo uma melhoria na deposição, inclusive na parte inferior das folhas.



A partir da análise das informações, pode-se inferir que:

- a) As gotas podem estar neutras que o processo acontecerá da mesma forma.
- b) O fenômeno da indução descrito no texto se caracteriza pela polarização das folhas das plantas, induzindo sinal igual ao da carga da gota.
- c) Quanto mais próximas estiverem gotas e folha menor será a força de atração.
- d) Outro fenômeno importante surge com a repulsão mútua entre as gotas após saírem do bico: por estarem com carga de mesmo sinal, elas se repelem, o que contribui para uma melhoria na distribuição do defensivo nas folhas.
- e) Existe um campo elétrico no sentido da folha para as gotas.

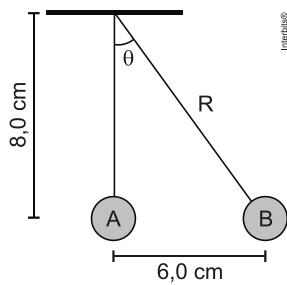
19. Considere a seguinte "unidade" de medida: a intensidade da força elétrica entre duas cargas q , quando separadas por uma distância d , é F . Suponha em seguida que uma carga $q_1 = q$ seja colocada frente a duas outras cargas, $q_2 = 3q$ e $q_3 = 4q$, segundo a disposição mostrada na figura.



A intensidade da força elétrica resultante sobre a carga q_1 , devido às cargas q_2 e q_3 , será:

- a) $2F$.
- b) $3F$.
- c) $4F$.
- d) $5F$.
- e) $9F$.

20. Um pêndulo elétrico de comprimento R e massa $m = 0,2$ kg, eletrizado com carga Q positiva, é repelido por outra carga igual, fixa no ponto A. A figura mostra a posição de equilíbrio do pêndulo.



Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$. Qual é o módulo das cargas?

- a) $\sqrt{60} \cdot 10^{-7} \text{ C}$.
- b) $\sqrt{60} \cdot 10^{-13} \text{ C}$
- c) $\sqrt{6} \cdot 10^{-7} \text{ C}$
- d) $\sqrt{40} \cdot 10^{-7} \text{ C}$.
- e) $\sqrt{4} \cdot 10^{-7} \text{ C}$.

Gabarito:

Resposta da questão 1:
[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 2:
[E]

Como a pinça metálica que promove o contato elétrico para a peça a ser pintada também é mergulhada na tinta, durante cada ciclo há um acúmulo de tinta nas pinças do braço robótico que servem como isolante elétrico, impedindo a correta eletrização da peça a ser pintada e a consequente adesão da tinta à peça.

Resposta da questão 3:
[A]

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

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

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

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

Resposta da questão 4:
[B]

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

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

Resposta da questão 5:
[D]

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

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

Resposta [B] da questão 6:

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

Ilustrando:

Esfera 3	Esfera 1	Esfera 2
Negativa	Negativa	Positiva ou Neutra

Resposta [D] da questão 7:

$$F = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2} \Rightarrow 9 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2} \quad (i)$$

$$F' = \frac{k \cdot 5 \cdot q_1 \cdot 8 \cdot q_2}{d^2} \Rightarrow F' = 40 \cdot \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2} \quad (ii)$$

Fazendo (i) ÷ (ii), vem:

$$\frac{9}{F'} = \frac{\frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}}{40 \cdot \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}} \Rightarrow \frac{9}{F'} = \frac{1}{40 \cdot 1} \Rightarrow F' = 9 \cdot 40 \Rightarrow F' = 360 \text{ N}$$

Resposta [C] da questão 8:

Se a carga total do balão é mantida constante, a densidade de carga no balão depende somente da área superficial do mesmo (inversamente proporcional) $\rightarrow \sigma_m = \frac{\Delta Q}{A_{\text{sup}}}$

Logo, para se ter um aumento da densidade de carga, a área deve ser reduzida. Para tal, deve-se reduzir a temperatura, reduzindo o raio do balão.

Resposta [A] da questão 9:

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

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

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

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

Resposta da questão 10:
[B]

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

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

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

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

Resposta da questão 11:
[C]

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

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

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

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

ou

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

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

Resposta da questão 12:
[C]

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

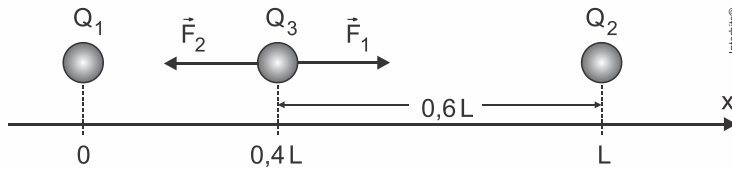
Resposta da questão 13:
[B]

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

Vale salientar que prótons não se movimentam!

Resposta da questão 14:
[D]

A figura mostra um esquema da situação descrita.



As forças repulsivas de Q_1 e Q_2 sobre Q_3 devem se equilibrar.

$$F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{k|Q_1||Q_3|}{(0,4L)^2} = \frac{k|Q_2||Q_3|}{(0,6L)^2} \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{0,36}{0,16} \Rightarrow \boxed{\frac{Q_2}{Q_1} = 2,25.}$$

Resposta da questão 15:
[D]

A figura mostra a nuvem carregada positivamente, atraindo elétrons, que sobem do para-raios para a nuvem.

Resposta da questão 16:
[A]

O triplo contato faz com que a carga total divida-se por três.

$$\text{Portanto, } q_A = q_B = \frac{Q}{3}.$$

$$\text{A força será repulsiva de valor: } k_0 \frac{\frac{Q}{3} \times \frac{Q}{3}}{d^2} = \frac{k_0 Q^2}{9d^2}.$$

Resposta da questão 17:
[B]

A força centrípeta é a força de atração eletrostática entre o próton e o elétron.

$$\frac{kqq}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \rightarrow r = \frac{kq^2}{mv^2}.$$

Resposta da questão 18:
[D]

Resolução

ALTERNATIVA A

Com as gotas neutras não haverá a atração eletrostática.

ALTERNATIVA B

A folha terá a indução de cargas opostas ao da gota.

ALTERNATIVA C

A força de atração é tanto maior quanto mais próximas estiverem as gotas da folha.

ALTERNATIVA D

Correta

ALTERNATIVA E

A formação de campos elétricos é sempre no sentido do positivo para o negativo e neste caso será então das gotas para a folha.

Resposta da questão 19:
[D]

Resolução

$$\text{Das informações iniciais sabemos que: } F = k \cdot q \cdot q / d^2 \rightarrow F = k \cdot (q/d)^2$$

Na configuração apresentada a força resultante sobre q_1 é:

$$F_{\text{resultante}} = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2}$$

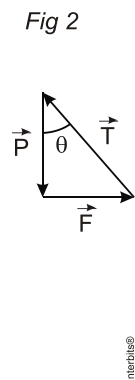
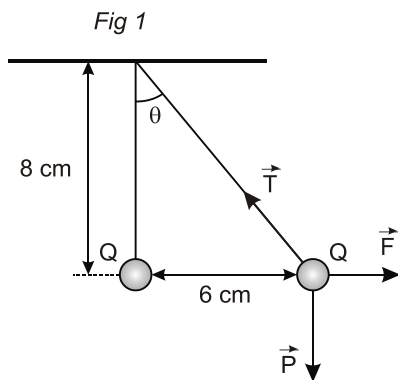
$$F_{\text{resultante}} = \sqrt{[(k \cdot 3q \cdot q/d^2)^2 + (k \cdot 4q \cdot q/d^2)^2]}$$

$$F_{\text{resultante}} = \sqrt{9k^2 \cdot q^4/d^4 + 16 \cdot k^2 \cdot q^4/d^4}$$

$$F_{\text{resultante}} = \sqrt{25k^2 \cdot q^4/d^4} = 5 \cdot k \cdot (q/d)^2 = 5 \cdot F$$

Resposta da questão 20:
[A]

A Figura 1 mostra as forças que agem sobre a esfera colocada em B. Como há equilíbrio, essas forças devem formar um triângulo, como mostra a Figura 2.



Suponhamos que essas esferas estejam no vácuo, onde a constante eletrostática é $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$.

Dado: $d = 6 \text{ cm} = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$.

Na Figura 1:

$$\text{tg}\theta = \frac{6}{8} = \frac{3}{4} = 0,75.$$

Na Figura 2:

$$\text{tg}\theta = \frac{F}{P} \Rightarrow F = P \text{ tg}\theta \Rightarrow \frac{kQ^2}{d^2} = mg \text{ tg}\theta \Rightarrow Q^2 = \frac{mg \text{ tg}\theta d^2}{k} \Rightarrow$$

$$Q^2 = \frac{0,2 \times 10 \times 0,75 \times 36 \times 10^{-4}}{9 \times 10^9} = 60 \times 10^{-14} \Rightarrow$$

$$Q = \sqrt{60} \times 10^{-7} \text{ C}.$$