Física 3-Cátedra Dmitruk

Guía 1

Clase 1

Andrea Buccino

Guía 1

Las Guías que vamos a utilizar en esta materia están disponibles en
https://materias.df.uba.ar/f3aa2020c1/guias/

En la Guía 1 veremos conceptos y herramientas de cálculos para problemas de electrostática.

En los ejercicios 1.1 a 1.3 estudiaremos la ley de Coulomb (magnitud y cálculo de la fuerza electrostática).

Comenzaremos por acá...

Ley de Coulomb

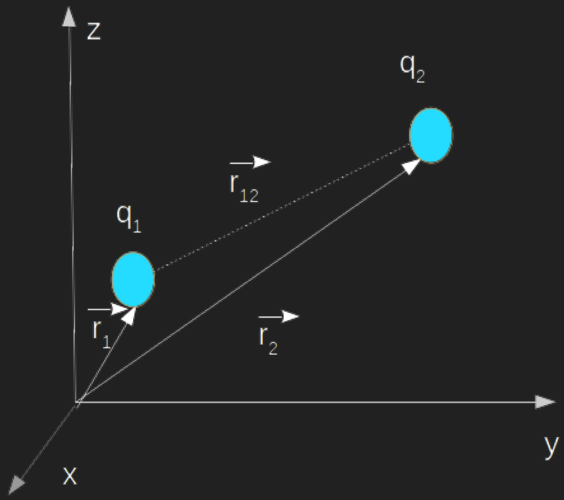
La ley de Coulomb es una ley experimental que establece que la fuerza entre dos partículas es directamente proporcional al valor de las cargas, inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Dado que se trata de una magnitud vectorial debemos considerar no sólo su módulo, sino también dirección y sentido. Su dirección está dada por la recta que une a ambas cargas y su sentido depende del signo de las cargas.

La expresión está dada por

$$\vec{F_e} = \frac{k\, q_1 q_2}{|\vec{r_{12}}|^2}\hat{r_{12}}$$

La reescribiremos para su aplicación

$$\vec{F_e} = \frac{k\, q_1 q_2}{|\vec{r_{12}}|^2}\hat{r_{12}} = \frac{k\, q_1 q_2}{|\vec{r_{12}}|^3}\vec{r_{12}}$$



Donde *k* recibe el nombre de constante electrostática

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

Y ε_0 es la permitividad eléctrica del vacío.

Ejercicio 1.1

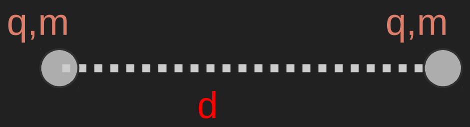
Física 3 - *Turno : Mañana*

Guía N° 1 - Primer cuatrimestre de 2019
Electrostática, ley de Coulomb, campo electrostático, distribuciones de carga, energía.

1. Calcular el cociente q/m entre la carga y la masa de dos partículas idénticas que se repelen electrostáticamente con la misma fuerza con que se atraen gravitatoriamente. Comparar el valor hallado con el cociente e/m para el electrón.

   Datos: $G = 6{,}7\times10^{-11}$ N m^2/kg^2; $k = 9\times10^{9}$N m^2/C^2; $m_e \approx 9\times10^{-31}$ kg; $e = 1{,}6\times10^{-19}$ C.

Suponemos que en este caso tenemos dos partículas idénticas de carga *q* y masa *m* conocidas a una distancia *d*.



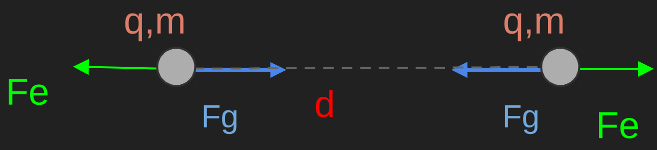
Entonces la interacción gravitatoria está dada por la expresión,

$$\vec{F}_g = \frac{G\, m_1 m_2}{|\vec{r_{12}}|^3}\vec{r_{12}}$$

Y la interacción electrostática por

$$\vec{F}_e = \frac{k\, q_1 q_2}{|\vec{r_{12}}|^3}\vec{r_{12}}$$

Ambas fuerzas son colineales y en este caso



$$q_1 = q_2 = q \text{ y } m_1 = m_2 = m \text{ y } |\vec{r_{12}}| = d$$

Y dado que el problema dice que ambas interacciones se equiparan en módulo

$$|\vec{F}_g| = |\vec{F}_e|$$

Es decir,

$$\frac{k\,q^2}{d^2} = \frac{G\,m^2}{d^2}$$

Esta condición se da cuando se cumple la siguiente relación entre masa y carga:

$$\frac{q}{m} = \sqrt{\frac{G}{k}}$$

Aplicando los valores de las constantes el cociente q/m=8.6 10^{-11} C kg^{-1}

Pero cómo es esta relación en la naturaleza? Veamos el caso del electrón,

el cociente e/m_e=1.77 10^{11} C kg^{-1}. Es decir claramente las interacciones no son equiparables.

Suponiendo entonces que dos electrones idénticos interactúan electrostática y gravitatoriamente de manera clásica y despreciando cualquier otro tipo de interacción, se puede calcular el cociente entre ambas fuerzas con las fórmulas ya aplicadas en este problema

$$\frac{|\vec{F}_e|}{|\vec{F}_g|} = \frac{k\,q^2}{G\,m^2}$$

Teniendo en cuenta la carga y masa del electrón este cociente da 4.24 10^{42}, donde se puede ver que la interacción gravitatoria es despreciable respecto a la electrostática.

Simulación para adquirir noción de las magnitudes

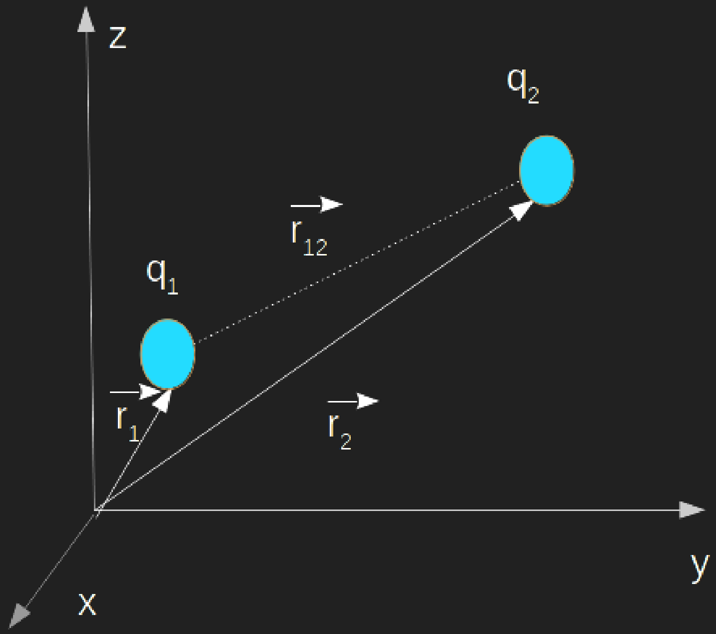
En https://phet.colorado.edu/es/simulation/coulombs-law podrán encontrar una simple experiencia donde podrán ver cómo varía la magnitud de la fuerza electrostática con los diferentes parámetros en escala macro y microsópica.

En la página en Multimedia está insertado el video.

Fuerza electrostática-Principio de superposición

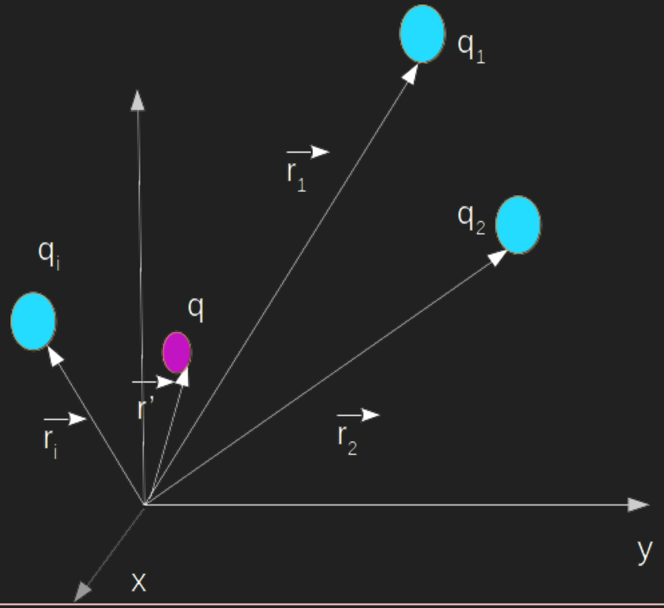
Recordamos que la expresión para la interacción electrostática entre dos cargas en determinadas posiciones está dada por

$$\vec{F}_{q1,q2} = \frac{kq_1q_2(\vec{r_2} - \vec{r_1})}{|\vec{r_2} - \vec{r_1}|^3}$$



Fuerza electrostática-Principio de superposición

Si la carga q está en presencia de otras cargas deben sumarse las interacciones (principio de superposición) y la fuerza resultante es

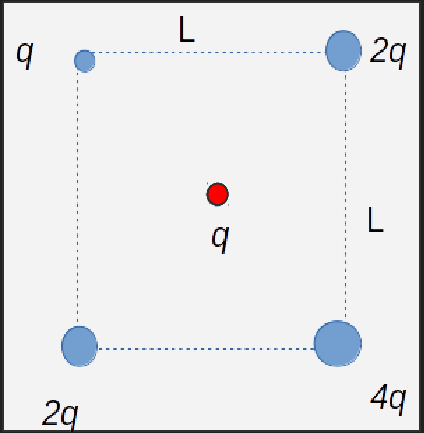


$$\vec{F}_{tot} = \sum_i \frac{k q_i q(\vec{r} - \vec{r_i})}{|\vec{r} - \vec{r_i}|^3}$$

Con estos conceptos podremos resolver el ejercicio 1.3 de la Guía

3. Hallar la fuerza neta sobre una carga q ubicada en el centro de un cuadrado de lado L, cuando se han colocado cargas $q, 2q, 4q$ y $2q$ en los cuatro vértices (en ese orden). Saque provecho de la simetría de la configuración de cargas, para simplificar el cálculo.

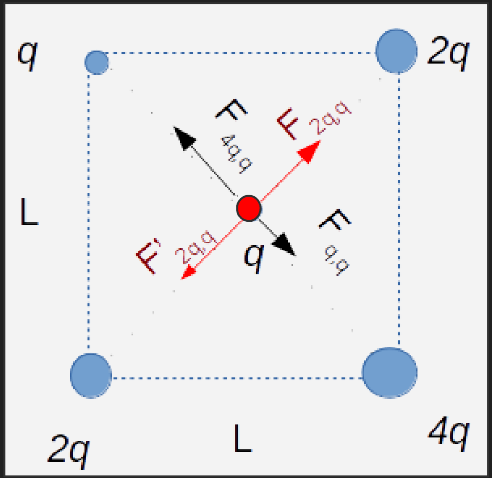
Donde se plantea la interacción entre la carga *q* (roja) en presencia de cuatro cargas *4q*, *2q*, *2q* y *q* (celestes) según muestra la figura



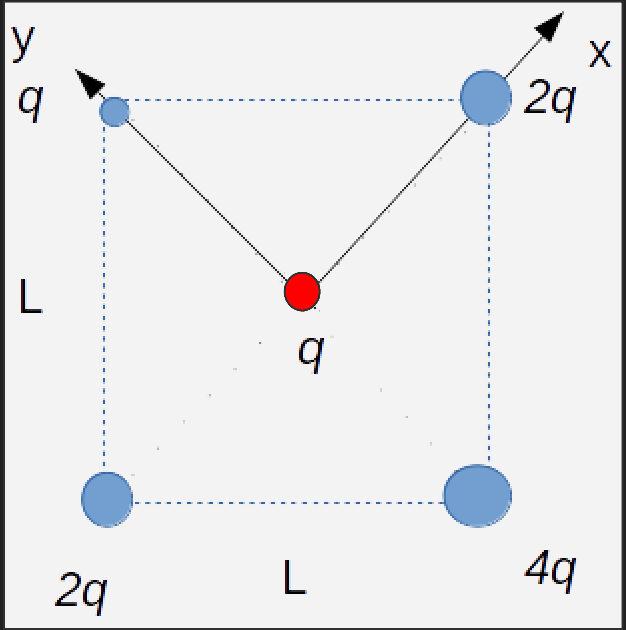
El enunciado del problema nos convoca a que aprovechemos la simetría del problema para plantear el sistema de coordenadas, esta estrategia nos acompañará durante TODA la cursada.

Aprovechar la simetría del problema nos facilitará no sólo el álgebra del problema sino también la interpretación física.

En este caso podemos ver que las fuerzas se encontrarán sobre las diagonales del cuadrado.



Por lo tanto nos conviene elegir un sistema de coordenadas que coincida con los diagonales, en este caso esto es posible porque ambas son perpendiculares.



Una vez planteado el sistema de coordenadas tenemos que plantear la posición de las fuentes q_i y la fuente q donde se aplica la fuerza total.

Recordamos

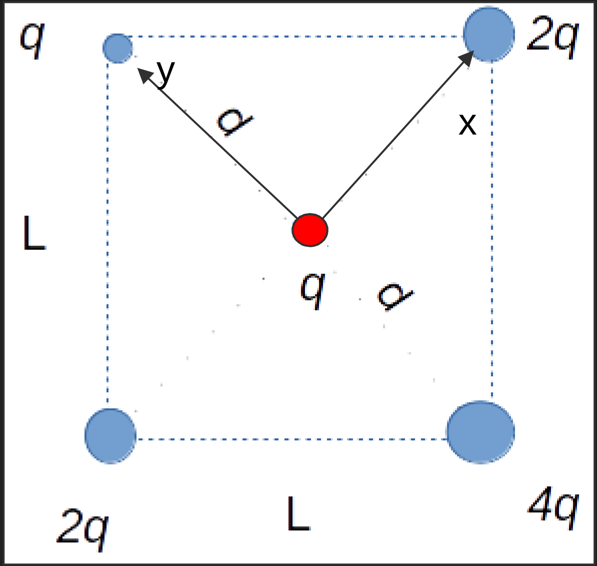
$$\vec{F}_{tot} = \sum_i \frac{k q_i q (\vec{r} - \vec{r_i})}{|\vec{r} - \vec{r_i}|^3}$$

$$\boxed{\vec{r_q} = (0,0)}$$

$$\left.\begin{aligned} \vec{r_{2q}} &= (d,0) \\ \vec{r_{2q}} &= (-d,0) \\ \vec{r_q} &= (0,d) \\ \vec{r_{4q}} &= (0,-d) \end{aligned}\right\} \text{fuentes}$$

$$2d = \sqrt{L^2 + L^2}$$

$$d = \frac{\sqrt{2}}{2} L$$

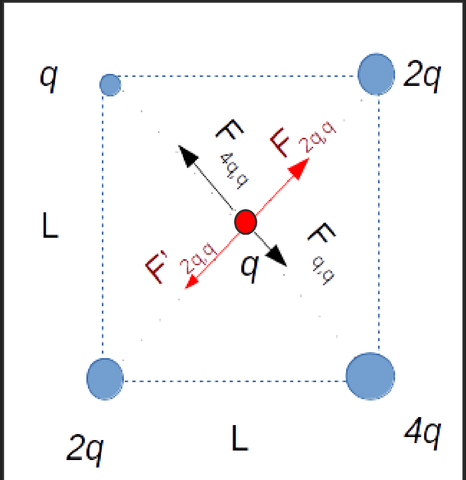


Entonces ya estamos en condiciones de calcular la fuerza como la suma de todas contribuciones

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_{2q,q} + \vec{F'}_{2q,q} + \vec{F}_{q,q} + \vec{F}_{4q,q}$$

$$\vec{F}_{tot} = \frac{kq2q(-d\hat{x})}{d^3} + \frac{kq2q(d\hat{x})}{d^3} - \frac{kqq(d\hat{y})}{d^3} + \frac{kq4q(\ \ d\hat{y})}{d^3}$$

$$\vec{F}_{tot} = \frac{k3q^2}{d^2}\hat{y}$$



Podemos ver que la fuerza total tiene dirección *y*, pues las contribuciones en *x* se anulan. Efectivamente si observamos la distribución de cargas es simétrica en el eje *x* y
Por lo tanto no hay razón física para que haya una fuerza en esa dirección, porque hay balances de fuerzas (Fuerzas rojas en la figura).