

Física II

Resumo

Rafael Rodrigues

LEIC

Instituto Superior Técnico
2023/2024

Contents

1	Fundamentos	2
2	Eletrostática	2
3	Condutores e Dielétricos	2
3.1	Condutor	2
3.1.1	Propriedades	2
3.1.2	Cargas Induzidas	2
3.1.3	Cavidades	2
3.2	Condensador	3
3.2.1	Condensador de placas paralelas	3
3.2.2	Condensador de esferas concêntricas	3
3.2.3	Condensadores em Paralelo	3
3.2.4	Condensadores em Série	3
3.2.5	Trabalho	3
3.3	Dielétricos	4
4	Magnetostática	4
4.1	Corrente Elétrica	4
4.1.1	Densidade de Corrente	4
4.1.2	Corrente Elétrica	4
4.1.3	Lei de Kirchhoff	4
4.2	Lei de Ohm	4
4.3	Lei de Joule	5
4.4	A Força de Lorentz	5
4.5	A Lei de Biot-Savart	5
4.5.1	Experiência de Ampère revisitada	5
5	Campo magnético na matéria	5
6	Eletrodinâmica	5
7	As equações de Maxwell	5

1 Fundamentos

Campos

Um campo (ϕ) é uma zona do espaço onde em cada ponto está definida uma quantidade.

2 Eletrostática

3 Condutores e Dielétricos

3.1 Condutor

Num condutor as cargas elétricas podem mover-se livremente no material. Um condutor pode ser metálico onde as cargas são eletrões, ou líquido onde as cargas são iões.

3.1.1 Propriedades

- $\vec{E} = 0$ dentro de um condutor

Quando aplicamos um campo \vec{E} sobre um condutor **isolado**, as cargas negativas (**cargas induzidas**) movem-se na direção oposta ao campo \vec{E} , separando-se das cargas positivas e criando um campo \vec{E}' .

$$\vec{E} + \vec{E}' = 0 = \vec{E}_{total}$$

- $\rho = 0$ dentro de um condutor

Pela lei de Gauss $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$, como $\vec{E} = 0 \implies \rho = 0$.

Há cargas no interior do condutor, mas em igual quantidade de + e -, de modo a que se anulam.

- $\vec{E} \perp$ à superfície do condutor

Qualquer carga remanescente situa-se na superfície do condutor, o que significa que

- um condutor é um equipotencial

3.1.2 Cargas Induzidas

As Cargas procuram sempre o equilíbrio ($\vec{E} = 0$).

Se tivermos uma carga $+Q$ e um condutor não carregado, as cargas negativas são atraídas para a carga $+Q$, para que assim se anule o campo no interior do condutor.

3.1.3 Cavidades

No caso de no interior do condutor houver uma cavidade e a carga $+Q$ estiver dentro dela, então o campo é não nulo nessa região.

Assim a carga induzida Q_{ind} é igual a $-Q$ e a carga à superfície do condutor passa a ser positiva porque as cargas negativas aproximaram-se da carga $+Q$ deixando de estar na superfície.

No caso de não haver carga na cavidade, $\vec{E} = 0$ na cavidade (Gaiola de Faraday).

3.2 Condensador

Um condensador é um componente que armazena cargas elétricas num campo elétrico, composto por dois condutores, com cargas $+Q$ e $-Q$.

3.2.1 Condensador de placas paralelas

Composto por duas placas paralelas a uma distância d .

- Densidade de carga de cada placa: $\sigma = Q/A$
- Campo entre as placas: $\vec{E} = \frac{Q}{A\epsilon_0}$
- Diferença de potencial entre as placas: $V = \frac{Qd}{A\epsilon_0}$
- Capacitância: $C = \frac{A\epsilon_0}{d}$

3.2.2 Condensador de esferas concêntricas

Composto por duas superfícies esféricas concêntricas de raios a e b .

- campo entre as superfícies: $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \vec{e}_r$
- Diferença de potencial entre as superfícies: $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$
- Capacitância: $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a}$

3.2.3 Condensadores em Paralelo

$$C = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{V} = \frac{Q_1}{V} + \frac{Q_2}{V} + \frac{Q_3}{V} = C_1 + C_2 + C_3$$

3.2.4 Condensadores em Série

$$C = \frac{Q}{V_1 + V_2 + V_3} \Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

3.2.5 Trabalho

Para carregar um condensador é preciso eliminar elétrons do condutor positivo e movê-los para o condensador negativo. Isso requer trabalho pois é temos de puxar cargas negativas contra o campo elétrico.

O trabalho necessário para carregar o condensador com uma carga Q é dado por:

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CV^2}{2}$$

3.3 Dielétricos

Com os Dielétricos entramos no estudo do campo elétrico na matéria. Existem 2 grandes grupos:

- Condutores
 - As cargas elétricas movem-se livremente através do material
- Dielétricos ou Isolantes:
 - As cargas elétricas estão presas aos átomos ou moléculas e apenas se podem mover um pouco dentro deles
 - Existem 2 mecanismos pelos quais um campo elétrico pode distorcer a distribuição de carga de um átomo ou molécula dielétrica
 - * Estiramento
 - * Rotação

4 Magnetostática

4.1 Corrente Elétrica

4.1.1 Densidade de Corrente

4.1.2 Corrente Elétrica

4.1.3 Lei de Kirchhoff

4.2 Lei de Ohm

Para ter corrente é preciso empurrar as cargas, a velocidade que adquirem depende das características do material. A densidade de corrente elétrica \vec{J} é proporcional à força aplicada

$$\vec{J} = \sigma \vec{f}$$

em que σ é uma constante experimental que depende do material e que se chama **Condutividade** do meio. É mais comum o uso da **Resistividade** do meio, que é o inverso: $\rho = \frac{1}{\sigma}$

Nesta parte da matéria assumimos que a força aplicada às cargas é a do Campo Elétrico

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

Num condutor **em equilíbrio eletrostático** temos $\vec{E} = 0$ e $\vec{J} = 0$.

Para condutores perfeitos temos $\vec{E} = \frac{\vec{J}}{\sigma} = 0$, mesmo que esteja corrente a fluir.

Conclui-se que o campo elétrico necessário para movimentar as cargas é quase nulo. Assim consideramos estes fios como **equipotenciais**. Já as resistências são feitos de materiais que conduzem pouco.

A Lei de Ohm é então dada por

$$R = \frac{V}{I} \Leftrightarrow V = I \times R$$

V : Tensão elétrica (V), R : Resistência elétrica (Ω), I : Corrente elétrica (A)

$$R = \frac{\rho L}{A} \Leftrightarrow R = \frac{L}{A\sigma}$$

R : Resistência elétrica (Ω), L : Comprimento do condutor (m), A : Secção do condutor (m^2)

$$I = \sigma EA$$

I : Corrente elétrica (A), E : Campo elétrico (Vm^{-1}), A : Secção do condutor (m^2)

4.3 Lei de Joule

$$P = VI = RI^2$$

P : Potência elétrica (W), V : Tensão elétrica (V), I : Corrente elétrica (A), R : Resistência elétrica (Ω)

4.4 A Força de Lorentz

4.5 A Lei de Biot-Savart

O campo magnético gerado por um fio percorrido por corrente estacionária é dada por

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0 \mathbf{I}}{4\pi} \int_C \frac{d\vec{\mathbf{I}}' \times \vec{e}_r}{r^2}$$

A quantidade μ_0 chama-se **permeabilidade do espaço livre** com valor $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{NA}^{-2}$.

4.5.1 Experiência de Ampère revisitada

Para calcular o campo magnético de um fio longo sobre outro fio longo, paralelos entre si, a uma distância d , percorridos por correntes \mathbf{I}_1 e \mathbf{I}_2 usamos a fórmula

$$\vec{B}_1 = -\frac{\mu_0 \mathbf{I}_1}{2\pi d}$$

Para calcular o valor da força por unidade de comprimento dentre os dois fios utilizamos a fórmula

$$\vec{F} = \frac{\mu_0 \mathbf{I}_1 \mathbf{I}_2}{2\pi d}$$

Esta força é atrativa caso as correntes tenham a mesma direção, ou repulsiva caso contrário.

5 Campo magnético na matéria

6 Eletrodinâmica

7 As equações de Maxwell