

# Potencial elétrico

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná  
Campus Irati

19 de Outubro de 2020

# Sumário

- 1 **Potencial elétrico**
- 2 **Potencial e campo elétrico**
- 3 **Potencial de alguns objetos não pontuais**
- 4 **Apêndice**

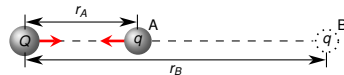
## Trabalho realizado pela força elétrica

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  $\Delta r$  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  $F = K \frac{Qq}{r^2}$ , substituimos acima

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

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

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

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

## 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

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

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

### Diferença de potencial (d.d.p.)

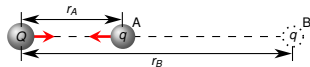
Trabalho necessário para deslocar cada carga elementar de um ponto a outro.

## Potencial elétrico

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

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

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



Carga  $q$  se deslocando do infinito até o ponto A.

### Potencial elétrico

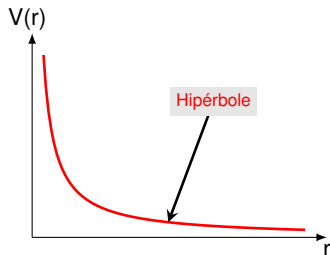
Trabalho necessário para trazer uma carga elementar do infinito até o ponto A.

### Corollary

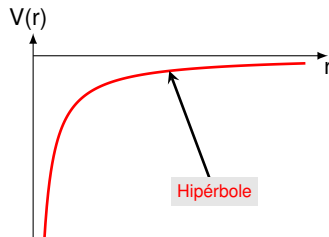
*A unidade de medida do potencial elétrico no SI é Volt (V).*

## 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.



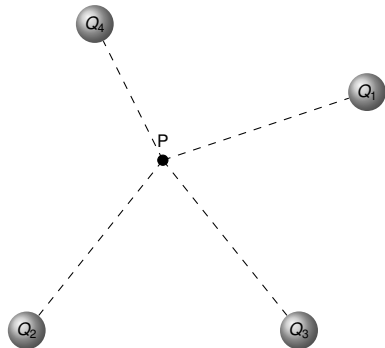
Potencial elétrico de uma carga  $Q$  negativa.

## Campo de várias cargas pontuais

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.



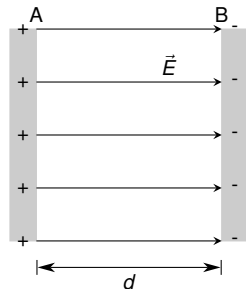
## Relação entre campo elétrico e potencial

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

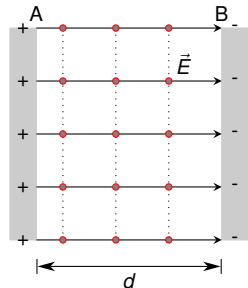
Pela lei de Coulomb sabemos que a força elétrica é dado por  $F = qE$ , onde  $E$  é o campo elétrico entre as placas, assim

$$qEd = qV_{AB},$$

$$V_{AB} = Ed.$$

### Corollary

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

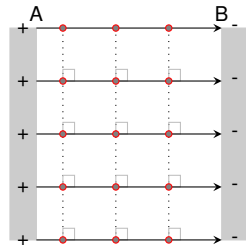


Superfícies equipotenciais (linhas tracejadas) e campo elétrico entre placas carregadas eletricamente.

## Características de uma superfície equipotencial

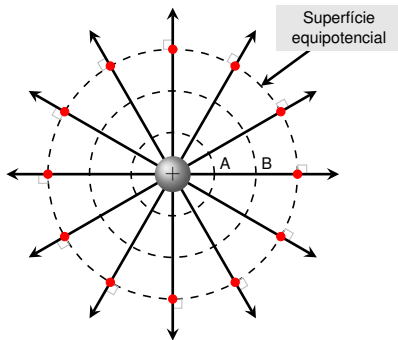
As características de uma superfície equipotencial são:

- ✓ 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.

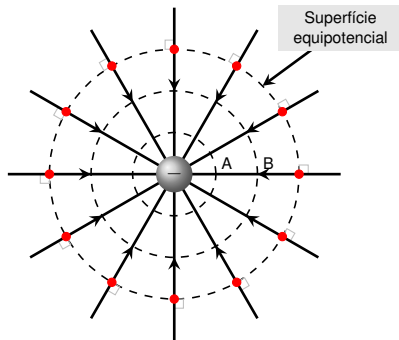


Superfícies equipotenciais (linhas tracejadas) e campo elétrico entre placas carregadas eletricamente.

## Superfícies equipotenciais de cargas puntiformes



$$V_A > V_B$$

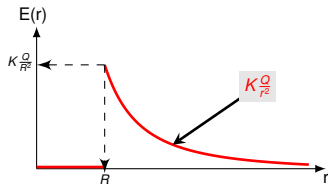


$$V_A < V_B$$

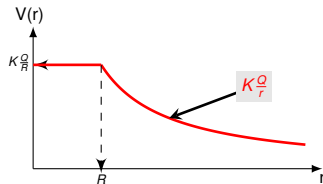
## Potencial de uma esfera condutora eletrizada

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  $V = K \frac{Q}{R}$ .



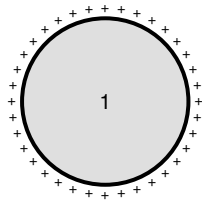
Campo elétrico de uma esfera condutora.



Potencial elétrico de uma esfera condutora.

## Diferença de potencial e deslocamento de cargas no condutor

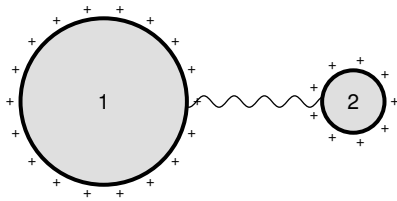
Se dois condutores estiverem em contato haverá transferência de cargas de um para outro até que o potencial de ambos se igualem.



$$V_1 \neq 0$$



$$V_2 = 0$$



$$V_1 = V_2$$

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

Duas esferas condutoras após a eletrização por contato.

## Transformar um número em notação científica

### Corollary

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

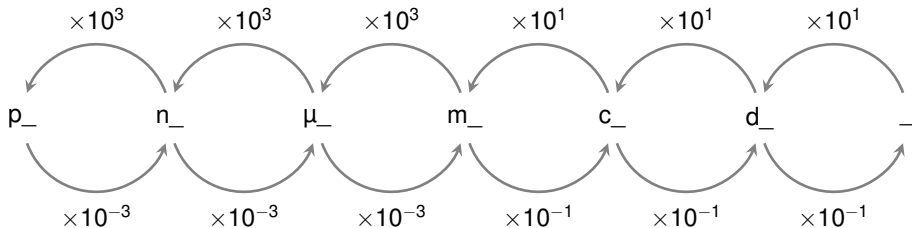
*Passo 2: Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.*

*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



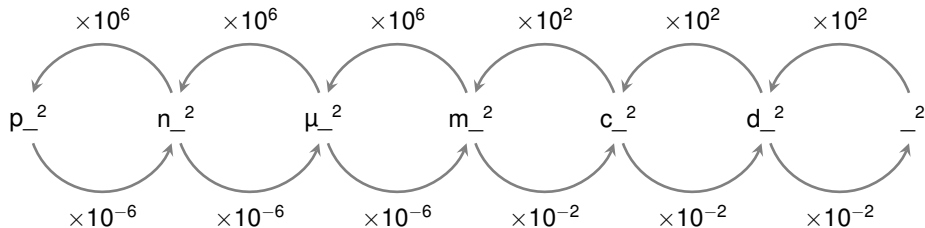
$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{(-1) \times 2} \text{ dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

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

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



## Conversão de unidades em duas dimensões

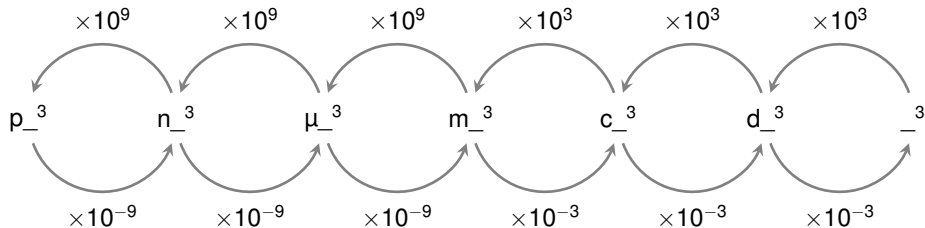


$$1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{(-2) \times 2} \text{ dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4} \text{ dm}^2$$

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

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

## Conversão de unidades em três dimensões



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

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

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

## Alfabeto grego

Alfa	$A$	$\alpha$	Ni	$N$	$\nu$
Beta	$B$	$\beta$	Csi	$\Xi$	$\xi$
Gama	$\Gamma$	$\gamma$	ômicon	$O$	$o$
Delta	$\Delta$	$\delta$	Pi	$\Pi$	$\pi$
Epsílon	$E$	$\epsilon, \varepsilon$	Rô	$P$	$\rho$
Zeta	$Z$	$\zeta$	Sigma	$\Sigma$	$\sigma$
Eta	$H$	$\eta$	Tau	$T$	$\tau$
Teta	$\Theta$	$\theta$	Ípsilon	$\Upsilon$	$\upsilon$
Iota	$I$	$\iota$	Fi	$\Phi$	$\phi, \varphi$
Capa	$K$	$\kappa$	Qui	$X$	$\chi$
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	Psi	$\Psi$	$\psi$
Mi	$M$	$\mu$	Ômega	$\Omega$	$\omega$

## Referências e observações<sup>1</sup>

 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>

---

<sup>1</sup>Este material está sujeito a modificações. Recomenda-se acompanhamento permanente.