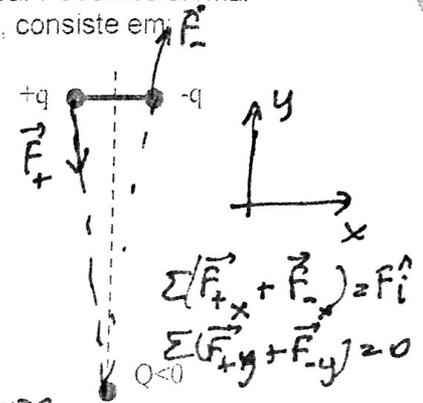


01) (0,5 ponto) Um dipolo rígido é colocado na proximidade de uma partícula (pontual) de carga $Q < 0$, fixa no plano médio, perpendicular ao eixo do dipolo, conforme mostra a figura. Podemos afirmar que o movimento inicial do dipolo, imediatamente após ser liberado do repouso, consiste em:

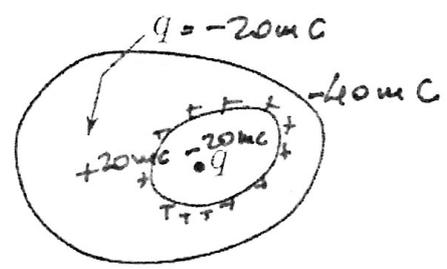
- (a) uma translação para direita e uma rotação, em torno do seu centro, no sentido anti-horário.
- (b) uma translação para a direita e uma rotação, em torno do seu centro, no sentido horário.
- (c) uma translação para cima e uma rotação, em torno do seu centro, no sentido anti-horário.
- (d) uma translação para baixo e uma rotação, em torno do seu centro, no sentido horário.
- (e) uma translação para a esquerda e uma rotação, em torno do seu centro, no sentido anti-horário.



- CENTRO DE MASSA SE MOVE PARA A DIREITA
 - ROTAÇÃO NO SENTIDO ANTI-HORÁRIO

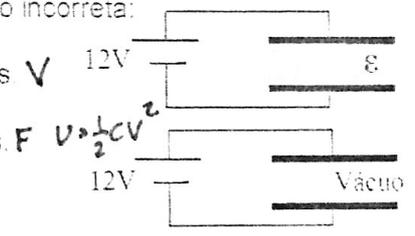
02) (0,5 pontos) Um condutor com uma cavidade encontra-se em equilíbrio eletrostático e possui uma carga total $q = -20 \text{ mC}$. No interior da cavidade, existe uma partícula em repouso, de carga também $q = -20 \text{ mC}$. Quais são as cargas nas superfícies interna e externa do condutor, respectivamente?

	Interna	Externa
(a)	+20mC	-40mC
(b)	-20mC	0
(c)	-10mC	-10mC
(d)	0	-20mC
(e)	-40mC	+20mC



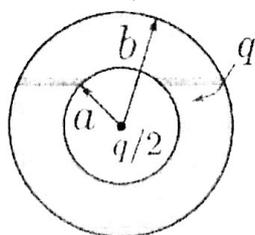
03) (0,5 ponto) Dois capacitores de placas planas e paralelas, idênticos, são preenchidos com materiais dielétricos diferentes. O capacitor A é preenchido com dielétrico de constante dielétrica ϵ e outro (capacitor B) com vácuo. Os capacitores são carregados com baterias idênticas de 12V, como mostra a figura, que permanecem ligadas a eles. Assinale a afirmação incorreta:

- (a) A carga acumulada nas placas dos dois capacitores são diferentes. ∇
- (b) O campo elétrico no interior dos dois capacitores são iguais. ∇
- (c) A energia necessária para carregar os dois capacitores são iguais. ∇
- (d) A ddp entre as placas dos dois capacitores são iguais. ∇
- (e) A capacitância do capacitor A é maior que a do capacitor B. ∇



04) (0,5 ponto) Uma casca condutora esférica, espessa, de raios interno e externo iguais a a e b , respectivamente, encontra-se em equilíbrio eletrostático e possui carga q . Uma partícula, de carga $q/2$ está situada, em repouso, no centro de tal casca. Que relação é válida entre os potenciais $V_a = V(r = a)$ e $V_b = V(r = b)$?

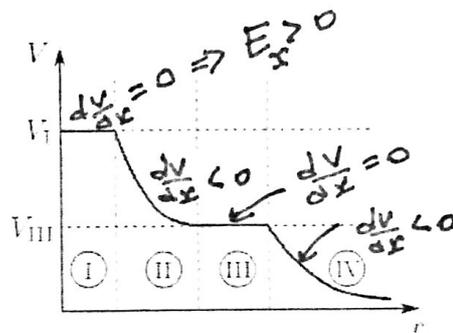
- (a) $V_b = 2V_a$.
- (b) $V_a = 2V_b$.
- (c) $V_b = V_a$.
- (d) $V_b = -2V_a$.
- (e) $V_a = -2V_b$.



CONDUTOR $\vec{E} = 0 \Rightarrow \Delta V = 0$
 ENTÃO $V_a = V_b$
 $\Delta V = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$

05) (0,5 ponto) Considere o gráfico que mostra como o potencial eletrostático varia, em função da distância radial a partir de um determinado ponto central, em cada uma de 4 regiões distintas do espaço. Nas regiões I e III, o potencial é constante, ao passo que, nas regiões II e IV, ele decresce suavemente, como mostra a figura. Podemos afirmar que:

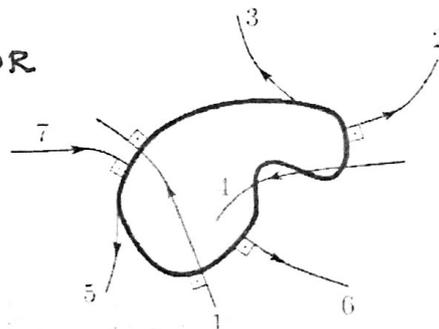
- (a) A componente radial do campo elétrico é negativa nas regiões I e II. **F**
- (b) A componente radial do campo elétrico é nula nas regiões I e III. **V EM I e III $\frac{dV}{dr} = 0 \Rightarrow E_r = 0$**
- (c) A componente radial do campo elétrico é negativa nas regiões II e IV. **A**
- (d) A componente radial do campo elétrico é nula nas regiões II e IV. **F**
- (e) A componente radial do campo elétrico é positiva em todas as quatro regiões. **F**



$$\vec{E} = -\frac{dV}{dr} \hat{r}$$

06) (0,5 ponto) Na figura, temos uma seção transversal de um corpo condutor, isolado (muito afastado de quaisquer outros corpos), em equilíbrio eletrostático, carregado positivamente, além de algumas curvas orientadas. Quais curvas, nitidamente, não podem representar linhas de campo do correspondente campo eletrostático?

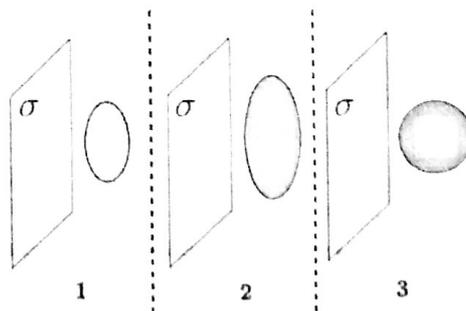
- (a) 1 e 4.
- (b) 1, 4 e 7.
- (c) 2, 6 e 7.
- (d) 1, 3, 4, 5 e 7. **COMO O CORPO É CONDUTOR E=0 NÃO HÁ LINHAS DENTRO DO CONDUTOR E O CONDUTOR É UMA EQUIPOTENCIAL ENTÃO E É PERPENDICULAR À SUPERFÍCIE**
- (e) 1, 3, 4 e 5.



(3 e 4) - LINHAS DENTRO DO CONDUTOR
 (3 e 5) - NÃO SÃO PERPENDICULARES
 (7) - A CARGA DO CONDUTOR É POSITIVA

07) (0,5 ponto) A figura mostra três sistemas com distribuições uniformes de carga interagindo eletrostaticamente. Em todos, temos um plano infinito não condutor com densidade superficial de carga σ interagindo com: um anel (1), um disco (2) e uma esfera (3). O anel, o disco e a esfera têm a mesma carga total Q . Qual das alternativas abaixo melhor representa a comparação entre os módulos das forças elétricas exercidas pelo plano sobre: o anel (F_1), o disco (F_2) e a esfera (F_3)?

- (a) $F_1 > F_2 > F_3$.
- (b) $F_1 = F_2 = F_3$.
- (c) $F_1 > F_2 = F_3$.
- (d) $F_1 = F_2 > F_3$.
- (e) $F_1 = F_2 < F_3$.



COMO O CAMPO GERADO POR UM PLANO INFINITO É HOMOGÊNIO, A FORÇA SOBRE CARGA INDEPENDENTE DE SUA FORMA

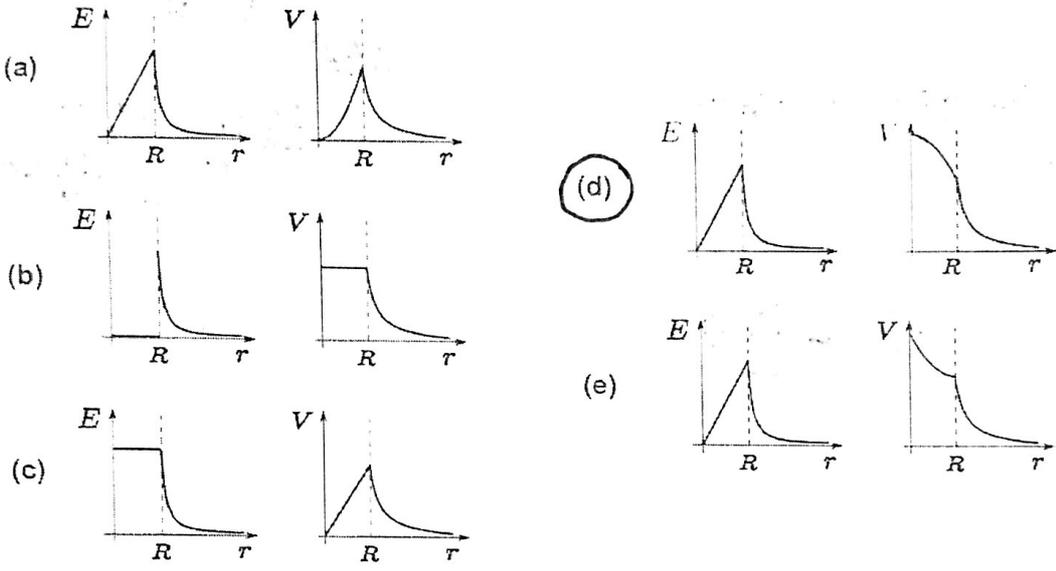
CAMPO DENTRO DE UMA ESFERA CARREGADA



$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{int}}{\epsilon_0} \Rightarrow E 4\pi r^2 = \frac{\rho \frac{4}{3}\pi r^3}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\rho}{3\epsilon_0} r$
 FORA SE COMPORTA COMO UMA CARGA PONTUAL $E = k \frac{q}{r^2}$

$E = -\frac{dV}{dx}$ CAMPO POSITIVO E AUMENTANDO

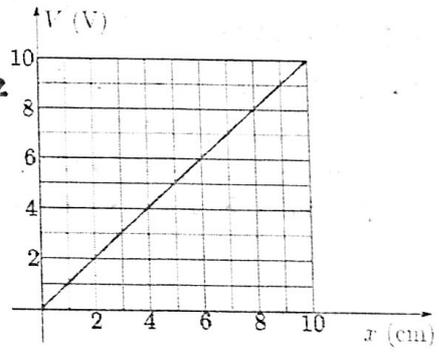
08) (0.5 ponto) Considere uma esfera maciça com densidade volumar de carga constante (estacionária e uniforme), raio R e carga total $Q > 0$. Qual das alternativas abaixo melhor representa os graficos do módulo do campo elétrico e do potencial elétrico, devidos a essa esfera em função da distância r ao centro?



09) (0.5 ponto) Na figura, representamos um gráfico do potencial elétrico entre duas placas planas, paralelas e extensas, uniformemente carregadas com cargas de sinais opostos, conforme medido ao longo da direção ortogonal às placas, sendo uma das placas escolhida como tendo potencial e posição nulos. Considerando que \hat{i} é o versor na direção positiva do eixo dos x , qual é o vetor campo elétrico \vec{E} em qualquer ponto entre as placas?

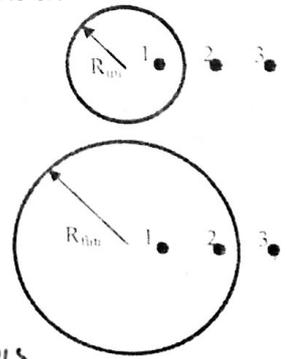
- (a) $-(1000 \text{ V/m}) \hat{i}$
- (b) $+(1 \text{ V/m}) \hat{i}$
- (c) $-(1 \text{ V/m}) \hat{i}$
- (d) $+(100 \text{ V/m}) \hat{i}$
- (e) $-(100 \text{ V/m}) \hat{i}$

$E = -\frac{dV}{dx} = -\frac{\Delta V}{\Delta x} = -\frac{10}{10 \times 10^{-2}}$
 $\Rightarrow \vec{E} = -100 \text{ V/m}$



10) (0.5 ponto) Considere uma casca esférica, uniformemente carregada, cujo raio cresce, desde um valor R_{ini} até um valor R_{fin} . Neste processo ("de crescimento"), em que a carga permanece constante, o que ocorre com o módulo do campo elétrico em cada um dos três pontos fixos, 1, 2 e 3, respectivamente: aumenta, diminui (sem anular), permanece o mesmo ou anula?

- (a) 1: permanece o mesmo; 2: anula, e 3: permanece o mesmo.
- (b) 1: permanece o mesmo; 2: permanece o mesmo, e 3: aumenta.
- (c) 1: permanece o mesmo; 2: aumenta e 3: aumenta.
- (d) 1: diminui; 2: anula, e 3: aumenta.
- (e) 1: diminui; 2: diminui, e 3: permanece o mesmo.



COMO É UMA CASCA $E_1 = 0$ ANTES E DEPOIS
 $E_2 \neq 0$ ANTES E $E_2 = 0$ DEPOIS (ANULA)
 $E_3 \neq 0$ ANTES E PERMANECE O MESMO VALOR DEPOIS

11) (0,5 ponto) O decaimento beta é um processo que ocorre no núcleo atômico onde um nêutron se transforma num próton mais um elétron e uma terceira partícula neutra chamada anti-nêutrino. Após o decaimento o número atômico sobe de uma unidade, já que ele passa a ter um próton a mais, e o elétron produzido no processo escapa do núcleo. Esse elétron é chamado de partícula beta. O carbono 14, que é um isótopo radioativo do carbono 12, tem 6 prótons no núcleo e sofre decaimento beta se transformando no nitrogênio 14. Qual a ordem de grandeza da velocidade em m/s que o elétron (partícula beta) deve ter, no instante de sua criação, para escapar do núcleo (ir para o infinito). Assuma o núcleo como uma esfera carregada de 10^{-13} m de raio e o elétron partindo de sua superfície.

- (a) 10^2 m/s
- (b) 10^4 m/s
- (c) 10^{10} m/s
- (d) 10^{10} m/s
- (e) 10^8 m/s

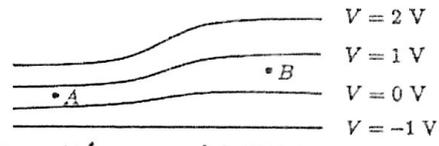
$e \rightarrow \vec{v}_e$ PARA CHEGAR AO INFINITO

$$\frac{1}{2} m_e v_e^2 = K \frac{q_{nucleo} q_e}{R} \Rightarrow v_e = \sqrt{\frac{2 \times K q_N q_e}{m_e R}}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2 \times 9 \times 10^9 \times 7 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{9,1 \times 10^{-31} \times 10^{-13}}} = \sqrt{\frac{2016 \times 10^{15}}{9,1}} \sim 10^8 \text{ m/s}$$

12) (0,5 ponto) Considere o seguinte corte transversal que exibe uma família de quatro superfícies equipotenciais, associadas a um campo eletrostático. Assinale a opção que melhor indica o vetor campo elétrico em cada um dos pontos A e B, respectivamente.

- (a) $E_A \uparrow$, $E_B \uparrow$
- (b) $E_A \uparrow$, $E_B \uparrow$
- (c) $E_A \downarrow$, $E_B \downarrow$
- (d) $E_A \downarrow$, $E_B \downarrow$
- (e) $E_A \rightarrow$, $E_B \rightarrow$



LINHAS MAIS PROXIMAS LINHAS MAIS LONGE
 $E_A > E_B$
 POTENCIAL AUMENTA NO SENTIDO CONTRÁRIO AO CAMPO ELÉTRICO

13) (0,5 ponto) Qual das seguintes afirmativas é falsa?

- (a) No processo de carregamento de um capacitor, cria-se um campo elétrico entre suas placas.
- (b) O trabalho necessário para carregar um capacitor pode ser pensado como sendo o trabalho necessário para criar um campo elétrico entre suas placas.
- (c) A densidade de energia no espaço entre as placas de um capacitor é diretamente proporcional ao módulo do campo elétrico. $F = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$
- (d) A diferença de potencial entre as placas de um capacitor é diretamente proporcional ao módulo do campo elétrico.
- (e) A capacitância de um capacitor não depende da quantidade de carga acumulada nele nem da diferença de potencial aplicada nos seus terminais.

GANHA ENERGIA CINÉTICA PORO E POTENCIAL

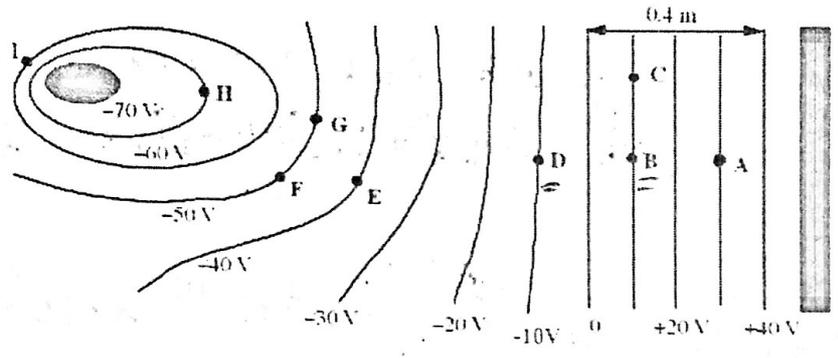
$E_c = 90V \cdot 35 \times 10^{-3} = q \cdot 70 \Rightarrow q = 0,5mC = 500\mu C$

CARGA NEGATIVA - POTENCIAL AUMENTA ENTRE E E A

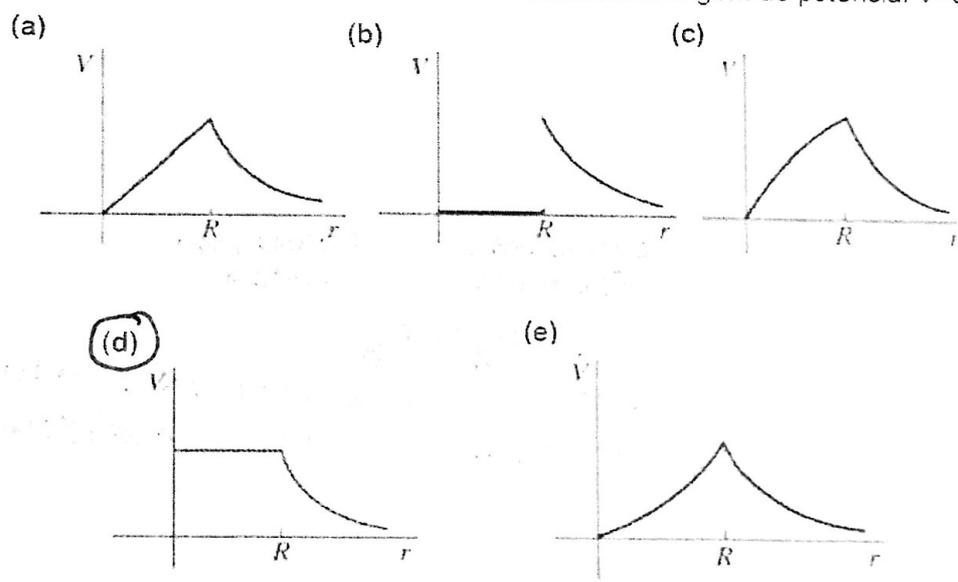
$W = q \Delta V = -0,5 \times 10^{-3} \times (-20V) = 10mJ$

14) (0,5 ponto) O desenho abaixo mostra as seções transversais de superfícies equipotenciais entre dois condutores carregados que são mostrados em preto. Vários pontos nas superfícies equipotenciais próximos dos condutores estão marcados A, B, C, ..., I. Uma carga pontual ganha 35mJ de energia cinética quando se move do ponto E para o ponto A. Determine a magnitude, o tipo da carga e quanto trabalho é necessário para movê-la do ponto B para o ponto D.

- (a) 0,1mC, negativa e 20mJ
- (b) 500μC, negativa e -10mJ
- (c) 0,5mC, positiva e -10mJ
- (d) 0,35μC, positiva e -20J
- (e) 0,5mC, negativa e 10mJ**



15) (0,5 ponto) Uma casca esférica fina e oca de raio R é carregada com um excesso de carga positiva. Qual dos gráficos ilustra corretamente o potencial elétrico devido à casca carregada em função da distância r ao centro da casca. Considere a origem do potencial V=0 em $r \rightarrow \infty$.

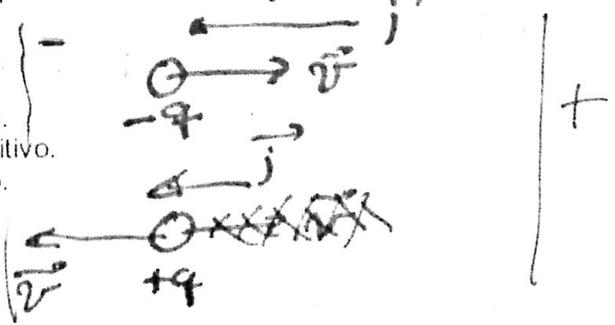


FINA E OCA - CARGA NA SUPERFÍCIE
 $E = 0 \Rightarrow DV = 0$
 $V = \text{CONSTANTE}$
 IGUAL DA SUPERFÍCIE

16) (0,5 ponto) Uma corrente é estabelecida num tubo de descarga de gás quando uma diferença de potencial (ddp) é aplicada entre os dois eletrodos no tubo. O gás se ioniza, os elétrons movem-se em direção ao terminal positivo e os ions positivos em direção ao terminal negativo. Em um tubo de descarga de hidrogênio, $7,00 \times 10^{18}$ elétrons e $3,00 \times 10^{15}$ prótons passam através da seção reta do tubo a cada segundo. Quais são o módulo da corrente elétrica, I, e o sentido do vetor densidade de corrente elétrica, J, neste tubo de descarga? Lembre-se que o módulo da carga do eletron vale $1,60 \times 10^{-19} C$.

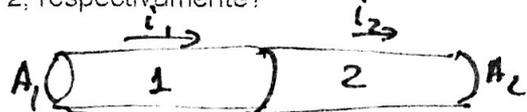
- (a) I = 1,60 A. Sentido: do terminal positivo para o negativo.**
- (b) I = 0,640 A. Sentido: do terminal positivo para o negativo.
- (c) I = 1,60 A. Sentido: do terminal negativo para para o positivo.
- (d) I = 0,640 A. Sentido: do terminal negativo para o positivo.
- (e) I = 1,12 A. Sentido: do terminal positivo para o negativo.

$J = (7 \times 10^{18} + 3 \times 10^{15}) \times 1,6 \times 10^{-19} = 1,6 A$



17) (0,5 ponto) Dois fios (1 e 2) condutores, cilíndricos circulares, homogêneos, de mesmos comprimento e área de seção reta, são unidos em série. A resistividade elétrica do fio 1 é o dobro da do fio 2. Existe uma diferença de potencial entre as extremidades do fio combinado. Quais são as razões J_1/J_2 e E_1/E_2 entre os módulos das densidades de corrente (estacionárias) e dos campos elétricos nos fios 1 e 2, respectivamente?

- (a) 2 e 1.
- (b) 1 e 2.
- (c) 2 e 2
- (d) 1 e 1.
- (e) 1/2 e 1.



$$i_1 = i_2 \quad A_1 = A_2$$

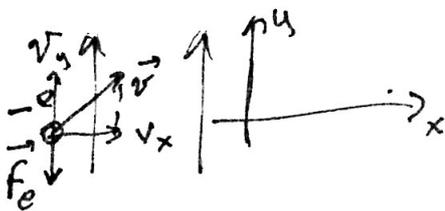
$$j_1 = \frac{i_1}{A_1} = \frac{i_2}{A_2} = j_2$$

$$j = \frac{E_1}{\rho_1} = \frac{E_1}{2\rho_2} = \frac{E_2}{\rho_2} \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = 2$$

18) (0,5 ponto) Um elétron com velocidade v e massa m entra num capacitor plano através de um pequeno orifício na placa inferior, conforme indica a figura. Considere que, para todos os efeitos, as placas tem área infinita. Qual a trajetória seguida pelo elétron no interior do capacitor?

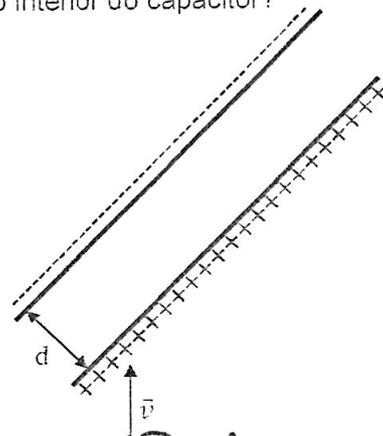
- (a) Um segmento de reta.
- (b) Um arco de círculo.
- (c) Um arco de parábola.
- (d) Um arco de elipse.
- (e) Nenhuma das opções acima.

CAMPO HOMOGENEO



$v_x = \text{CONSTANTE}$
 $v_y = \text{ACELERAÇÃO CONSTANTE}$

TRAJETÓRIA É UMA PARÁBOLA



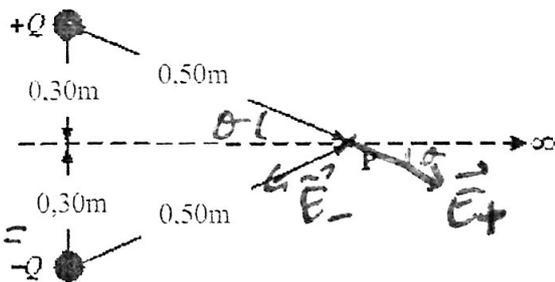
19) Duas cargas de sinais opostos e iguais magnitudes $Q=3,0\mu\text{C}$ são mantidas a uma distância de 0,6m entre si, como mostrado na figura. ($k=1/4\pi\epsilon_0 = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$)

19a) (0,5 ponto) Assinale a opção que representa a magnitude do campo elétrico no ponto P.

- (a) $6,5 \times 10^4 \text{ V/m}$
- (b) $1,3 \times 10^5 \text{ V/m}$
- (c) $2,6 \times 10^5 \text{ V/m}$
- (d) $1,3 \times 10^4 \text{ V/m}$
- (e) zero V/m

$$\vec{E}_- + \vec{E}_+ = 2E \sin \theta$$

$$E = |\vec{E}_-| = |\vec{E}_+|$$



$$2E \sin \theta = 2 \times k \frac{Q}{r^2} \sin \theta = 2 \times 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{0,25^2} \frac{3}{5} =$$

=

19b) (0,5 ponto) Assinale a opção que representa o potencial elétrico no ponto P.

- (a) $10,8 \times 10^4 \text{ V}$
- (b) $3,6 \times 10^4 \text{ V}$
- (c) $5,4 \times 10^3 \text{ V}$
- (d) $9,0 \times 10^4 \text{ V}$
- (e) zero volts

$$V = k \frac{Q}{r} \quad V_{+P} = k \frac{Q}{r} \quad V_{-P} = k \frac{-Q}{r}$$

$$V_{+P} + V_{-P} = 0$$