



INSTITUTO DE FÍSICA  
Universidade Federal Fluminense

## Física Teórica II

Primeira Prova – 2º. semestre de 2017 – 23/09/2017

ALUNO \_\_\_\_\_ *Gabarito* \_\_\_\_\_

TURMA \_\_\_\_\_ PROF. \_\_\_\_\_

NOTA DA  
PROVA

### 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 auto-explicativa 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.
- 4 – **Não é permitido o uso de calculadora**
- 5 – **Portar celular (mesmo que desligado) durante a prova acarretará em nota zero.**

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

- 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 explicita qual é a correta.

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

Nome			
Matr		Turma	

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
1	<input type="radio"/>	11	<input type="radio"/>								
2	<input type="radio"/>	12	<input type="radio"/>								
3	<input type="radio"/>	13	<input type="radio"/>								
4	<input type="radio"/>	14	<input type="radio"/>								
5	<input type="radio"/>	15	<input type="radio"/>								
6	<input type="radio"/>	16	<input type="radio"/>								
7	<input type="radio"/>	17	<input type="radio"/>								
8	<input type="radio"/>	18	<input type="radio"/>								
9	<input type="radio"/>	19	<input type="radio"/>								
10	<input type="radio"/>	20	<input type="radio"/>								

Boa Prova

## Formulário

$$Usar \quad \pi \approx 3; \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}; \quad \epsilon_0 \approx 9 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

$$Carga \text{ do elétron e do próton } \Rightarrow e \approx 1,6 \times 10^{-19} C$$

$$m_e = 9,1 \times 10^{-31} kg; \quad m_p = 1,7 \times 10^{-27} kg$$

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}; \quad d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \hat{r}; \quad \vec{F} = q\vec{E}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{int}}{\epsilon_0}; \quad U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}; \quad U_f - U_i = W_{F_{ext}} = -W_{FE} = - \int_i^f \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

$$\Delta U = q\Delta V; \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}; \quad dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r}; \quad V_f - V_i = -\frac{W_{FE}}{q_0} = - \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\vec{p} = q\vec{d}; \quad U = -\vec{p} \cdot \vec{E}; \quad \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}; \quad \vec{E} = - \left( \frac{\partial V}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \hat{k} \right)$$

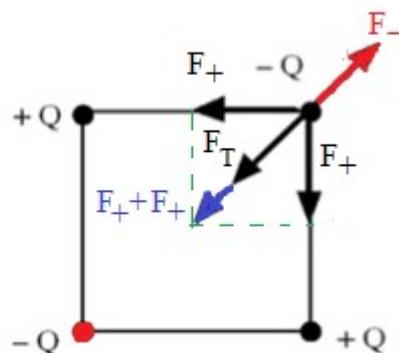
$$\int \frac{udu}{(u^2 + a^2)^{1/2}} = \sqrt{u^2 + a^2}; \quad \int \frac{du}{(u^2 + a^2)^{1/2}} = \ln(u + \sqrt{u^2 + a^2})$$

$$\int \frac{du}{(u^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{u}{a^2 \sqrt{u^2 + a^2}}; \quad \int \frac{udu}{(u^2 + a^2)^{3/2}} = -\frac{1}{\sqrt{u^2 + a^2}}$$

	30°	40°	60°
<i>sen</i> θ	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
<i>cos</i> θ	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$
<i>tg</i> θ	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$

01) (0,5 ponto) A figura abaixo mostra quatro cargas pontuais localizadas nos vértices de um quadrado. As cargas têm a mesma magnitude e sinais como apresentados na figura. Qual dos vetores (A, B, C ou D) dá a direção e o sentido correto da força resultante sobre a carga que está no canto direito superior?

- A) A
- B) B**
- C) C
- D) D
- E) A força resultante nesta carga é nula.



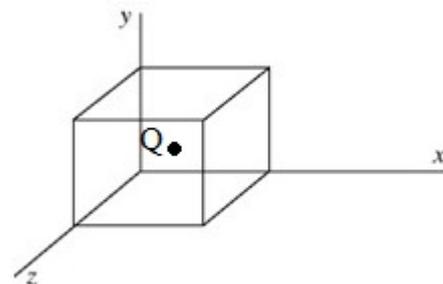
02) (0,5 ponto) A figura abaixo mostra uma superfície cúbica com uma carga elétrica  $Q = +2,7 \times 10^{-8} \text{C}$  localizada em seu centro. O fluxo do campo elétrico através da face superior dessa superfície cúbica vale:

**(Como a carga está no centro do cubo, todas as suas faces tem o mesmo fluxo elétrico)**

- A)  $1,0 \times 10^3 \text{ N.m}^2/\text{C}$
- B)  $5,0 \times 10^2 \text{ N.m}^2/\text{C}$**
- C)  $3,0 \times 10^2 \text{ N.m}^2/\text{C}$
- D)  $2,0 \times 10^3 \text{ N.m}^2/\text{C}$
- E)  $6,0 \times 10^3 \text{ N.m}^2/\text{C}$

$$\text{fluxo total} \rightarrow \phi_E^{tot} = \frac{q_{int}}{\epsilon_0} = \frac{27 \times 10^{-9} \text{C}}{9 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{N.m}^2}$$

$$\phi_E^{tot} = 3 \times 10^{+3} \text{ N.m}^2/\text{C}$$



$$\text{O cubo tem 6 lados} \rightarrow \phi_E^{face\ sup.} = \frac{\phi_E^{tot}}{6} = \frac{3 \times 10^{+3} \text{ N.m}^2/\text{C}}{6} = 5 \times 10^{+2} \text{ N.m}^2/\text{C}$$

03) (0,5 ponto) Duas placas condutoras A e B, paralelas, carregadas, produzem um campo elétrico uniforme de módulo  $E_0$ , para a direita, entre as placas. A separação entre as placas é  $d$ . Um elétron é projetado da placa A diretamente para a placa B, com velocidade inicial  $v$ . Qual deve ser o valor mínimo desta velocidade para que o elétron alcance a placa B?

**(para calcular a velocidade podemos usar a conservação da energia ou as equações de movimento)**

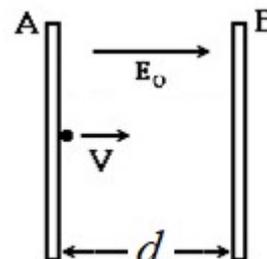
- A)  $v = \sqrt{\frac{2eE_0}{m_e d}}$
- B)  $v = \sqrt{\frac{eE_0 d}{2m_e}}$
- C)  $v = \sqrt{\frac{2E_0 d}{em_e}}$
- D)  $v = \sqrt{\frac{2m_e}{eE_0 d}}$
- E)  $v = \sqrt{\frac{2eE_0 d}{m_e}}$**

$$\text{conservação da energia} \rightarrow \Delta K = \Delta U$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = eV \rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

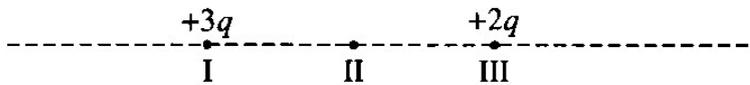
$$V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} = E_0 \int dl = E_0 d$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eE_0 d}{m}}$$



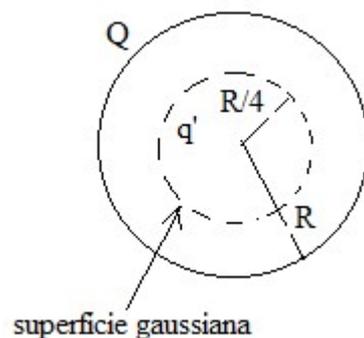
04) (0,5 ponto) Dada a distribuição de cargas abaixo, podemos afirmar que além do infinito, o campo elétrico somente se anula em um ponto da linha pontilhada que se localiza no intervalo: **(Como as duas cargas são positivas o campo só pode se anular entre elas. O campo elétrico cai com o quadrado da distância, assim, ele irá se anular mais próximo da carga com menor módulo, ou seja, no intervalo entre II e III)**

- A) A esquerda de I
- B) Entre I e II
- C) Entre II e III**
- D) A direita de III
- E) O campo elétrico não se anula em nenhum dos intervalos anteriores, somente se anula no infinito



05) (0,5 ponto) Uma esfera sólida isolante de raio R possui uma densidade de carga uniforme  $\rho$  em todo seu volume. O módulo do campo elétrico a uma distância  $r = R/4$  do centro desta esfera vale:

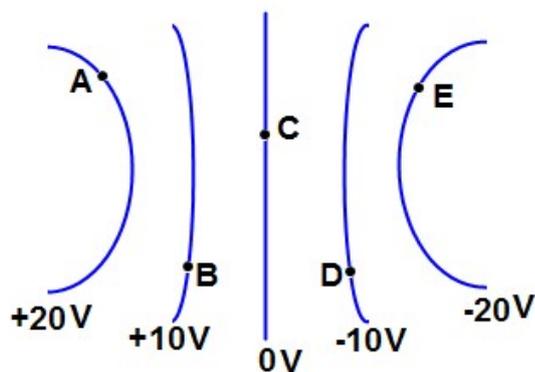
- A)  $\rho R/4\epsilon_0$
  - B)  $\rho R/3\epsilon_0$
  - C)  $\rho R/16\epsilon_0$
  - D)  $\rho R/12\epsilon_0$**
  - E)  $\rho R/48\epsilon_0$
- $$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{q_{int}}{\epsilon_0}; \quad q_{int} = q' = \rho V' = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$$
- $$\Rightarrow E(4\pi r^2) = \frac{4}{3\epsilon_0}\pi r^3 \rho$$
- $$\Rightarrow E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$$
- $$\Rightarrow E(r = R/4) = \frac{\rho R}{12\epsilon_0};$$



06) (0,5 ponto) Um campo elétrico não uniforme está representado na figura abaixo pelas linhas equipotenciais. Qual o trabalho realizado pela força elétrica sobre uma carga positiva de  $1\mu\text{C}$  para movê-la do ponto A até o ponto E passando pelos pontos B, C e D?

**(O trabalho pode ser obtido através da diferença de potencial. Esta diferença de potencial só depende do valor do potencial nos pontos A e E, ou seja, independe do caminho para ir de A até E.)**

- A)  $0 \mu\text{J}$
  - B)  $20 \mu\text{J}$
  - C)  $40 \mu\text{J}$**
  - D)  $60 \mu\text{J}$
  - E)  $80 \mu\text{J}$
- $$W_{Fe} = -\Delta U = -q\Delta V = -q(V_E - V_A)$$
- $$W_{Fe} = -1 \times 10^{-6}(-20 - 20)$$
- $$\Rightarrow W_{Fe} = +40 \times 10^{-6} \text{ J} = 40\mu\text{J}$$



07) (0,5 ponto) Duas esferas metálicas e neutras X e Y, estão em suportes isolantes. Elas estão em contato uma com a outra. Um bastão R positivamente carregado é trazido para perto de X como mostra a figura (a). Algum tempo depois a esfera Y é afastada de X como na figura (b).

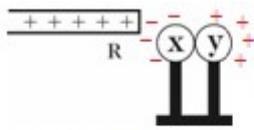


Figura (a)



Figura (b)



Figura (c)

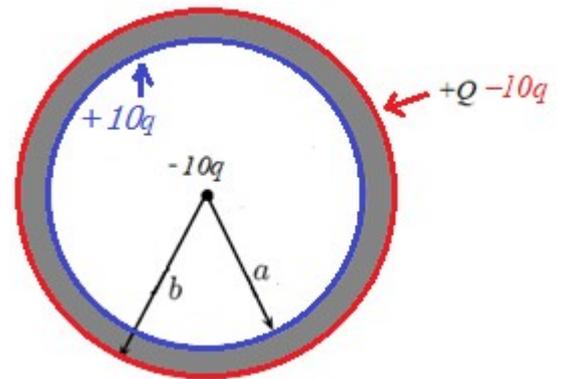
O bastão é finalmente afastado das duas esferas (figura(c)). Quais são os sinais das cargas finais de X e Y, respectivamente ?

- |    | X        | Y        |
|----|----------|----------|
| A) | neutra   | neutra   |
| B) | negativa | negativa |
| C) | positiva | positiva |
| D) | negativa | positiva |
| E) | positiva | negativa |

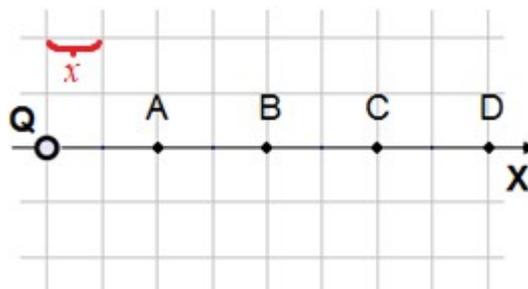
08) (0,5 ponto) Uma casca esférica condutora de raio interno  $a$  e externo  $b$  é carregada com uma carga  $+Q$ . Além disso, uma carga pontual  $(-10q)$  é colocada no centro da casca esférica. Qual é a densidade de carga na superfície externa da casca esférica?

- A)  $\eta = -10q/4\pi b^2$   
 B)  $\eta = -Q/4\pi b^2$   
 C)  $\eta = (Q-10q)/4\pi b^2$   
 D)  $\eta = (Q+10q)/4\pi b^2$   
 E)  $\eta = (10q-Q)/4\pi b^2$

$$\eta_{ext} = \frac{q_{ext}}{A_{ext}} = \frac{+Q-10q}{4\pi b^2}$$



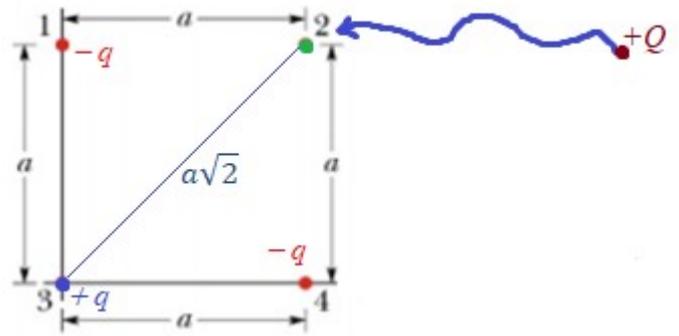
09) (0,5 ponto) Uma carga elétrica  $Q$  é colocada na origem do eixo  $x$ , como mostra a figura abaixo. Qual é o valor da razão entre os módulos do potencial elétrico ( $V_A/V_D$ ), gerado por esta carga, nos pontos A e D?



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

$$V_A = \frac{kQ}{2x}; V_D = \frac{kQ}{8x} \Rightarrow \frac{V_A}{V_D} = 4$$

10) (0,5 ponto) Suponha que duas cargas  $-q$  estão fixas nos vértices 1 e 4 de um quadrado de lado  $a$  como mostra a figura abaixo. Uma terceira carga  $+q$  e fixada no vértice 3 do mesmo quadrado. Qual o trabalho  $W$  necessário para que uma força externa desloque uma outra carga  $+Q$  do infinito, onde o potencial é nulo, para colocá-la no vértice 2 do quadrado?



- A)  $W = kqQ (1 + 2\sqrt{2})/a\sqrt{2}$
- B)  $W = kqQ (1 - 2\sqrt{2})/a\sqrt{2}$**
- C)  $W = kqQ (1 + \sqrt{2})/a\sqrt{2}$
- D)  $W = kqQ (1 - \sqrt{2})/a\sqrt{2}$
- E)  $W = kqQ (1 + 2\sqrt{2})/a$

$$W_{\infty \rightarrow 2} = U_{tot} = +QV_2$$

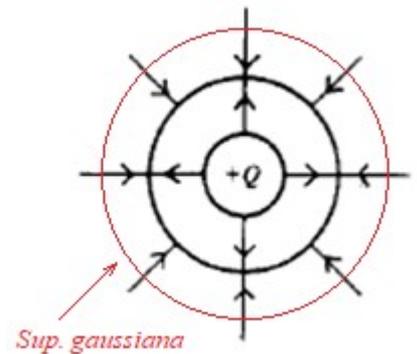
$$V_2 = V_{-q} + V_{-q} + V_{+q} = -\frac{kq}{a} - \frac{kq}{a} + \frac{kq}{a\sqrt{2}} = \frac{kq}{a} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - 2 \right) = \frac{kq}{a} \left( \frac{1 - 2\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\Rightarrow W_{\infty \rightarrow 2} = +kqQ \left( \frac{1 - 2\sqrt{2}}{a\sqrt{2}} \right)$$

11) (0,5 ponto) O campo elétrico produzido por duas cascas cilíndricas co-axiais longas é representado pelas linhas de campo elétrico indicadas abaixo. A carga na casca cilíndrica interna é  $+Q$ . Das respostas abaixo a única opção que pode representar a carga na casca cilíndrica externa é:

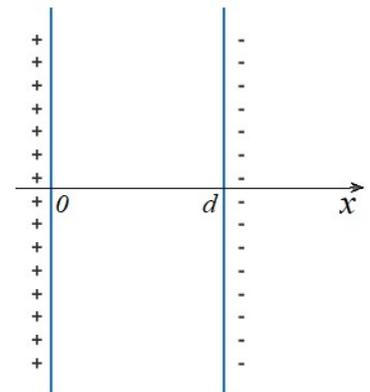
**(O fluxo elétrico através da gaussiana é negativo. Como  $\phi_E = \frac{q_{int}}{\epsilon_0}$ , para que o fluxo seja negativo a carga interna líquida dentro da gaussiana deve ser negativa, ou seja:  $q_{int} = +Q + aQ < 0 \Rightarrow a < -1$ . Logo, verificando dentre as opções tiramos que  $a = -3 \Rightarrow aQ = -3Q$ .)**

- A)  $+3Q$
- B)  $+Q$
- C)  $-Q$
- D)  $-3Q$**
- E) zero



12) (0,5 ponto) Considere duas grandes placas planas, paralelas. Uma das placas com uma densidade de cargas  $+\eta$ , se encontra na origem do eixo  $x$  (em  $x=0$ ) e a outra, com  $-2\eta$ , está localizada em  $x=d$ . Qual é o vetor campo elétrico no ponto médio ( $x=d/2$ ) se o eixo passa pelo centro das duas placas? (considere que as dimensões das placas são muito maiores que a distância entre elas)

- A)  $-\eta/\epsilon_0 \hat{i}$
- B)  $+\eta/\epsilon_0 \hat{i}$
- C)  $+\eta/2\epsilon_0 \hat{i}$
- D)  $-3\eta/2\epsilon_0 \hat{i}$
- E)  $+3\eta/2\epsilon_0 \hat{i}$**



Campo elétrico de um plano infinito  $\Rightarrow \frac{\eta}{2\epsilon_0}$

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- = \frac{|\eta|}{2\epsilon_0} \hat{i} + \frac{|-2\eta|}{2\epsilon_0} \hat{i} = +\frac{3\eta}{2\epsilon_0} \hat{i}$$

13) (0,5 ponto) Um dipolo elétrico formado por duas cargas de  $4e$  e  $-4e$  ( $e$  é a carga do elétron), separadas por uma distância de  $0,80 \text{ nm}$ , é submetido a um campo elétrico uniforme de módulo  $5,00 \times 10^6 \text{ N/C}$ . O módulo do torque exercido pelo campo elétrico sobre o dipolo, se o campo é perpendicular ao dipolo, é:

A) zero

B)  $1,28 \times 10^{-21} \text{ N.m}$   $\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \Rightarrow \tau = pE \sin \theta$ ; com  $|\vec{p}| = qd$  e  $\theta = 90^\circ$

C)  $2,56 \times 10^{-21} \text{ N.m}$

D)  $6,40 \times 10^{-22} \text{ N.m}$   $\Rightarrow \tau = 4edE = 4 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 0,8 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^6$

E)  $3,20 \times 10^{-22} \text{ N.m}$

$$\tau = 2,56 \times 10^{-21} \text{ N.m}$$

14) (0,5 ponto) A figura mostra uma barra não-condutora com uma densidade linear de carga positiva  $\lambda$  distribuída uniformemente ao longo de seu comprimento. A barra é dobrada em uma semicircunferência de raio  $R$ . O módulo do campo elétrico no centro da semicircunferência é:

A)  $2k\lambda/R$

$E_y = 0$  por simetria.

B)  $k\lambda/R$

$$dE_x = |d\vec{E}| \cos \theta$$

C)  $k\lambda/R^2$

$$dE_x = \frac{k dq}{R^2} \cos \theta; \quad dq = \lambda ds = R \lambda d\theta$$

D)  $2k\lambda/R^2$

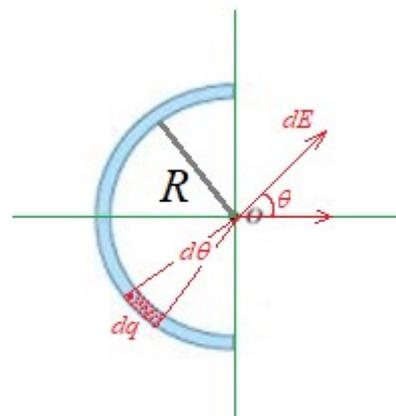
$$dE_x = \frac{k\lambda R}{R^2} \cos \theta d\theta$$

E)  $k\lambda/2R$

$$\Rightarrow E_x = \frac{k\lambda}{R} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \theta d\theta$$

$$\Rightarrow E_x = \frac{k\lambda}{R} [\sin \theta]_{-\pi/2}^{\pi/2}$$

$$\Rightarrow E_x = \frac{2k\lambda}{R}$$



15) (0,5 ponto) Quatro dipolos, cada um consistindo de uma carga  $+10\mu\text{C}$  e outra carga de  $-10\mu\text{C}$ , estão localizados no plano  $xy$  com seus centros distando  $1,0\text{mm}$  da origem. Uma superfície esférica passa através dos dipolos, como indicado na figura. O fluxo elétrico através desta superfície vale:

A)  $4,4 \times 10^6 \text{ N.m}^2/\text{C}$

$$\text{fluxo elétrico} \rightarrow \phi_E = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

B)  $0,0 \text{ N.m}^2/\text{C}$

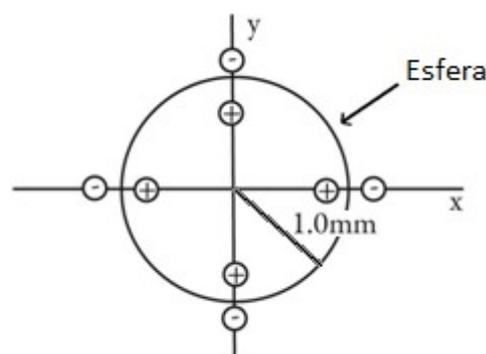
$$q_{\text{int}} = 4q = 40\mu\text{C}$$

C)  $9,0 \times 10^6 \text{ N.m}^2/\text{C}$

D)  $1,1 \times 10^6 \text{ N.m}^2/\text{C}$

$$\phi_E = \frac{40 \times 10^{-6}}{9 \times 10^{-12}} = 4,4 \times 10^6 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}}$$

E)  $1,5 \times 10^6 \text{ N.m}^2/\text{C}$



16) (0,5 ponto) O potencial elétrico de uma placa de vidro muito grande é  $V_0$ . Ela tem uma distribuição de carga positiva e uniforme sobre sua superfície com uma densidade  $\eta$  (C/m<sup>2</sup>). Determine o potencial  $V$  a uma distância  $x$  da placa. Considere que o ponto  $x$  está longe das bordas e que  $x$  é muito menor que as dimensões da placa.

A)  $V_0 + \frac{\eta x^2}{2\epsilon_0}$

B)  $V_0 + \frac{\eta x}{2\epsilon_0}$

C)  $V_0$

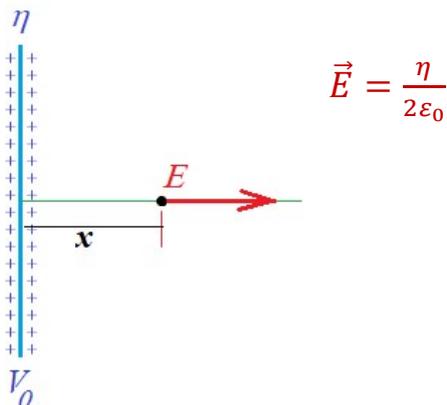
D)  $V_0 - \frac{\eta x^2}{2\epsilon_0}$

E)  $V_0 - \frac{\eta x}{2\epsilon_0}$

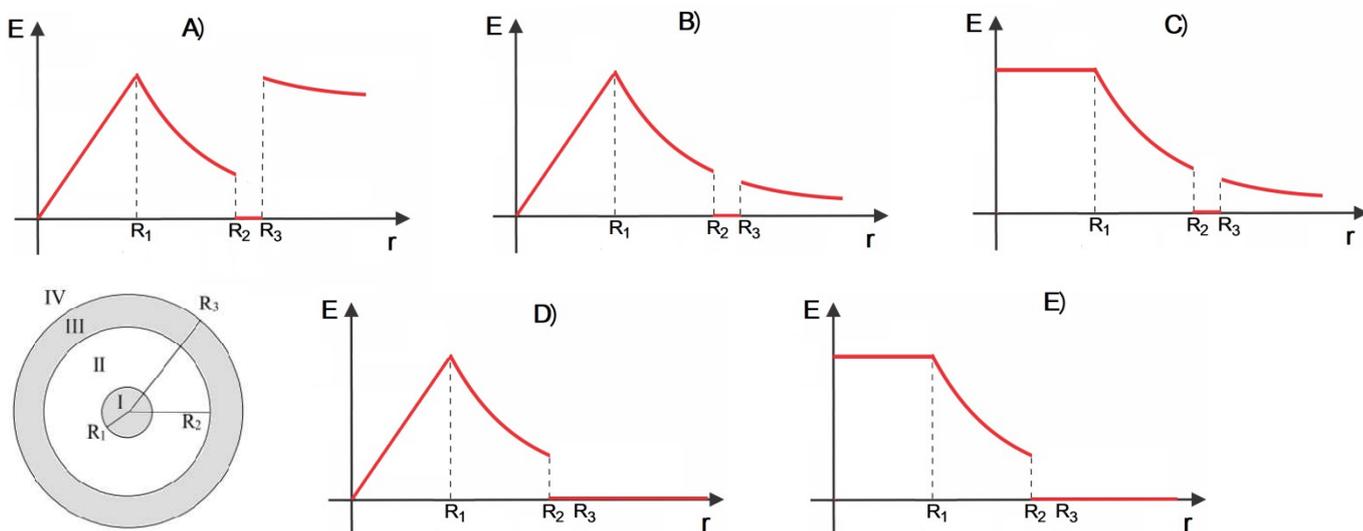
$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$dV = -\frac{\eta}{2\epsilon_0} dx$$

$$\text{integrando} \rightarrow V = V_0 - \frac{\eta x}{2\epsilon_0}$$



17) (0,5 ponto) Uma esfera isolante de raio  $R_1$  possui uma carga  $+Q$  uniformemente distribuída em todo o seu volume. Esta esfera é concêntrica a uma casca esférica condutora de raio interno  $R_2$  e raio externo  $R_3$  que é carregada com uma carga  $-Q$  tal como indicado na figura. O gráfico que melhor descreve o campo elétrico nas regiões I a IV é:



$$\vec{E}_I = \frac{kQ}{R^3} r \hat{r} \quad (0 < r < R_1); \quad \vec{E}_{II} = \frac{kQ}{r^2} \hat{r} \quad (R_1 < r < R_2); \quad \vec{E}_{III} = 0 \quad (R_2 < r < R_3); \quad \vec{E}_{IV} = 0 \quad (r > R_3)$$

**Resposta ⇒ D)**

18) (0,5 ponto) Qual das seguintes afirmativas sobre condutores em equilíbrio eletrostático é verdadeira?

A) Para mover uma carga positiva sobre a superfície de um condutor é necessário a realização de trabalho positivo. (falsa, a superfície de um condutor é uma equipotencial  $\rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow W = -q\Delta V = 0$ )

B) Independente do formato da superfície de um condutor, cargas colocadas sobre essa superfície irão se distribuir de forma uniforme. (falsa, elas irão se distribuir de forma a manter o campo elétrico nulo no seu interior)

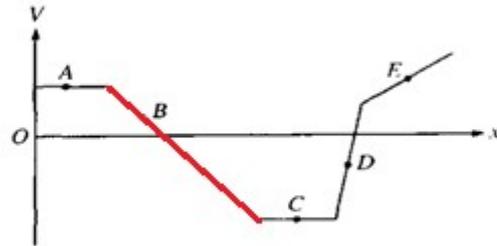
C) O potencial elétrico no interior de um condutor é sempre nulo. (falsa, o potencial elétrico no interior de um condutor é constante, essa constante não é necessariamente nula)

**D) O volume e a superfície de um condutor têm o mesmo potencial.**

E) O potencial elétrico na superfície de um condutor é sempre nulo. (falsa, o potencial elétrico na superfície de um condutor é constante, essa constante não é necessariamente nula)

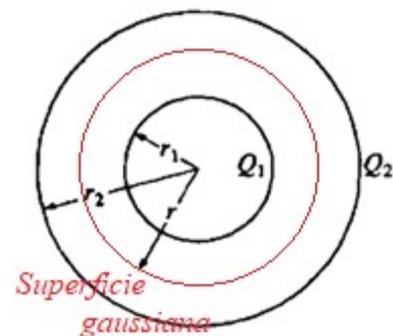
19) (0,5 ponto) Em qual dos pontos indicados no gráfico de potencial em função da posição, o campo elétrico é positivo?

- A) A Como  $\vec{E} = -\frac{dV}{dx}\hat{x}$ , o campo será positivo  
**B) B** na região com inclinação negativa.  
 C) C  
 D) D  
 E) E



20) (0,5 ponto) Duas cascas esféricas finas e condutoras concêntricas de raios  $r_1$  e  $r_2$ , possuem cargas  $Q_1$  e  $Q_2$ , como indicado abaixo. Considere a região  $r_1 < r < r_2$  onde  $r$  é a distância até o centro das esferas. Nessa região, o campo elétrico resultante é:

- A)  $Q_1/4\pi\epsilon_0r^2$**   
 B)  $(Q_1 + Q_2)/4\pi\epsilon_0r^2$   
 C)  $(Q_1 + Q_2)/4\pi\epsilon_0r$   
 D)  $Q_1/4\pi\epsilon_0r_1^2 + Q_2/4\pi\epsilon_0r_2^2$   
 E)  $Q_1/4\pi\epsilon_0r$



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{int}}{\epsilon_0}; \quad q_{int} = Q_1$$

$$\Rightarrow E(4\pi r^2) = \frac{Q_1}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1}{r^2}$$