

# Campo elétrico

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná  
Campus Irati

19 de Outubro de 2020

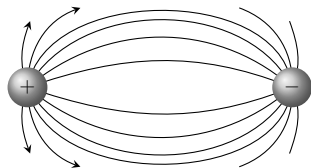
# Sumário

- 1 Campo elétrico
- 2 Linhas de força
- 3 Campo elétrico em um condutor
- 4 Campo elétrico em um dielétrico
- 5 Apêndice

## O conceito de campo elétrico

⚠ Se a interação eletrostática é percebida a distância, como uma carga elétrica percebe a presença de outra, a distância, intensidade e sinal da sua carga elétrica?

- ✓ A presença de uma carga elétrica  $Q$  em uma região do espaço produz um campo de interação chamado de campo elétrico que funciona como intermediário entre as cargas elétricas.
- ✓ A existência desse campo é verificado através da força exercida em uma carga de prova quando colocada nesta região.

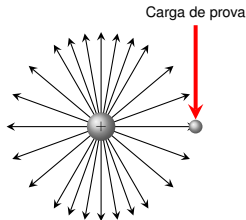


Linhas de campo que intermedia ambas as cargas elétricas.

## O que são linhas de força?

### Carga de prova

Partícula carregada cuja carga é pequena quanto possível para que seu campo não interfira nas demais cargas.



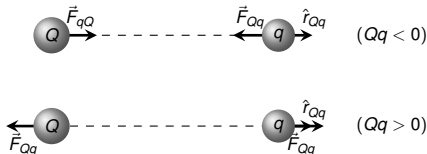
Linhas de força foi um artifício inventado por Michael Faraday para mostrar como ocorre a intermediação entre as cargas elétricas.

Carga de prova na presença de um campo elétrico.

## Campo elétrico à partir da Lei de Coulomb

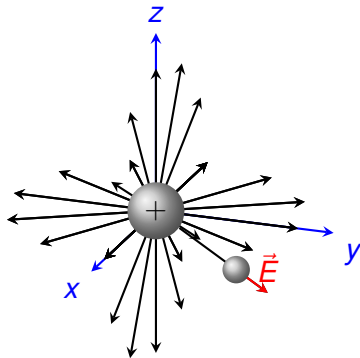
A força que uma partícula com carga  $Q$  atua na carga de prova  $q$  é dado pela lei de Coulomb

$$\vec{F}_{Qq} = k \frac{Qq}{r_{Qq}^2} \hat{r}_{Qq}$$



Representação da força elétrica como grandeza vetorial.

## Campo elétrico como grandeza vetorial



Campo elétrico no espaço.

$$\vec{F}_{Qq} = \left[ k \frac{Q}{r_Q^2} \hat{r}_{Qq} \right] q$$
$$\vec{F}_{Qq} = \vec{E}(r_{Qq}) q$$

**Campo elétrico de uma carga puntiforme**

$$\vec{E}(r_{Qq}) = k \frac{Q}{r_Q^2} \hat{r}_{Qq}$$

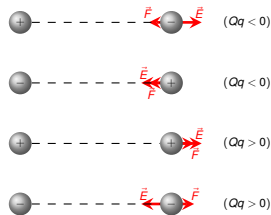
## Características do campo elétrico

### Corollary

A direção e o sentido do vetor  $\vec{E}$  são dados pela direção e pelo sentido da força que atua na carga de prova positiva, ou seja,

Se  $q > 0$ , o campo elétrico  $\vec{E}$  e a força  $\vec{F}$  tem o mesmo sentido;

Se  $q < 0$ , o campo elétrico  $\vec{E}$  e a força  $\vec{F}$  tem sentidos opostos.



Relação entre os sentidos de  $\vec{E}$  e  $\vec{F}$ .

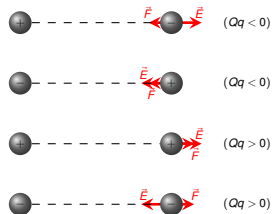
### Corollary

A unidade de medida do campo elétrico no SI é Newton/Coulomb.

## O movimento das cargas num campo elétrico

### Corollary

*Uma carga positiva colocada em um ponto onde existe um campo elétrico  $\vec{E}$  tende a se deslocar no sentido desse campo, e uma carga negativa tende a se deslocar em sentido contrário ao do campo.*



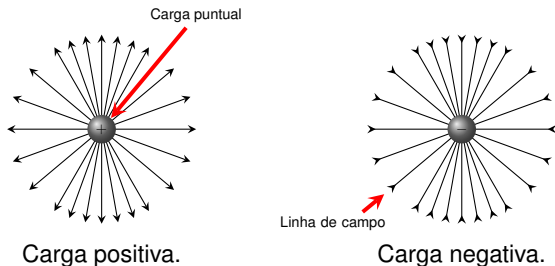
Relação entre os sentidos de  $\vec{E}$  e  $\vec{F}$ .



## O que são cargas pontuais?

### Corollary

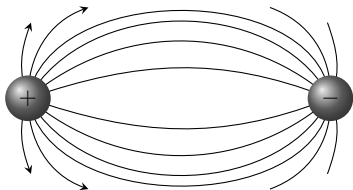
*Objetos pontuais são aqueles cujas dimensões são praticamente desprezíveis (a carga está toda concentrada em um único ponto). Exemplos: próton e elétron.*



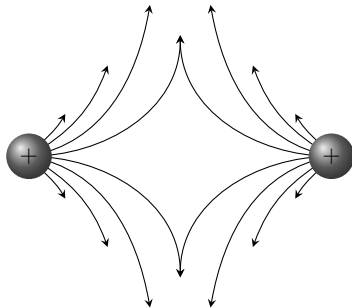
### Corollary

*As linhas de força de um carga positiva divergem para fora enquanto que na carga negativa convergem para dentro.*

## Linhas de força de um dipolo elétrico



Cargas contrárias



Cargas iguais

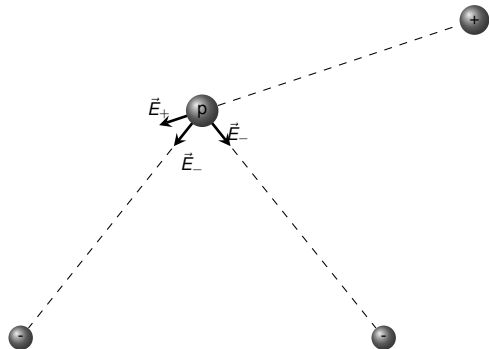
⚠ As linhas de força nunca se cruzam.

## Campo de várias cargas pontuais

### Corollary

*O campo elétrico  $\vec{E}$ , existente no ponto  $p$ , é dado pela resultante dos campos  $\vec{E}_1$ ,  $\vec{E}_2$ ,  $\vec{E}_3, \dots$ , produzidos separadamente pelas cargas  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $\dots$ ,*

$$\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

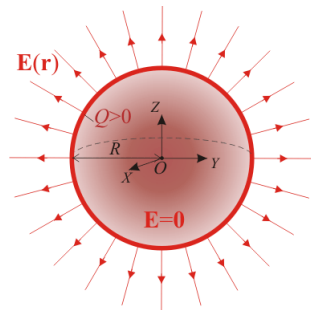


Contribuição do campo elétrico de cada carga elétrica no ponto P.

## Carga elétrica estática em um condutor

### Corollary

*Se um condutor eletrizado estiver em equilíbrio eletrostático, as cargas elétricas estarão distribuídas em sua superfície, portanto o campo elétrico será nulo em todos os pontos do seu interior, e em pontos na superfície do condutor o campo será perpendicular a ela.*

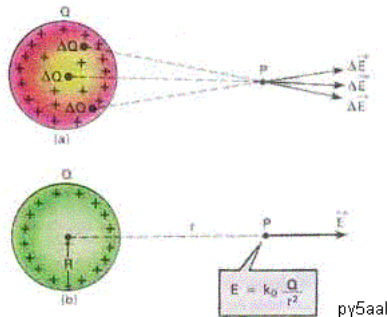


Campo elétrico de uma esfera condutora.

## Campo elétrico de uma esfera

### Corollary

*O campo elétrico resultante gerado por uma esfera no ponto  $p$  é a soma vetorial dos campos elétricos de cada carga distribuída na superfície. Como resultado, o campo elétrico resultante é o mesmo de uma carga puntual.*

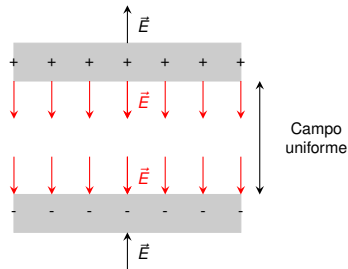


Campo elétrico resultante de uma esfera condutora.

## Campo elétrico uniforme

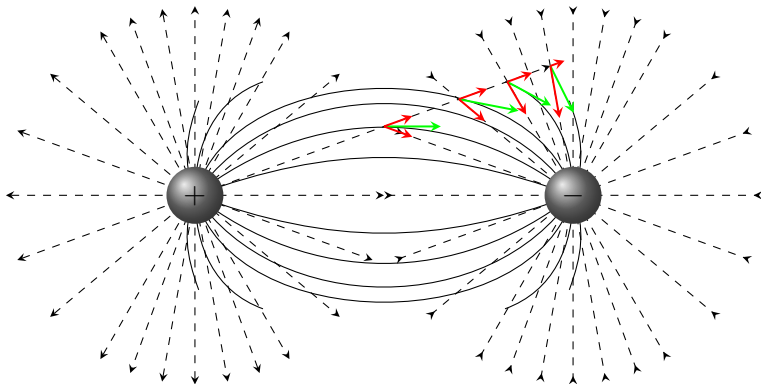
### Corollary

*O campo elétrico será uniforme em uma dada região do espaço se ele apresenta o mesmo módulo, a mesma direção e o mesmo sentido em todos os pontos dessa região.*



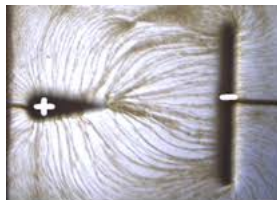
Campo elétrico uniforme entre duas placas paralelas.

## Campo elétrico resultante



Campo elétrico resultante de um dipolo elétrico.

## Efeitos da distribuição de cargas na superfície do condutor



### Gaiola de Faraday

Sabendo que o campo elétrico é zero no interior de um condutor, portanto não deve existir movimento de cargas no seu interior.

### Poder das pontas

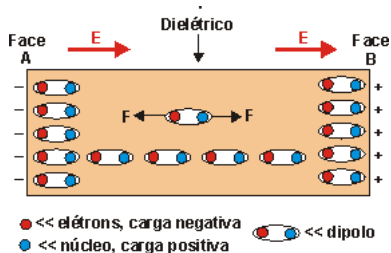
Em um objeto deformado as cargas possuem a tendência de se concentrar nas regiões onde há pontas.



## Isolante se tornando um condutor

### rigidez dielétrica

O maior campo elétrico que pode ser aplicado a um isolante sem que ele se torne condutor.



### Poder das pontas

Quando o ar se torna condutor, ele possui íons positivos e elétrons que se movimentam em grande quantidade. O movimento intenso das cargas causa uma **emissão de luz** que vem acompanhada um ruído devido a expansão do ar causado pelo aquecimento das moléculas.

## Transformar um número em notação científica

### Corollary

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

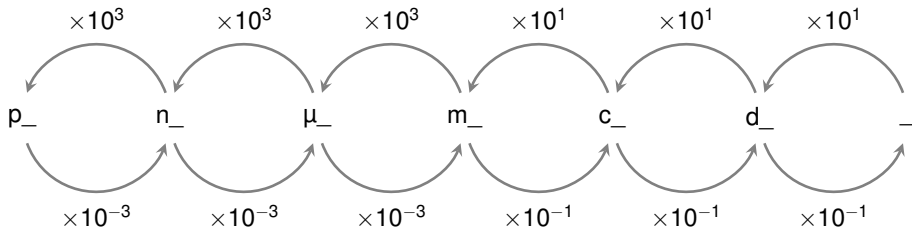
*Passo 2: Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.*

*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

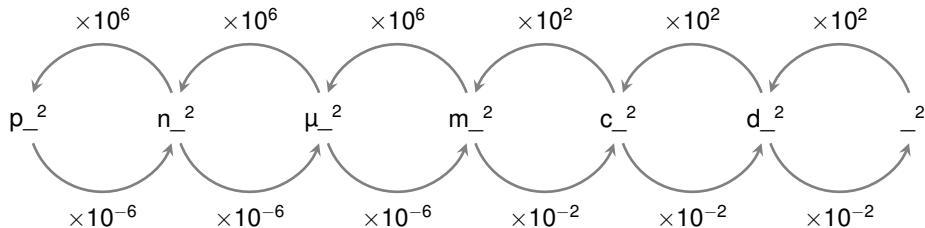


$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{(-1) \times 2} \text{ dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

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

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

## Conversão de unidades em duas dimensões

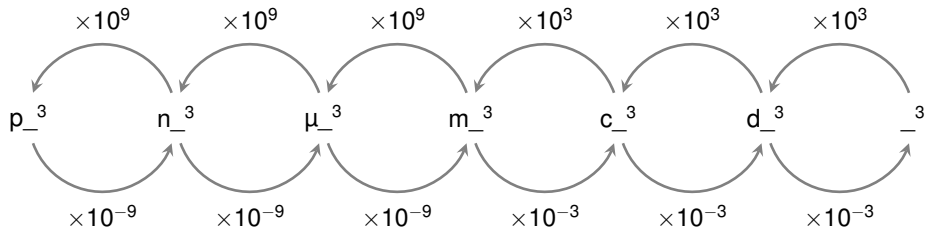


$$1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{(-2) \times 2} \text{ dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4} \text{ dm}^2$$

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

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

## Conversão de unidades em três dimensões



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

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

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

## 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	$\Upsilon$	$v$
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.