

# Física 3 - Eletromagnetismo

Carlos Pereira

October 3, 2023

# Lecture 1: Lei de coulomb

## Lei de coulomb

Lorem ipsum dolor sit amet, officia excepteur ex fugiat reprehenderit enim labore culpa sint ad nisi Lorem pariatur mollit ex esse exercitation amet. Nisi anim cupidatat excepteur officia. Reprehenderit nostrud nostrud ipsum Lorem est aliquip amet voluptate voluptate dolor minim nulla est proident. Nostrud officia pariatur ut officia. Sit irure elit esse ea nulla sunt ex occaecat reprehenderit commodo officia dolor Lorem duis laboris cupidatat officia voluptate. Culpa proident adipisicing id nulla nisi laboris ex in Lorem sunt duis officia eiusmod. Aliqua reprehenderit commodo ex non excepteur duis sunt velit enim. Voluptate laboris sint cupidatat ullamco ut ea consectetur et est culpa et culpa duis.

# Lecture 2: Campos elétricos

20 sep

## O campo elétrico

Por qual razão uma partícula atua com uma força elétrica em outra partícula à distância?  
Lorem ipsum dolor sit amet, qui minim labore adipisicing minim sint cillum sint consectetur cupidatat.

Qual a diferença entre um campo escalar e um campo vetorial?

Como se define o campo elétrico?

Como os vetores do campo elétrico e da força eletrostática se relacionam?

Como representamos o campo elétrico (esquemáticamente)?

Qual a unidade SI para o campo elétrico?

O que são as linhas de campo elétrico?

Quais são as regras para se desenhar linhas de campo elétrico?

O que é um campo elétrico uniforme?

## Partícula carregada

Como podemos determinar o campo elétrico (magnitude e direção) através de uma partícula carregada(carga pontual)?

Como o princípio da superposição se aplica ao campo elétrico?

## Dipolo elétrico

### Linha de carga

O que é densidade de carga?

Como se define a densidade de carga para diferentes dimensões de objetos extensos?

Como determinamos o campo elétrico de um objeto extenso carregado?

Como é dado o campo elétrico num anel de carga uniforme para uma partícula no seu eixo central?

Como podemos calcular linhas de carga de forma geral?

---

## Disco carregado

Como podemos determinar o campo elétrico de um disco carregado atuando numa partícula?

Como o campo elétrico atua considerando um raio infinito para o disco?

## Carga pontual num campo elétrico

Como se define o que ocorre com uma partícula quando ela está num campo elétrico (causado por outras cargas)?

Qual a diferença entre o campo elétrico externo e o campo elétrico causado pela própria partícula?

O que é e como se define a carga elemental?

## Dipolo num campo elétrico

O que acontece ao aplicar um campo elétrico num dipolo?

De que forma o torque é gerado num dipolo ao ser colocado num campo elétrico uniforme?

Como podemos escrever o torque (magnitudo e direção) num dipolo colocado num campo elétrico?

Como podemos encontrar a energia potencial de um dipolo num campo elétrico?

# Lecture 3: Lei de Gauss

20 sep

## Fluxo elétrico

**Qual é o principal intuito da lei de Gauss?** A lei de Gauss relaciona o campo elétrico em pontos numa superfície Gaussiana (fechada) com a carga total encoberta por essa superfície.

**O que é o fluxo elétrico?** É uma determinação escalar quantitativa do total de campo elétrico que atravessa uma superfície.

**O que é o vetor de área numa superfície?** É um vetor  $\Delta\vec{A}$ , perpendicular à uma seção de área  $\Delta A$  que possui uma magnitude igual à área da seção.

**Como é dado o fluxo elétrico por uma elemento de área?** Com o vetor de área, podemos definir o fluxo elétrico como a quantidade de campo elétrico atravessando uma seção de área:

$$\Delta\phi = \vec{E} \cdot \Delta\vec{A}$$

O fluxo elétrico possui uma unidade SI de  $N \cdot m^2 / C$  (newton metro quadrado por coulomb).

**Como é dado o fluxo elétrico total por uma superfície?** Para encontrar o fluxo total, devemos somar o fluxo em todas as seções de área, utilizando uma integral:

$$\phi = \sum \vec{E} \cdot \Delta\vec{A} \Rightarrow \phi = \int \vec{E} \cdot d\vec{a}$$

Para uma superfície plana e um campo elétrico uniforme, temos que:

$$\phi = \int E dA = E \cos \theta \int dA \quad (1)$$

$$\phi = E \cos \theta A \quad (2)$$

**Como o campo se relaciona com o sentido do fluxo?** Um campo que atravessa a superfície para dentro é um fluxo negativo. Se ele atravessa para fora da superfície, é um fluxo positivo. Um campo que tangencia a superfície possui fluxo igual a zero.

**Como é dado o fluxo elétrico líquido por uma superfície fechada?** Para integrar através da superfície fechada inteira e obter o fluxo líquido pela superfície (dependendo do sentido do campo elétrico), realizamos uma integral de linha:

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

## Lei de Gauss

**O que a lei de gauss define?** Ela relaciona o fluxo total  $\phi$  com a carga total  $q_{\text{enc}}$  que está encoberta pela superfície, definindo:

$$\epsilon_0 \phi = q_{\text{enc}} \quad (3)$$

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{\text{enc}} \quad (4)$$

**De que forma as cargas fora da superfície Gaussiana atuam no fluxo pela superfície?** Como o fluxo do campo que entra é igual ao do que sai da superfície, o fluxo total é igual a zero, ou seja, o campo elétrico por conta de uma carga fora da superfície não contribui para o fluxo total através da superfície.

**De que forma podemos encontrar o campo elétrico de uma partícula carregada pela lei de Gauss?** Considerando uma partícula positiva no centro de uma superfície Gaussiana esférica, temos que o campo elétrico se direciona para fora, com ângulo  $\theta = 0$ , e então temos:

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \epsilon_0 \oint E dA = q_{\text{enc}} \quad (5)$$

$$\epsilon_0 E \oint dA = q \quad (6)$$

$$\epsilon_0 E (4\pi r^2) = q \quad (7)$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad (8)$$

## Um condutor carregado isolado

**No que a lei de Gauss nos permite concluir sobre condutores?** Se houver um excesso de carga num condutor isolado, a carga irá se mover inteiramente para a superfície do condutor, e não será encontrada carga excessiva dentro do corpo do condutor.

**O que acontece com um condutor com cavidade interna?** Mesmo se o condutor tiver uma cavidade, a distribuição de cargas ou o padrão do campo elétrico que existe não será alterado, e portanto não haverá fluxo, e logo a cavidade não estará encobrindo carga líquida.

**Como podemos determinar o campo elétrico criado por uma superfície utilizando a lei de Gauss?** Podemos determinar utilizando a parte de fora da superfície do condutor, utilizando uma seção pequena o suficiente para ser considerada plana. Desta forma, imaginando uma superfície cilíndrica Gaussiana perpendicular à superfície, podemos calcular o fluxo, que será diferente de zero somente na face externa do cilindro, sendo  $\phi = EA$ . Considerando então que  $q_{\text{enc}} = \sigma A$ , temos:

$$\epsilon_0 EA = \sigma A \quad (9)$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (10)$$

## Simetria cilíndrica

**Como podemos encontrar a magnitude do campo elétrico gerado por uma linha de carga, com densidade de carga uniforme, num raio  $r$  do eixo central da linha, utilizando a lei de Gauss?** Se utilizarmos um cilindro Gaussiano concêntrico com raio  $r$  e altura  $h$ , podemos aplicar a lei de Gauss, utilizando a simetria, considerando que o fluxo será dado apenas na superfície lateral do cilindro, e que o campo elétrico será uniforme na superfície inteira, logo:

$$\phi = EA \cos \theta \quad (11)$$

$$\phi = E(2\pi rh) \cos 0 = E(2\pi rh) \quad (12)$$

$$\epsilon_0 \phi = q_{\text{enc}} \quad (13)$$

$$\epsilon_0 E(2\pi rh) = \lambda h \quad (14)$$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \quad (15)$$

## Simetria planar

**Como é dado o campo elétrico numa folha infinita não condutora com densidade de carga**

**superficial uniforme?** O campo será perpendicular à folha, e considerando um cilindro que está sendo cortado em sua seção reta pela folha, e que o campo elétrico irá atravessar apenas as faces do cilindro, podemos utilizar a lei de Gauss para obter:

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{\text{enc}} \quad (16)$$

$$\epsilon_0(EA + EA) = \sigma A \quad (17)$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad (18)$$

**O que ocorre ao colocarmos duas placas condutoras, com igual magnitude de densidade de carga superficial, uma paralela à outra, com cargas opostas?** O campo elétrico entre elas será direcionado da placa positiva para a placa negativa, e as cargas irão se direcionar para as superfícies internas das placas. Portanto, sendo o campo elétrico gerado por uma placa igual a  $E = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}$ , o campo elétrico em qualquer ponto entre as placas terá a magnitude de:

$$E = \frac{2\sigma_0}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

**O que acontece caso uma das placas possua densidade de carga maior que a outra?** Por superposição, encontraremos que a placa com maior carga irá gerar um campo para a direção do sinal da placa com maior carga (para fora se for o positivo, e para dentro se for o negativo), e então um campo oposto na outra placa, com a direção oposta. E o campo entre as placas será dado pela soma dos campos gerados pelas duas placas.

# Lecture 4: Potencial elétrico

20 sep