

F-328 – Física Geral III

Aula exploratória – Cap. 23

UNICAMP – IFGW

F328 – 1S2017

- Fluxo campo elétrico:

- Quantidade de campo que atravessa perpendicularmente uma superfície.

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

- Lei de Gauss:

- O fluxo de campo elétrico que atravessa uma superfície fechada (gaussiana) depende somente das cargas contidas no interior da superfície.

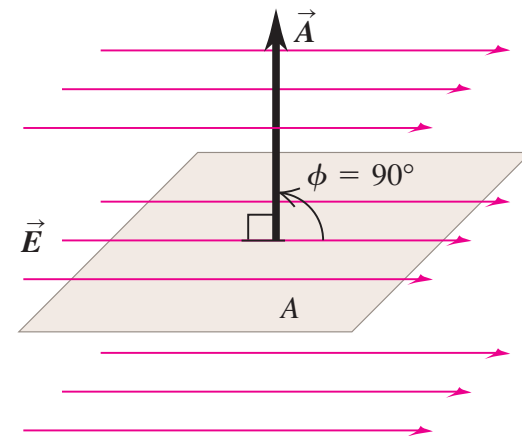
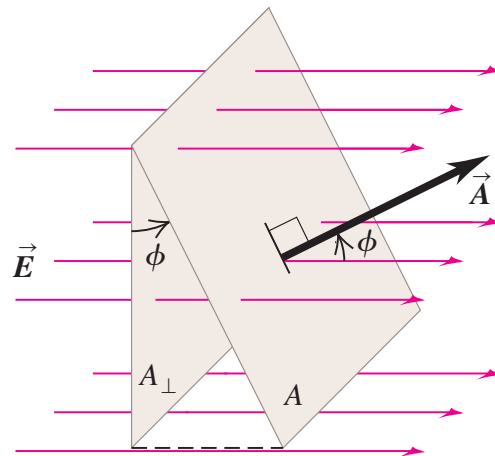
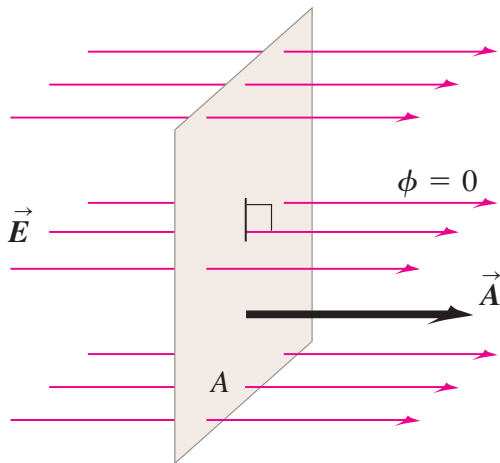
- Condutores (equilíbrio eletrostático)

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

Fluxo campo elétrico

Fluxo:

Quantidade de campo vetorial que atravessa perpendicularmente uma superfície



Fluxo campo elétrico

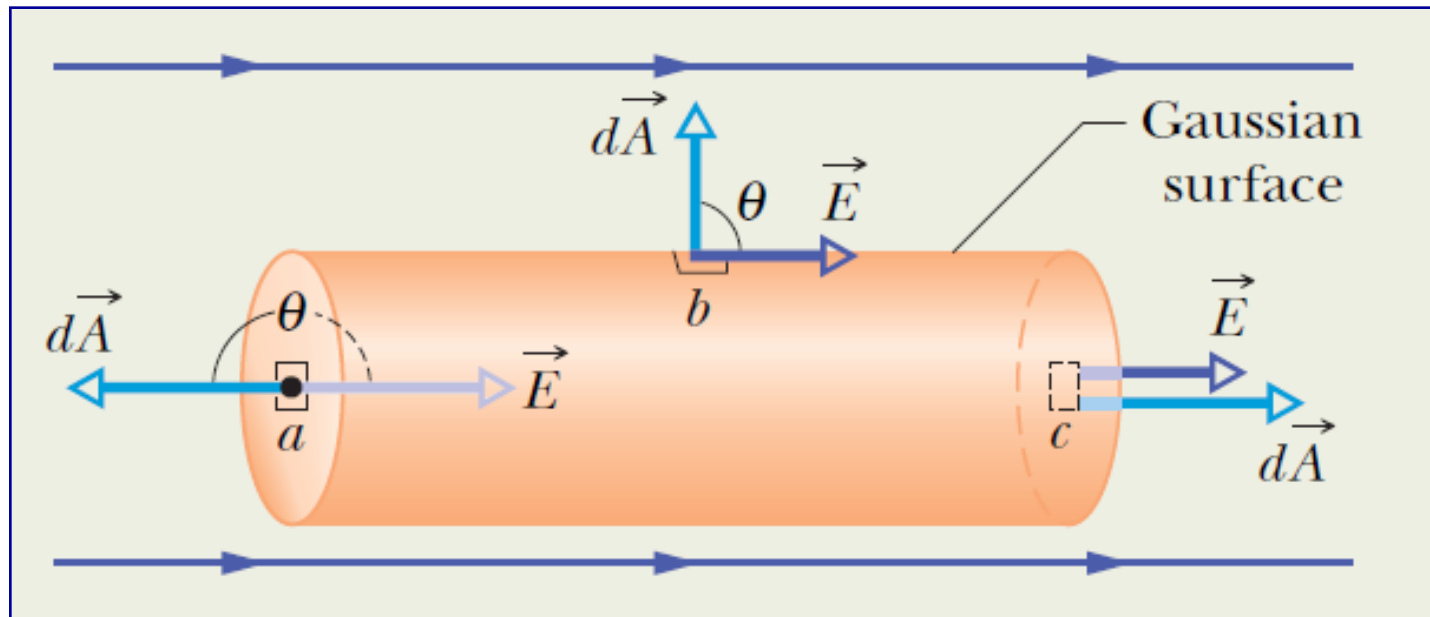
Fluxo:

Quantidade de campo vetorial que atravessa perpendicularmente uma superfície

superfície **gaussiana** (fechada)

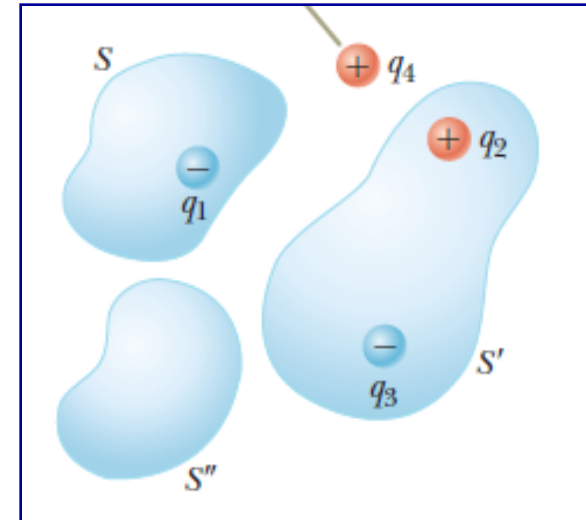
Elemento de superfície $d\vec{A}$:

- direção: **normal** à superfície
- sentido: **para fora** da superfície



Lei de Gauss

- Relaciona o **campo elétrico** nos pontos de uma superfície gaussiana à **carga elétrica contida** no interior dela
- Independe da forma da superfície gaussiana



q_{env} : carga total **dentro** da superfície gaussiana

$d\vec{A}$: direção = **para fora** superfície gaussiana

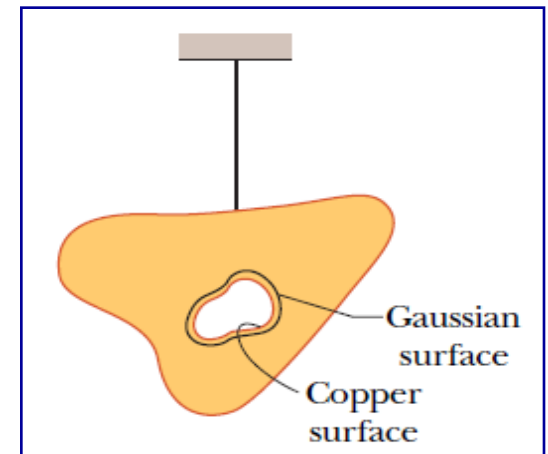
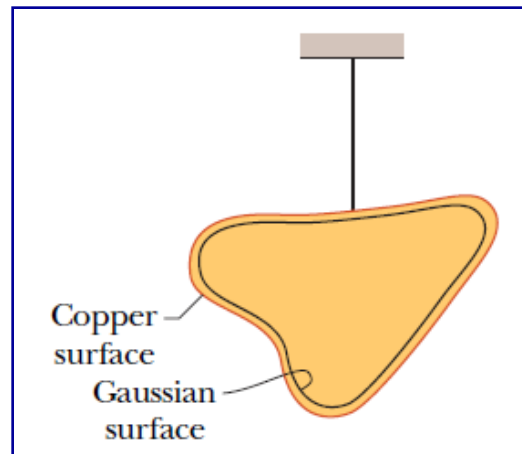
: campo elétrico **na superfície** gaussiana

Condutores

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

Qual a localização do **excesso de carga** em um condutor?

➡ A carga elétrica líquida está na **superfície externa** do condutor.



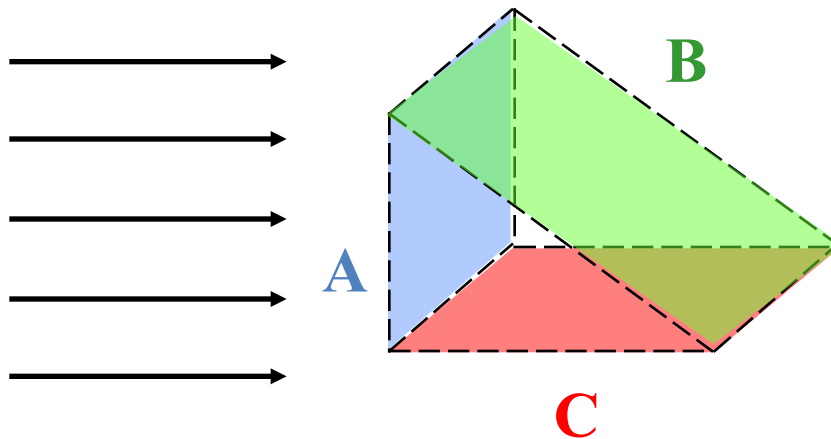
Considerar condutor com uma **cavidade**.

Lei de Gauss: **excesso de carga** na **superfície externa** do condutor.

Questão 01

Considere um campo elétrico uniforme e o prisma mostrado abaixo. Qual a relação entre os fluxos do campo elétrico através das superfícies A, B e C?

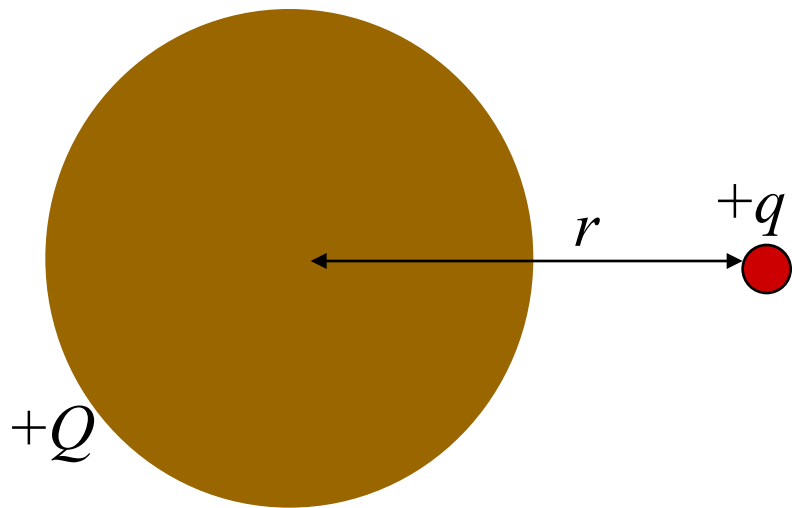
- a) $A = B < C$
- b) $A = B = C$
- c) $C < A < B$
- d) $A < C < B$
- e) $C < A = B$



Questão 02

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

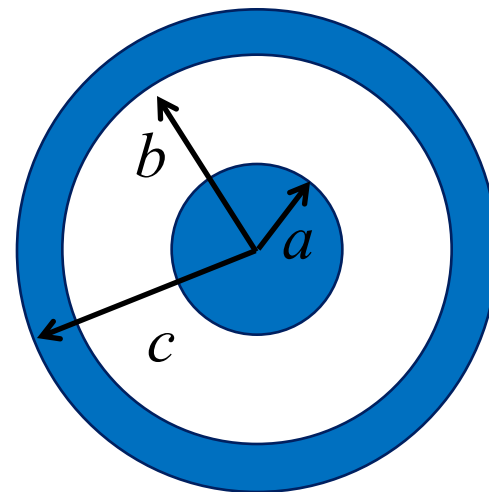
d) $E = 0$

e) Nenhuma das opções acima

Exercício Exploratório 1

Uma esfera maciça de raio a é concêntrica com uma casca esférica condutora de raios b (interno) e c (externo). A esfera possui uma carga elétrica q uniformemente distribuída no seu volume e a casca tem uma carga elétrica Q .

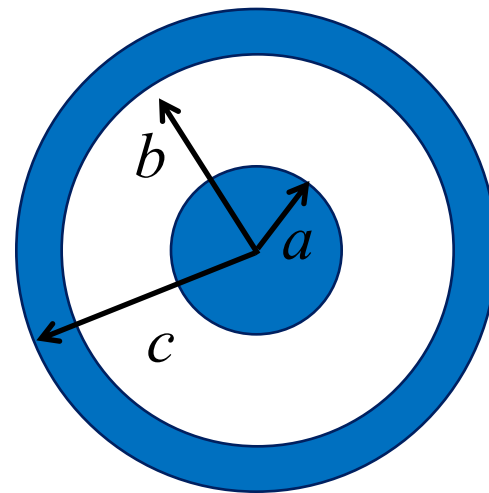
- A esfera maciça é condutora ou isolante? Calcule o vetor campo elétrico dentro dela.
- Quais são as densidades de carga elétrica na superfície interna, no interior e na superfície externa da casca esférica?
- Determine o módulo do campo elétrico em todo o espaço em função da distância r ao centro da distribuição. Faça o gráfico $E(r)$ (considere $Q=5q>0$, $b=2a$, $c=3a$.)



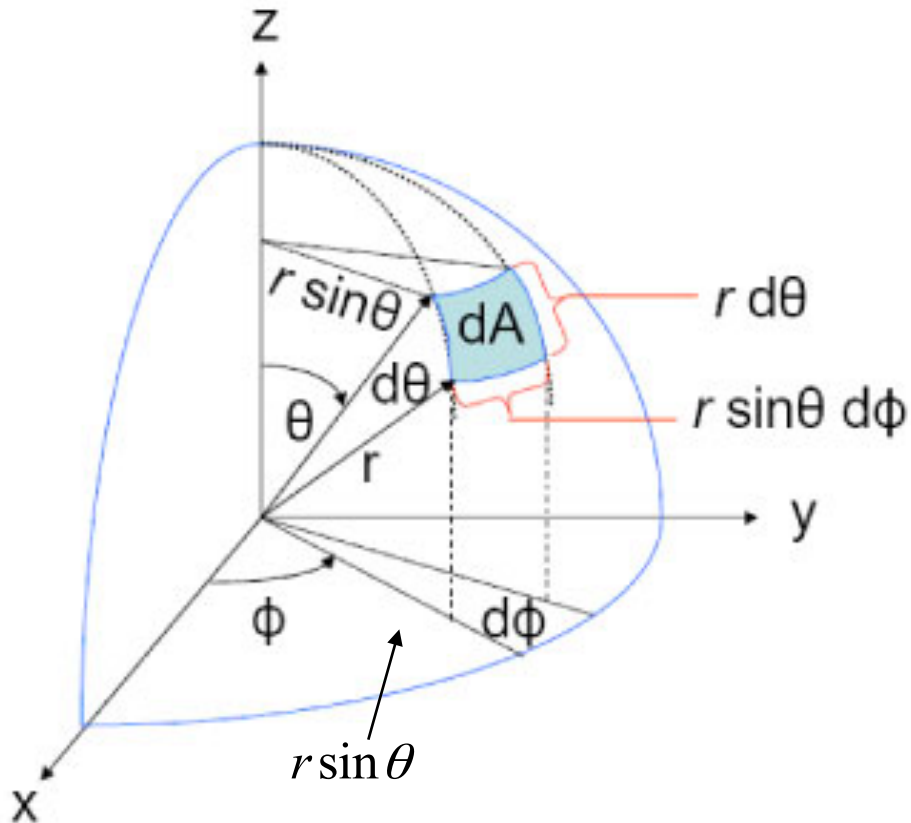
Exercício Exploratório 2

O cilindro interno da figura, de comprimento muito longo L ($L \gg c$), é feito de um material condutor com uma distribuição de carga por unidade de comprimento constante $\lambda_0 > 0$. A camada cilíndrica externa é também condutora e possui uma carga total igual a do cilindro interno.

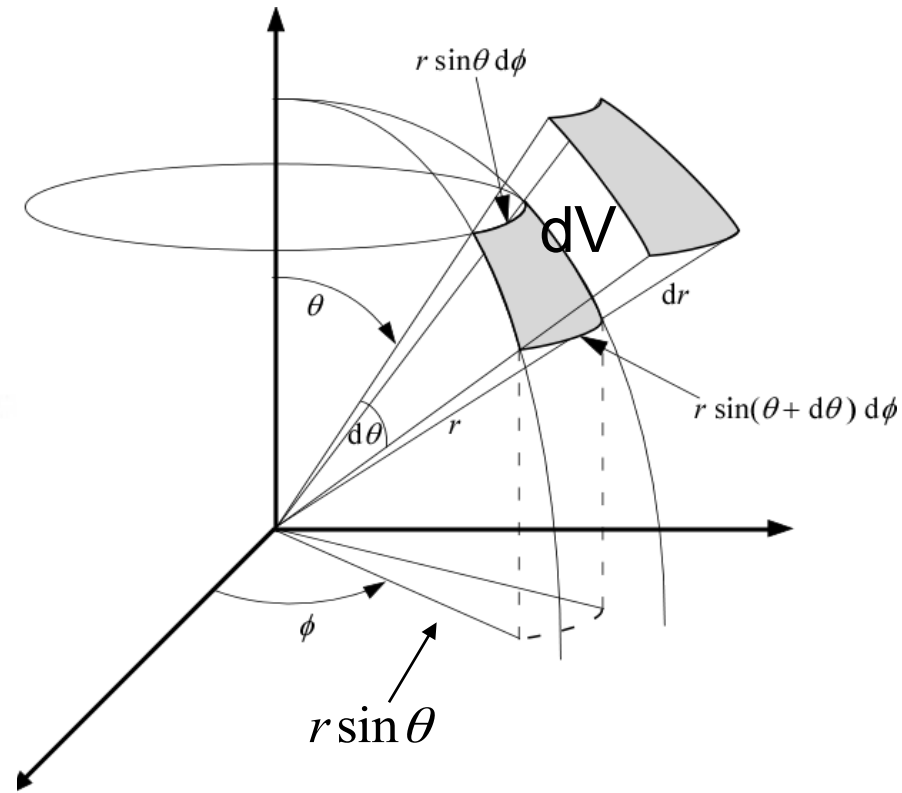
- Determine as densidades de carga por unidade de área em todas as superfícies.
- Calcule o campo elétrico para em função da distância r até o centro da distribuição.
- Esboce o gráfico do módulo do campo i.e. $E(r)$ versus r .



Coordenadas Esféricas

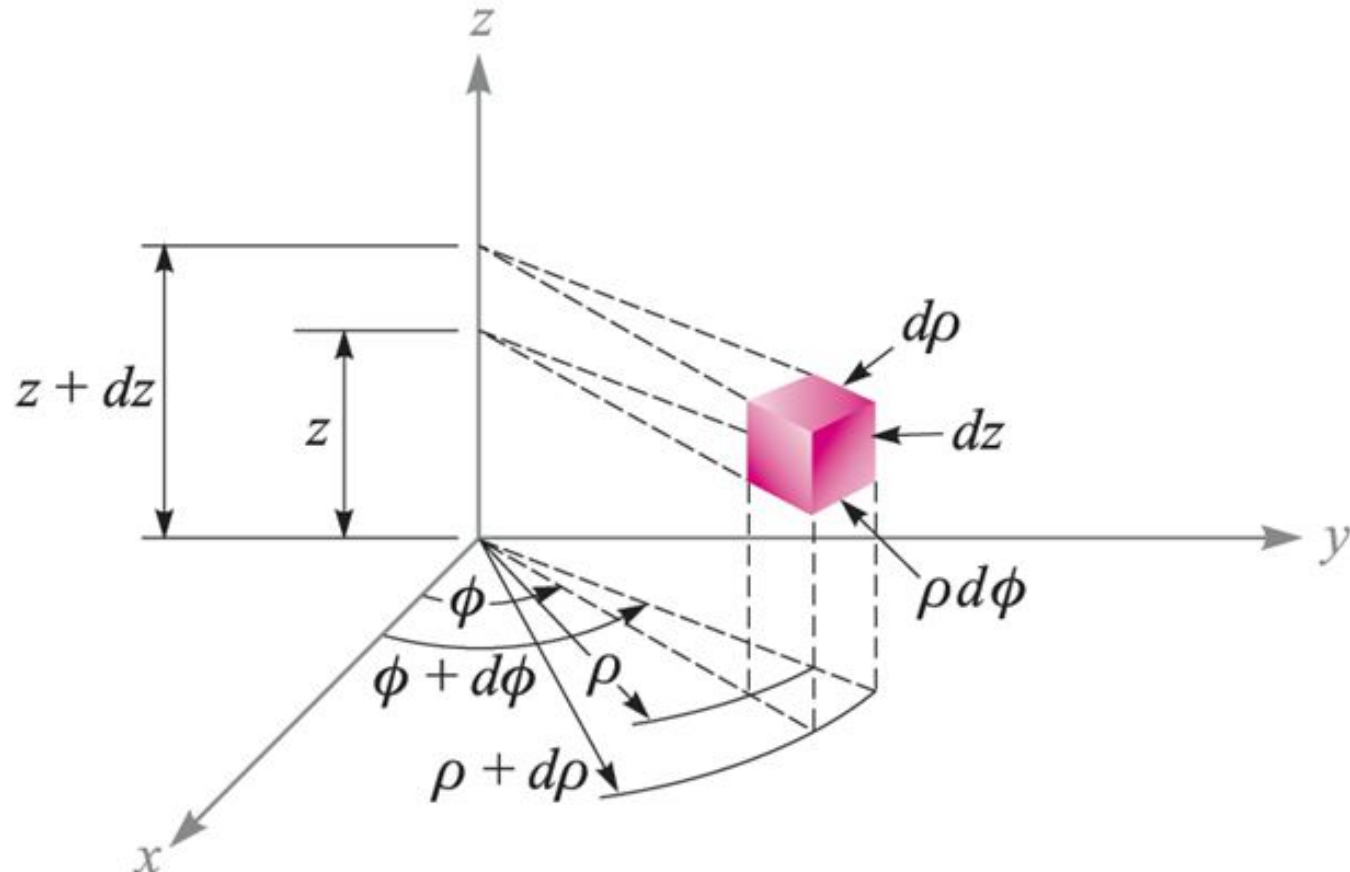


Elemento de Área
 $dA = r^2 \sin\theta d\theta d\phi$



Elemento de Volume
 $dV = r^2 \sin\theta d\theta d\phi dr$

Coordenadas Cilíndricas



Elemento de Área

$$dA = \rho d\phi dz$$

Elemento de Volume

$$dV = \rho d\rho d\phi dz$$

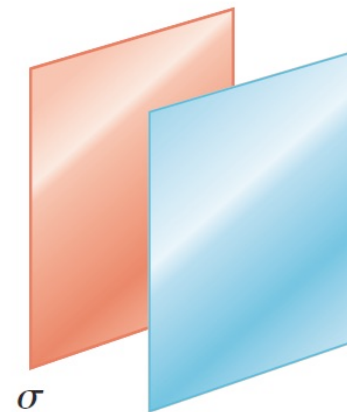
Exercícios Práticos

1) O valor médio do campo elétrico na atmosfera num dia limpo na superfície da Terra vale $E_1 = 300\hat{z}$ N/C e a uma altitude de $z = 1400$ m, vale $E_2 = 20\hat{z}$ N/C. Determine a densidade volumétrica de carga para altitudes abaixo de 1400 m.

2) Considere um **plano** e **uma camada** infinitos paralelos, como mostrado. O plano (vermelho) da esquerda é **não condutor** e tem uma densidade superficial de carga uniforme $+\sigma$, enquanto a camada (azul) da direita é **condutora** e neutra.

Calcule o campo elétrico :

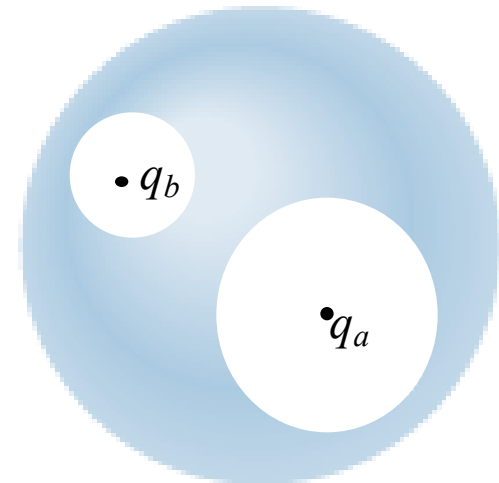
- a) à esquerda das duas placas;
- b) no espaço entre as placas;
- c) à direita das duas placas.



Exercício 01 - Extra

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:

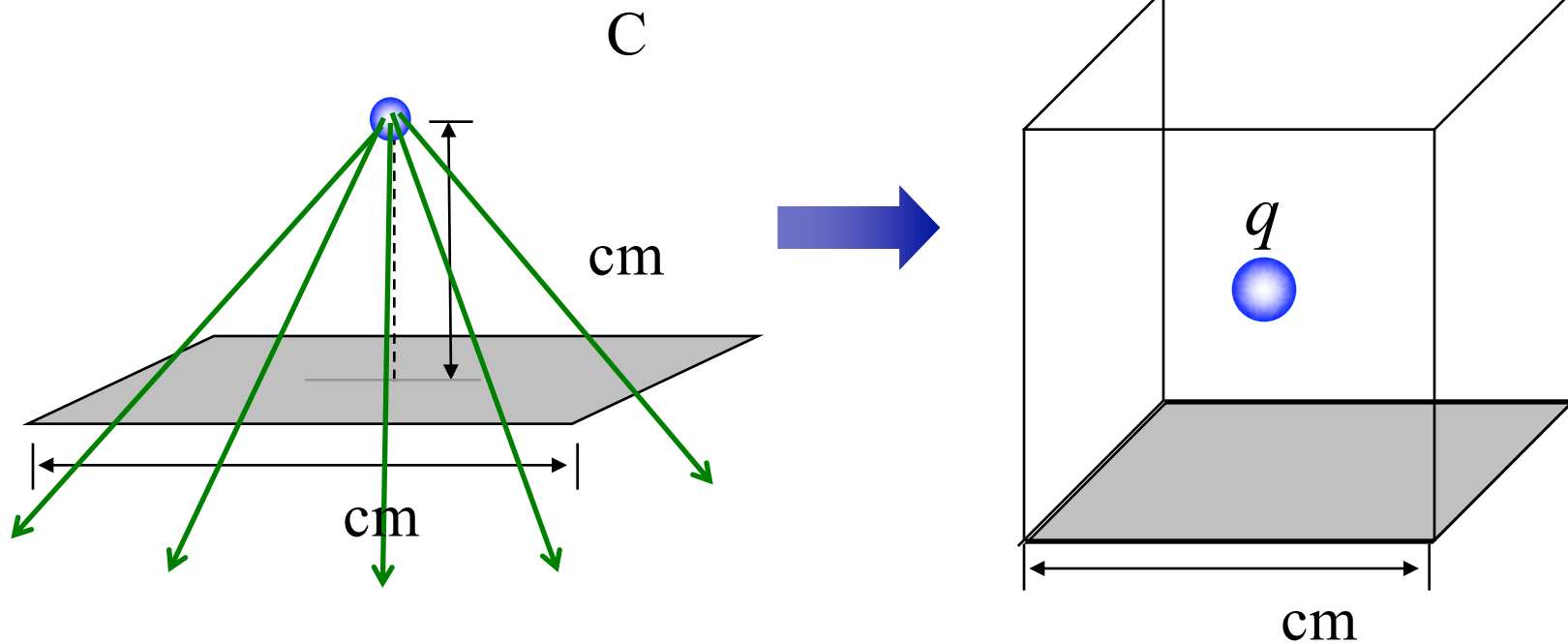
- a) as densidades superficiais de carga σ_a e σ_b ;
- b) o campo elétrico $E_{\text{ext}}(r)$ na região externa à esfera;
- c) os campos elétricos $E_a(r)$ e $E_b(r)$ dentro de cada cavidade;
- d) as forças que agem sobre q_a e q_b ;
- e) quais dessas respostas mudariam se uma terceira carga fosse colocada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



Exercício 02 - Extra

Uma carga $q = 2\mu\text{C}$ está localizada a 20 cm do centro de um quadrado de 40 cm de lado.

a) determine o fluxo do campo elétrico devido à carga q através do quadrado.



Exercício 03 - Extra

Considere uma pequena e não-condutora bola de massa $m = 1.0\text{mg}$ e carga $q = 2,0 \times 10^{-8}\text{ C}$ (distribuída uniformemente) que desloca-se de uma folha não-condutora carregada fazendo um ângulo de θ com a vertical (carga distribuída uniformemente). Considere a força gravitacional sobre a bola e assumindo que a folha estende-se verticalmente, calcule a densidade de carga superficial σ na folha.

