

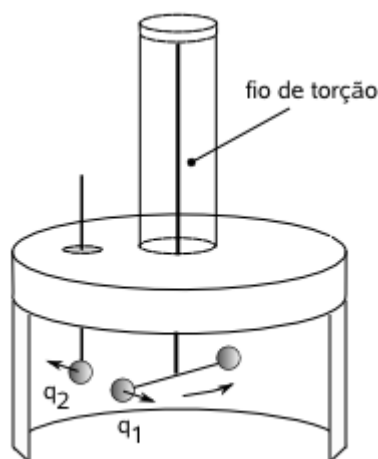
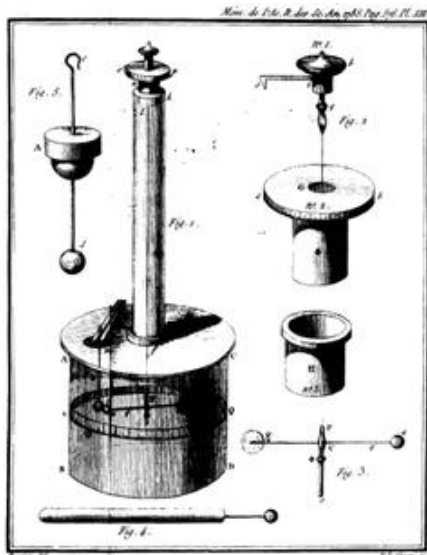


## Eletrostática

Lista: 02 - Aulas: 04

Assunto: FORÇA ELÉTRICA.

**EXC016.** (Uff-pism 3) Em 1785, Charles Augustin de Coulomb, com um auxílio de uma balança de torção, investigou a interação entre cargas elétricas. A balança é composta por uma haste isolante, com duas esferas em suas extremidades, sendo uma isolante (contrapeso) e outra condutora, como mostram as figuras abaixo. Todo o conjunto é suspenso por um fio de torção. Quando o sistema entra em equilíbrio, a esfera condutora é carregada com uma carga  $q_1$  e outra esfera, com carga  $q_2$ , é aproximada da esfera metálica. O sistema sofre uma torção, que depende do sinal e intensidade das cargas. Com isso, é possível determinar a força de interação entre as esferas carregadas em função do ângulo de rotação. Assim, assinale a alternativa que descreve a Lei de Coulomb.



- a) A força elétrica é proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.
- b) A força elétrica é proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.
- c) A força elétrica é proporcional ao somatório das cargas e inversamente proporcional à distância entre elas.
- d) Independentemente dos sinais das cargas, a torsão no fio não irá mudar de direção.
- e) Quanto maior a massa das esferas, maior a aceleração causada pela força Coulombiana.

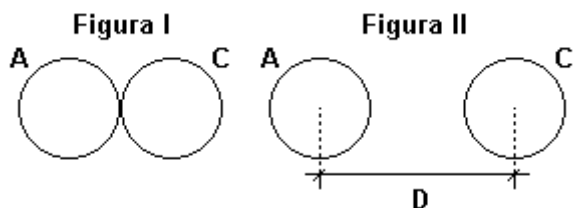
**EXC017.** (Uern) Duas esferas metálicas idênticas estão carregadas com cargas elétricas de sinais iguais e módulos diferentes e se encontram situadas no vácuo, separadas uma da outra por uma distância  $x$ . Sobre a força elétrica, que atua em cada uma destas esferas, tem-se que são

- a) iguais em módulo e possuem sentidos opostos.
- b) iguais em módulo e possuem o mesmo sentido.
- c) diferentes em módulo e possuem sentidos opostos.
- d) diferentes em módulo e possuem o mesmo sentido.

**EXC018.** (Unirio) Três esferas metálicas iguais estão carregadas eletricamente e localizadas no vácuo. Inicialmente, as esferas A e B possuem, cada uma delas, carga  $+Q$ , enquanto a esfera C tem carga  $-Q$ . Considerando as situações ilustradas, determine:

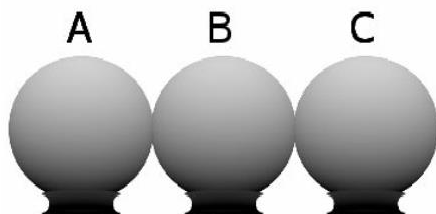
- a) a carga final da esfera C, admitindo que as três esferas são colocadas simultaneamente em contato e a seguir afastadas;

b) o módulo da força elétrica entre as esferas A e C, sabendo que primeiramente essas duas esferas são encostadas, como mostra a figura I, e, em seguida, elas são afastadas por uma distância D, conforme a figura II.



**EXC019.** (Ufrgs) 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 –  $k_0 Q^2 / (4d^2)$

**EXC020.** (Udesc) Uma das principais contribuições para os estudos sobre eletricidade foi a da definição precisa da natureza da força elétrica realizada, principalmente, pelos trabalhos de Charles Augustin de Coulomb (1736-1806). Coulomb realizou diversos experimentos para determinar a força elétrica existente entre objetos carregados, resumindo suas conclusões em uma relação que conhecemos atualmente como Lei de Coulomb.

Considerando a Lei de Coulomb, assinale a alternativa **correta**.

- A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é diretamente proporcional ao produto das cargas e ao quadrado da distância entre estes corpos.
- A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é inversamente proporcional ao produto das cargas e diretamente proporcional ao quadrado da distância entre estes corpos.
- A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre estes corpos.
- A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional a distância entre estes corpos.
- A força elétrica entre dois corpos eletricamente carregados é diretamente proporcional a distância entre estes corpos e inversamente proporcional ao produto das cargas.

**EXC021.** (Pucrj) Um sistema eletrostático composto por 3 cargas  $Q_1 = Q_2 = +Q$  e  $Q_3 = q$  é montado de forma a permanecer em equilíbrio, isto é, imóvel.

Sabendo-se que a carga  $Q_3$  é colocada no ponto médio entre  $Q_1$  e  $Q_2$ , calcule  $q$ .

- a)  $-2Q$       b)  $4Q$       c)  $-1/4Q$       d)  $1/2Q$       e)  $-1/2Q$

**EXC022.** (Uece) 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.

**EXC023.** (Unesp) Suponha uma pequeníssima esfera contendo 12 nêutrons, 11 prótons e 10 elétrons, ao redor da qual gira um elétron a  $1,6 \times 10^{-10}$  m de seu centro, no vácuo.

Considerando a carga elementar  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C e a constante eletrostática do vácuo  $k_0 = 9 \times 10^9$  N·m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>, a intensidade da força elétrica entre a esfera e o elétron é

- a)  $5,6 \times 10^{-10}$  N.      b)  $9,0 \times 10^{-9}$  N.      c)  $1,4 \times 10^{-9}$  N.      d)  $1,4 \times 10^{-12}$  N.      e)  $9,0 \times 10^{-12}$  N.

**EXC024.** (Uece) Considere duas massas puntiformes de mesmo valor  $m$ , com cargas elétricas de mesmo valor  $Q$  e sinais opostos, e mantidas separadas de uma certa distância. Seja  $G$  a constante de gravitação universal e  $k$  a constante eletrostática. A razão entre as forças de atração eletrostática e gravitacional é

- a)  $\frac{Gm^2}{Q^2k}$ .      b)  $\frac{Q^2k}{Gm^2}$ .      c)  $\frac{Q^2G}{km^2}$ .      d)  $\frac{QG}{km}$ .

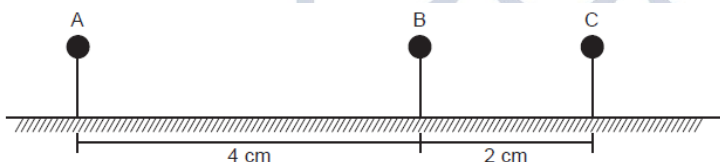
**EXC025.** (Pucrj) Duas cargas pontuais  $q_1$  e  $q_2$  são colocadas a uma distância  $R$  entre si. Nesta situação, observa-se uma força de módulo  $F_0$  sobre a carga  $q_2$ .

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

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

**EXC026.** (Pucrs) Para responder à questão a seguir considere as informações que seguem.

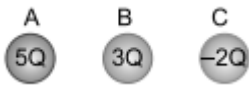
Três esferas de dimensões desprezíveis **A**, **B** e **C** estão eletricamente carregadas com cargas elétricas respectivamente iguais a  $2q$ ,  $q$  e  $q$ . Todas encontram-se fixas, apoiadas em suportes isolantes e alinhadas horizontalmente, como mostra a figura abaixo:



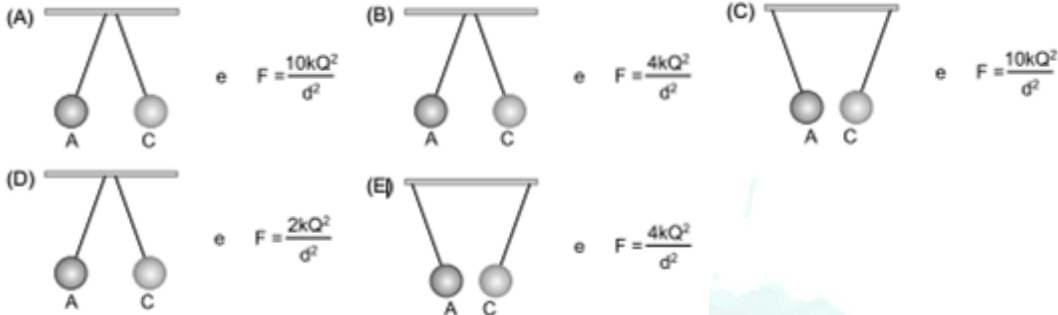
O módulo da força elétrica exercida por **B** na esfera **C** é **F**. O módulo da força elétrica exercida por **A** na esfera **B** é

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

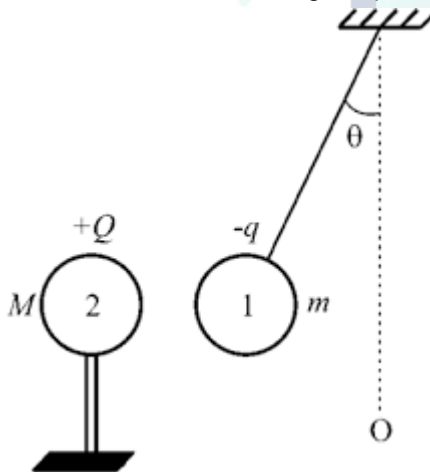
**EXC027.** (Unesp) Em um experimento de eletrostática, um estudante dispunha de três esferas metálicas idênticas, A, B e C, eletrizadas, no ar, com cargas elétricas  $5Q$ ,  $3Q$  e  $-2Q$ , respectivamente.



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.

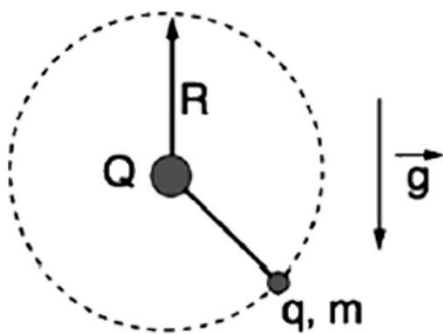


**EXC028.** (Ufpr) Uma esfera condutora, indicada pelo número 1 na figura, tem massa  $m = 20\text{g}$  e carga negativa  $-q$ . Ela está pendurada por um fio isolante de massa desprezível e inextensível. Uma segunda esfera condutora, indicada pelo número 2 na figura, com massa  $M = 200\text{g}$  e carga positiva  $Q = 3\mu\text{C}$ , está sustentada por uma haste isolante. Ao aproximar a esfera 2 da esfera 1 ocorre atração. Na situação de equilíbrio estático, o fio que sustenta a esfera 1 forma um ângulo  $\theta = 27^\circ$  com a vertical e a distância entre os centros das esferas é de  $10\text{cm}$ . Calcule a carga  $-q$  da esfera 1.



Para a resolução deste problema considere  $g = 10\text{m/s}^2$ ,  $k = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$  e  $\tan 27^\circ = 0,5$ .

**EXC029.** (Upe) 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)  $10\text{m/s}$     b)  $11\text{m/s}$     c)  $12\text{m/s}$     d)  $14\text{m/s}$     e)  $20\text{m/s}$

**EXC030.** (Mackenzie) Duas pequenas esferas eletrizadas, com cargas  $Q_1$  e  $Q_2$ , separadas pela distância  $d$ , se repelem com uma força de intensidade  $4 \cdot 10^{-3}\text{N}$ . Substituindo-se a carga  $Q_1$  por outra carga igual a  $3 \cdot Q_1$  e aumentando-se a distância entre elas para  $2 \cdot d$ , o valor da força de repulsão será

- a)  $3 \cdot 10^{-3}\text{N}$     b)  $2 \cdot 10^{-3}\text{N}$     c)  $1 \cdot 10^{-3}\text{N}$     d)  $5 \cdot 10^{-4}\text{N}$     e)  $8 \cdot 10^{-4}\text{N}$

**EXC031.** (Uel) Devido ao balanceamento entre cargas elétricas positivas e negativas nos objetos e seres vivos, não se observam forças elétricas atrativas ou repulsivas entre eles, em distâncias macroscópicas. Para se ter, entretanto, uma ideia da intensidade da força gerada pelo desbalanceamento de cargas, considere duas pessoas com mesma altura e peso separadas pela distância de  $0,8\text{m}$ . Supondo que cada uma possui um excesso de prótons correspondente a  $1\%$  de sua massa, a estimativa da intensidade da força elétrica resultante desse desbalanceamento de cargas e da massa que resultará numa força-peso de igual intensidade são respectivamente:

**Dado:**

Massa de uma pessoa:  $m = 70\text{kg}$

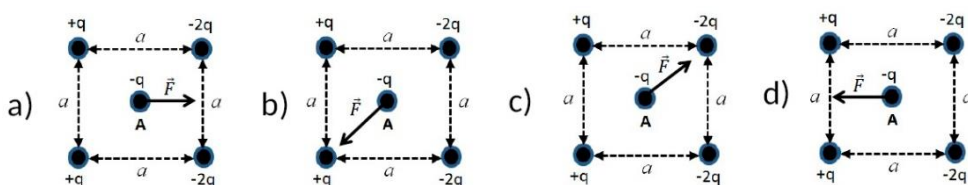
- a)  $9 \times 10^{17}\text{N}$  e  $6 \times 10^3\text{kg}$   
 b)  $60 \times 10^{24}\text{N}$  e  $6 \times 10^{24}\text{kg}$   
 c)  $9 \times 10^{23}\text{N}$  e  $6 \times 10^{23}\text{kg}$   
 d)  $4 \times 10^{17}\text{N}$  e  $4 \times 10^{16}\text{kg}$   
 e)  $60 \times 10^{20}\text{N}$  e  $4 \times 10^{19}\text{kg}$

**EXC032.** (Uesc) 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) A intensidade da corrente elétrica estabelecida na órbita é igual a  $qv/R$ .  
 b) 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.

**EXC033.** (Unicamp) A atração e a repulsão entre partículas carregadas têm inúmeras aplicações industriais, tal como a pintura eletrostática. As figuras abaixo mostram um mesmo conjunto de partículas carregadas, nos vértices de um quadrado de lado  $a$  que exercem forças eletrostáticas sobre a carga  $A$  no centro desse quadrado. Na situação apresentada, o vetor que melhor representa a força resultante agindo sobre a carga  $A$  se encontra na figura

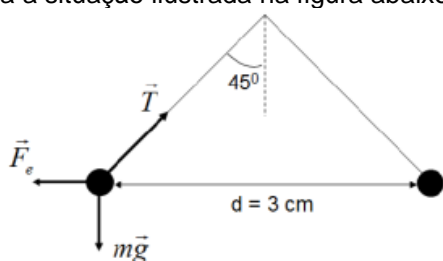


**EXC034.** (Unicamp) Em 2012 foi comemorado o centenário da descoberta dos raios cósmicos, que são partículas provenientes do espaço.

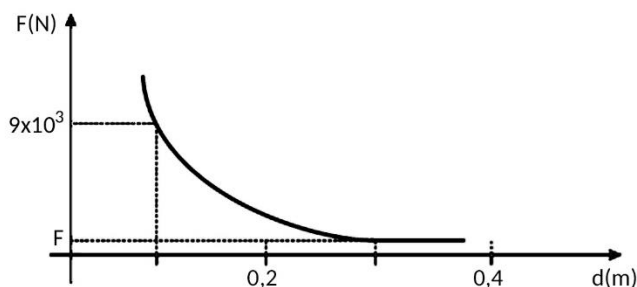
a) Os neutrinos são partículas que atingem a Terra, provenientes em sua maioria do Sol. Sabendo-se que a distância do Sol à Terra é igual a  $1,5 \times 10^{11}$  m, e considerando a velocidade dos neutrinos igual a  $3,0 \times 10^8$  m/s, calcule o tempo de viagem de um neutrino solar até a Terra.

b) As partículas ionizam o ar e um instrumento usado para medir esta ionização é o eletroscópio. Ele consiste em duas hastas metálicas que se repelem quando carregadas. De forma simplificada, as hastas podem ser tratadas como dois pêndulos simples de mesma massa  $m$  e mesma carga  $q$  localizadas nas suas extremidades. O módulo da força elétrica entre as cargas é dado por  $F_e = k \frac{q^2}{d^2}$ , sendo  $k = 9 \times 10^9$  N m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>.

Para a situação ilustrada na figura abaixo, qual é a carga  $q$ , se  $m = 0,004$  g?



**EXC035.** (Uftm) O gráfico mostra como varia a força de repulsão entre duas cargas elétricas, idênticas e puntiformes, em função da distância entre elas.



Considerando a constante eletrostática do meio como  $k = 9 \times 10^9$  N·m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>, determine:

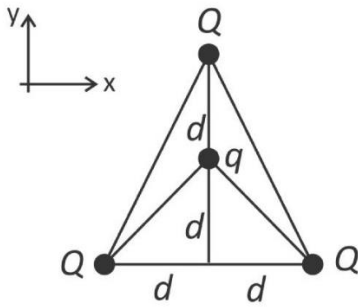
- o valor da força  $F$ .
- a intensidade das cargas elétricas.

**EXC036.** (Pucrj) Uma carga  $q_0$  é colocada em uma posição fixa. Ao colocar uma carga  $q_1 = 2q_0$  a uma distância  $d$  de  $q_0$ ,  $q_1$  sofre uma força repulsiva de módulo  $F$ . Substituindo  $q_1$  por uma carga  $q_2$  na mesma posição,  $q_2$  sofre uma força atrativa de módulo  $2F$ .

Se as cargas  $q_1$  e  $q_2$  são colocadas a uma distância  $2d$  entre si, a força entre elas é

- repulsiva, de módulo  $F$
- repulsiva, de módulo  $2F$
- atrativa, de módulo  $F$
- atrativa, de módulo  $2F$
- atrativa, de módulo  $4F$

**EXC037.** (Fuvest) Três pequenas esferas carregadas com carga positiva  $Q$  ocupam os vértices de um triângulo, como mostra a figura. Na parte interna do triângulo, está afixada outra pequena esfera, com carga negativa  $q$ . As distâncias dessa carga às outras três podem ser obtidas a partir da figura.



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

**Note e adote:**

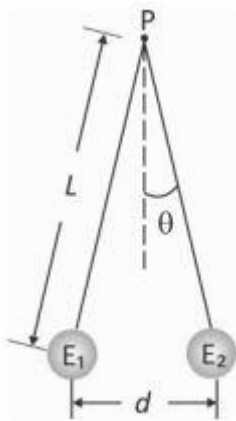
A constante  $k_0$  da lei de Coulomb vale  $9 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

- é nula.
- tem direção do eixo  $y$ , sentido para baixo e módulo  $1,8 \text{ N}$ .
- tem direção do eixo  $y$ , sentido para cima e módulo  $1,0 \text{ N}$ .
- tem direção do eixo  $y$ , sentido para baixo e módulo  $1,0 \text{ N}$ .
- tem direção do eixo  $y$ , sentido para cima e módulo  $0,3 \text{ N}$ .

**EXC038.** (Fuvest) Um grupo de alunos, em uma aula de laboratório, eletriza um canudo de refrigerante por atrito, com um lenço de papel. Em seguida, com o canudo, eles eletrizam uma pequena esfera condutora, de massa  $9 \text{ g}$ , inicialmente neutra, pendurada em um fio de seda isolante, de comprimento  $L$ , preso em um ponto fixo  $P$ . No final do processo, a esfera e o canudo estão com cargas de sinais opostos.

- Descreva as etapas do processo de eletrização da esfera.

Em seguida, os alunos colocam a esfera eletrizada ( $E_1$ ) em contato com outra esfera ( $E_2$ ), idêntica à primeira, eletricamente neutra e presa na extremidade de outro fio de seda isolante, também de comprimento  $L$ , fixo no ponto  $P$ . O sistema adquire a configuração ilustrada na figura, sendo  $d = 8 \text{ cm}$ .



Para o sistema em equilíbrio nessa configuração final, determine

- o módulo da tensão  $\vec{T}$  em um dos fios isolantes;
- o módulo da carga  $q_2$  da esfera  $E_2$ ;
- a diferença  $N$  entre o número de elétrons e de prótons na esfera  $E_2$  após a eletrização.

**Note e adote:**

Para a situação descrita, utilize:  $\cos \theta = 1$  e  $\sin \theta = 0,1$ .

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

Força elétrica entre duas cargas puntiformes  $Q_1$  e  $Q_2$ , distantes  $r$  uma da outra:  $K Q_1 Q_2 / r^2$

$K = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$ .

Carga do elétron:  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Ignore a massa dos fios.

**EXC039.** (Unicamp) Sabe-se atualmente que os prótons e nêutrons não são partículas elementares, mas sim partículas formadas por três *quarks*. Uma das propriedades importantes do *quark* é o sabor, que pode assumir seis tipos diferentes: *top*, *bottom*, *charm*, *strange*, *up* e *down*. Apenas os *quarks up* e *down* estão presentes nos prótons e nos nêutrons. Os *quarks* possuem carga elétrica fracionária. Por exemplo, o *quark up* tem carga elétrica igual a  $q_{\text{up}} = +2/3e$  e o *quark down* e o  $q_{\text{down}} = -1/3e$ , onde  $e$  é o módulo da carga elementar do elétron.

a) Quais são os três *quarks* que formam os prótons e os nêutrons?

b) Calcule o módulo da força de atração eletrostática entre um *quark up* e um *quark down* separados por uma distância  $d = 0,2 \times 10^{-15} \text{ m}$ . Caso necessário, use  $K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$  e  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

**EXC040.** (Fuvest) Os primeiros astronautas a pousar na Lua observaram a existência de finas camadas de poeira pairando acima da superfície lunar. Como não há vento na Lua, foi entendido que esse fenômeno estava ligado ao efeito fotoelétrico causado pela luz solar: elétrons são extraídos dos grãos de poeira do solo lunar ao receberem energia da radiação eletromagnética proveniente do Sol e, assim, os grãos tornam-se positivamente carregados. O mesmo processo também arranca elétrons da superfície lunar, contribuindo para a carga positiva do lado iluminado da superfície da Lua. A altura de equilíbrio acima da superfície lunar dessas camadas depende da massa e da carga dos grãos. A partir dessas informações, determine

a) o módulo  $F_e$  da força eletrostática que age sobre cada grão em equilíbrio da camada, sabendo que um grão de poeira tem massa  $m = 1,2 \times 10^{-14} \text{ kg}$  e que a aceleração da gravidade nas proximidades da superfície da Lua é  $g_L = 1,6 \text{ m/s}^2$ ;

b) o módulo  $E$  do campo elétrico na posição dessa camada de poeira, sabendo que a carga adquirida por um grão é  $Q = 1,9 \times 10^{-15} \text{ C}$ .

Uma característica do efeito fotoelétrico é a necessidade de os fótons da luz incidente terem uma energia mínima, abaixo da qual nenhum elétron é arrancado do material. Essa energia mínima está relacionada à estrutura do material e, no caso dos grãos de poeira da superfície lunar, é igual a  $8 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

c) Determine a frequência mínima  $f$  dos fótons da luz solar capazes de extrair elétrons dos grãos de poeira.

Na superfície da Lua,  $5 \times 10^5$  é o número de fótons por segundo incidindo sobre cada grão de poeira e produzindo emissão de elétrons.

d) Determine a carga  $q$  emitida em  $2 \text{ s}$  por um grão de poeira, devido ao efeito fotoelétrico, considerando que cada fóton arranque apenas um elétron do grão.

Note e adote:

Carga do elétron:  $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Energia do fóton:  $\varepsilon = hf$ ;  $f$  é a frequência e  $h \approx 6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  é a constante de Planck.

Desconsidere as interações entre os grãos e a influência eletrostática dos elétrons liberados.



**GABARITO:**

**EXC016:**[A]

**EXC017:**[A]

**EXC018:**

a)  $Q_C(\text{final}) = Q/3$

b)  $F_{AC} = 0 \text{ N}$

**EXC019:**[A]

**EXC020:**[C]

**EXC021:**[C]

**EXC022:**[C]

**EXC023:**[B]

**EXC024:**[B]

**EXC025:**[D]

**EXC026:**[B]

**EXC027:**[B]

**EXC028:**

$q = 37\text{nC}$

**EXC029:**[A]

**EXC030:**[A]

**EXC031:**[B]

**EXC032:**[B]

**EXC033:**[D]

**EXC034:**

a)  $\Delta t = 5,0 \times 10^2 \text{ s}$

b)  $|q| = 2,0 \times 10^{-9} \text{ C}$

**EXC035:**

a)  $F = 1.000 \text{ N}$

b)  $Q = 1,0 \times 10^{-4} \text{ C}$

**EXC036:**[C]

**EXC037:**[E]

**EXC038:**

a) Eletrização por atrito e por indução.

b)  $T = 9 \times 10^{-2} \text{ N}$

c)  $q_2 = 8 \times 10^{-8} \text{ C}$

d)  $N = 5 \times 10^{11}$

**EXC039:**

a) próton 2 up e 1 down, nêutron 1 up e 2 down.

b)  $F = 1280 \text{ N}$

**EXC040:**

a)  $F_e = 1,92 \times 10^{-14} \text{ N}$

b)  $E = 10 \text{ N/C}$

c)  $f = 1,33 \times 10^{15} \text{ Hz}$

d)  $q = -1,6 \times 10^{-13} \text{ C}$

  
**Boaro**  
**O seu professor de exatas!**