

## CAMPO ELÉTRICO E LEI DE GAUSS



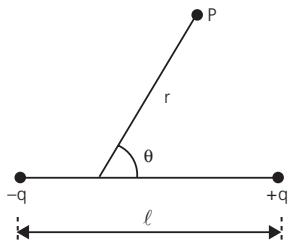
### Exercícios

01. Considere o dipolo elétrico abaixo. Mostre que o módulo do campo elétrico no ponto **P** a uma distância **r** do centro dipolo é dado por:

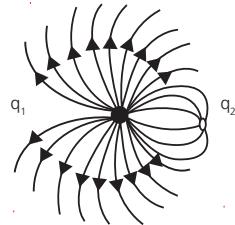
$$E = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} \sqrt{4(\cos\theta)^2 + (\sin\theta)^2}$$

Onde:

- $p = ql$
- $\epsilon_0$ : permissividade elétrica
- $r \gg l$



02. A figura mostra as linhas de força para o sistema isolado por duas cargas pontuais  $q_1$  e  $q_2$ . Medidos em unidades de  $10^{-19}$  Coulombs, dois possíveis valores para  $q_1$  e  $q_2$  são, respectivamente:

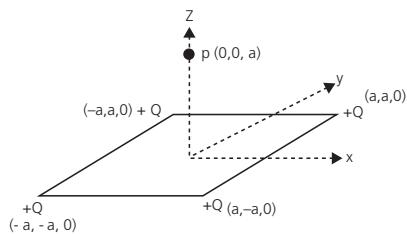


- A)  $2 \times 10^{-19}$   
 C)  $-32 \times 10^{-19}$   
 E)  $96 \times 10^{-19}$   
 B)  $4 \times 10^{-19}$   
 D)  $64 \times 10^{-19}$

03. Quatro cargas puntiformes  $A = +2 \mu\text{C}$  estão localizadas nos vértices de um quadrado no plano  $xy$ . Encontre a componente  $E_z$  do campo elétrico no ponto  $P = (0, 0, a)$ .

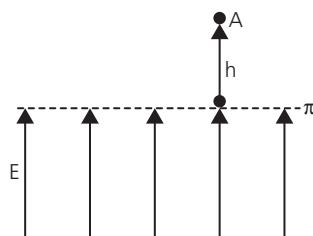
Dados:  $a = 10^{-2} \text{ m}$ ;

$$K = 9,0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$



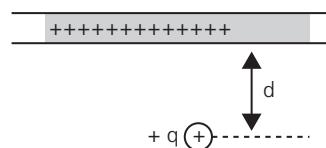
- A)  $E_z(0, 0, a) = 1,80 \times 10^8 \text{ N/C}$   
 B)  $E_z(0, 0, a) = 5,39 \times 10^8 \text{ N/C}$   
 C)  $E_z(0, 0, a) = 3,11 \times 10^8 \text{ N/C}$   
 D)  $E_z(0, 0, a) = 1,39 \times 10^8 \text{ N/C}$   
 E)  $E_z(0, 0, a) = 2,40 \times 10^8 \text{ N/C}$

04. A figura abaixo mostra um corpo de massa **m** e carga **q**, abandonado na posição **A** sob a ação de seu peso **P**. Abaixo do plano horizontal  $\pi$ , atua um campo elétrico uniforme, vertical e de intensidade  $E=2P/q$ . O tempo que o corpo leva para voltar à posição **A** é:



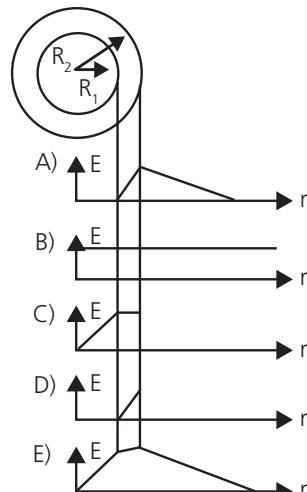
- A)  $\sqrt{\frac{32hm}{p}}$   
 B)  $\sqrt[4]{\frac{2hm}{p}}$   
 C)  $\sqrt{\frac{2pm}{q}}$   
 D)  $\sqrt[2]{\frac{hm}{p}}$   
 E)  $\sqrt{\frac{8hm}{p}}$

05. Seja um fio retilíneo infinitamente longo uniformemente eletrizado com uma densidade linear de cargas  $\lambda$  (coulomb/metro) imerso num meio cuja constante eletrostática vale **K**. A força elétrica que atua sobre uma carga puntiforme  $+q$  localizada a uma distância **d** desse fio vale:

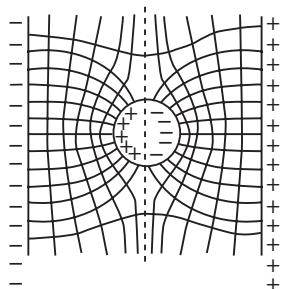


- A)  $\frac{2K \cdot \lambda \cdot q}{d}$   
 B)  $\frac{2K \cdot \lambda \cdot q}{d^2}$   
 C)  $\frac{K \cdot \lambda \cdot q}{d}$   
 D)  $\frac{K \cdot \lambda \cdot q}{d^2}$

06. Uma camada esférica isolante, de raio interno **R1** e raio externo **R2**, conforme mostra a figura, é eletrizada uniformemente. O gráfico que melhor representa a variação da intensidade do vetor campo elétrico **E** ao longo de uma direção radial **r** é:



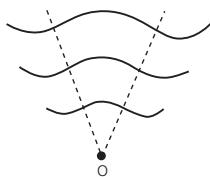
07. Um condutor neutro esférico é colocado no interior de um capacitor de placas planas e paralelas. Em função da presença do condutor esférico, as linhas de campo sofrerão um rearranjo, conforme figura abaixo.



Podemos afirmar que:

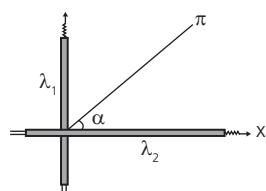
- A) somente as linhas de campo elétrico sofreram modificações, isto ocorreu devido à superposição do campo elétrico das cargas induzidas em todos os pontos do capacitor.
- B) as linhas de campo elétrico e as equipotenciais sofreram modificações em função da superposição do campo elétrico das cargas induzidas em todos os pontos do capacitor.
- C) somente as linhas de campo elétrico sofreram modificações, isto ocorreu devido à superposição do campo elétrico das cargas induzidas na superfície do condutor esférico.
- D) as linhas de campo elétrico e as equipotenciais sofreram modificações em função do campo elétrico das cargas induzidas na superfície do condutor esférico.
- E) as linhas de campo elétrico e as equipotenciais sofreram modificações devido ao campo elétrico das cargas induzidas em todos os pontos (capacitor, superfície da esfera condutora e interior da esfera condutora).

08. As linhas de força numa certa seção de um campo têm o formato de arcos de círculos com centro no ponto **O**. Com relação à intensidade do campo elétrico, podemos afirmar que:

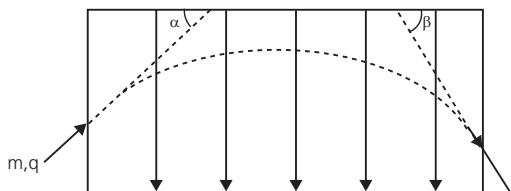


- A) é inversamente proporcional à distância ao quadrado ao ponto **O**.
- B) é inversamente proporcional à distância ao cubo em relação ao ponto **O**.
- C) é inversamente proporcional à distância ao ponto **O**.
- D) não depende da distância ao ponto **O**.
- E) N.D.A.

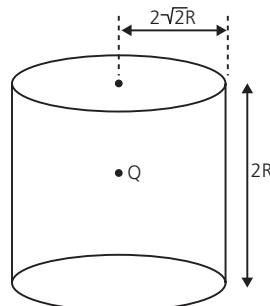
09. Dois fios mutuamente perpendiculares com densidade linear de cargas  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  estão representados na figura abaixo. Entre várias linhas de força que representam os campos elétricos, há a linha  $\pi$  que passa pelo ponto de intersecção dos fios. Determine o valor do ângulo  $\alpha$  em função de  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  e das constantes pertinentes.



10. As partículas com massa **m** e carga **q** entram em um condensador de comprimento **L** com um ângulo  $\alpha$  em relação ao plano das placas e saem formando um ângulo  $\beta$ . Determine a energia cinética inicial das partículas, se a intensidade do campo dentro do condensador é **E**.

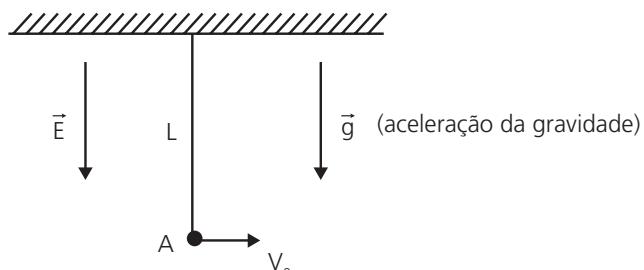


11. Na figura abaixo, temos uma carga **Q** no centro de um cilindro de altura  $H = 2R$  e cuja base é uma circunferência de raio  $2\sqrt{2}R$ . Determine o fluxo elétrico através da área lateral do cilindro.



- A)  $\phi = \frac{Q}{\epsilon_0}$   
 B)  $\phi = \frac{Q}{2\epsilon_0}$   
 C)  $\phi = \frac{Q}{3\epsilon_0}$   
 D)  $\phi = \frac{Q}{4\epsilon_0}$   
 E)  $\phi = \frac{Q}{5\epsilon_0}$

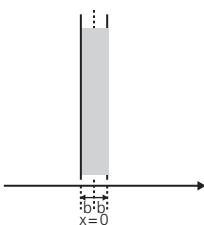
12. Uma partícula **A** de massa **M** e carga  $+Q$  está suspensa por um fio de comprimento **L**. A partícula se encontra na presença de um campo elétrico constante  $\vec{E}$ , conforme mostra a figura abaixo. Se a partícula adquire uma velocidade inicial  $\vec{V}_0$  perpendicular à direção do campo elétrico, determine a tração na corda quando a partícula adquire a máxima altura em relação à posição inicial.



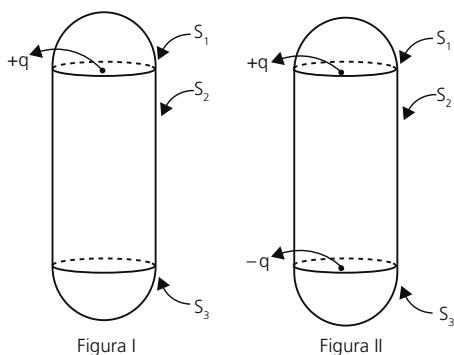
- A)  $\frac{2QEL + 2MgL - MV_0^2}{2L}$   
 B)  $\frac{QEL + MgL - MV_0^2}{2L}$   
 C)  $\frac{QEL + MgL - MV_0^2}{2}$   
 D)  $\frac{2QEL + 2MgL - MV_0^2}{L}$   
 E) N.R.A

- 13.** Uma lâmina dielétrica (permissividade  $\epsilon$ ) muito extensa e de espessura  $2b$ , tem densidade volumétrica de carga uniforme  $p$ . Determine o campo elétrico em todos os pontos do espaço e traçar o gráfico cartesiano  $E = E(x)$ .

**Obs.:** O meio tem permissividade  $\epsilon_0$ .



- 14.** Uma carga positiva puntiforme  $+q$  está envolvida por uma superfície gaussiana no formato de um cilindro, com dois hemisférios. A superfície pode ser analisada como formada por três partes:  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  como mostrado na figura I. A altura do cilindro (superfície  $S_2$ ) é muito maior que os raios das duas capas hemisféricas ( $S_1$  e  $S_3$ ). A carga  $+q$  está no centro da base superior do cilindro. Na figura II (superfície gaussiana idêntica à da figura I), além da carga  $+q$ , existe uma carga  $-q$  no centro da base inferior do cilindro.



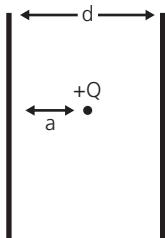
- I. Se  $\phi_1$  é o fluxo através da superfície  $S_1$ , e  $\phi_{(2+3)}$  o fluxo através do restante da gaussiana, então, no caso da figura I, temos que  $\phi_{(2+3)} = \phi_1$ ;
  - II. Se  $\phi_2$  é o fluxo através da superfície  $S_2$ , considerando a figura I, então  $\phi_2 > 0$ ;
  - III. No caso da figura II, com a colocação da carga  $-q$ , o fluxo  $\phi_2$  passa a ser igual a zero.

É (São) correta(s):

- A) somente I.  
B) somente II.  
C) somente III.  
D) todas são corretas.  
E) todas estão incorretas.

- 15.** Duas placas condutoras idênticas aterradas estão separadas de uma distância  $\mathbf{d}$  como se indica na figura abaixo. A uma distância  $\mathbf{a}$  da placa esquerda está localizada uma carga pontual  $+Q$ . Determine que carga se induz sobre a placa direita.

- A)  $-\frac{Qa}{d}$   
 B)  $-\frac{Q(d-a)}{d}$   
 C)  $-Q$   
 D)  $-\frac{Qa}{2d}$   
 E)  $-\frac{Q(d+a)}{d}$



- 16.** Uma esfera com densidade volumétrica de carga positiva constante  $\rho$  tem uma cavidade também esférica de raio igual à metade do seu próprio raio  $R$ . Qual a mínima velocidade com que deve ser lançado um elétron do ponto **O**, no centro da esfera para passar pelo orifício **A** na superfície?

## Dados:

**e** → carga elementar

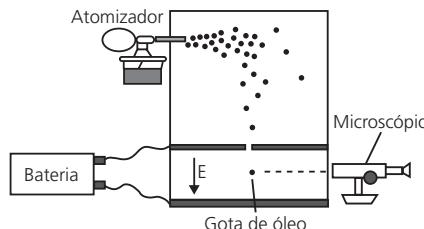
**m** → massa do elétron

$\epsilon \rightarrow$  permissividade elétrica

Despreze os efeitos gravitacionais.

17. Em um experimento clássico, R. A. Millikan (1868-1953) mediu a carga eletrônica. A figura mostra esquematicamente o aparelho usado por ele. Formaram-se gotas de óleo por um atomizador, e algumas delas caíram por um orifício em uma região de um campo elétrico uniforme entre as placas. Millikan podia observar uma determinada gota através de um microscópio e determinar sua massa medindo sua velocidade terminal. Millikan então carregou a gota, irradiando-a com raios X, e ajustou o campo elétrico de modo que a gota ficasse em equilíbrio estático em razão das forças gravitacionais e elétricas.

**Dados:**  $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ ;  $e = 16 \cdot 10^{-19}\text{C}$

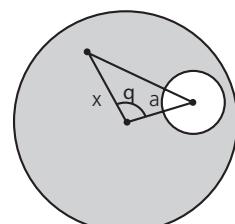


- A) Qual é a carga em uma gota de massa  $2,32 \cdot 10^{-14}$  kg que permanece suspensa em um campo elétrico de  $2,03 \cdot 10^5$  N/C?  
 B) Quantas cargas eletrônicas a gota do item A apresenta?

**Obs.:** Por esta experiência (1911) e por estudar o efeito fotoelétrico experimentalmente (1914), Millikan ganhou o Nobel de Física de 1923.

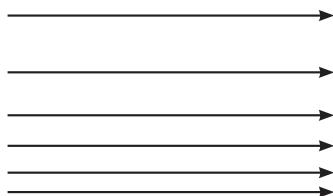
18. Uma esfera de raio  $R$  está uniformemente carregada e tem uma cavidade com raio  $r$ . Os centros da esfera e da cavidade estão a uma distância  $a$ . A densidade volumétrica de carga é  $\rho$ . Mostre que o vetor campo elétrico  $\vec{E}(x, \theta)$  dentro da esfera como função da distância  $x$  (distância ao centro da esfera) e do ângulo  $\theta$ , conforme figura é dado por:

$$\vec{E} = \frac{\rho}{3\epsilon} \left\{ \left( 1 - \frac{r^3}{\left( \sqrt{x^2 + a^2 - 2x \cos \theta} \right)^3} \right) \vec{x} + \frac{r^3 \vec{a}}{\left( \sqrt{x^2 + a^2 - 2x \cos \theta} \right)^3} \right\}$$



**Obs.:**  $\varepsilon \rightarrow$  permissividade do meio.

19. Prove que é impossível produzir um campo elétrico no qual todas as linhas de força devem ser linhas retas paralelas, com a densidade aumentando constantemente na direção perpendicular às linhas de força. (ver figura).

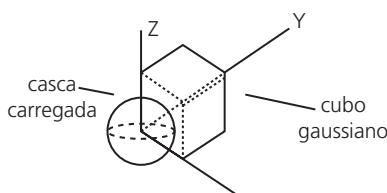


20. Sobre um lago tranquilo e extenso situa-se uma nuvem também extensa e sensivelmente horizontal. Graças à eletrização da nuvem, o nível da água se eleva de  $\mathbf{h}$  em relação ao nível que corresponderia ao equilíbrio na ausência da nuvem. Determine a densidade elétrica superficial  $\sigma$  no lago.

**Dados:**  $\epsilon$ : permissividade elétrica.  
**d:** densidade da água.  
**g:** aceleração da gravidade.

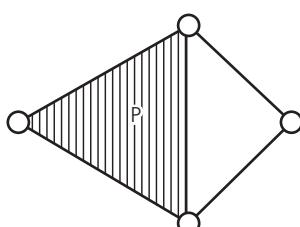
21. Uma casca esférica carregada uniformemente com carga total  $Q = -34 \text{ nC}$  está centrada na origem, conforme figura abaixo. Um cubo gaussiano com arestas alinhadas com os eixos e um vértice na origem tem comprimento das arestas maior do que o raio da esfera. Os fluxos para o cubo e para cada face do cubo valem, respectivamente:

Use para o valor da permissividade do meio:  $8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$

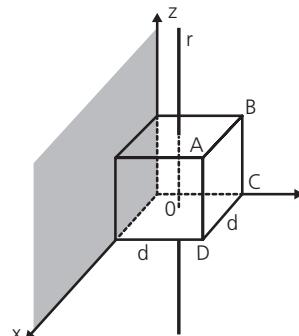


- A)  $-480 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}; -160 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$   
B)  $-160 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}; -480 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$   
C)  $-120 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}; -480 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$   
D) nulo, nulo  
E)  $-480 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}; -120 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$

22. Quatro cargas pontuais idênticas, no vácuo, estão dispostas de modo a formarem um tetraedro regular, com cada carga correspondendo a um vértice, de acordo com a figura. O valor absoluto das cargas é  $50 \mu\text{C}$  e a aresta do tetraedro mede 15 cm. Considere a constante eletrostática do vácuo  $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$  e calcule o campo elétrico no ponto  $\mathbf{P}$ , centro da face hachurada, em  $\text{N}/\text{C}$ .



23. Na figura está esquematizado um cubo de aresta  $\mathbf{d}$ , com um dos seus vértices na origem de um sistema de coordenadas cartesianas  $\mathbf{x}, \mathbf{y}$  e  $\mathbf{z}$ . As arestas do cubo são paralelas aos eixos coordenados. Um fio retilíneo  $\mathbf{r}$ , paralelo ao eixo  $\mathbf{z}$ , passa pelo centro geométrico do cubo e está eletrizado com densidade linear de carga  $\lambda$ . O plano  $xz$  está carregado com densidade superficial de carga  $\sigma$ . Supondo que o meio seja o vácuo e sabendo que o campo eletrostático gerado por um plano uniformemente eletrizado é dado por  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ , o fluxo do vetor campo eletrostático resultante na face ABCD, é:

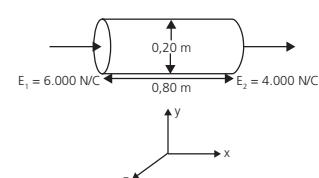


- A)  $\phi = \frac{\sigma d^2}{2\epsilon_0} + \frac{\lambda d}{4\epsilon_0}$   
B)  $\phi = \frac{\sigma d^2}{4\epsilon_0} + \frac{\lambda d}{\epsilon_0}$   
C)  $\phi = \frac{\sigma d^2}{4\epsilon_0}$   
D)  $\phi = \frac{\lambda d}{\epsilon_0}$   
E)  $\phi = \frac{\sigma d^2}{2\epsilon_0} + \frac{\lambda d}{\pi\epsilon_0}$

24. O campo elétrico na atmosfera da superfície da Terra é de aproximadamente  $200 \text{ V/m}$ , dirigido para baixo. A  $1400 \text{ m}$  acima da superfície da Terra, o campo elétrico na atmosfera é de somente  $20 \text{ V/m}$ , novamente dirigido para baixo. Qual é a densidade média da carga na atmosfera abaixo de  $1400 \text{ m}$ ? Esta consiste predominantemente de íons positivos ou negativos?

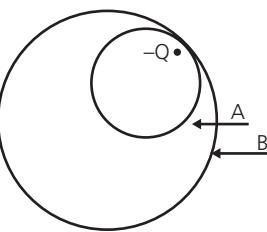
25. Um campo elétrico não uniforme está orientado ao longo do eixo  $\mathbf{x}$  para todos os pontos no espaço. O seu módulo varia com  $\mathbf{x}$ , porém não varia com  $\mathbf{y}$  nem com  $\mathbf{z}$ . O eixo de uma superfície cilíndrica, de comprimento igual a  $0,80 \text{ m}$  e diâmetro igual a  $0,20 \text{ m}$ , é alinhado paralelamente ao eixo  $\mathbf{x}$ . Os campos elétricos  $E_1$  e  $E_2$ , nas extremidades da superfície cilíndrica possuem módulos de  $6000 \text{ N/C}$  e  $4000 \text{ N/C}$ , respectivamente, e são orientados como indicado na figura. A carga englobada no interior da superfície cilíndrica é aproximadamente igual a:

Use:  $\begin{cases} \epsilon = 8,9 \cdot 10^{-12} (\text{SI}) \\ \pi = 3,15 \end{cases}$



- A)  $+0,6 \text{ nC}$   
B)  $+1,4 \text{ nC}$   
C)  $-0,6 \text{ nC}$   
D)  $2,8 \text{ nC}$   
E) N.D.A

- 26.** Considere uma carga negativa  $-Q$  localizada dentro de duas esferas, como mostrado abaixo. A esfera **A** tem raio  $R$  e o fluxo através dela é  $\phi_A$ , enquanto a esfera **B** tem raio  $2R$  e o fluxo através dela é  $\phi_B$ .



Analise as sentenças abaixo.

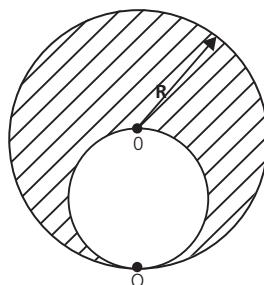
- $\phi_A > \phi_B$
- $\phi_A = \phi_B$
- $\phi_A < \phi_B$

- IV. Se uma carga  $+2Q$  é adicionada fora das duas esferas fluxo através da esfera **B** aumentará.

É(são) correta(s):

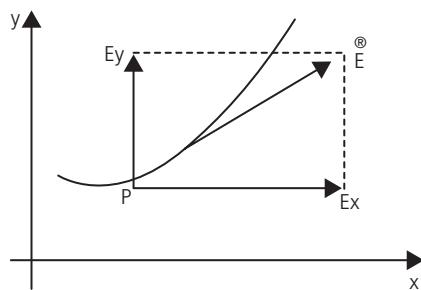
- I e IV.
- II e IV.
- III e IV.
- somente II.
- nenhuma das sentenças é correta.

- 27** Considere um cilindro isolante carregado uniformemente com densidade volumétrica de carga  $+p$ . Neste cilindro, há um cilindro oco, conforme mostrado na figura. Uma carga  $+q$  é solta do ponto **O**. Desprezando os efeitos gravacionais, determine o tempo gasto para a carga  $+q$  atingir o ponto **Q**.



**Dados:**  $\epsilon_0$  = permissividade do meio  
 $m$  = massa de carga  $+q$

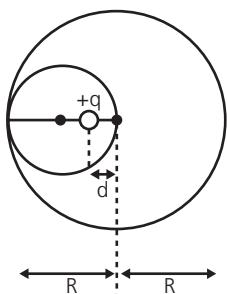
- 28.** Devido ao fato de as linhas de força serem, em geral, curvas tais que, num ponto considerado, determina-se a equação de uma linha de força, ou melhor, de uma família de curvas numa dada região, que representará as linhas de força nessa região. Veja o esquema abaixo: a tangente no ponto **P** representa o vetor campo elétrico. Conhecendo-se as componentes  $E_x$  e  $E_y$ , tem-se condição de determinar as coordenadas das linhas de força em cartesianas retangulares.



Agora considere uma região do plano na qual o campo elétrico é dado por  $E = ax\hat{i} + ay\hat{j}$ . Podemos afirmar que as linhas de força nessa região são:

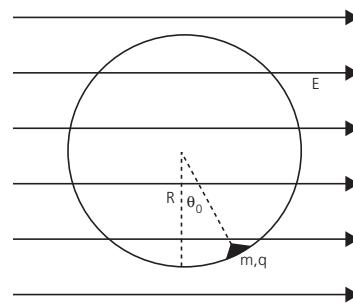
- hipérboles cujas assíntotas são os eixos **x** e **y**.
- parábolas que cortam apenas o eixo **x**.
- parábolas que cortam apenas o eixo **y**.
- parábolas que cortam os dois eixos.
- retas passando pela origem.

- 29.** Uma esfera macia isolante de raio  $R$ , eletrizada positivamente com densidade volumétrica de cargas  $+p$ , tem em seu interior uma cavidade vazia de diâmetro  $R$ . Uma carga puntiforme  $+q$  foi posicionada no interior da cavidade a uma distância  $d < R/4$  do centro da esfera, num meio de permissividade elétrica  $\epsilon$ . A intensidade da força que atuará na carga puntiforme  $+q$  será:



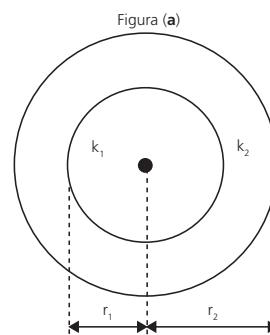
- $\frac{p \cdot q \cdot R}{3 \cdot \epsilon}$
- $\frac{p \cdot q \cdot R}{6 \cdot \epsilon}$
- $\frac{p \cdot q \cdot d}{3 \cdot \epsilon}$
- $\frac{p \cdot q \cdot R}{2 \cdot \epsilon}$
- $\frac{p \cdot q \cdot (R - 2d)}{6 \cdot \epsilon}$

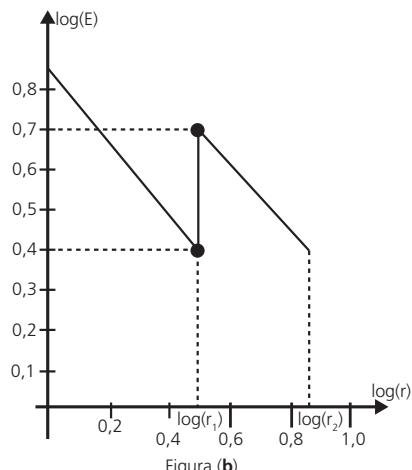
- 30.** Um pequeno corpo de massa  $m$  e carga  $q$  encontra-se no interior de um cilindro isolante de raio  $R$ . Inicialmente, o corpo está em repouso sob a ação da gravidade e de um campo elétrico uniforme  $E$ , como mostra a figura. O campo elétrico é, então, subitamente anulado e o corpo passa a executar um movimento harmônico. Considere-se o atrito desprezível.



- Determine o ângulo inicial de equilíbrio  $\theta_0$ .
- Determine a velocidade do corpo no ponto mais baixo de sua trajetória.
- Supondo-se que o ângulo  $\theta_0$  é muito pequeno ( $\tan \theta_0 \approx \sin \theta_0$ ), determine a frequência de oscilação.

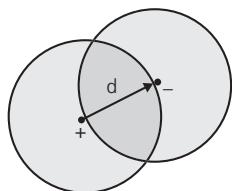
- 31.** Uma carga puntiforme está localizada no centro de duas esferas concêntricas. Na região da esfera de raio  $r_1$  a constante dielétrica vale  $k_1$  e na região que vai de  $r_1$  a  $r_2$  a constante dielétrica vale  $k_2$  (figura **a**). A figura **(b)** representa o gráfico log – log do campo elétrico em função da distância ao centro das esferas. A razão  $\log\left(\frac{k_1}{k_2}\right)$  vale:





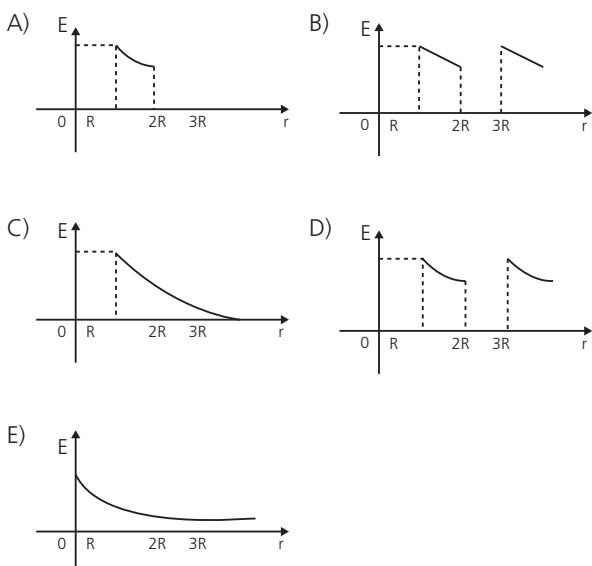
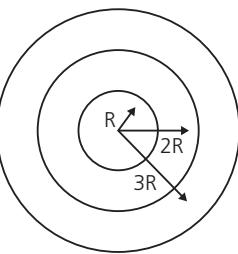
32. Duas esferas de raios  $R$  com densidades uniformes  $+\rho$  e  $-\rho$ , respectivamente, estão localizadas de tal forma que existe uma intersecção parcial entre elas (figura abaixo). Seja  $\vec{d}$  o vetor ligando o centro da esfera positiva ao centro  $\vec{E}$  na região de intersecção acima citada.

$\rho \rightarrow$  densidade volumétrica da carga.

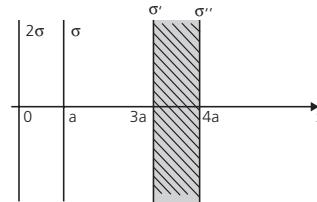


Determine o campo na região comum.

33. Sabendo que a esfera oca representada na figura está isolada e sua carga total é nula, escolha, dos gráficos a seguir, o que melhor representa a intensidade do campo elétrico  $\vec{E}$  em função da distância  $r$  ao centro comum. Tanto a esfera oca como a esfera macia que está em seu interior são condutoras. A esfera macia está eletrizada.



34. Duas placas infinitas, delgadas e isolantes têm densidade superficial de carga  $+2\sigma$  e  $+\sigma$ , orientadas perpendicularmente ao eixo  $x$  nas abscissas  $x = 0$  e  $x = a$ , respectivamente. Uma placa condutora de espessura  $a$  também perpendicular ao eixo  $x$ , nas posições  $x = 3a$  e  $x = 4a$ , não carregada.

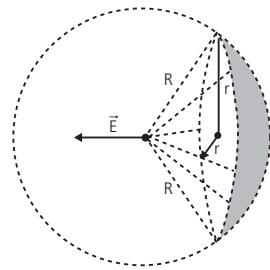


Sobre a componente  $x$  do campo elétrico em  $x = 2a$  e a densidade superficial de carga  $\sigma''$  na face direita da placa condutora em  $x = 4a$ , podemos afirmar:

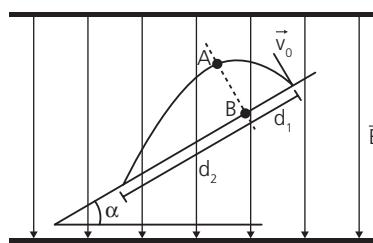
- A)  $E_x = 0$  e  $\sigma'' = -\frac{3\sigma}{2}$   
B)  $E_x = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$  e  $\sigma'' = +\sigma$   
C)  $E_x = \frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$  e  $\sigma'' = +\sigma$   
D)  $E_x = \frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$  e  $\sigma'' = +\frac{3\sigma}{2}$   
E)  $E_x = \frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$  e  $\sigma'' = 0$

35. Determine a intensidade do campo elétrico de um segmento esférico, carregado uniformemente no centro da esfera de raio  $R$ , da qual ele foi cortado.

**Dados:**  $\sigma \rightarrow$  densidade superficial de carga.  
 $\epsilon_0 \rightarrow$  permissividade elétrica.



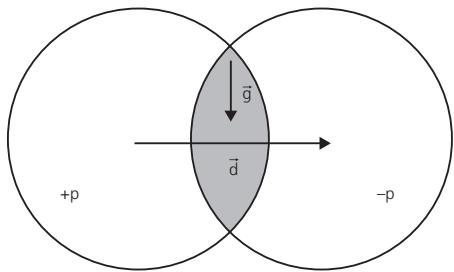
36. Uma partícula de carga ( $Q$ ) e massa  $m$  é lançada com velocidade  $v_0$  perpendicularmente a um plano inclinado, de inclinação  $\alpha$  com a horizontal, como mostra a figura. Determine:



- A) a distância máxima  $AB$  que a partícula fica do plano inclinado.  
B) o alcance da partícula ao longo do plano inclinado.  
C) a razão entre  $d_1$  e  $d_2$  mostrada na figura.

**Obs.:** Sendo **A** o ponto cuja partícula está à distância máxima do plano e **B** sua projeção sobre o mesmo, as distâncias  $d_1$  e  $d_2$  são definidas como a distância do ponto de lançamento a **B**, e a distância de **B** ao ponto de retorno da partícula ao plano, respectivamente. A gravidade local vale  $\mathbf{g}$ .

- 37.** Um aluno muito curioso estava estudando eletricidade e teve uma ideia nada convencional. Ele imaginou duas esferas de mesmo raio  $R$  e com distribuições volumétricas de carga  $+p$  e  $-p$ , respectivamente, e que estão posicionadas de forma que se sobrepõem parcialmente. Chame o vetor do centro positivo até o centro negativo de  $\vec{d}$  (a linha que liga os centros é horizontal). Nesta região de interseção ele imaginou um pêndulo simples (carregado) e este começa a oscilar com ângulos pequenos. Se  $m$  é a massa do pêndulo,  $g$  é o módulo da gravidade na região,  $l$  é o comprimento do fio e  $T$  é o período das pequenas oscilações, o garoto pode afirmar que a carga do pêndulo é dada por:



A)  $Q = \frac{3\epsilon_0 m}{2pd} \sqrt{l^2 \left(\frac{\pi}{T}\right)^4 + g^2}$

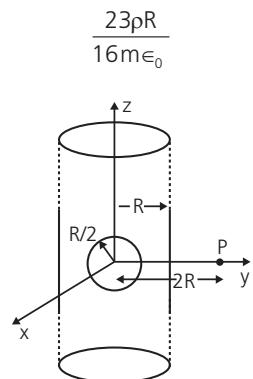
B)  $Q = \frac{\sqrt{3}\epsilon_0 m}{2pd} \sqrt{l^2 \left(\frac{2\pi}{T}\right)^4 - g^2}$

C)  $Q = \frac{3\epsilon_0 m}{\sqrt{2}pd} \sqrt{l^2 \left(2\pi/T\right)^4 + g^2}$

D)  $Q = \frac{3\epsilon_0 m}{pd} \sqrt{l^2 \left(\frac{2\pi}{T}\right)^4 - g^2}$

E)  $Q = \frac{3\epsilon_0 m}{pd} \sqrt{l^2 \left(\frac{2\pi}{T}\right)^4 + g^2}$

- 38.** Um cilindro infinito de raio  $R$  possui densidade volumétrica de carga igual a  $\rho$ . No interior dele existe uma cavidade esférica de raio  $R/2$  com o centro sobre o eixo do cilindro, como mostra a figura. A magnitude do campo elétrico no ponto  $P$ , a uma distância  $2R$ , é dada pela expressão:



Podemos afirmar que o valor de  $m$  é:

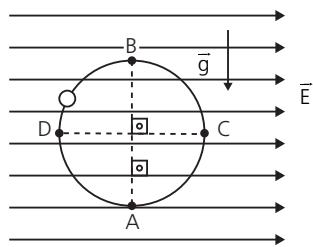
- A) 3  
B) 4  
C) 5  
D) 6  
E) 11

- 39.** Na figura, vemos uma argola circular isolante, disposta em um cano vertical, imersa em um campo horizontal uniforme  $\vec{E}$ , e um campo gravitacional uniforme  $\vec{g}$ . Uma pequena esfera de carga  $+q$  e massa  $m$  pode deslizar, sem atrito, ao longo da argola. Após um leve impulso inicial, a esfera passa a descrever um movimento circular no sentido horário e a sua velocidade em **A** é o dobro de sua velocidade em **B**. Além disso, sua velocidade em **C** é igual a  $3/2$  da sua velocidade em **D**. Nessas condições, assinale a alternativa que corresponde à força elétrica em função de  $m$  e  $g$ .

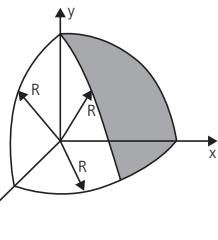
A)  $F = mg$       B)  $F = 2mg$

C)  $F = \frac{19}{5}mg$       D)  $F = \frac{5}{19}mg$

E) N.R.A



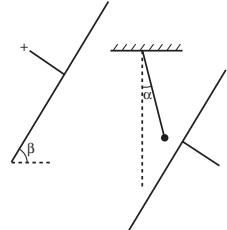
- 40.** Determine a intensidade do campo elétrico criado por uma secção de uma certa esfera carregada uniformemente com densidade superficial de carga  $\sigma$ . Tal secção da esfera está localizada entre os três planos de coordenadas e o campo deve ser calculado no centro do sistema de coordenadas cartesianas.



**Sugestão:** Na realidade tal secção equivale a  $1/4$  de um hemisfério.

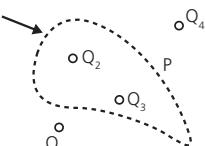
$\epsilon_0$  → permissividade elétrica.

- 41.** Uma esfera de massa  $m$  e carga  $+q$  está suspensa por um fio delgado, isolante, de comprimento  $l$ , dentro de um capacitor plano, com as placas formando com a horizontal um ângulo  $\beta$ . Determine o período das oscilações e o ângulo  $\alpha$  que o fio forma com a vertical. Considere  $\vec{g}$  a aceleração da gravidade e  $\vec{E}$  a intensidade do campo elétrico.



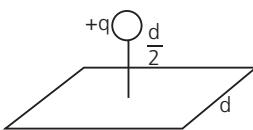
- 42.** A figura ao lado mostra quatro cargas pontuais e a secção transversal de uma superfície de Gauss. Qual das seguintes afirmações é verdadeira sobre a situação descrita?

Superfície Gaussiana

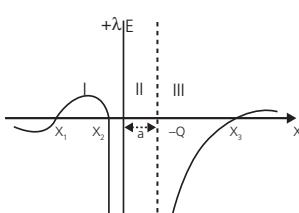


- A) O fluxo elétrico líquido através da superfície depende de todas as quatro cargas apresentadas, mas o campo elétrico no ponto **P** depende apenas de cargas  $Q_2$  e  $Q_3$ .  
 B) O fluxo elétrico líquido através da superfície gaussiana depende apenas das cargas  $Q_2$  e  $Q_3$ , mas o campo elétrico no ponto **P** depende de todos as quatro cargas.  
 C) O fluxo elétrico líquido através da superfície gaussiana depende das cargas  $Q_2$  e  $Q_3$  e o campo elétrico ponto **P** depende apenas de cargas  $Q_2$ ,  $Q_3$  e  $Q_4$ .  
 D) O fluxo elétrico líquido através da superfície gaussiana depende apenas em encargos  $Q_1$  e  $Q_4$ , e o campo elétrico no ponto **P** depende apenas de cargas  $Q_2$  e  $Q_3$ .  
 E) Tanto o fluxo elétrico líquido através da superfície gaussiana quanto o campo elétrico no ponto **P** depende de todas as quatro cargas.

43. Uma carga pontual  $+q$  está a uma distância  $d/2$  de uma superfície quadrada de lado  $d$  e encontra-se diretamente acima do centro do quadrado, como é mostrado na figura. Se a permissividade elétrica do meio vale  $\epsilon$ , determinar o fluxo elétrico que passa através do quadrado.



44. Um longo fio com densidade linear de carga  $\lambda$  e uma carga pontual  $-Q$  estão separados por uma distância  $a$ . O gráfico abaixo representa o valor algébrico do vetor campo elétrico ao longo do eixo  $x$  para as regiões I e III seguindo as seguintes convenções.



- Valor algébrico negativo: vetor campo elétrico aponta para a esquerda.
- Valor algébrico positivo: vetor campo elétrico aponta para a direita.

A) O campo elétrico na região II é nulo.

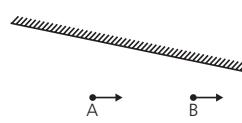
B) A abscissa  $x_1$  é igual a  $\frac{1}{2} \left( \frac{Q}{2\lambda} - 2a \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{Q}{2\lambda} - 2a \right)^2 - a^2}$ , qualquer que seja o valor da carga  $Q$ .

C) A abscissa  $x_2$  é igual a  $\frac{1}{2} \left( \frac{Q}{2\lambda} - 2a \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{Q}{2\lambda} - 2a \right)^2 - a^2}$ , qualquer que seja o valor da carga  $Q$ .

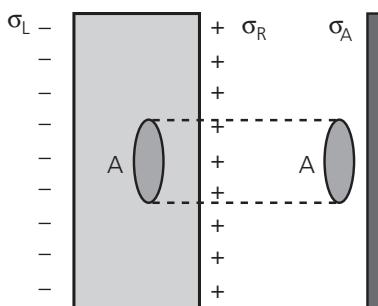
D) A abscissa  $x_3$  é igual a  $\frac{Q}{4\lambda} + \sqrt{\frac{Q^2}{16\lambda^2} + \frac{Qa}{2\lambda}}$ .

E) Os itens B, C e D estão corretos

45. Um elétron está se movendo livremente ao longo de um tubo com área de seção transversal variando, conforme mostrado na figura. Explique a mudança na intensidade da velocidade do ponto A para o ponto B.



46. Uma placa metálica infinita tem uma densidade superficial de carga  $\sigma_L = -\frac{6\mu C}{m^2}$ , lado esquerdo e uma densidade superficial de carga  $\sigma_D = +\frac{4\mu C}{m^2}$ , no lado direito. Uma superfície gaussiana na forma de um cilindro circular, com área **A**  $12 \text{ cm}^2$ , está localizada com o lado esquerdo dentro da placa e uma delgada placa carregada à direita. A densidade superficial de carga da placa metálica é  $\sigma_A$ .



Marque a opção correta com relação ao valor da densidade superficial  $\sigma_A$  e ao fluxo  $\phi_E$  através da gaussiana.

- |                     |                                              |
|---------------------|----------------------------------------------|
| $\sigma_A$          | $\phi_E$                                     |
| A) $+ 4 \mu C/m^2$  | $+ 271 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$  |
| B) $- 4 \mu C/m^2$  | $+ 1086 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ |
| C) $- 64 \mu C/m^2$ | $- 1086 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ |
| D) $- 10 \mu C/m^2$ | $+ 542 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$  |
| E) $+ 2 \mu C/m^2$  | $+ 1900 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$ |

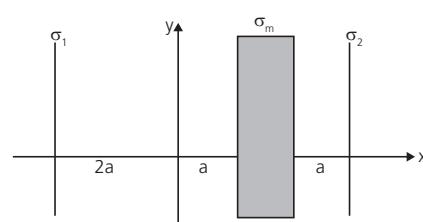
47. Dois planos infinitos e delgados estão colocados perpendicularmente ao eixo  $-x$ , conforme a figura. A densidade superficial de carga dos dois planos estão denotados por  $\sigma_1$  e  $\sigma_2$ . Uma placa metálica de espessura  $a = 60 \text{ cm}$  está localizada entre os planos delgados e possui uma carga por unidade de área igual a  $\sigma_m$ . Determine a densidade superficial induzida no lado direito da placa metálica condutora.

Dados:  $a = 60 \text{ cm}$

$$\sigma_1 = 8,5 \text{ C/m}^2$$

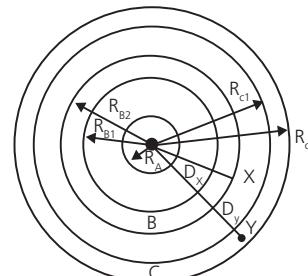
$$\sigma_2 = 1,5 \text{ C/m}^2$$

$$\sigma_m = -3,0 \text{ C/m}^2$$



- A)  $1,5 \text{ C/m}^2$   
B)  $2,0 \text{ C/m}^2$   
C)  $4,0 \text{ C/m}^2$   
D)  $5,0 \text{ C/m}^2$   
E)  $7,0 \text{ C/m}^2$

48. Sejam três esferas condutoras positivas  $QA > AB > AC$ , respectivamente.



- A) Determine a carga induzida na superfície externa das esferas **B** e **C**.

- B) Determine o módulo do campo elétrico no ponto **X**.

- C) Mostre analiticamente que o campo elétrico em **Y** é nulo.

**Obs.:** Atente para a nomenclatura como por exemplo.

$k$  → constante eletrostática.

$R_{c1}$  → raio interno da esfera **C**.

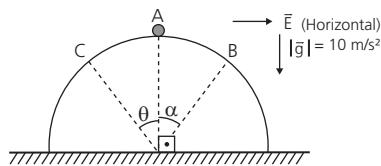
$R_{c2}$  → raio externo da esfera **C**.

- D) Recalcule o campo elétrico no ponto **X**, sabendo que as esferas **B** e **C** foram conectadas através de um condutor.

- E) Se uma carga  $Q_D$  positiva for aproximada da superfície externa da esfera maior, o campo elétrico em **X** tenderia a aumentar ou diminuir? Por quê?

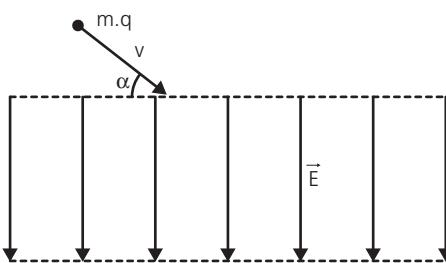
- F) E caso  $Q_D$  fosse momentaneamente conectada à esfera maior, que alterações sofreria o campo elétrico **X**?

- 49.** Na figura, um corpúsculo eletrizado, de massa de 300 g e carga  $-2\mu C$ , é abandonado do repouso no ponto **A**, sobre uma superfície lisa de um hemisfério fixo do solo, numa região sujeita a um campo elétrico uniforme  $\vec{E}$ , de intensidade  $10^6 \text{ N/C}$ , e sujeita a um campo gravitacional uniforme, de intensidade  $10 \text{ m/s}^2$ . O corpo começa então a deslizar e perde contato com o hemisfério:



- A) no ponto **B**, com  $\sin \alpha = \frac{12}{13}$   
 B) no ponto **B**, com  $\sin \alpha = \frac{5}{13}$   
 C) no ponto **B**, com  $\sin \alpha = \frac{3}{5}$   
 D) no ponto **C**, com  $\sin \theta = \frac{3}{5}$   
 E) no ponto **C**, com  $\sin \theta = \frac{5}{13}$

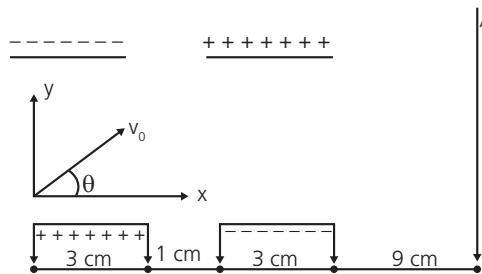
- 50.** Uma partícula de massa **m** com carga **q** > 0 penetra em um condensador plano, cujas armaduras são redes metálicas. A intensidade do campo no condensador é **E** e a distância entre as redes é **d**. A velocidade inicial **v** da partícula forma um ângulo **α** com o plano da primeira rede. Determine, respectivamente:  
 I. o ângulo **β**, com relação ao plano que a partícula sairá do condensador;  
 II. a velocidade (módulo) **v** que a partícula sairá do condensador.



I $\tan \beta$	II Velocidade <b>v</b>
A) $\tan \alpha \sqrt{1 + \frac{2qEd}{mv^2 \cos^2 \alpha}}$	$v \sqrt{1 + \frac{2qEd}{3mv^2}}$
B) $\tan \alpha \sqrt{1 + \frac{qEd}{mv^2 \cos^2 \alpha}}$	$v \sqrt{1 + \frac{2qEd}{mv^2}}$
C) $\tan \alpha \sqrt{1 + \frac{2qEd}{mv^2 \operatorname{sen}^2 \alpha}}$	$v \sqrt{1 + \frac{2qEd}{mv^2 \operatorname{tg} \alpha}}$
D) $\tan \alpha \sqrt{1 + \frac{2qEd}{mv^2 \operatorname{sen}^2 \alpha}}$	$v \sqrt{1 + \frac{2qEd}{mv^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}}$
E) $\tan \alpha \sqrt{1 + \frac{2qEd}{mv^2 \operatorname{sen}^2 \alpha}}$	$v \sqrt{1 + \frac{2qEd}{mv^2}}$

- 51.** Um elétron ( $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $-e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) penetra em um campo elétrico uniforme gerado por duas placas carregadas com cargas de sinais opostos, mas de mesma densidade superficial  $\sigma = 50,33 p\frac{C}{m^2}$ . O elétron penetra com velocidade  $v_0 = 5 \times 10^5 \text{ m/s}$ , conforme a figura. Após sair deste campo penetra em outro campo com as mesmas condições, mas com polaridade oposta.

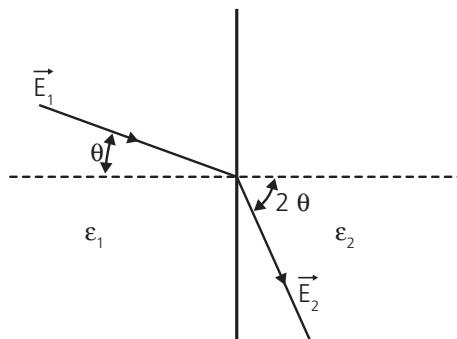
**Dados:**  $\cos \theta = 0,6$ ;  $\sin \theta = 0,8$ ;  $\epsilon = 8,85 \times 10^{-12} \cdot \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ .



Assinale a alternativa que corresponde à distância da origem ao ponto de impacto com o anteparo **A**.

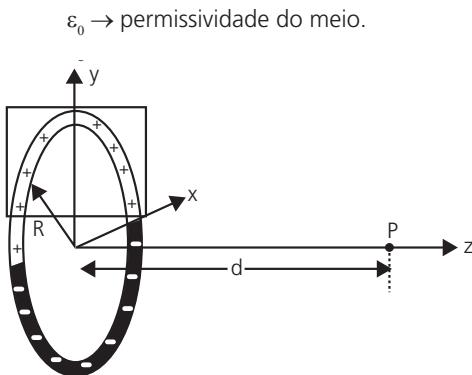
- A)  $4\sqrt{31} \text{ cm}$   
 B)  $4\sqrt{51} \text{ cm}$   
 C)  $2\sqrt{41} \text{ cm}$   
 D)  $4\sqrt{41} \text{ cm}$   
 E)  $3\sqrt{41} \text{ cm}$

- 52.** Quando um campo elétrico passa de um meio para outro, este em geral muda de direção e intensidade como uma espécie de "Lei de Snell", a qual diz:  $\epsilon_1 E_{1N} = \epsilon_2 E_{2N}$ , onde  $\epsilon_1$  e  $\epsilon_2$  são as constantes de permissividade dos respectivos meios e  $E_{1N}$  e  $E_{2N}$  são as componentes dos campos perpendiculares à superfície de separação dos meios. Tendo em vista a figura e se  $\epsilon_2 = 5\epsilon_1$ , então a intensidade de  $E_2$  vale:



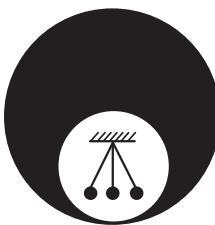
- A)  $\frac{E_1 \operatorname{sen} \theta}{5 \operatorname{sen} 2\theta}$   
 B)  $\frac{5E_1 \cos \theta}{\operatorname{sen} 2\theta}$   
 C)  $\frac{E_1 \cos \theta}{5 \cos 2\theta}$   
 D)  $5E_1$   
 E)  $5E_1 \operatorname{tg} \theta$

53. Uma fina argola de raio  $R$  posicionada no plano  $xy$  tem uma densidade linear de carga  $+\lambda$  na metade superior e igual quantidade com densidade  $-\lambda$  na metade inferior. Determine o módulo do campo elétrico no ponto  $P$ , a uma distância  $d$  do centro da argola.



- A)  $E = 0$   
 B)  $\frac{\lambda R^2}{2\epsilon_0(R^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}$   
 C)  $\frac{2\lambda R^2}{\epsilon_0(R^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}$   
 D)  $\frac{3}{2} \frac{\lambda R^2}{\epsilon_0(R^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}$   
 E) N.R.A

54. Uma esfera isolante de raio  $R$ , uniformemente eletrizada com densidade volumétrica de cargas  $+p$  teve uma cavidade esférica de diâmetro  $R$  aberta em seu interior, como mostra a figura abaixo. Um pêndulo simples que normalmente oscila 30 vezes por minuto sob ação exclusiva da gravidade, foi colocado no interior da cavidade e passa a executar 90 oscilações por minuto, devido à ação do campo elétrico que a esfera isolante causa no interior da cavidade. Determinar o sinal e o módulo da carga elétrica da esfera pendular.



**Dados:**  $m$  = massa da esfera pendular  
 $\epsilon$  = permissividade elétrica no interior da cavidade  
 $g$  = gravidade local

55. Nós vivemos dentro de um enorme capacitor formado pela superfície da Terra e pela eletrosfera. Esta é uma região condutora de eletricidade da atmosfera superior cuja condutividade é grande, devido às colisões ionizantes entre raios cósmicos e moléculas. Supondo que nas condições atmosféricas normais o campo elétrico seja de 165 V/m, encontre a energia armazenada neste enorme capacitor, formado pela superfície da Terra e a atmosfera, cuja altura é de 25 km. Considere 40000 km a circunferência da Terra.

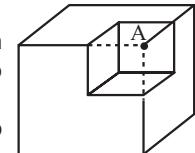
**Dado:**  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  (SI)

- A)  $1,0 \times 10^9$  J  
 B)  $1,5 \times 10^{11}$  J  
 C)  $1,5 \times 10^{12}$  J  
 D)  $2,5 \times 10^9$  J  
 E)  $2,5 \times 10^{10}$  J

56. Duas partículas carregadas ( $M + Q$ ) e ( $m, -q$ ) são colocados num campo elétrico uniforme  $\mathbf{E}$ . Após as partículas são libertadas, ficam a uma distância constante uma da outra. Qual é a distância ( $L$ )?

57. Uma linha de campo elétrico emerge de uma carga pontual positiva  $+q_1$ , em um ângulo  $\alpha$  para a linha reta conectando-o a um ponto negativo carga  $q_2$ . Em que  $\beta$  ângulo será a linha de entrar no campo de carga  $q_2$ ?

58. Imagine um cubo com carga elétrica distribuída uniformemente com uma densidade  $\rho$  volume. A intensidade do campo elétrico no ponto  $A$  é  $E$ . Determinar o valor do campo elétrico quando cortado e removido um pequeno cubo de lado igual à metade do cubo de origem.



59. Uma partícula de carga  $q$  e massa pelas equações:

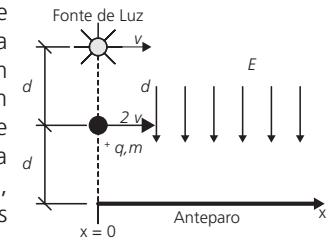
$$Ex(t) = 5 \sin(2t)$$

$$Ey(t) = 12 \cos(2t)$$

Sabe-se que a trajetória da partícula constitui uma elipse. A velocidade escalar máxima atingida pela partícula é:

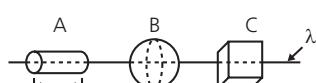
- A)  $\frac{5}{2} \frac{|q|}{m}$   
 B)  $5 \frac{|q|}{m}$   
 C)  $6 \frac{|q|}{m}$   
 D)  $\frac{13}{2} \frac{|q|}{m}$   
 E)  $13 \frac{|q|}{m}$

60. A figura apresenta uma fonte de luz e um objeto com carga  $+q$  e massa  $m$  que penetram numa região sujeita a um campo elétrico  $\mathbf{E}$  uniforme e sem a influência da força da gravidade. No instante  $t = 0$ , suas velocidades horizontais iniciais são  $v$  e  $2v$ , respectivamente. Determine:



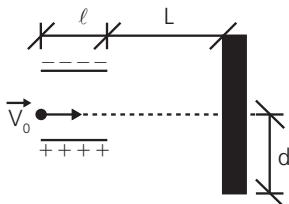
- A) o instante  $t$  em que o objeto se choca com o anteparo.  
 B) a equação da posição da sombra do objeto no anteparo em função do tempo.  
 C) a velocidade máxima da sombra do objeto no anteparo.  
 D) a equação da velocidade da sombra do objeto no anteparo em função do tempo, caso o campo elétrico esteja agindo horizontalmente da esquerda para a direita.

61. Um fio de densidade linear de carga positiva  $\lambda$  atravessa três superfícies fechadas **A**, **B** e **C**, de formas respectivamente cilíndrica, esférica e cúbica, como mostra a figura. Sabe-se que **A** tem comprimento  $L$  = diâmetro de **B** = comprimento de um lado de **C**, e que o raio da base de **A** é a metade do raio da esfera **B**. Sobre o fluxo do campo elétrico,  $\phi$ , através de cada superfície fechada, pode-se concluir que:



- A)  $\phi_A = \phi_B = \phi_C$   
 B)  $\phi_A > \phi_B = \phi_C$   
 C)  $\phi_A < \phi_B < \phi_C$   
 D)  $\phi_A/2 = \phi_B = \phi_C$   
 E)  $\phi_A = 2\phi_B = \phi_C$

- 62.** Duas placas planas e paralelas, de comprimento  $L$ , estão carregadas e servem como controladoras de elétrons em um tubo de raios catódicos. A distância das placas até a tela do tubo é  $\mathbf{L}$ . Um feixe de elétrons de massa  $\mathbf{m}$  penetra entre as placas com uma velocidade  $v_0$ , como mostra a figura. Qual é o campo elétrico entre as placas se o deslocamento do feixe da tela do tubo é igual a  $d$ ?



- A)  $E = mv_0^2 d / \left[ e\ell \left( L - \frac{\ell}{2} \right) \right]$     B)  $E = mv_0^2 / \left[ e\ell \left( L + \frac{\ell}{2} \right) \right]$

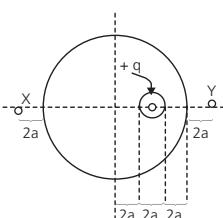
C)  $E = mv_0^2 d / \left[ e\ell \left( L + \frac{\ell}{2} \right) \right]$     D)  $E = mv_0^2 d / \left[ e\ell \left( mL + \frac{\ell}{2} \right) \right]$

E)  $E = mv_0^2 d / \left[ e\ell \left( mL - \frac{\ell}{2} \right) \right]$

63. Considere seis placas infinitas  $+Q$ ,  $+Q$ ,  $+Q$ ,  $+Q$ ,  $+Q$  e  $+Q$  dispostas paralelamente entre si, com a mesma densidade superficial de carga,  $-\sigma$ . Sejam **P** e **Q** pontos situados entre a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> placas e entre a 2<sup>a</sup> e a 3<sup>a</sup> placas, respectivamente. Determine a razão  $\frac{E_p}{E_q}$ , entre os campos elétricos resultantes nos pontos **P** e **Q**, nesta ordem.

A) 1      B) 2  
 C) 3      D) 4  
 E) 6

64. Uma esfera de metal de raio 6a contém uma pequena cavidade (esférica) de raio **a**, como mostrado abaixo. Dentro da cavidade se encontra uma carga  $+q$ . Se  $E_x$  e  $E_y$  denotam os campos nos pontos **x** e **y**, respectivamente, determine o valor  $\frac{E_y}{E_x}$ .





- 65.** Um cilindro de comprimento infinito e raio  $R$  possui densidade volumétrica de cargas  $\rho$  constante e está imerso num meio de permissividade elétrica  $\epsilon$ . Calcule o módulo do campo elétrico  $\mathbf{E}$  para pontos a uma distância  $d$  do centro do cilindro, nos seguintes casos:

A) pontos externos ao cilindro,  $d > R$ .

- 66.** Duas placas metálicas finas estão colocadas uma contra a outra (figura 1). Duas cargas puntiformes iguais em módulo são colocadas ao longo da linha AB perpendicular às placas.

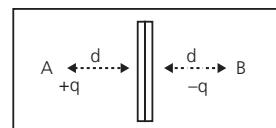


Figura 1

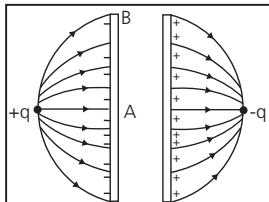


Fig.2: A densidade de cargas diminui de **A** para **B**.

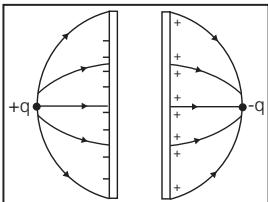


Fig.3: A densidade de cargas é uniforme.

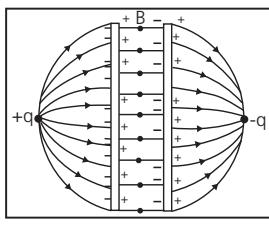


Fig.4: A densidade de cargas diminuem de **A** para **B** nas superfícies interna e externa de cada placa.

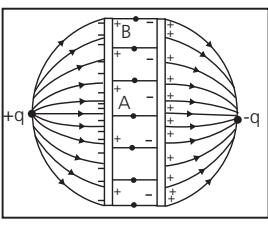


Fig.5: As densidades de cargas diminuem de **A** para **B** somente nas superfícies externas, enquanto nas internas as densidades são uniformes.

Podemos afirmar que:

- A) as placas se afastarão em função da interação delas com as cargas puntiformes, ficando conforme o esquema da figura 2.

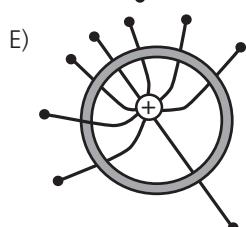
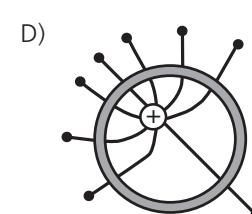
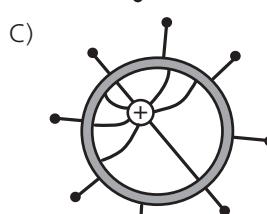
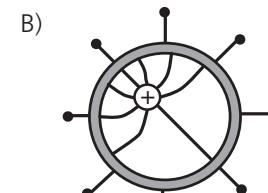
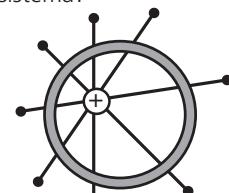
B) as placas se afastarão em função da interação delas com as cargas puntiformes, ficando conforme o esquema da figura 3.

C) as placas não se afastarão, tendo em vista que o fluxo total produzido pelas cargas puntiformes é nulo.

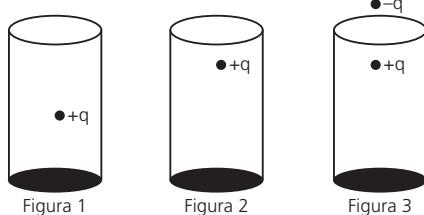
D) as placas somente se afastarão se um campo elétrico uniforme for aplicado entre elas, ficando conforme o esquema da figura 4.

E) as placas somente se afastarão se um campo elétrico for aplicado entre elas, ficando conforme o esquema da figura 5.

- 67.** Uma esfera condutora sólida com carga positiva está localizada dentro de uma casca condutora neutra. Qual das figuras abaixo representa corretamente as linhas de campo elétrico do sistema?



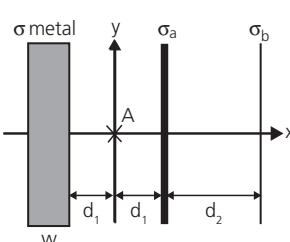
68. Considere uma superfície gaussiana dentro da qual está localizada uma carga positiva. Na figura 1, a carga puntiforme está no centro da superfície cilíndrica, enquanto na figura 2, a carga puntiforme está mais próxima do topo do cilindro. Já na figura 3 coloca-se uma carga  $-q$  próxima à superfície superior fechada do cilindro gaussiano.



Analise as sentenças e marque a opção correta.

- I. O fluxo é maior no caso 1 (figura 1);
  - II. O fluxo é maior no caso 2 (figura 2);
  - III. O fluxo é o mesmo nos dois casos (figuras 1 e 2);
  - IV. O fluxo é o mesmo na figura 3, isto é, igual aos fluxos das figuras 1 e 2;
  - V. O fluxo na figura 3 é nulo.
- A) I e V estão corretas.  
B) II e V estão corretas.  
C) III e IV estão corretas.  
D) III e V estão corretas.  
E) I e IV estão corretas.

69. A figura mostra três placas, todas com área muito grande. As placas delgadas são feitas de material isolante e têm densidades superficiais de carga  $\sigma_a$  e  $\sigma_b$ . A outra é metálica de largura  $w$  e está inicialmente descarregada. Determine o campo elétrico no ponto **A**.



$$d_1 = 4 \text{ cm}$$

$$d_2 = 12 \text{ cm}$$

$$w = 3 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = -2,5 \mu\text{C}/\text{m}^2$$

$$\sigma_b = +7,5 \mu\text{C}/\text{m}^2$$

$$\sigma_{\text{metal}} = 0$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$$

$$\text{A)} |\vec{E}_A| = 1,4 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

$$\text{B)} |\vec{E}_A| = 2,8 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

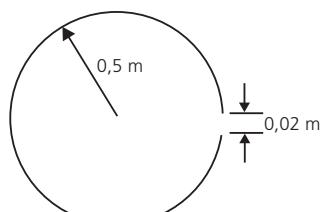
$$\text{C)} |\vec{E}_A| = 5,6 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

$$\text{D)} |\vec{E}_A| = 11,2 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

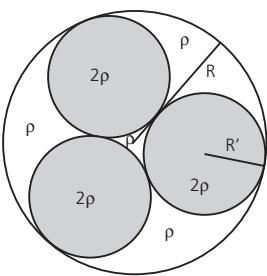
E) N.R.A

70. Um anel carregado de raio 0,5 m tem uma abertura (veja figura) de 0,02 m. Calcule o campo elétrico (módulo) no centro do anel, cuja carga uniformemente distribuída é igual a  $+1\text{C}$ .

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



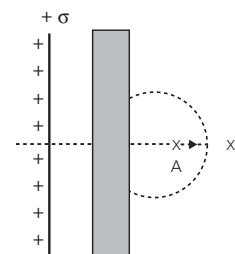
71. Considere a distribuição de carga elétrica representada na figura formada por três esferas pequenas e outra maior. A densidade de carga elétrica nas várias regiões do espaço está indicada na figura, sendo  $\rho$  uma constante. O raio da esfera maior é  $R$  e o de cada uma das esferas menores é  $R'$ .



- A) Calcule a carga total da distribuição.  
B) Calcule o campo elétrico no centro da esfera maior e no centro de uma das esferas menores.

72. Uma infinita placa metálica tem uma densidade superficial de carga  $+\sigma$ . Uma placa não delgada está localizada à direita da placa delgada e está descarregada.

Analise as sentenças abaixo.

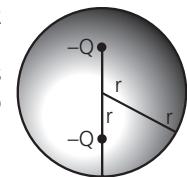


- I. O campo elétrico no ponto **A** é zero em função da blindagem da placa não delgada e neutra;
- II. A densidade superficial de carga induzida no lado esquerdo da placa não metálica tem módulo maior que a densidade induzida no lado direito, porque a superfície do lado esquerdo está mais próxima da placa delgada;
- III. Considere a superfície esférica pontilhada na figura. O fluxo elétrico total passando por ela é zero.

Podemos afirmar que:

- A) todas as sentenças são verdadeiras.
- B) todas as sentenças são falsas.
- C) somente I é verdadeira.
- D) somente II é verdadeira.
- E) somente III é verdadeira.

73. A figura representa uma esfera de raio  $R$  uniformemente carregada com carga positiva. No interior há duas cargas pontuais negativas ( $-Q$  cada uma) colocadas sobre um mesmo diâmetro da esfera e equidistantes do centro. O sistema é eletricamente neutro. Este é o bem conhecido modelo atômico de Thomson (no caso, para o átomo de hélio).



**Notas:** se  $b \ll a \cdot (a + b)^2 \approx a^2 + 2ab$   
se  $x \ll 1, (1 + x)^{-1} \approx 1 - x$

- A) Determine a distância  $r$  a que devem estar às cargas negativas do centro da esfera para que o sistema esteja em equilíbrio eletrostático.
- B) Calcule a frequência de pequenas oscilações radiais de cada um dos elétrons (admita que o outro permanece em repouso), sendo  $m$  a massa do elétron.



GABARITO				
01	02	03	04	05
*	E	D	A	A
06	07	08	09	10
A	D	C	*	*
11	12	13	14	15
C	D	*	D	A
16	17	18	19	20
*	*	*	*	*
21	22	23	24	25
A	*	A	*	C
26	27	28	29	30
D	*	E	B	*
31	32	33	34	35
-0,3	*	A	D	*
36	37	38	39	40
*	E	D	E	*
41	42	43	44	45
*	B	*	D	*
46	47	48	49	50
D	B	*	E	E
51	52	53	54	55
D	C	B	*	C
56	57	58	59	60
*	*	*	C	*
61	62	63	64	65
A	C	B	*	*
66	67	68	69	70
A	B	C	B	*
71	72	73		
*	B	*		

\* 09:  $\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right)^{\frac{1}{2}}$

10:  $\frac{qEL}{2\cos^2 \alpha (\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta)}$

13: No interior:  $E = \frac{px}{\epsilon_0}$ ; No exterior:  $E = \frac{pb}{\epsilon_0}$

16:  $V_0 = \sqrt{\frac{peR^2}{3me}}$

17: A)  $1,12 \cdot 10^{-18} C$   
B) 7 cargas

18: Solução com o professor.

19: Solução com o professor.

20:  $\sqrt{2\epsilon_0 dgh}$

22:  $3 \times 10^4 \text{ kN/C}$

24:  $+1,14 \times 10^{-12} \text{ C/m}^3$

27:  $t = \sqrt{\frac{8m\epsilon_0}{p^q}}$

30: A)  $\operatorname{tg}\theta_0 = \frac{Eq}{mg}$       B)  $\sqrt{2Rg(1-\cos\theta_0)}$

C)  $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$

32:  $\frac{pR}{3\epsilon_0} \frac{d}{d}$

35:  $\frac{\sigma r^2}{4\epsilon_0 R^2}$

36: Solução com o professor

40:  $\frac{\sqrt{3}\sigma}{16\epsilon_0}$

41: A)  $T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{\sqrt{q^2E^2 + m^2g^2 + 2mgqE\cos\beta}}}$

B)  $\operatorname{tg}\alpha = \frac{qE\sin\beta}{Mg + qE\cos\beta}$

43:  $q/6\epsilon_0$

45: O elétron atua como indutor, atraindo cargas positivas do tubo.

Com isso, surge uma força elétrica no sentido da movimentação do elétron, ocasionando uma aceleração e com isso variando a velocidade entre **A** e **B**.

48: A)  $Q_A + Q_B$  e  $Q_A + Q_B + Q_C$

B)  $\frac{K(Q_A + Q_B)}{D_x^2}$

C) Solução com o professor.

D)  $\frac{KQ_A}{D_x^2}$

E) Permanece o mesmo. Blindagem eletrostática.

F) Nenhuma.

54:  $48mge\epsilon_0 / p^R$

56:  $L = \sqrt{\frac{(M+m)kQq}{E(qM+qM)}}$

57:  $\sin\left(\frac{\beta}{2}\right) = \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}}$

58: E/2

60:  $t = \sqrt{\frac{2md}{qe}}$

$x_s = \frac{3vdt + \frac{qEv}{2m}t^3}{d + \frac{qE}{2m}t^2}$

$v_s = 3v + \frac{2qE}{m}t$

64: Solução com o professor.

65: A)  $\frac{pd}{2\epsilon}$       B)  $\frac{pR^2}{2\epsilon d}$

70:  $2,13 \cdot 10^8 \text{ N/C}$

71: A)  $2,7\rho R^3$       B)  $E = 0 \text{ e } E = \frac{11}{12}(2 - \sqrt{3}) \frac{pR}{\epsilon_0}$

73: A)  $\frac{R}{2}$       B)  $w = \sqrt{\frac{3Q^2}{2\pi\epsilon_0 m R^2}}$



45ª OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA (IPhO) - CAZAQUISTÃO - 2014

# FARIAS BRITO

## O MAIOR NÚMERO DE MEDALHAS DO BRASIL



ITA/IME - 2014

# FARIAS BRITO

## 01º DO BRASIL NO ITA E NO IME



MARCOS SANTANA  
MÉDIA: 76,7

**1º**  
DO BRASIL  
NO ITA



ROGER LEITE  
MÉDIA: 76,5

**2º**  
DO BRASIL  
NO ITA



SARA MARIA  
MÉDIA: 8,235

**2º**  
DO BRASIL  
NO IME

**1º**  
DO BRASIL

ENTRE AS CAPITAIS.  
EXCETO FORTALEZA.

### COMPARATIVO ENTRE AS CAPITAIS BRASILEIRAS

CAPITais	ITA	IME	TOTAL
<b>FARIAS BRITO</b>	<b>32</b>	<b>75</b>	<b>107</b>
RIO DE JANEIRO-RJ	18	84	102
SÃO PAULO-SP	10	27	37
BRASÍLIA-DF	6	24	30
RECIFE-PE	8	18	26
BELO HORIZONTE-MG	5	11	16
GOIÂNIA-GO	3	8	11
CURITIBA-PR	3	7	10
SALVADOR-BA	1	5	6
PORTO ALEGRE-RS	2	2	4
BELÉM-PA	0	2	2
NATAL-RN	2	0	2
MANAUS-AM	0	1	1
VITÓRIA-ES	1	0	1

SISTEMA DE ENSINO



ESCOLAS

