

**ATENÇÃO LEIA ANTES DE FAZER A PROVA**

- 1 – Assine a prova antes de começar.
- 2 - Os professores não poderão responder a nenhuma questão, a prova é autoexplicativa e faz parte da avaliação o entendimento da mesma.
- 3 – A prova será feita em 2 horas, impreterivelmente, sem adiamento, portanto, seja objetivo nas suas respostas.

**A prova consiste em 20 questões objetivas (múltipla escolha).**

**Questões objetivas:**

- 1 - Deverão ser marcadas com caneta.
- 2 - Não serão aceitas mais de duas respostas a não ser que a questão diga explicitamente isto.
- 3 - Caso você queira mudar sua resposta explicitamente qual é a correta.

**CASO ALGUMA QUESTÃO SEJA ANULADA, O VALOR DA MESMA SERÁ DISTRIBUÍDO ENTRE AS DEMAIS.**

Boa Prova

**FORMULÁRIO**

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \quad \text{Carga do elétron e próton } e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \hat{r} \quad F = qE \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{INT}}}{\epsilon_0}$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r} \quad U_B - U_A = W_{F_{\text{EXT}}} = -W_{F_E} = -\int_A^B \vec{F}_E \cdot d\vec{s} \quad \Delta U = q\Delta V \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

$$dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r} \quad V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \vec{E} = -\left( \frac{\partial V}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \hat{k} \right) \quad \int \frac{y dy}{(y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} = \sqrt{y^2 + z^2}$$

$$\int \frac{dy}{\sqrt{y^2 + z^2}} = \ln(y + \sqrt{y^2 + z^2}) \quad \int \frac{dy}{(y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{y}{z^2 \sqrt{y^2 + z^2}}$$

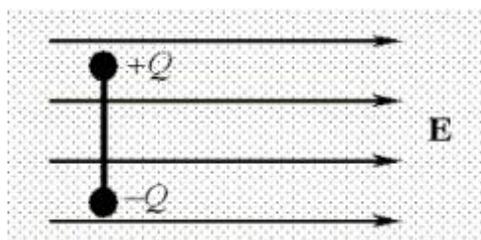
$$U = -p \cdot E \quad \tau = p \times E \quad \int \frac{y dy}{(y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{-1}{\sqrt{y^2 + z^2}}$$

	30°	45°	60°
sen	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
cos	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$
tg	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$



01) (0,5 ponto) Um dipolo elétrico é liberado a partir do repouso em um campo elétrico uniforme com a orientação indicada na figura. Assinale a opção que descreve corretamente o torque e a força resultante sobre o dipolo?

	torque	força resultante
A)	nulo	nula
<b>B)</b>	entando na página	nula
C)	saindo da página	nula
D)	entando na página	não nula
E)	saindo da página	não nula



02) (0,5 pontos) Um corpo irregular condutor possui uma cavidade conforme a figura 1. Uma carga pontual de valor  $+q$  é colocada no interior desta cavidade numa posição qualquer. O corpo condutor é então carregado com uma carga  $+2q$ . A figura 2 mostra o mesmo corpo com a carga  $+q$  dentro de sua cavidade e outra carga pontual  $+q$  é aproximada pelo lado de fora. Indique a resposta correta da quantidade total de carga na superfície interna e externa do corpo, respectivamente, nos casos das figuras 1 e 2.

	Figura 1		Figura 2	
	Interna	Externa	Interna	Externa
<b>A)</b>	$-q$	$+3q$	$-q$	$+3q$
B)	$-q$	$+q$	$-2q$	$+2q$
C)	zero	$+2q$	$-q$	$+2q$
D)	$-q$	$+3q$	zero	$+2q$
E)	zero	$+2q$	zero	$+2q$

Figura 1

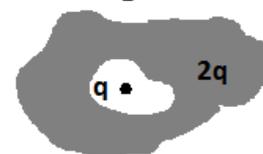


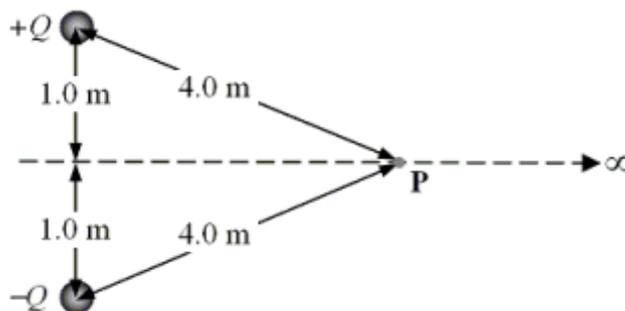
Figura 2



03) (1,0 ponto) Duas cargas de sinais opostos e iguais magnitudes  $Q=8\mu\text{C}$  são mantidas a uma distância de  $2,0\text{m}$  entre si, como mostrado na figura. ( $k=1/4\pi\epsilon_0 = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ )

03-a) (0,5 ponto) Assinale a opção que representa a magnitude do campo elétrico no ponto P.

- A)  $9000 \text{ V/m}$
- B)  $4500 \text{ V/m}$
- C)  $36000 \text{ V/m}$
- D)  $2250 \text{ V/m}$**
- E)  $\text{zero V/m}$

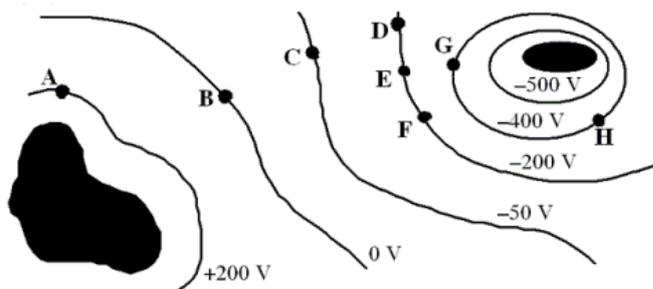


03-b) (0,5 ponto) Assinale a opção de representa o potencial elétrico no ponto P.

- A)  $1,8 \times 10^4 \text{ V}$
- B)  $3,6 \times 10^4 \text{ V}$
- C)  $4,5 \times 10^4 \text{ V}$
- D)  $9,0 \times 10^3 \text{ V}$**
- E) zero volts

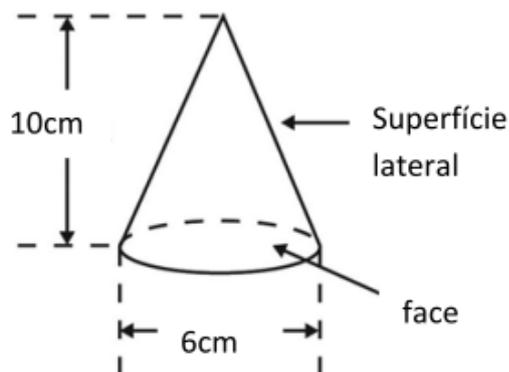
04) (0,5 ponto) Qual é o trabalho efetuado por uma força externa para levar uma carga de  $+6.0 \mu\text{C}$ , que se encontra inicialmente na posição B, seguindo o caminho B, A, C, D, E, F até o ponto G.

- A)  $+2.4 \times 10^{-3} \text{ J}$
- B) zero joules
- C)  $+1.2 \times 10^{-3} \text{ J}$
- D)  $-1.2 \times 10^{-3} \text{ J}$
- E)  $-2.4 \times 10^{-3} \text{ J}$



05) (0,5 ponto) Um cone está apoiado sobre uma mesa, como mostrado na figura, com a sua face horizontal. Um campo elétrico uniforme de magnitude  $4000 \text{ N/C}$  é apontado verticalmente para cima. Qual o valor do fluxo elétrico que passa através da área de superfície lateral do cone? (Considere  $\pi=3$ )

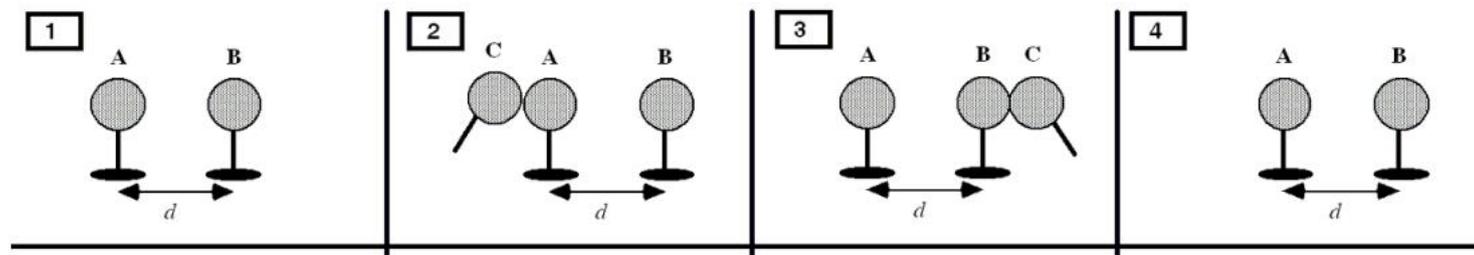
- A)  $10,8 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$
- B)  $43,2 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$
- C)  $0,00 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$
- D)  $-43,2 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$
- E)  $-10,8 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$



06) (0,5 ponto) Para comparar duas cargas elétricas,  $q_1$  e  $q_2$ , coloca-se uma de cada vez à mesma distância de uma outra carga fixa e medem-se os módulos das forças elétricas,  $F_1$  e  $F_2$ , exercidas pela carga fixa sobre  $q_1$  e  $q_2$ , respectivamente. Obtendo-se  $F_1 = 4F_2$ , qual a razão  $(q_1/q_2)$  entre as cargas?

- A)  $1/4$
- B)  $1/2$
- C) 1
- D) 2
- E) 4

07) (0,5 ponto) No Quadro 1, duas esferas condutoras idênticas e carregadas, A e B, possuem a mesma quantidade de carga e têm o mesmo sinal. As esferas são separadas por uma distância  $d$ ; e a esfera A exerce uma força eletrostática sobre a esfera B que tem uma magnitude  $F$ . Uma terceira esfera, C, presa a uma haste isolante é introduzida no Quadro 2. A esfera C é idêntica as esferas A e B, exceto por inicialmente estar descarregada. A esfera C toca primeiro a esfera A, no quadro 2, e depois toca a esfera B, no quadro 3, e é finalmente removido no Quadro 4.



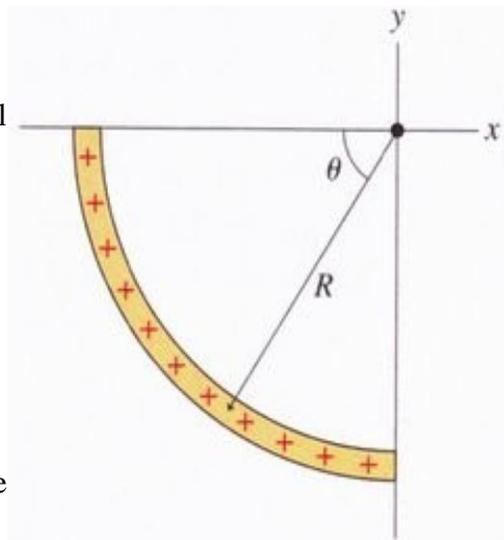
Determine a magnitude da força eletrostática que a esfera A exerce sobre a esfera B no Quadro 4.

- A)  $F/2$
- B)  $F/3$
- C)  $3F/4$
- D)  $3F/8$
- E) zero

**08)** (1,0 ponto) Uma barra isolante uniformemente carregada com carga  $Q$  é dobrada em forma de um quarto de círculo, como ilustra a figura.

**08)-a)** (0,5 ponto) Assinale a opção que descreve o valor do potencial eletrostático devido a esta barra na origem.

- A)  $V = 0$
- B)  $V = kQ/(R^2)$
- C)  $V = kQ/R$**
- D)  $V = kQ/(4R)$
- E)  $V = k4Q/R$

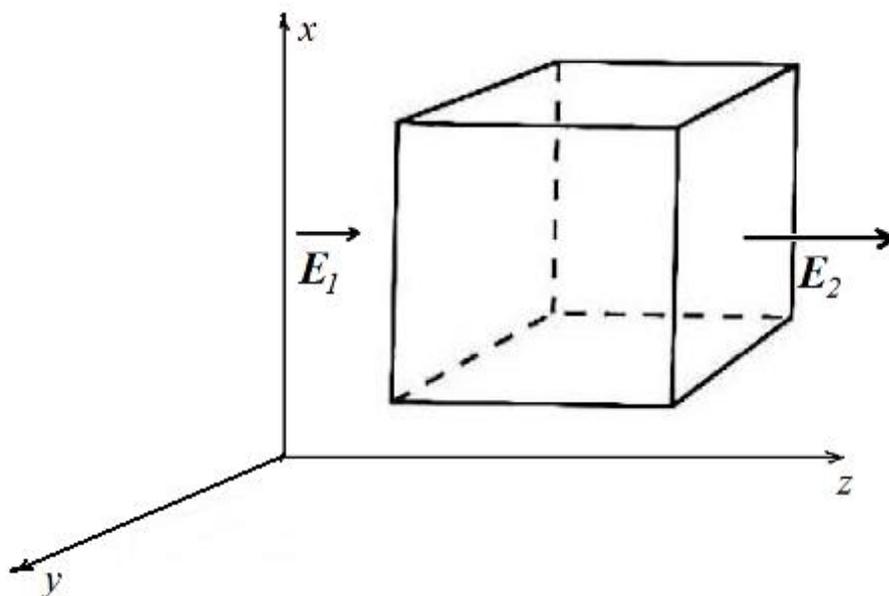


**08)-b)** (0,5 ponto) Assinale a opção que descreve o valor da componente  $x$  do campo elétrico ( $E_x$ ) gerado por esta barra na origem.

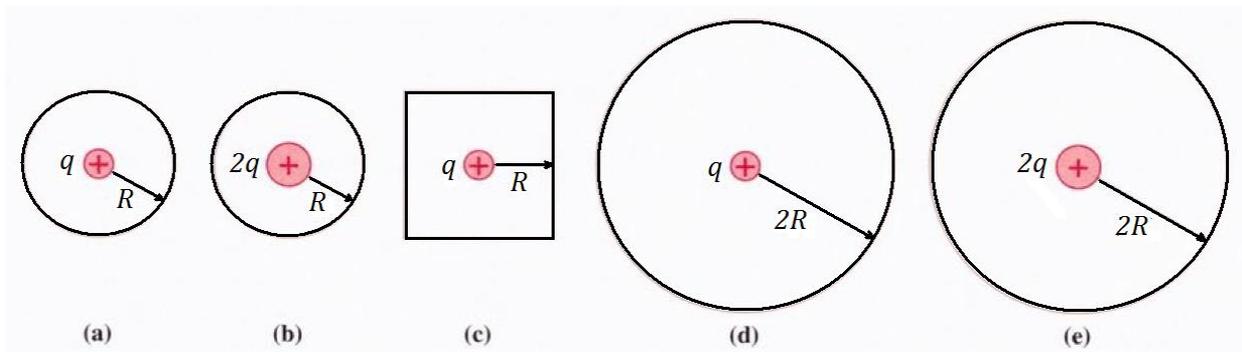
- A)  $E_x = 0$
- B)  $E_x = kQ/(R^2)$
- C)  $E_x = k2Q/(\pi R^2)$**
- D)  $E_x = kQ/(4\pi R^2)$
- E)  $E_x = k4Q/(\pi R^2)$

**09) (0,5 ponto)** O campo elétrico  $E$  representado na figura está dirigido ao longo do eixo  $z$ . Ele é uniforme na direções  $x$  e  $y$  mas sua intensidade varia em função de  $z$  (em outras palavras  $E=E(z)$ ). Considere uma superfície fechada cubica como ilustrado a figura. As intensidades do campo elétrico nos lados esquerdo e direito do cubo são, respectivamente,  $E_1$  e  $E_2$ . A carga elétrica  $Q$  envolvida pelo cubo é dada por:

- A)  $Q = (E_2 + E_1) \varepsilon_0 yx$
- B)  $Q = (E_2 - E_1) xy \varepsilon_0$**
- C)  $Q = (E_2 - E_1) \varepsilon_0 zx$
- D)  $Q = (E_2 - E_1) yz / \varepsilon_0$
- E)  $Q = (E_2 + E_1) x^2 \varepsilon_0$



**10)** (0,5 ponto) As figuras mostram seções transversais bidimensionais de esferas e de um cubo. Assinale a opção que descreve a relação entre os fluxos de campo elétrico  $\Phi$  através das superfícies fechadas que envolvem as cargas em cada caso.



- A)**  $\Phi_d = \Phi_e > \Phi_a = \Phi_b = \Phi_c$   
**B)**  $\Phi_d = \Phi_e < \Phi_a = \Phi_b = \Phi_c$   
**C)**  $\Phi_a = \Phi_b < \Phi_c < \Phi_d = \Phi_e$   
**D)**  $\Phi_b = \Phi_e > \Phi_a = \Phi_c = \Phi_d$   
**E)**  $\Phi_b = \Phi_e < \Phi_a = \Phi_c = \Phi_d$

**11)** (0,5 ponto) Analise cada uma das três afirmações abaixo, caracterizando-as como verdadeira (V) ou falsa (F). Assinale a opção que define corretamente o caráter das três afirmações.

- (i) Se o fluxo de campo elétrico através de uma superfície fechada é nulo então o campo elétrico ao longo dessa superfície é necessariamente nulo.  
(ii) Se a carga líquida total no interior do volume delimitado por uma superfície fechada é nula então o campo elétrico em qualquer ponto desta superfície é necessariamente nulo.  
(iii) Se o campo elétrico é nulo em todos os pontos de uma região então o potencial elétrico nesta região é necessariamente nulo.

- A)** (i) F; (ii) F; (iii) F  
**B)** (i) V; (ii) V; (iii) V  
**C)** (i) V; (ii) F; (iii) F  
**D)** (i) F; (ii) V; (iii) F  
**E)** (i) F; (ii) F; (iii) V

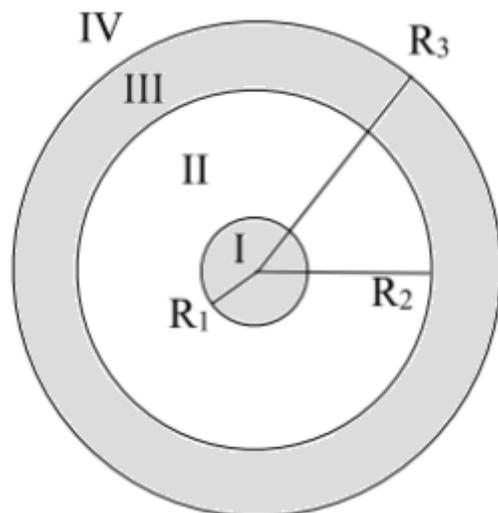
**12)** (0,5 ponto) Dois estudantes A e B usam diferentes cargas de teste  $q_0$  para medir o campo elétrico produzido por uma distribuição de cargas. O estudante B utiliza uma carga de teste que é (em módulo) duas vezes maior que a carga utilizada pelo estudante A. Nesta situação o estudante A acha um valor de campo que é:

- A)** o mesmo encontrado pelo estudante B  
**B)** maior que o encontrado pelo estudante B  
**C)** menor que o encontrado pelo estudante B  
**D)** pode ser maior ou menor que o encontrado pelo estudante B, dependendo dos sinais das cargas que cada um usou  
**E)** pode ser maior ou menor que o encontrado pelo estudante B, dependendo da massa das cargas que cada um usou

**13) (1,0 ponto)** Uma esfera condutora maciça de raio  $R_1$  está carregada com uma carga  $+q$ . Ela é circundada por uma casca esférica concêntrica, também condutora, de raio interno  $R_2$  e raio externo  $R_3$ , que está carregada com uma carga  $-q$  de mesmo módulo. O vetor unitário  $\mathbf{r}$  representa a direção radial, com o sentido dirigido para fora do centro da esfera.

**13-a) (0,5 ponto)** Assinale a opção que especifica as cargas nas superfícies de raio  $R_2$  e  $R_3$ .

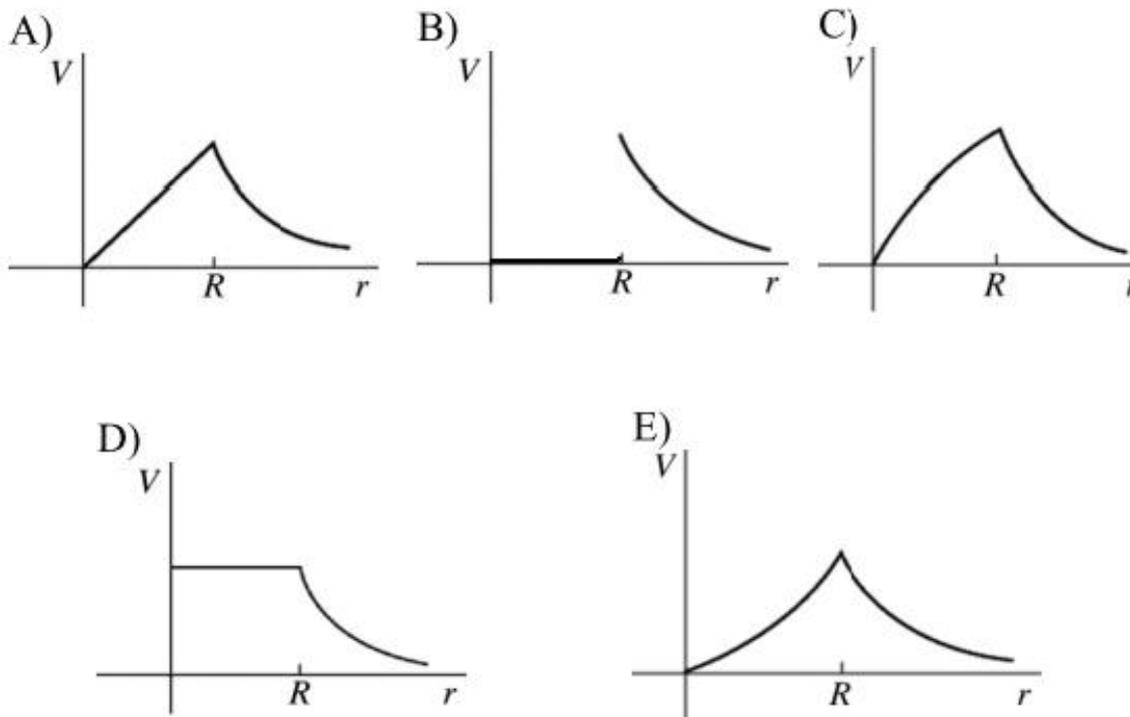
- A)**  $q_2 = -q; q_3 = 0$
- B)**  $q_2 = 0; q_3 = -q$
- C)**  $q_2 = -q; q_3 = +q$
- D)**  $q_2 = -2q; q_3 = +q$
- E)**  $q_2 = -q; q_3 = -2q$



**13-b) (0,5 ponto)** Assinale a opção que especifica, corretamente os campos elétricos nas regiões II ( $R_1 < r < R_2$ ), III ( $R_2 < r < R_3$ ) e IV ( $r > R_3$ ).

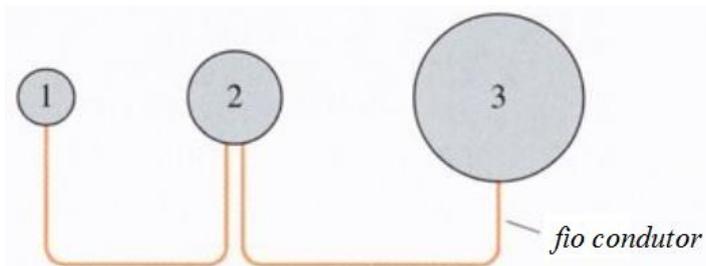
- A)**  $\mathbf{E}_{II} = E(r)\mathbf{r}; \mathbf{E}_{III} = 0; \mathbf{E}_{IV} = 0.$
- B)**  $\mathbf{E}_{II} = E(r)\mathbf{r}; \mathbf{E}_{III} = 0; \mathbf{E}_{IV} = E(r)\mathbf{r}.$
- C)**  $\mathbf{E}_{II} = E(r)\mathbf{r}; \mathbf{E}_{III} = 0; \mathbf{E}_{IV} = -E(r)\mathbf{r}.$
- D)**  $\mathbf{E}_{II} = E(r)\mathbf{r}; \mathbf{E}_{III} = -E(r)\mathbf{r}; \mathbf{E}_{IV} = 0.$
- E)**  $\mathbf{E}_{II} = E(r)\mathbf{r}; \mathbf{E}_{III} = E(r)\mathbf{r}; \mathbf{E}_{IV} = E(r)\mathbf{r}.$

**14) (0,5 ponto)** Uma esfera condutora de raio  $R$  carregada com um excesso de carga positiva está muito longe de quaisquer outra carga. Qual dos gráficos ilustra corretamente o potencial elétrico devido à esfera carregada em função da distância  $r$  ao centro da esfera. Considere a origem do potencial  $V=0$  em  $r \rightarrow \infty$ . **(resposta D)**



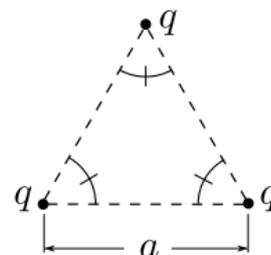
15) (5,0 ponto) Três esferas metálicas carregadas, de raios distintos, estão conectadas por fios condutores muito finos.  $Q$  representa a carga na superfície da esfera e  $\sigma$  a densidade superficial de carga na esfera. Assine a opção que descreve as relações entre os valores de  $Q$  e os valores de  $\sigma$  no equilíbrio eletrostático.

- A)  $Q_1 = Q_2 = Q_3$  ;  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$   
**B)  $Q_1 < Q_2 < Q_3$  ;  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$**   
 C)  $Q_1 > Q_2 > Q_3$  ;  $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$   
 D)  $Q_1 < Q_2 < Q_3$  ;  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$   
 E)  $Q_1 > Q_2 > Q_3$  ;  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$

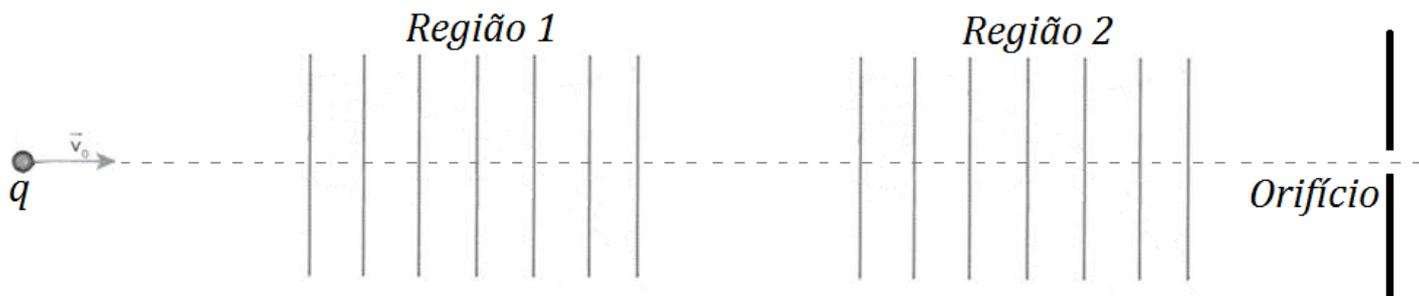


16) (0,5 ponto) Qual é o trabalho necessário para formarmos a configuração abaixo com três partículas, todas com a mesma carga  $q$ , supondo que tais partículas estão, de início, infinitamente afastadas?

- A)  $6k_0q^2/a$ .  
 B)  $5k_0q^2/a$ .  
 C)  $4k_0q^2/a$ .  
**D)  $3k_0q^2/a$ .**  
 E)  $2k_0q^2/a$ .



17) (0,5 ponto) Uma partícula com carga elétrica  $q$  se move livremente com velocidade  $v = v_0 \hat{i}$  até atingir duas regiões de mesmo comprimento com campo elétrico uniforme como indicado na figura abaixo. A partícula atravessa as regiões de campo e atinge o orifício no centro da tela. Qual deve ser o sinal da carga, os sentidos dos campos e a relação entre eles para que isso ocorra?



- A) positiva, região 1 para cima, região 2 para baixo,  $E(\text{região 1}) > E(\text{região 2})$   
 B) positiva, região 1 para baixo, região 2 para baixo,  $E(\text{região 1}) = E(\text{região 2})$   
**C) negativa, região 1 para baixo, região 2 para cima,  $E(\text{região 1}) < E(\text{região 2})$**   
 D) negativa, região 1 para cima, região 2 para baixo,  $E(\text{região 1}) = E(\text{região 2})$   
 E) negativa, região 1 para cima, região 2 para cima,  $E(\text{região 1}) = E(\text{região 2})$