U
T
N

F
R
C

Resumen $1^{er} parcial$

- **Autor:** Marcos Raúl Gatica
- **Curso:** 2R1
- **Asignatura:** Física electrónica.
- **Institución:** Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Córdoba.

Índice

1. UNIDAD 1

1.1. Leyes básicas: electricidad y magnetismo

Conceptos - electricidad

- Electrostática: interacción entre dos cargas en reposo.

- Tipos de cargas: positivas y negativas, que mutuamente se atraen. La existencia de las mismas se dedujeron por experimentos.

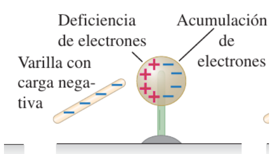
- Atracción y repulsión de cargas: solo se tiene en cuenta el signo algebraico de las cargas. P-N se atraen y P-P o N-N se repelen.

- Principio de consevación de la energía: La suma algebraica de todas las cargas eléctricas en cualquier sistema cerrado es constante.
  En cualquier proceso de carga, esta no se crea ni se destruye, solo se transfiere de un cuerpo a otro.

- Conductores: materiales que permiten el movimiento libre y ordenado de los electrones sobre los átomos de un conductor eléctrico de diferente energía de potencial.

- Aislantes: no permiten el flujo de electrones.
  Nótese la comparación de un sólido metálico (donde el flujo es posible en "la nube de electrones"), y un sólido iónico.

- Carga por inducción: Dada una esfera eléctricamente neutra al principio, si le acercamos una barra con carga positiva, los electrones se acercan a ella y en la esfera se inducen dos cargas: un lado queda eléctricamente negativo mientras que el otro tiene un déficit de cargas negativas, se "posietiviza".



Ley de Coulomb

La magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$\vec{F} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

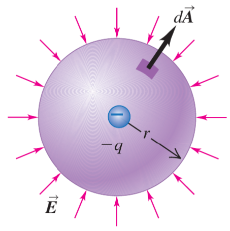
Ley de Gauss para el campo eléctrico

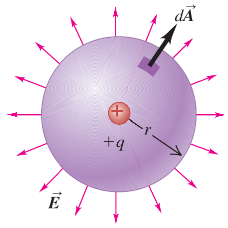
Dada cualquier distribución general de carga, rodeamos la misma con una superficie imaginaria y analizamos los efectos del campo eléctrico en los puntos de la superficie.

Carga y flujo eléctrico: Se introduce el concepto de "superficie cerrada", aquella que engloba un campo eléctrico. Para Determinar el campo aquí, se coloca una carga puntual y se evalúa la fuerza en relación al campo:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Flujo eléctrico y carga encerrada: Dada una superficie cerrada con un campo eléctrico, podemos determinar un "flujo", digamos cómo salen esos vectores de la superficie.
El flujo será positivo si las líneas de campo "entran" a la superficie, en caso contrario serán negativos.



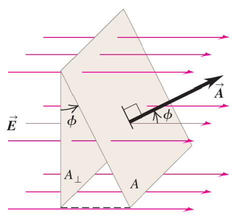


- La carga neta dentro de la superficie será 0 cuando existan la misma cantidad de cargas positivas como negativas, o no haya cargas.
- Una carga es positiva o negativa según la dirección del flujo y con respecto a cargas de prueba.
- Las cargas "fuera" de la superficie no provocan flujo en la misma.
- El flujo eléctrico es proporcional a la cantidad de carga neta contenida dentro de la superficie y no por el tamaño de la misma.

Cálculo del flujo eléctrico

- Campo uniforme:

$$\phi = \vec{E}\vec{N}\cos(\theta)$$



- Campo no uniforme:

$$\phi = \int \vec{E}\cos(\theta) d\vec{A}$$

Aplicable a superficies irregulares o no lineales, como a campos eléctricos que varían de un punto de la superficie a otro.

Formulación gral: Ley de Gauss para el campo eléctrico:

$$\phi_{electrico} = \oint \vec{E_{\perp}} d\vec{A} = \frac{\sum Q_{int}}{\epsilon_0}$$

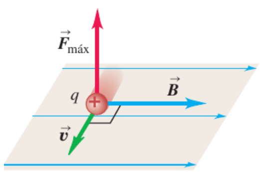
- Las líneas de campo eléctrico comienzan y terminan dentro de una región del espacio sólo cuando en esa región existe carga.
- Cargas negativas provocan sumideros donde las líneas de campo entran a la superficie.
- Cargas positivas provocan fuentes donde las líneas de campo salen de la superficie.

Conceptos - Magnetismo

- Una carga o corriente crea un campo magnético en el espacio circulante, además de un campo eléctrico.
- El campo magnético ejerce una fuerza $\vec{F}$ sobre cualquier otra carga o corriente en el mismo.

Fuerzas magnéticas en cargas móviles

- La magnitud de la fuerza es proporcional a la magnitud de la carga.
- La magnitud de la fuerza es proporcional a la intensidad del campo $\vec{B}$
- La fuerza magnética depende de la velocidad de la partícula.
- La fuerza $\vec{F}$ es perpendicular al campo y a la velocidad.

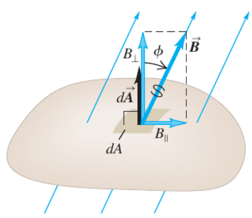


Fuerzas magnéticas y eléctricas

$$\vec{F} = q(\vec{V}\vec{E} \times \vec{B})$$

Ley de Gauss para el magnetismo

El flujo magnético ϕ_B se determina de la misma forma que el flujo eléctrico.



Desarrollo:

$$d\phi_B = \vec{B}\cos(\theta) d\vec{A}$$

$$\phi_B = \int \vec{B}\cos(\theta) d\vec{A}$$

Para un campo magnético uniforme podemos decir:

$$\phi_B = B\cos(\theta)\Delta\vec{A}$$

Dado a que no existen los monopolos magnéticos, y que todas las líneas del campo magnético entran y salen, se puede decir:

$$\oint \vec{B} d\vec{A} = 0$$

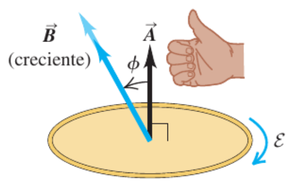
Ley de Faraday

La FEM inducida en una espira cerrada es igual al negativo de la tasa de cambio del flujo magnético a través de una espira con respecto al tiempo.

$$\epsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

Determinar el signo de las variables:

- Definir una dirección positiva para el vector área $\vec{A}$
- A partir de las direcciones de $\vec{A}$ y del vector de campo magnético $\vec{B}$, determinar el signo del flujo y la tasa de cambio del mismo.
- El signo de la FEM viene dado por si el flujo es creciente tal que su tasa de cambio es positiva, la FEM es negativa.



Ley de Lenz

- Es un método alternativo para determinar la dirección de la FEM inducida, su principio se puede obtener por la Ley de Faraday.
- "El campo magnético, concretamente su dirección, genera una FEM inducida, y el sentido de esta última de opone a la causa que lo generó."
- Es una consecuencia del principio de conservación de la energía.

Fuerzas de Lorenz

- $\vec{F} = q\vec{E}$ [Campo eléctrico]
- $\vec{F} = q\vec{V} \times \vec{B}$ [Campo magnético]

Ley de Ampere

- **Corriente de conducción**: velocidad de flujo de electrones sobre la sección de un conductor.

$$I_C = \int_{Acond.} Jd\vec{A}$$

- **Ley de Ampere incompleta**: "Los campos magnéticos son generados por las corrientes de conducción en materiales conductores"

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 J$$

- **Corrientes de desplazamiento**: aparece en lugares donde un campo eléctrico varía, pero no hay cargas presentes.

$$I_0 = \epsilon_0 \frac{d\phi_{\vec{E}}}{dt}$$

- **Ley de Ampere-Maxwell**:

$$\nabla \times \vec{B} = (I_C + I_D) = \mu_0(J + \epsilon_0 \frac{d\phi_{\vec{E}}}{dt})$$

1.2. Ecuaciones de Maxwell

Son un conjunto de cuatro ecuaciones que describen el comportamiento de los campos eléctrico y magnético ante cargas y corrientes.

I. Gauss para los campos eléctricos:

$$\oint \vec{E}d\vec{A} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

II. Gauss para los campos magnéticos:

$$\oint \vec{B}d\vec{A} = 0$$

III. Faraday:

$$\oint \vec{E}d\vec{l} = -\frac{d\phi_{\vec{B}}}{dt}$$

IV. Ampere-Maxwell:

$$\oint \vec{B}d\vec{l} = I_C + I_D$$

1.3. Demostraciones

Relación velocidad de la luz y las E.M.

- Objetivo: buscar la velocidad de propagación de la luz en el vació y en un entorno sin cargas (lo que implica $\vec{\rho} = 0$ y $\vec{J} = 0$)
- Desarrollo:

I. Tomando las leyes de Faraday y Ampere-Maxwell, podemos buscar la ecuación de onda para ambos campos:

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad \text{[Faraday]}$$

$$\nabla(\nabla \times \vec{E}) = \nabla(-\frac{\partial \vec{B}}{dt}) \qquad \text{[Rotacional a ambos lados]}$$

II. Tomamos el primer miembro de la ecuación anterior y vemos que:

$$\nabla(\nabla \times \vec{E}) = \nabla(\nabla\vec{E}) - \nabla^2\vec{E} \text{ [Teorema divergencia]}$$

Por ley de Gauss para el campo eléctrico en un entorno sin cargas: $\nabla\vec{E} = 0$

$$\nabla(\nabla \times \vec{E}) = -\nabla^2\vec{E}$$

III. Ahora se toma el segundo miembro de la ecuación del principio (ítem I):

$$-\nabla \times \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t}(\nabla \times \vec{B}) \qquad \text{[Amp-Max]}$$

$$-\nabla \times \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t}(\mu_0\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t})$$

$$-\nabla \times \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\mu_0\epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

IV. Igualamos las dos ecuaciones que logramos obtener para llegar a:

$$-\nabla^2\vec{E} = -\mu_0\epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2\vec{E} = \mu_0\epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

V. Comparado a la original ($\nabla^2\vec{E} = v^{-2}\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$), vemos que esto describe una onda electromagnética en el vacío y podemos hacer la asociación:

$$v^{-2} = \mu_0\epsilon_0$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \qquad \text{[Vel. de la luz en el vacío]}$$

Ec. Maxwell (integral → diferencial)

- Ley de Gauss para el campo eléctrico:

I. Forma integral:

$$\oint_S \vec{E}d\vec{A} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_0}$$

II. Aplicar teorema de la divergencia en el primer miembro, siendo:

$$\oint_S \vec{E}d\vec{A} = \iiint_V (\nabla\vec{E})dV$$

III. Combinando esto con la densidad de carga $\rho = \frac{Q_{int}}{V}$, se obtiene:

$$\nabla\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

- Ley de Gauss para el campo magnético:

    I. Forma integral:

    $$\oint_S \vec{B} d\vec{A} = 0$$

    II. Aplicando el teorema de divergencia en el primer miembro:

    $$\oint_S \vec{B} d\vec{A} = \iiint (\nabla \vec{B}) dV$$

    III. Se sabe entonces que:

    $$\nabla \vec{B} = 0$$

- Faraday:

    I. Forma integral:

    $$\oint_C \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d\phi_{\vec{B}}}{dt}$$

    II. Aplicando el teorema de Stokes en el primer miembro:

    $$\oint_C \vec{E} d\vec{l} = \iint (\nabla \times \vec{E}) \vec{A}$$

    III. Dado que $-\frac{d\phi_{\vec{B}}}{dt}$ es la tasa de cambio de flujo magnético, se obtiene:

    $$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$