Fuerza Electrostática

En un cuerpo electrizado no podemos observar la carga eléctrica, pero como se mencionó en la lección anterior es posible observar los efectos de las fuerzas ejercidas sobre los objetos cargados (si se atraen o se repelen). La fuerza eléctrica que los objetos cargados ejercen entre sí depende de la cantidad de carga y de la distancia entre ellos.

"Charles-Agustín Coulomb (1736-1806) realizó varios experimentos para determinar cómo la fuerza eléctrica entre dos cargas (q_1, y q_2) depende de la cantidad de cada carga y de la separación entre ellas. Su resultado se denomina Ley de Coulomb, la cual establece:

La magnitud F de la fuerza eléctrica ejercida por una carga puntual sobre otra carga puntual es directamente proporcional a las magnitudes q_1 y q_2 de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas: (Cutnell & Johnson, 2004)

$$\mathbf{F} = k\,\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad \text{ó} \qquad \mathbf{F} = \frac{1}{4\pi e_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

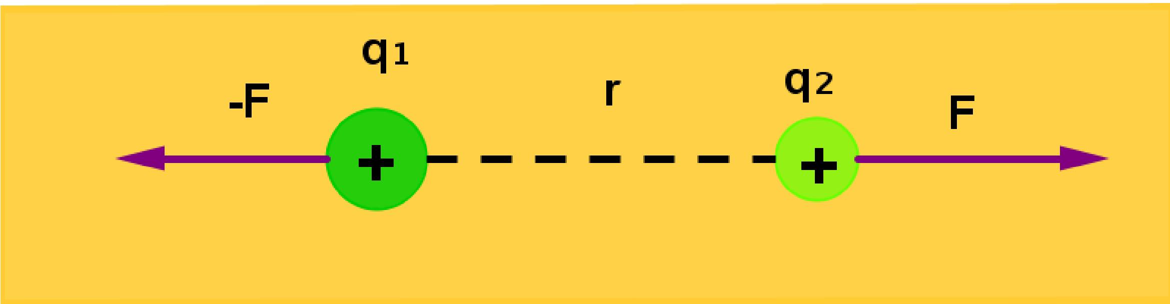
Donde K es una constante de proporcionalidad cuyo valor es

K = $8.99\text{X}10^9 \text{N.m}^2/\text{C}^2$(M.K.S)

K = 1 $\text{dinacm}^2/\text{ues}^2$ (c.g.s)

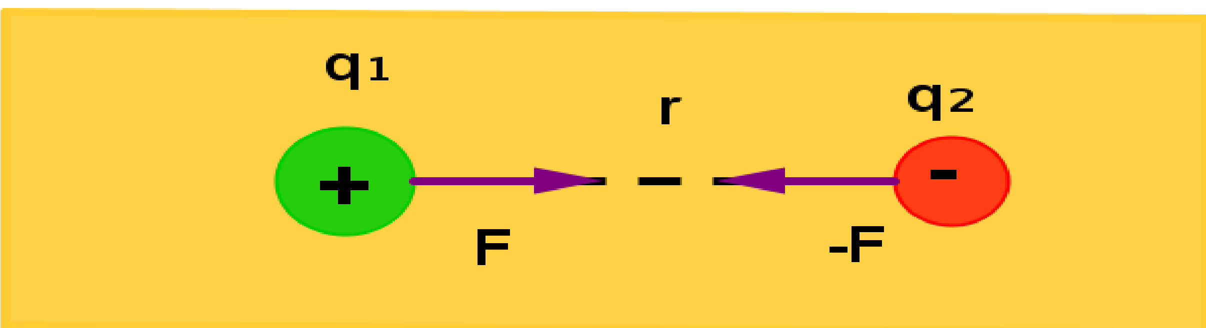
e_0 = Constante de permitividad en el vacío

Fuerza Electrostática

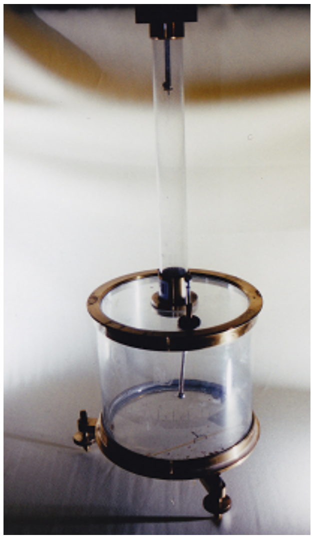


Dos cargas positivas ejercen fuerzas iguales pero en direcciones opuestas (cargas iguales se repelen, de acuerdo a la ley de Coulomb y la tercera ley del movimiento de newton). La fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r que existe entre las dos cargas.

En cambio, si las dos cargas fueran una positiva y otra negativa:



Para medir la intensidad de la fuerza electrostática entre dos cargas, Coulomb desarrolló un aparato que se denomina balanza de torsión. Encontró que la fuerza de atracción o de repulsión entre dos objetos es proporcional al tamaño de cada carga e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. La ley de coulomb tiene una forma muy parecida a la ley de Newton de la gravitación, la cual describe la fuerza entre dos masas. No obstante, la fuerza gravitacional siempre es de atracción, y en general es mucho más débil que la electrostática. (Griffith, 2008)



El valor de la carga de un cuerpo, que se representa por q, se puede medir por el número de electrones que el cuerpo pierde o gana, pero no es muy práctico, pues el cuerpo pierde o gana un gran número de electrones. Por lo que en la práctica se utiliza:

Carga de un cuerpo (q)	M.K.S Coulomb (C)	C.G.S ues

Equivalencias:

1 coulomb = 6.24 x 10^{28} e

1 ues = 2.09 x 10^{9} e

1 coulomb = 3 x 10^{9} ues

En electrostática se trabaja, por lo general, con cargas eléctricas mucho menores, así es que utilizaremos los siguientes submúltiplos:

1 milicoulomb (mc) = 10^{-3} C

1 microcoulomb (μC) = 10^{-6} C

1 nanocoulomb (nc) = 10^{-9} C

La ecuación de la Ley de coulomb solamente es válida cuando las cargas se encuentran en el vacío o, en forma aproximada, si se encuentran en el aire. Pero si entre las cargas existe una sustancia o un medio aislante, la fuerza eléctrica de interacción entre las sustancias disminuye dependiendo del medio. La relación que existe entre la fuerza eléctrica de dos cargas en el vacío y la fuerza eléctrica de estas mismas cargas sumergidas en un medio o sustancia aislante, se le denomina permitividad relativa o coeficiente dieléctrico ε_T

Fuerza Electrostática

$$\varepsilon_T = \frac{F}{F'}$$

ε_T = Permitividad relativa del medio (adimensional)

F = fuerza eléctrica en el vacío (Nw, dinas)

F´= Fuerza eléctrica de las mismas cargas en el medio (N, dinas)

PERMITIVIDAD RELATIVA	
MEDIO	**ε_T (adimensional)**
Vacío	1.0
Aire	1.0005
Gasolina	2.35
Vidrio	4.7
Mica	5.6
Glicerina	45
Agua	80.5

Fuerza Electrostática

"La fuerza eléctrica que dos cargas ejercen sobre una tercera, es la suma vectorial de las fuerzas que cada una de ellas ejercerían por separado" o bien expresado "la fuerza neta que actúa sobre cualquier carga es la suma vectorial de una distribución determinada" (Blatt, 1991)**.**

EJEMPLO GUIADO 1

Calcula la fuerza eléctrica entre dos cargas de: q_1 = 3 mC y q_2= 4 mC, las cuales se encuentran separadas en el vacío a una distancia de 35 cm.

Datos *Fórmula* *Sustitución*

q_1 = 3 mC = $3x10^{-3}$C

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

$$F = \frac{8.99X10^{9}\frac{N.m^2}{C^2}(3x10-^{3}C)(4x10-^{3}C)}{(0.35m)^2}$$

q_2= 4 mC = $4x10^{-3}$C

F = 880,653.06 N **SE RECHAZAN O REPELEN**

r = 0.35 m

1 milicoulomb (mC) = 10^{-3} C

EJEMPLO GUIADO 2

Una carga de 5 x10^{-3} ues se encuentra en el aire a 40 cm de otra carga de -4x10^{-3} ues, calcula:

a) La fuerza eléctrica entre ellas

b) La fuerza eléctrica entre ellas si estuvieran sumergidas en agua

A)

Datos *conversión de unidades*

q_1 = 5x10^{-3}ues =

1 coulomb (mC) =3x 10^9 ues

q_2= -4 x 10 $^{-3}$ues

x = 5x10^{-3}ues x= 1.66x10^{-12}C

r = 0.4 m

1 coulomb (mC) =3x 10^9 ues

x = -4 x10^{-3}ues x= -1.33x10^{-12}C

FÓRMULAS *SUSTITUCIÓN*

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

F = $\frac{8.99X10^{9}\frac{N.m^2}{C^2}(1.66x10^{-12}C)(-1.33x10^{-12}C)}{(0.16m)^2}$ **=** **- 1.24 X 10^{-13} N**

B)

Datos *Fórmula* *Sustitución*

q_1 = 5x10^{-3}ues = 1.66x10^{-12}C $\varepsilon_T = \frac{F}{F'}$ $F' = \frac{-1.24x10^{-13}N}{80.5}$

q_2= -4 x 10 $^{-3}$ues = -1.33x10^{-12}C *Despeje* **F´= - 1.54 x 10^{-15}N**

F en vacío = **=** - 1.24 X 10^{-13} N **ε_TF´= F**

r = .4 m F´= $\frac{F}{\varepsilon T}$

ε_T = 80.5 en agua

F´= ?

EJEMPLO GUIADO 3

Una carga de 8 μC rechaza a otra con una fuerza 7 x 10^{-3}N. Calcula el valor de la carga desconocida si ambas cargas se encuentran en el aire a una distancia de 55 cm.

Datos *Calculemos primero la F en vacío partiendo del medio en el aire*

q_1 =8 μC = 8 x10^{-6}C *Fórmula* *Sustitución*

q_2= ? $\varepsilon_T = \frac{F}{F'}$ F = 1.0005 (7 x 10^{-3} N)

F´ en aire =7 x 10^{-3}N *Despeje* **F=7.0035 x** 10^{-3} **N** r = .55 m

ε_T =1.0005 en aire

F vacío = ?Fórmula

K =$8.99X10^{9}\frac{\mathrm{N.m^2}}{\mathrm{C^2}}$ **F = $k\ \frac{q_1 q_2}{r^2}$**

ε_T **F´= F**

Teniendo el valor de la fuerza en vacío:

Sustitución

$q_2 = \frac{7.0035x10^{-3}N\ \ x\ 0.55m^2}{8.99X10^{9}\frac{\mathrm{N.m^2}}{\mathrm{C^2}}\ X\ 8\ x10^{-6}C} = \frac{\frac{N.m^2}{1}}{\frac{N.m^2.C}{c^2}} = \frac{N.m^2c^2}{N.m^2C} = \mathrm{C}$

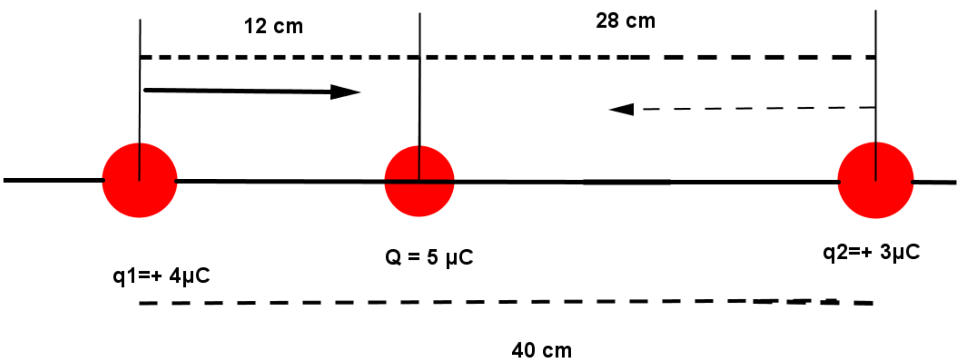
Depejando

$q_2 = \frac{fr^2}{k\ q_1}$

q_2 = $2.95\ x10^{-8}C$

EJEMPLO GUIADO 4

Dos cargas puntuales con cargas q_1= 4 μC y q_2= 3 μC se encuentran separadas a una distancia de 40 cm, como se muestra en la figura. Una tercera carga Q= 5 μC, se coloca entre las dos cargas anteriores a 12 cm de q_1. Calcula la fuerza electrostática neta que actúa sobre la carga Q.



Fuerza Electrostática

1) Calculemos primero con la ley de Coulomb la Fuerza entre q_1 y Q:

Datos: *Fórmula* *Sustitución*

q_1= 4 μC = 4 x10^{-6}C

$$F = k\,\frac{q_1 Q}{r^2}$$

$$F = \frac{8.99\text{X}10^{9}\frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}(4\text{ x}10^{-6}\text{C})(5\text{x}10^{-6}\text{C})}{(0.12m)^2} = \mathbf{12.49\ N}$$

Q = 5μC = 5 x10^{-6}C

K = $8.99\text{X}10^{9}\frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$

F_1 =12.49 N

R = .12 m

2) Calculemos de igual manera la Fuerza entre q_2 y Q

Datos: *Fórmula* *Sustitución*

Q_2= 3 μC = 3 x10^{-6}C

$$F = k\,\frac{q_2 Q}{r^2}$$

$$F = \frac{8.99\text{X}10^{9}\frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}(3\text{ x}10^{-6}\text{C})(5\text{x}10^{-6}\text{C})}{(0.28m)^2} = \mathbf{1.72\ N}$$

Q = 5μC = 5 x10^{-6}C

K = $8.99\text{X}10^{9}\frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$

F_2 =1.72 N

R = .28 m

3) Calculemos la fuerza neta (suma vectorial)

Datos

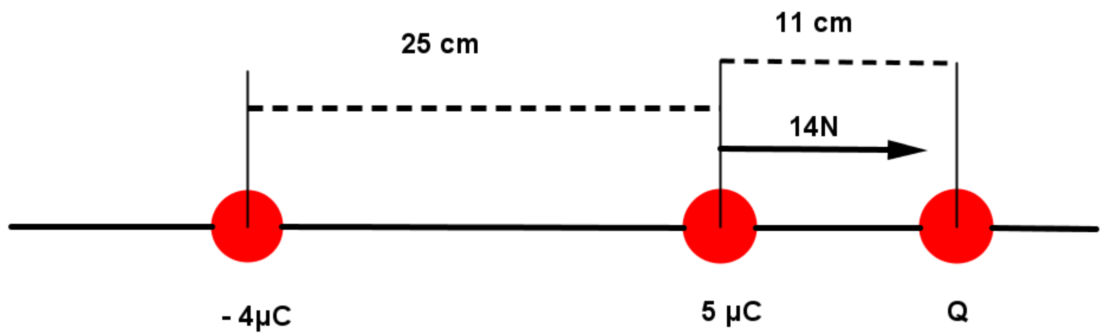
F_1= 12.49 N hacia la derecha

F_2 = 1.72 n hacia la izquierda

Fneta = $F_1 - F_2$ = 12.49 N - 1.72 N = 10.77 N

EJEMPLO GUIADO 5

Tres cargas se localizan en línea recta. La fuerza que actúa sobre la carga de 5μCes de 14 N, y se dirige hacia la derecha. Calcula la magnitud y el signo de la carga Q, como muestra la siguiente figura:



Como son dos fuerzas las que actúan sobre la carga de 5 μC, calculemos la fuerza debida a la carga – 4 μC, la cual se dirige hacia la izquierda y su valor se calcula de la sig. manera:

Datos	*Fórmula*	*Sustitución*
q_1 = -4 μC = -4 x 10^{-6}C	**F =** $k\,\frac{q_1 q_2}{r^2}$	**F =** $\frac{8.99X10^9\frac{N.m^2}{C^2}(4x10-6C)(5x10-6C)}{(0.36m)^2}$ **= 1.39N**
q_2= 5 μC = 5 x 10^{-6}C		

r = 0.36 m

Q = ?

1 microcoulomb (μC) = 10^{-6} C

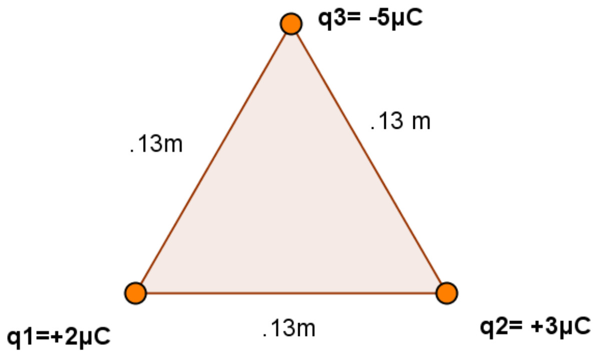
Y como la fuerza neta sobre la carga de 5μC se dirige a la derecha con una magnitud de 14N, la carga Q debe de ejercer una fuerza de atracción de (14 N + 1.39N = 15.39 N) sobre la carga de 5 μC, así es que la carga Q será negativa y se calcula su magnitud de la sig. manera:

Datos	*Fórmula*	*Sustitución*
q_1 = -4 μC = -4 x 10^{-6}C	**F = $k\,\frac{q_2 Q}{r^2}$**	**Q =** $\frac{-(14.39\text{N})(0.36m)^2}{(8.99\text{X}10^9\frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2})(5\text{x}10^{-6}\text{C})}$ **= - 4.15 x10^{-5}C**
q_2= 5μC = 5 x 10^{-6}C	Despejando	Q = $\frac{N.m^2 C}{N.m^2}$ = C
r = 0.36 m	$\frac{Fr^2}{kq_2}$ = Q	
Q = ?		
F= 14.39N		

EJEMPLO GUIADO 6

Tres cargas: q_1= +2 μC,q_2= +3 μC y q_3= -5 μC se colocan en los vértices de un equilátero, cuyo lado es de 13 cm de longitud. Calcula el valor de la fuerza neta que actúa sobre la carga q_3 debido a las otras dos.

Primero realicemos un diagrama que represente las 3 cargas:

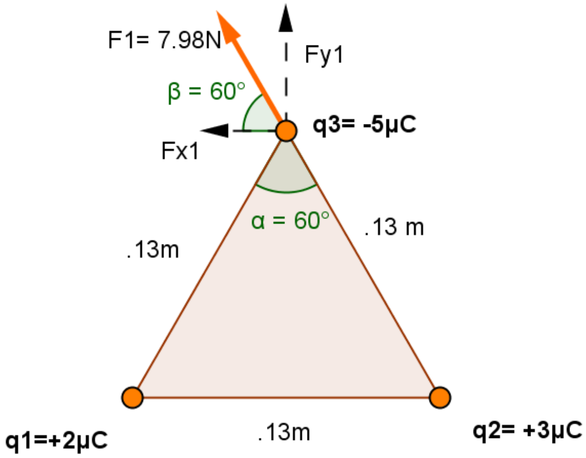


Entre las cargas q_3 y q_2 existe una fuerza de atracción, pues son cargas contrarias utilizando la ley de coulomb, calculemos dicha fuerza:

$$\mathbf{F_1} = k\frac{q_3 q_2}{r^2} = \frac{8.99\mathrm{X}10^9 \frac{\mathrm{N.m^2}}{\mathrm{C^2}} (5\mathrm{x}10{-}6\mathrm{C})(3\mathrm{x}10{-}6\mathrm{C})}{(0.13m)^2} = \mathbf{7.98\ N}$$

Esta fuerza F1 tiene dos componentes Fx_1 y Fy_2 calculémosla auxiliados del gráfico

Fuerza Electrostática



Cálculo de componentes de F_1 = 7.98 N

FX_1= F_1 cos 60º = 7.98 N (cos 60º) = 3.99 N con sentido a la izquierda es decir fx_1= -3.99 N

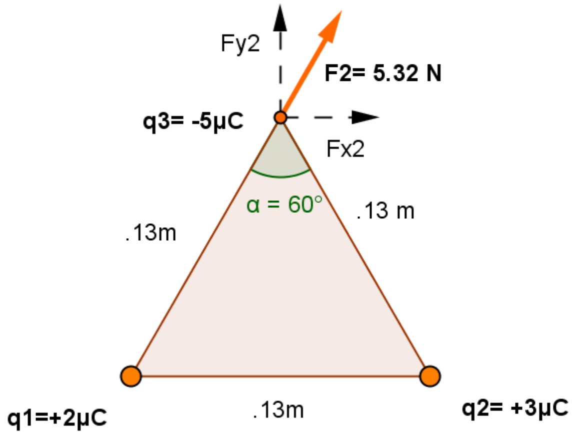
FY_1= F_1 Sen 60º = 7.98 N (sen60º) = 6.91 N positivo fy_1= + 6.91 N

Hagamos lo mismo con la fuerza q_1 y q_3

Entre las cargas q_1 y q_3 existe una fuerza de atracción, pues son cargas contrarias utilizando la ley de coulomb, calculemos dicha fuerza:

$$\mathbf{F_2} = k\frac{q_3 q_2}{r^2} = \frac{8.99\mathrm{X}10^9\frac{\mathrm{N.m}^2}{\mathrm{C}^2}(5\mathrm{x}10-6\mathrm{C})(2\mathrm{x}10-6\mathrm{C})}{(0.13m)^2} = \mathbf{5.32N}$$

Fuerza Electrostática

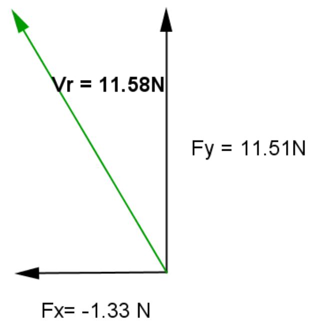


Cálculo de componentes de F_2 = 5.32 N

FX_2= F_2 cos 60º = 5.32 N (cos 60º) = 2.66 N con sentido a la derecha es decir fx_2= 2.66 N

FY_2= F_1 Sen 60º = 5.31 N (sen60º) =4.6 N positivo fy_2= + 4.6N

Las componentes del vector resultante de las dos fuerzas que actúen sobre q_3:



$Fx = Fx_1 + Fx_2$ = - 3.99 N + 2.66 N = - 1. 33 N

$Fy = Fy_1 + Fy_2$ = + 6.91 N + 4.6N = 11.51 N

Calculemos la resultante del sistema:

$R^2 = (Fx)^2 + (FY)^2$

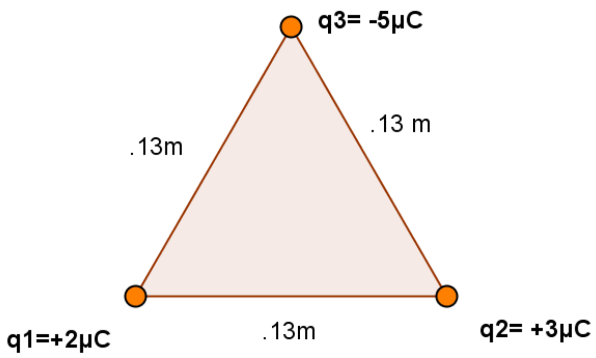
$R^2 = (-1.33\ N)^2 + (11.51N)^2$

R= 11.58 N

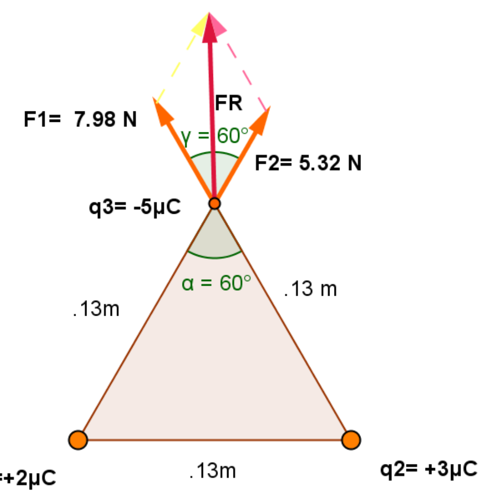
Fuerza Electrostática

Otra manera de solucionarlo es utilizando la ley de cosenos:

Primero realicemos un diagrama que represente las 3 cargas:

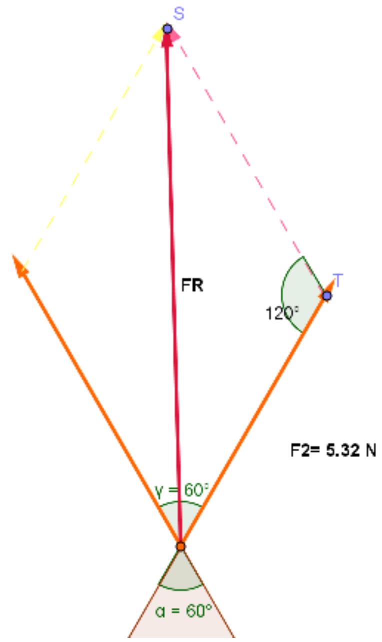


Ahora representemos las fuerzas ya calculadas que se aplican en la carga 3:



Para calcular la FR utilizaremos la ley de cosenos: haciendo un acercamiento al gráfico

Fuerza Electrostática



$FR^2 = F_1^{\,2} + F_2^{\,2} - 2F_1^{\,2}F_2^{\,2}\text{Cos } 120º$

$FR^2 = (7.98N)^2 + (5.32N)^2 - 2(7.98N)(5.32N)(\cos 120º)$

$FR^2 = 91.98\ N^2 + 42.45\ N^2$

$FR^2 = 134.43\ N^2$

$FR = 11.59\ N$ mismo resultado que con el método de componentes.