



Programa

Lección 1

Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

- 1.1 Introducción
- 1.2 Importancia de la interacción electromagnética en el mundo físico
- 1.3 Cargas y corrientes. Ecuación de continuidad
- 1.4 Las leyes fenomenológicas de Coulomb y Ampère
- 1.5 Teorías de acción a distancia y teorías de campo
- 1.6 Los campos eléctrico y magnético
- 1.7 Principio de superposición
- 1.8 La fuerza de Lorentz
- 1.9 Determinación unívoca de un campo vectorial. Teorema de Helmholtz

V. Muñoz Sanjosé

Electromagnetismo



Programa

Lección 1

Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

BIBLIOGRAFIA

Alonso y Finn	Lecciones	24, 25 y 26
Griffiths	Lecciones	2 y 5
Pomer	Lecciones	1, 2 y 3
Feyman Vol2	Lecciones	1, 4, 5 y 13
Marshall	Lecciones	3 y 4
Reitz –Milford-Christy	Lecciones	2 y 8



Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

Importancia de la interacción electromagnética en el mundo físico

- Fuerzas gravitatorias
- Fuerzas electromagnéticas
- Fuerzas fuertes
- Fuerzas débiles



Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

Cargas y corrientes. Ecuación de continuidad

- Propiedades de la carga eléctrica
- Corriente eléctrica y densidad de corriente
- Ecuación de continuidad

$$i = \frac{dq_s}{dt} = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} \quad \frac{dQ}{dt} = - \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

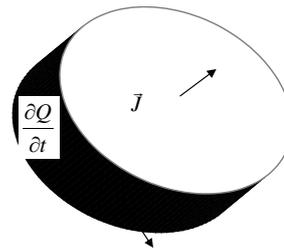
$$\int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} = \int_V \nabla \cdot \vec{J} \, dv \quad \nabla \cdot \vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{J} = 0$$

Caso estacionario

V. Muñoz Sanjosé

Electromagnetismo



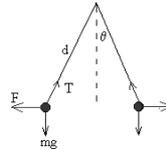
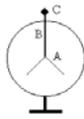
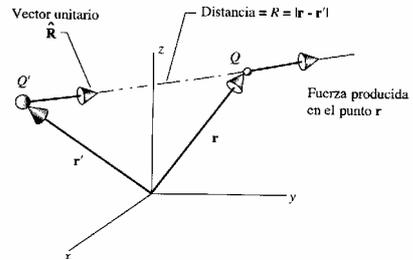


Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

Las leyes fenomenológicas de Coulomb y Ampère

$$\vec{F} = \frac{k q q' \vec{R}}{R^3}$$

$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{r}'$$



Ley de Coulomb



V. Muñoz Sanjosé

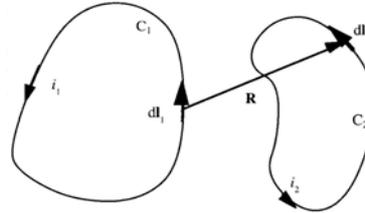
Electromagnetismo



Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

Las leyes fenomenológicas de Coulomb y Ampère

$$\vec{F}_{12} = -\frac{\mu_0}{4\pi} I_1 I_2 \int_{C_1} \int_{C_2} (d\vec{l}_2 d\vec{l}_1) \frac{\vec{R}}{R^3}$$



$$-(d\vec{l}_1 d\vec{l}_2) \frac{\vec{R}}{R^3} = d\vec{l}_2 \times (d\vec{l}_1 \times \frac{\vec{R}}{R^3}) - (d\vec{l}_2 \frac{\vec{R}}{R^3}) d\vec{l}_1$$

$$\int_{C_2} d\vec{l}_2 \left(\frac{\vec{R}}{R^3} \right) = \int_S \left(\nabla \times \left(\frac{\vec{R}}{R^3} \right) \right) d\vec{S}_2 = 0$$

V. Muñoz Sanjosé

Electromagnetismo



Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

Las leyes fenomenológicas de Coulomb y Ampère

$$\vec{F}_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} I_1 I_2 \int_{C_1} \int_{C_2} d\vec{l}_2 \times (d\vec{l}_1 \times \frac{\vec{R}}{R^3})$$

$$\vec{F}_{12} = I_2 \int_{C_2} d\vec{l}_2 \times \left[\frac{\mu_0}{4\pi} I_1 \int_{C_1} d\vec{l}_1 \times \frac{\vec{R}}{R^3} \right]$$

Ley de Ampère





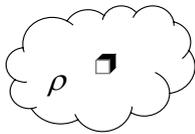
Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

Los campos eléctrico y magnético y el principio de superposición

$$\vec{F} = \frac{k q q' \vec{R}}{R^3}$$

$$\vec{E} = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q}$$

$$\vec{E} = \frac{q' \vec{R}}{4\pi\epsilon_0 R^3}$$



$$dq = \rho dv$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(\vec{r}') \vec{R}}{R^3} dv'$$



Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

Los campos eléctrico y magnético y el principio de superposición

$$\vec{F}_{12} = I_2 \int_{C_2} d\vec{l}_2 \times \left[\frac{\mu_0}{4\pi} I_1 \int_{C_1} d\vec{l}_1 \times \frac{\vec{R}}{R^3} \right]$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \int d\vec{l}' \times \frac{\vec{R}}{R^3}$$

$$\vec{F} = i \int d\vec{l} \times \vec{B} \quad i d\vec{l} = (\vec{J}\vec{S})d\vec{l} = \vec{J}(d\vec{l}\vec{S}) = \vec{J}dv \quad \vec{J}dv = \vec{J}(d\vec{S}d\vec{l}) = di d\vec{l}$$

$$\vec{J}dv \Leftrightarrow i d\vec{l} \quad \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{V'} (\vec{J}(\vec{r}') \times \frac{\vec{R}}{R^3}) dv' \quad \vec{F} = \int_{V'} (\vec{J}(\vec{r}') \times \vec{B}) dv'$$



Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

La fuerza de Lorentz

$$\vec{F} = \int_V \rho(\vec{v} \times \vec{B}) dV$$

$$\vec{F}_q = q \vec{v} \times \vec{B}$$



$$\vec{F}_q = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

V. Muñoz Sanjosé

Electromagnetismo



Las cargas eléctricas y su interacción. Aspectos generales del campo electromagnético

Determinación unívoca de un campo vectorial.

Teorema de Helmholtz

Un campo vectorial \mathbf{v} está unívocamente determinado por su divergencia ($\nabla \cdot \mathbf{v}$) y por su rotacional ($\nabla \times \mathbf{v}$), si ambos se conocen en todos y cada uno de los puntos del espacio y si v tiende a cero en el infinito al menos como $1/r^2$