



## GUÍA 1

### Introducción y Ley de Coulomb

#### Objetivos de aprendizaje

Esta guía sirve de soporte a la primera unidad del curso: Campo eléctrico. Las capacidades que tienes que comprobar o desarrollar a través de esta guía son:

- Expresar correctamente la Ley de Coulomb
- Expresar la fuerza eléctrica debida a una distribución discreta de carga
- Expresar correctamente el campo eléctrico que genera una distribución discreta de cargas puntuales

*Esta guía contiene un resumen de la materia, y los ejercicios esenciales que tienes que saber resolver.*

*Para profundizar tus conocimientos, puedes apoyarte en las secciones 23.1, 23.2 y 23.3 del libro "Física para ciencias e ingeniería" de Serway & Jewett*

### Ideas Claves

#### 1. Carga eléctrica

Los protones y electrones, partículas que se encuentran en los átomos están cargadas eléctricamente. Se observa que dos protones se repelen, al igual que dos electrones, mientras que un protón y un electrón se atraen.

Se dice que los protones tienen "carga eléctrica positiva" y los electrones tienen "carga eléctrica negativa".

El **Coulomb** es la unidad SI de carga eléctrica, abreviado como C.

El protón tiene una carga de  $e = +1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  y el electrón tiene una carga de  $-e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Los protones y electrones tienen un radio que es en general muy pequeño en comparación con la distancia entre ellos y todos los demás objetos de interés, por lo que podemos tratar el objeto como si toda su carga estuviera concentrada en un solo punto matemático: Los protones y electrones son considerados como **cargas puntuales**.

La materia está compuesta de átomos de tal manera que objetos de tamaño macroscópicos pueden tener carga. Por ejemplo, si existen electrones excedentes en comparación el número de protones la carga neta de un objeto será negativa.



## 2. Ley de Coulomb

La fuerza eléctrica es una interacción a distancia entre objetos que poseen una carga eléctrica.

Esta interacción está descrita por la **ley de Coulomb**:

La fuerza eléctrica que experimenta una partícula puntual de carga  $q_2$ , debido a la interacción con una partícula puntual de carga  $q_1$  **en el vacío** es:

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

donde  $q_1$  y  $q_2$  son las cargas eléctricas de los objetos 1 y 2, y  $r$  es la distancia entre las partículas.

La fuerza eléctrica actúa a lo largo de una línea entre dos objetos puntuales, de vector unitario  $\hat{r}$  (ver figura)

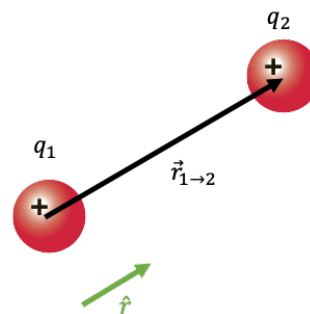
La constante  $\epsilon_0$  se llama **permitividad del vacío**, y su valor es:

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

En el caso de cargas de signos idénticos, la fuerza es positiva y luego corresponde a una repulsión entre cargas. Por otra parte, entre cargas de signos opuestos, la fuerza es negativa y las cargas se atraen.

Finalmente, se puede verificar que la ley de Coulomb cumple la relación:

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}, \text{ como era de esperarse por la tercera ley de Newton.}$$

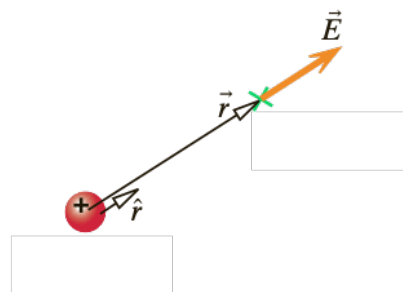


## 3. Campo Eléctrico

Una partícula puntual con carga  $q$  crea un campo eléctrico en todo el espacio excepto en su propia ubicación.

El **campo  $\vec{E}$**  generado a una distancia  $r$  de la carga es:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$



Con  $\hat{r}$  el vector unitario que indica la dirección de la carga al punto considerado (ver figura).

La unidad del campo en el sistema internacional es Newton por Coulomb (N/C)



### **Principio de superposición**

El campo eléctrico neto en una ubicación del espacio es **la suma vectorial de los campos eléctricos individuales** creados por todas las partículas cargadas ubicadas en otra parte.

El campo eléctrico creado por una partícula cargada no se ve afectado por la presencia de otras partículas cargadas.

### **Fuerza eléctrica**

Una partícula de carga  $q$ , en un campo eléctrico neto de valor  $\vec{E}$  en su ubicación está sometida a la **fuerza eléctrica**:

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

## **Ejercicios**

### **Ejercicio 1 Ley de Coulomb**

Dos esferas pequeñas separadas por una distancia de 20 cm tienen cargas iguales.

¿Cuántos electrones excedentes debe haber en cada esfera, si la magnitud de la fuerza de repulsión entre ellas es de  $4,57 \times 10^{-21}$  N?

### **Ejercicio 2 Ley de Coulomb**

Dos cargas puntuales se localizan sobre el eje  $y$  como sigue: la carga  $q_1 = -1,5$  nC está ubicada en  $y = 0,6$  m y la carga  $q_2 = 3,2$  nC se halla en el origen ( $y = 0$ ).

¿Cuál es la fuerza total (magnitud y dirección) ejercida por estas dos cargas sobre una tercera carga  $q_3 = 5$  nC que se ubica en  $y = -0,4$  m?

### **Ejercicio 3: Campo Eléctrico**

Una carga puntual de carga 2 nC está ubicada en el origen, y una segunda carga puntual de carga -5 nC está ubicada en el eje  $x$  a la posición  $x = 0,8$  m.

Encuentre el campo eléctrico (magnitud y dirección) en cada uno de los puntos siguientes sobre el eje  $x$ :

a)  $x = 0,2$  m

b)  $x = 1,2$  m

c)  $x = -0,2$  m



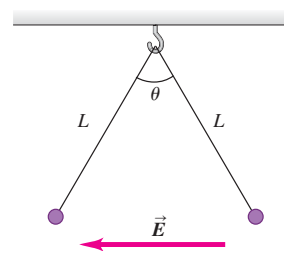
#### Ejercicio 4 Fuerza eléctrica

Se colocan cuatro cargas eléctricas idénticas en las esquinas de un cuadrado cuyos lados miden  $L$ .

- En un diagrama de cuerpo libre, muestre todas las fuerzas que actúen sobre una de las cargas.
- Encuentre la magnitud y la dirección de la fuerza total ejercida sobre una carga por las otras tres cargas.

#### Ejercicio 5 Problema de equilibrio con fuerza eléctrica

Dos esferas diminutas de masa  $m$  tienen cargas iguales pero opuestas, de magnitud  $q$ . Se atan al mismo gancho del techo con cuerdas ligeras de longitud  $L$ . Cuando se activa un campo eléctrico horizontal y uniforme  $E$ , las esferas cuelgan con un ángulo  $\theta$  entre las cuerdas (ver figura).



- ¿De qué signos es la carga de las esferas (derecha e izquierda)?
- Encuentre el ángulo  $\theta$  entre las cuerdas en términos de  $E$ ,  $q$ ,  $m$  y  $g$ .

#### BIBLIOGRAFÍA.

Esta guía fue inspirada de los libros siguientes.

- R. A. Serway, J. W. Jewett Jr., *Física para Ciencias e Ingenierías*, Thomson, 6<sup>th</sup> edición, 2005.
- H.D Young, R.A. Freedman, F.W Sears, M.W. Zemansky. *Sears e Zemansky física III: electromagnetismo*. Pearson, 2004.
- R.W, Chabay. and B.A., Sherwood, *Matter and interactions*. John Wiley & Sons, 2015