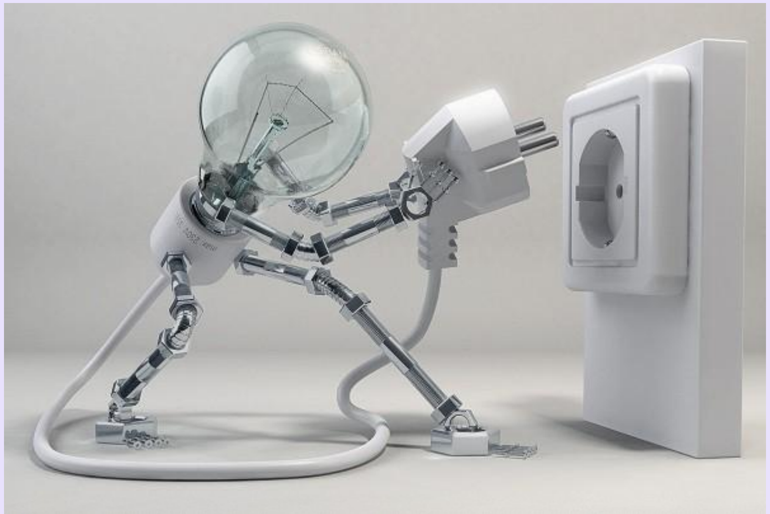
O Potencial Elétrico



Prof. Fábio de Oliveira Borges

Curso de Física II

Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense

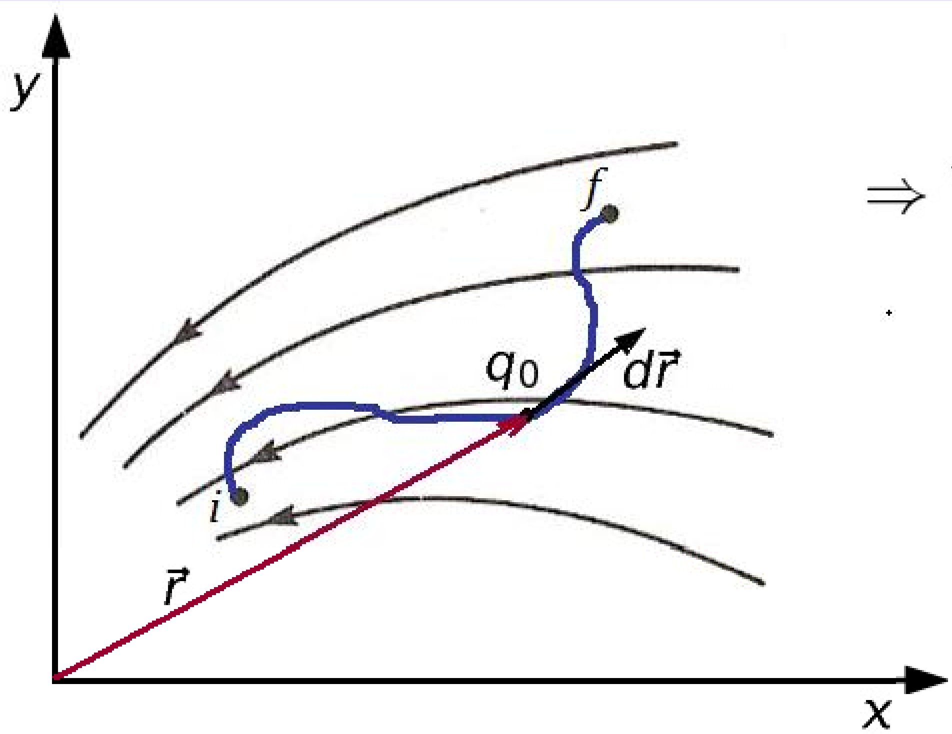
Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

https://cursos.if.uff.br/!fisica2-0217/doku.php

INSTITUTO DE FÍSICA

Universidade Federal Fluminense

Energia Potencial Eletrostática



$$dW = \vec{F}.d\vec{r}$$

$$\Rightarrow W_{if} = \int_i^f \vec{F}.d\vec{r} = \Delta K \underbrace{=}_{se\ F\ é\ conservativa} -\Delta U$$

$\Delta U \rightarrow diferença\ de\ energia\ potencial$

$$\Rightarrow \Delta U = -W_{if} = W_{ext}$$

A energia potencial é a quantidade de trabalho necessário para mover uma partícula de um ponto de referência a um ponto específico contra o campo. Por definição o trabalho é realizado contra o campo.

Energia Potencial Eletrostática

$\Rightarrow$ **A energia potencial é definida somente para <u>forças conservativas.</u>**

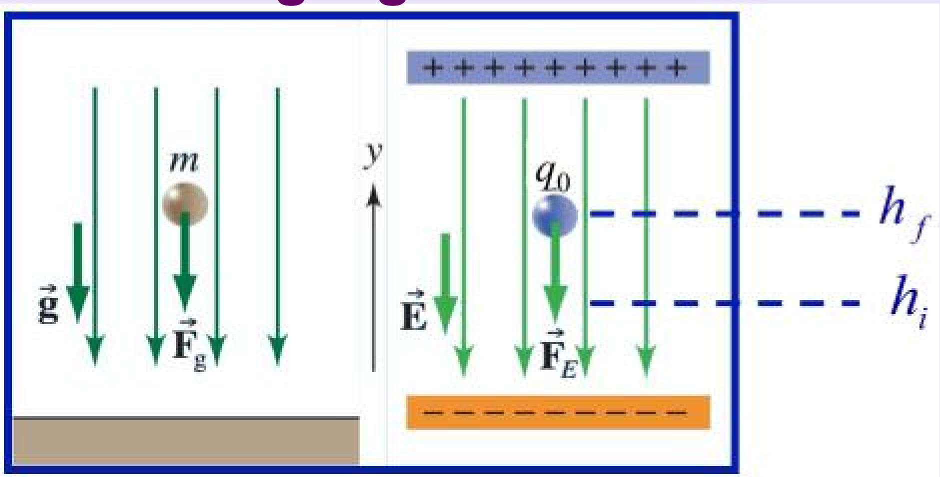
Se F é conservativa $\rightarrow$ a integral é independente do percurso

$\Rightarrow$ **A força eletrostática é conservativa**

<u>Então podemos representa-la por uma energia potencial</u>

Energia Potencial Eletrostática

Analogia gravitacional



$$\triangle U = -\int_i^f \vec{F}.d\vec{l}$$

$$U_f - U_i = -\int_i^f \vec{F}.d\vec{l}$$

Campo gravitacional

$$U_f - U_i = -\int_i^f m\vec{g}.d\vec{l}$$

$$U_f - U_i = mg\int_i^f dl$$

$$U_f - U_i = mg(h_f - h_i) = mgh$$

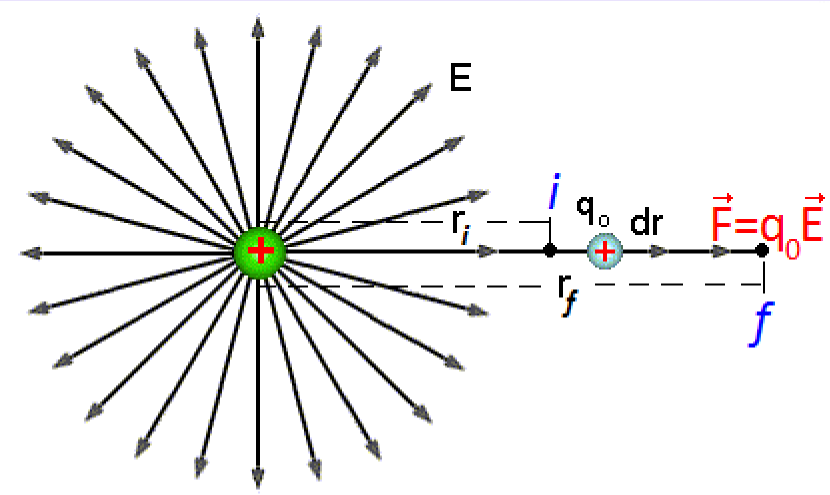
Campo elétrico

$$U_f - U_i = -\int_i^f q_0\vec{E}.d\vec{l}$$

$$U_f - U_i = q_0E\int_i^f dl$$

$$U_f - U_i = q_0E(h_f - h_i) = q_0Eh$$

Energia Potencial entre duas cargas puntiformes



$$\Delta U = -q_0 \int_{r_i}^{r_f} \vec{E}.d\vec{l}$$

$$\Delta U = -q_0 \int_{r_i}^{r_f} E_r dr$$

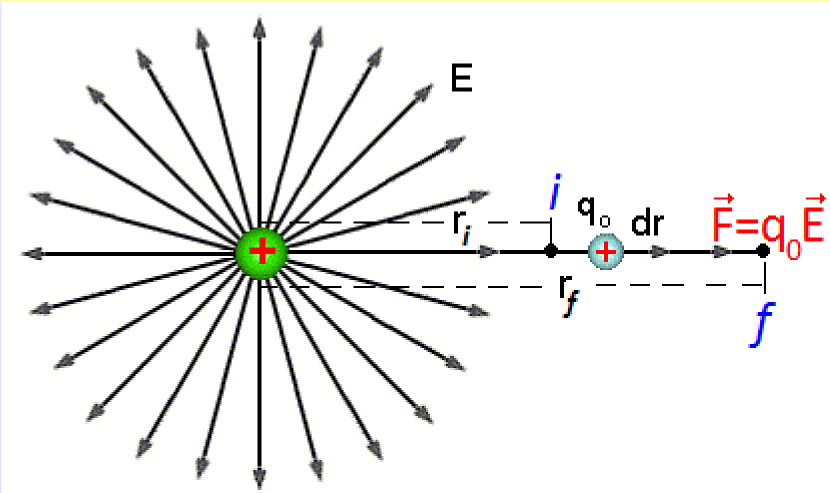
como $E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$, então:

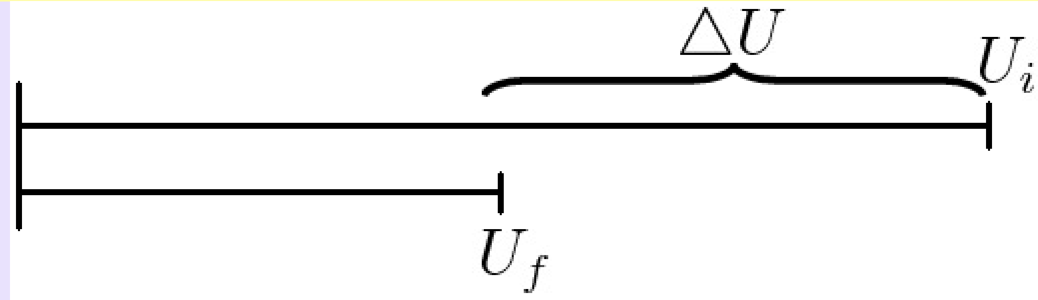
$$\Delta U = -\frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\int_{r_i}^{r_f}\frac{dr}{r^2} = -\frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\left[-\frac{1}{r}\right]_{r_i}^{r_f} \Rightarrow \Delta U = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_f}-\frac{1}{r_i}\right)$$

$$\Delta U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_f} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_i} = U_f - U_i$$

$$U_f + C^{\underline{te}} - (U_i + C^{\underline{te}}) = U_f - U_i$$

Energia Potencial de cargas puntiformes





$$U_f + C^{te} - (U_i + C^{te}) = U_f - U_i$$

Podemos escolher (definir) um ponto de referência *i* de modo que r_i corresponda a uma separação infinita entre as partículas.

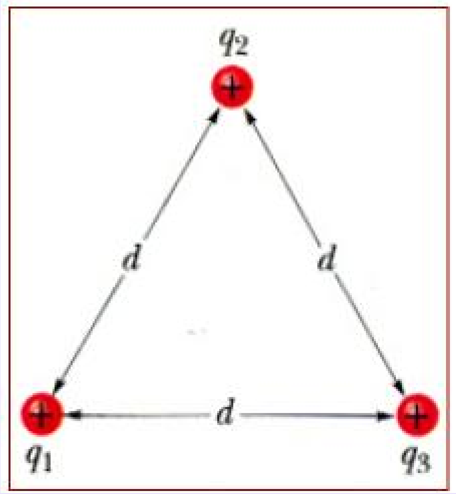
$$\Rightarrow U_i = 0$$

$$\Rightarrow U(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r}$$

Ou seja, $U(r)$ é o negativo do trabalho realizado pela força do campo elétrico sobre a partícula com carga para trazê-la desde o infinito até *r*. (Unidade no SI: 1J = 1N.m)

Energia potencial de um sistema de cargas

A energia potencial elétrica de um sistema de cargas pontuais fixas é igual ao trabalho necessário para um agente externo reunir o sistema, trazendo cada carga para sua posição, a partir de uma distância infinita.



$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r_{12}} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_3}{r_{13}} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_2 q_3}{r_{23}}$$

$$U = \frac{q_1 q_2 + q_1 q_3 + q_2 q_3}{4\pi\epsilon_0 d}$$

$$U = U_{12} + U_{13} + U_{23}$$

Princípio da superposição

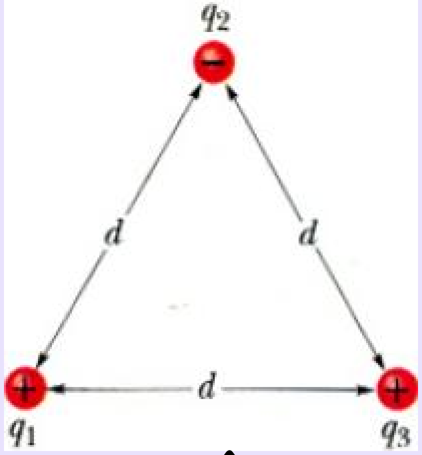
$$q_1 = q_2 = q_3$$

$$U = \frac{3q^2}{4\pi\epsilon_0 d}$$

$\Rightarrow$ **A energia potencial é uma propriedade do sistema de cargas, e não de alguma carga individual.**

Energia potencial de um sistema de cargas

U é o trabalho executado por um agente externo para trazer todas as cargas do infinito até a configuração desejada. Dada a energia potencial elétrica entre cada par de cargas $U_{ij} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_i q_j}{r_{ij}}$, temos que:



$$U = \frac{1}{2}\sum_{i,j}\frac{q_i q_j}{4\pi\epsilon_0\, r_{ij}}$$

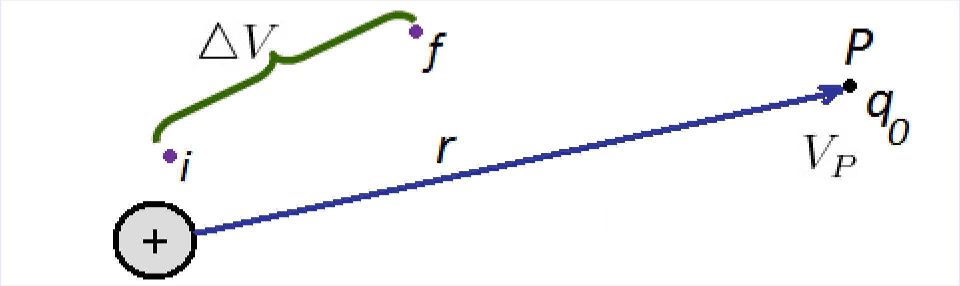
A energia é contada duas vezes por par de carga: $U_{ij} = U_{ji}$

$q_1 = q$
$q_2 = -4q$
$q_3 = 2q$

$$W = \frac{-10q^2}{4\pi\varepsilon_0 d}$$

Se $U > 0$: cargas livres (trabalho realizado para uni-las)
Se $U < 0$: cargas ligadas (trabalho realizado para separá-las)

Potencial elétrico



A variação do potencial elétrico (ddp) é a energia potencial por unidade de carga necessária para levar uma carga de prova q_0 de um ponto inicial *i* até um ponto final *f*.

O potencial elétrico independe da carga de prova q_0.

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{U_f - U_i}{q_0}$$

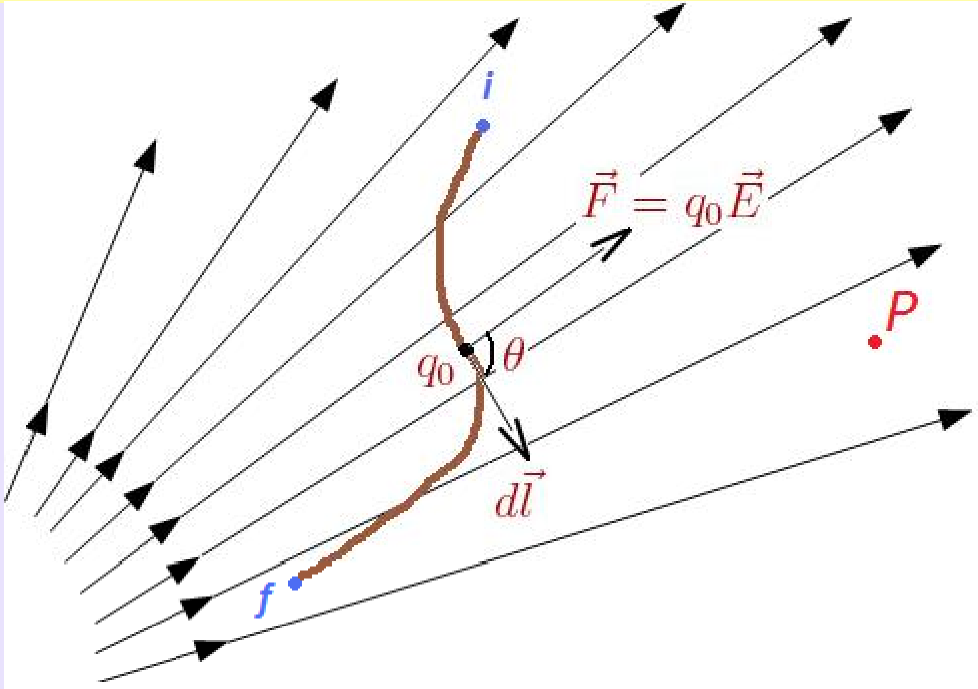
$$\Rightarrow \Delta U = q_0 \Delta V$$

Definição de potencial elétrico: é o trabalho por unidade de carga necessário para trazer uma carga de prova q_0 do infinito até um ponto *P* qualquer.

$$V_P = \frac{W_{P\infty}}{q_0} = \frac{U_P}{q_0} \qquad \Rightarrow U = q_0 V$$

Unidade no SI: 1 volt = 1 Joule/1 coulomb

Potencial elétrico



$$W_{if} = \int_i^f \vec{F}.d\vec{l} = q_0 \int_i^f \vec{E}.d\vec{l}$$

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{\Delta U}{q_0} = -\frac{W_{if}}{q_0}$$

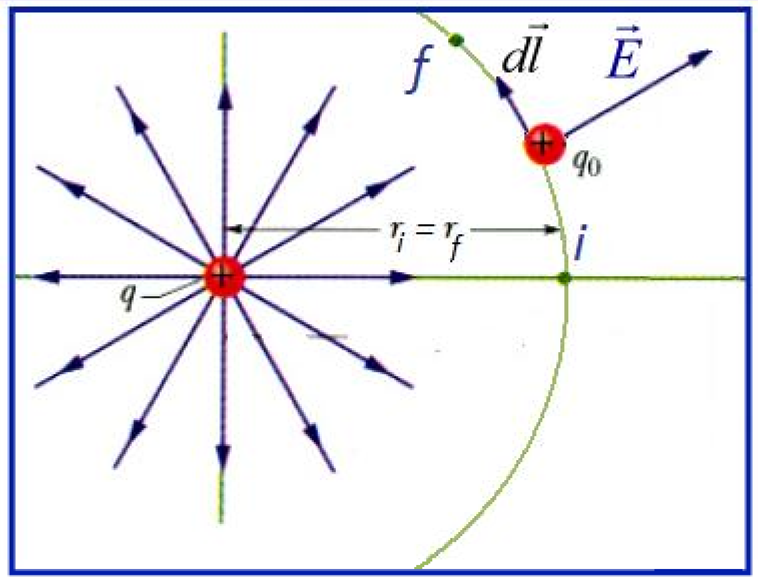
$$\Rightarrow V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E}.d\vec{l}$$

referenciando o ponto inicial no infinito $(i \to \infty) \Rightarrow V_i = 0$

$$V_P = -\int_\infty^P \vec{E}.d\vec{l}$$

potencial no ponto *P*

Potencial devido a uma carga puntiforme

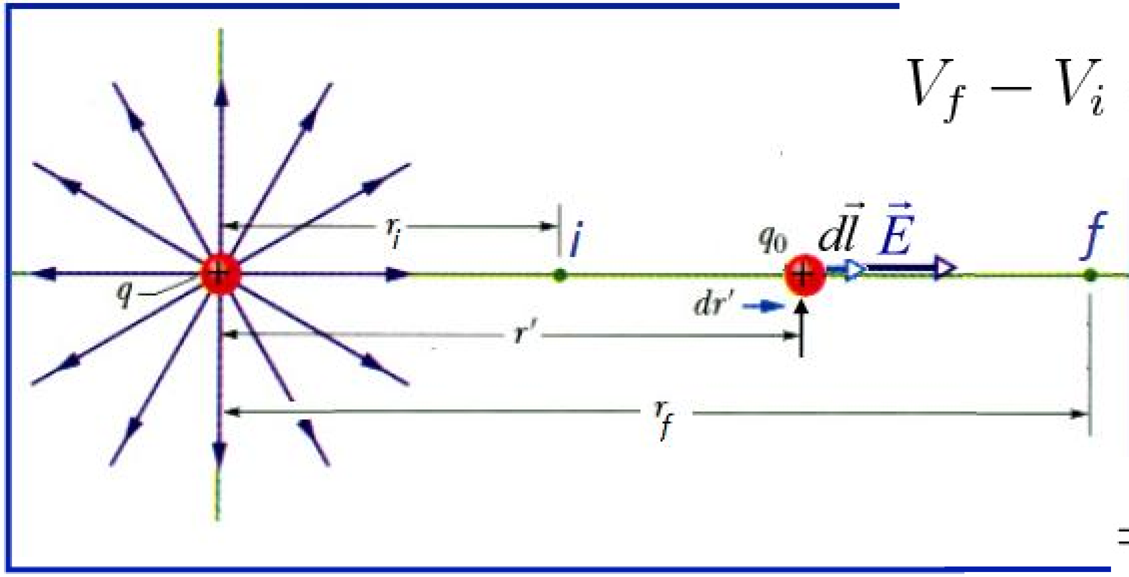


$$\Delta V = V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E}.\vec{dl}$$

$$\Delta V = V_f - V_i = -\int_{r_i}^{r_f} E_r \underbrace{cos\theta \; dl}_{\vec{E} \perp \vec{dl}} = 0$$

O trabalho realizado para deslocar uma carga em uma região onde o campo elétrico é constante é nulo, logo a variação de potencial entre quaisquer dois pontos nesta região também é nulo.

Potencial devido a uma carga puntiforme



$$V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E}.d\vec{l} = -\int_{r_i}^{r_f} E_r dr$$

$$E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}$$ $\Rightarrow$ Campo elétrico gerado por uma carga pontual

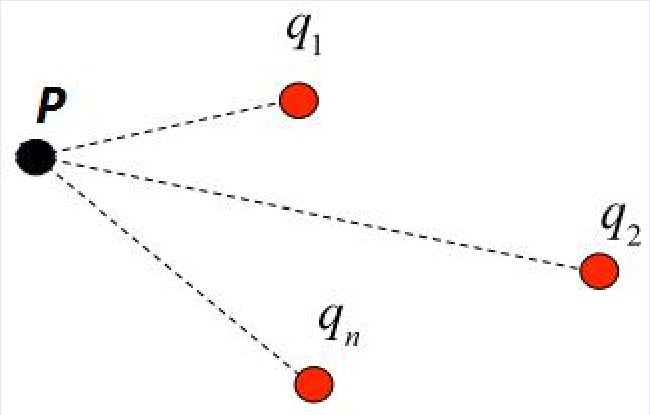
$$\Rightarrow V_f - V_i = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\int_{r_i}^{r_f}\frac{dr}{r^2}$$

$$V_f - V_i = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i}\right)$$

Potencial em um ponto qualquer do espaço $\xrightarrow[r_i \to \infty]{r_f \to r}$ $$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$

É válida para qualquer distribuição esfericamente simétrica de carga

Potencial devido a um conjunto de cargas pontuais



O potencial no ponto P é a <u>soma escalar</u> do potencial gerado por cada carga no ponto P individualmente.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n$$

Princípio de superposição

$$\Rightarrow V = \sum_{i=1}^{n} V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{r_i}$$

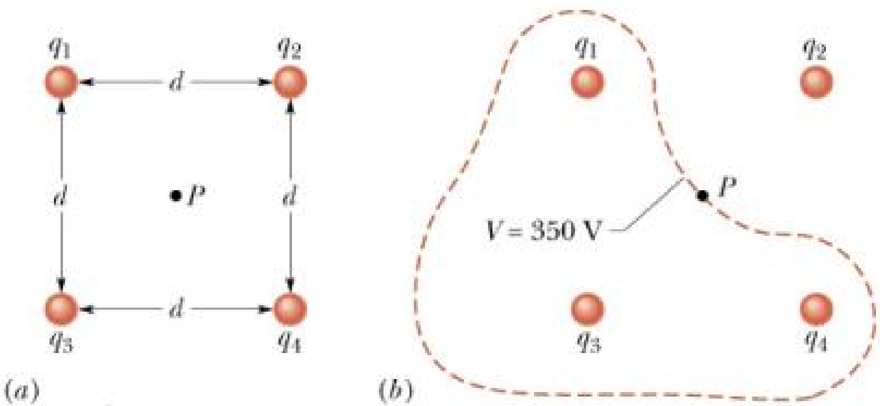
Procedimento para determinar *V* para um conjunto *n* de cargas

I) Calcule *V* devido a cada carga *i* no ponto dado como se ela fosse a única carga presente.

II) Somar escalarmente esses potenciais calculados em separado para determinar o potencial resultante *V* no ponto dado.

Potencial devido a um conjunto de cargas pontuais

Exemplos



$d = 1{,}3\,\text{m}$

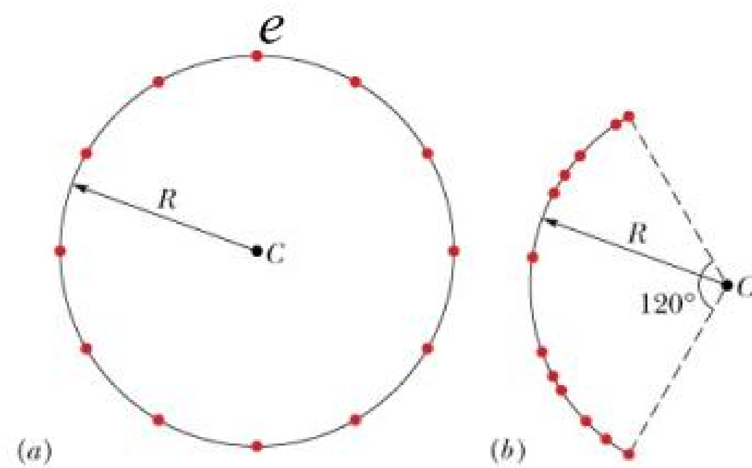
$q_1 = 12\,\text{nC}$

$q_2 = -24\,\text{nC}$

$q_3 = 31\,\text{nC}$

$q_4 = 17\,\text{nC}$

$V_P = ?$



$q = -12 \times e$

$$V_C = \frac{-12e}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

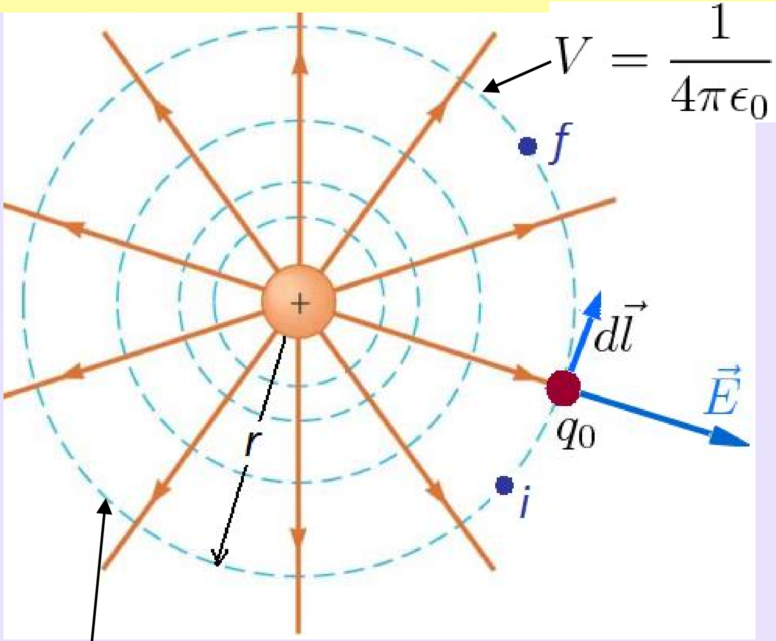
$\vec{E}_C = \vec{0}$

$q = -12 \times e$

$$V_C = \frac{-12e}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

$\vec{E}_C \neq \vec{0}$

Superfície Equipotencial



$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$

$$\begin{matrix} Superfície \\ equipotencial \end{matrix} = \begin{matrix} Superfície \\ gaussiana \end{matrix}$$

Superfície equipotencial: uma superfície onde o potencial é constante, ou seja, tem o mesmo valor em todos os pontos.

Superfície Equipotencial

$$V = C^{te} \Rightarrow U = C^{te} \Rightarrow \Delta U = 0$$

como $\Delta U = -W_{if} \Rightarrow W_{if} = 0$

não realiza trabalho

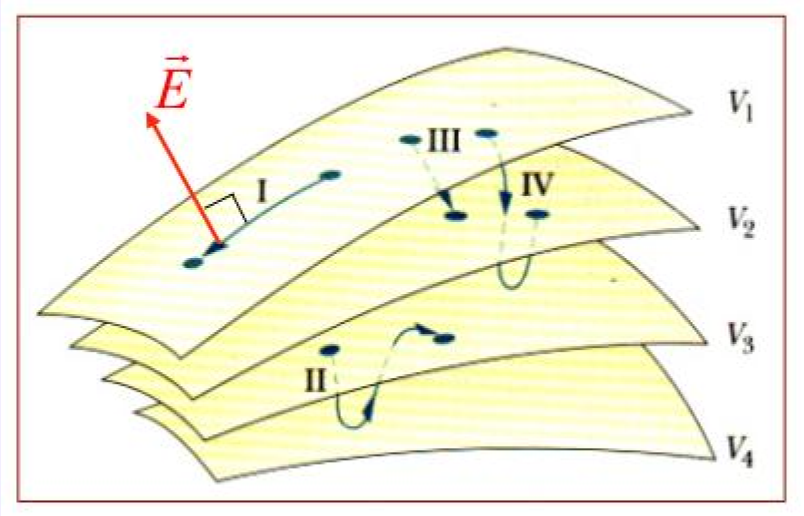
$$\Rightarrow W_{if} = \int_i^f \vec{F}.d\vec{l} = \int_{r_i}^{r_f} F\ cos\theta\ dl = 0$$

$$mas\ \ d\vec{l} \neq 0,\ \ \vec{F} = q_0\vec{E} \neq 0 \Rightarrow cos\theta = 0$$

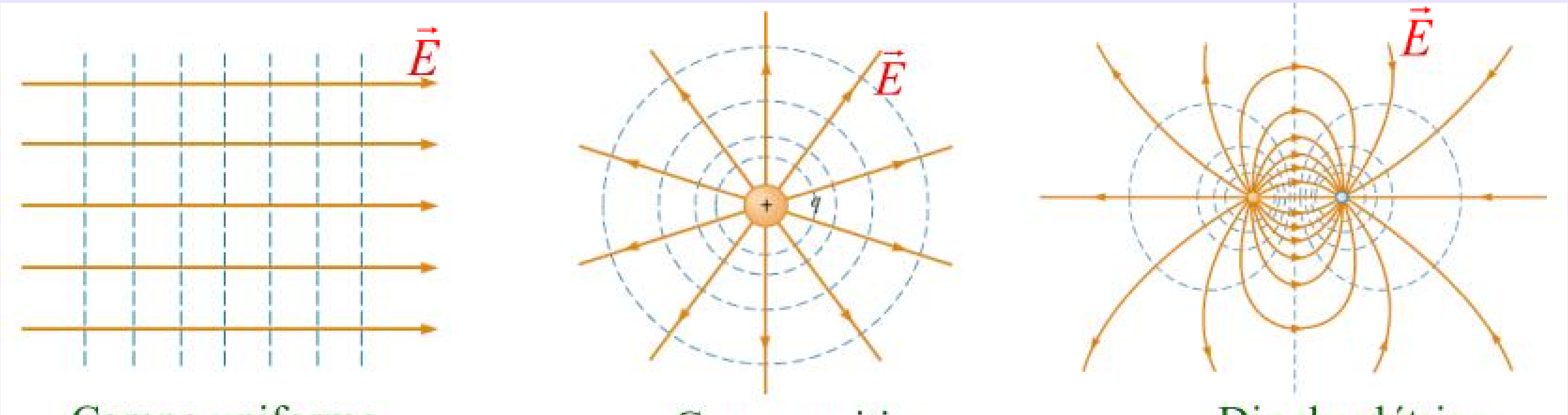
$$\Rightarrow \theta = 90^o \Rightarrow \vec{E} \perp d\vec{l}$$

Logo, a superfície equipotencial é perpendicular as linhas do campo elétrico.

Superfície Equipotencial



Quanto vale W_I , W_{II} , W_{III} e W_{IV} ?



Note que o campo E é perpendicular as superfícies equipotenciais, logo não é necessáro realizar trabalho para se deslocar uma carga sobre ela.

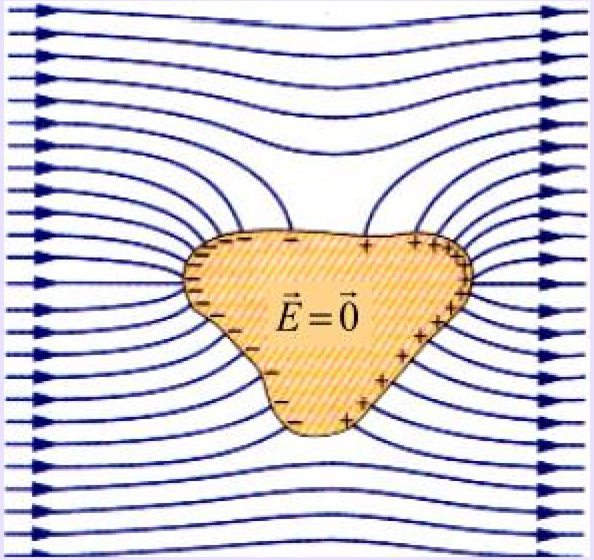
Potencial de um condutor isolado

Os pontos dentro e na superfície de um condutor qualquer estão ao mesmo potencial?

→ Sim, pois E = 0 dentro do condutor

Consequências para um condutor isolado, carregado ou não :

- O volume é equipotencial
- A superfície é uma equipotencial



Distribuição de carga em um condutor

Excluindo-se os <u>condutores esféricos</u>, a carga de um condutor não se distribui uniformemente sobre sua superfície, mas vai <u>depender do raio de curvatura local</u>.

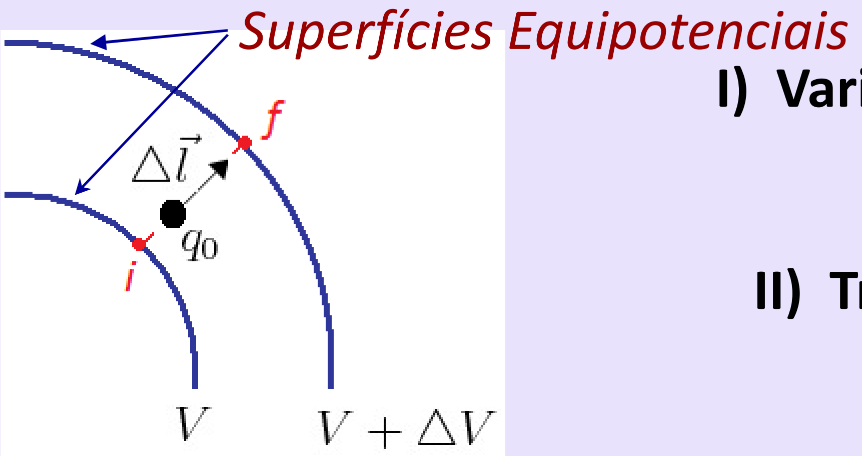
Sejam duas esferas condutoras carregadas, ligadas por um fio condutor muito longo. Como estão ao mesmo potencial *V*:

$$V = k\frac{q_1}{R_1} = k\frac{q_2}{R_2} \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (I)$$

Assim: $$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{q_1/4\pi R_1^2}{q_2/4\pi R_2^2} = \frac{q_1}{q_2}\frac{R_2^2}{R_1^2} = \frac{R_1}{R_2}\frac{R_2^2}{R_1^2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Então, η <u>é inversamente proporcional</u> ao raio de curvatura local. Em pontos onde o condutor é mais "pontiagudo", a densidade de cargas (e, portanto, o campo elétrico) é maior. Este campo pode ser suficiente para ionizar o ar em volta da ponta, tornando-o condutor e permitindo uma descarga (descarga corona).

Cálculo do campo a partir do potencial



I) Variação da energia potencial entre *i* e *f*

$$\Delta U = q_0 \Delta V$$

II) Trabalho realizado para ir de *i* para *f*

$$W = \vec{F}.\Delta\vec{l}, \quad \vec{F} = q_0 \vec{E}$$

$$\Rightarrow W = q_0 E \Delta l$$

$$como \;\; W = -\Delta U$$

$$q_0 E \Delta l = -q_0 \Delta V$$

$$\Rightarrow E = -\frac{\Delta V}{\Delta l}$$

que dá a ligação entre o campo e o potencial elétrico

Cálculo do campo a partir do potencial

Se o deslocamento for infinitesimal $\Rightarrow E = -\dfrac{dV}{dl}$ **A componente do campo elétrico em qualquer direção é o negativo da derivada do potencial com relação ao deslocamento naquela direção.**

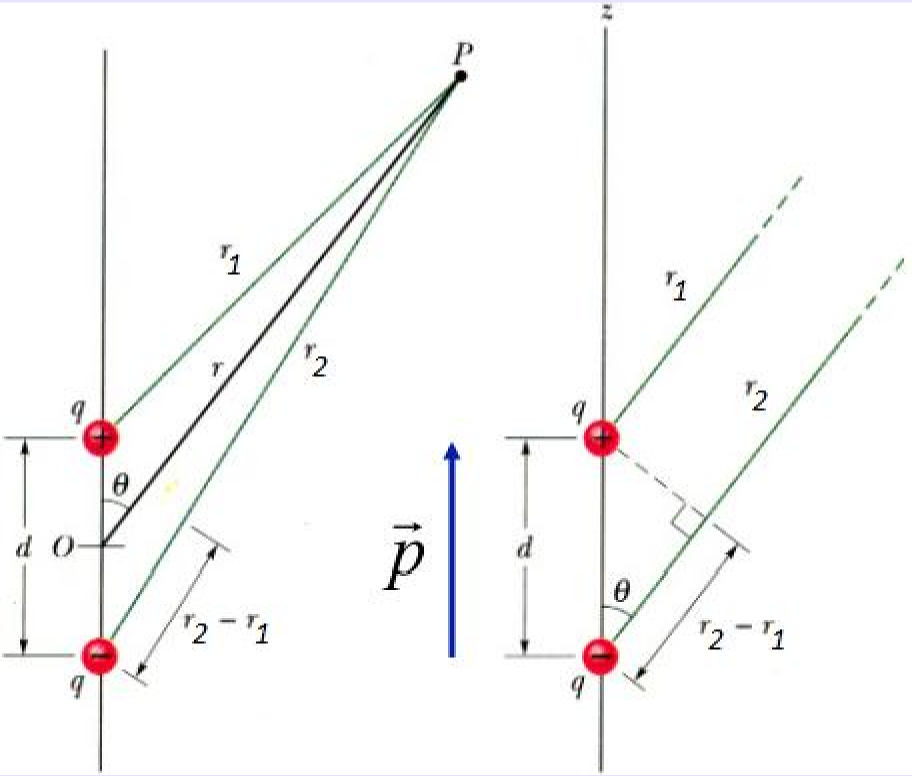
Supondo que: • $V = V(x, y, z)$

Então, $$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; \;\; E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \;\; e \;\; E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}\right)$$

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

Potencial produzido por um dipolo



$$V_P = \sum_i V_i = V_+ + V_-$$

$$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r_1} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r_2}$$

$$V_P = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$V_P = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}\right)$$

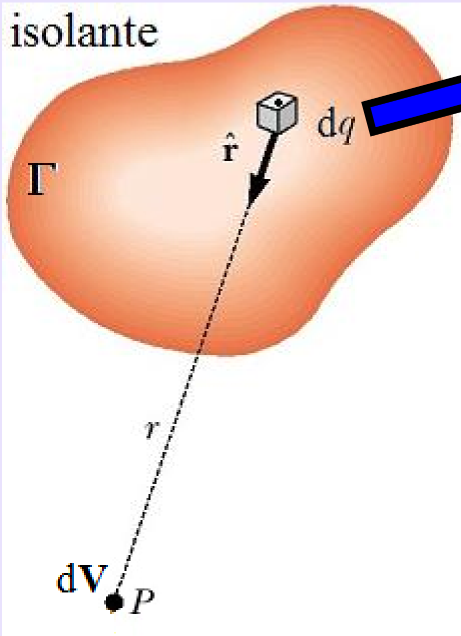
$r >> d \Rightarrow$ a distância é muito maior que a separação entre as cargas

$$\Rightarrow r_1 r_2 \approx r^2$$

$$\Rightarrow \theta_1 \approx \theta_2 \approx \theta \Rightarrow r_2 - r_1 \approx d\, cos\theta$$

$$\Rightarrow V_P \approx \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{d\, cos\theta}{r^2} \Rightarrow V_P \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{p\, cos\theta}{r^2}, \quad p = qd \Rightarrow V \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\vec{p}.\vec{r}}{r^3}$$

Potencial elétrico de distribuições contínuas de carga



$$dq = \rho dV$$

A ideia é dividir o sólido em pequenos diferenciais de carga ,*dq* , de forma que eles possam ser tratados como uma carga pontual. Pode-se então, calcular o potencial gerado por cada um destes *dq*'s no ponto *P* separadamente, e na sequência se aplica o princípio da superposição para obter o potencial elétrico que o sólido produz no ponto P.

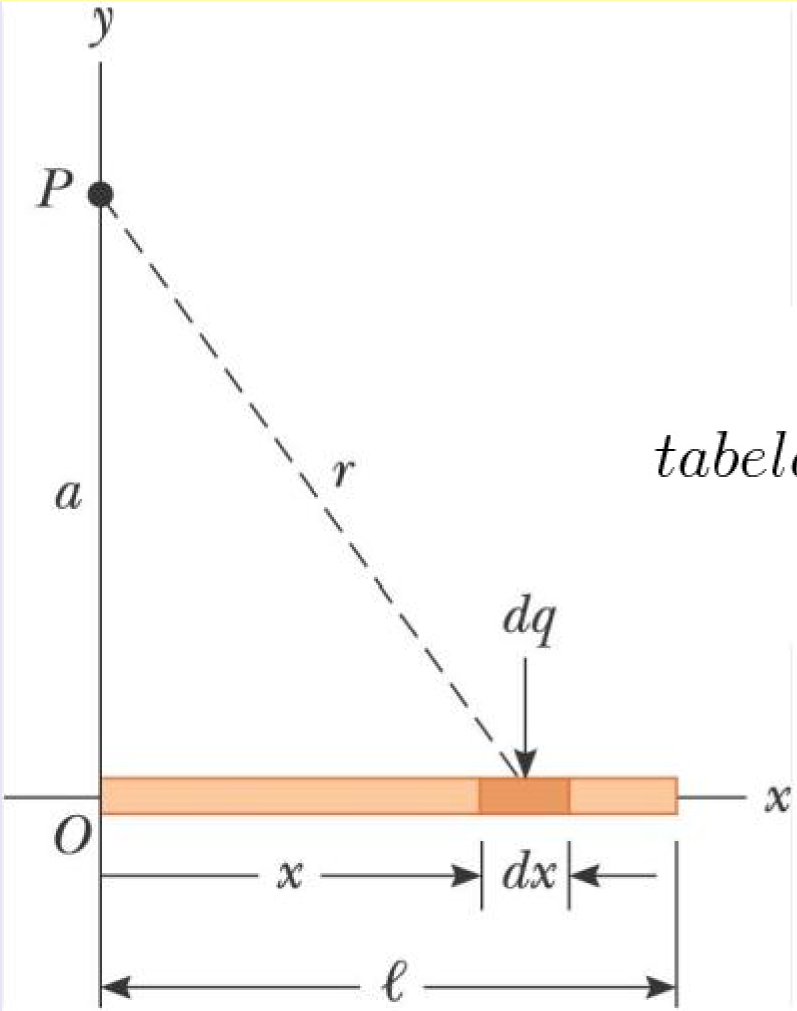
$$dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dq}{r}$$

Potencial gerado no ponto *P* devido ao elemento de carga dq

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_V \frac{dq}{r}$$

Potencial total no ponto *P* devido a presença do sólido carregado Γ

Potencial de uma linha finita de carga



$$dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dq}{r} \Rightarrow \begin{cases} dq = \lambda dx \\ r = \sqrt{x^2+a^2} \end{cases}$$

$$V = \int dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_0^l \frac{\lambda dx}{\sqrt{x^2+a^2}}$$

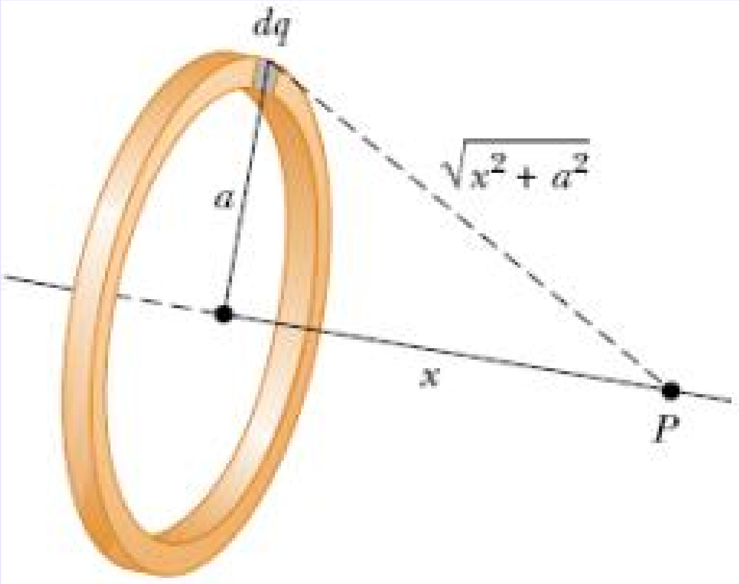
$$tabela \Rightarrow \int \frac{du}{\sqrt{u^2+a^2}} = ln\left(u+\sqrt{u^2+a^2}\right)$$

$$\Rightarrow V = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} ln\left[x+\sqrt{x^2+a^2}\right]_0^l$$

$$\Rightarrow V = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}\left[ln\left(l+\sqrt{l^2+a^2}\right) - ln\ a\right]$$

$$\boxed{\Rightarrow V = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} ln\left(\frac{l+\sqrt{l^2+a^2}}{a}\right)}$$

Potencial de um anel de carga



$$dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dq}{r} \Rightarrow \begin{cases} dq = \lambda ds = \lambda a d\phi \\ r = \sqrt{a^2 + x^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\lambda a d\phi}{\sqrt{a^2 + x^2}}$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{\lambda a}{\sqrt{a^2 + x^2}}\int_0^{2\pi} d\phi$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2\pi\lambda a}{\sqrt{a^2 + x^2}} \boxed{\Rightarrow V = \frac{1}{2\epsilon_0}\frac{\lambda a}{\sqrt{a^2 + x^2}}}$$

Qual é o potencial no centro do anel?

$$x = 0, \Rightarrow \sqrt{a^2 + x^2} = a$$

$$\Rightarrow V = \frac{\lambda}{2\epsilon_0} \qquad ou \;\; V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\, a}$$

Potencial de um anel de carga

Qual é o campo elétrico sobre o eixo do anel?

$$E_x = -\frac{dV}{dx}$$

só tem componente na direção *x*

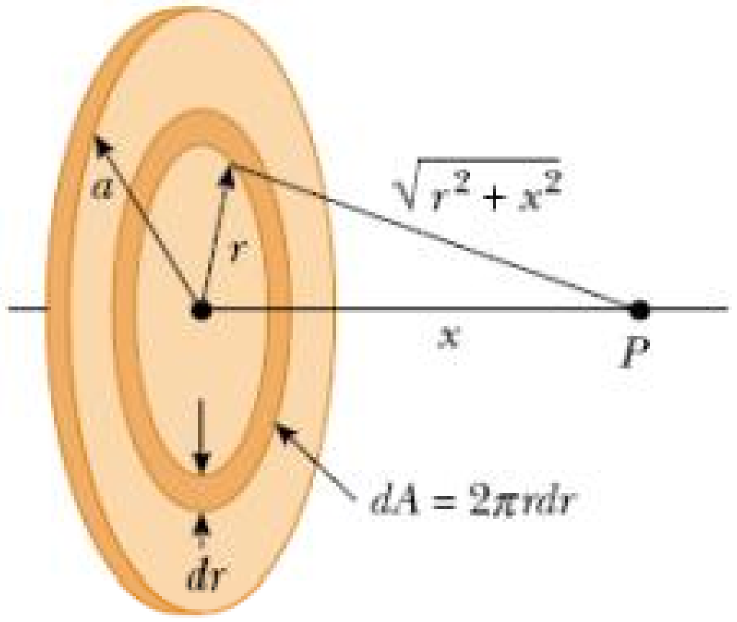
$$\Rightarrow E_x = -\frac{\lambda a}{2\epsilon_0}\frac{d}{dx}\left(a^2 + x^2\right)^{-1/2}$$

$$\Rightarrow E_x = -\frac{\lambda a}{2\epsilon_0}\left[-\frac{1}{2}(a^2 + x^2)^{-3/2}\, 2x\right]$$

$$\Rightarrow E_x = \frac{\lambda a}{2\epsilon_0}\frac{x}{(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$\boxed{\Rightarrow E_x = \frac{\lambda}{2\epsilon_0}\frac{ax}{(a^2 + x^2)^{3/2}}}$$

Potencial de um disco carregado



$$dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{dq}{R} \Rightarrow \begin{cases} dq = \eta dA = 2\pi\eta r dr \\ R = \sqrt{r^2+x^2} \end{cases}$$

$$dV = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2\pi\eta r dr}{\sqrt{r^2+x^2}}$$

$$dV = \frac{\eta}{2\epsilon_0}\frac{r dr}{\sqrt{r^2+x^2}}$$

$$V = \frac{\eta}{2\epsilon_0}\int_0^a \frac{r dr}{\sqrt{r^2+x^2}}$$

$$\int u^n du, \quad com \quad u = \sqrt{r^2+x^2} \quad e \quad n = -\frac{1}{2}$$

$$V = \frac{\eta}{2\epsilon_0}\int_0^a \frac{1}{2}(r^2+x^2)^{-1/2}\, 2 r dr$$

Potencial de um disco carregado

$$V = \frac{\eta}{2\epsilon_0}\left[\sqrt{r^2+x^2}\right]_0^a$$

$$\boxed{V = \frac{\eta}{2\epsilon_0}\left(\sqrt{a^2+x^2}-|x|\right)}$$

potencial sobre o eixo do disco

Campo elétrico sobre o eixo do disco

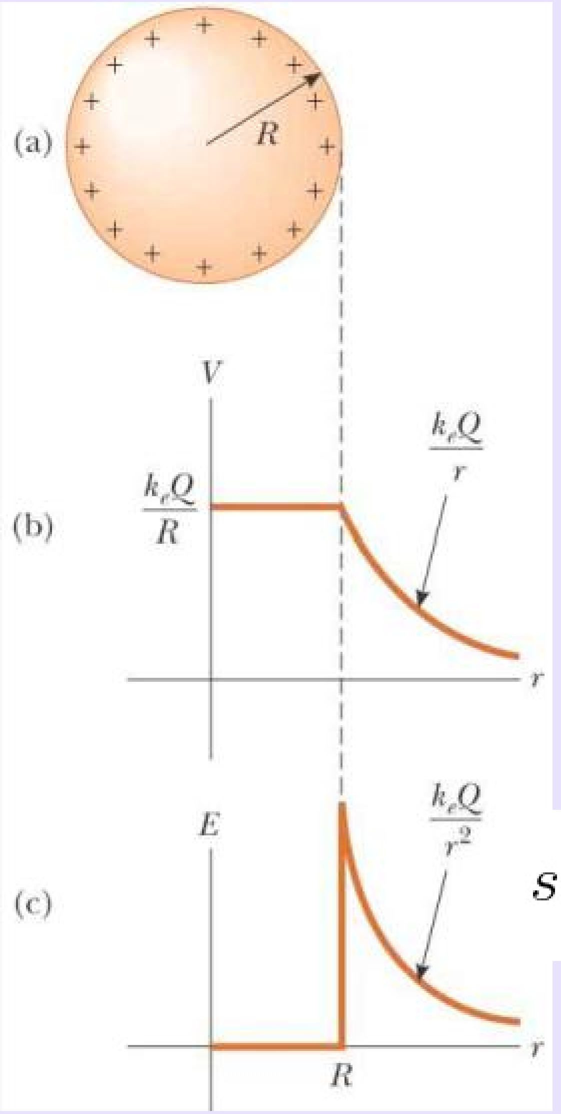
$$E_x = -\frac{dV}{dx} \Rightarrow E_x = -\frac{\eta}{2\epsilon_0}\frac{d}{dx}\left(\sqrt{a^2+x^2}-|x|\right)$$

$$\Rightarrow E_x = -\frac{\eta}{2\epsilon_0}\left[\frac{1}{2}(a^2+x^2)^{-1/2}\,2x - \frac{x}{|x|}\right]$$

$$\boxed{\Rightarrow E_x = \frac{\eta}{2\epsilon_0}\left[\frac{x}{|x|} - \frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}\right]}$$

campo sobre o eixo do disco

Potencial de um condutor esférico



Fora do condutor

$$V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E}.d\vec{l} = -\int_i^f E_r dr$$

$$sendo\ E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2},\ temos\ que:$$

$$V_f - V_i = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i}\right)$$

$$com\ V_i = V_\infty = 0 \Rightarrow V_f = V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$

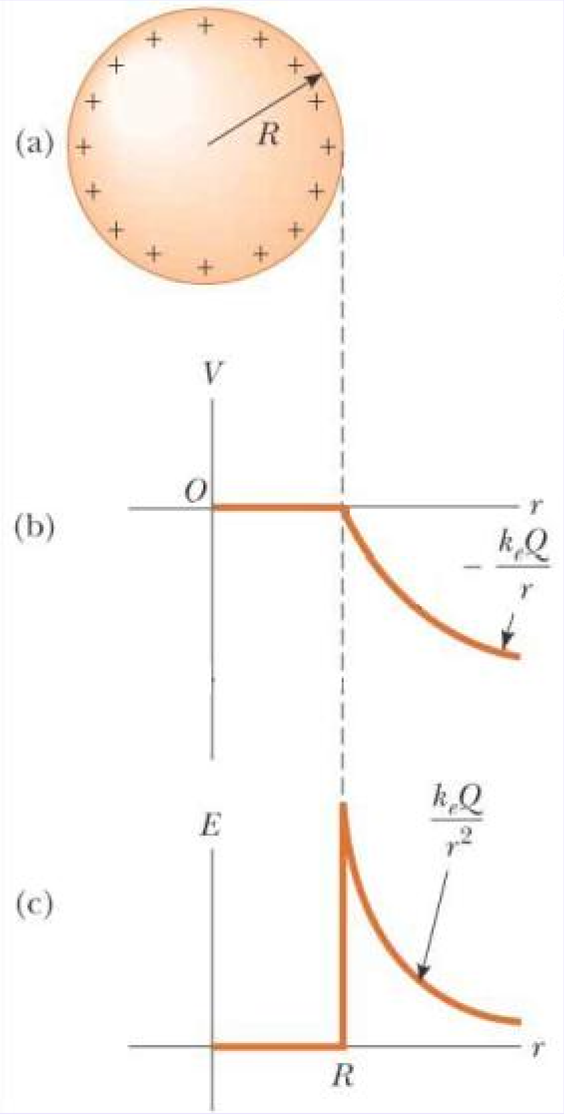
Dentro do condutor

$$E_r = 0 \Rightarrow V_f - V_i = 0 \Rightarrow V_i = V_f = C^{\underline{te}}\ ou\ 0$$

$$sobre\ a\ esfera \rightarrow V_i = V_{dentro} = V_{fora} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R^2}$$

$$assim, V_f = V_i = V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R^2} = C^{\underline{te}}$$

Potencial de um condutor esférico



Dentro do condutor

$$E_r = 0 \Rightarrow V_f - V_i = 0 \Rightarrow V_i = V_f = C^{\underline{te}}\ ou\ 0$$

$$fazendo\ o\ potencial\ nulo\ no\ centro\ da\ esfera$$

$$\Rightarrow V_i = 0$$

$$sobre\ a\ esfera \rightarrow V_i = V_{dentro} = V_f = V_{fora} = 0$$

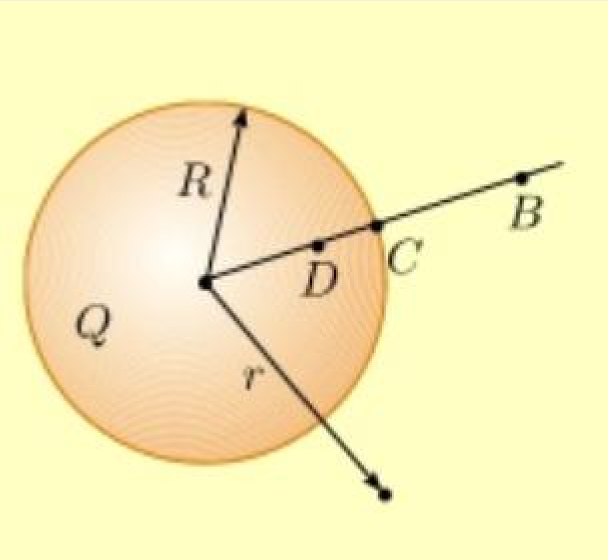
Fora do condutor

$$V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E}.d\vec{l} = -\int_i^f E_r dr$$

$$sendo\ E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2},\ temos\ que:$$

$$V_f - V_i = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i}\right)$$

Potencial de um isolante esférico



Fora do condutor

$$E = \frac{kQ}{r^2};\ r > R$$

$$V_B - V_A = -\int_{r_A}^{r_B} \vec{E}.\vec{dl} = -kQ\int_{r_A}^{r_B} \frac{dr}{r^2}$$

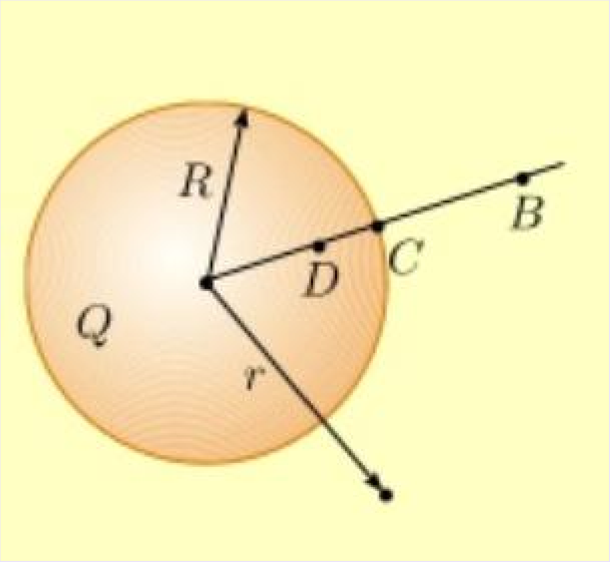
$$V_B - V_A = kQ\left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right]$$

$$Fazendo\ r_A \to \infty \Rightarrow V_A = 0$$

$$V_B - 0 = kQ\left[\frac{1}{r_B} - 0\right]$$

$$V_B = \frac{kQ}{r};\ r > R$$

Potencial de um isolante esférico



dentro do condutor

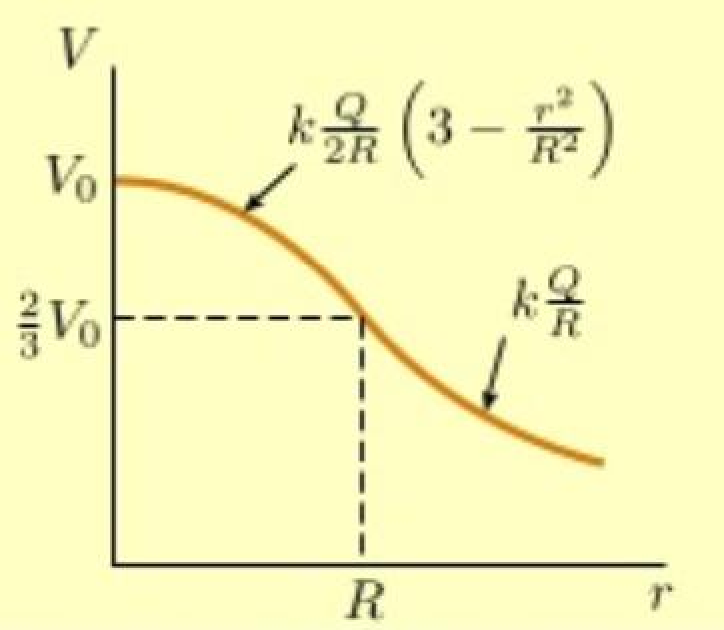
$$E = \frac{kQr}{R^3};\ r < R$$

$$V_D - V_C = -\int_{r_C}^{r_D} \vec{E}.\vec{dl} = -\frac{kQ}{R^3}\int_R^r r\,dr$$

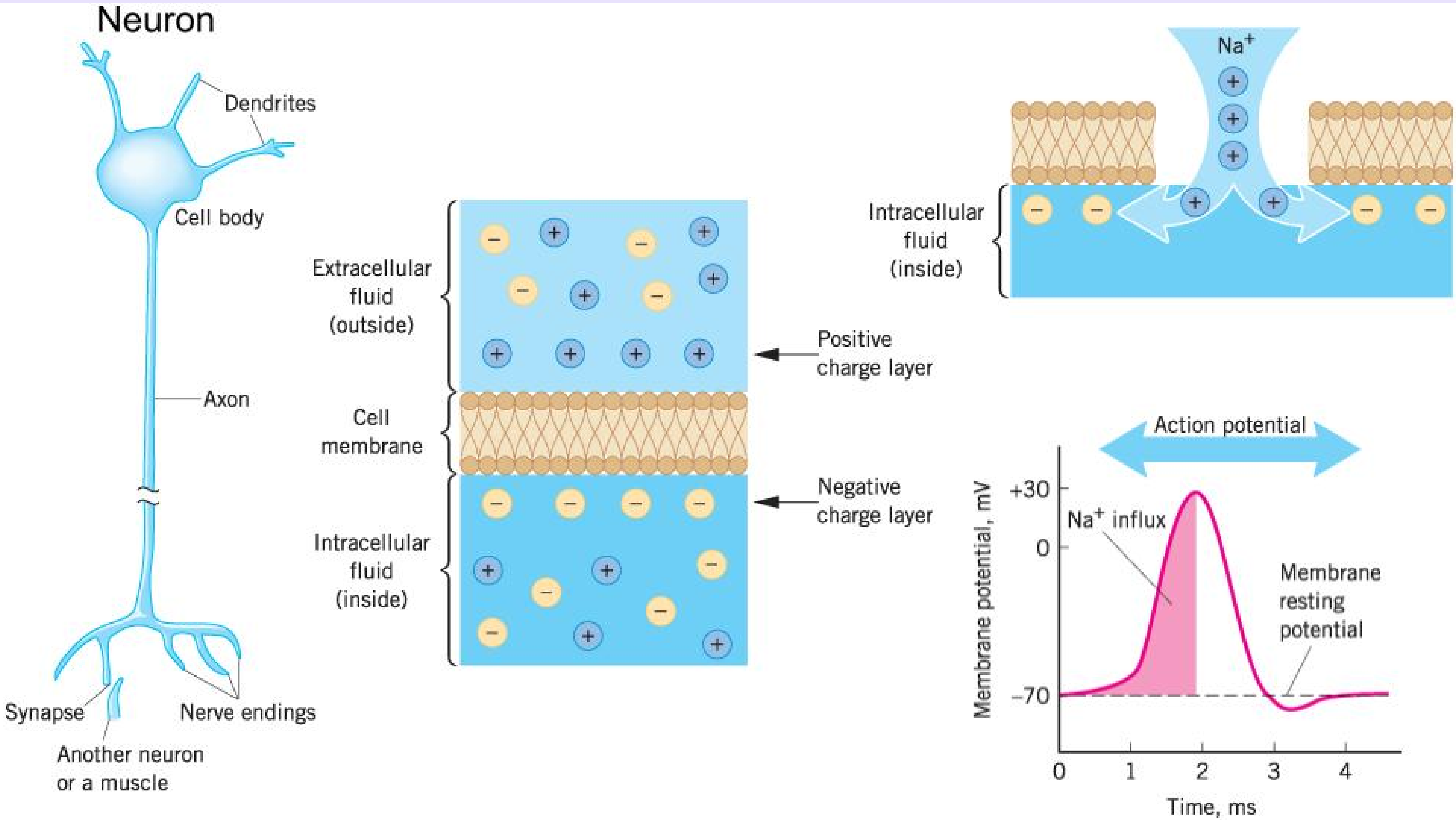
$$V_D - \frac{kQ}{R} = \frac{kQ}{2R^3}\left(R^2 - r^2\right)$$

$$V_D = \frac{kQ}{2R^3}\left(3 - \frac{r^2}{R^2}\right);\ r < R$$

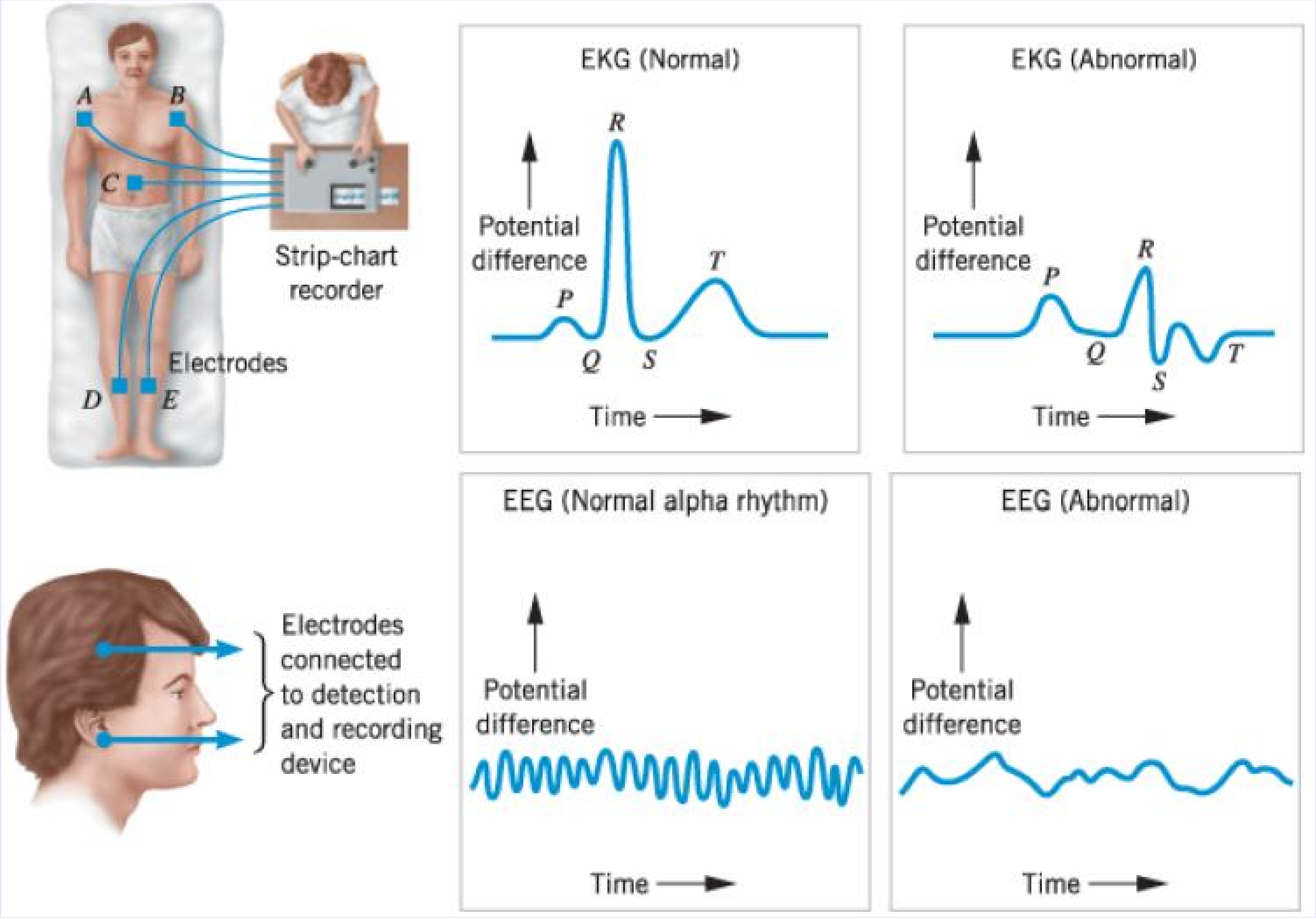
$$V = \frac{kQ}{2R^3}\left(3 - \frac{r^2}{R^2}\right);\ r < R$$



Aplicação Biomédica da diferença de potencial elétrico

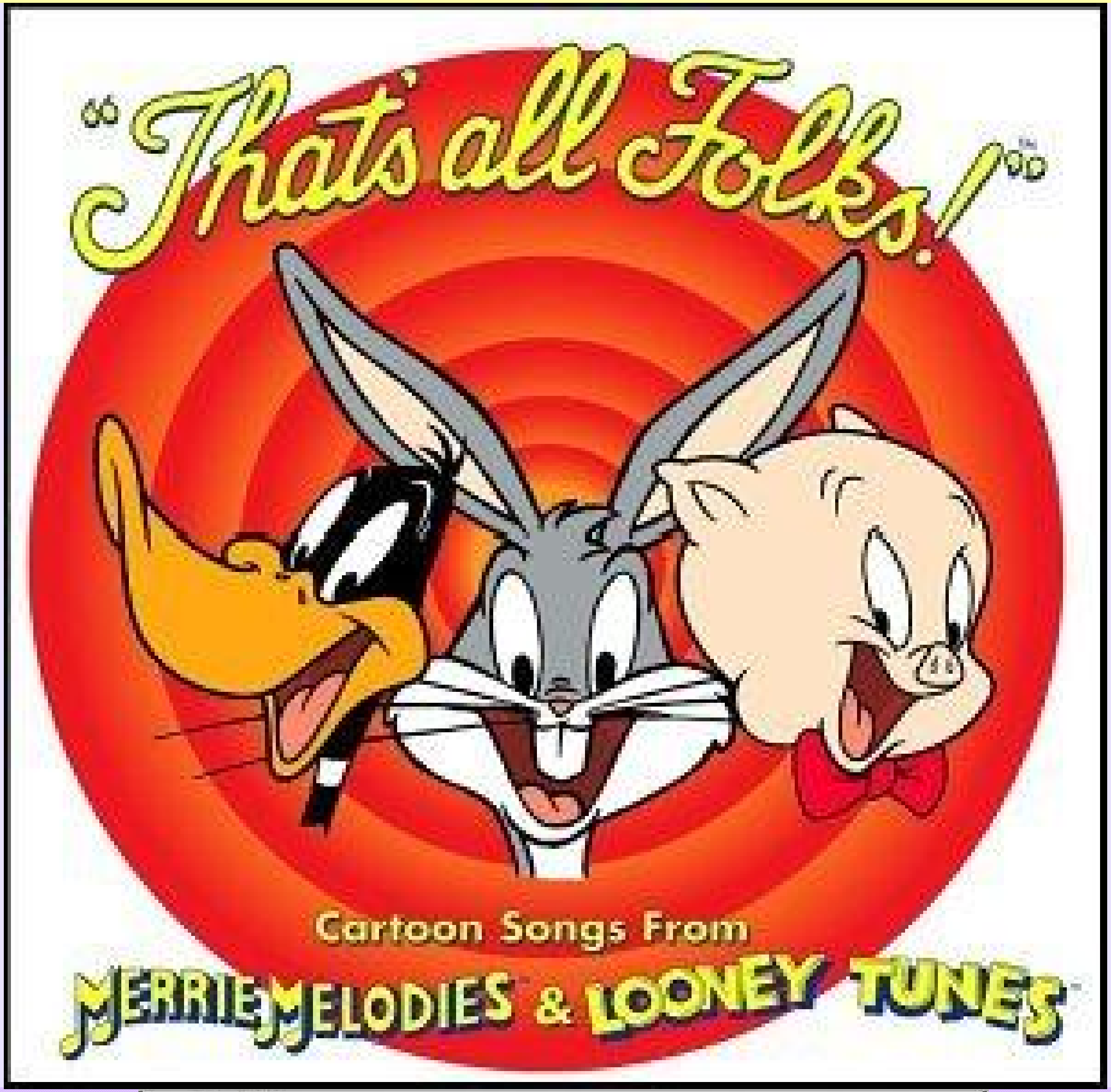


Aplicação Biomédica da ddp



EKG → Eletrocardiograma **EEG → Electroencefalograma**

FIM


"That's all Folks!"
Cartoon Songs From
MERRIE MELODIES & LOONEY TUNES