

F-328 – Física Geral III

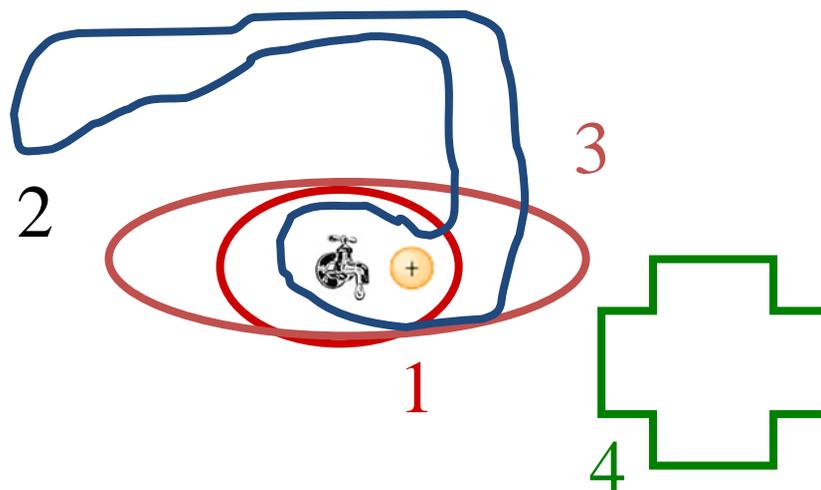
Aula exploratória – Cap. 23

UNICAMP – IFGW

F328 – 1S2014

Ponto essencial

O fluxo **de água** atravessando uma superfície fechada depende somente das **torneiras** no interior dela.



O fluxo **elétrico** atravessando uma superfície fechada depende somente das **cargas** no interior dela.

- Fluxo elétrico

- Quantidade de campo atravessando perpendicularmente uma superfície

$$\longrightarrow \Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

- Lei de Gauss

- O fluxo elétrico atravessando uma superfície fechada (gaussiana) somente depende das cargas envolvidas por ela

$$\longrightarrow \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{env}}{\epsilon_0}$$

- Condutores (equilíbrio eletrostático)

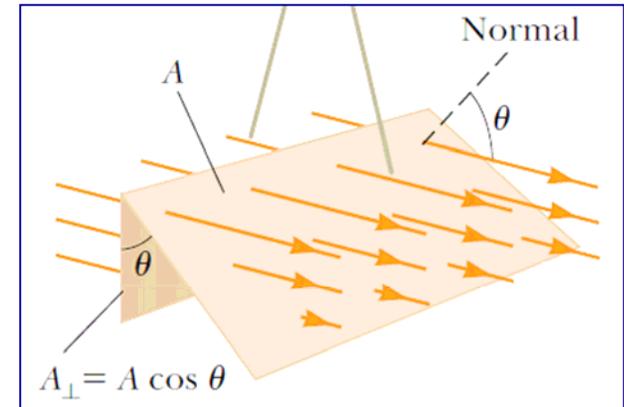
- Movimento livre das cargas
- Cargas em excesso na superfície externa
- Campo elétrico nulo no interior
- Campo elétrico perpendicular à superfície

Fluxo elétrico

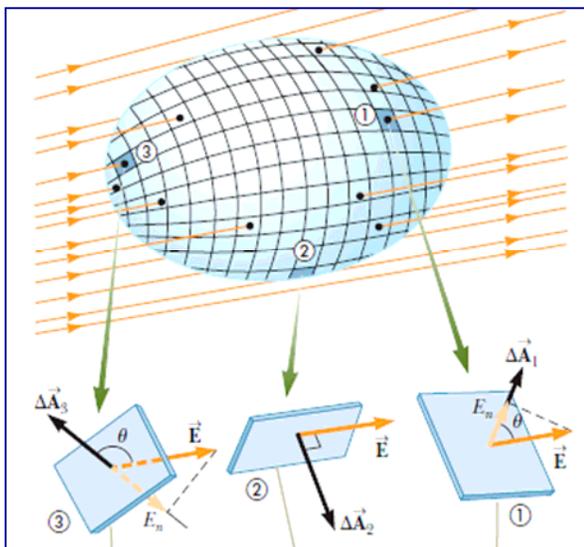
Fluxo:

Quantidade de campo vetorial atravessando perpendicularmente uma superfície

$$\Phi_E = \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$



Superfície **gaussiana** (fechada)



Campo **entrando**
 $\Phi < 0$

Campo **tangente**
 $\Phi = 0$

Campo **saindo**
 $\Phi > 0$

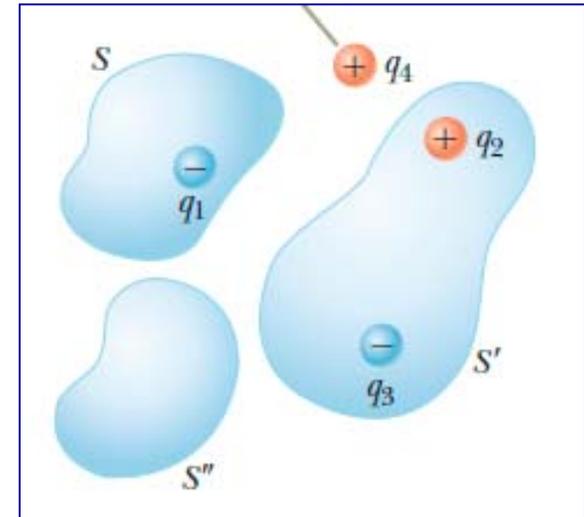
$d\vec{A}$

- Elemento de superfície
- Direção
 - ➡ **Normal** à superfície
- Sempre **saindo** da superfície

Lei de Gauss

- Relaciona o **campo elétrico** em uma superfície gaussiana à **carga elétrica contida** no interior dela
- Independente da forma da superfície gaussiana

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{env}}{\epsilon_0}$$



- q_{env} → Carga total **dentro** da superfície gaussiana
- dA → Sempre **saindo** da superfície gaussiana
- \vec{E} → Campo elétrico **na superfície** gaussiana
 - Pode ser criado por cargas **dentro** e **fora** da superfície

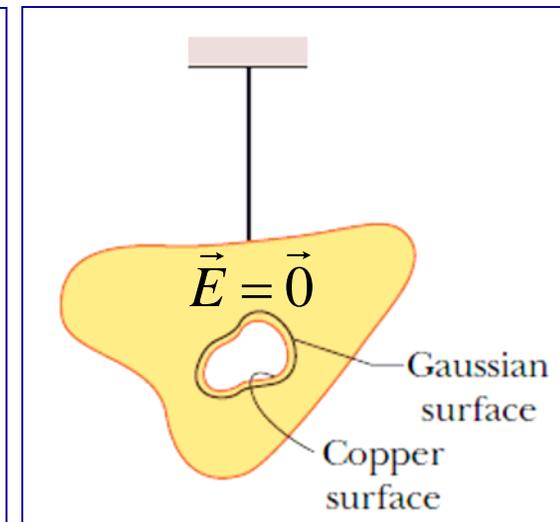
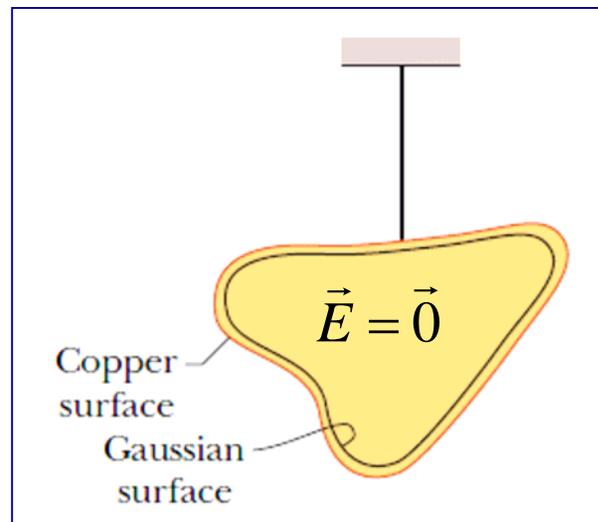
Condutores

O campo elétrico no interior de um condutor *em equilíbrio eletrostático* é sempre **nulo**.

Onde vai o **excesso de carga** num condutor?

➡ Todo o excesso de carga deverá migrar para a sua **superfície externa** de um condutor.

$$\begin{aligned}\Phi_E &= \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \\ &= 0 \\ &= \frac{q_{env}}{\epsilon_0}\end{aligned}$$



➡ $q_{env} = 0$

1) Desenhar as linhas de campos

- \vec{E} vai da carga + à carga -

2) Escolher a superfície de Gauss adequada à simetria

- Plano infinito: superfície cilíndrica
- Cilíndrico, reta: superfície cilíndrica
- Esfera: superfície esférica

3) Considerar o cálculo do fluxo para cada parte da superfície gaussiana

- Desenhar os vetores \vec{E}_i e $d\vec{A}_i$ de cada parte
- Sentido de \vec{E}_i : Depende do sinal de q_{env}
- Sentido de $d\vec{A}_i$: Sempre para **fora** da superfície de Gauss

4) Calcular a carga total q_{env} dentro da superfície

5) Somar o fluxo

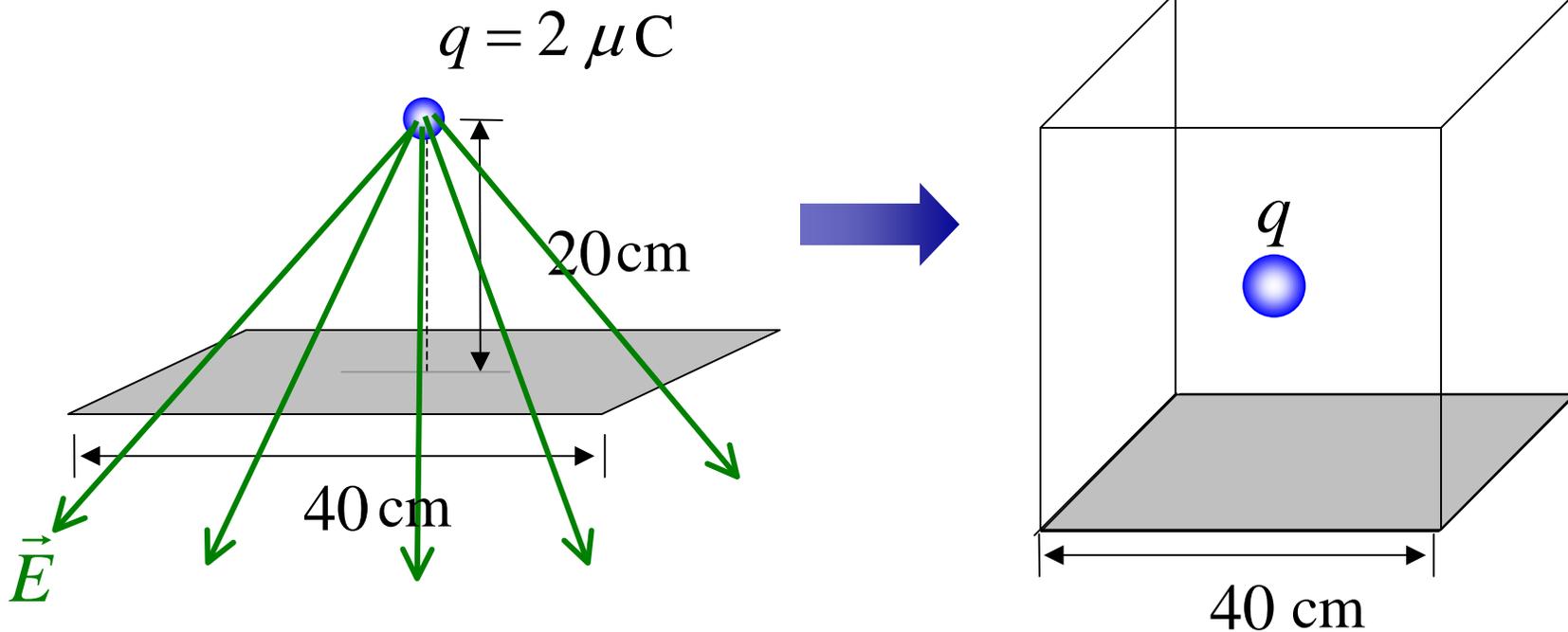
- Não esquecer que \vec{E} e $d\vec{A}$ são vetores

6) Isolar o campo elétrico

Exercício 01

Uma carga de $2\mu\text{C}$ dista 20 cm do centro de um quadrado de 40 cm de lado.

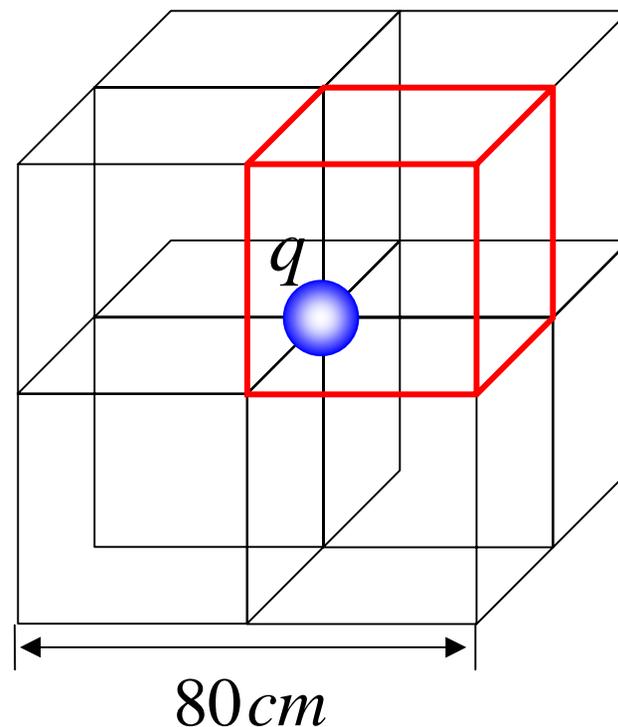
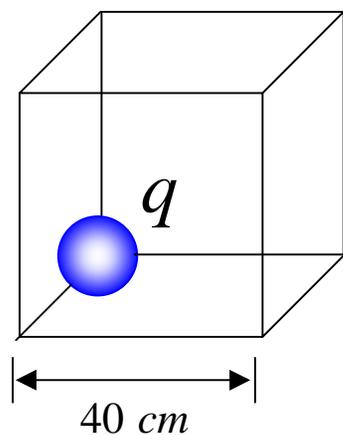
a) determine o fluxo do campo elétrico da carga através do quadrado.



Exercício 01

Uma carga de $2\mu\text{C}$ dista 20 cm do centro de um quadrado de 40 cm de lado.

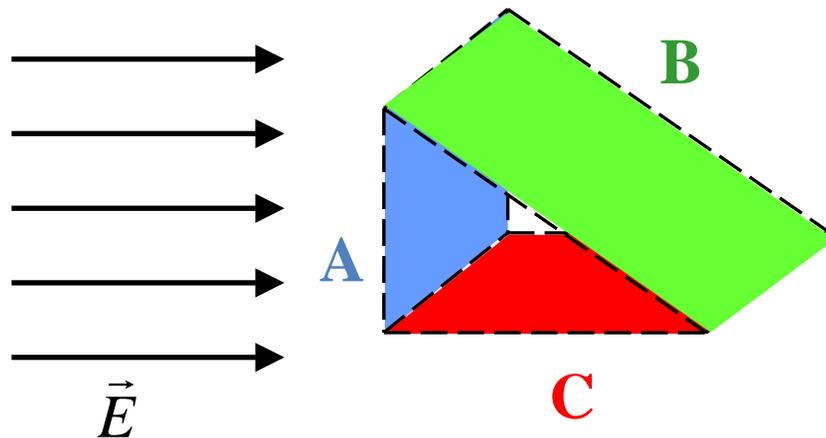
b) qual seria o fluxo do campo elétrico desta carga, através de um cubo de aresta igual a 40 cm, se ela estivesse em um de seus vértices?



Questão #1

A superfície fechada em forma de prisma está dentro um campo elétrico \vec{E} constante e uniforme, preenchendo todo o espaço, apontando para a direita. As três faces retangulares do prisma são marcadas por A , B , e C . A face A é perpendicular ao campo \vec{E} , a face inferior C é paralela a \vec{E} e a face B é inclinada.

Ordene em ordem crescente o fluxo atravessando as superfícies.

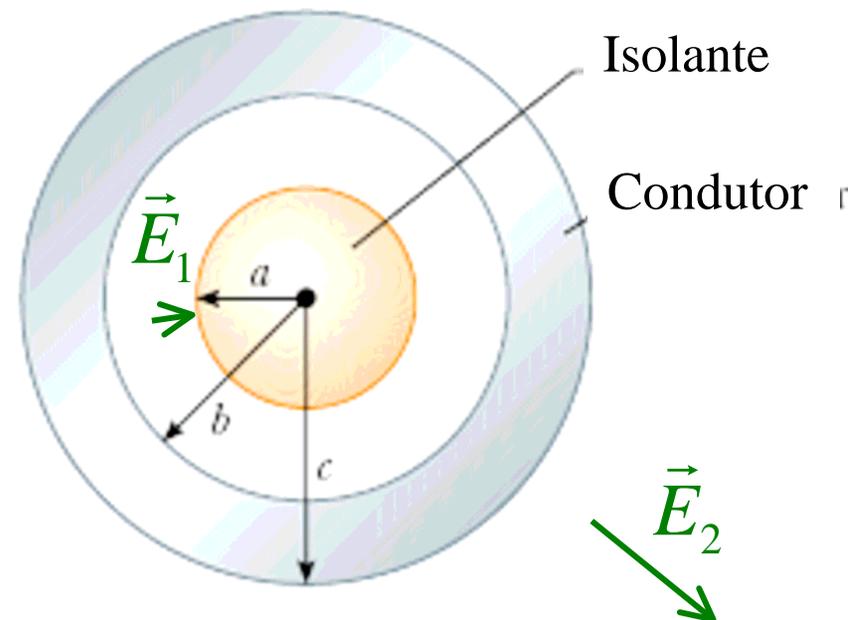


- A)** $A < C < B$
- B)** $A = B < C$
- C)** $C < A < B$
- D)** $C < A = B$
- E)** $A = B = C$

Exercício 02

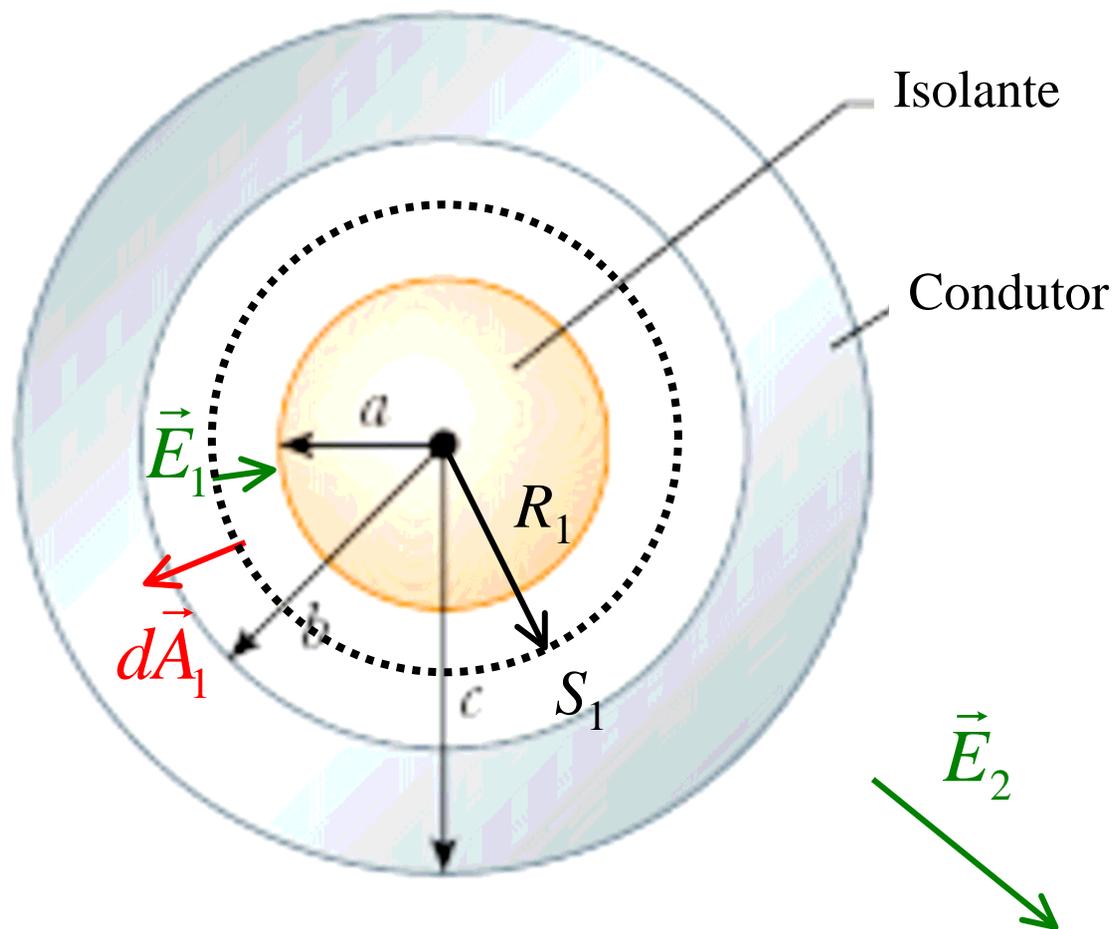
Para a configuração da figura abaixo, temos $a = 5,0$ cm, $b = 20$ cm e $c = 25$ cm. Suponhamos agora que o campo elétrico em um ponto a 10 cm do centro da esfera isolante seja $3,6 \times 10^3$ N/C e aponte radialmente para dentro, e que o campo elétrico em um ponto a 50 cm do centro seja $3,6 \times 10^2$ N/C, apontando radialmente para fora. A partir destas informações e baseando-se na lei de Gauss, calcule: (use $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 9,0 \times 10^9$ Nm²/C²)

- a) A carga da esfera isolante;
- b) A carga resultante na camada esférica condutora;
- c) As densidades de carga nas superfícies interna e externa da camada condutora;



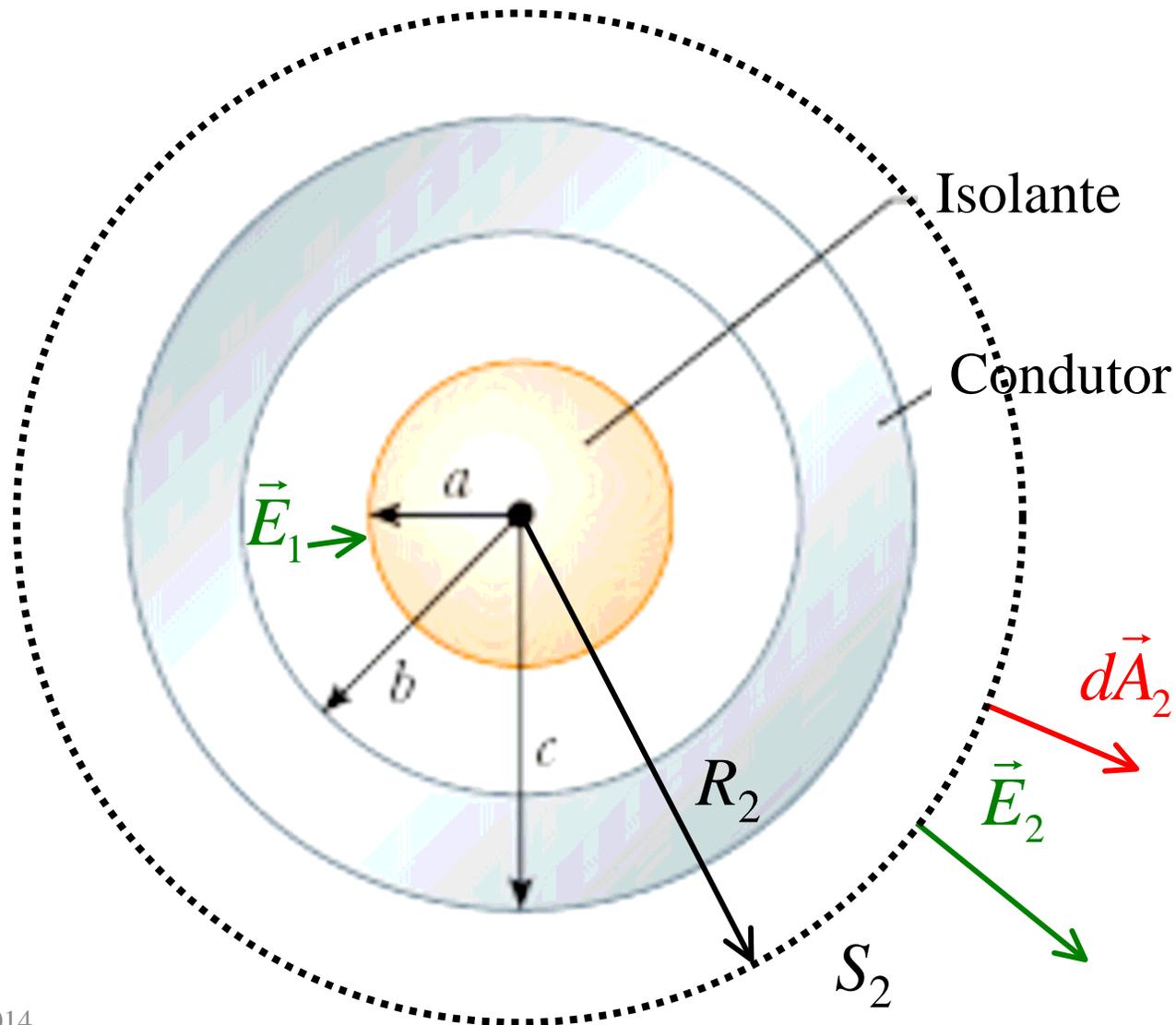
Exercício 02

a) A carga da esfera isolante



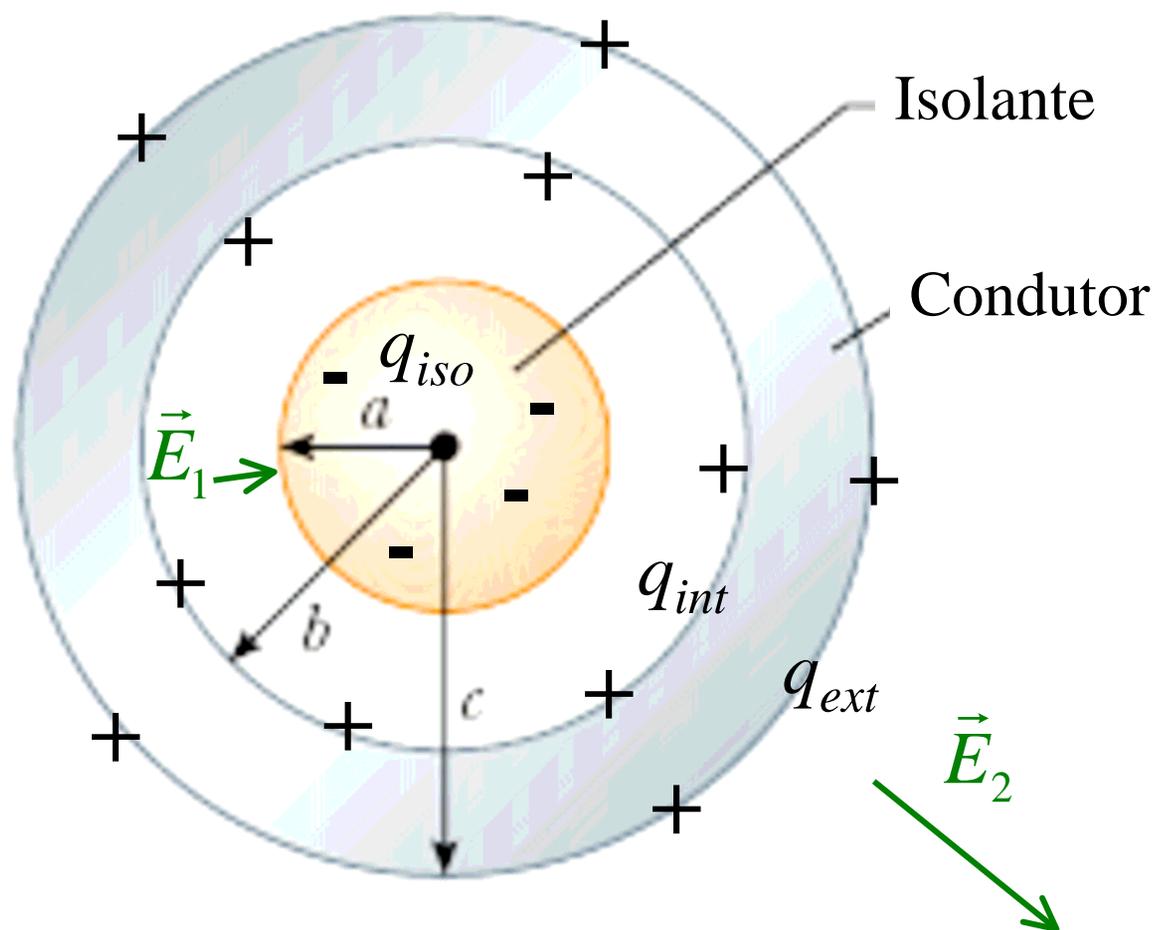
Exercício 02

b) A carga resultante na camada esférica condutora



Exercício 02

c) As densidades de carga nas superfícies interna e externa da camada condutora

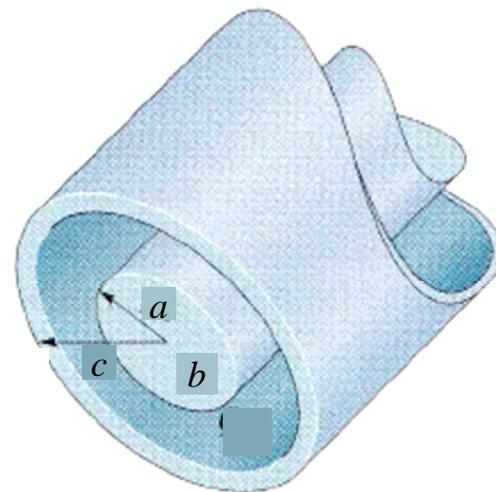


Exercício 03

O cilindro interno da figura, de comprimento muito longo L , é feito de um material não condutor com uma distribuição de carga volumétrica dada por $\rho(r)=C/r$, onde $C = 50 \text{ nC/m}^2$. A camada cilíndrica externa é condutora.

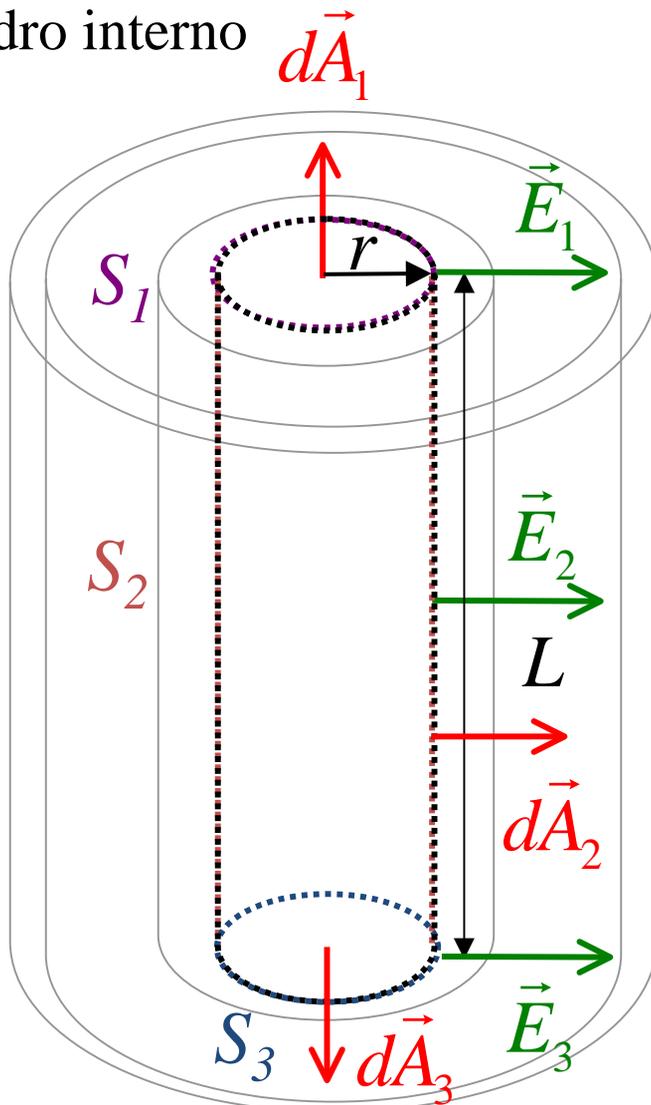
- determine a carga por unidade de comprimento λ do cilindro interno;
- calcule o campo elétrico para todos os valores de r .
- Esboce o gráfico de $E(r)$ versus r .

$$\text{Dados: } \begin{cases} a = 1,0 \text{ cm} \\ b = 2,0 \text{ cm} \\ c = 2,5 \text{ cm} \end{cases}$$

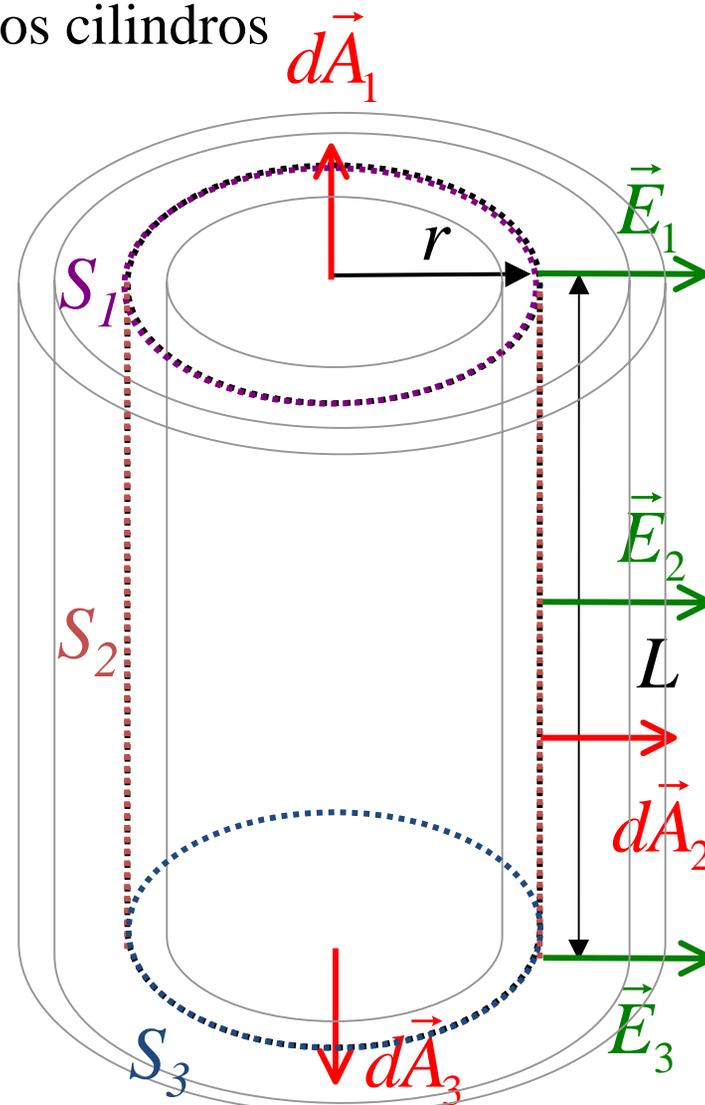


Exercício 03

b) Cilindro interno



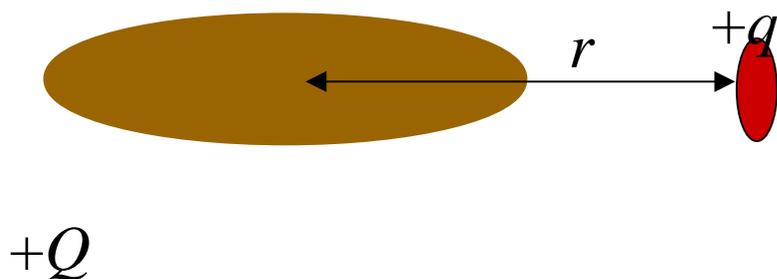
Entre os cilindros



Questão #2

Um excesso de carga $+Q$ é colocado em uma esfera de cobre. Em seguida, coloca-se uma carga puntiforme $+q$ fora da esfera. O sistema de cargas está em equilíbrio.

Qual é a magnitude do campo elétrico no centro da esfera?



A) $E = \frac{q + Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

B) $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

C) $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

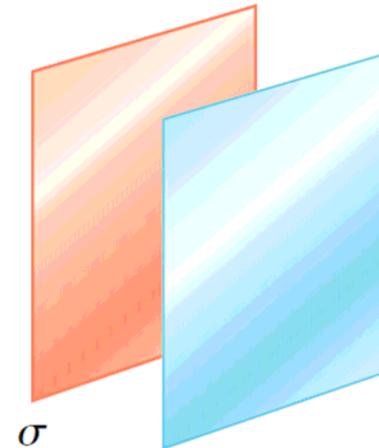
D) $E = 0$

E) Nenhuma das opções acima

Exercício 04

Considere um plano e uma camada infinitos paralelos, como mostrado. O plano da esquerda é não condutor e tem uma densidade superficial de carga uniforme $+\sigma$, enquanto a camada da direita é condutora e neutra. Calcule o campo elétrico :

- a) à esquerda das duas placas;
- b) no espaço entre as placas;
- c) à direita das duas placas.



Exercício 05 - Lista

No interior de uma esfera condutora neutra de raio R existem duas cavidades esféricas de raios a e b , em cujos centros estão localizadas as cargas puntiformes q_a e q_b . Determine:

- a) as densidades superficiais de carga σ_a , σ_b e σ_R ;
- b) o campo elétrico $E_{ext}(r)$ na região externa à esfera;
- c) os campos elétricos $E_a(r)$ e $E_b(r)$ dentro de cada cavidade;
- d) as forças que agem sobre q_a e q_b ;
- e) quais dessas respostas mudariam se uma terceira carga fosse colocada fora da esfera condutora?

