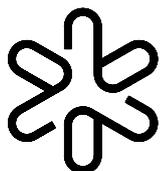


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE FÍSICA



Eletricidade e Magnetismo I
Prova 1 – 18/09/2020

Observações:

- A prova tem duração de 2,0 horas.
- Preencha todas as folhas de resposta com seu nome e número USP de forma legível.
- Justifique todas as suas respostas com comentários, fórmulas e cálculos intermediários. Não esqueça das unidades das grandezas físicas pedidas.

$$\vec{F}_{21} = k q_1 q_2 \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|^3} \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$V(r_2) - V(r_1) = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad V = \frac{U}{q} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0} \quad \vec{\mu} = I \vec{A}$$

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{Q_i}{|\vec{r}_i - \vec{r}|} \quad \epsilon = - \frac{d\phi_B}{dt} \quad \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I \quad u = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}$$

$$I = Avne = \frac{\sigma AV}{L} = \frac{V}{R} \quad J = \frac{I}{A} = \sigma E \quad R = \frac{L}{A} \rho \quad \phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B} \quad \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad \vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} Tm/A \quad \epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} \quad e = 1,6 \times 10^{-19} C \quad F_c = \frac{mV^2}{R}$$

Questão 1. Um experimento simples de eletrostática pode ser realizado em casa com auxílio de um rolo de fita adesiva (você pode tentar depois da prova!). Responda o que se pede, justificando sempre suas afirmações.



Figura 1

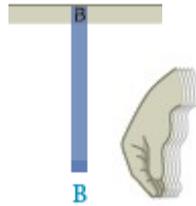


Figura 2

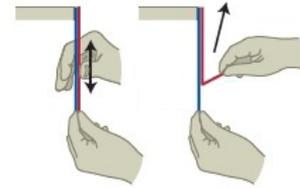


Figura 3

[0,5] **a)** Quando você destaca duas tiras de fita adesiva transparente do mesmo rolo e imediatamente as suspende próximas uma da outra, elas vão se repelir (Figura 1). Explique o porque desse comportamento.

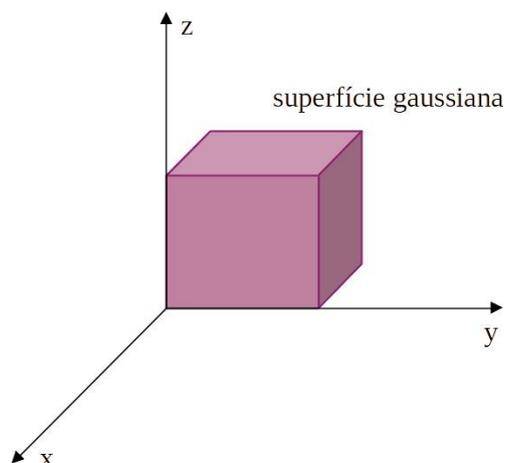
[0,5] **b)** Explique o que ocorre se você aproximar a mão de uma tira suspensa recém-destacada do rolo (Figura 2).

[0,5] **c)** Você gruda a parte adesiva de uma das fitas na outra e depois puxa para desgrudá-las (Figura 3). Quando você as aproxima após este procedimento, elas vão se atrair. Explique o que ocorreu e por que não há contradição com o efeito observado na Figura 1.

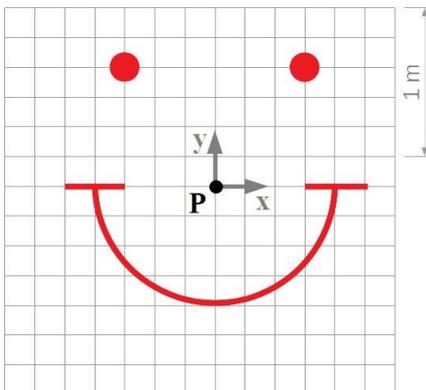
Questão 2.

[0,5] **a)** Considere uma esfera maciça isolante de raio R uniformemente carregada. Imagine uma superfície gaussiana de raio $r < R$ concêntrica a esta esfera. Discuta se haverá mudança no valor do campo elétrico em algum ponto da superfície gaussiana ao acrescentarmos uma carga pontual na superfície da esfera maciça isolante.

[1,0] **b)** Considere uma superfície gaussiana na forma de um cubo de lado $L = 3$ m, disposto como na figura abaixo. O campo elétrico no sistema é dado por $\vec{E} = [(2,0x+3,0)\hat{i} + (y-1,0)\hat{j} + (2,0)\hat{k}]$ [N/C], onde x e y são medidos em metros. Calcule o valor da carga líquida no interior da superfície.



Questão 3. O sistema da figura abaixo é composto por duas cargas pontuais, cada uma com carga Q , duas pequenas barras retilíneas e um semicírculo, os três com a mesma densidade de carga $\lambda = \frac{8Q}{25}$ [C/m]. Cada divisão do quadriculado possui $L = 0,2$ m.

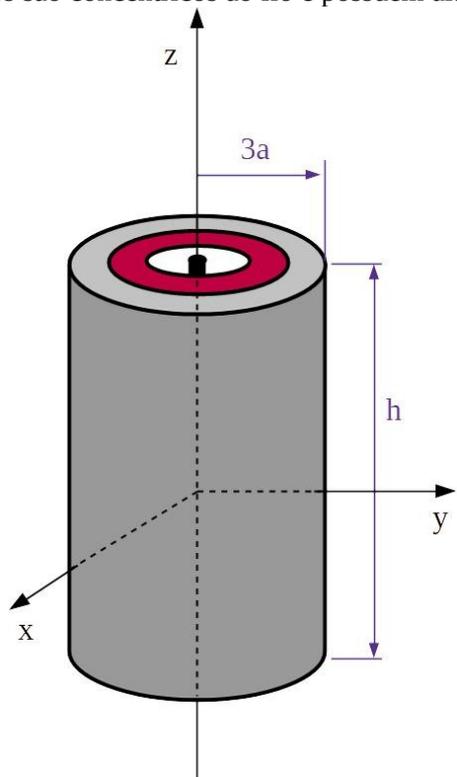


[1,5] **a)** Determine o campo elétrico (módulo, direção e sentido) no ponto P.

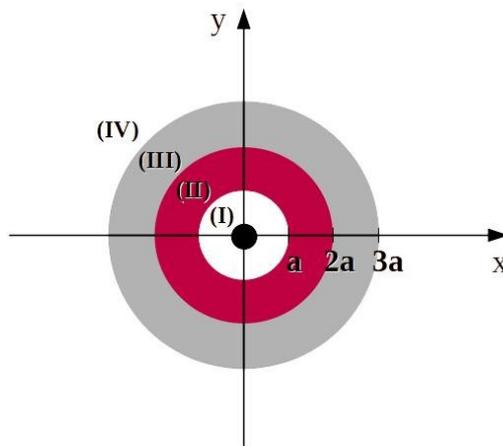
[0,5] **b)** Suponha agora que um objeto com carga $-2Q$ e massa $m = 1$ kg é inserido em $t = 0$ no ponto P e está sujeito, além do campo elétrico calculado no item (a), a uma força gravitacional vertical e para baixo. Qual deve ser a carga Q para que o objeto permaneça em equilíbrio no ponto P para $t > 0$? Considere que a aceleração da gravidade é 10 m/s².

[0,5] **c)** Suponha que todo o sistema, incluindo o objeto com carga $-2Q$ em equilíbrio no ponto P, é inserido no centro de uma caixa cúbica de lateral 10 metros. Qual o fluxo do campo elétrico através da caixa?

Questão 4. O sistema abaixo é composto por um fio unidimensional isolante de comprimento h e carga total Q uniformemente distribuída, disposto ao longo do eixo z ; uma casca cilíndrica isolante com densidade de carga $\rho = -\frac{2Q}{3\pi h a^2}$, raio interno “ a ” e raio externo “ $2a$ ”; uma casca cilíndrica metálica carregada com carga $+Q$, possuindo raio interno “ $2a$ ” e raio externo “ $3a$ ”. Para os itens que seguem, considere que ambos os cilindros são concêntricos ao fio e possuem altura $h \gg 3a$. Ignore efeitos da borda.



- Fio unidimensional isolante com carga Q
- Casca cilíndrica isolante com $\rho = -\frac{2Q}{3\pi h a^2}$
- Casca cilíndrica metálica com carga Q



[1,0] a) Calcule o campo elétrico na região (I) $0 < r < a$.

[1,0] b) Calcule o campo elétrico na região (II) $a < r < 2a$.

[0,5] c) Como a carga se distribui na casca metálica? Justifique.

[0,5] d) Calcule o campo elétrico nas regiões (III) $2a < r < 3a$ e (IV) $r > 3a$.

[0,5] e) Qual a força exercida pelas cascas cilíndricas sobre o fio? Justifique.

[0,5] f) Imagine que o cilindro **condutor** possui como defeito de fabricação uma cavidade esférica preenchida com ar. Indique em quais das regiões denominadas (I), (II), (III) e (IV) o campo elétrico mudaria com relação ao sistema original. Não é necessário realizar cálculos, apenas justifique sua resposta.

[0,5] g) Imagine que o cilindro **isolante** possui como defeito de fabricação uma cavidade esférica preenchida com ar. Indique em quais das regiões denominadas (I), (II), (III) e (IV) o campo elétrico mudaria com relação ao sistema original. Não é necessário realizar cálculos, apenas justifique sua resposta.