Potencial elétrico

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná
Campus Irati

19 de Outubro de 2020

Sumário

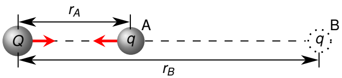
Trabalho realizado pela força elétrica

Supondo duas cargas Q e q no espaço, a força $\vec{F}$ entre elas é dado pela lei de Coulomb,

$$F = K\frac{Qq}{r^2}.$$

O trabalho necessário para trazer a carga q do ponto A ao ponto B é igual a diferença de energia potencial entre esses pontos,

$$\tau_{AB} = U_A - U_B.$$



Carga q se deslocando do ponto A até B devido a força $\vec{F}_{qQ}$.

Energia potencial elétrica

Pela relação de trabalho e força

$$\tau = F\Delta r,$$

onde Δr é o deslocamento realizado por q de A até B, $\Delta r = r_A - r_B$. Assim

$$\tau \Rightarrow F_A r_A - F_B r_B.$$

Se $F = K\frac{Qq}{r^2}$, substituímos acima

$$\tau \Rightarrow \left(\frac{KQq}{\cancel{r_A^2}}\right)(\cancel{r_A}) - \left(\frac{KQq}{\cancel{r_B^2}}\right)(\cancel{r_B}),$$

$$\tau \Rightarrow \frac{KQq}{r_A} - \frac{KQq}{r_B}.$$

Definimos U_A a energia potencial no ponto A e U_B a energia no ponto B,

$$\tau = U_A - U_B = \frac{KQq}{r_A} - \frac{KQq}{r_B},$$

Chegando assim na energia potencial

$$\boxed{U(r) = K\frac{Qq}{r}.}$$

Diferença de potencial

Supondo um conjunto de carga elétrica q, o trabalho necessário para deslocar do ponto A até B cada portador de carga elementar dividimos o trabalho total pela quantidade de carga elétrica q

$$V_{AB} = \frac{\tau_{AB}}{q}.$$

Vimos anteriormente que $\tau_{AB} = U_A - U_B$,

$$V_{AB} = \frac{U_{AB}}{q},$$

mas $U = K\frac{Qq}{r}$, portanto

$$V_{AB} = \frac{KQ}{\cancel{q}r_A}\cancel{q} - \frac{KQ}{\cancel{q}r_B}\cancel{q},$$

$$\boxed{V_{AB} = K\frac{Q}{r_A} - K\frac{Q}{r_B}.}$$

Diferença de potencial (d.d.p.)

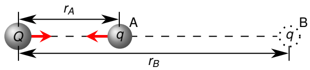
Trabalho necessário para deslocar cada carga elementar de um ponto a outro.

Potencial elétrico

Se trouxermos a carga elementar do infinito até o ponto A teremos

$$V_A - \overbrace{V(\infty)}^{\approx 0} = K\frac{Q}{r_A} - \cancel{K\frac{Q}{r \to \infty}},$$

$$\boxed{V_A = K\frac{Q}{r_A}.}$$



Carga q se deslocando do infinito até o ponto A.

Potencial elétrico

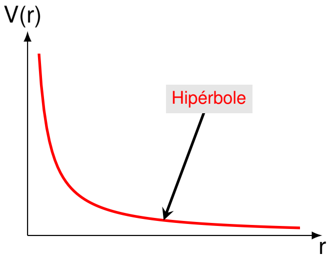
Trabalho necessário para trazer uma carga elementar do infinito até o ponto A.

Corollary

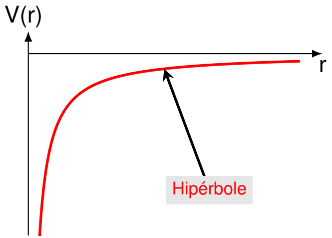
A unidade de medida do potencial elétrico no SI é Volt (V).

Potencial elétrico versus posição de uma carga puntiforme

O potencial elétrico de uma carga puntiforme é uma função hiperbólica que depende do sinal da carga elétrica.



Potencial elétrico de uma carga Q positiva.



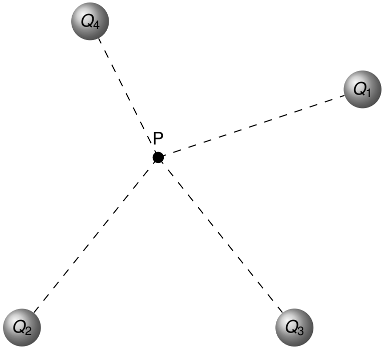
Potencial elétrico de uma carga Q negativa.

Campo de várias cargas puntuais

Ao contrário do campo elétrico, para calcular o potencial elétrico em um ponto no espaço devido a uma distribuição de cargas, usamos a soma algébrica ao invés da soma vetorial, pois o potencial elétrico é uma grandeza escalar,

$$V_P = V_1 + V_2 + V_3 + V_4,$$

$$V_P = \sum_{i=1}^{4} V_i.$$



Quatro cargas puntiformes e suas distâncias relativas em relação ao ponto P.

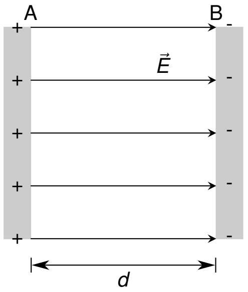
Relação entre campo elétrico e potencial

Para exemplificar a relação entre campo e potencial elétrico usamos duas placas paralelas carregadas eletricamente, de modo a ter um campo elétrico $\vec{E}$ uniforme no interior dessa placa. Se colocarmos uma carga elétrica em A, o trabalho necessário para deslocá-lo até B é dado por

$$\tau_{AB} = qV_{AB}.$$

E o trabalho é força F vezes deslocamento d, portanto

$$\tau_{AB} = Fd = qV_{AB}.$$



Linhas de campo elétrico entre duas placas eletrizadas com cargas de sinais contrários.

Superfícies equipotenciais

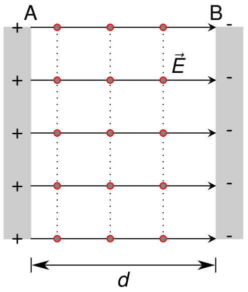
Pela lei de Coulomb sabemos que a força elétrica é dado por $F = qE$, onde E é o campo elétrico entre as placas, assim

$$\cancel{q}Ed = \cancel{q}V_{AB},$$

$$\boxed{V_{AB} = Ed.}$$

Corollary

A ligação entre pontos que possuem o mesmo potencial elétrico forma uma superfície chamada superfície equipotencial.

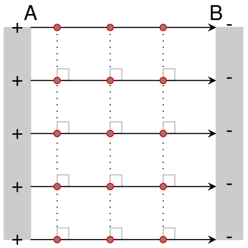


Superfícies equipotenciais (linhas tracejadas) e campo elétrico entre placas carregadas eletricamente.

Características de uma superfície equipotencial

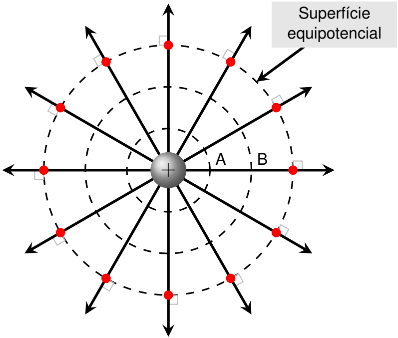
As características de uma superfície equipotencial são:

- ✓ Perpendicular ao campo elétrico;
- ✓ A d.d.p. é diferente de zero entre duas superfícies;
- ✓ A d.d.p. é zero entre dois pontos da mesma superfície;
- ✓ Uma carga elétrica irá se deslocar entre superfícies equipotenciais diferentes, ao invés de pontos na mesma superfície.

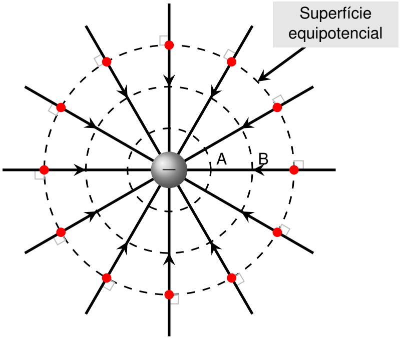


Superfícies equipotenciais (linhas tracejadas) e campo elétrico entre placas carregadas eletricamente.

Superfícies equipotencais de cargas puntiformes



$V_A > V_B$

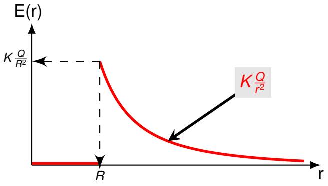


$V_A < V_B$

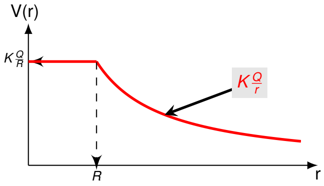
Potencial de uma esfera condutora eletrizada

Características do potencial elétrico de uma esfera condutora:

- ✓ Fora da esfera, ela se comporta como uma carga puntiforme;
- ✓ Dentro da esfera não há cargas e o campo elétrico é zero, portanto a d.d.p. é zero o potencial é constante;
- ✓ Na superfície da esfera $V = K\frac{Q}{R}$.



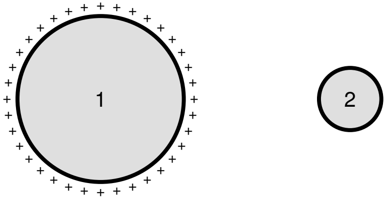
Campo elétrico de uma esfera condutora.



Potencial elétrico de uma esfera condutora.

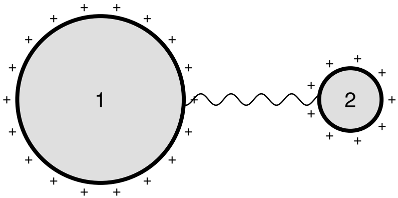
Diferença de potencial e deslocamento de cargas no condutor

Se dois condutores estiverem em contato haverá transferência de cargas de um para outro até que o potencial de ambos se igualem.



$V_1 \neq 0$ $\qquad$ $V_2 = 0$

Duas esferas condutoras (uma neutra e outra eletricamente carregada).



$V_1 = V_2$

Duas esferas condutoras após a eletrização por contato.

Transformar um número em notação científica

Corollary

Passo 1: *Escrever o número incluindo a vírgula.*

Passo 2: *Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.*

Passo 3: *Colocar no expoente da potência de 10 o número de casas decimais que tivemos que "andar"com a vírgula. Se ao andar com a vírgula o valor do número diminuiu, o expoente ficará positivo, se aumentou o expoente ficará negativo.*

Exemplo

$$6\,590\,000\,000\,000\,000,0 = 6{,}59 \times 10^{15}$$

Conversão de unidades em uma dimensão

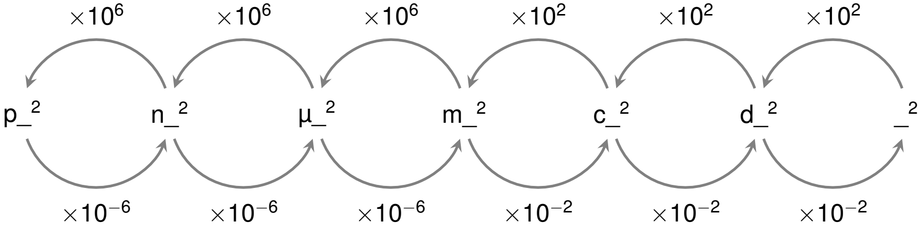
$$
\begin{tikzcd}[column sep=huge]
p\_ \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & n\_ \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & \mu\_ \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & m\_ \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-1}"'] & c\_ \arrow[l, bend right, "\times 10^{1}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-1}"'] & d\_ \arrow[l, bend right, "\times 10^{1}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-1}"'] & \_ \arrow[l, bend right, "\times 10^{1}"']
\end{tikzcd}
$$

$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{(-1)\times 2} \text{ dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

$$2,5 \text{ g} = 2,5 \times 10^{(1)\times 3} \text{ mg} \rightarrow 2,5 \times 10^{3} \text{ mg}$$

$$10\ \mu\text{C} = 10 \times 10^{[(-3)\times 1 + (-1)\times 3]} \text{ C} \rightarrow 10 \times 10^{-6} \text{ C}$$

Conversão de unidades em duas dimensões



$$1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{(-2)\times 2} \text{ dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4} \text{ dm}^2$$

$$2,5 \text{ m}^2 = 2,5 \times 10^{(2)\times 3} \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \times 10^{6} \text{ mm}^2$$

$$10 \ \mu\text{m}^2 = 10 \times 10^{[(-6)\times 1+(-2)\times 3]} \text{ m}^2 \rightarrow 10 \times 10^{-12} \text{ m}^2$$

Conversão de unidades em três dimensões

$$\begin{tikzcd}
p_^3 \arrow[r, bend right, "\times 10^{-9}"'] & n_^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{9}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-9}"'] & \mu_^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{9}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-9}"'] & m_^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{9}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & c_^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & d_^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"'] \arrow[r, bend right, "\times 10^{-3}"'] & _^3 \arrow[l, bend right, "\times 10^{3}"']
\end{tikzcd}$$

$$1 \text{ mm}^3 = 1 \times 10^{(-3)\times 2} \text{ dm}^3 \to 1 \times 10^{-6} \text{ dm}^3$$

$$2,5 \text{ m}^3 = 2,5 \times 10^{(3)\times 3} \text{ mm}^3 \to 2,5 \times 10^{9} \text{ mm}^3$$

$$10 \ \mu\text{m}^3 = 10 \times 10^{[(-9)\times 1 + (-3)\times 3]} \text{ m}^3 \to 10 \times 10^{-18} \text{ m}^3$$

Alfabeto grego

Alfa	A	α
Beta	B	β
Gama	Γ	γ
Delta	Δ	δ
Epsílon	E	ϵ,ε
Zeta	Z	ζ
Eta	H	η
Teta	Θ	θ
Iota	I	ι
Capa	K	κ
Lambda	Λ	λ
Mi	M	μ
Ni	N	ν
Csi	Ξ	ξ
ômicron	O	o
Pi	Π	π
Rô	P	ρ
Sigma	Σ	σ
Tau	T	τ
Ípsilon	Υ	υ
Fi	Φ	ϕ,φ
Qui	X	χ
Psi	Ψ	ψ
Ômega	Ω	ω

Referências e observações[1]

A. Máximo, B. Alvarenga, C. Guimarães, Física. Contexto e aplicações, v.3, 2.ed., São Paulo, Scipione (2016)

Esta apresentação está disponível para download no endereço
https://flavianowilliams.github.io/teaching

[1] Este material está sujeito a modificações. Recomenda-se acompanhamento permanente.