

Física 3 - Eletromagnetismo

Carlos Pereira

September 25, 2023

Lecture 1: Lei de coulomb

20 sep

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 (esquematicamente)?

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 (magnitude 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 ΔA 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 ϕ com a carga total q_{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