F-328 – Física Geral III

Aula exploratória-04

UNICAMP – IFGW

username@ifi.unicamp.br

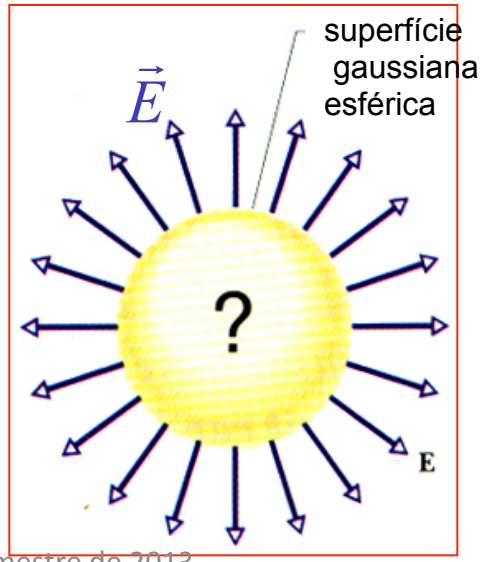
F328 – 2o Semestre de 2013

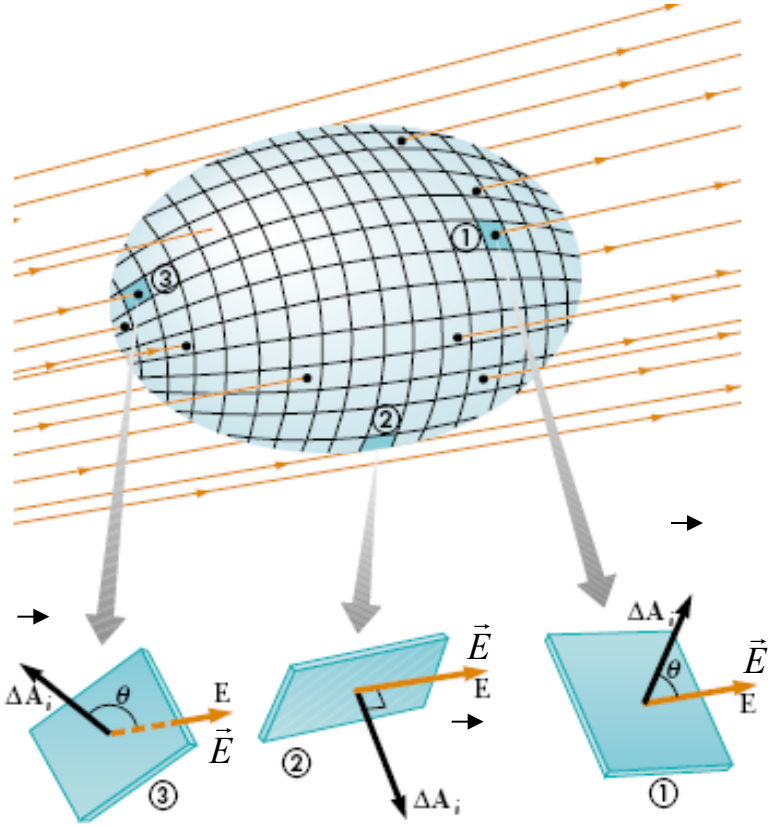
Fluxo de um campo vetorial

O fluxo do campo elétrico

Qual é o fluxo do campo elétrico de uma dada distribuição de cargas através de uma superfície *fechada*?

$$\phi = \oint_S \vec{E}(\vec{r}) \cdot \hat{n}\, dA$$





$$d\phi = \vec{E}(\vec{r}) \cdot \hat{n}\, dA < 0$$

$$d\phi = \vec{E}(\vec{r}) \cdot \hat{n}\, dA = 0$$

$$d\phi = \vec{E}(\vec{r}) \cdot \hat{n}\, dA > 0$$

Pontos essenciais

- Energia potencial elétrica U → Sistema de cargas

  Equivalente ao *trabalho* executado por um *agente externo* para trazer as cargas do *infinito* até a configuração desejada

- Diferença de potencial DV → Pontos no espaço

  Energia potencial por unidade de carga

Ambos dependem de **E**

Potencial elétrico

Diferença de potencial

$$\Delta V \equiv \frac{\Delta U}{q_0}$$

$$\Delta V = V_f - V_i = -\int_{\vec{r}_i}^{\vec{r}_f} \vec{E}(\vec{r}) \cdot d\vec{s}$$

- Entre dois pontos do espaço
- $\vec{s}$ vai de i a f
- Independente do caminho seguido
  - Força elétrica conservativa

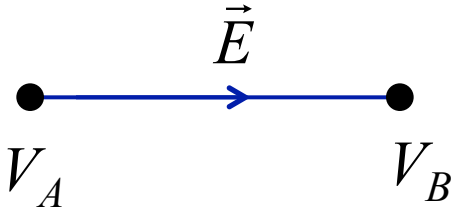
Potencial

$$V \equiv \frac{U}{q_0}$$

$$V(\vec{r}) = -\int_{\infty}^{\vec{r}} \vec{E}(\vec{r}) \cdot d\vec{s}$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V$$

- Para cada ponto do espaço
- Referência no infinito
- Aumenta no sentido oposto das linhas de campo elétrico



$V_A > V_B$

V e U dependendo do sistema

Carga puntiforme

$$V(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} \quad \Rightarrow \quad U = q_0 V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_0 q}{r} \quad \left(V_i = 0 \; para \; r_i \to \infty\right)$$

Sistema de cargas puntiformes

$$V = \sum_i \frac{q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i} \quad \Rightarrow \quad U = \sum_{i<j} \frac{q_i q_j}{4\pi\varepsilon_0 r_{ij}}$$

Contar só uma vez cada par de carga, $U_{ij} = U_{ji}$

Distribuição contínua finita de cargas

$$dV(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r} \quad \Rightarrow \quad V(\vec{r}) = \int \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r}$$

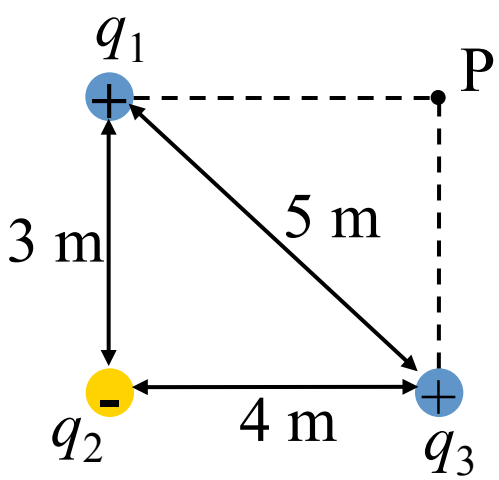
Exercício 01

Seja um sistema de três cargas puntiformes: q_1, $q_2 = -2q_1$ e $q_3 = 3q_1$, como no arranjo abaixo.

a) Qual é o potencial elétrico no ponto P?

b) Qual é a energia potencial elétrica da distribuição de cargas q_1, q_2 e q_3?

c) Qual trabalho que uma força externa precisa realizar para trazer uma carga $q_4 = 2{,}5\ q_1$ do infinito até o ponto P, com velocidade constante?



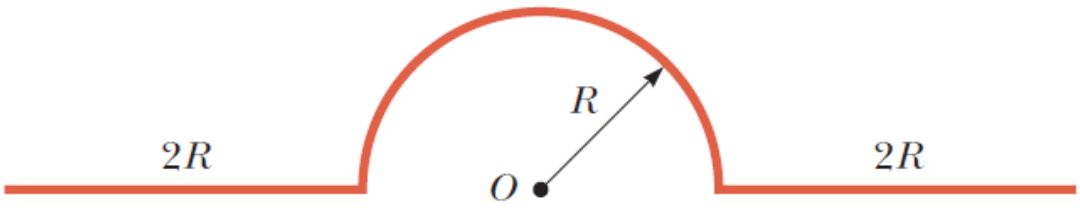
Exercício 02

Um fio de comprimento finito carregado com densidade linear de carga uniforme λ é dobrado na forma da figura abaixo. O raio da semicircunferência é R .

a) Calcule o potencial elétrico do fio no ponto O;

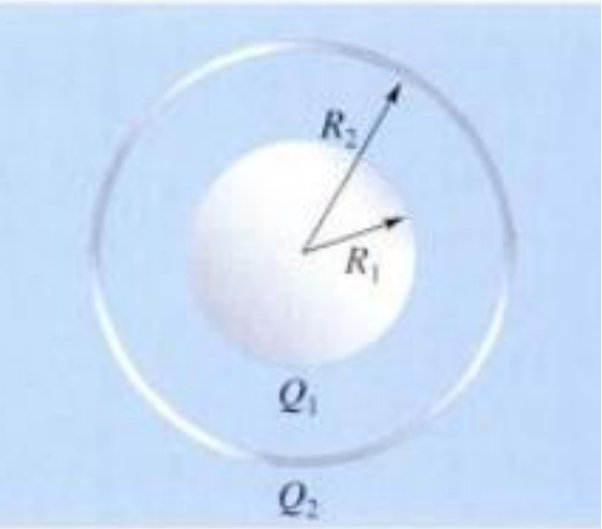
b) Uma carga puntiforme Q_0 de massa m está inicialmente em repouso no ponto O. Qual é sua energia potencial?

c) Qual será o valor da velocidade desta carga puntiforme a uma distância infinita do fio?



Exercício 03

Uma esfera metálica de raio R_1, tendo uma carga positiva Q_1, está rodeada de uma casca esférica condutora de raio R_2, tendo uma carga negativa Q_2. Tomando $V = 0$ no infinito, ache as expressões para $E(r)$ e $V(r)$, onde r é a distância ao centro das esferas.



Exercício 04

Considere dois planos metálicos infinitos e carregados, dispostos paralelamente e espaçados por uma distância $2d$. Um dos planos encontra-se em um potencial $+V$ e o outro em um potencial $-V$. Em um determinado instante $t = 0$, uma esfera condutora de raio $R << d$ e massa m é abandonada em repouso na região entre os dois planos, tocando um deles. Supondo que ao encostar-se em um dos planos a esfera adquira a mesma densidade superficial de carga daquele plano metálico, calcule a frequência de oscilação da esfera no sistema. Por simplicidade, despreze efeitos de indução e considere que toda vez que a esfera sofre uma colisão ela perde toda sua energia cinética.

Exercício 05

Qual é a diferença de potencial entre as posições $\vec{r}_A = \left(\hat{i} - 2\hat{j}\right)$ m
e $\vec{r}_B = \left(2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k}\right)$ m num campo elétrico

a) uniforme com $\vec{E} = \left(2\hat{i} - 3\hat{j}\right)$ N/C ?
b) não uniforme com $\vec{E} = \left(2x\hat{i} - 3y^2\hat{j}\right)$ N/C ?