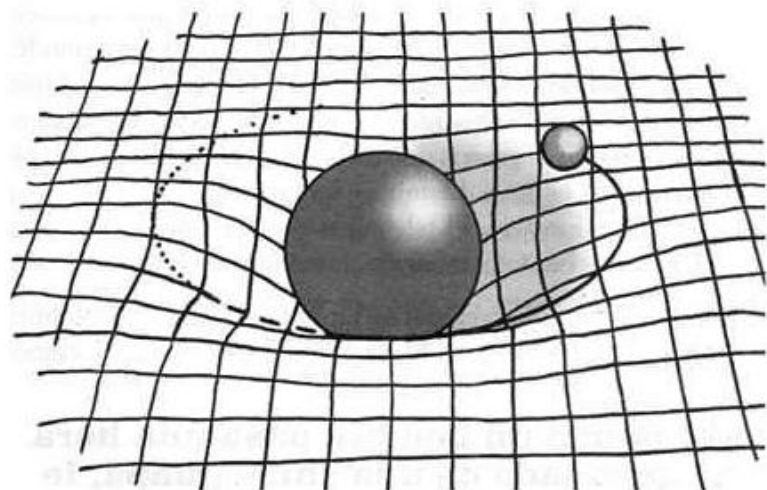
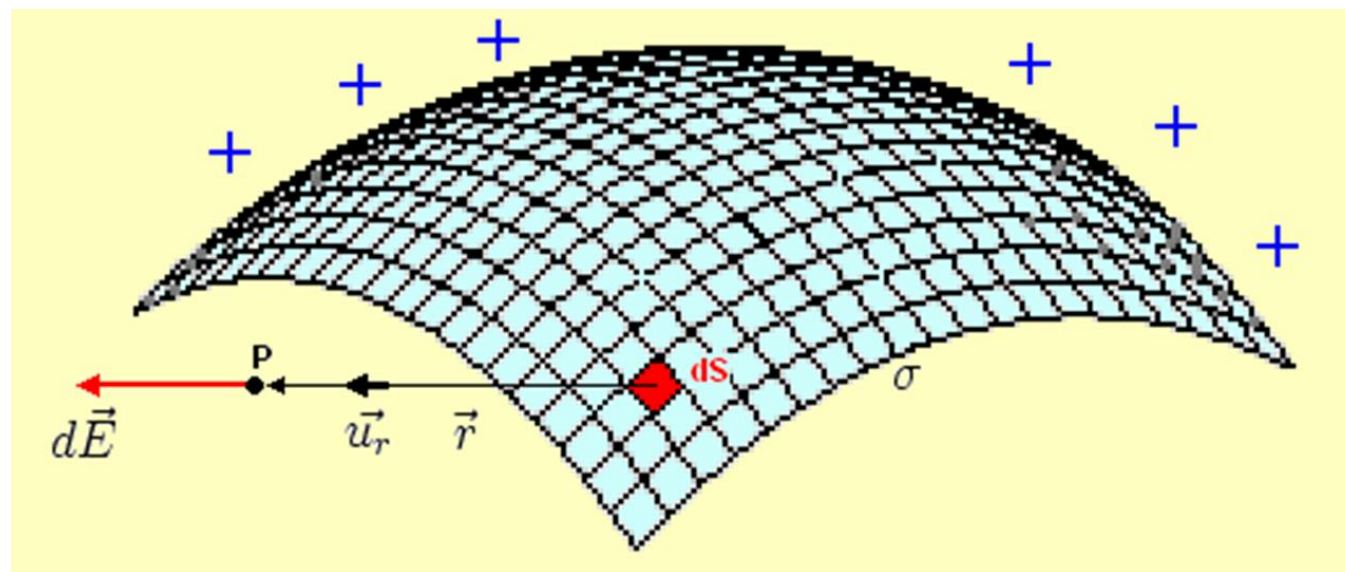




GRAVITACIÓN



CARGA ELÉCTRICA Y CAMPO ELÉCTRICO

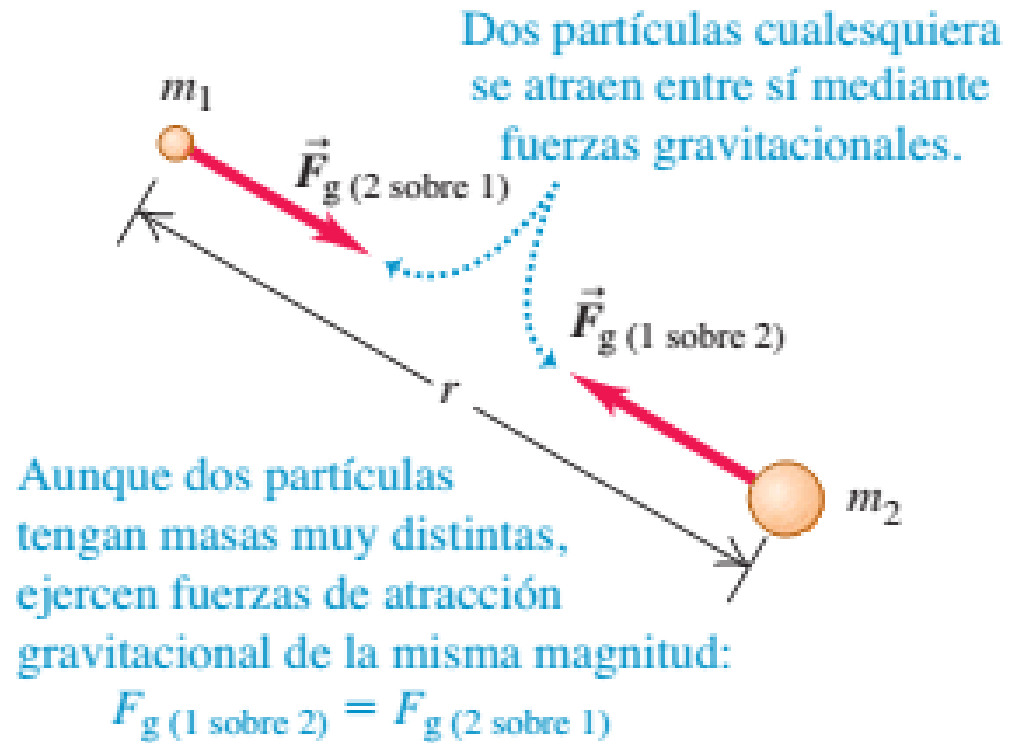




GRAVITACIÓN

Ley de Newton de la gravitación

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$



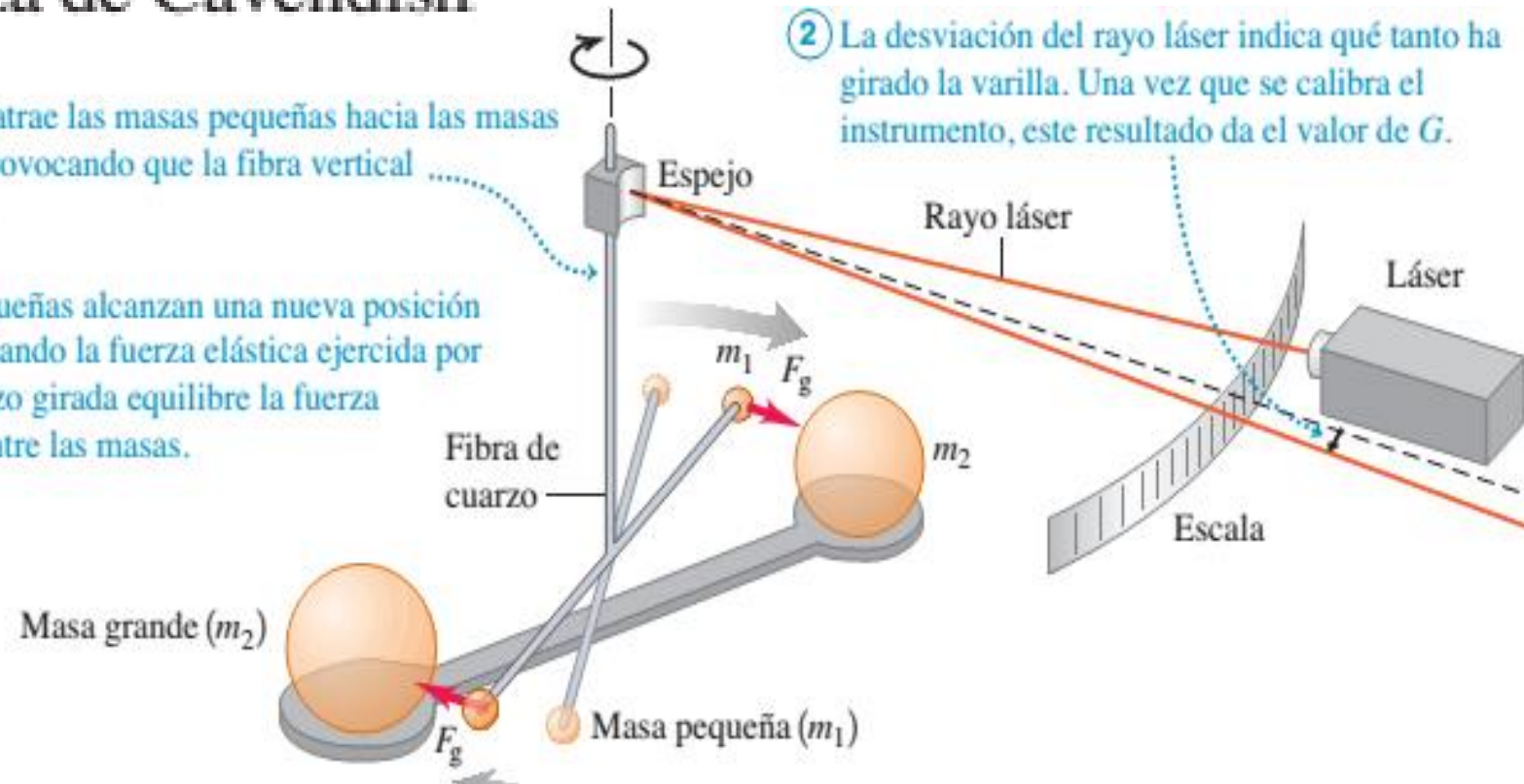
Determinación del valor de G

$$G = 6.6742(10) \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

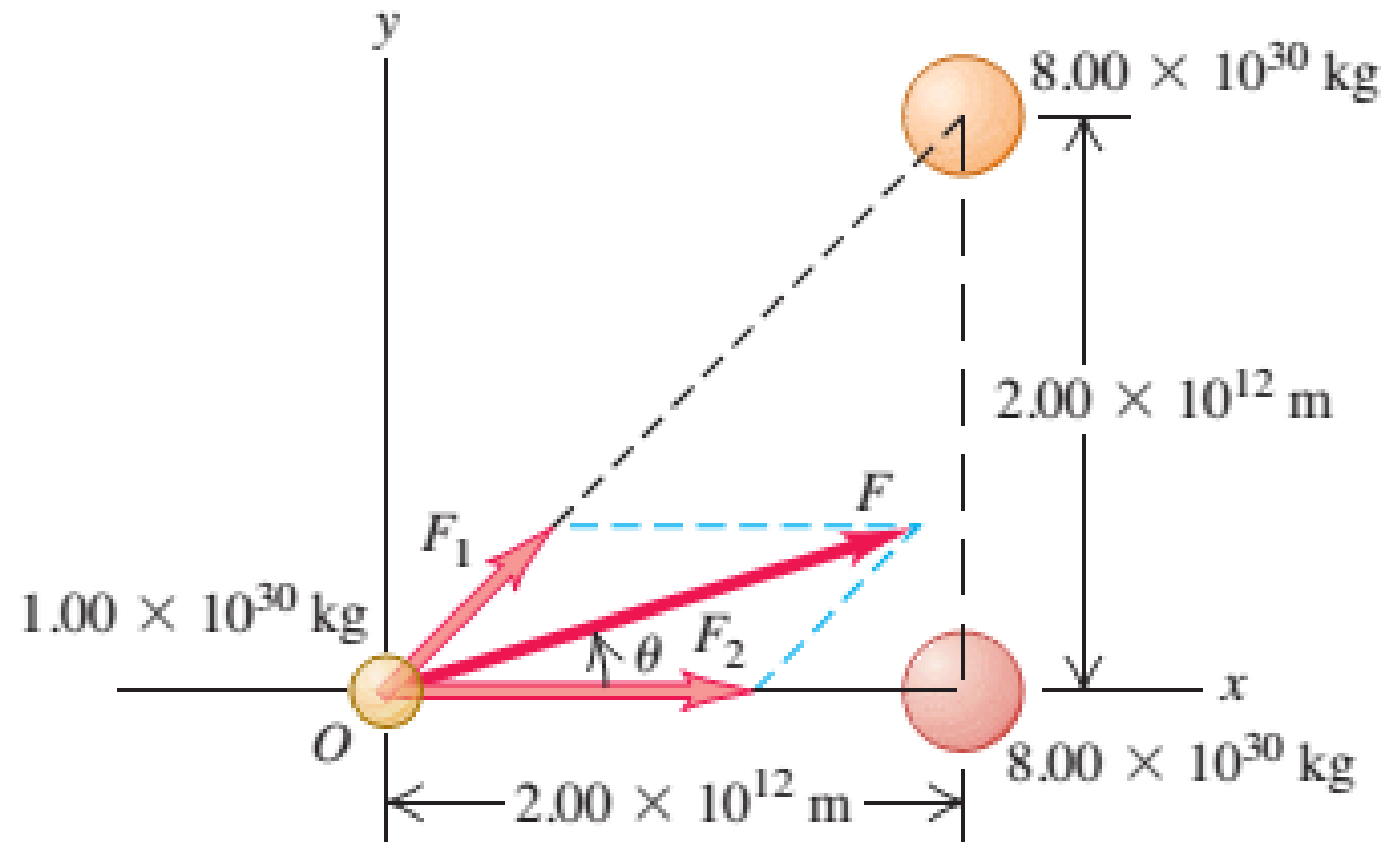
balanza de Cavendish

- ① La gravitación atrae las masas pequeñas hacia las masas más grandes, provocando que la fibra vertical de cuarzo gire.

Las esferas pequeñas alcanzan una nueva posición de equilibrio cuando la fuerza elástica ejercida por la fibra de cuarzo girada equilibra la fuerza gravitacional entre las masas.

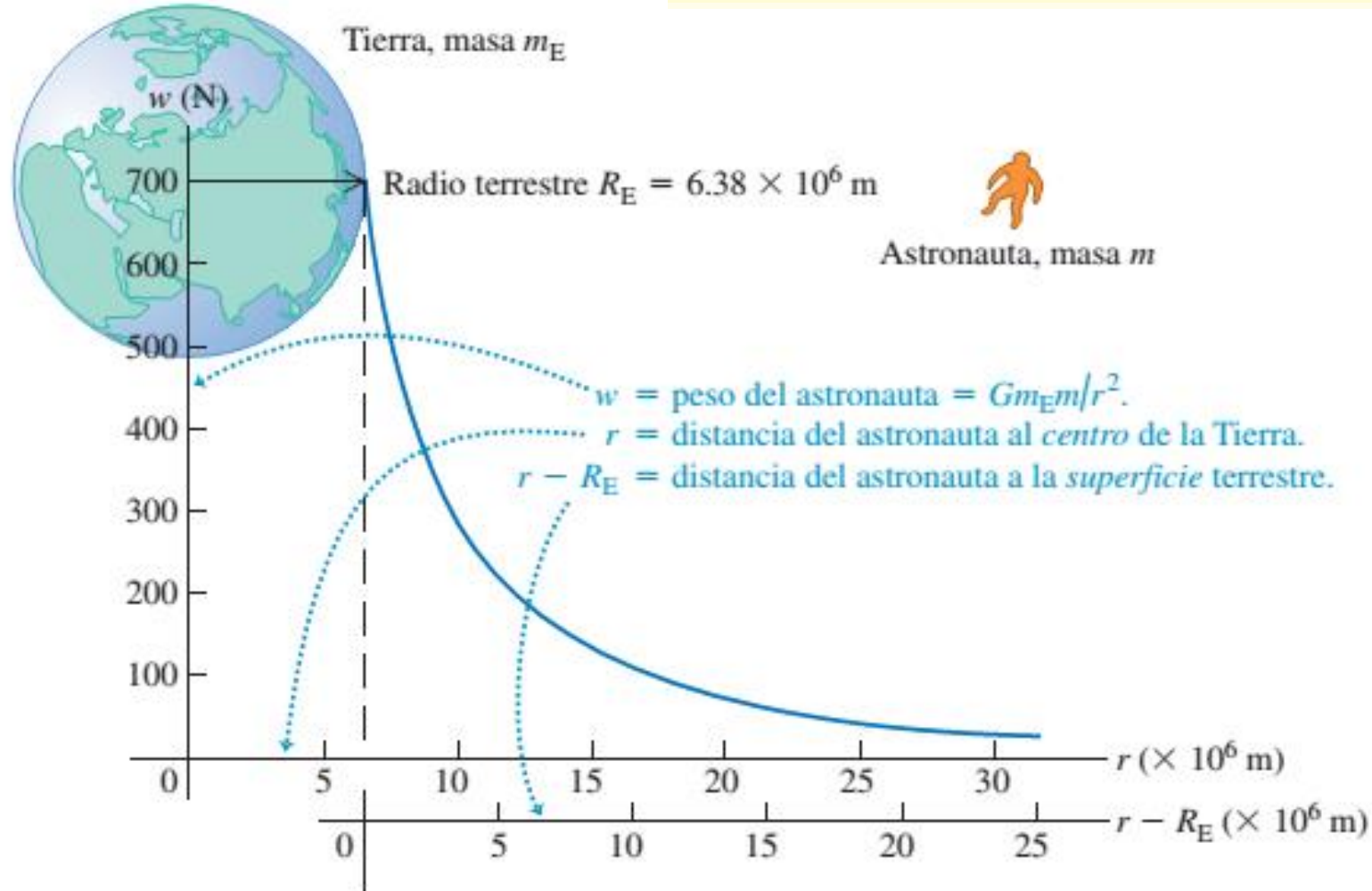


Superposición de fuerzas gravitacionales



Peso

$$w = F_g = \frac{Gm_E m}{R_E^2}$$



$$\vec{g} = -G \frac{M_T}{r^2} \vec{u}_r$$

del radio de la Tierra, $r = R_T + h$

$$\vec{g} = -G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}_r$$

bre la superficie terrestre, donde $h = 0$, o para

$$\vec{g}_0 = -G \frac{M_T}{R_T^2} \vec{u}_r$$

ie el módulo es constante y vale $g_0 = 9,8 \text{ N/kg}$.

oincide con la aceleración de la gravedad y $g_0 = 9,8$

$$g = \frac{Gm_E}{R_E^2}$$

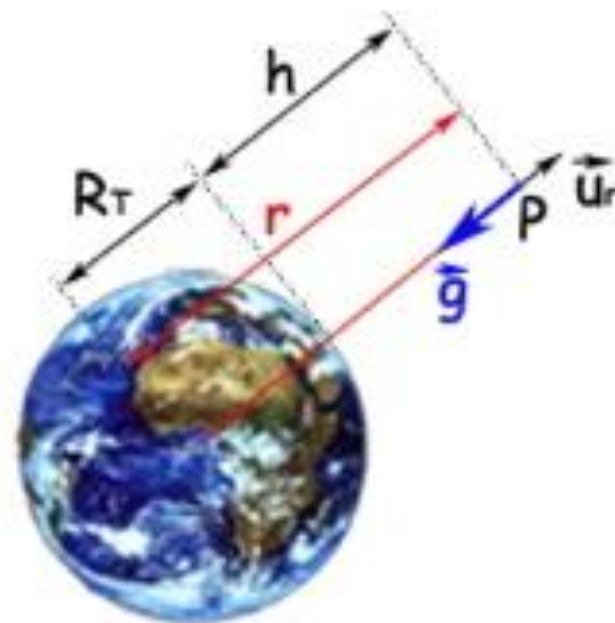


Imagen 30. Elaboración propia



Electrostática

Carga eléctrica y estructura de la materia

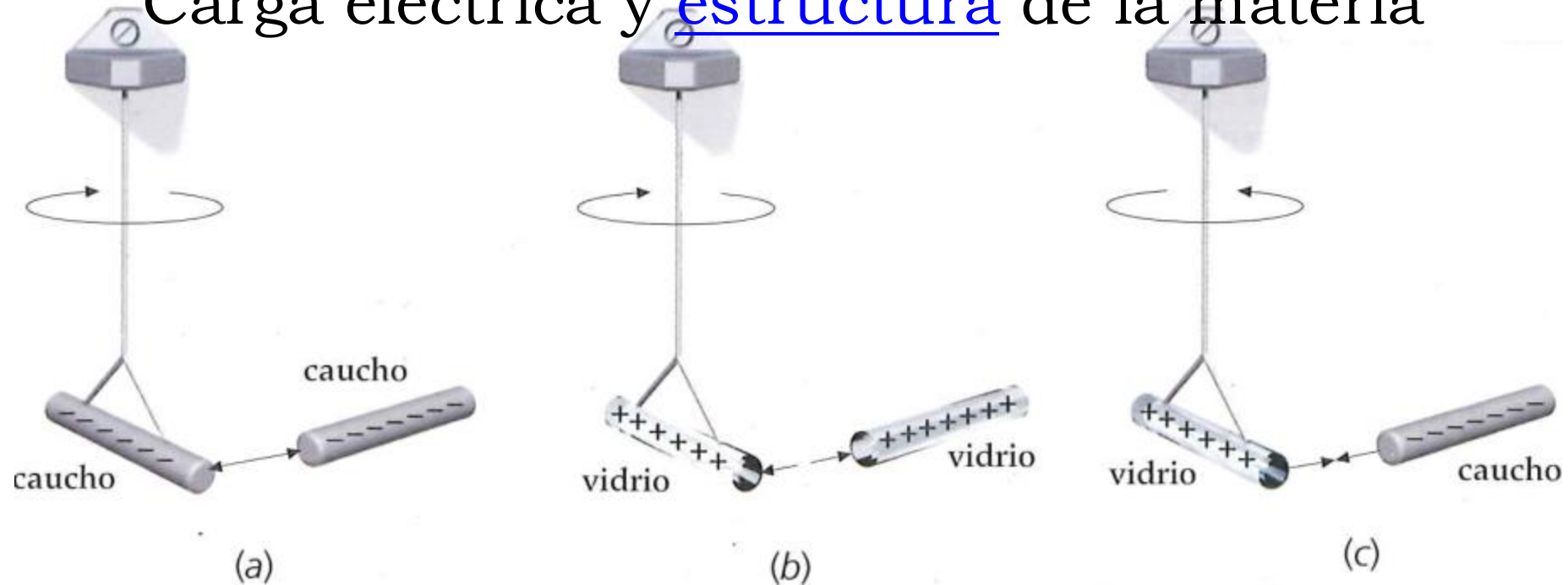


FIGURA 21.1 (a) Dos barras de caucho frotadas con piel se repelen mutuamente. (b) Igualmente, dos barras de vidrio frotadas con un material hecho de seda, se repelen entre sí. (c) Una barra de caucho que ha sido frotada con piel y otra de vidrio frotada con seda se atraen mutuamente.

Partículas fundamentales

Particle	Charge (C)
Electron (e)	$-1.602\,191\,7 \times 10^{-19}$
Proton (p)	$+1.602\,191\,7 \times 10^{-19}$
Neutron (n)	0

Particle	Mass (kg)
Electron (e)	$9.109\,5 \times 10^{-31}$
Proton (p)	$1.672\,61 \times 10^{-27}$
Neutron (n)	$1.674\,92 \times 10^{-27}$

❑ En un sistema aislado la carga se conserva.

❑ La carga está cuantizada.

La magnitud de la carga del electrón o del protón es la unidad natural de carga.

Conductores y aisladores

Los conductores permiten el movimiento fácil de las cargas a través de ellos; mientras que los aislantes no lo hacen. La mayor parte de **metales** son **buenos conductores**; en tanto que los **no metales** son **aislantes** en su mayoría.

Dentro de un sólido metálico, como el cobre, uno o más de los electrones externos de cada átomo se liberan y mueven con libertad a través del material, en forma parecida a como las moléculas de un gas se desplazan por los espacios entre los granos de un recipiente de arena. El movimiento de esos electrones con carga negativa lleva la carga a través del metal. Los demás electrones permanecen unidos a los núcleos con carga positiva, que a la vez están unidos en posiciones casi fijas en el material. En un **material aislante no hay electrones libres**, o hay muy pocos, y la carga eléctrica no se mueve con facilidad a través del material.

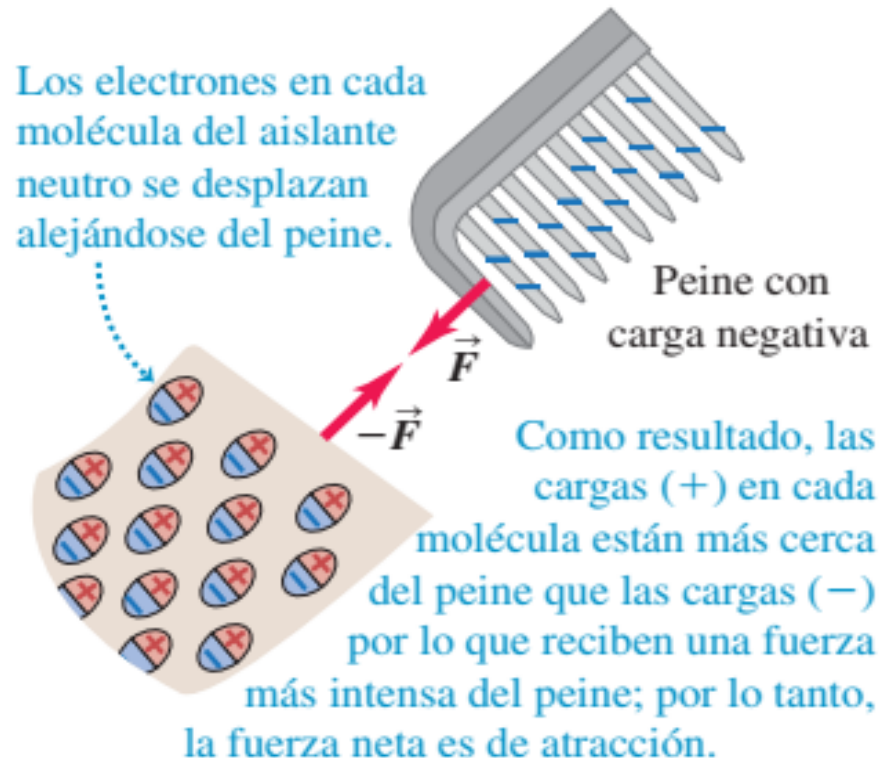
Algunos materiales se denominan **semiconductores** porque tienen propiedades intermedias entre las de buenos conductores y buenos aislantes.

Cuerpo cargado por fricción

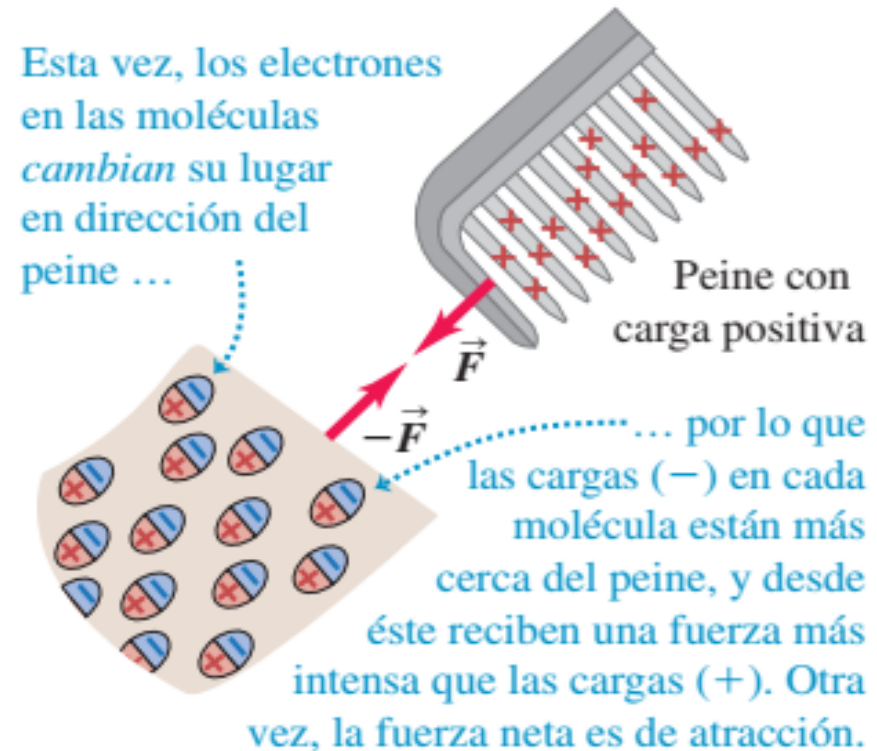
a) Un peine cargado levanta trocitos de plástico sin carga



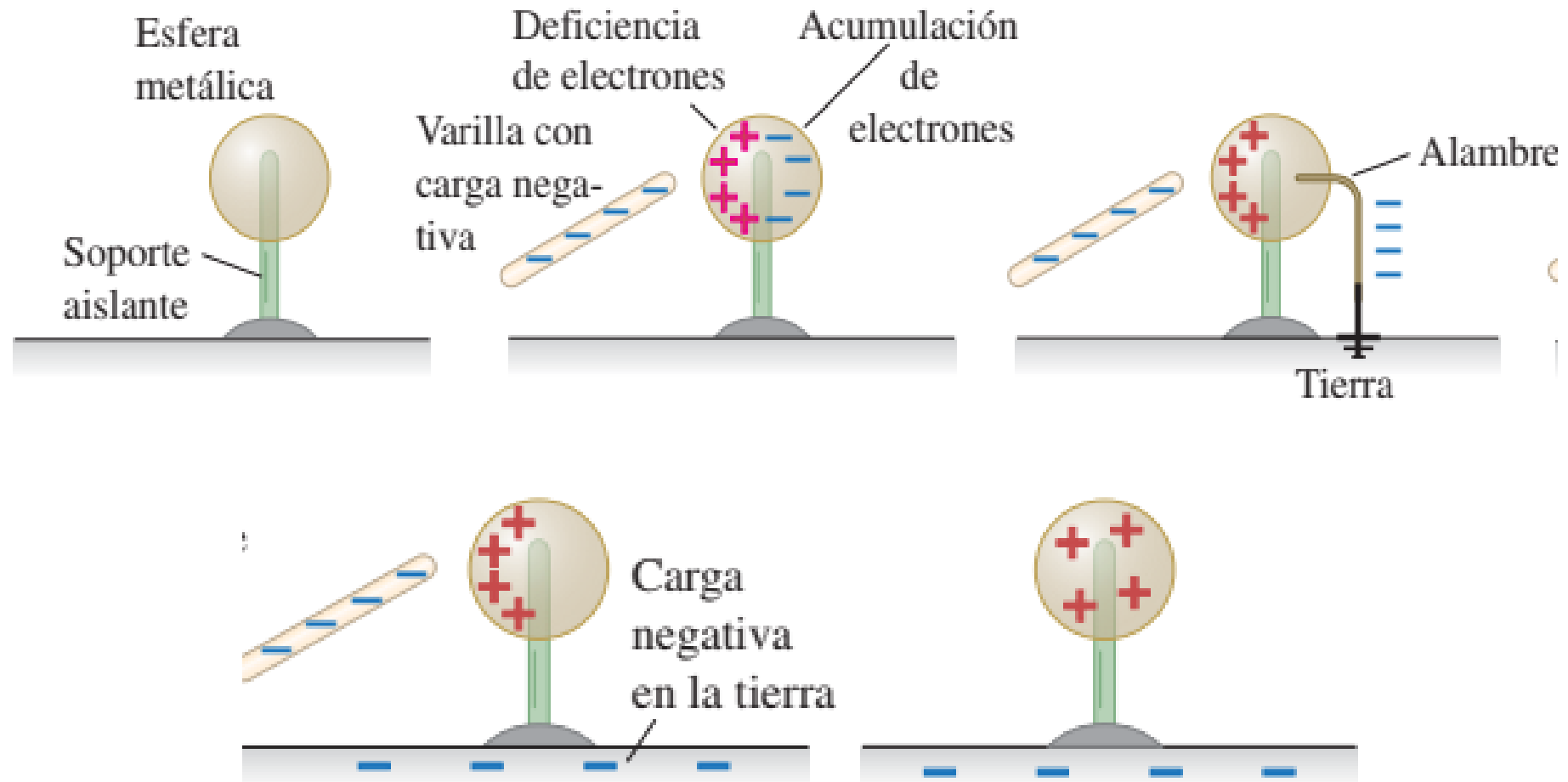
b) Cómo un peine con carga negativa atrae un aislante



c) Cómo un peine con carga positiva atrae un aislante



Cuerpo cargado por Inducción



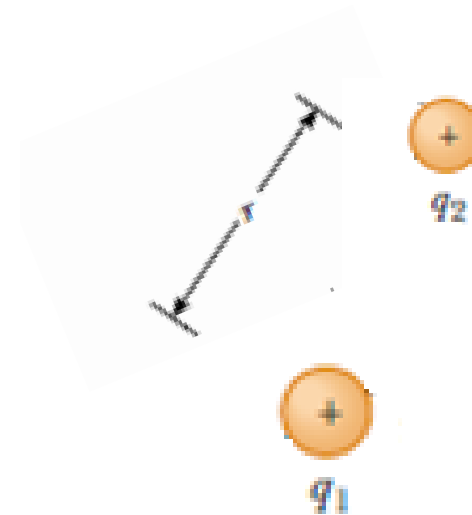
Ley de Coulomb(1785)

Dos o más partículas cargadas eléctricamente se atraen o se repelen con una fuerza cuyo valor es directamente proporcional al producto de las cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa

$$\mathbf{F}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

[Q]= C (coulomb)

1C= $6,3 \cdot 10^{18}$ electrones



La **UNIDAD NATURAL DE CARGA** es la carga negativa que posee el electrón o la positiva del protón.

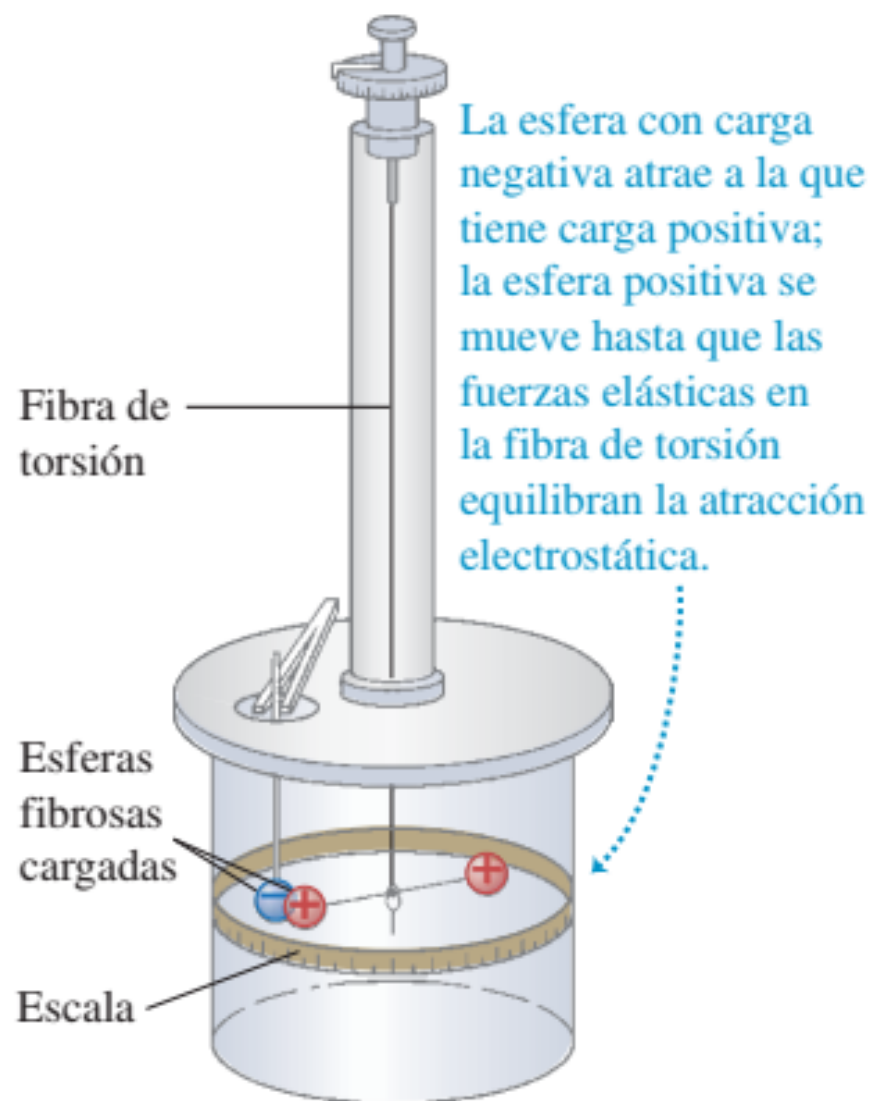
Antes del conocimiento de tal «unidad natural» se estableció la **UEE** de carga eléctrica o **FRANKLIN**, deducida de la ley de Coulomb aplicada al vacío; haciendo $r = 1 \text{ cm}$ y $F = 1 \text{ dyn}$; se obtiene, así, la unidad de carga en el caso que $q = q'$. En el sistema c.g.s.

La **UNIDAD ELECTROSTATICA (UEE)** de carga o Franklin, es una carga tal que colocada enfrente de otra igual, en el vacío y a un centímetro de distancia, la repele con la fuerza de una dina.

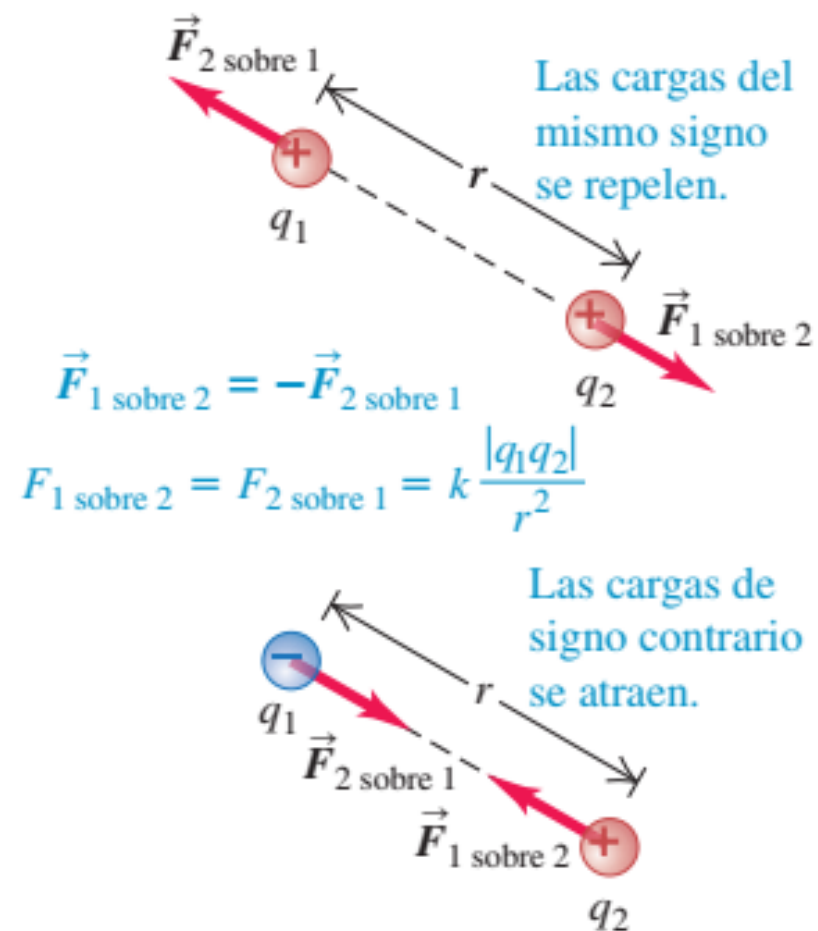
La unidad de carga en el Sistema Internacional es el CULOMBIO:

$$1 \text{ C} = 3 \times 10^9 \text{ UEE.}$$

a) Balanza de torsión del tipo utilizado por Coulomb para medir la fuerza eléctrica



b) Interacciones entre cargas puntuales



Comparación con la Fuerza Gravitatoria

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

$$F_e = k_e \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$k_e = 8.9875 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Permitividad en el vacío

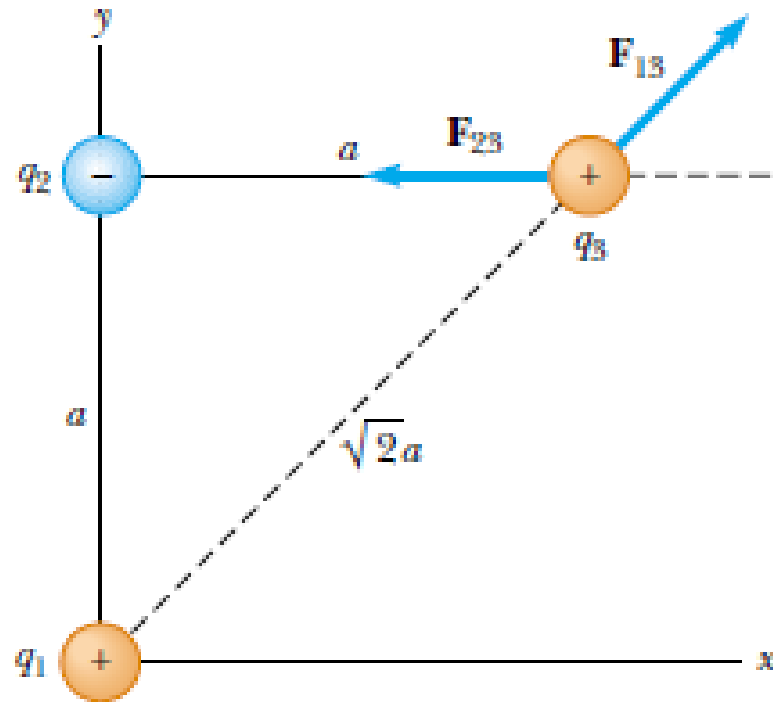
$$\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

Las fuerzas eléctricas, a diferencia de las gravitacionales, dependen del medio en que actúan. Por lo que si las cargas están en un medio diferente al vacío cambia el valor de la permitividad, en ese caso se multiplica el valor de ϵ_0 por una constante

que depende del medio : $\epsilon = k \cdot \epsilon_0$

Superposición de fuerzas

$$\mathbf{F}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

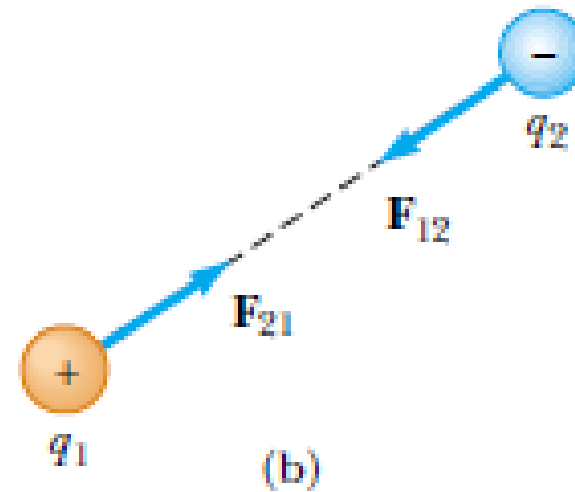


Vector form of Coulomb's law

$$\vec{F}_{total} = \sum \vec{F}_i$$

(a)

Diagram (a) shows two positive charges q_1 and q_2 separated by a distance r . The force vector \vec{F}_{12} acts on q_2 pointing away from q_1 , and \vec{F}_{21} acts on q_1 pointing away from q_2 . A unit vector $\hat{\mathbf{r}}$ points from q_1 to q_2 .

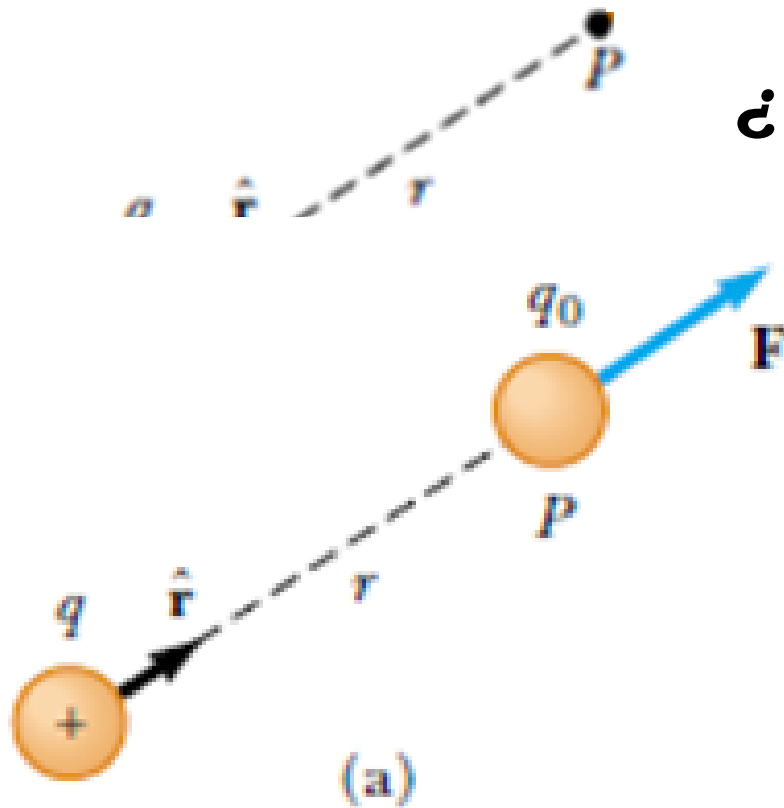


Campo eléctrico y fuerzas eléctricas

Dos cargas: Fuerza de atracción o repulsión
Una carga modifica eléctricamente el espacio que la rodea.

LEY DE COULOMB

¿Qué sucede en el punto P?

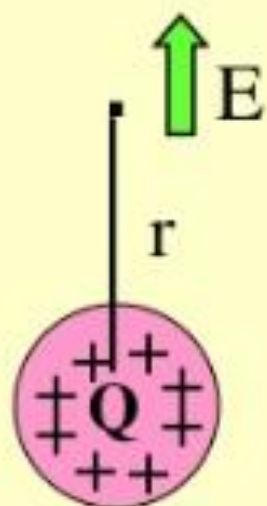


CAMPO ELECTRICO

$$\vec{E} = \lim_{q_0 \rightarrow 0} \frac{\vec{F}_0}{q_0}$$

Propiedades del espacio

Campo eléctrico



E es un vector

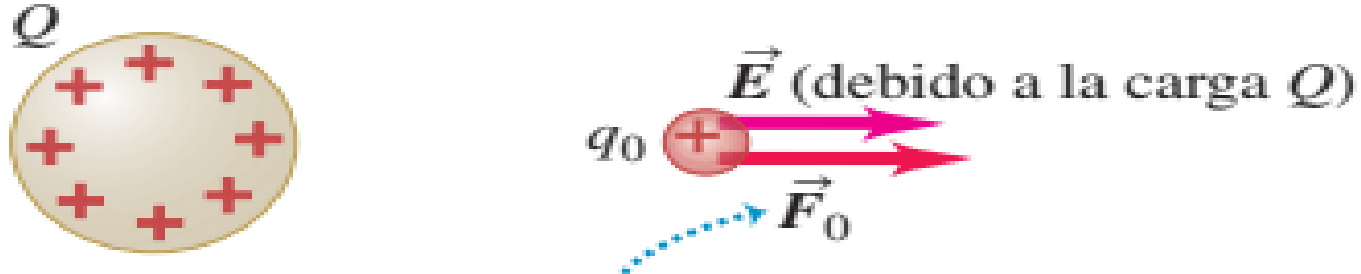
Un **campo eléctrico** es una propiedad del espacio que permite predecir la fuerza sobre una carga en dicho punto.

$$E = \frac{F}{q}; \quad F = qE$$

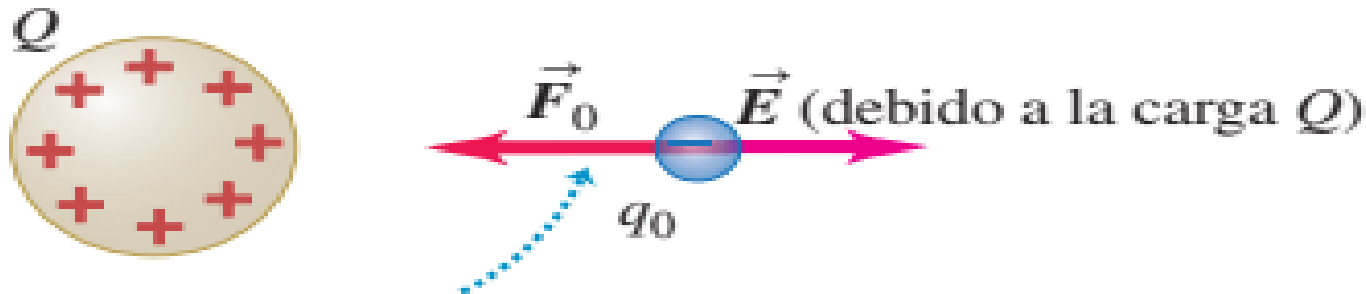
El campo E existe independientemente de la carga q y se encuentra a partir de:

$$\text{Campo eléctrico} = E = \frac{kQ}{r^2}$$

Campo eléctrico producido por una carga positiva



La fuerza sobre una carga de prueba positiva q_0 apunta en la dirección del campo eléctrico.

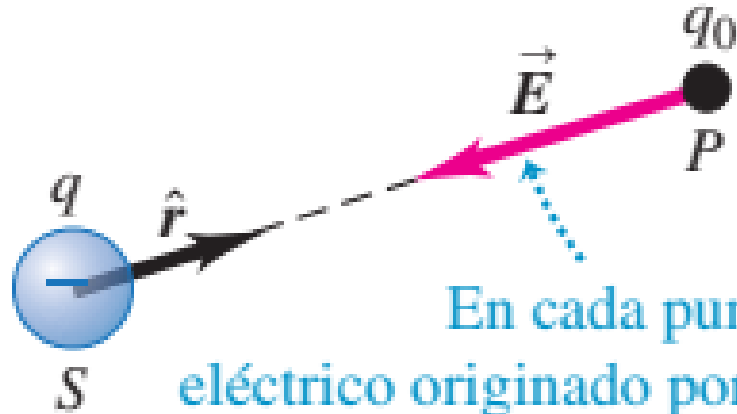


La fuerza sobre una carga de prueba negativa q_0 apunta en dirección contraria a la del campo eléctrico.

$$\vec{F}_0 = q_0 \vec{E}$$

(la fuerza ejercida sobre una carga puntual q_0 por un campo eléctrico \vec{E})

Campo eléctrico producido por una carga negativa



En cada punto P , el campo eléctrico originado por una carga puntual q , *negativa* y aislada, tiene una dirección *hacia* la carga en dirección *opuesta* de \hat{r} .

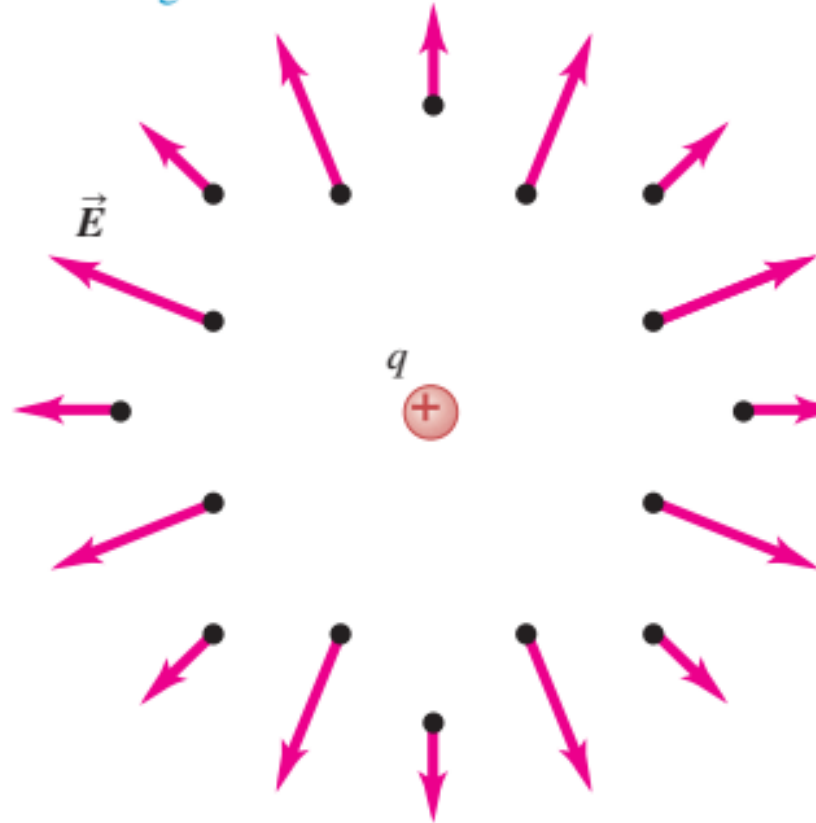
si

$$F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|qq_0|}{r^2}$$

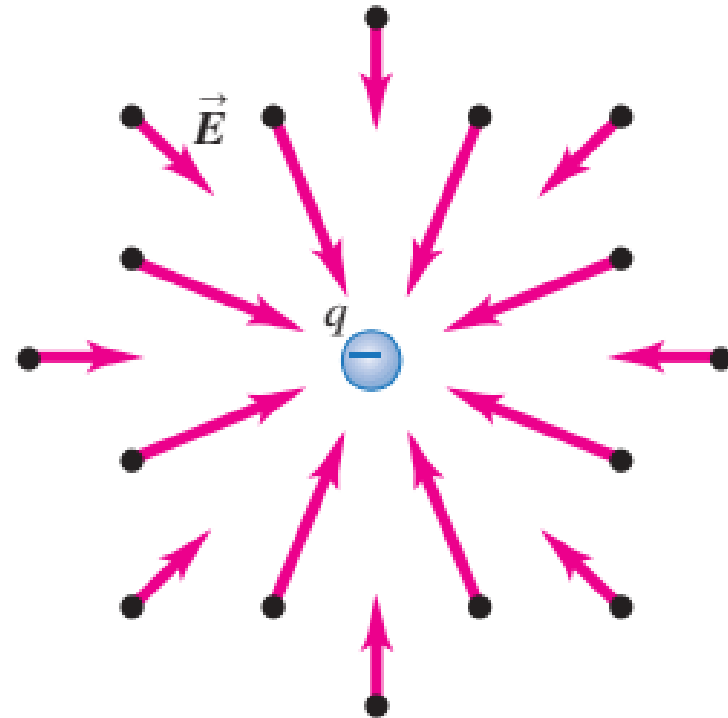
luego

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

a) El campo producido por una carga puntual positiva apunta en una dirección que se *aleja* de la carga.

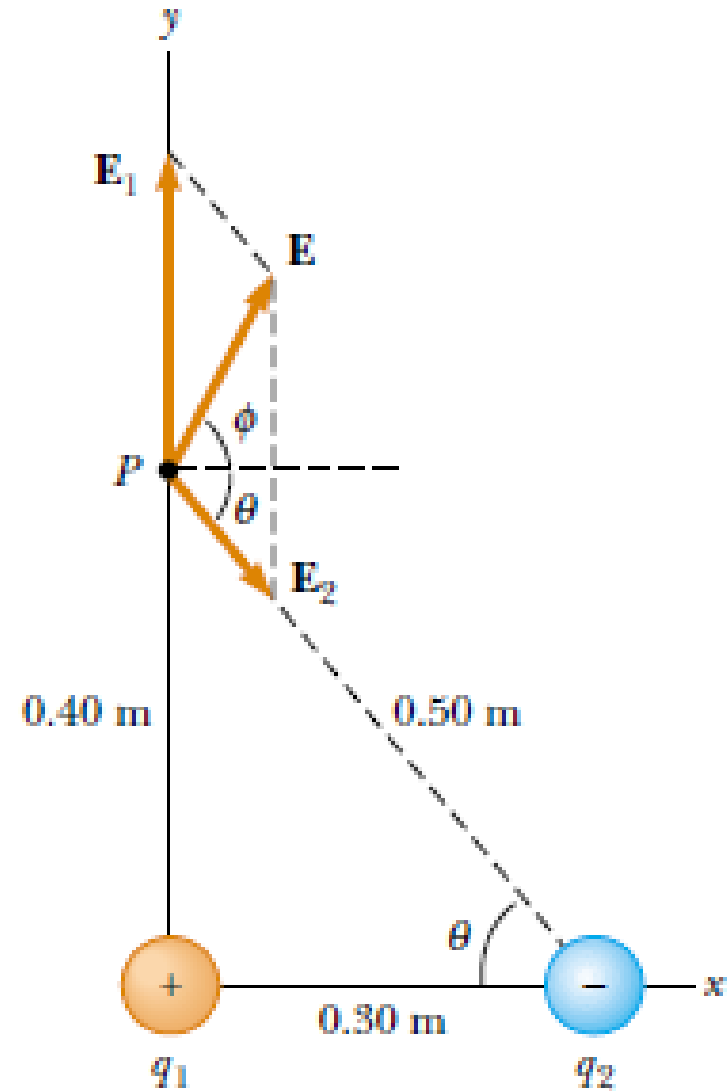


b) El campo producido por una carga puntual negativa apunta *hacia* la carga.



Distribución discreta de cargas

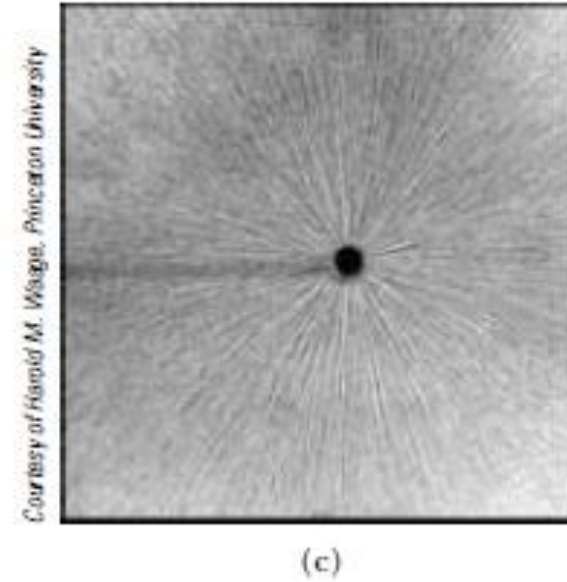
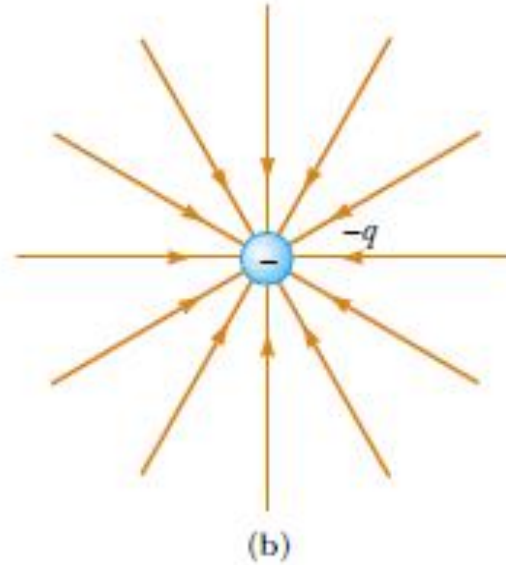
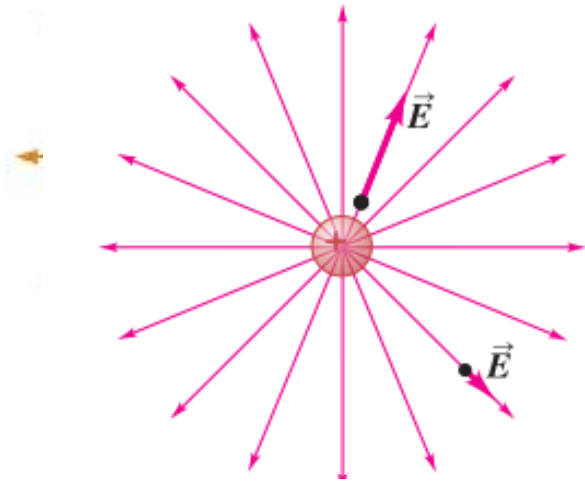
$$\mathbf{E} = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$



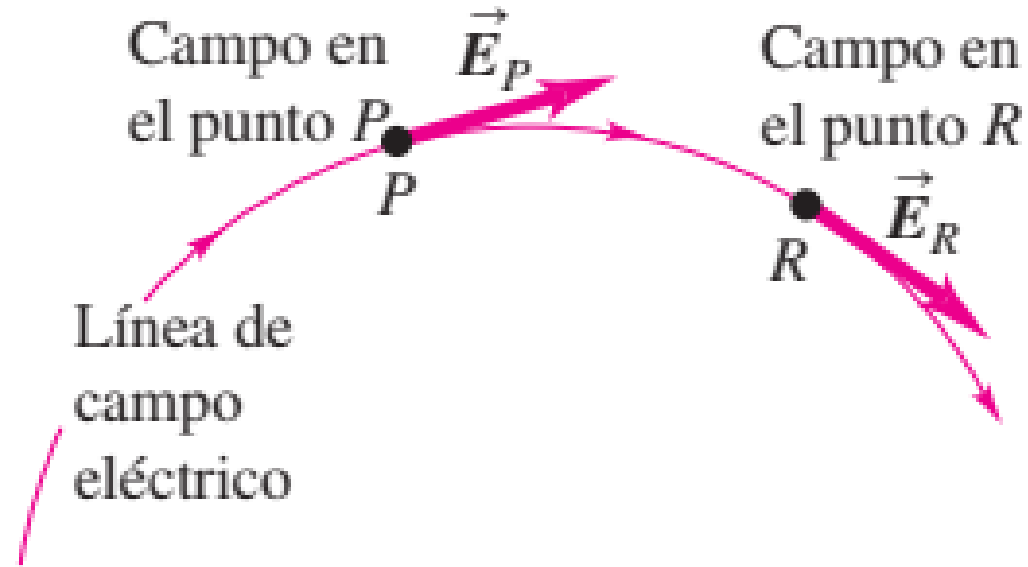
Líneas de campo

LÍNEAS DE Campo: son las trayectorias que seguiría una carga positiva, sometida a la influencia del campo, en una sucesión de caminos elementales, partiendo, en todos ellos, del reposo.

a) Una sola carga positiva



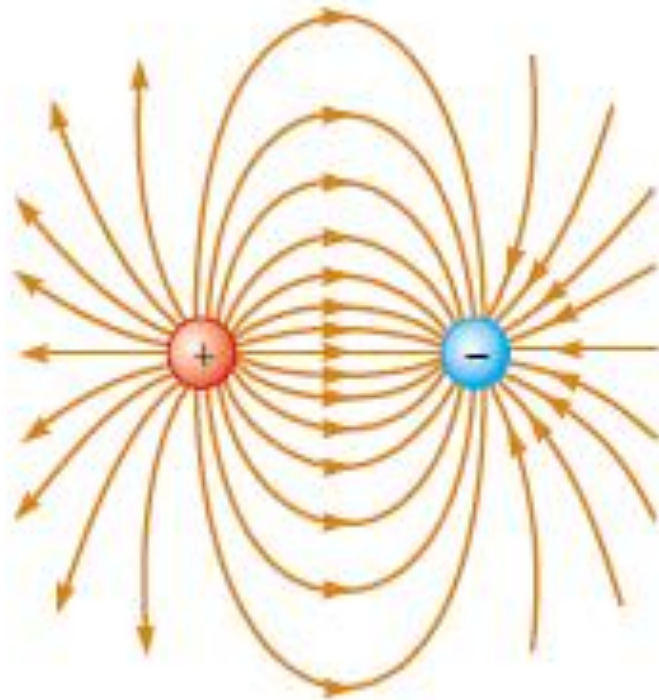
La dirección del campo eléctrico \mathbf{E} en un punto cualquiera es tangente a la línea de campo que pasa por ese punto



La propiedad de que una línea de campo, sea **siempre tangente** al vector intensidad del campo eléctrico \mathbf{E} , podemos expresarla:

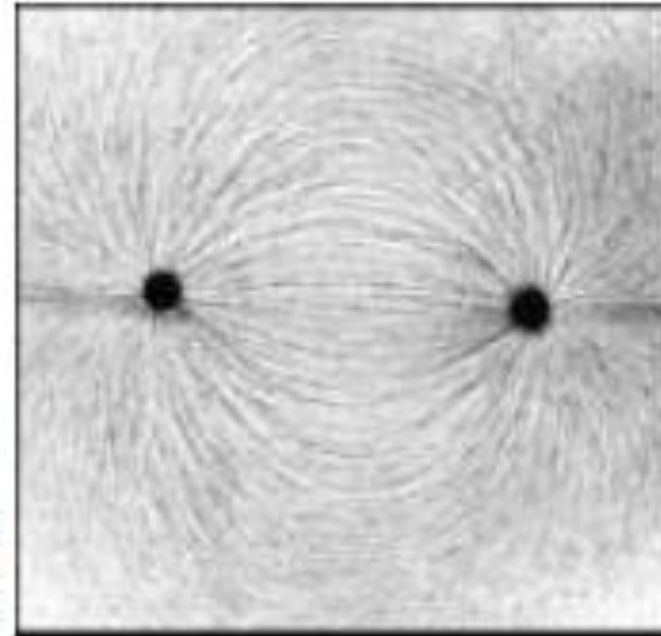
$$\mathbf{E} \times d\mathbf{r} = \mathbf{0}$$

Líneas de campo para dos cargas diferentes



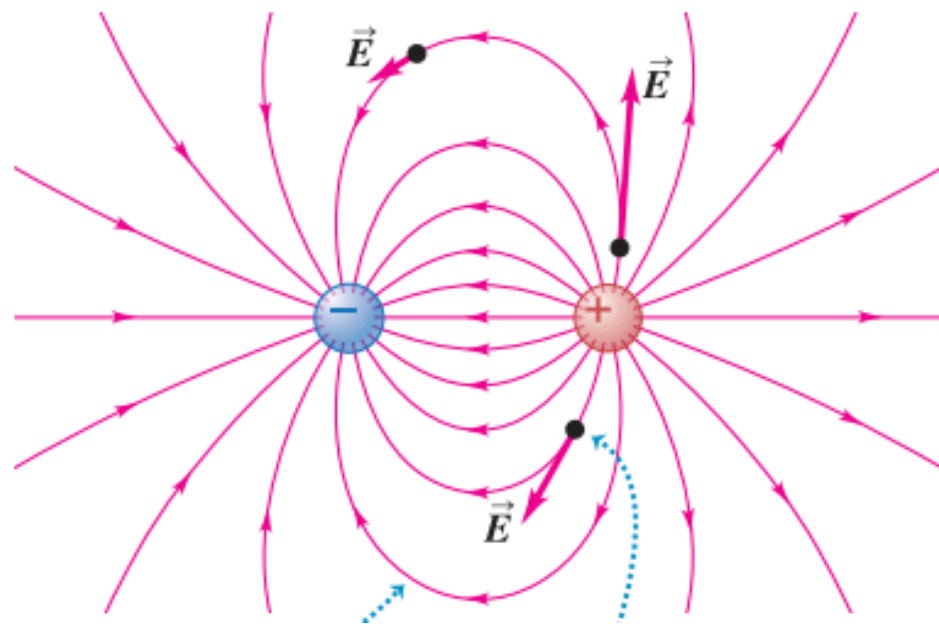
(a)

Courtesy of Harold M. Waage, Princeton University

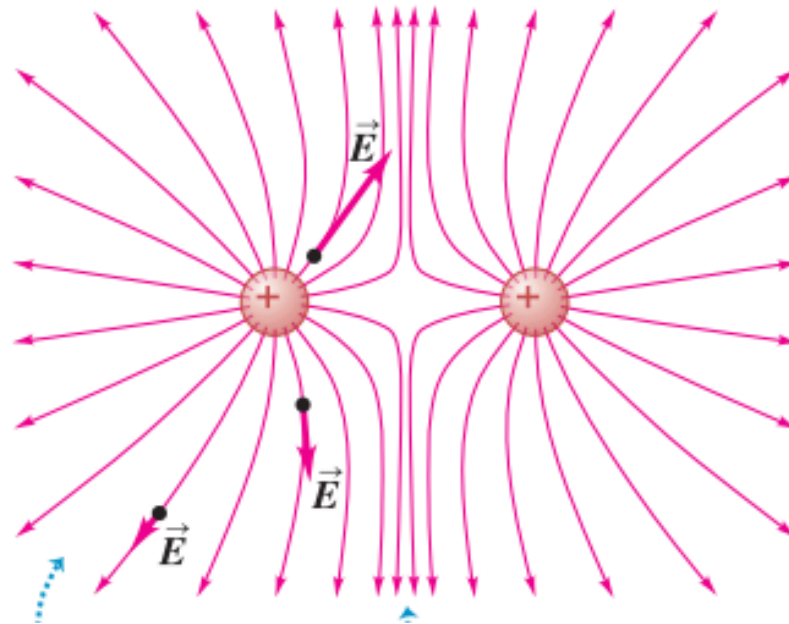


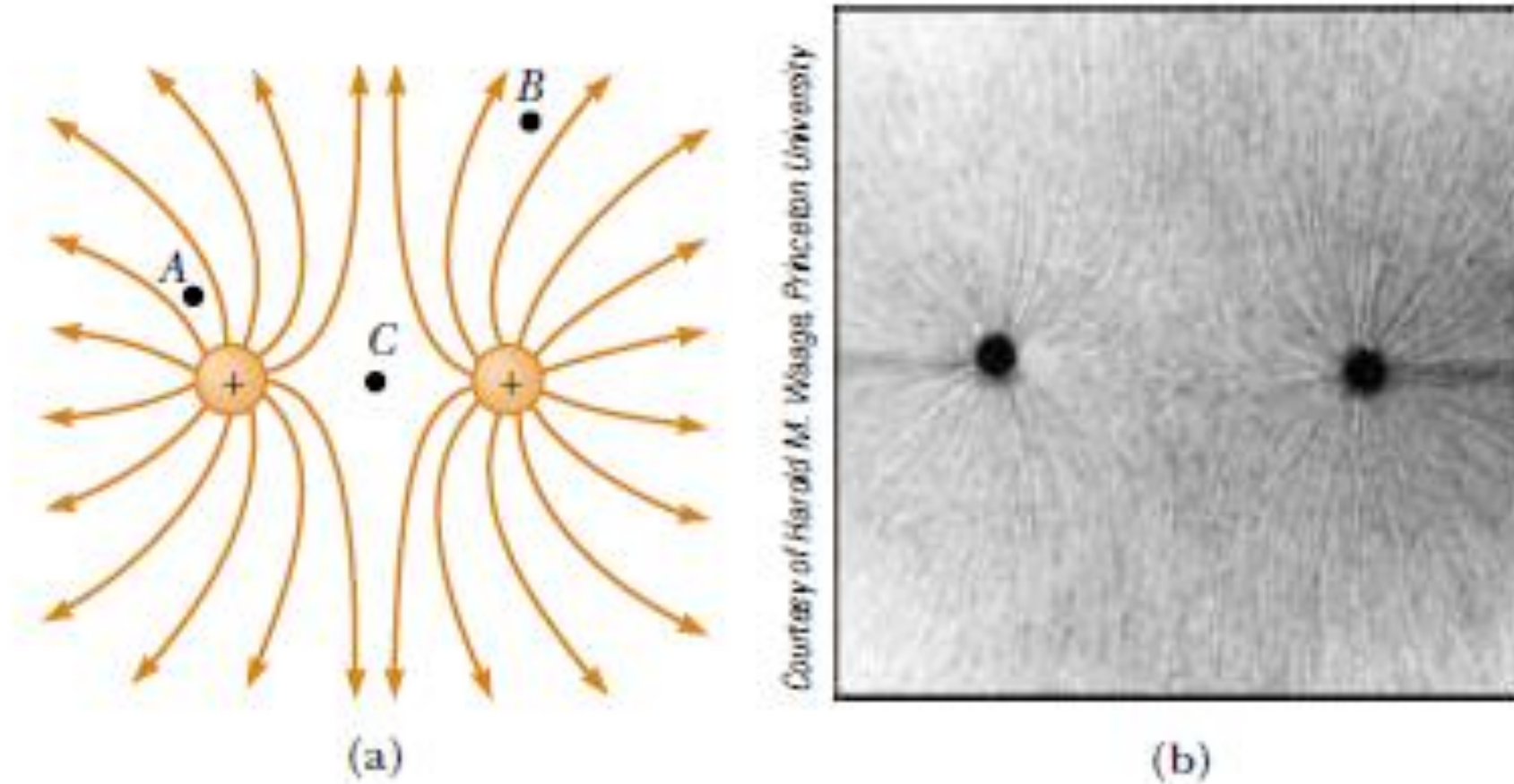
(b)

b) Dos cargas iguales y opuestas (un dipolo)



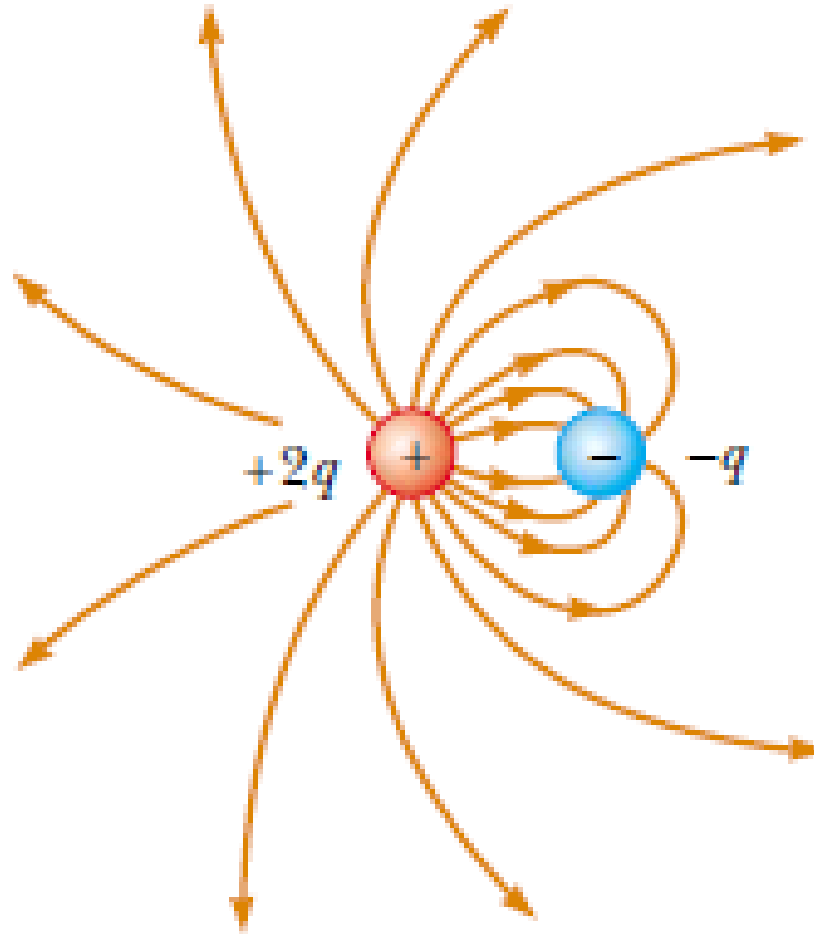
c) Dos cargas positivas iguales



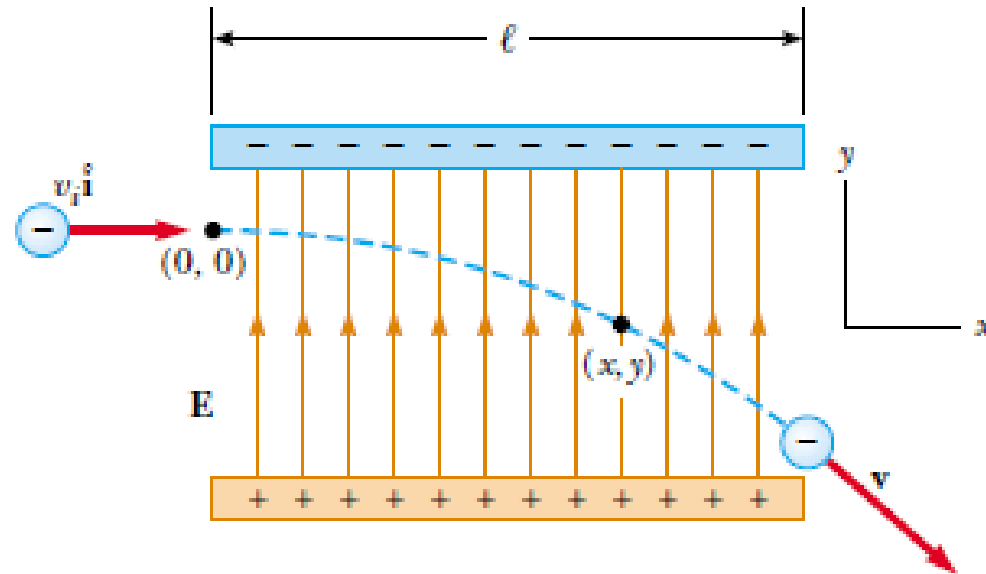
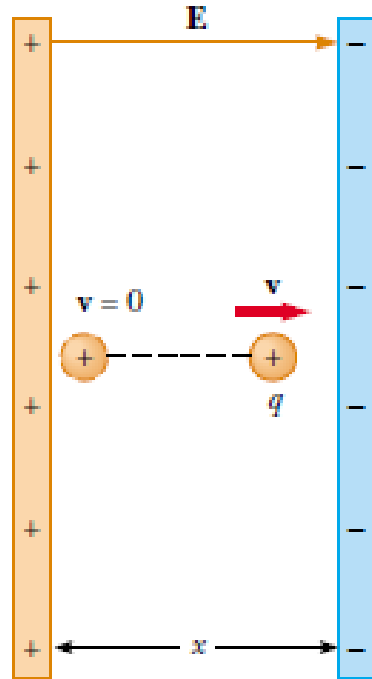


En que punto: A; B o C, del campo eléctrico \mathbf{E} de la figura es mayor la intensidad del campo eléctrico

Cuando las cargas son diferentes
en signo e intensidad



Líneas de campo entre placas paralelas



$$\mathbf{a} = \frac{q \mathbf{E}}{m}$$