

Ley de Coulomb

Conocimiento previo _____

Ya sabemos que un cuerpo portador de carga eléctrica, en presencia de otro cuerpo eléctricamente cargado, se ejercen fuerzas mutuas que podrán ser de atracción ó de repulsión, según el tipo de carga de los cuerpos. Si los cuerpos son portadores del mismo tipo de carga eléctrica, las fuerzas entre los cuerpos serán de repulsión, y si las cargas eléctrica de los cuerpos son distintas, las fuerzas serán de atracción. Más aun: para el surgimiento de éstas fuerzas ni siquiera es necesario que los cuerpos estén en contacto, un característica distintiva de las fuerzas fundamentales de la naturaleza (como la fuerza de gravedad).



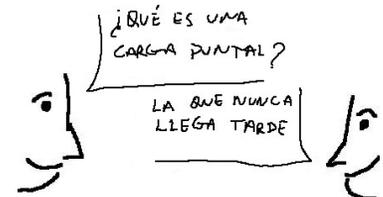
La ley de **Coulomb** (el de la “foto”) engloba toda esta información y más. Por ejemplo, nos dice como varía la intensidad de estas fuerzas en relación a la carga eléctrica de los cuerpos, y de la distancia que los separa.

Antes de seguir: cargas puntuales _____

La ley de Coulomb, rigurosamente hablando, sirve para las **cargas puntuales**. Si el tamaño de los cuerpos son muuuuy chicos en comparación con la distancia que los separa, entonces diremos que los cuerpos son cargas puntuales.

Por ejemplo, dos pelotas de tenis forradas en papel aluminio, eléctricamente aisladas^a, cargadas, y separadas por una distancia de una cuadra o más, podríamos considerarlas como cargas puntuales.

En este curso, sobreentenderemos que los protones, los electrones, y cualquier otra partícula cuántica con carga eléctrica^b, son cargas puntuales.



^aPor ejemplo, apoyadas sobre soportes de vidrio.

^bLos protones y los electrones no son las únicas, pero si las más famosas.

Características de las fuerzas _____

Las fuerzas, como cualquier otra magnitud vectorial, tienen características que las definen sin ambigüedad. Estas características son:

1. dirección,
2. sentido,
3. módulo¹,
4. recta de acción, y
5. punto de aplicación.

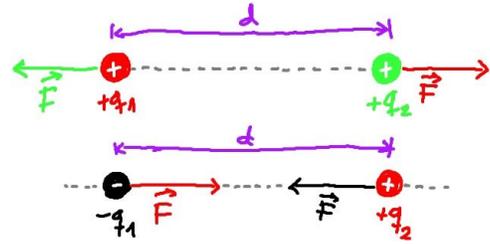
La dirección y el sentido (para donde “apunta” el vector fuerza) son bien conocidas; el módulo o intensidad, se corresponde con la longitud del vector fuerza tomando como referencia cierta escala; la recta de acción es donde se “apoya” el vector fuerza, y el punto de aplicación, como

¹Si se trata de fuerzas, al módulo se le dice intensidad

indica el nombre, es donde se aplica la fuerza (en el caso presente, en la carga puntual).

Ya tuvieron un adelanto de la ley de Coulomb, pues ya saben que las fuerzas (de atracción o repulsión) tienen:

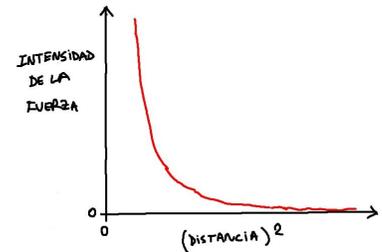
1. igual dirección,
2. sentidos opuestos (siempre),
3. igual intensidad (el mismo “largo”),
4. rectas de acción coincidentes (se superponen),
5. puntos de aplicación en cada carga puntual.



La ecuación (que permite calcular intensidad de la fuerza) _____

Cuando el péndulo oscilaba entre las latas, las fuerzas de atracción y repulsión constantemente variaban sus intensidades, según el péndulo estuviese acercándose o alejándose de una u otra lata: cuando el péndulo disminuía su distancia a una de las latas, la respectiva fuerza crecía en intensidad, y mientras que al mismo tiempo aumentaba la distancia respecto a la otra lata, la correspondiente fuerza disminuía.

Más aun, según descubrió experimentalmente Coulomb, la intensidad de estas fuerzas varía con el **inverso del cuadrado** de la distancia^a que separa a los cuerpos (el péndulo y la lata). En el bosquejo de grafica (roja) se muestra como varía la intensidad a medida de que la distancia entre los cuerpos aumenta, y como puede verse, la intensidad de las fuerzas se reduce drásticamente a medida de que los cuerpos se separan.



^adistancia \times distancia = distancia² = d^2 .

Pero Coulomb descubrió más: si aumentaba la carga de los cuerpos, aumentaba también la intensidad de las fuerzas: a más carga eléctrica, más intensas se hacen las fuerzas. En el bosquejo de gráfica (azul), se muestra tal comportamiento verificado experimentalmente. Del bosquejo de gráfica se deduce que el crecimiento de la intensidad de las fuerzas es **directamente proporcional** al producto de las cargas^a.



¿Pero que significa directamente proporcional? Si por ejemplo, $q_1 \cdot q_2$ duplica su valor, también lo hará la intensidad de la fuerza, si triplica, triplica la intensidad, y así sucesivamente. Más aun: si duplica q_1 y triplica q_2 , entonces $q_1 \cdot q_2$ se hace 6 veces mayor, por lo que la intensidad de las fuerzas también se hará 6 veces mayor.

^acarga₁ \times carga₂ = $q_1 \cdot q_2$

Toda la perorata anterior queda condensada en un la siguiente ecuación:

$$F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

siendo F la intensidad de cualquiera de las fuerzas², y K es una constante de proporcionalidad, que expresada en unidades del sistema internacional tiene el valor aproximado³:

²Sí, una fórmula para calcular las intensidades de las fuerzas.

³pero bueno para el curso.

$$K = 9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

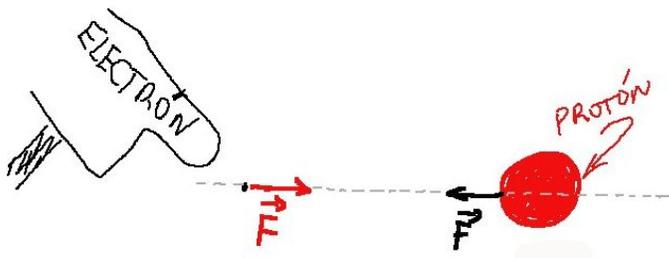
En definitiva, ¿qué reza la ley de Coulomb?

Dos cargas puntuales se ejercen fuerzas mutuas de atracción, si las cargas son de signos opuestos, ó de repulsión, si son de igual signo, cuyas fuerzas están dirigidas sobre la recta que las une, con sentidos opuestos, e intensidades iguales, cuyo valor es directamente proporcional al producto de las cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

Dicho así, “papita pal loro”.

Ejemplo

Vamos a calcular la intensidad de las fuerzas de atracción mutua que surgen entre un protón y un electrón, separados por una distancia de 1 milímetro⁴, es decir: $d = 0,001 \text{ m}$. Puede parecer poco, pero en relación al tamaño de éstas partículas, la distancia que las separa es enorme, y por lo tanto, se pueden tratar como cargas puntuales (o sea, cumplen con la condición de validez de la ley de Coulomb).



Por otro lado, ya sabemos que el valor de la carga eléctrica que portan cualquiera de éstas dos partículas es: $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Así resulta que:

$$F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2} = \frac{9,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \cdot 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}}{(0,001 \text{ m})^2} = 2,3 \times 10^{-22} \text{ N}$$

La intensidad de las fuerzas de atracción entre el protón y el electrón es insignificante... ¡para nuestra escala!

⁴A tener en cuenta: siempre convertir a unidades internacionales.