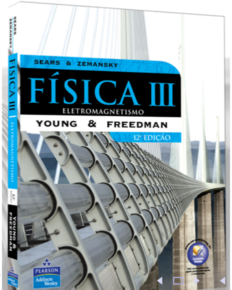
Capítulo 23 - Potencial Elétrico

RODRIGO ALVES DIAS

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Livro texto: Física 3 - Eletromagnetismo
Autores: Sears e Zemansky
Edição: 12^a
Editora: Pearson - Addisson and Wesley

6 de abril de 2011



Objetivos de Aprendizagem

Ao estudar este capítulo você aprenderá:

- Como calcular a energia potencial de um conjunto de cargas.

Objetivos de Aprendizagem

Ao estudar este capítulo você aprenderá:

- Como calcular a energia potencial de um conjunto de cargas.
- O significa e a importância do potencial elétrico.

Objetivos de Aprendizagem

Ao estudar este capítulo você aprenderá:

- Como calcular a energia potencial de um conjunto de cargas.
- O significa e a importância do potencial elétrico.
- Como calcular o potencial elétrico que um conjunto de cargas produz em um ponto do espaço.

Objetivos de Aprendizagem

Ao estudar este capítulo você aprenderá:

- Como calcular a energia potencial de um conjunto de cargas.
- O significa e a importância do potencial elétrico.
- Como calcular o potencial elétrico que um conjunto de cargas produz em um ponto do espaço.
- Como usar superfícies equipotenciais para visualizar como o potencial elétrico varia no espaço.

Objetivos de Aprendizagem

Ao estudar este capítulo você aprenderá:

- Como calcular a energia potencial de um conjunto de cargas.
- O significa e a importância do potencial elétrico.
- Como calcular o potencial elétrico que um conjunto de cargas produz em um ponto do espaço.
- Como usar superfícies equipotenciais para visualizar como o potencial elétrico varia no espaço.
- Como usar o potencial elétrico para calcular o campo elétrico.

Quando uma partícula carregada se desloca em um campo elétrico, o campo exerce uma força que realiza trabalho sobre a partícula.

$$W_{a\to b} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_a^b F\cos\phi dl$$

onde, $d\vec{l}$ é um deslocamento infinitesimal ao longo da trajetória da partícula e ϕ é o ângulo entre $\vec{F}$ e $d\vec{l}$ em cada ponto da trajetória.

Quando uma partícula carregada se desloca em um campo elétrico, o campo exerce uma força que realiza trabalho sobre a partícula.

$$W_{a\to b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b F\cos\phi dl$$

onde, $d\vec{l}$ é um deslocamento infinitesimal ao longo da trajetória da partícula e ϕ é o ângulo entre $\vec{F}$ e $d\vec{l}$ em cada ponto da trajetória.

Esse trabalho realizado pode ser expresso em termos da energia potencial elétrica.

A energia potencial elétrica depende da posição da partícula carregada no campo elétrico.

Quando uma partícula carregada se desloca em um campo elétrico, o campo exerce uma força que realiza trabalho sobre a partícula.

$$W_{a\rightarrow b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b F\cos\phi dl$$

onde, $d\vec{l}$ é um deslocamento infinitesimal ao longo da trajetória da partícula e ϕ é o ângulo entre $\vec{F}$ e $d\vec{l}$ em cada ponto da trajetória.

Esse trabalho realizado pode ser expresso em termos da energia potencial elétrica.

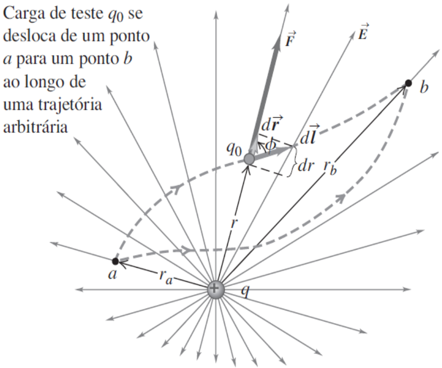
A energia potencial elétrica depende da posição da partícula carregada no campo elétrico.

A energia potencial elétrica será descrita pelo conceito de potencial elétrico ou simplesmente potencial.

A diferença de potencial entre dois pontos é, geralmente, chamada de voltagem.

Energia potencial elétrica de duas cargas puntiformes

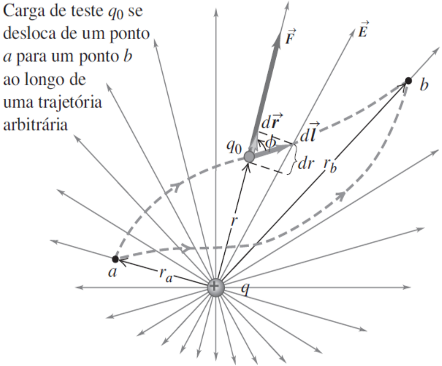
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}$$



Energia potencial elétrica de duas cargas puntiformes

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}$$

$$W_{a\rightarrow b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}\cdot d\vec{l}$$

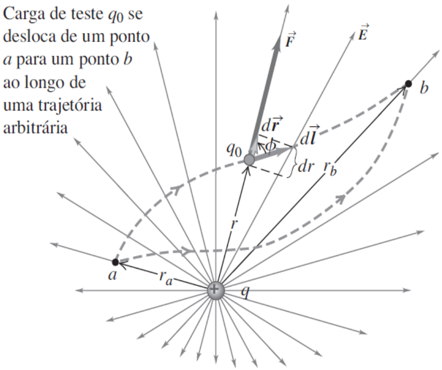


Energia potencial elétrica de duas cargas puntiformes

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}$$

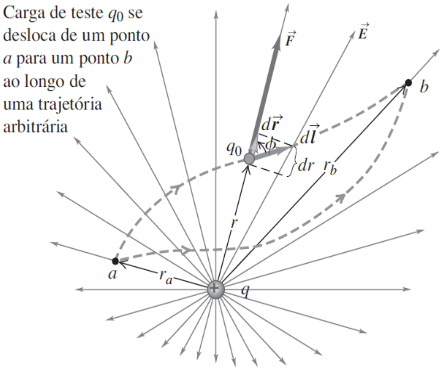
$$W_{a\to b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}\cdot d\vec{l}$$

$$= \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\cos\phi \, dl$$



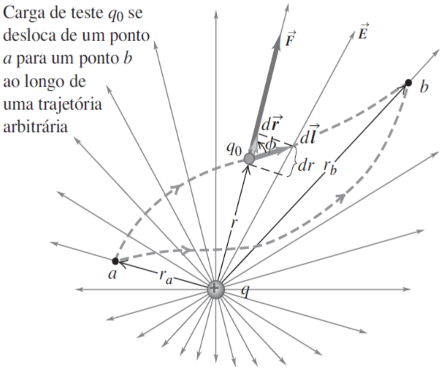
Energia potencial elétrica de duas cargas puntiformes

$$
\begin{aligned}
\vec{F} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}\cdot d\vec{l} \\
&= \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\cos\phi dl \\
&= \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\int_{r_a}^{r_b} r^{-2}dr = -\frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{r}\Big|_{r_a}^{r_b} \\
W_{a\to b} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_a} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_b}
\end{aligned}
$$



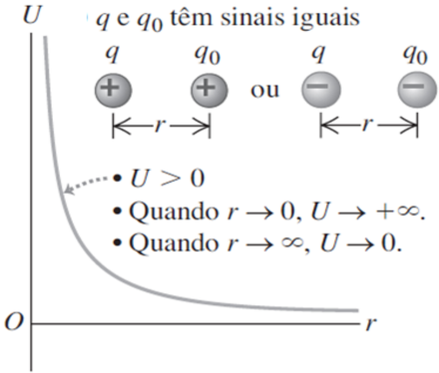
Energia potencial elétrica de duas cargas puntiformes

$$
\begin{aligned}
\vec{F} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b}\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}\cdot d\vec{l} \\
&= \int_{r_a}^{r_b}\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\cos\phi dl \\
&= \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\int_{r_a}^{r_b} r^{-2}dr = -\frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{r}\Big|_{r_a}^{r_b} \\
W_{a\to b} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_a} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_b} \\
W_{a\to b} &= U_a - U_b = -(U_b - U_a)
\end{aligned}
$$



Energia potencial elétrica de duas cargas puntiformes

$$
\begin{aligned}
\vec{F} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}\cdot d\vec{l} \\
&= \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\cos\phi dl \\
&= \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\int_{r_a}^{r_b} r^{-2} dr = -\frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{r}\Big|_{r_a}^{r_b} \\
W_{a\to b} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_a} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_b} \\
W_{a\to b} &= U_a - U_b = -(U_b - U_a) \\
W_{a\to b} &= -\Delta U \\
U &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r}
\end{aligned}
$$



Energia potencial elétrica de duas cargas puntiformes

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}$$

$$W_{a\to b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\hat{r}\cdot d\vec{l}$$

$$= \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r^2}\cos\phi dl$$

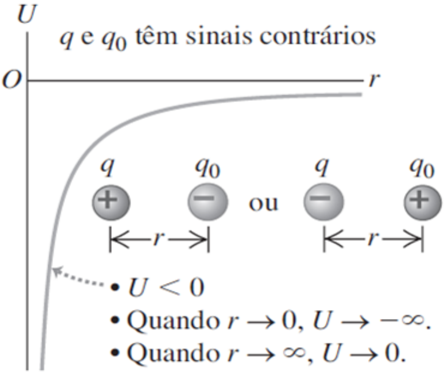
$$= \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\int_{r_a}^{r_b} r^{-2}dr = -\frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{r}\Big|_{r_a}^{r_b}$$

$$W_{a\to b} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_a} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_0 q}{r_b}$$

$$W_{a\to b} = U_a - U_b = -(U_b - U_a)$$

$$W_{a\to b} = -\Delta U$$

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



Teorema trabalho energia

$$\vec{F}_R = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} \quad e \quad \vec{v} = \frac{d\vec{l}}{dt}$$

Teorema trabalho energia

$$
\begin{aligned}
\vec{F}_R &= m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} \quad e \quad \vec{v} = \frac{d\vec{l}}{dt} \\
W_{a\rightarrow b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b m\frac{d\vec{v}}{dt}\cdot d\vec{l}
\end{aligned}
$$

Teorema trabalho energia

$$
\begin{aligned}
\vec{F}_R &= m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} \quad e \quad \vec{v} = \frac{d\vec{l}}{dt} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b m\frac{d\vec{v}}{dt}\cdot d\vec{l} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b m\frac{d\vec{v}}{dt}\cdot \vec{v}dt = \int_a^b mv\ dv
\end{aligned}
$$

Teorema trabalho energia

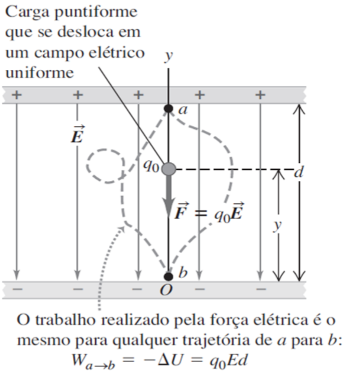
$$
\begin{aligned}
\vec{F}_R &= m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} \quad e \quad \vec{v} = \frac{d\vec{l}}{dt} \\
W_{a\rightarrow b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b m\frac{d\vec{v}}{dt}\cdot d\vec{l} \\
W_{a\rightarrow b} &= \int_a^b m\frac{d\vec{v}}{dt}\cdot \vec{v}dt = \int_a^b mv\ dv \\
W_{a\rightarrow b} &= \left.\frac{mv^2}{2}\right|_{v_a}^{v_b} = K_b - K_a \\
W_{a\rightarrow b} &= \Delta K \\
K &= \frac{mv^2}{2}
\end{aligned}
$$

Conservação da energia

$$
\begin{aligned}
W_{a\to b} &= -\Delta U \\
W_{a\to b} &= \Delta K \\
\Delta K &= -\Delta U \\
K_b - K_a &= -(U_b - U_a) \\
K_a + U_a &= K_b + U_b \\
E_a^{mec} &= E_b^{mec} \\
E^{mec} &= K + U = Cont.
\end{aligned}
$$

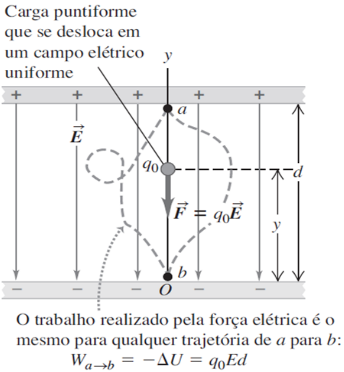
Energia potencial elétrica de um campo uniforme

$$\vec{F} \quad = \quad q_0\vec{E} = -q_0 E\hat{j}$$



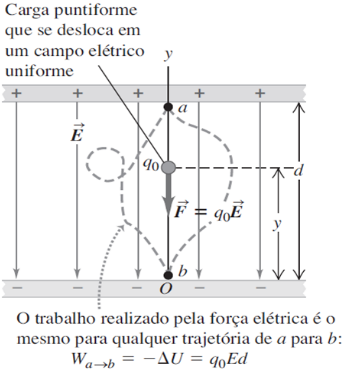
Energia potencial elétrica de um campo uniforme

$$\begin{aligned} \vec{F} &= q_0\vec{E} = -q_0 E\hat{j} \\ W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = -q_0 E \int_a^b \hat{j}\cdot d\vec{l} \end{aligned}$$



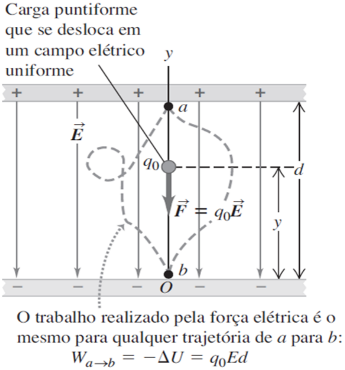
Energia potencial elétrica de um campo uniforme

$$
\begin{aligned}
\vec{F} &= q_0\vec{E} = -q_0 E\hat{j} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = -q_0 E\int_a^b \hat{j}\cdot d\vec{l} \\
&= -q_0 E\int_{y_a}^{y_b} dy
\end{aligned}
$$



Energia potencial elétrica de um campo uniforme

$$
\begin{aligned}
\vec{F} &= q_0\vec{E} = -q_0 E\hat{j} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = -q_0 E\int_a^b \hat{j}\cdot d\vec{l} \\
&= -q_0 E\int_{y_a}^{y_b} dy \\
W_{a\to b} &= q_0 E(y_a - y_b) \\
W_{a\to b} &= U_a - U_b = -(U_b - U_a)
\end{aligned}
$$

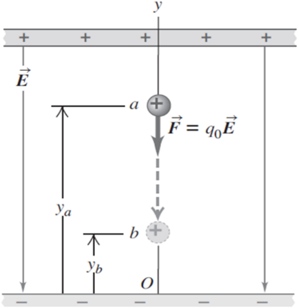


Energia potencial elétrica de um campo uniforme

$$
\begin{aligned}
\vec{F} &= q_0\vec{E} = -q_0 E\hat{j} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = -q_0 E\int_a^b \hat{j}\cdot d\vec{l} \\
&= -q_0 E\int_{y_a}^{y_b} dy \\
W_{a\to b} &= q_0 E(y_a - y_b) \\
W_{a\to b} &= U_a - U_b = -(U_b - U_a) \\
W_{a\to b} &= -\Delta U \\
U &= q_0 E y
\end{aligned}
$$

A carga positiva se move no sentido de $\vec{E}$:

- O campo realiza trabalho *positivo* sobre a carga.
- *U diminui.*



Energia potencial elétrica de um campo uniforme

$$\vec{F} = q_0\vec{E} = -q_0 E\hat{j}$$

$$W_{a\to b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = -q_0 E\int_a^b \hat{j}\cdot d\vec{l}$$

$$= -q_0 E\int_{y_a}^{y_b} dy$$

$$W_{a\to b} = q_0 E(y_a - y_b)$$

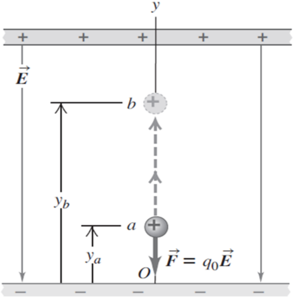
$$W_{a\to b} = U_a - U_b = -(U_b - U_a)$$

$$W_{a\to b} = -\Delta U$$

$$U = q_0 E y$$

A carga positiva se move no sentido contrário ao de $\vec{E}$:

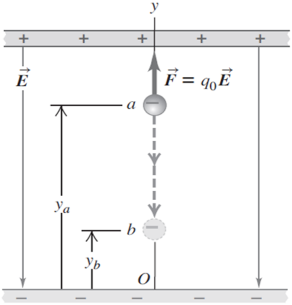
- O campo realiza trabalho *negativo* sobre a carga.
- *U aumenta.*



Energia potencial elétrica de um campo uniforme

$$
\begin{aligned}
\vec{F} &= q_0\vec{E} = -q_0 E\hat{j} \\
W_{a\rightarrow b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = -q_0 E\int_a^b \hat{j}\cdot d\vec{l} \\
&= -q_0 E\int_{y_a}^{y_b} dy \\
W_{a\rightarrow b} &= q_0 E(y_a - y_b) \\
W_{a\rightarrow b} &= U_a - U_b = -(U_b - U_a) \\
W_{a\rightarrow b} &= -\Delta U \\
U &= q_0 E y
\end{aligned}
$$

A carga negativa se move no sentido de $\vec{E}$:
- O campo realiza trabalho *negativo* sobre a carga.
- *U aumenta*.

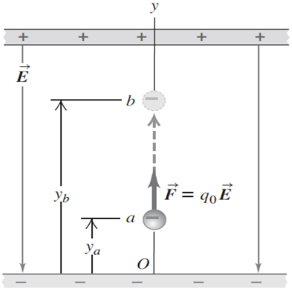


Energia potencial elétrica de um campo uniforme

$$
\begin{aligned}
\vec{F} &= q_0\vec{E} = -q_0E\hat{j} \\
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = -q_0E\int_a^b \hat{j}\cdot d\vec{l} \\
&= -q_0E\int_{y_a}^{y_b} dy \\
W_{a\to b} &= q_0E(y_a - y_b) \\
W_{a\to b} &= U_a - U_b = -(U_b - U_a) \\
W_{a\to b} &= -\Delta U \\
U &= q_0Ey
\end{aligned}
$$

A carga negativa se move no sentido contrário ao de $\vec{E}$:

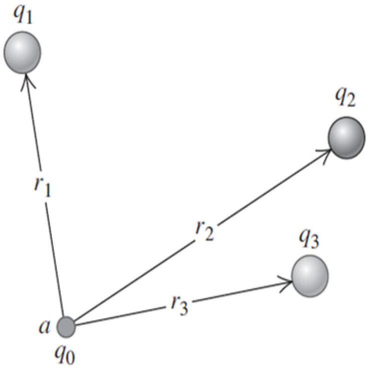
- O campo realiza trabalho *positivo* sobre a carga.
- *U diminui*.



Energia potencial elétrica com diversas cargas puntiformes

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_1}+\frac{q_2}{r_2}+\frac{q_3}{r_3}\ldots\right) \quad (1)$$

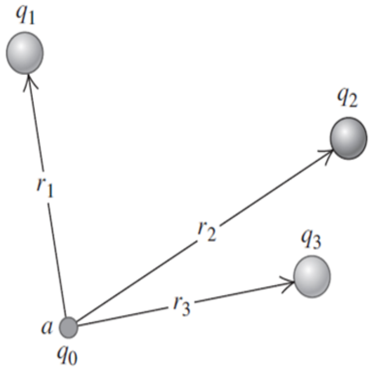
$$(2)$$



Energia potencial elétrica com diversas cargas puntiformes

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_1}+\frac{q_2}{r_2}+\frac{q_3}{r_3}\dots\right) \quad (1)$$

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i} \quad (2)$$

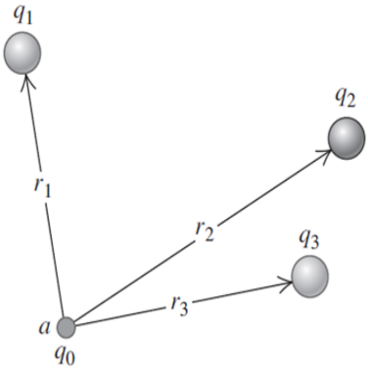


Energia potencial elétrica com diversas cargas puntiformes

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3}\ldots\right)$$

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i} \qquad (1)$$

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_{i<j} \frac{q_i q_j}{r_{ij}} \qquad (2)$$



Interpretação da energia potencial elétrica

Quando uma partícula se desloca de um ponto a até um ponto b, o trabalho realizado pelo campo elétrico é $W_{a\to b} = U_a - U_b$.

Portanto, a diferença de energia potencial $U_a - U_b$ é igual ao trabalho realizado pela força elétrica quando a partícula de move de a até b.

Interpretação da energia potencial elétrica

Quando uma partícula se desloca de um ponto a até um ponto b, o trabalho realizado pelo campo elétrico é $W_{a \to b} = U_a - U_b$.

Portanto, a diferença de energia potencial $U_a - U_b$ é igual ao trabalho realizado pela força elétrica quando a partícula de move de a até b.

Potencial elétrico

Denomina-se potencial elétrico a energia potencial por unidade de carga.

$$V = \frac{U}{q_0} \quad ou \quad U = q_0 V$$

No S.I. [v]=1J/C=1volt.

Potencial elétrico

Denomina-se potencial elétrico a energia potencial por unidade de carga.

$$V = \frac{U}{q_0} \quad ou \quad U = q_0 V$$

No S.I. [v]=1J/C=1volt. A diferença de potencial elétrico será dada por:

$$\begin{aligned} \frac{W_{a \to b}}{q_0} &= -\frac{\Delta U}{q_0} = -\left(\frac{U_b}{q_0} - \frac{U_a}{q_0}\right) = -(V_b - V_a) \\ \frac{W_{a \to b}}{q_0} &= V_a - V_b = V_{ab} \end{aligned}$$

Potencial elétrico

Denomina-se potencial elétrico a energia potencial por unidade de carga.

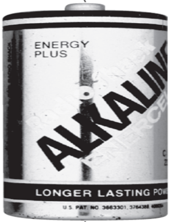
$$V = \frac{U}{q_0} \quad ou \quad U = q_0 V$$

No S.I. [v]=1J/C=1volt. A diferença de potencial elétrico será dada por:

$$\frac{W_{a\to b}}{q_0} = -\frac{\Delta U}{q_0} = -\left(\frac{U_b}{q_0} - \frac{U_a}{q_0}\right) = -(V_b - V_a)$$
$$\frac{W_{a\to b}}{q_0} = V_a - V_b = V_{ab}$$

V_{ab} é o potencial de a em relação a b, que é igual ao trabalho realizado pela força elétrica quando uma carga UNITÁRIA se desloca de a até b.

Ponto a



Ponto b

V_{ab} = 1,5 volt

Potencial elétrico

Denomina-se potencial elétrico a energia potencial por unidade de carga.

$$V = \frac{U}{q_0} \quad ou \quad U = q_0 V$$

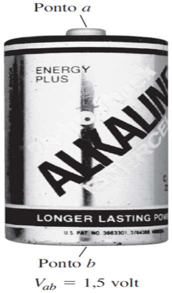
No S.I. [v]=1J/C=1volt. A diferença de potencial elétrico será dada por:

$$\frac{W_{a\to b}}{q_0} = -\frac{\Delta U}{q_0} = -\left(\frac{U_b}{q_0} - \frac{U_a}{q_0}\right) = -(V_b - V_a)$$

$$\frac{W_{a\to b}}{q_0} = V_a - V_b = V_{ab}$$

V_{ab} é o potencial de a em relação a b, que é igual ao trabalho realizado pela força elétrica quando uma carga UNITÁRIA se desloca de a até b.

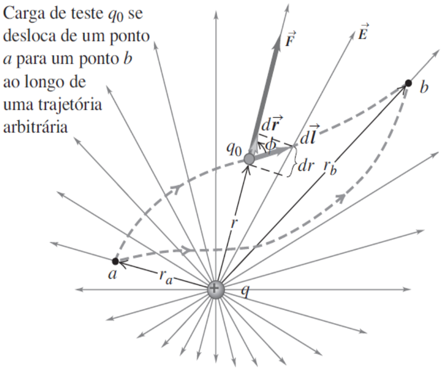
V_{ab}, o potencial de a em relação a b, é igual ao trabalho realizado contra a força elétrica para deslocar lentamente uma carga UNITÁRIA de b até a.



Calculo do potencial elétrico

A energia potencial entre duas cargas puntiformes, q e q_0 é dada por:

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



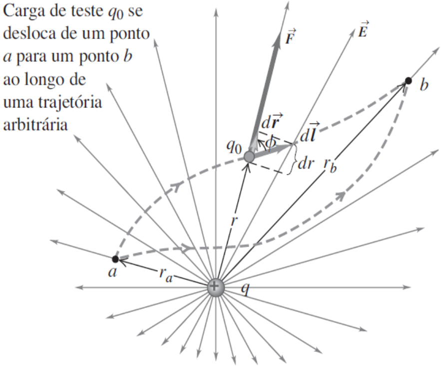
Calculo do potencial elétrico

A energia potencial entre duas cargas puntiformes, q e q_0 é dada por:

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

O potencial V para uma única carga q será:

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$



Calculo do potencial elétrico

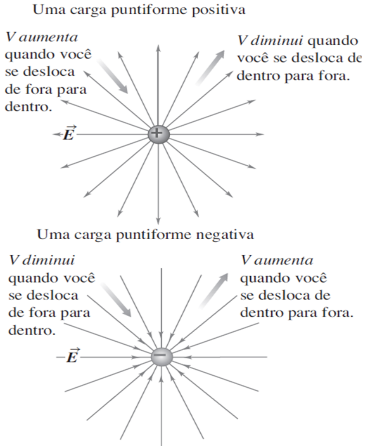
A energia potencial entre duas cargas puntiformes, q e q_0 é dada por:

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

O potencial V para uma única carga q será:

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$$

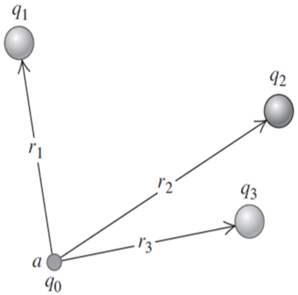
- r é a distância entre q e o ponto onde o potencial está sendo calculado.
- $q > 0 \rightarrow V > 0$.
- $q < 0 \rightarrow V < 0$.
- $r = \infty \rightarrow V = 0$.
- V é independente da carga q_0.



Calculo do potencial elétrico

A energia potencial entre um conjunto de cargas puntiformes, é dada por:

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$



Calculo do potencial elétrico

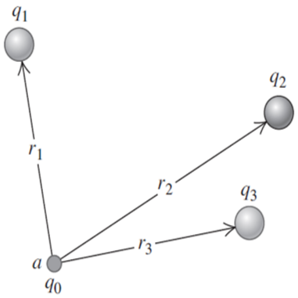
A energia potencial entre um conjunto de cargas puntiformes, é dada por:

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

O potencial V para um conjunto de carga será:

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

r_i é a distância entre q_i e o ponto onde o potencial está sendo calculado.



Calculo do potencial elétrico

A energia potencial entre um conjunto de cargas puntiformes, é dada por:

$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

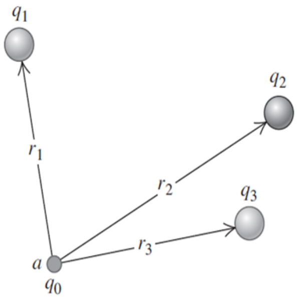
O potencial V para um conjunto de carga será:

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

r_i é a distância entre q_i e o ponto onde o potencial está sendo calculado.

Para um distribuição continua de cargas o somatório se torna uma integral,

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



Como determinar o potencial elétrico a partir do campo elétrico

Quando conhecemos $\vec{E}$ e não a distribuição de cargas podemos calcular o potencial elétrico a partir do campo elétrico. Como $\vec{F} = q_0\vec{E}$, então:

$$W_{a\rightarrow b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b q_0\vec{E}\cdot d\vec{l}$$

Como determinar o potencial elétrico a partir do campo elétrico

Quando conhecemos $\vec{E}$ e não a distribuição de cargas podemos calcular o potencial elétrico a partir do campo elétrico. Como $\vec{F} = q_0\vec{E}$, então:

$$\begin{aligned}
W_{a\to b} &= \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b q_0\vec{E}\cdot d\vec{l} \\
\frac{W_{a\to b}}{q_0} &= \frac{\int_a^b q_0\vec{E}\cdot d\vec{l}}{q_0} = V_a - V_b \\
V_a - V_b &= \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_a^b E\cos\phi\, dl
\end{aligned}$$

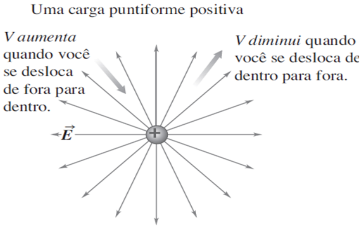
Como determinar o potencial elétrico a partir do campo elétrico

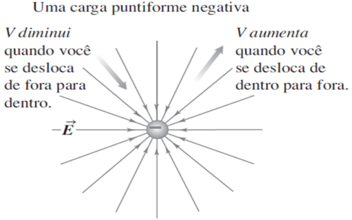
Quando conhecemos $\vec{E}$ e não a distribuição de cargas podemos calcular o potencial elétrico a partir do campo elétrico. Como $\vec{F} = q_0\vec{E}$, então:

$$W_{a\to b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b q_0\vec{E}\cdot d\vec{l}$$

$$\frac{W_{a\to b}}{q_0} = \frac{\int_a^b q_0\vec{E}\cdot d\vec{l}}{q_0} = V_a - V_b$$

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_a^b E\cos\phi\, dl$$





- Ao se mover no sentido de $\vec{E}$, você se desloca para valores decrescentes de V.
- Ao se mover no sentido oposto de $\vec{E}$, você se desloca para valores crescentes de V.

No S.I. a unidade de campo elétrico pode ser:
1N/C = 1V/m.

Elétron-volt

Elétron-volt é uma unidade de energia.

$$U_a - U_b = q(V_a - V_b) = qV_{ab}$$

Quando q possui modulo igual a $e = 1,602 \times 10^{-19}C$ a carga do elétron e $V_{ab} = 1Volt$, então:

$$1eV = (1,602 \times 10^{-19}C)(1Volt) = 1,602 \times 10^{-19}J$$

Gradiente de potencial

Conhecendo $\vec{E}(x, y, z)$ obtemos o potencial elétrico, $V(x, y, z)$. $V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$

Como obter $\vec{E}$ a partir de V?

Gradiente de potencial

Conhecendo $\vec{E}(x, y, z)$ obtemos o potencial elétrico, $V(x, y, z)$. $V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$

Como obter $\vec{E}$ a partir de V?

$$\begin{aligned} V_a - V_b &= \int_b^a dV = -\int_a^b dV \\ -\int_a^b dV &= \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \rightarrow dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} \end{aligned}$$

Gradiente de potencial

Conhecendo $\vec{E}(x,y,z)$ obtemos o potencial elétrico, $V(x,y,z)$. $V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l}$

Como obter $\vec{E}$ a partir de V?

$$\begin{aligned} V_a - V_b &= \int_b^a dV = -\int_a^b dV \\ -\int_a^b dV &= \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l} \;\rightarrow\; dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} \end{aligned}$$

Dado que, $\vec{E} = E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_z\hat{k}$**,** $d\vec{l} = dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k}$ **e** $V = V(x,y,z)$ **então,**

Gradiente de potencial

Conhecendo $\vec{E}(x,y,z)$ obtemos o potencial elétrico, $V(x,y,z)$. $V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l}$

Como obter $\vec{E}$ a partir de V?

$$\begin{aligned} V_a - V_b &= \int_b^a dV = -\int_a^b dV \\ -\int_a^b dV &= \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l} \;\rightarrow\; dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} \end{aligned}$$

Dado que, $\vec{E} = E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_z\hat{k}$, $d\vec{l} = dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k}$ **e** $V = V(x,y,z)$ **então,**

$$\begin{aligned} dV &= -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -E_x dx - E_y dy - E_z dz \\ dV &= \frac{\partial V}{\partial x}dx + \frac{\partial V}{\partial y}dy + \frac{\partial V}{\partial z}dz \\ E_x &= -\frac{\partial V}{\partial x} \;\;;\;\; E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \;\;;\;\; E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} \end{aligned}$$

Gradiente de potencial

Conhecendo $\vec{E}(x, y, z)$ **obtemos o potencial elétrico,** $V(x, y, z)$**.** $V_a - V_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$

Como obter $\vec{E}$ **a partir de** V**?**

$$\begin{aligned} V_a - V_b &= \int_b^a dV = -\int_a^b dV \\ -\int_a^b dV &= \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \rightarrow dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} \end{aligned}$$

Dado que, $\vec{E} = E_x\hat{i} + E_y\hat{j} + E_z\hat{k}$**,** $d\vec{l} = dx\hat{i} + dy\hat{j} + dz\hat{k}$ **e** $V = V(x, y, z)$ **então,**

$$\begin{aligned} dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = -E_x dx - E_y dy - E_z dz \\ dV &= \frac{\partial V}{\partial x} dx + \frac{\partial V}{\partial y} dy + \frac{\partial V}{\partial z} dz \\ E_x &= -\frac{\partial V}{\partial x} \quad ; \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad ; \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} \end{aligned}$$

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

Superfícies Equipotenciais

Uma superfície equipotencial é uma superfície em três dimensões, sobre a qual o potencial elétrico V permanece constantes em todos os pontos.

Superfícies Equipotenciais

Uma superfície equipotencial é uma superfície em três dimensões, sobre a qual o potencial elétrico V permanece constantes em todos os pontos.

Se uma carga de teste q_0 se desloca de um ponto a outro sobre essa superfície, a energia potencial $q_0 V$ permanece constante, assim, o campo elétrico $\vec{E}$ não realiza trabalho.

Superfícies Equipotenciais

Uma superfície equipotencial é uma superfície em três dimensões, sobre a qual o potencial elétrico V permanece constantes em todos os pontos.

Se uma carga de teste q_0 se desloca de um ponto a outro sobre essa superfície, a energia potencial $q_0 V$ permanece constante, assim, o campo elétrico $\vec{E}$ não realiza trabalho.

Portanto, $\vec{E}$ deve ser perpendicular à superfície em todos os pontos, de modo que a força $\vec{F}$ seja perpendicular ao deslocamento de uma carga que se mova sobre essa superfície.

Superfícies Equipotenciais

Uma superfície equipotencial é uma superfície em três dimensões, sobre a qual o potencial elétrico V permanece constantes em todos os pontos.

Se uma carga de teste q_0 se desloca de um ponto a outro sobre essa superfície, a energia potencial $q_0 V$ permanece constante, assim, o campo elétrico $\vec{E}$ não realiza trabalho.

Portanto, $\vec{E}$ deve ser perpendicular à superfície em todos os pontos, de modo que a força $\vec{F}$ seja perpendicular ao deslocamento de uma carga que se mova sobre essa superfície.

As linhas de campo elétrico e as superfícies equipotenciais são sempre mutuamente perpendiculares.

Superfícies Equipotenciais

Uma superfície equipotencial é uma superfície em três dimensões, sobre a qual o potencial elétrico V permanece constantes em todos os pontos.

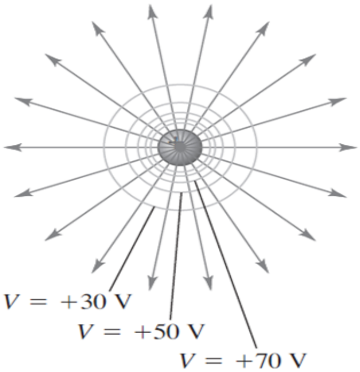
Se uma carga de teste q_0 se desloca de um ponto a outro sobre essa superfície, a energia potencial $q_0 V$ permanece constante, assim, o campo elétrico $\vec{E}$ não realiza trabalho.

Portanto, $\vec{E}$ deve ser perpendicular à superfície em todos os pontos, de modo que a força $\vec{F}$ seja perpendicular ao deslocamento de uma carga que se mova sobre essa superfície.

As linhas de campo elétrico e as superfícies equipotenciais são sempre mutuamente perpendiculares.

Em regiões onde o módulo de $\vec{E}$ é grande, as superfícies equipotenciais ficam agrupadas mais compactamente.
Em regiões onde o módulo de $\vec{E}$ é fraco, as superfícies equipotenciais ficam agrupadas mais

Uma única carga positiva



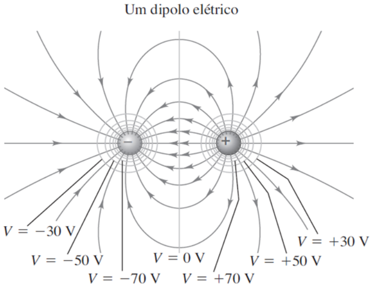
Superfícies Equipotenciais

Uma superfície equipotencial é uma superfície em três dimensões, sobre a qual o potencial elétrico V permanece constantes em todos os pontos.

Se uma carga de teste q_0 se desloca de um ponto a outro sobre essa superfície, a energia potencial $q_0 V$ permanece constante, assim, o campo elétrico $\vec{E}$ não realiza trabalho.

Portanto, $\vec{E}$ deve ser perpendicular à superfície em todos os pontos, de modo que a força $\vec{F}$ seja perpendicular ao deslocamento de uma carga que se mova sobre essa superfície.

As linhas de campo elétrico e as superfícies equipotenciais são sempre mutuamente perpendiculares.



Em regiões onde o módulo de $\vec{E}$ é grande, as superfícies equipotenciais ficam agrupadas mais compactamente.
Em regiões onde o módulo de $\vec{E}$ é fraco, as superfícies equipotenciais ficam agrupadas mais

Superfícies Equipotenciais

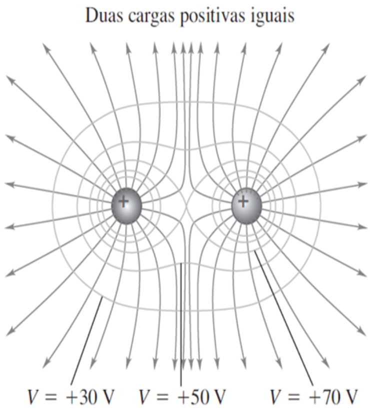
Uma superfície equipotencial é uma superfície em três dimensões, sobre a qual o potencial elétrico V permanece constantes em todos os pontos.

Se uma carga de teste q_0 se desloca de um ponto a outro sobre essa superfície, a energia potencial $q_0 V$ permanece constante, assim, o campo elétrico $\vec{E}$ não realiza trabalho.

Portanto, $\vec{E}$ deve ser perpendicular à superfície em todos os pontos, de modo que a força $\vec{F}$ seja perpendicular ao deslocamento de uma carga que se mova sobre essa superfície.

As linhas de campo elétrico e as superfícies equipotenciais são sempre mutuamente perpendiculares.

Em regiões onde o módulo de $\vec{E}$ é grande, as superfícies equipotenciais ficam agrupadas mais compactamente.
Em regiões onde o módulo de $\vec{E}$ é fraco, as superfícies equipotenciais ficam agrupadas mais



Superfícies Equipotenciais

Uma superfície equipotencial é uma superfície em três dimensões, sobre a qual o potencial elétrico V permanece constantes em todos os pontos.

Se uma carga de teste q_0 se desloca de um ponto a outro sobre essa superfície, a energia potencial $q_0 V$ permanece constante, assim, o campo elétrico $\vec{E}$ não realiza trabalho.

Portanto, $\vec{E}$ deve ser perpendicular à superfície em todos os pontos, de modo que a força $\vec{F}$ seja perpendicular ao deslocamento de uma carga que se mova sobre essa superfície.

As linhas de campo elétrico e as superfícies equipotenciais são sempre mutuamente perpendiculares.

Em regiões onde o módulo de $\vec{E}$ é grande, as superfícies equipotenciais ficam agrupadas mais compactamente.
Em regiões onde o módulo de $\vec{E}$ é fraco, as superfícies equipotenciais ficam agrupadas mais

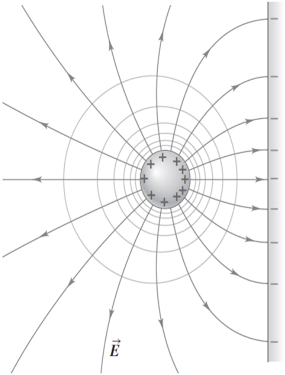
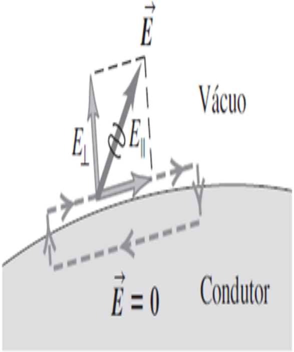


Figura: Esfera próxima a uma superfície.

Condutores e Equipotenciais

Quando todas as cargas estão em repouso, a superfície de um condutor é sempre uma superfície equipotencial.

Quando todas as cargas estão em repouso, o campo elétrico nos pontos próximos da superfície externa de um condutor deve ser sempre perpendicular em todos os pontos da superfície.



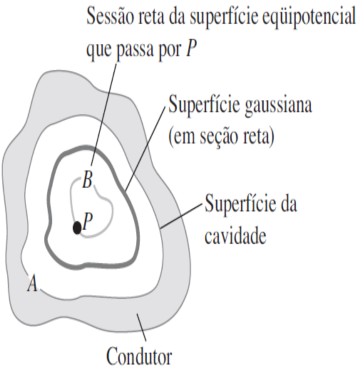
Condutores e Equipotenciais

Quando todas as cargas estão em repouso, a superfície de um condutor é sempre uma superfície equipotencial.

Quando todas as cargas estão em repouso, o campo elétrico nos pontos próximos da superfície externa de um condutor deve ser sempre perpendicular em todos os pontos da superfície.

Todos os pontos no interior de uma cavidade possuem o mesmo potencial.

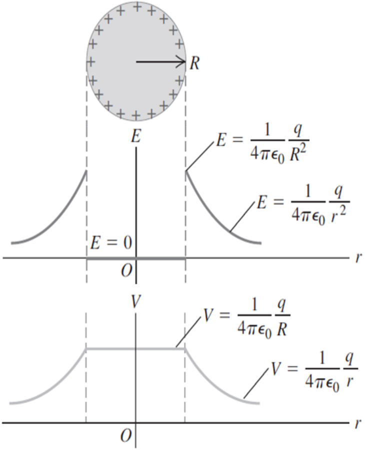
Em equilíbrio eletrostático, se um condutor possui uma cavidade, e se não existe nenhuma carga no interior da cavidade, então não pode existir carga sobre qualquer ponto da superfície da cavidade.



Esfera condutora carregada

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

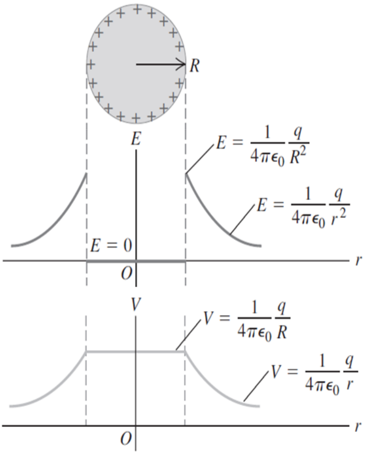
$$\vec{E} = 0$$



Esfera condutora carregada

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

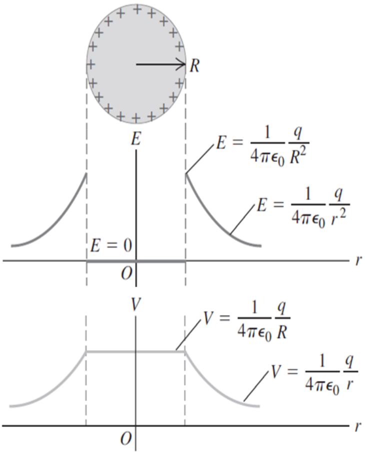
$$\vec{E} = 0$$
$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$



Esfera condutora carregada

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= 0 \\ dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \\ \int_b^a dV &= V_a - V_b = 0 \end{aligned}$$

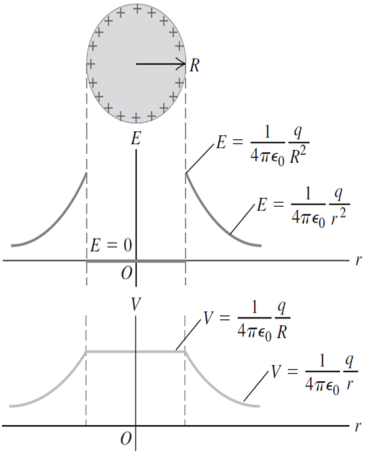


Esfera condutora carregada

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= 0 \\ dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \\ \int_b^a dV &= V_a - V_b = 0 \end{aligned}$$

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.



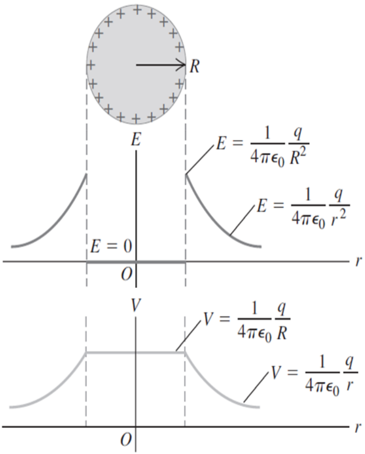
Esfera condutora carregada

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= 0 \\ dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \\ \int_b^a dV &= V_a - V_b = 0 \end{aligned}$$

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$



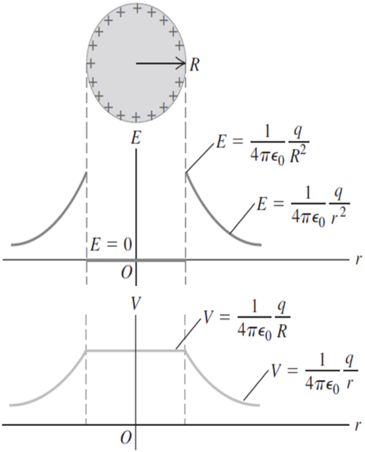
Esfera condutora carregada

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= 0 \\ dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \\ \int_b^a dV &= V_a - V_b = 0 \end{aligned}$$

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \\ dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\hat{r} \cdot d\vec{l}}{r^2} \end{aligned}$$



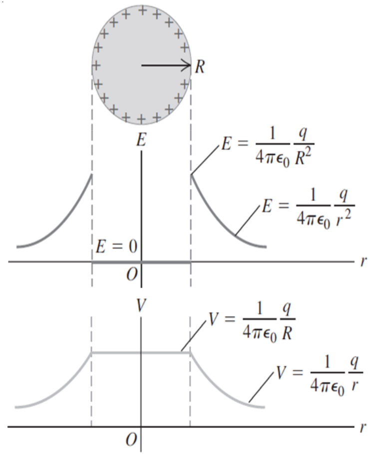
Esfera condutora carregada

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r^2}$$

$$dV = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{dr}{r^2} =$$



Esfera condutora carregada

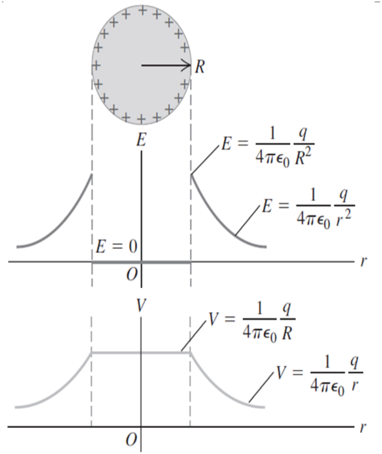
Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ **e igual ao da superfície.**
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r^2}$$

$$dV = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{dr}{r^2} =$$

$$\int_b^a dV = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\int_b^a r^{-2}dr$$



Esfera condutora carregada

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

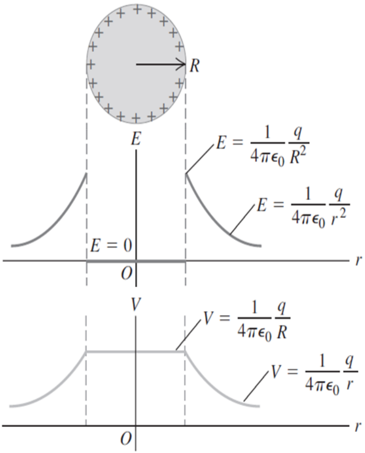
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r^2}$$

$$dV = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{dr}{r^2} =$$

$$\int_b^a dV = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\int_b^a r^{-2}dr$$

$$V_a - V_b = V_{ab} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}(r_a^{-1} - r_b^{-1})$$



Esfera condutora carregada

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

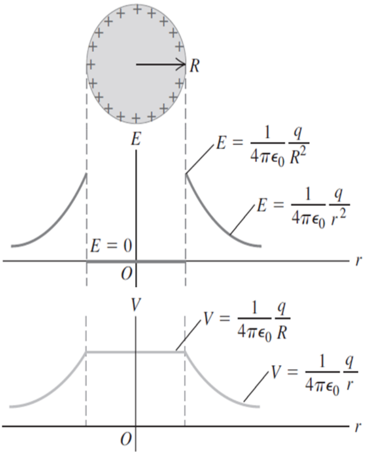
$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r^2}$$

$$dV = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\frac{dr}{r^2} =$$

$$\int_b^a dV = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0}\int_b^a r^{-2}dr$$

$$V_a - V_b = V_{ab} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0}(r_a^{-1} - r_b^{-1})$$

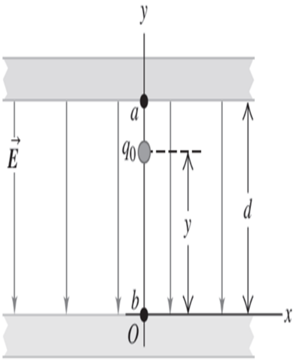
Para $r > R$ o potencial elétrico é dado por $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r}$ e na superfície é igual a $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{R}$



Placas paralelas carregadas com cargas opostas

Como o campo elétrico é dado por,

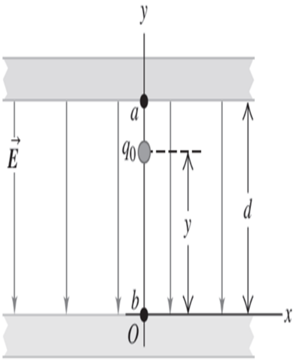
$$\vec{E} = -E\hat{j} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{j}$$



Placas paralelas carregadas com cargas opostas

Como o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = -E\hat{j} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{j}$$
$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$



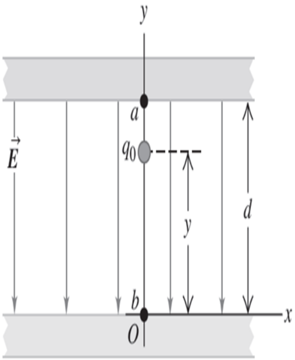
Placas paralelas carregadas com cargas opostas

Como o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = -E\hat{j} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{j}$$

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

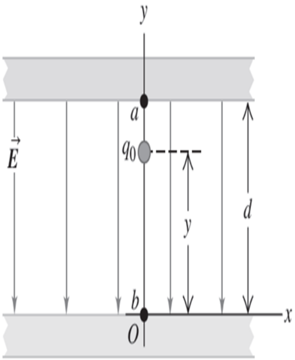
$$dV = \frac{\sigma}{\epsilon_0}dy$$



Placas paralelas carregadas com cargas opostas

Como o campo elétrico é dado por,

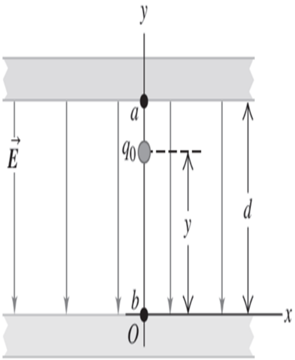
$$
\begin{aligned}
\vec{E} &= -E\hat{j} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{j} \\
dV &= -\vec{E}\cdot d\vec{l} \\
dV &= \frac{\sigma}{\epsilon_0}dy \\
\int_b^a dV &= \int_b^a \frac{\sigma}{\epsilon_0}dy \\
V_a - V_b &= V_{ab} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}(y_a - y_b)
\end{aligned}
$$



Placas paralelas carregadas com cargas opostas

Como o campo elétrico é dado por,

$$
\begin{aligned}
\vec{E} &= -E\hat{j} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{j} \\
dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} \\
dV &= \frac{\sigma}{\epsilon_0} dy \\
\int_b^a dV &= \int_b^a \frac{\sigma}{\epsilon_0} dy \\
V_a - V_b &= V_{ab} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}(y_a - y_b)
\end{aligned}
$$

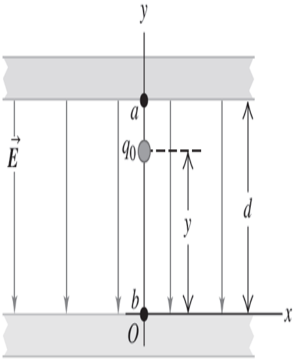


Como $y_a = d$ **e** $y_b = 0 \Rightarrow V_{ab} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = Ed$

Placas paralelas carregadas com cargas opostas

Como o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned}
\vec{E} &= -E\hat{j} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0}\hat{j} \\
dV &= -\vec{E}\cdot d\vec{l} \\
dV &= \frac{\sigma}{\epsilon_0}dy \\
\int_b^a dV &= \int_b^a \frac{\sigma}{\epsilon_0}dy \\
V_a - V_b &= V_{ab} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}(y_a - y_b)
\end{aligned}$$

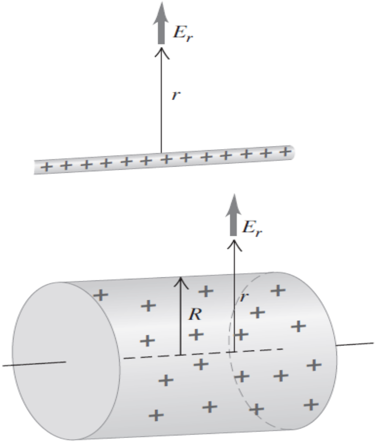


Como $y_a = d$ **e** $y_b = 0 \Rightarrow V_{ab} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}d = Ed$
Segue deste resultado que o modulo do campo elétrico no interior de duas placas planas e paralelas (capacitor) é dado por $E = \frac{V_{ab}}{d}$**.**

Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

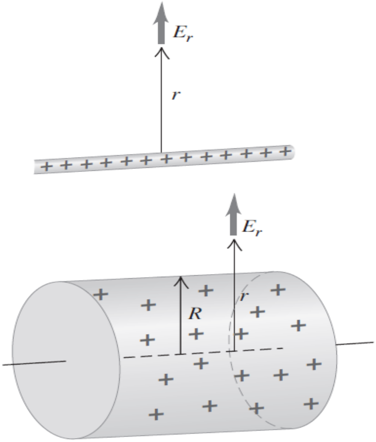
$$\vec{E} = 0$$



Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

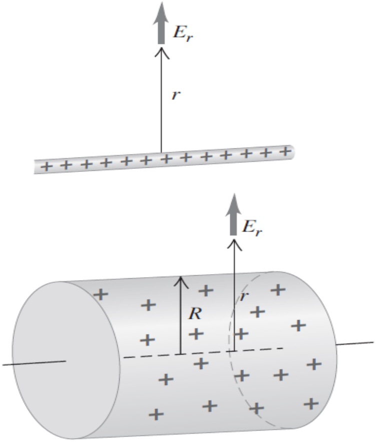
$$\begin{aligned} \vec{E} &= 0 \\ dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \end{aligned}$$



Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

$$
\begin{aligned}
\vec{E} &= 0 \\
dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \\
\int_b^a dV &= V_a - V_b = 0
\end{aligned}
$$

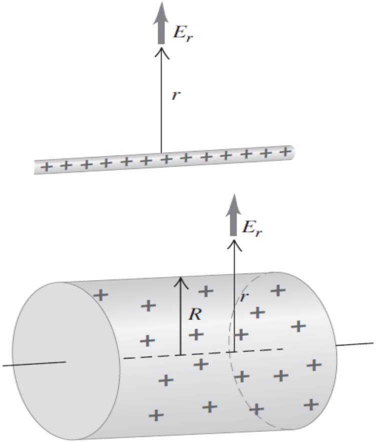


Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= 0 \\ dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \\ \int_b^a dV &= V_a - V_b = 0 \end{aligned}$$

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.



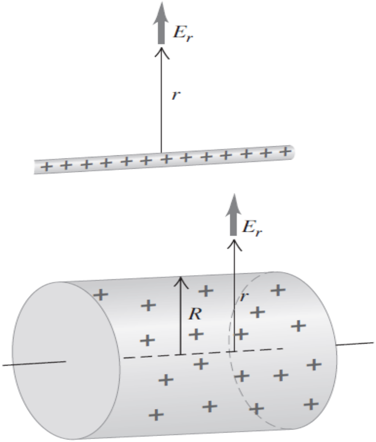
Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= 0 \\ dV &= -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \\ \int_b^a dV &= V_a - V_b = 0 \end{aligned}$$

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{\hat{r}}{r}$$



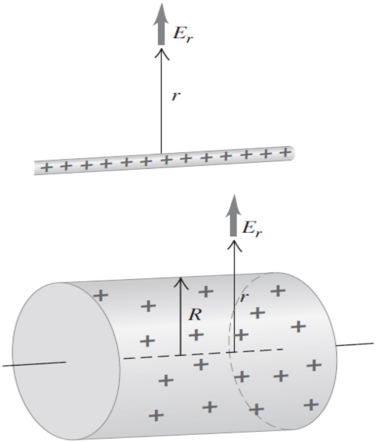
Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Para $r \leq R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= 0 \\ dV &= -\vec{E}\cdot d\vec{l} = 0 \\ \int_b^a dV &= V_a - V_b = 0 \end{aligned}$$

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}}{r} \\ dV &= -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r} \end{aligned}$$



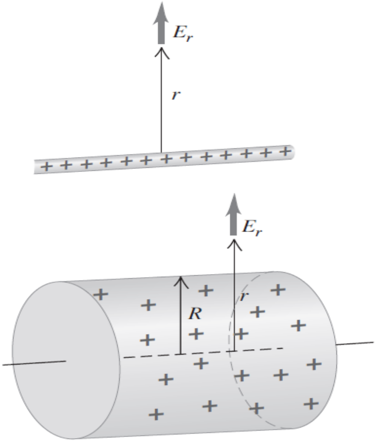
Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}}{r}$$

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r}$$

$$dV = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{dr}{r}$$



Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

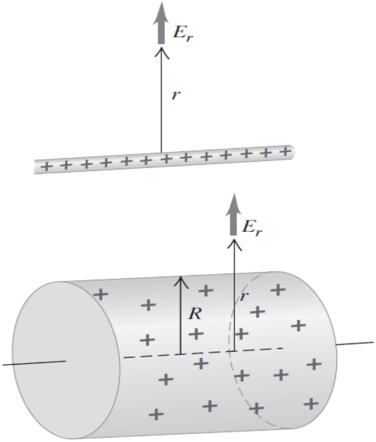
Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}}{r}$$

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r}$$

$$dV = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{dr}{r}$$

$$\int_b^a dV = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\int_b^a \frac{dr}{r}$$



Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois, $V_a - V_b = 0$ e igual ao da superfície.
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

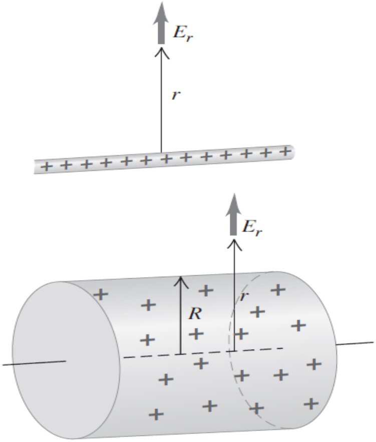
$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}}{r}$$

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r}$$

$$dV = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{dr}{r}$$

$$\int_b^a dV = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\int_b^a \frac{dr}{r}$$

$$V_a - V_b = V_{ab} = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\ln\left(\frac{r_a}{r_b}\right)$$



Um fio infinito carregado ou cilindro condutor carregado

Logo o potencial para $r \leq R$ é constante pois,
$V_a - V_b = 0$ **e igual ao da superfície.**
Para $r > R$ o campo elétrico é dado por,

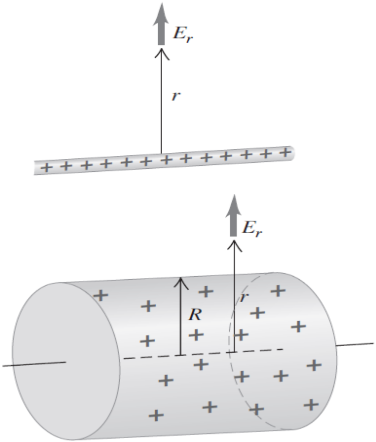
$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}}{r}$$

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{\hat{r}\cdot d\vec{l}}{r}$$

$$dV = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\frac{dr}{r}$$

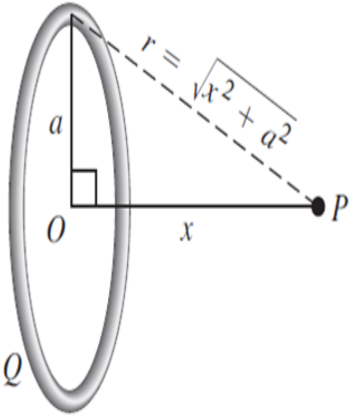
$$\int_b^a dV = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\int_b^a \frac{dr}{r}$$

$$V_a - V_b = V_{ab} = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\ln\left(\frac{r_a}{r_b}\right)$$



Para $r > R$ o potencial elétrico é dado por
$V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\ln\left(\frac{r}{R}\right)$ **e na superfície definimos que**
$V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}\ln\left(\frac{R}{R}\right) = 0$ **pois o** $ln(x) \to \infty$ **para**
$x \to 0, \infty$ **.**

Um anel carregado



Um fio carregado