



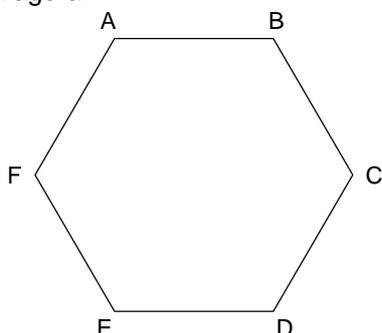
Aluno(a):

Lista de Exercícios – Eletrostática

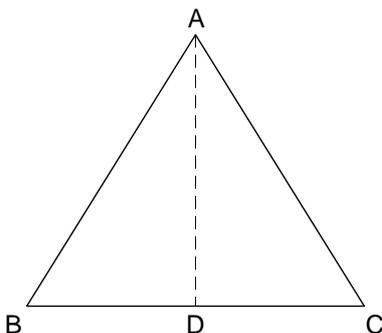
Questão 01

Responda os itens a seguir:

a) Seis cargas puntiformes iguais foram fixadas nos vértices de um hexágono regular. A carga no vértice A é movida para o centro do hexágono e experimenta uma força eletrostática líquida de magnitude F. Em seguida a carga do vértice E é movida para o centro, de modo a dobrar a magnitude da carga no centro. Calcule a magnitude da força eletrostática que esta carga central experimenta agora.



b) Três cargas puntiformes de igual magnitude estão nos vértices de um triângulo equilátero ABC. Todas são liberadas simultaneamente. A carga em A experimenta uma aceleração inicial disposta ao longo do segmento AD, onde D é o ponto médio do segmento BC. Encontre a direção da aceleração inicial da carga em B.



Questão 02

As cargas pontuais $-q, 2q, -3q, q, -q, 2q, -3q, q, -q, 2q, -3q$ e q foram colocadas nas marcas 1, 2, 3, 4, 5, ..., 12 respectivamente no mostrador circular de um relógio analógico. Encontre a intensidade do campo elétrico no centro do mostrador se a distância de cada carga do centro for r.

Questão 03

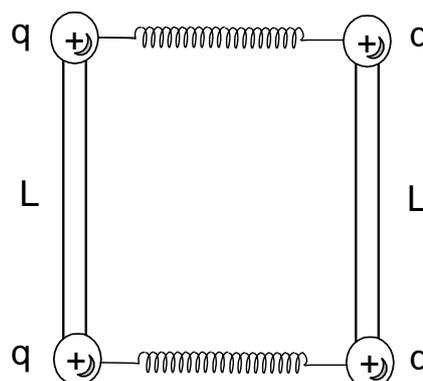
Três cargas pontuais $q_1 = q, q_2 = q$ e $q_3 = Q$ são colocadas em pontos cuja os vetores posições são \vec{r}_1, \vec{r}_2 e $\vec{r}_3 = \vec{r}_1 + \vec{r}_2$, respectivamente, com $|\vec{r}_1| = |\vec{r}_2| = r$. A força

eletrostática líquida que atua sobre q_3 é $\sqrt{3}$ vezes maior que a força aplicada por q_1 ou q_2 em q_3 . Determine o produto escalar entre os vetores \vec{r}_1 e \vec{r}_2 .

Questão 04

Duas hastes rígidas e não condutoras têm comprimento L cada uma e pequenas esferas conectadas às suas extremidades. As hastes são dispostas paralelamente e as esferas são conectadas por duas molas idênticas, como ilustra a figura abaixo. Quando cada bola recebe uma carga q, o sistema permanece em equilíbrio quando encontra-se na forma de um quadrado. Se o comprimento natural relaxado de cada mola for L/2, encontre a constante elástica das molas.

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do vácuo.



Questão 05

Cinco cargas idênticas, q_1 cada, são fixadas nos vértices de um pentágono regular com comprimento lateral ℓ_1 . A força eletrostática líquida em qualquer uma das cargas devido a outras quatro é F_1 . Encontre a força eletrostática F_2 em qualquer uma das cinco cargas idênticas, q_2 cada, fixadas nos vértices de um pentágono regular com comprimento lateral ℓ_2 .

Questão 06

Nos vértices de um quadrado regular com lado b, localizam-se, em cada vértice, um elétron (carga $-e$, massa m). Devido à ação das forças elétricas, os elétrons sofrem dispersão. Determine a velocidade de cada elétron no infinito.

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do meio.

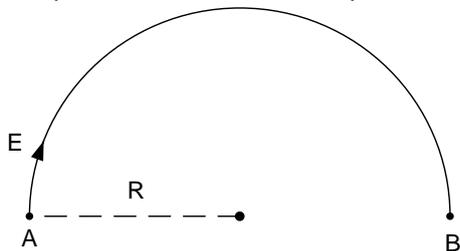
Questão 07

Determine as velocidades que terão dois elétrons (massa m, carga $-e$) quando estiverem distanciados $\lambda \cdot r$ ($\lambda > 1$), se os mesmos começam a movimentar-se a partir de uma distância r.

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do meio.

Questão 08

Em uma região do espaço, uma linha de campo elétrico tem a forma de um semicírculo de raio R . A magnitude do campo em todo ponto é E . Uma partícula de massa m com carga q é forçada a se mover ao longo dessa linha de campo. A partícula é liberada do repouso em A.



- a) Encontre sua energia cinética quando atingir o ponto B.
- b) Encontre a aceleração da partícula quando ela estiver no ponto médio do caminho de A a B.

Questão 09

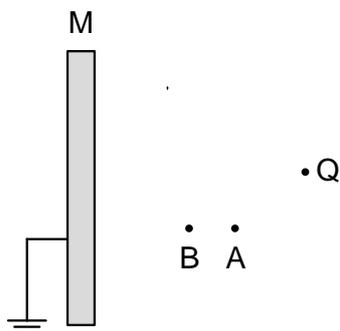
O campo elétrico $E = -b \cdot x + a$ existe em uma região paralela à direção X (a e b são constantes positivas). Uma partícula de carga com carga q e massa m é abandonada na origem do eixo X. Encontre a aceleração da partícula no instante em que sua velocidade se torna zero pela primeira vez após a liberação.

Questão 10

Três cascas esféricas concêntricas e condutoras de raios R , $2R$ e $3R$ encontram-se previamente carregadas com cargas desconhecidas. O potencial no centro das esferas é 50 V e o potencial das cascas de raios $2R$ e $3R$ valem 20 V e 10 V , respectivamente. Encontre o potencial da casca interna (de raio R).

Questão 11

Uma placa de metal M está aterrada. Uma carga pontual $+Q$ é colocada em frente a ela. Considere dois pontos A e B, como mostrado na figura. Em que ponto (A ou B) o campo elétrico é mais forte? Em que ponto o potencial é maior?



Questão 12

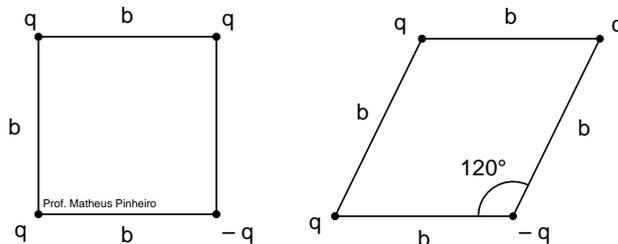
O potencial elétrico numa dada região é descrito em função das coordenadas (x, y, z) pela expressão:

$$V(x,y,z) = \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{y} + \frac{2}{z} \right) \text{ volts, onde } x, y \text{ e } z \text{ estão em metros.}$$

Uma partícula de carga positiva $q = 1\text{ pC}$ e massa 10^{-9} g é forçada a se mover no plano xy . Encontre o vetor aceleração inicial da partícula se ela for liberada na posição $(1, 1, 1)\text{ m}$.

Questão 13

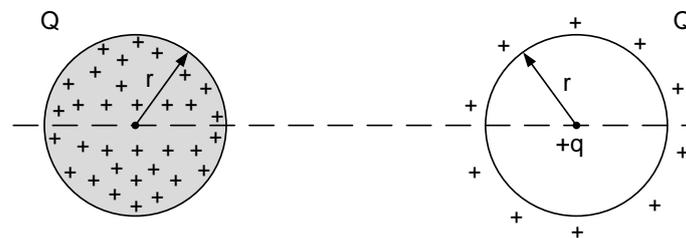
Quatro cargas pontuais q, q, q e $-q$ são fixadas nos vértices de um quadrado de comprimento lateral b . A configuração é alterada e as cargas são reposicionadas nos vértices de um losango de comprimento lateral a com carga $-q$ no vértice onde o ângulo é de 120° . Encontre o trabalho realizado pelo agente externo para alterar a configuração.



Questão 14

Na figura temos uma esfera (figura da esquerda) e uma casca esférica (figura da direita) de mesmo raio r . A esfera está carregada com carga $+Q$ que se encontra distribuída uniformemente por todo o seu volume. A casca esférica encontra-se carregada com carga $+Q$ distribuída uniformemente ao longo de sua superfície. Considere que a esfera e a casca esférica estão muito distantes uma da outra.

Dado: ϵ = permissividade elétrica do meio.



- a) Uma carga pontual $+q$ é movida lentamente do centro da casca (através de um pequeno orifício nela) para o centro da esfera. Encontre o trabalho realizado pelo agente externo no processo. Considere que a carga $+q$ é pequena o suficiente para não alterar a distribuição de carga da casca e da esfera.
- b) A esfera e a casca são aproximadas de modo que seus centros fiquem separados por $4r$. Calcule a quantidade de trabalho necessária para mover lentamente uma carga pontual $+q$ do centro da casca para o centro da esfera. Suponha que a esfera e a casca não alteram a distribuição de cargas uma da outra. Suas respostas em (a) e (b) diferem? Por quê?

Questão 15

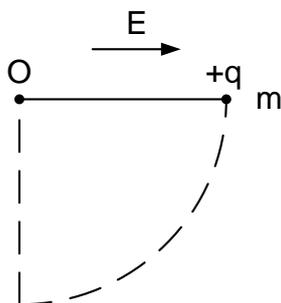
Uma esfera uniformemente carregada possui carga Q . Um elétron (carga $-e$, massa m) gira em torno dela em uma órbita circular de raio r .

Dado: ϵ = permissividade elétrica do meio.

- a) Escreva uma expressão para a energia mecânica do sistema em termos dos parâmetros descritos.
- b) Se o período de revolução do elétron na órbita circular do raio r é T , encontre o novo período de revolução se o raio orbital for alterado para $4r$.

Questão 16

Existe um campo elétrico horizontal uniforme de força E em uma região. Um pêndulo é puxado para tornar a corda horizontal e liberada. A massa m na extremidade do fio encontra-se eletrizada com carga $+q$.



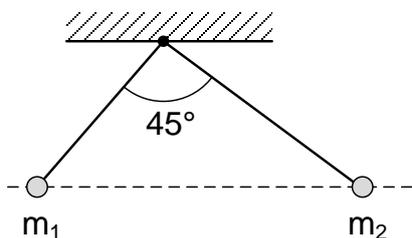
- a) Encontre o ângulo máximo (θ_0) que a massa oscila antes de descansar momentaneamente.
- b) Encontre E se a massa parar quando a corda estiver na vertical.

Questão 17

Uma esfera condutora do raio R está carregada com uma carga $+Q$. A esfera encontra-se no interior de uma casca esférica de raio $2R$. Ambos, esfera e casca, são concêntricas. A carga da esfera é transferida em parcelas infinitesimais para a casca externa. Calcule o trabalho realizado por um agente externo na transferência de toda a carga da esfera interna para a externa.

Questão 18

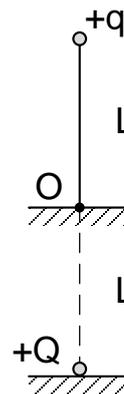
Dois massas desiguais, $m_1 = 2m$ e $m_2 = m$ estão carregadas positivamente com cargas de módulos desiguais. Elas são suspensas por dois fios ideais de comprimentos desiguais a partir de um ponto comum de modo que, em equilíbrio, ambas as massas estejam no mesmo nível horizontal. O ângulo entre as duas cordas é $\theta = 45^\circ$ nesta posição. Encontre a força eletrostática aplicada por m_1 em m_2 nesta posição.



Questão 19

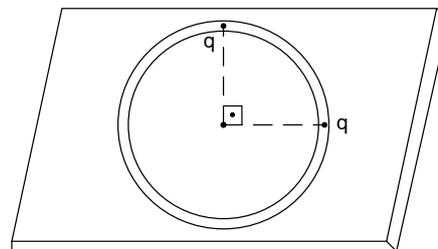
Uma partícula de massa m e carga $+q$ é presa a um fio isolante, leve e de comprimento L . A outra extremidade do fio é presa no ponto O . Exatamente abaixo do ponto O , há uma carga puntiforme $+Q$ fixada em uma superfície horizontal isolante. A partícula permanece em equilíbrio verticalmente acima da carga $+Q$ com a corda esticada. A distância da carga $+Q$ até o ponto O vale L . Encontre o valor mínimo de Q para o qual a partícula $+q$ estará em equilíbrio estável para qualquer empurrão horizontal suave dado a ela.

Dado: ϵ = permissividade elétrica do meio.



Questão 20

Um sulco circular horizontal é feito em uma placa de madeira. Duas cargas positivas (q cada) são colocadas na ranhura a uma separação de 90° (veja a figura). Onde devemos colocar (no sulco) uma terceira carga e qual deve ser sua magnitude Q de modo que as três cargas permaneçam em repouso após serem liberadas.



Resposta para dois casos:

- a) Quando a terceira carga é positiva.
 - b) Quando a terceira carga é negativa.
- Negligencie a fricção e assuma que a ranhura é muito fina, mas larga o suficiente para acomodar as partículas

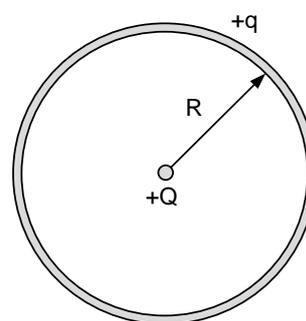
Questão 21

Dois cargas positivas idênticas Q cada, são fixadas no eixo x nos pontos $(-b, 0)$ e $(b, 0)$. Uma carga pontual de magnitude q é colocada na origem. Para pequenos deslocamentos ao longo do eixo x , a carga q executa um movimento harmônico simples se for positiva, sendo seu período de oscilação igual a T_1 . Se a carga q for negativa, ela executa oscilações quando deslocada ao longo do eixo y . Nesse caso, o período de pequenas oscilações é T_2 . Determine a razão $\frac{T_1}{T_2}$.

Questão 22

Um anel de raio R está carregado uniformemente com carga $+q$. Uma carga pontual $+Q$ é colocada no centro do anel.

Dado: K = constante eletrostática.

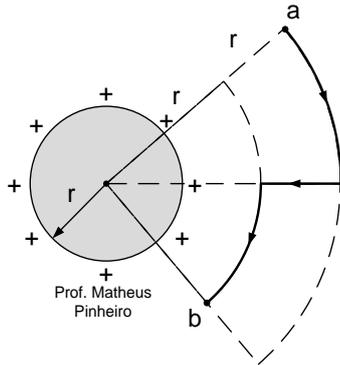


- a) Encontre o aumento da tensão no anel depois que a carga pontual for colocada no centro.
 b) Encontre o aumento de força entre as duas partes semicirculares do anel depois que a carga pontual for colocada no centro.

Questão 23 – Prof. Matheus Pinheiro

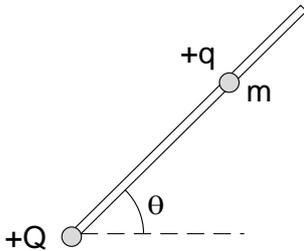
Uma esfera condutora está a um potencial elétrico de 600 V . Determine o trabalho realizado pela força elétrica para levar uma carga $q = -2C$ do ponto **a** até o ponto **b** através do trajeto mostrado na figura.

- a) - 200 J.
 b) + 200 J.
 c) + 300 J.
 d) - 300 J.
 e) + 600 J.



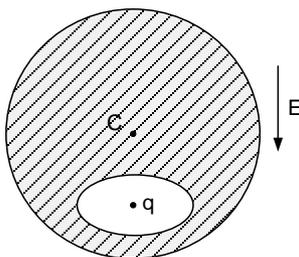
Questão 24

Uma haste fixa e lisa é inclinada em um ângulo θ em relação à horizontal. Na extremidade inferior da haste, há uma carga fixa $+Q$. Há uma conta de massa m e carga q , que pode deslizar livremente na haste. A separação de equilíbrio entre a conta e a carga fixa Q é d . Encontre a frequência de oscilação da conta se ele estiver um pouco deslocado de sua posição de equilíbrio. A gravidade local vale g .



Questão 25

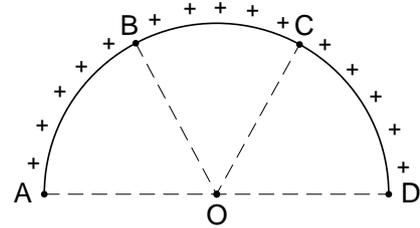
Um condutor esférico neutro possui uma cavidade. Uma carga pontual q está localizada dentro da cavidade e em equilíbrio. É ligado um campo elétrico externo (E), que é direcionado paralelamente à linha que une o centro da esfera à carga pontual.



- a) Qual é a direção da aceleração da partícula de carga dentro da cavidade depois que E é ligado.
 b) Como a carga induzida na parede da cavidade é afetada devido ao campo externo.

Questão 26

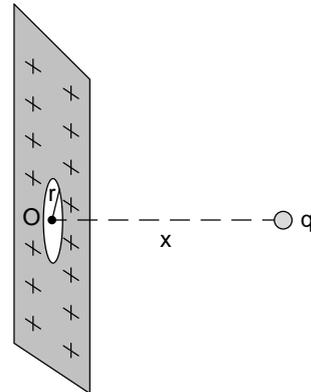
Um anel semicircular uniformemente carregado (ABCD) produz um campo elétrico E_0 no centro O . AB, BC e CD são três arcos iguais no anel. As partes AB e CD são cortadas de ambos os lados e removidas. Encontre o campo em O devido à parte restante BC.



Questão 27

Existe uma folha infinita e não condutora carregada com densidade uniforme de carga σ . O campo elétrico em um ponto P a uma distância x da folha é E_0 . A reta OP é perpendicular ao plano da folha. Uma porção circular do raio $r \ll x$ centrado em O é removida da folha. Agora o campo no ponto P se torna $E_0 - \Delta E$. Encontre ΔE .

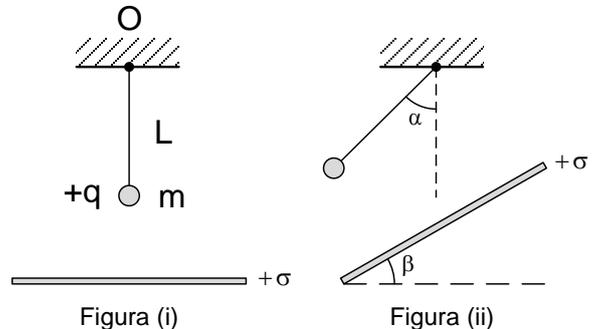
Dado: ϵ = permissividade elétrica do meio.



Questão 28

Um pêndulo tem uma esfera de massa m e carga positiva q presa em sua extremidade. O comprimento da corda do pêndulo é L . Por baixo do pêndulo, há uma grande folha de carga dielétrica horizontal com densidade uniforme de carga superficial de σ [figura (i)].

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do meio.

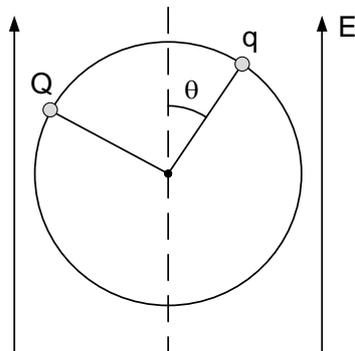


- a) Encontre o período de pequenas oscilações para o pêndulo.
 b) Agora a folha de carga dielétrica é inclinada para fazer um ângulo β com a horizontal. Encontre o ângulo (α) que a massa faz com a vertical na posição de equilíbrio. Encontre o período de pequenas oscilações neste caso. [figura (ii)]

Questão 29

Um anel não condutor uniforme tem massa m e raio R . Duas cargas pontuais q e Q são fixadas em sua circunferência a uma separação de $\sqrt{2}R$ entre si. O anel permanece em equilíbrio no ar com seu plano vertical em uma região onde existe um campo elétrico uniforme e vertical ascendente E .

Dado: $E = \frac{4 \cdot m \cdot g}{7 \cdot q}$.

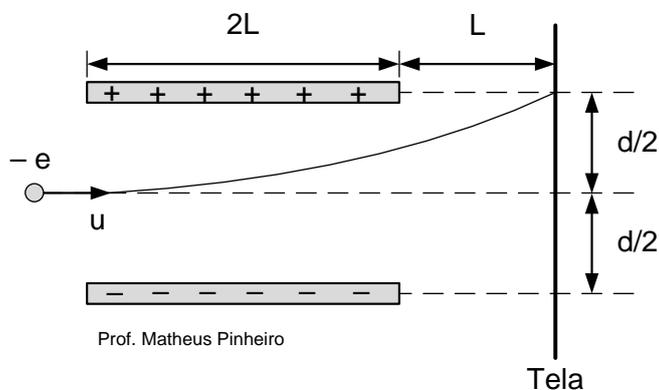


- a) Encontre o ângulo θ na posição de equilíbrio (veja a figura).
- b) O anel recebe uma pequena rotação no plano da figura e é liberado. Realizará oscilações?

Questão 30

Um elétron (carga = $-e$, massa = m) é projetado horizontalmente em um campo elétrico uniforme produzido entre duas placas paralelas com carga de sinais opostas, como mostra a figura. A densidade de carga em ambas as placas é de $\pm\sigma$ e a separação entre elas é d . Você deve assumir que apenas a força elétrica atua no elétron e não há campo fora das placas. O elétron é lançado com velocidade inicial u , paralelas as placas. O comprimento das placas é $2L$ e há uma tela perpendicular a elas à distância L . Despreze os efeitos gravitacionais.

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do meio.



- a) Encontre σ se o elétron atinge a tela em um ponto que está na mesma altura da placa superior.
- b) Determine o ângulo θ que o vetor velocidade do elétron faz com a tela no momento que o atinge.

Questão 31

Uma partícula é projetada a uma velocidade de $u = 40$ m/s na direção vertical para cima em um local onde existe um campo elétrico uniforme horizontal E_0 . A carga da partícula é dada por $q = \frac{4 \cdot g}{3 \cdot E_0}$.

- a) Encontre o instante (após a projeção), quando a velocidade da partícula será menor.
- b) Encontre o instante (após a projeção) em que o deslocamento da partícula se torna perpendicular à sua aceleração.
- c) Supondo que a partícula tenha sido projetada de uma grande altura e o campo elétrico esteja presente em uma região grande, que ângulo a velocidade da partícula fará com a horizontal após um longo tempo?

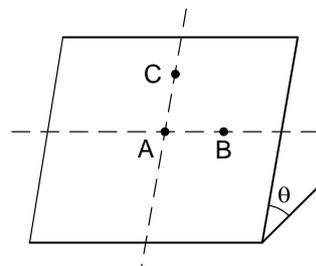
Questão 32

Uma partícula carregada de massa m é projetada em um campo elétrico uniforme com uma energia cinética K_0 . Após o um tempo t_0 , observou-se que a energia cinética da partícula era $\frac{K_0}{4}$ e sua velocidade era perpendicular ao campo. Negligencie os efeitos gravitacionais.

- a) Quanto tempo a mais é necessário para a partícula recuperar sua energia cinética perdida?
- b) Escreva o impulso da força elétrica que atua na partícula entre os dois pontos onde sua energia cinética é K_0 .

Questão 33

Sabe-se que existe um campo elétrico uniforme em uma determinada região. Imagine que nessa mesma região existe um plano inclinado em $\theta = 37^\circ$ em relação à horizontal. Quando se move horizontalmente ao longo da inclinação de A para B ($AB = 1$ cm), o potencial elétrico diminui em 10 V. Da mesma forma, o potencial em C ($AC = 1$ cm) é menor que o potencial em A por 10 V, onde a linha AC fica na inclinação e é perpendicular a AB. Quando se move verticalmente do ponto A para o ponto D ($AD = 1$ cm), o potencial cai novamente em 10 V. Encontre a magnitude do campo elétrico na região e o ângulo que ele faz com a vertical.

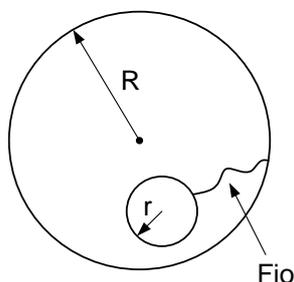


Questão 34

Quando um disco condutor é girado em torno de seu eixo, a força centrífuga faz com que os elétrons livres sejam empurrados em direção à borda. Isso causa uma espécie de polarização e um campo elétrico é induzido. O movimento radial dos elétrons livres para quando a força elétrica em um elétron equilibra a força centrífuga. Calcule a diferença de potencial desenvolvida no centro e na borda de um disco de raio R girando com velocidade angular ω . Considere a massa e a carga de um elétron como sendo e e m , respectivamente.

Questão 35

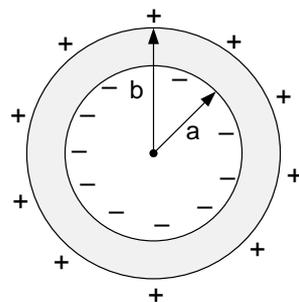
Uma esfera condutora de raio r é carregada e apresenta um potencial V_0 . A esfera é envolta por uma casca esférica condutora de raio R ($> r$). Em seguida, a esfera e a casca esférica são conectadas por um fio condutor. Encontre o potencial da casca esférica.



Questão 36

Uma carcaça esférica condutora grossa de raio interno a e raio externo b é mostrada na figura. Observa-se que a face interna do invólucro possui uma densidade uniforme de carga $-\sigma$. A superfície externa também possui uma densidade uniforme de carga superficial $+\sigma$.

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do meio.



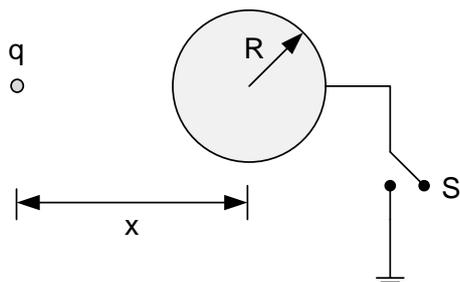
- a) Você pode dizer, com confiança, que deve haver uma carga dentro da carcaça? Encontre a carga líquida presente na carcaça.
- b) Encontre o potencial da carcaça.

Questão 37

Uma bolha condutora do raio b e espessura t ($t \ll b$) tem potencial V . Agora, a bolha entra em colapso e se transforma em uma gota. Encontre o potencial da gota assumindo que não haja vazamento de carga.

Questão 38

Uma carga pontual q é colocada a uma distância x do centro de uma esfera condutora de raio R ($< x$).

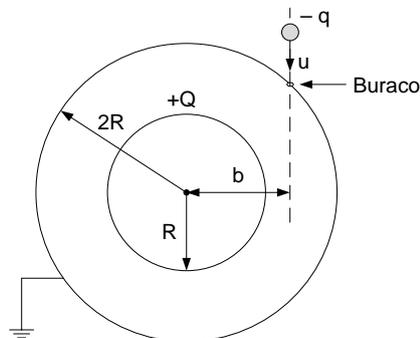


- a) Quanta carga fluirá através do interruptor S quando ele estiver fechado para aterrar a esfera?
- b) Encontre a corrente através do interruptor S no instante em que a carga q é movida em direção à esfera com velocidade V .

Questão 39

Duas cascas esféricas concêntricas têm raios R e $2R$. A casca externa é aterrada e a interna recebe uma carga $+Q$. Uma pequena partícula com massa m e carga $-q$ entra na casca externa através de um pequeno orifício nela. A velocidade da carga no instante em que entrou na casca externa é u e sua linha de movimento inicial estava a uma distância $b = \sqrt{2} \cdot R$ do centro.

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do meio.



- a) Encontre o raio de curvatura do caminho da partícula imediatamente após ela entrar na casca externa.
 - b) Encontre a velocidade com que a partícula atingirá a casca interna.
- Suponha que a distribuição de carga nas esferas não mude devido à presença da partícula carregada.

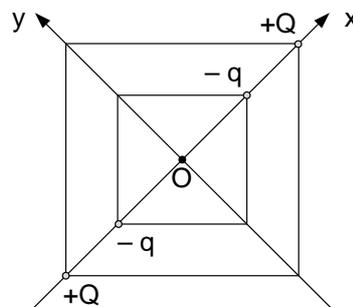
Questão 40

As cargas q , $3q$ e $12q$ devem ser colocadas em uma linha reta AB com 12 cm de comprimento. Duas das cargas devem ser colocadas nos pontos finais A e B e a terceira carga pode ser colocada em qualquer lugar entre A e B . Encontre a posição de cada carga para que a energia potencial do sistema seja mínima. Na posição de energia potencial mínima, qual é a força na menor carga?

Questão 41

Dois quadrados de lados a e $2a$ são colocados no plano xy com seus centros na origem do sistema de coordenadas. Duas cargas, $-q$ cada, são fixadas nos vértices do quadrado menor (no eixo X). Duas cargas, Q cada, são fixadas nos vértices do quadrado maior no eixo X (veja a figura).

Dado: K = constante eletrostática.

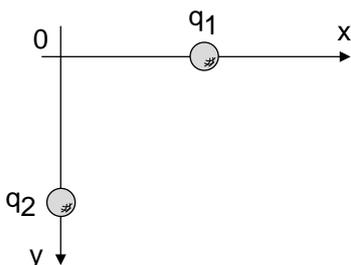


- a) Encontre o trabalho necessário para mover lentamente o quadrado maior para o infinito a partir da posição mostrada.
- b) Encontre o trabalho realizado pelo agente externo para girar lentamente o quadrado interno em 90° em torno do eixo Y , seguido de uma rotação de 90° em torno do eixo Z .

Questão 42

Uma esfera eletrizada com carga $q_1 = +5\mu\text{C}$ e massa 1g pode deslizar sem fricção sobre um arame muito largo disposto ao longo do eixo x , como se mostra na figura. Uma outra esfera eletrizada com carga $q_2 = +2\mu\text{C}$ se encontra fixa no ponto $(0, -4)\text{cm}$. Se q_1 parte do repouso do ponto $(3, 0)\text{cm}$, determine sua velocidade, em m/s , para distâncias muito grandes, isto é, para $x \rightarrow \infty$.

Dado: Constante eletrostática $k = 9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$.

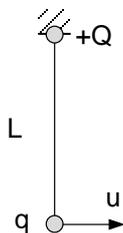


Questão 43

Um pêndulo simples tem comprimento L . O pêndulo tem massa m e carga q . Uma carga pontual Q é fixada no ponto de suspensão. Encontre a velocidade mínima (u) da projeção no ponto mais baixo para que o pêndulo complete o loop vertical. A gravidade local vale g . Dê sua resposta para os dois casos a seguir:

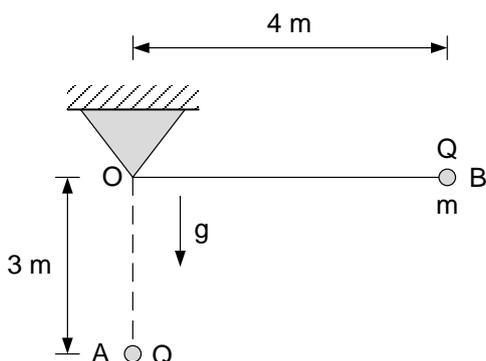
a) $Q = \frac{8 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot L^2 \cdot m \cdot g}{q}$

b) $Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot L^2 \cdot m \cdot g}{q}$



Questão 44

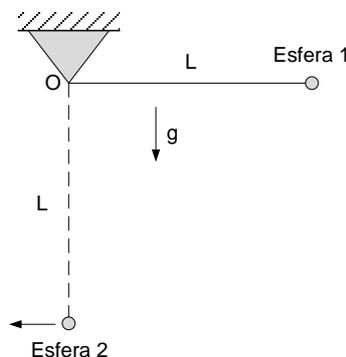
Abaixo da extremidade fixa O existe uma carga puntiforme fixa em A de valor $Q = 20\mu\text{C}$. Preso a extremidade O existe um fio ideal. Fixo na outra extremidade do fio, no ponto B , existe um pequeno corpo de massa m e carga $Q = 20\mu\text{C}$. A massa é liberada do repouso a partir da posição mostrada na figura e é constatado que ela para quando o fio fica na vertical. Suponha que durante o movimento subsequente a carga fixa em A não seja atingida. Considere, se necessário, $g = 10 \text{m/s}^2$.



- a) Calcule o valor da massa m .
- b) Calcule o valor da tensão no fio na posição de equilíbrio, quando a linha estiver na vertical.
- c) O equilíbrio mencionado em (b) é estável ou instável?

Questão 45

Uma pequena esfera de massa m e carregada positivamente é suspensa por um fio isolante de comprimento L . Esta bola permanece em equilíbrio com a corda disposta horizontalmente quando outra pequena esfera carregada também positivamente é colocada exatamente a uma distância L abaixo do ponto de suspensão da primeira esfera. A segunda esfera é lentamente afastada da primeira para um ponto distante. (A segunda esfera é movida horizontalmente para que a primeira não acelere). Como resultado, a primeira esfera abaixa para a posição original da segunda e a corda se torna vertical. Encontre o trabalho realizado pelo agente externo na remoção da segunda esfera. A gravidade local vale g .



Questão 46

Uma partícula (A) com carga Q e massa m está em repouso e é livre para se mover. Outra partícula (B) com carga q e massa m é projetada de uma grande distância em direção à primeira partícula com velocidade u .

- a) Calcule a menor energia cinética do sistema durante o movimento subsequente.
- b) Encontre a velocidade final de ambas as partículas. Considere apenas a força de Coulomb.

Questão 47

Ainda em relação a questão anterior. Considere agora que as duas partículas A e B são inicialmente mantidas a uma distância $r = \frac{q \cdot Q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot u^2}$ entre si. A partícula B é

projetada diretamente em direção a A com velocidade u e a partícula A é liberada simultaneamente. Encontre a velocidade da partícula A depois de um longo tempo. Considere apenas a força de Coulomb.

Questão 48

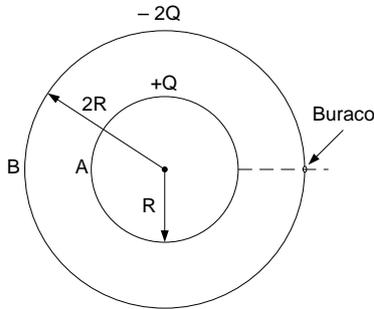
Dois esferas de massas m e $2m$, ambas carregadas positivamente, são liberadas simultaneamente a partir de uma altura h com separação horizontal entre elas igual a d . A esfera de massa $2m$ atinge o solo com seu vetor velocidade fazendo um ângulo de 45° com a horizontal. A gravidade local vale g .

- a) Determine o ângulo θ que o vetor velocidade da esfera de massa m faz com a horizontal no instante em que atinge o chão.
- b) Encontre o trabalho realizado pela força elétrica durante o curso da queda das duas esferas.

Questão 49

A e B são duas cascas esféricas concêntricas feitas de condutor. Seus raios são R e $2R$, e encontram-se carregadas com Q e $-2Q$, respectivamente. Um elétron (carga $= -e$) escapa da superfície do invólucro interno A e se move em direção a um pequeno orifício no invólucro externo B.

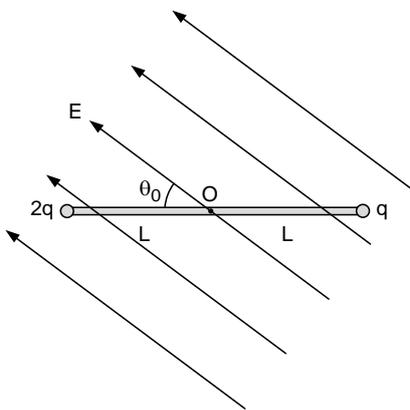
Dado: K = Constante eletrostática.



- a) Qual deve ser a mínima energia cinética fornecida ao elétron para que ele possa escapar para o infinito através do pequeno orifício na casca externa?
- b) Qual será a sua resposta se a carga nas duas cascas fosse $+Q$?

Questão 50

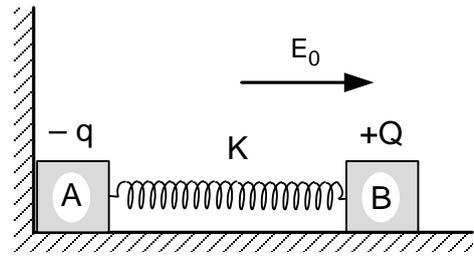
Uma haste fina e uniforme de massa M e comprimento $2L$ é articulada em seu centro O , para que possa girar livremente no plano horizontal sobre o eixo vertical através de O . Nas extremidades, a haste isolante possui duas cargas pontuais $2q$ e q (veja a figura). Um campo elétrico E é ligado fazendo um ângulo $\theta_0 = 60^\circ$ com a posição inicial da haste. O campo é uniforme e horizontal.



- a) Calcule a velocidade angular máxima da haste durante o movimento subsequente.
- b) Encontre a aceleração angular máxima da haste.

Questão 51

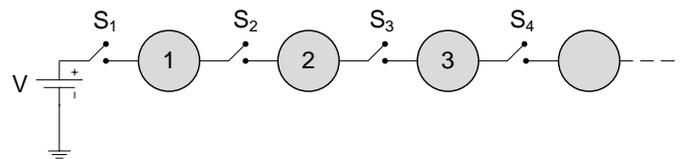
Dois blocos A e B são conectados por uma mola feita de um material não condutor. Os blocos são colocados em uma superfície horizontal lisa e não condutora (veja a figura). A parede que toca em A também não é condutora. O bloco A está carregado com uma carga $-q$. Existe um campo elétrico uniforme de intensidade E_0 na direção horizontal, em toda a região. Encontre o valor da carga positiva mínima Q que devemos colocar no bloco B para que ao liberar o sistema o bloco A subsequentemente entre em contato com a parede. A constante elástica da mola é k . Negligencie a interação entre as cargas dos blocos.



Questão 52

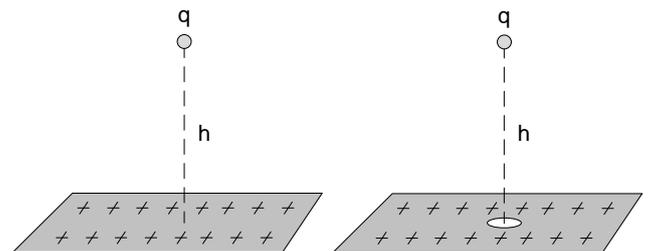
Um enorme número de esferas condutoras idênticas foi dispostas conforme ilustrado na figura. O raio de cada esfera é R e inicialmente todas estão descarregadas. Primeiramente fecha-se o interruptor S_1 a fim de conectar a esfera 1 ao terminal positivo de uma bateria de voltagem V cujo outro terminal está aterrado. Após algum tempo, o interruptor S_1 é aberto e S_2 é fechado. Posteriormente, S_2 é aberto e S_3 é fechado, depois S_3 é aberto e S_4 é fechado. O processo continua até o último comutador ser fechado. Considere a bateria e as esferas como seu sistema e calcule a perda de energia do sistema em todo o processo.

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do meio.



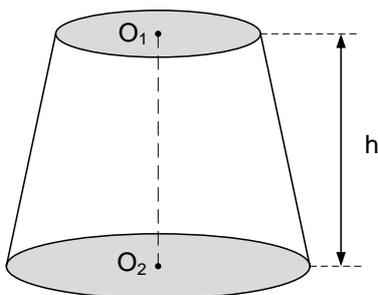
Questão 53

Uma pequena esfera de carga $+q$ está sendo mantida em equilíbrio estático a uma altura h acima de uma grande placa dielétrica horizontal uniformemente carregada com densidade de carga superficial σ . Encontre a aceleração da esfera se um disco de raio r ($\ll h$) for removido da placa diretamente abaixo da bola.



Questão 54

Um tronco de cone é cortado a partir de um cone circular reto. As duas faces circulares têm raios R e $2R$ e seus centros estão em O_1 e O_2 , respectivamente. A altura do tronco é $h = 3R$. Quando uma carga pontual $+q$ é colocada em O_1 , o fluxo do campo elétrico através da face circular do raio $2R$ é ϕ_1 e quando a mesma carga q é colocada em O_2 , o fluxo através da outra face circular é ϕ_2 . Calcule a razão $\frac{\phi_1}{\phi_2}$.



Questão 55

Uma bolha de sabão de raio $R = 1 \text{ cm}$ é carregada com a carga máxima de modo a não romper a rigidez dielétrica do ar. Calcule, nessa circunstância, a pressão eletrostática na superfície da bolha. Sabe-se que a quebra da rigidez dielétrica do ar ocorre quando o campo elétrico se torna maior que $E_0 = 3 \cdot 10^6 \text{ V/m}$.

Dado: $\epsilon_0 \approx 8,8 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ (permissividade elétrica)

Questão 56

Uma esfera condutora de raio R é cortada em duas metades que são mantidas juntas por uma mola rígida localizada dentro da esfera.

Dado: ϵ_0 = permissividade elétrica do meio.

- a) Encontre a mudança de tensão na mola se a esfera receber uma carga Q .
- b) Encontre a mudança de tensão na mola correspondente à carga máxima que pode ser colocada na esfera. O campo elétrico que ocasiona a ruptura da rigidez dielétrica do ar ao redor da esfera é E_0 .

Questão 57

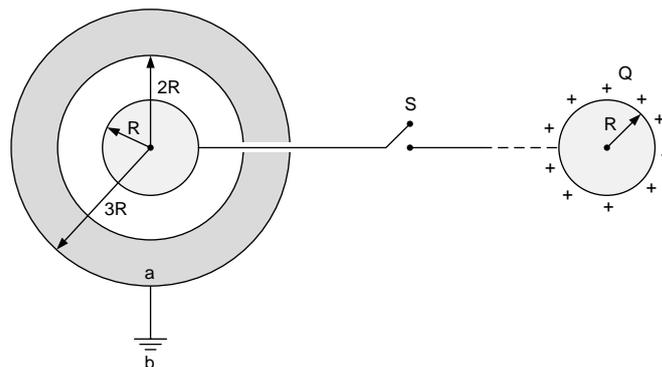
Uma bola de massa m e carregada com carga q é lançada verticalmente para cima de uma altura h sobre um plano horizontal e não condutor. Existe um campo elétrico uniforme E_0 na direção vertical, sentido para baixo, e o coeficiente de restituição entre a bola e o plano é e . Encontre a altura máxima atingida pela bola após a n -ésima colisão.

Questão 58

Considere a situação descrita na questão anterior. Dessa vez, o campo elétrico na direção vertical é desligado e um campo elétrico uniforme de intensidade E é ligado na direção horizontal. Encontre a velocidade horizontal da bola no instante em que ocorre a n -ésima colisão. Calcule também o intervalo de tempo entre a n -ésima e $(n + 1)$ -ésima colisão.

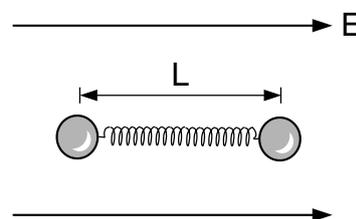
Questão 59

Uma esfera condutora sólida de raio R é cercada por uma coroa metálica concêntrica de raio interno $2R$ e raio externo $3R$. A coroa está aterrada. A esfera interna é conectada a um comutador S por um fio condutor fino através de um pequeno orifício na coroa. Ao fechar o comutador S , a esfera interna é conectada a uma esfera condutora distante de raio R com carga $+Q$. Encontre a carga que flui para a terra através do fio ab .



Questão 60

Duas pequenas esferas condutoras idênticas, cada uma com raio r e massa m , são colocadas em uma mesa horizontal sem atrito e conectadas por uma mola condutora de constante elástica K e comprimento não deformado L ($L \gg r$). Um campo elétrico uniforme de força E é ligado na direção horizontal paralela à mola.

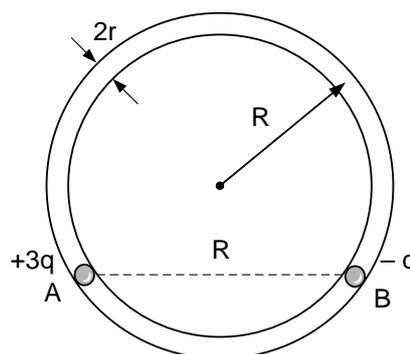


- a) Quanta carga aparecerá nas duas esferas quando estiverem na separação L .
- b) O sistema falha em oscilar se $K < K_0$. Encontre K_0 .
- c) Supondo $K = 2 \cdot K_0$, encontre o período de oscilação após o campo elétrico ser ligado.

Questão 61

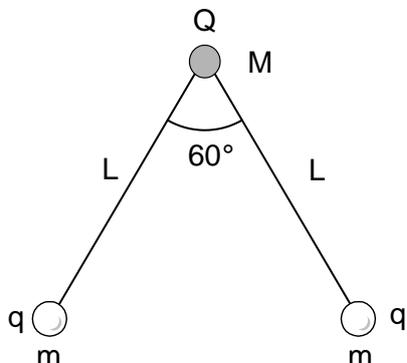
Em uma mesa horizontal, existe um sulco circular suave de raio médio R . As paredes do sulco não são condutoras. Duas esferas de metal (cada uma com massa m e raio r) são colocadas dentro do sulco com seus centros separados de R . As bolas apenas encaixam dentro do sulco. As duas bolas recebem carga $+3q$ e $-q$ e são liberadas do estado de repouso. Ignore a não uniformidade na distribuição de carga à medida que as bolas se aproximam e colidem. A colisão é elástica. Encontre a velocidade máxima adquirida por cada bola após colidir pela primeira vez.

Dado: Despreze as auto energias individuais de cada esfera. K = Constante eletrostática.



Questão 62

Uma partícula com carga Q e massa $M = 2m$ está ligada a duas partículas idênticas, cada uma com massa m e carga q . As cordas têm o mesmo comprimento, L cada, e são inextensíveis. O sistema é mantido em repouso em uma superfície horizontal lisa (com a corda esticada) em uma posição em que as cordas fazem um ângulo de 60° entre si. A partir desta posição, o sistema é liberado.

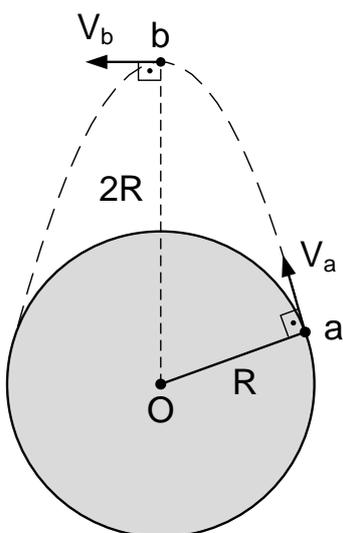


- a) Encontre a amplitude de oscilação de M
- b) Encontre a velocidade máxima adquirida por M
- c) Encontre tensão na corda quando todas as três partículas entrarem em uma linha reta.

Questão 63

Um elétron é lançado da superfície de um condutor esférico (ponto a) com velocidade inicial tangente ao condutor. A energia cinética de lançamento é 200 eV e o condutor está eletrizado com uma carga $Q = 0,01 \mu\text{C}$. A influência do elétron sobre a distribuição de cargas do condutor é desprezível. Qual deve ser o raio do condutor para que o máximo afastamento (ponto b) do elétron de sua superfície seja igual ao raio? (Despreze dissipações de energia).

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

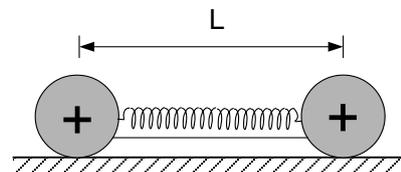


Questão 64

Na figura, temos um sistema massa-mola-massa composto por 2 esferas metálicas de carga Q e massa m , e por uma mola de constante elástica K_m , comprimento

L , inicialmente não alongada. O sistema é mantido em equilíbrio pela ação de um fio de nylon não elástico, preso às esferas. Rompendo-se este fio, qual a distância máxima entre as esferas?

Dados: $K_m = 1 \text{ N/m}$; $L = 1 \text{ m}$; $Q = 10 \mu\text{C}$; $K = 10^{10} \text{ (SI)}$

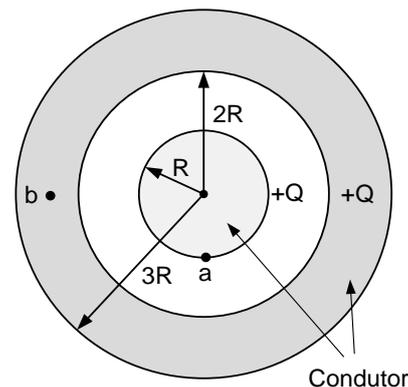


Questão 65

A figura abaixo ilustra uma esfera de raio R carregada com carga $+Q$ que se encontra no interior de uma coroa esférica de raio interno $2R$ e externo $3R$, também carregada com carga $+Q$. A esfera e a coroa são constituídos de um material condutor. Determine a diferença de potencial entre os pontos a e b , $U_{ab} = V_a - V_b$, onde a é um ponto na superfície da esfera de raio R e b um ponto no interior da coroa.

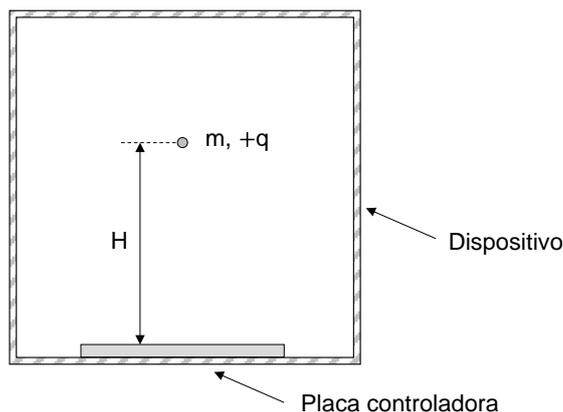
Dado: $K =$ Constante eletrostática.

- a) $U_{ab} = \frac{2 \cdot K \cdot Q}{3 \cdot R}$
- b) $U_{ab} = \frac{2 \cdot K \cdot Q}{R}$
- c) $U_{ab} = \frac{3 \cdot K \cdot Q}{R}$
- d) $U_{ab} = \frac{K \cdot Q}{2 \cdot R}$
- e) $U_{ab} = \frac{K \cdot Q}{3 \cdot R}$



Questão 66

Uma partícula puntiforme de massa m e carga $+q$ é abandonada de uma altura H acima de uma placa que controla um dispositivo capaz de gerar um campo elétrico E no seu interior. Cada vez que a partícula colide com a placa, ela liga ou desliga o dispositivo. Sabendo que a gravidade no local é g e que o coeficiente de restituição do choque entre a partícula e a placa controladora do dispositivo vale e , o intervalo de tempo decorrido até que a partícula atinja o repouso é:



Considerações:

- O dispositivo encontra-se inicialmente desligado;
- O campo elétrico E gerado pelo dispositivo é uniforme, vertical e dirigido para baixo;
- Admite-se que o campo elétrico é ligado e desligado instantaneamente;
- Despreze a resistência do ar e a duração das colisões.

- a) $\sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \cdot \left(\frac{e}{1-e^2}\right) \cdot \left[1+e^2 - \frac{2 \cdot e}{1 + \frac{E \cdot q}{m \cdot g}}\right]$
- b) $\sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \cdot \left(\frac{1}{1+e^2}\right) \cdot \left[1+e^2 - \frac{2 \cdot e}{1 - \frac{E \cdot q}{m \cdot g}}\right]$
- c) $\sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \cdot \left(\frac{1}{1+e^2}\right) \cdot \left[1+e^2 + \frac{2 \cdot e}{1 - \frac{E \cdot q}{m \cdot g}}\right]$
- d) $\sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \cdot \left(\frac{1}{1-e^2}\right) \cdot \left[1+e^2 + \frac{2 \cdot e}{1 + \frac{E \cdot q}{m \cdot g}}\right]$
- e) $\sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} \cdot \left(\frac{e}{1-e^2}\right) \cdot \left[1+e^2 + \frac{2 \cdot e}{1 + \frac{E \cdot q}{m \cdot g}}\right]$

Questão 67

Duas partículas de mesma massa m e carga q estão, inicialmente, separadas infinitamente. As partículas passam a se mover com velocidade de mesmo módulo v, porem sentidos opostos, uma em direção a outra, conforme ilustra a figura abaixo. A mínima distância d que separa as partículas no movimento subsequente vale:

Dado: Permissividade elétrica do meio = ϵ_0 .



- a) $d = \frac{4 \cdot q^2}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot v^2}$
- b) $d = \frac{q^2}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot v^2}$
- c) $d = \frac{q^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot v^2}$
- d) $d = \frac{q^2}{8 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot v^2}$
- e) $d = \frac{2 \cdot q^2}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot v^2}$

Questão 68

Uma bolha contendo ar está localizada num meio no qual a pressão p e temperatura T são invariáveis. A bolha tem forma esférica de raio a. Carrega-se a bolha de tal forma que ela adquiere um potencial elétrico V e como consequência o seu raio passa a ser igual a b. Sendo ϵ a permissividade do meio, o valor do potencial V é

- a) $\sqrt{\frac{p \cdot (b^3 - a^3)}{\epsilon \cdot b}}$
- b) $\sqrt{\frac{2 \cdot p \cdot (b^3 - a^3)}{\epsilon \cdot b}}$
- c) $\sqrt{\frac{2 \cdot p \cdot (2 \cdot b^3 - a^3)}{3 \cdot \epsilon \cdot b}}$
- d) $\sqrt{\frac{p \cdot (b^3 - a^3)}{3 \cdot \epsilon \cdot b}}$
- e) $\sqrt{\frac{p \cdot (b^3 - a^3)}{2 \cdot \epsilon \cdot b}}$

Questão 69

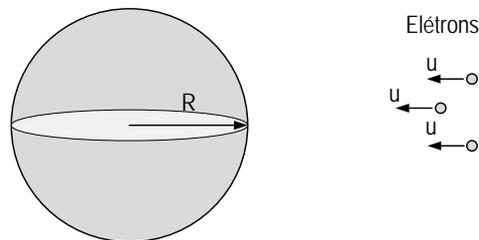
Uma esfera condutora de massa m e carga q se desintegra como consequência de uma explosão em grande quantidade de fragmentos idênticos. Cada fragmento tem velocidade de módulo u dirigida ao longo do raio R da esfera. Determine a velocidade máxima dos fragmentos.

Dado: A permissividade elétrica do meio vale = ϵ_0 .

Questão 70

Vários elétrons vindos do infinito com velocidade u incidem sobre uma esfera metálica isolada de raio R. Determine a elevação de temperatura da esfera após terminado seu processo de carga. A capacidade térmica da esfera é C.

Dados: Carga do elétron = e; Massa do elétron = m; Permissividade elétrica = ϵ_0 .



Elétrons

u ← ○

u ← ○

u ← ○

Gabarito:

01. Resposta: a) $2F$ em direção ao ponto F, b) Em uma direção fazendo um ângulo de 60° com o segmento BA (do lado de fora do triângulo).

02. Resposta: Nulo.

03. Resposta: $\frac{r^2}{2}$.

04. Resposta: $k = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot L^3} \cdot \left(\frac{2 \cdot \sqrt{2} + 1}{\sqrt{2}} \right)$.

05. Resposta: $F_2 = \left(\frac{q_2^2 \cdot \ell_1^2}{q_1^2 \cdot \ell_2^2} \right) \cdot F_1$.

06. Resposta: $V = \sqrt{\frac{e^2 \cdot (4 + \sqrt{2})}{8 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot b}}$.

07. Resposta: $V = \frac{e}{\sqrt{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r \cdot m}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda - 1}{\lambda}}$.

08. Resposta: a) $\pi \cdot q \cdot E \cdot R$, b) $\frac{q \cdot E}{m} \cdot \sqrt{1 + \pi^2}$.

09. Resposta: $-\frac{q \cdot a}{m}$.

10. Resposta: 50 V.

11. Resposta: $E_A > E_B$ e $V_A > V_B$.

12. Resposta: $\vec{a} = (\hat{i} + \hat{j})m/s^2$.

13. Resposta: $\tau_{\text{agente}} = -\frac{K \cdot q^2}{b} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \right)$.

14. Resposta: a) $\tau_{\text{agente}} = \frac{Q \cdot q}{8 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r}$,

b) $\tau_{\text{agente}} = \frac{Q \cdot q}{8 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r}$.

15. Resposta: a) $E_{\text{mec}} = -\frac{Q \cdot e}{8 \cdot \pi \cdot \epsilon}$, b) $8T$.

16. Resposta: a) $\theta_0 = 2 \cdot \text{tg}^{-1} \left(\frac{q \cdot E}{m \cdot g} \right)$, b) $E = \frac{m \cdot g}{q}$.

17. Resposta: $\tau_{\text{agente}} = -\frac{Q^2}{16 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot R}$.

18. Resposta: $F = \left(\frac{\sqrt{17} - 3}{2} \right) \cdot m \cdot g$.

19. Resposta: $Q > \frac{32 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot L^2 \cdot m \cdot g}{q}$.

20. Resposta: a) $Q = +3,14 \cdot q$, b) $Q = -0,22 \cdot q$.

21. Resposta: $T_1 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot b^3}{4 \cdot K \cdot Q \cdot q}}$

e $T_2 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot b^3}{2 \cdot K \cdot Q \cdot q}}$, assim $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

22. Resposta: a) $\Delta T = \frac{K \cdot Q \cdot q}{2 \cdot \pi \cdot R^2}$, b) $\frac{K \cdot Q \cdot q}{\pi \cdot R^2}$.

23. Resposta: item B.

24. Resposta: $f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \text{sen}\theta}{d}}$.

25. Resposta: a) A aceleração é nula, b) A carga induzida na parede da cavidade não é afetada.

26. Resposta: $\frac{E_0}{2}$.

27. Resposta: $\Delta E = \frac{\sigma}{4 \cdot \epsilon} \cdot \frac{r^2}{x^2}$.

28. Resposta: a) $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g - \frac{q \cdot \sigma}{2 \cdot m \cdot \epsilon_0}}}$,

b) $\text{tg}\alpha = \frac{q \cdot E \cdot \text{sen}\beta}{m \cdot g - q \cdot E \cdot \text{cos}\beta}$ e $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{\gamma}}$, onde

$E = \frac{\sigma}{2 \cdot \epsilon_0}$ e $\gamma = \sqrt{g^2 + \left(\frac{q \cdot E}{m} \right)^2 - 2 \cdot g \cdot \left(\frac{q \cdot E}{m} \right) \cdot \text{cos}\beta}$.

29. Resposta: a) $\text{tg}\theta = \frac{3}{4}$, b) Sim.

30. Resposta: a) $\sigma = \frac{m \cdot d \cdot \epsilon_0 \cdot u^2}{8 \cdot e \cdot L^2}$,

b) $\theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{\epsilon_0 \cdot m \cdot u^2}{2 \cdot L \cdot e \cdot \sigma} \right)$.

31. Resposta: a) $\frac{36}{25}$ s, b) $\frac{72}{25}$ s, c) $\text{tg}^{-1} \left(\frac{3}{4} \right)$.

32. Resposta: a) t_0 , b) $\sqrt{6 \cdot m \cdot K_0}$.

33. Resposta: $E = 15 \text{ V/cm}$ e $\alpha = \text{cos}^{-1} \left(\frac{2}{3} \right)$.

34. Resposta: $\frac{m \cdot \omega^2 \cdot R^2}{2 \cdot e}$.

35. Resposta: $\frac{V \cdot r}{R}$.

36. Resposta: a) Sim, $4 \cdot \pi \cdot \sigma \cdot (b^2 - a^2)$, b) $\frac{b \cdot \sigma}{\epsilon_0}$.

37. Resposta: $V_{\text{gota}} = V \cdot \left(\frac{b}{3 \cdot t} \right)^{1/3}$.

38. Resposta: a) $-\frac{q \cdot R}{x}$, b) $i = \frac{q \cdot R \cdot V}{x^2}$.

39. Resposta: a) $r = \frac{16 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R^2 \cdot m \cdot u^2}{Q \cdot q}$,

b) $\sqrt{u^2 + \frac{Q \cdot q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot R}}$.

40. Resposta: Nula.

41. Resposta: a) $\tau_{\text{agente}} = \frac{8 \cdot \sqrt{2} \cdot K \cdot Q \cdot q}{3 \cdot a}$,

b) $\tau_{\text{agente}} = \left[\frac{8 \cdot \sqrt{2}}{3} - \frac{4 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{5}} \right] \cdot \frac{K \cdot Q \cdot q}{a}$.

42. Resposta: $V = 60 \text{ m/s}$.

43. Resposta: a) $u = \sqrt{4 \cdot g \cdot L}$, b) $u = \sqrt{\frac{9}{2} \cdot g \cdot L}$.

44. Resposta: a) $m = 72 \text{ g}$, b) $T = 4,32 \text{ N}$, c) Instável.

45. Resposta: $\tau_{\text{agente}} = -3 \cdot m \cdot g \cdot L$.

46. Resposta: a) $E_{\text{cin(mínima)}} = \frac{m \cdot u^2}{4}$, b) A se moverá para a direita com a velocidade u e B estará em repouso.

47. Resposta: $\left(\frac{1+\sqrt{3}}{2}\right) \cdot u$.

48. Resposta: a) $\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$, b) $6 \cdot m \cdot g \cdot h$.

49. Resposta: a) $\frac{K \cdot e \cdot Q}{2 \cdot R}$, b) $\frac{3 \cdot K \cdot e \cdot Q}{2 \cdot R}$.

50. Resposta: a) $\omega_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{3 \cdot q \cdot E}{M \cdot L}}$,

$$\text{b) } \alpha_{\text{máx}} = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot \frac{q \cdot E}{M \cdot L^2}.$$

51. Resposta: $Q = \frac{q}{2}$.

52. Resposta: $\frac{10}{3} \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R \cdot V^2$.

53. Resposta: $\left(\frac{r^2}{2 \cdot h^2}\right) \cdot g$.

54. Resposta: $\varphi_1 = \frac{q}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \left(1 - \frac{3}{\sqrt{13}}\right) e$

$$\varphi_2 = \frac{q}{2 \cdot \epsilon_0} \cdot \left(1 - \frac{3}{\sqrt{10}}\right), \text{ portanto } \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \left(\frac{\sqrt{13}-3}{\sqrt{10}-3}\right) \cdot \sqrt{\frac{10}{13}}.$$

55. Resposta: $39,6 \text{ N/m}^2$.

56. Resposta: a) $\frac{Q^2}{32 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R^2}$, b) $\frac{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot E_0^2 \cdot R^2}{2}$.

57. Resposta: $h_n = e^{2n} \cdot h$.

58. Resposta: $\Delta t = 2 \cdot e^n \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$

$$\text{e } v = \frac{q \cdot E}{m} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} \cdot \left[1 + 2 \cdot e \cdot \left(\frac{1 - e^{n-1}}{1 - e}\right)\right].$$

59. Resposta: $\frac{2 \cdot Q}{3}$.

60. Resposta: a) $|q| = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot E \cdot r \cdot L$,

b) $K_0 = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot E^2 \cdot r$, c) $T = \left(\sqrt{\frac{\pi \cdot m}{\epsilon_0 \cdot r}}\right) \cdot \frac{1}{E}$.

61. Resposta: $\sqrt{\frac{K \cdot q^2}{2 \cdot m \cdot r \cdot R}} \cdot (4 \cdot R - 7 \cdot r)$.

62. Resposta: a) $\frac{\sqrt{3}}{4} \cdot L$, b) $\frac{q}{4} \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot L}}$,

$$\text{c) } \frac{q}{16 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot L^2} \cdot (5 \cdot q + 4 \cdot Q).$$

63. Resposta: 30 cm .

64. Resposta: 2 m .

65. Resposta: item D.

66. Resposta: item D.

67. Resposta: item C.

68. Resposta: item B.

69. Resposta: $\sqrt{u^2 + \frac{Q^2}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot m \cdot R}}$.

70. Resposta: $\Delta T = \frac{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot R}{2 \cdot C} \cdot \left(\frac{m \cdot u^2}{e}\right)^2$.

Críticas, sugestões ou comentários:

matheus@fisica.ufc.br