

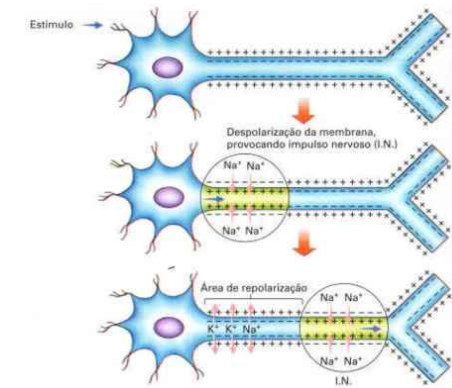


Energia e potencial eléctrico

Potencial eléctrico criado por cargas pontuais.

Gradiente do potencial eléctrico.

Superfícies equipotenciais.



Na origem de cada um dos nossos gestos, de cada um dos nossos pensamentos, de cada batimento cardíaco, um número quase infinito de pequenos circuitos está em funcionamento, e do seu bom funcionamento depende a nossa vida. Se quisermos perceber alguma coisa das ciências da vida, temos que perceber electromagnetismo...

Cacilda Moura-DFUM

Capítulo 2(2/2)

1



Trabalho da força eléctrica

$$W_{i \rightarrow f} = \int_i^f \vec{F}_e \cdot d\vec{s}$$

Força eléctrica

$$\vec{F}_e = q_o \vec{E}$$

Variação da Energia Potencial

$$\Delta U_{i \rightarrow f} = -q_o \int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$dU = -q_o \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$dV = \frac{dU}{q_o}$$

$$\vec{E} = -\frac{dV}{d\vec{s}}$$

Diferença de Potencial

$$\Delta V_{i \rightarrow f} = -\int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Cacilda Moura-DFUM

Capítulo 2(2/2)

2



Unidades

Potencial

$$dV = \frac{dU}{q_o}$$

1 volt = 1 joule/ coulomb

$$1 \text{ V} = 1\text{J/C}$$

Campo eléctrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_o} = -\frac{dV}{d\vec{s}}$$

1 newton/coulomb = 1 volt/metro

$$1 \text{ N/C} = 1\text{V/m}$$

← Unidades SI →

Energia Potencial

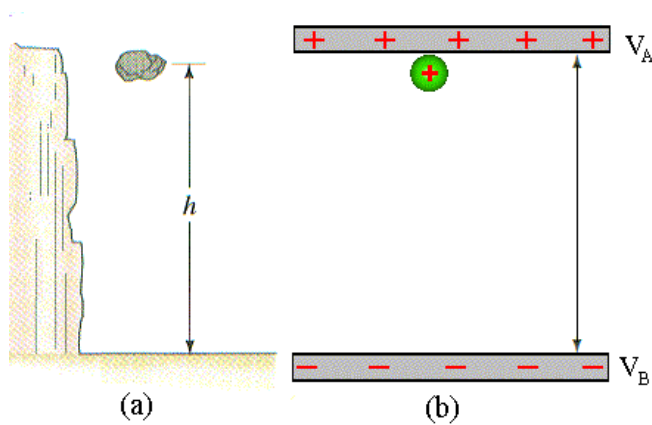
1 eV (electrão-volt) = trabalho realizado para deslocar a carga elementar através de uma diferença de potencial de 1 V

$$1\text{eV} = e (1\text{V})$$

$$1\text{eV} = (1.60 \times 10^{-19} \text{ C}) (1 \text{ J/C}) \Rightarrow 1\text{eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

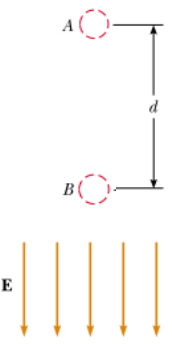


Analogia entre o potencial gravitacional e o potencial elétrico





Diferença de Potencial num campo eléctrico uniforme



$$\Delta V_{A \rightarrow B} = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \Rightarrow \Delta V_{A \rightarrow B} = - \int_A^B E \cos \theta ds$$

Campo Eléctrico Uniforme $\rightarrow E = \text{const.}$

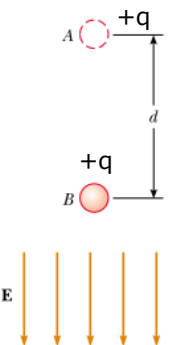
$\Delta V_{A \rightarrow B} = -E d$

sinal de menos significa que $V_A > V_B$

As linhas de campo eléctrico apontam no sentido dos potenciais mais baixos



Qual a variação da Energia Potencial Eléctrica de uma carga q positiva ?



$$\Delta U_{A \rightarrow B} = q \Delta V \quad \longleftarrow \quad \Delta V_{A \rightarrow B} = -E d$$

$$\Delta U_{A \rightarrow B} = -q E d$$

Uma carga eléctrica positiva "perde" energia potencial eléctrica quando se move no sentido do campo eléctrico.

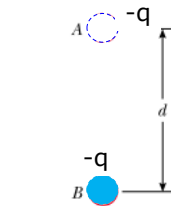
O campo eléctrico realiza trabalho positivo sobre a carga

A carga eléctrica positiva é acelerada no sentido do campo eléctrico.

A carga eléctrica positiva "ganha" energia cinética



Qual a variação da Energia Potencial Eléctrica de uma carga q negativa ?



$$\Delta U_{A \rightarrow B} = -q\Delta V \quad \longleftarrow \quad \Delta V_{A \rightarrow B} = -E d$$

$$\Delta U_{A \rightarrow B} = qEd$$

Uma carga eléctrica negativa "ganha" energia potencial eléctrica quando se move no sentido do campo eléctrico.



O campo eléctrico realiza trabalho negativo sobre a carga

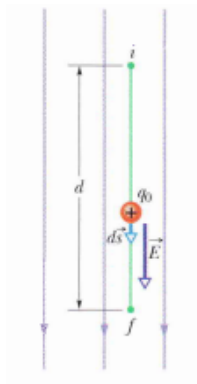
A carga eléctrica negativa é desacelerada no sentido do campo eléctrico.

A carga eléctrica negativa "perde" energia cinética



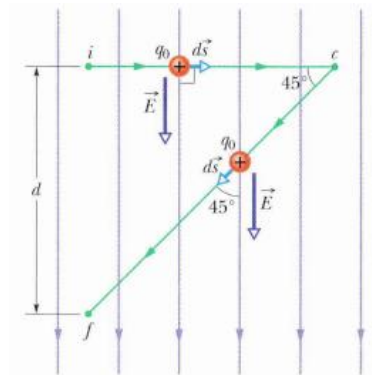
Exemplo 1: Calcular a diferença de potencial eléctrico de uma carga positiva que se movimenta num campo eléctrico uniforme:

- Do ponto i ao ponto f
- Do ponto i ao ponto f, passando por c)
- Qual a variação da energia potencial eléctrica ?



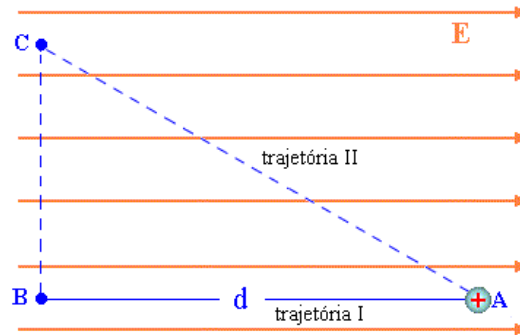
$$\Delta V = -Ed$$

$$\Delta U = q\Delta V$$





Exemplo 2: O trabalho realizado pela força eléctrica no transporte de uma carga do ponto A ao ponto B é maior no trajecto II?

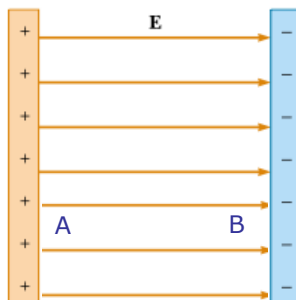


O trabalho realizado pela força eléctrica é independente do percurso.



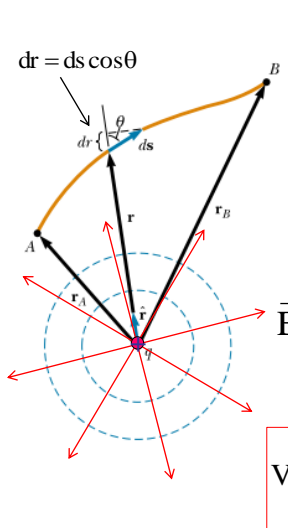
Exemplo 3: Um protão é libertado a partir do repouso, em A, num campo eléctrico uniforme com uma magnitude de $8.0 \times 10^4 \text{ V/m}$, com o sentido positivo do eixo dos xx. O protão desloca-se 0.5m (até B), na direcção do campo.

- Qual a diferença de potencial entre os pontos A e B, indicados na figura?
- Qual a variação da energia potencial eléctrica do protão?
- Qual a velocidade final do protão ao atingir o ponto B?





Potencial Eléctrico devido a uma carga pontual



$$V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = k \frac{q}{r^2} \hat{r} \cdot d\vec{s}$$

$$\hat{r} \cdot d\vec{s} = ds \cos \theta$$

$$dr = ds \cos \theta$$

$$V_B - V_A = - \int_A^B E dr = -kq \int_{r_A}^{r_B} \frac{1}{r^2} dr$$

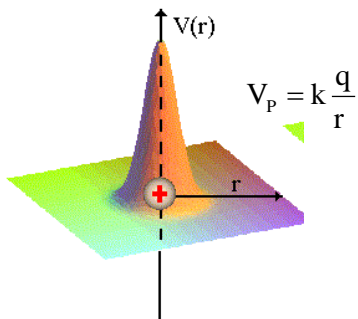
$$V_B - V_A = kq \left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right]$$

$$V_P = k \frac{q}{r}$$

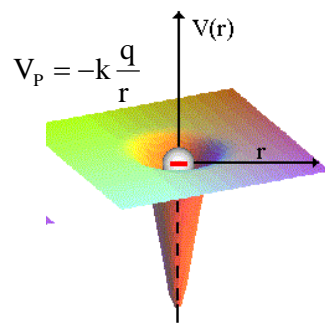
Potencial eléctrico no ponto P devido a uma carga pontual positiva.



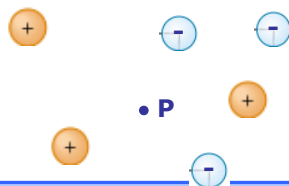
Potencial carga pontual positiva



Potencial carga pontual negativa

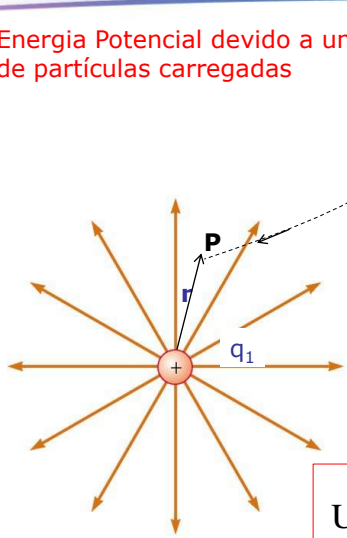


Potencial Eléctrico devido a um sistema de cargas pontuais



$$V_P = k \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

Energia Potencial devido a um sistema de partículas carregadas



A energia potencial no ponto P, é igual ao trabalho realizado pela força eléctrica para trazer a carga q_2 do infinito até ao ponto P

$$\Delta U_{\infty \rightarrow P} = q_2 \Delta V_{\infty \rightarrow P}$$

$$U_P - U_{\infty} = q_2 (V_P - V_{\infty})$$

$= 0$

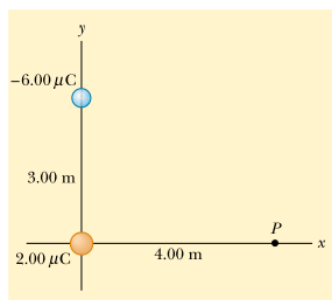
Potencial do ponto P devido à carga q_1

$$V_P = k \frac{q_1}{r_{1P}}$$

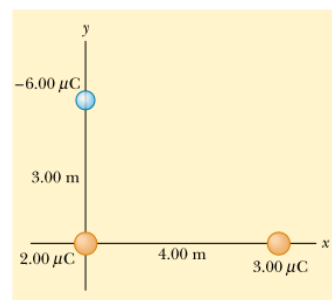
$$U_P = k \frac{q_1 q_2}{r_{1P}}$$

Exemplo 4: Uma carga $q_1 = 2 \mu\text{C}$ está localizada na origem do sistema de eixos, e uma carga $q_2 = -6 \mu\text{C}$ está localizada num ponto de coordenadas (0, 3) m, conforme se mostra na figura a).

- Qual o potencial eléctrico, devido a este sistema de cargas, no ponto P de coordenadas (4, 0)m?
- Qual a variação da energia potencial eléctrica de uma carga de $3 \mu\text{C}$, deslocada do infinito até ao ponto P?
- Qual o valor da energia potencial eléctrica do sistema ilustrado na figura b)?



(a)

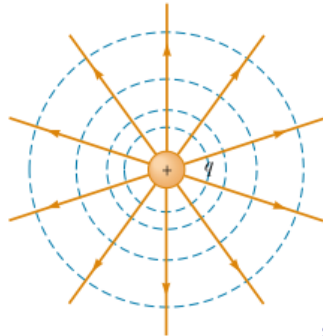


(b)



Superfícies Equipotenciais

Se a distribuição de carga que cria o campo eléctrico, tem simetria esférica, o campo eléctrico é radial e o potencial tem simetria esférica.



$$\vec{E} = -\frac{dV}{d\vec{r}} \Rightarrow V = k \frac{q}{r}$$

Superfície equipotencial é qualquer superfície constituída por uma distribuição contínua de pontos que possuam o mesmo potencial.

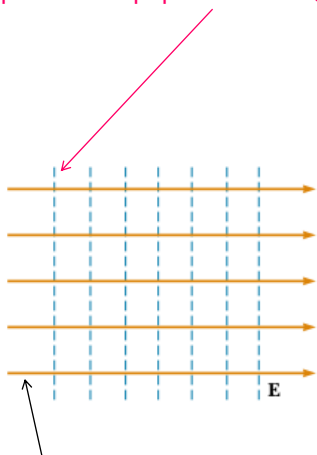
Num campo electrostático, as linhas de campo são sempre perpendiculares às superfícies equipotenciais.

Quando uma carga se desloca numa superfície equipotencial não é realizado trabalho

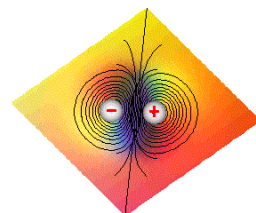
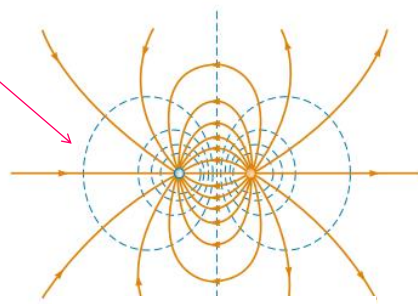


Superfícies Equipotenciais

Dipolo eléctrico

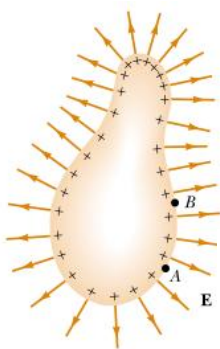


Campo eléctrico uniforme





Potencial Eléctrico de um condutor carregado

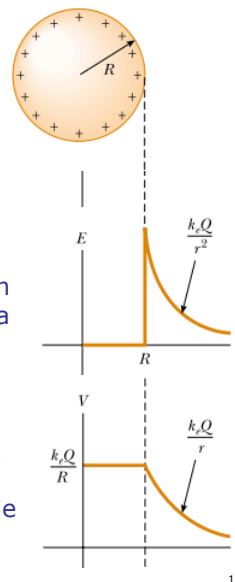


\vec{E} é sempre perpendicular a $d\vec{s}$

$$V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

A superfície de qualquer condutor em equilíbrio electrostático é uma superfície equipotencial.

Como o campo eléctrico é nulo no interior do condutor, o potencial no interior de um condutor é constante em qualquer ponto e igual ao valor do potencial à superfície do condutor.



Cacilda Moura-DFUM

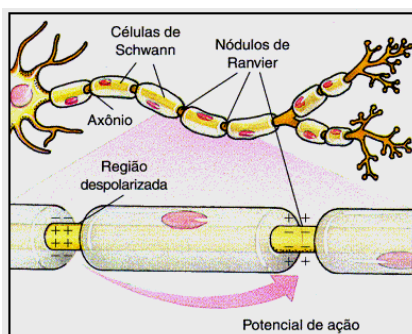
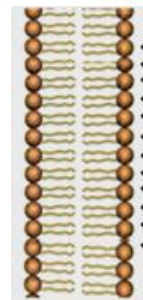
Capítulo 2(2/2)

17



Na maioria das células animais existe uma diferença de potencial entre o interior e o exterior da célula.

No caso das fibras nervosas o potencial no seu interior é de cerca de -90 mV relativamente ao exterior.



Um impulso nervoso (que transporta a informação para o cérebro) é uma alteração no potencial que se propaga ao longo do axónio.

Cacilda Moura-DFUM

Capítulo 2(2/2)

18



A força eléctrica é uma força conservativa.

O trabalho realizado pelas forças conservativas não depende do percurso.

Nas forças conservativas o trabalho por elas efectuado é simétrico da variação da energia potencial.

Diferença de potencial \neq Energia Potencial

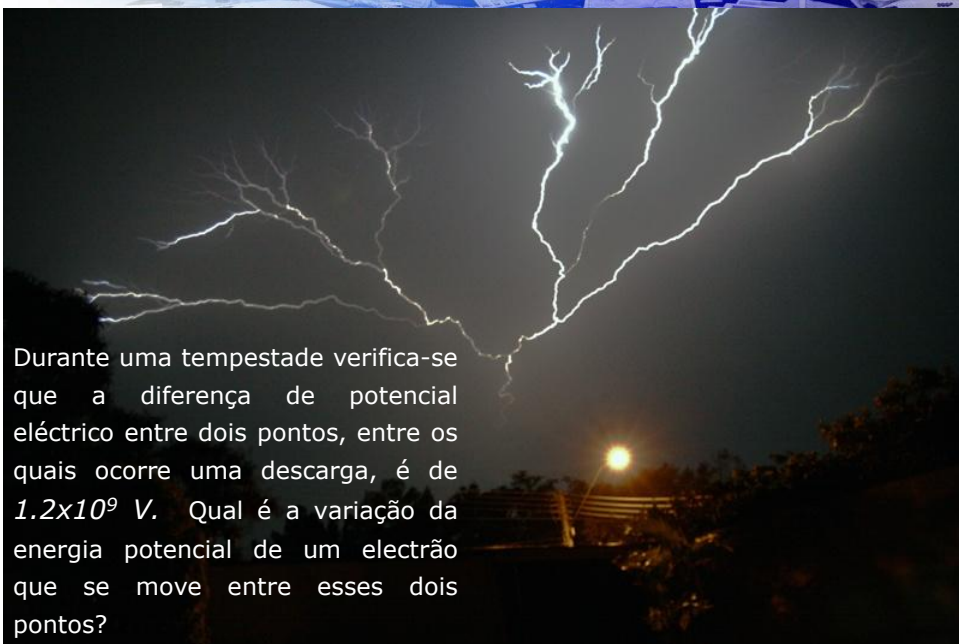
A diferença de potencial é a medida da energia potencial eléctrica por unidade de carga

A energia potencial no ponto P, é igual ao trabalho realizado pela força eléctrica para trazer uma carga q do infinito até ao ponto P

As linhas de campo eléctrico apontam no sentido dos potenciais mais baixos

Superfície equipotencial é qualquer superfície constituída por uma distribuição contínua de pontos que possuam o mesmo potencial.

Num campo electrostático, as linhas de campo são sempre perpendiculares às superfícies equipotenciais.



Durante uma tempestade verifica-se que a diferença de potencial eléctrico entre dois pontos, entre os quais ocorre uma descarga, é de $1.2 \times 10^9 \text{ V}$. Qual é a variação da energia potencial de um electrão que se move entre esses dois pontos?