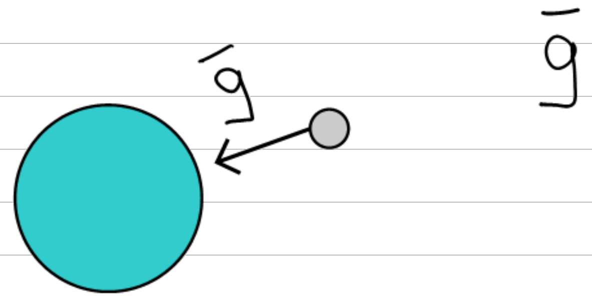
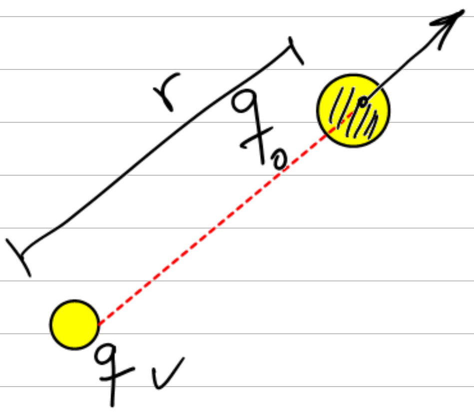
Faraday $\rightarrow$ Maxwell

Campo, acción a distancia



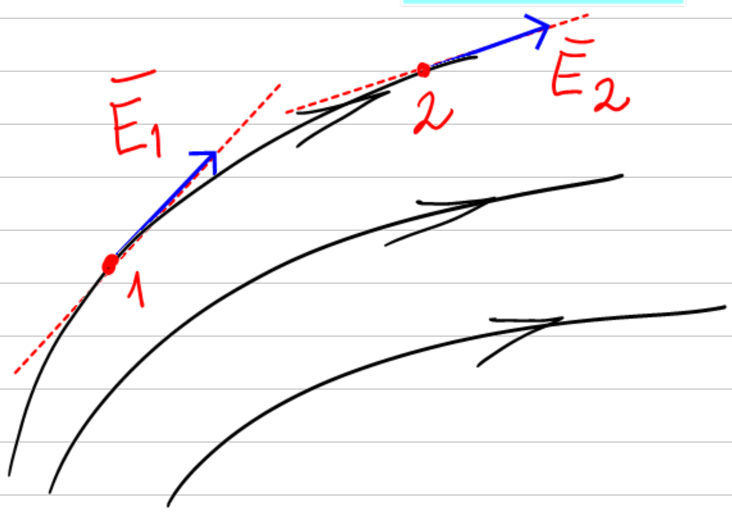
Campo eléctrico ($\bar{E}$)



$$F_{elec} = K\frac{q\,q_0}{r^2}$$

$$E = \frac{F_{elec}}{q_0} = \frac{Kq\,q_0/r^2}{q_0}$$

$$\boxed{E = \frac{Kq}{r^2}} \quad (N/C)$$



Abordar esta situación requiere el concepto de **campo**, que puede usarse para describir ciertas fuerzas. Un **campo eléctrico**, $E(r)$, se define en cualquier punto del espacio $\vec{r}$, como la fuerza eléctrica neta sobre una carga, dividida entre esa carga:

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q}. \tag{22.1}$$

Las unidades del campo eléctrico son newtons por coulomb (N/C). Esta simple definición elimina la engorrosa dependencia de la fuerza eléctrica sobre una carga en particular, que se usa para medir la fuerza. Podemos determinar rápidamente la fuerza neta sobre cualquier carga al usar $\vec{F}(\vec{r}) = q\vec{E}(\vec{r})$, que es un reordenamiento trivial de la ecuación 22.1.

Un campo eléctrico puede (y así ocurre en la mayor parte de las aplicaciones) cambiar como una función de la coordenada espacial. La dirección e intensidad cambiantes del campo eléctrico pueden visualizarse por medio de **líneas de campo eléctrico**, que representan gráficamente la fuerza ejercida sobre una carga de prueba positiva unitaria. La representación es válida por separado para cada punto en el espacio en el que pudiera ubicarse la carga de prueba. La dirección de la línea de campo en cada punto es la misma que la dirección de la fuerza en ese punto, y la densidad de las líneas de campo es proporcional a la magnitud de la fuerza.

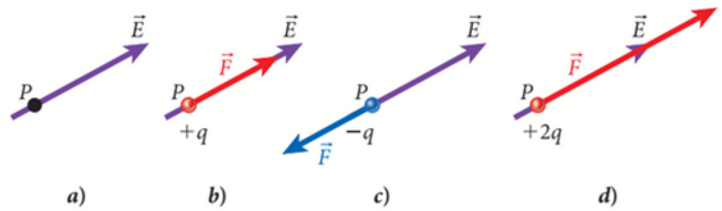
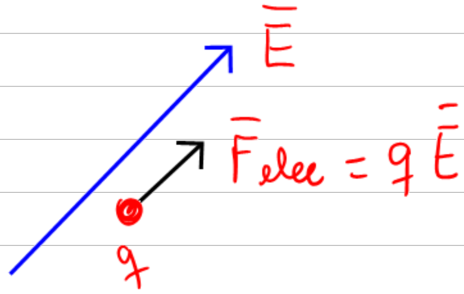
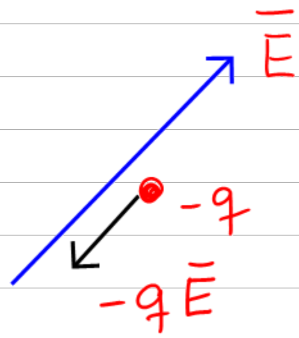


FIGURA 22.3 La fuerza resultante al colocar una carga en un campo. *a*) Un punto *P* sobre una línea de campo eléctrico. *b*) Una carga positiva $+q$ colocada en el punto *P*. *c*) Una carga negativa $-q$ colocada en el punto *P*. *d*) Una carga positiva $+2q$ colocada en el punto *P*.





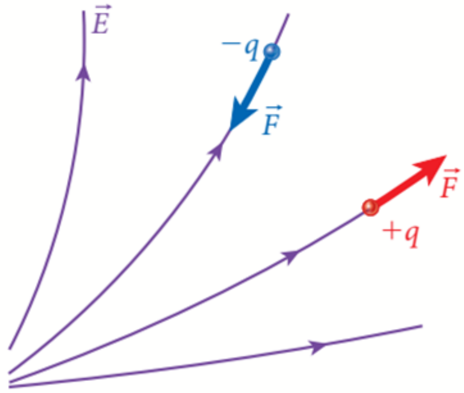


FIGURA 22.4 Campo eléctrico no uniforme. Una carga positiva $+q$ y una carga negativa $-q$ colocadas en el campo experimentan fuerzas, como se muestra. Cada fuerza es tangente a la línea de campo eléctrico.

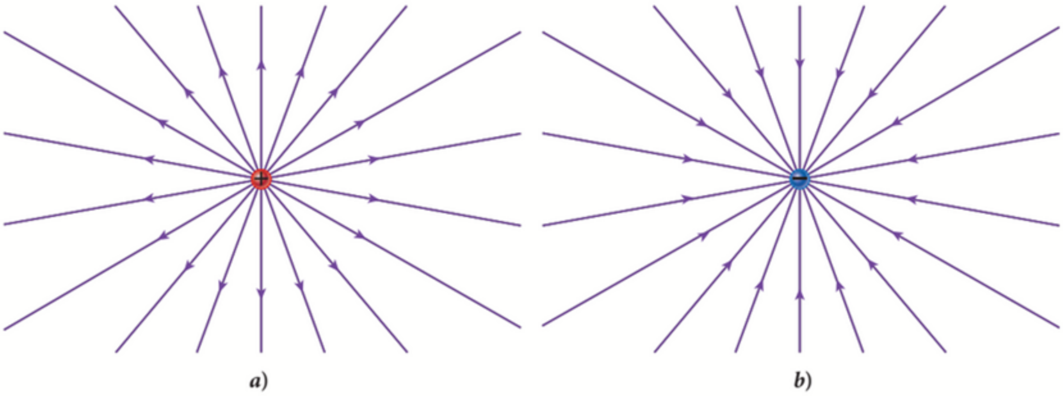


FIGURA 22.6 Líneas de campo eléctrico *a*) desde una carga puntual positiva y *b*) hacia una sola carga puntual negativa.

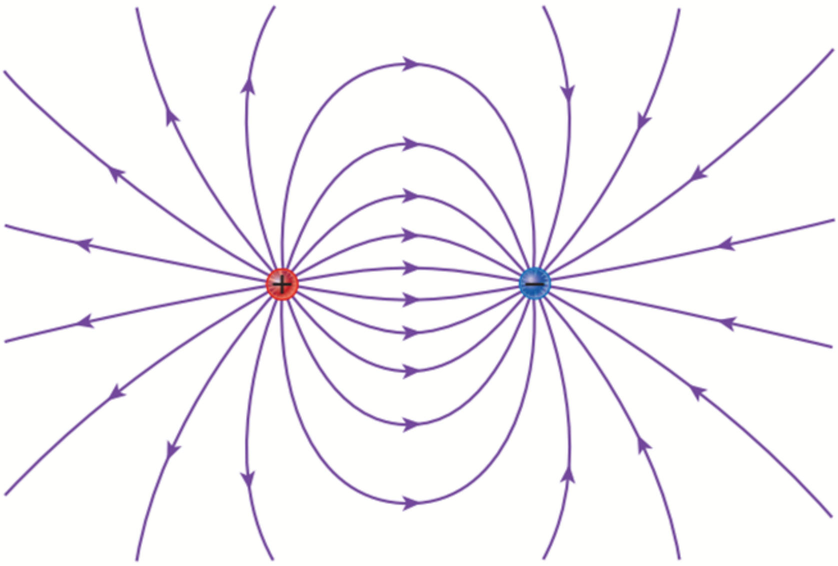


FIGURA 22.7 Líneas de campo eléctrico creado por dos cargas puntuales con cargas opuestas. Cada carga tiene la misma magnitud.

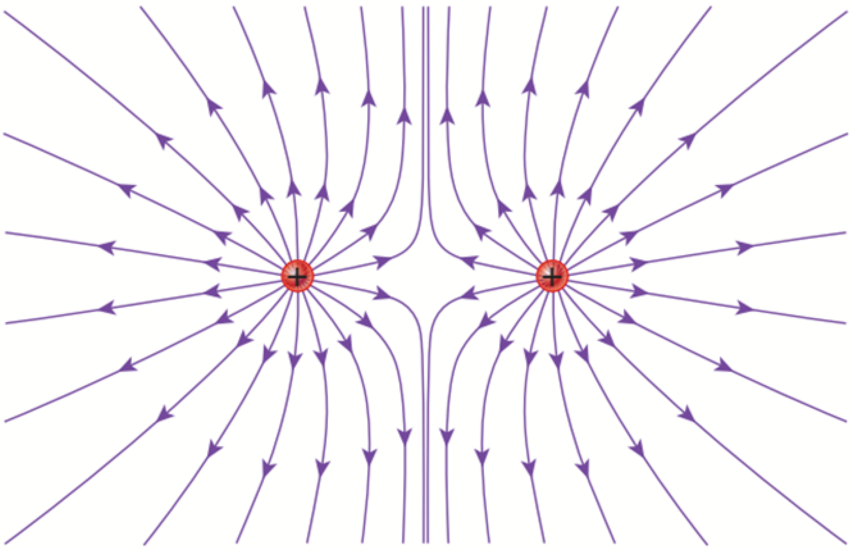
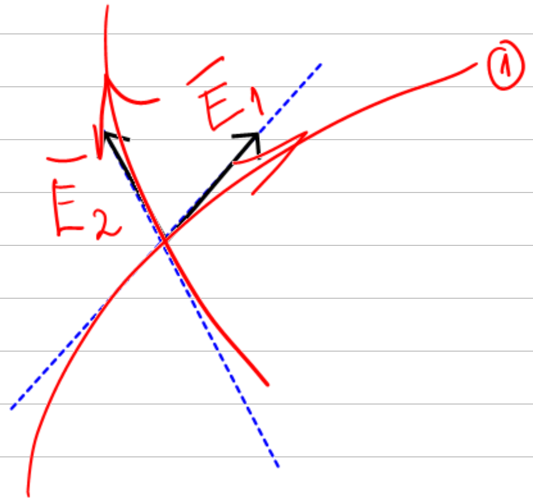


FIGURA 22.8 Líneas de campo eléctrico creado por dos cargas puntuales positivas con la misma magnitud.

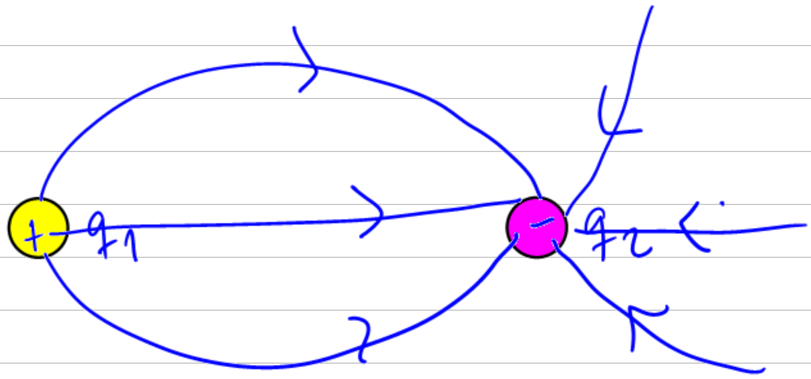
Observaciones generales

Los tres casos posibles más simples que acaban de analizarse conducen a dos reglas generales válidas para todas las líneas de campo de todas las configuraciones de carga:

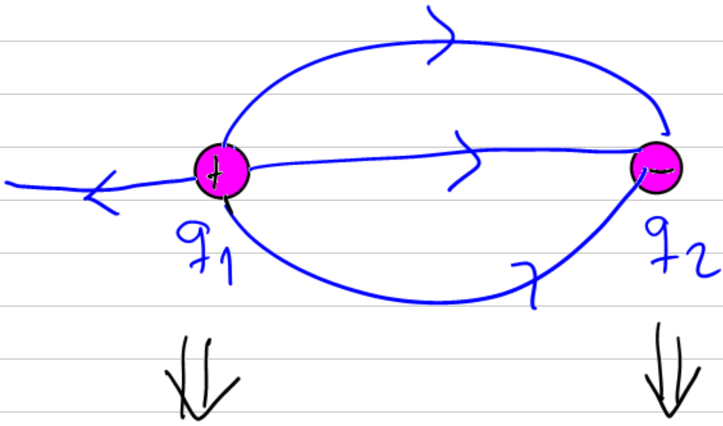
1. *Las líneas de campo se originan en cargas positivas y terminan en cargas negativas.*
2. *Las líneas de campo nunca se cortan.* Este resultado es una consecuencia del hecho de que las líneas representan el campo eléctrico, que a su vez es proporcional a la fuerza neta que actúa sobre una carga colocada en un punto particular. Que se corten las líneas de campo implicaría que la fuerza neta apunta en dos direcciones diferentes en el mismo punto, lo cual es imposible.



$$\boxed{\frac{\#\ \text{líneas de } \vec{E}}{|\text{carga}|} = \text{cte}}$$



$$\frac{3}{q_1} = \frac{6}{|-q_2|} = \boxed{|q_2| = 2q_2}$$



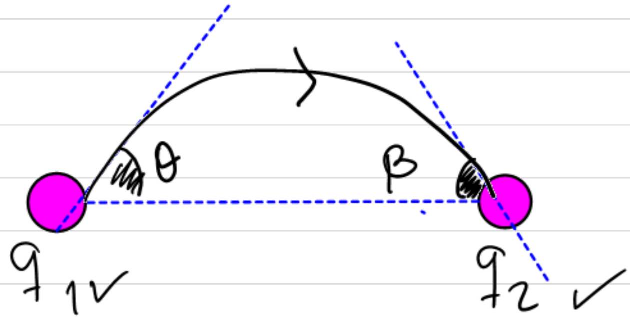
$$\boxed{\frac{4}{q_1} = \frac{3}{q_2}}$$

- Signo de las cargas

  $q_1 \rightarrow +$

  $q_2 \rightarrow -$

- Magnitudes de las cargas



- Ángulo Sólido

1. En relación con las propiedades de las líneas de fuerza o de campo eléctrico, indique la proposición falsa.

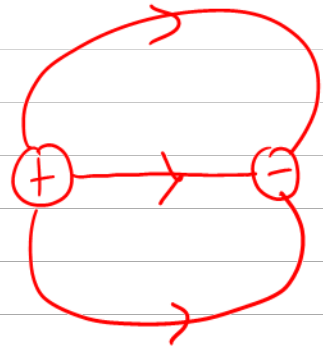
A) Las líneas de fuerza parten de las cargas positivas y terminan en las cargas negativas. ✓

B) El vector intensidad de campo eléctrico en cada punto es tangente a la línea de fuerza. ✓

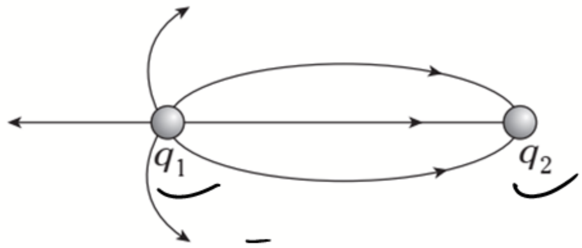
C) Las líneas de fuerza son entrantes a una carga negativa. ✓

D) Las líneas de fuerza no se cortan. ✓

E) El número de líneas que salen o llegan a una carga es independiente de la magnitud de la carga. F



2. En el gráfico se muestran las líneas de fuerza de dos partículas electrizadas con q_1 y q_2, de modo que $q_1 = 400\ \mu C$. Si las partículas están separadas 2 cm, calcule el módulo de la intensidad de campo eléctrico en (10^9 N/C) resultante en el punto medio de la línea que une a las partículas.



$q_1 \rightarrow +$

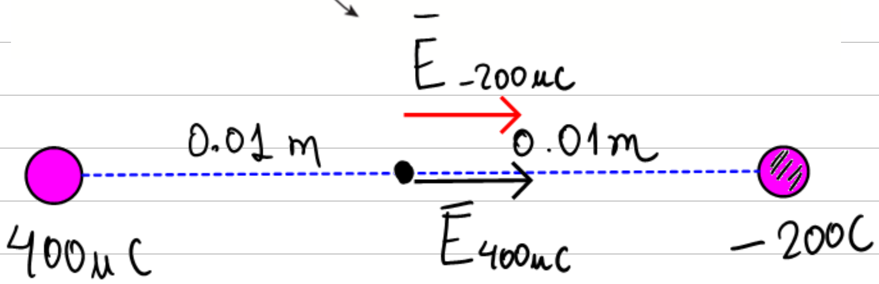
$q_2 \rightarrow -$

$$\frac{6}{q_1} = \frac{3}{|q_2|}$$

$$2q_2 = q_1$$

$$|q_2| = 200\ \mu C$$

$$q_2 = -200\ \mu C$$

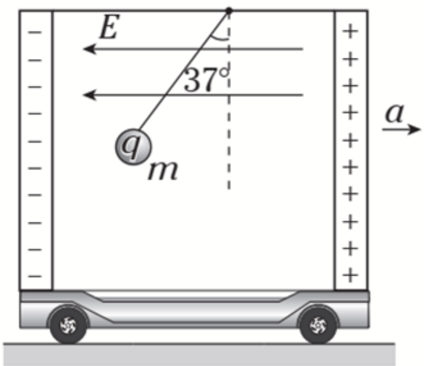


$$\bar{E}_{total} = \bar{E}_{-200\mu C} + \bar{E}_{400\mu C}$$

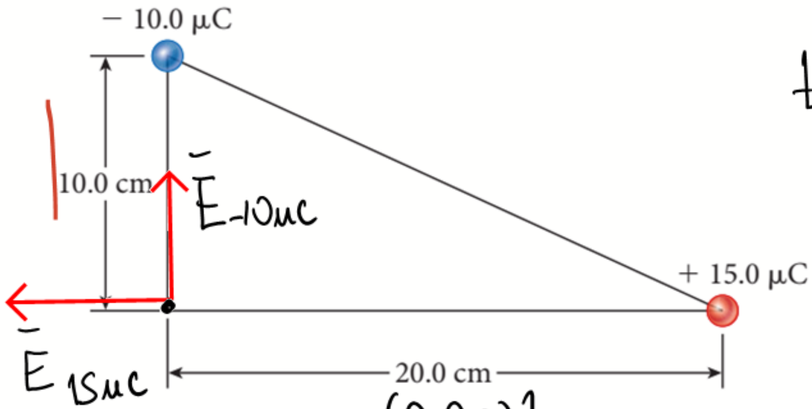
$$= 9\times10^9 \times \frac{200\times10^{-6}}{(0.01)^2} + 9\times10^9 \times \frac{400\times10^{-6}}{(0.01)^2}$$

$$= 54\times10^9\ N/C$$

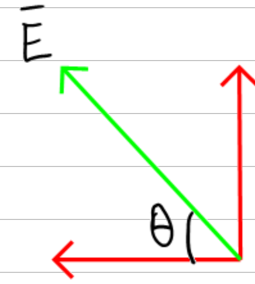
5. Una esfera pequeña, de masa $m = 0{,}4$ g y carga $q = +10$ μC está suspendida por un hilo del techo de un coche en movimiento cona celeración constante de 2 m/s^2. En el interior deel coche hay un campo eléctrico E. Determine la magnitud del campo E, en N/C. ($g = 10$ m/s^2)



•**22.26** Dos cargas puntuales se colocan en dos de los vértices de un triángulo, como muestra la figura. Encuentre la magnitud y dirección del campo eléctrico en el tercer vértice del triángulo.



$(0.20)^2$

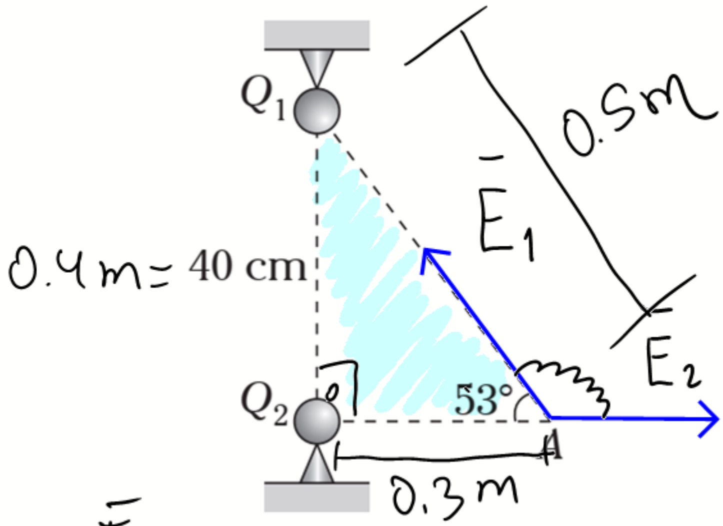


$$\tan\theta = \frac{\dfrac{9\times10^{9}\times 10\times10^{-6}}{(0.10)^2}}{\dfrac{9\times10^{9}\times 15\times10^{-6}}{(0.20)^2}}$$

$$E = 9.6\times10^{6}\ N/C$$

$$\tan\theta = \frac{\dfrac{10}{(0.1)^2}}{\dfrac{15}{(0.20)^2}} \Rightarrow \boxed{\theta = 69.44^\circ}$$

5. Determine el módulo de la intensidad del campo eléctrico en A si $Q_1=-125\times10^{-8}$ C y $Q_2=+27\times10^{-8}$ C.

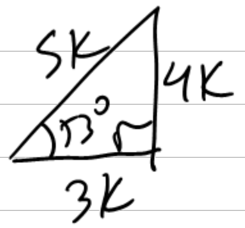


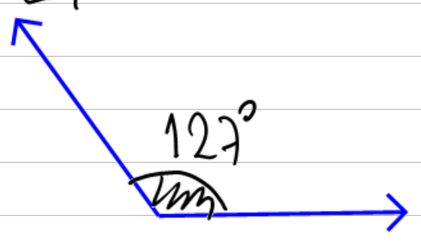
$$\bullet\ E_1=\frac{9\times10^{9}\times125\times10^{-8}}{(0.5)^2}$$

$$\boxed{E_1=45\times10^{3}\ N/C}$$

$$\bullet\ E_2=\frac{9\times10^{9}\times27\times10^{-8}}{(0.3)^2}$$

$$\boxed{E_2=27\times10^{3}\ N/C}$$





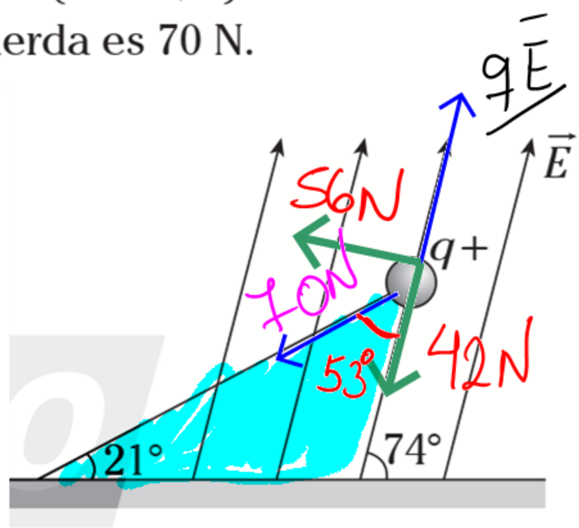
$$\bar{E}=\bar{E}_1+\bar{E}_2$$

$$E^2=E_1^2+E_2^2+2E_1E_2\cos127^\circ$$

$$E^2=(45\times10^{3})^2+(27\times10^{3})^2+2\times45\times27\times10^{6}\times(-\cos53^\circ)$$

$$\boxed{E=36\times10^{3}\ N/C}$$

9. Se muestra una esfera electrizada con $q=+1$ mC, en reposo, tal como se muestra. Determine E (en kN/C) si el módulo de la tensión de la cuerda es 70 N.



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

Equilibrio

$qE = 42$

$(10^{-3})E = 42$

$\boxed{E = 42 \times 10^{3}\ N/C \\ E = 42\ kN/C}$

33. Una pequeña bola de plástico de 2.00 g está suspendida por una larga cuerda de 20.0 cm en un campo eléctrico uniforme, como se muestra en la figura P23.33. Si la bola está en equilibrio cuando la cuerda forma un ángulo de 15.0° con la vertical, ¿cuál es la carga neta de la bola?

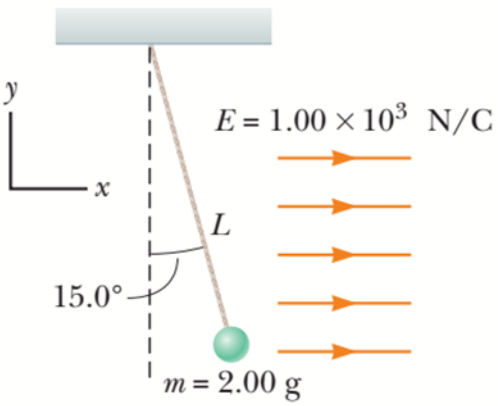
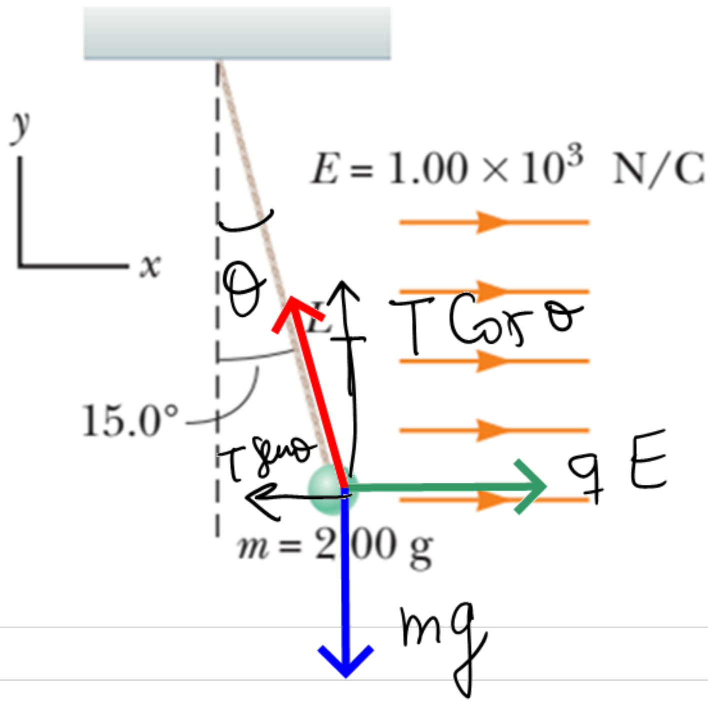


Figura P23.33



$$\left.\begin{aligned} T \operatorname{sen}\theta &= qE \\ T \cos\theta &= mg \end{aligned}\right\} \div$$

$$\boxed{\frac{qE}{mg} = \tan\theta}$$

36. Considere el dipolo eléctrico que se ilustra en la figura P23.36. Demuestre que el campo eléctrico en un punto *distante* sobre el eje $+x$ es $E_x \approx 4k_e qa/x^3$.