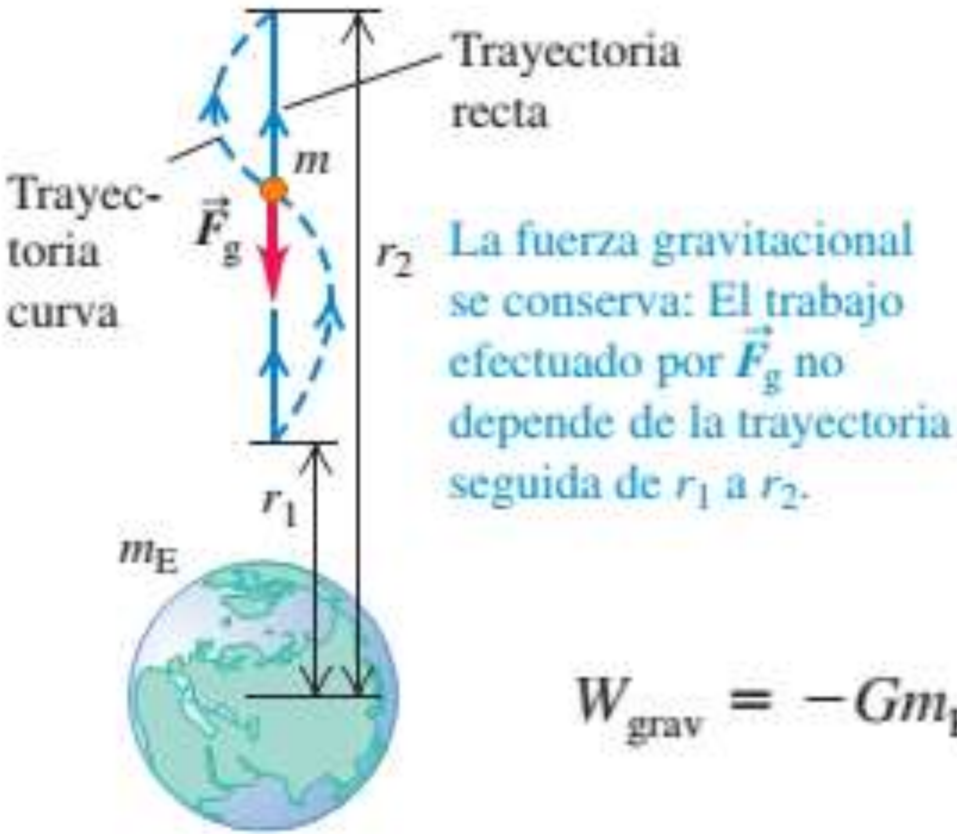
UNIVERSIDAD DE MENDOZA

TRABAJO, ENERGÍA Y POTENCIAL ELÉCTRICO y GRAVITATORIO

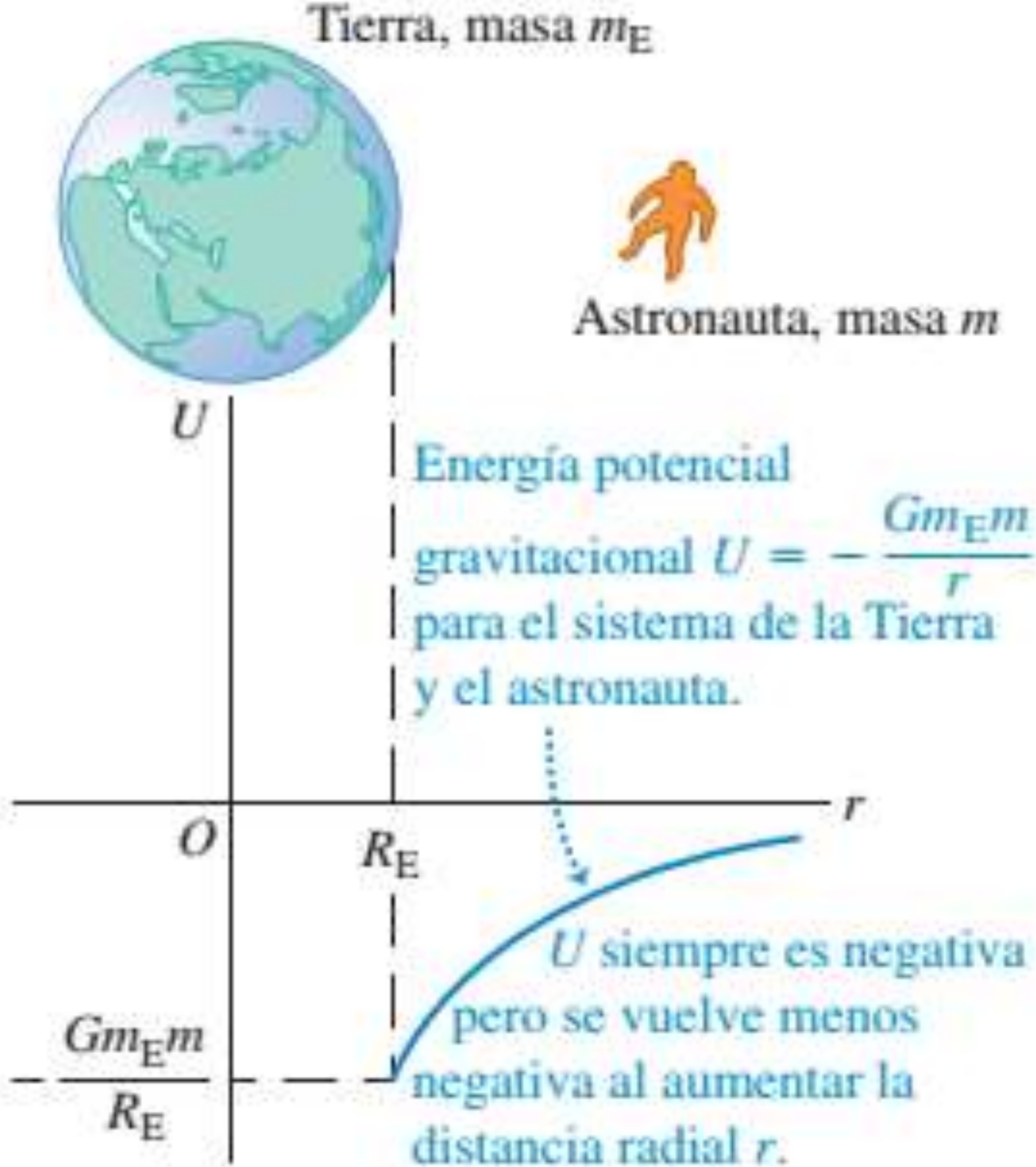
Energía potencial gravitacional



$$W_{grav} = \int_{r_1}^{r_2} F_r \, dr$$

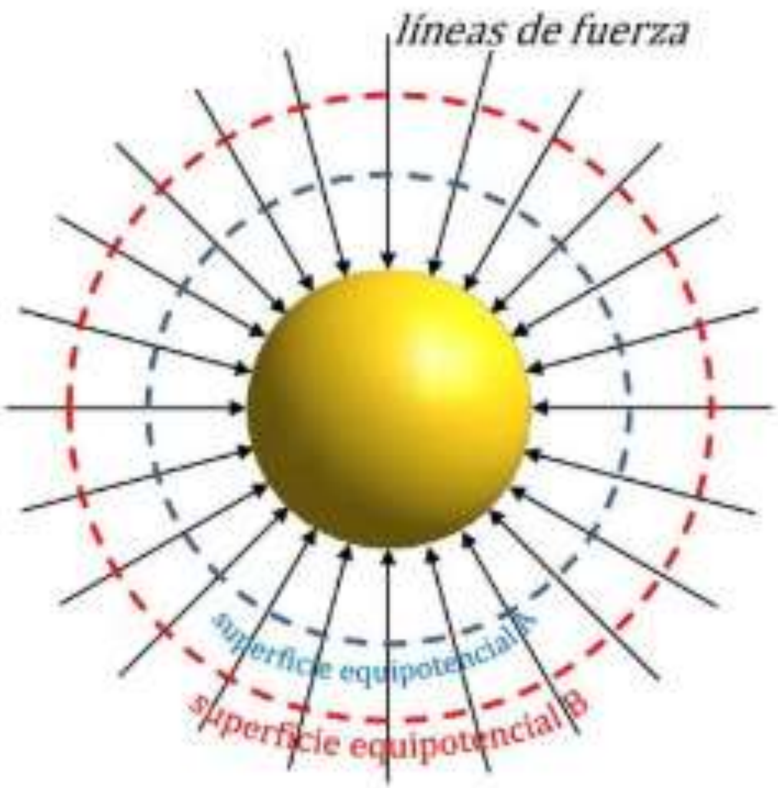
$$W_{grav} = -Gm_E m \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{Gm_E m}{r_2} - \frac{Gm_E m}{r_1}$$

$$\boxed{U = -\frac{Gm_E m}{r}}$$



Tierra, masa m_E
Astronauta, masa m
U
Energía potencial gravitacional $U = -\frac{Gm_E m}{r}$ para el sistema de la Tierra y el astronauta.
r
O
R_E
U siempre es negativa pero se vuelve menos negativa al aumentar la distancia radial r.
$-\frac{Gm_E m}{R_E}$

4.1. Líneas de fuerza y superficies equipotenciales



- Las **líneas de fuerza** son siempre tangentes al vector intensidad del campo.
- Su sentido es siempre **entrante** hacia la masa que origina el campo.
- Las líneas de fuerza **nunca se cruzan**.
- El número de líneas de fuerza que atraviesan una unidad de superficie es proporcional a valor de g.
- Todos los puntos que se encuentran a la misma distancia **r** de la masa m, tienen el mismo valor del potencial y constituyen una **superficie equipotencial**.
- Las superficies equipotenciales nunca se cortan.
- Las líneas de fuerza son perpendiculares a las superficies equipotenciales.

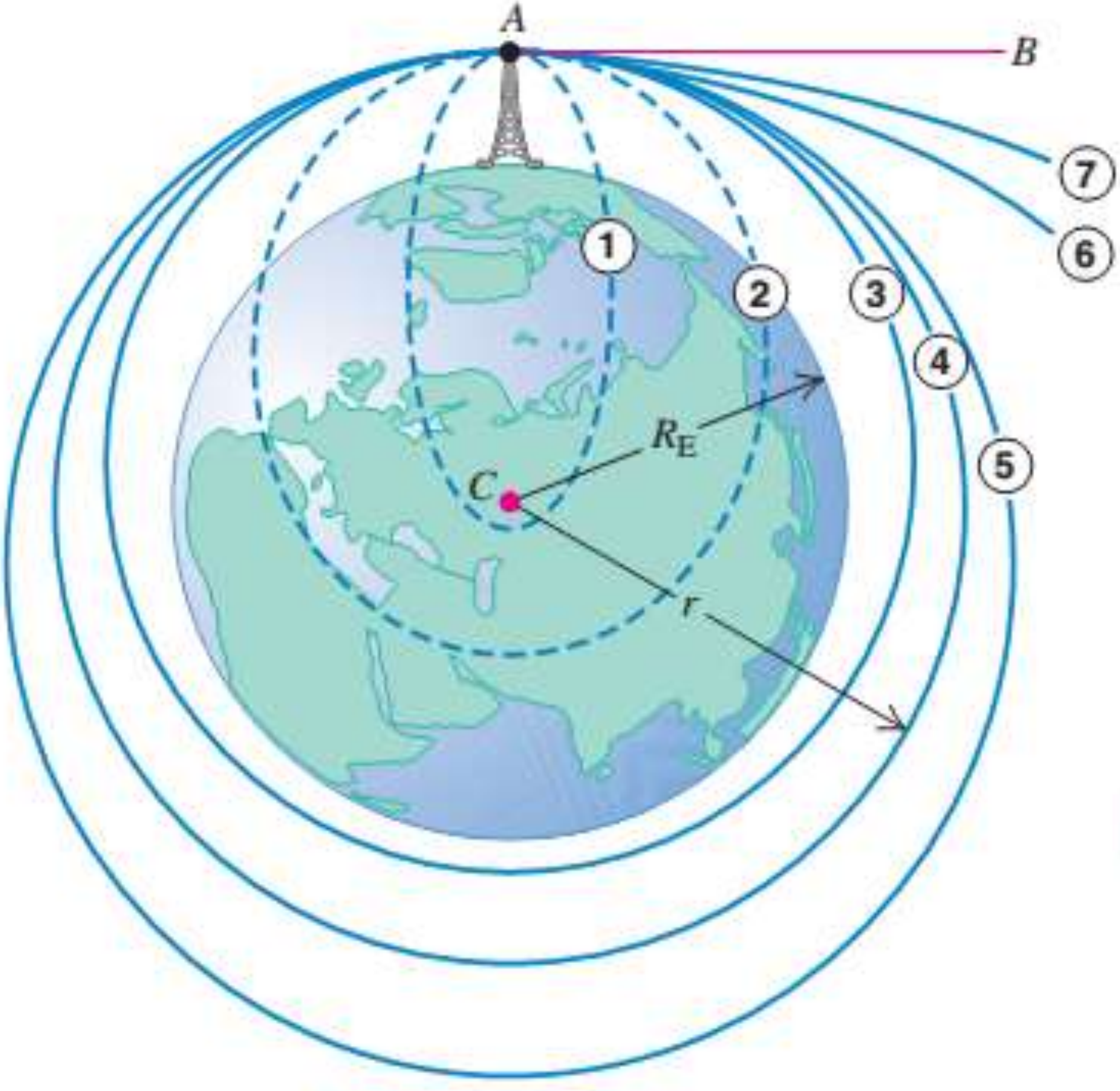
rapidez de escape.

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

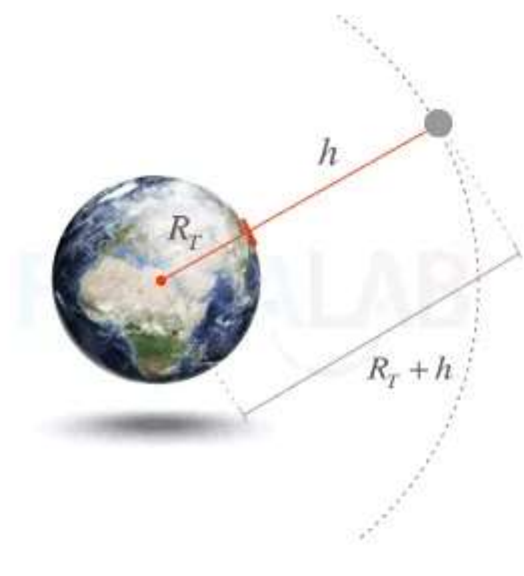
$$\frac{1}{2}mv_1^{\,2} + \left(-\frac{Gm_{\mathrm{E}}m}{R_{\mathrm{E}}}\right) = 0 + 0 \qquad v_1 = \sqrt{\frac{2Gm_{\mathrm{E}}}{R_{\mathrm{E}}}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \qquad \text{(rapidez de escape)}$$

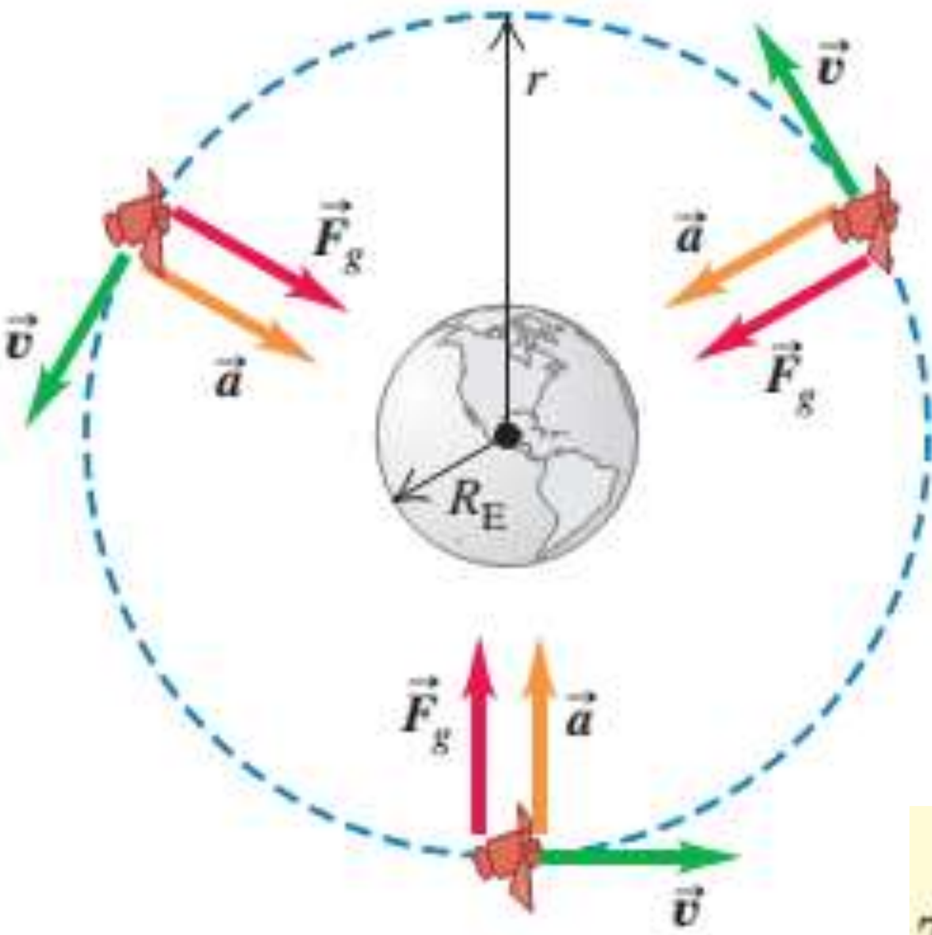
Movimiento de satélites



Un proyectil se lanza de A a B.
Las trayectorias (1) a (7) muestran el efecto de la rapidez inicial creciente.



Satélites: Órbitas circulares



El satélite está en órbita circular: su aceleración $\vec{a}$ es siempre perpendicular a su velocidad $\vec{v}$, por ello, la rapidez v es constante.

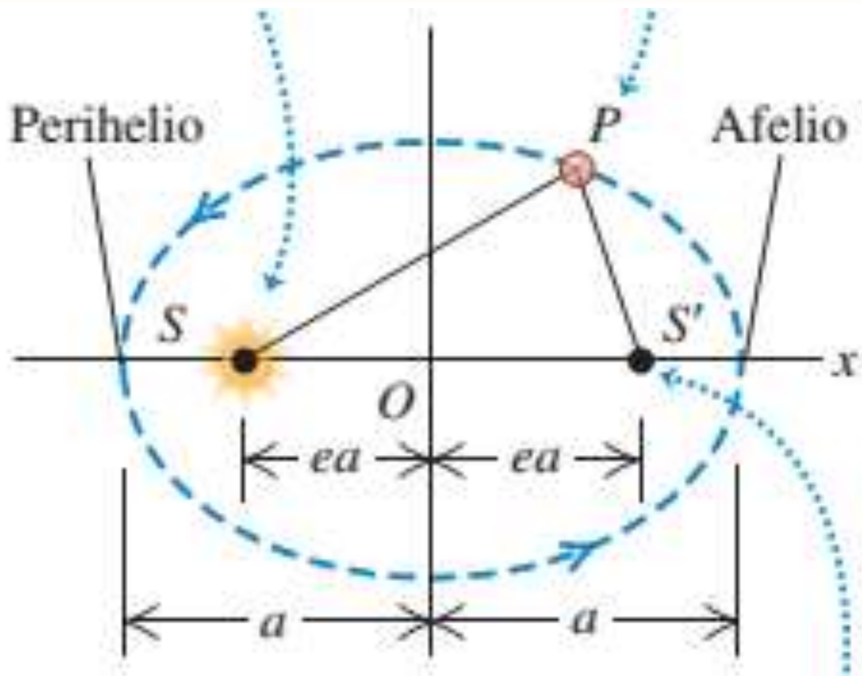
$$\frac{G m_E m}{r^2} = \frac{m v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{G m_E}{r}}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi r \sqrt{\frac{r}{G m_E}} = \frac{2\pi r^{3/2}}{\sqrt{G m_E}}$$

Las leyes de Kepler y el movimiento de los planetas

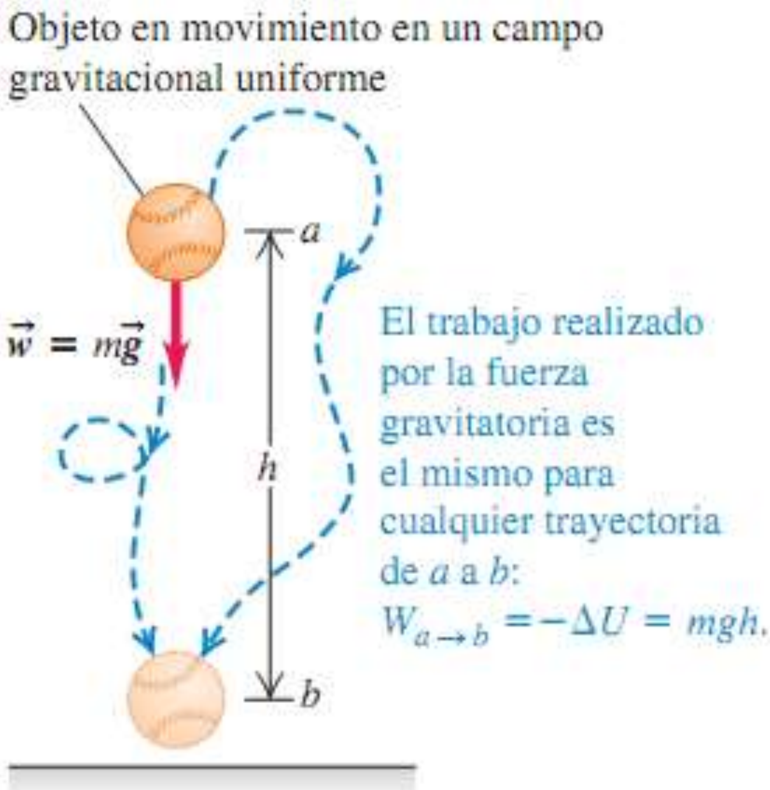
1. **Cada planeta se mueve en una órbita elíptica, con el Sol en uno de los focos de la elipse.**
2. **Una línea del Sol a un planeta dado barre áreas iguales en tiempos iguales.**
3. **Los periodos de un planeta son proporcionales a las longitudes del eje mayor de sus órbita elevadas a la potencia $\frac{3}{2}$.**

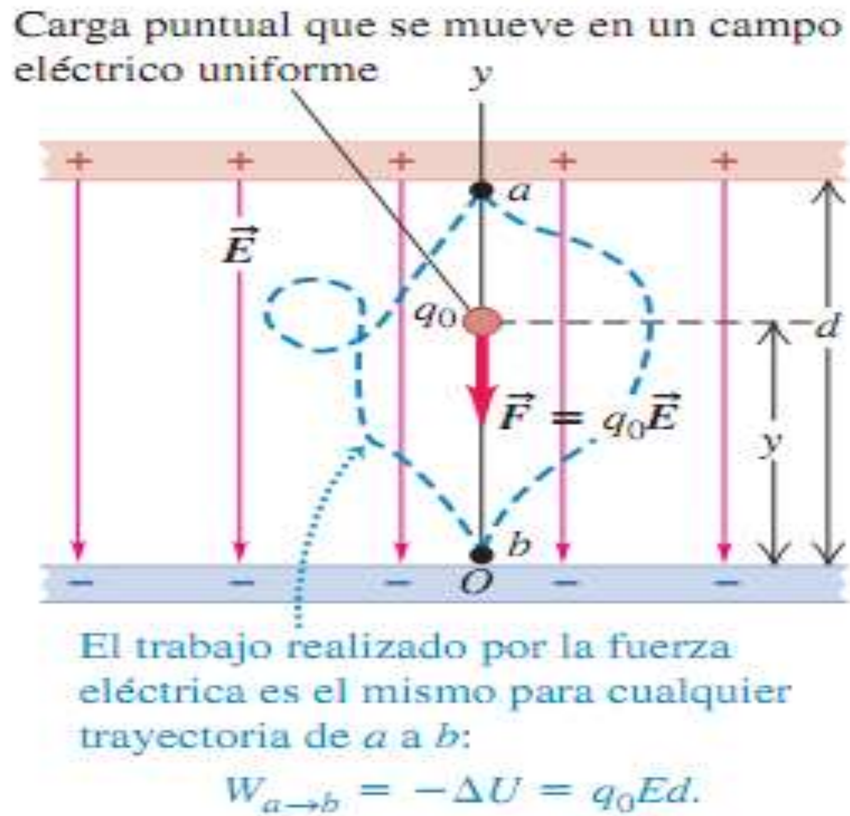


TRABAJO DE UNA FUERZA ELÉCTRICA

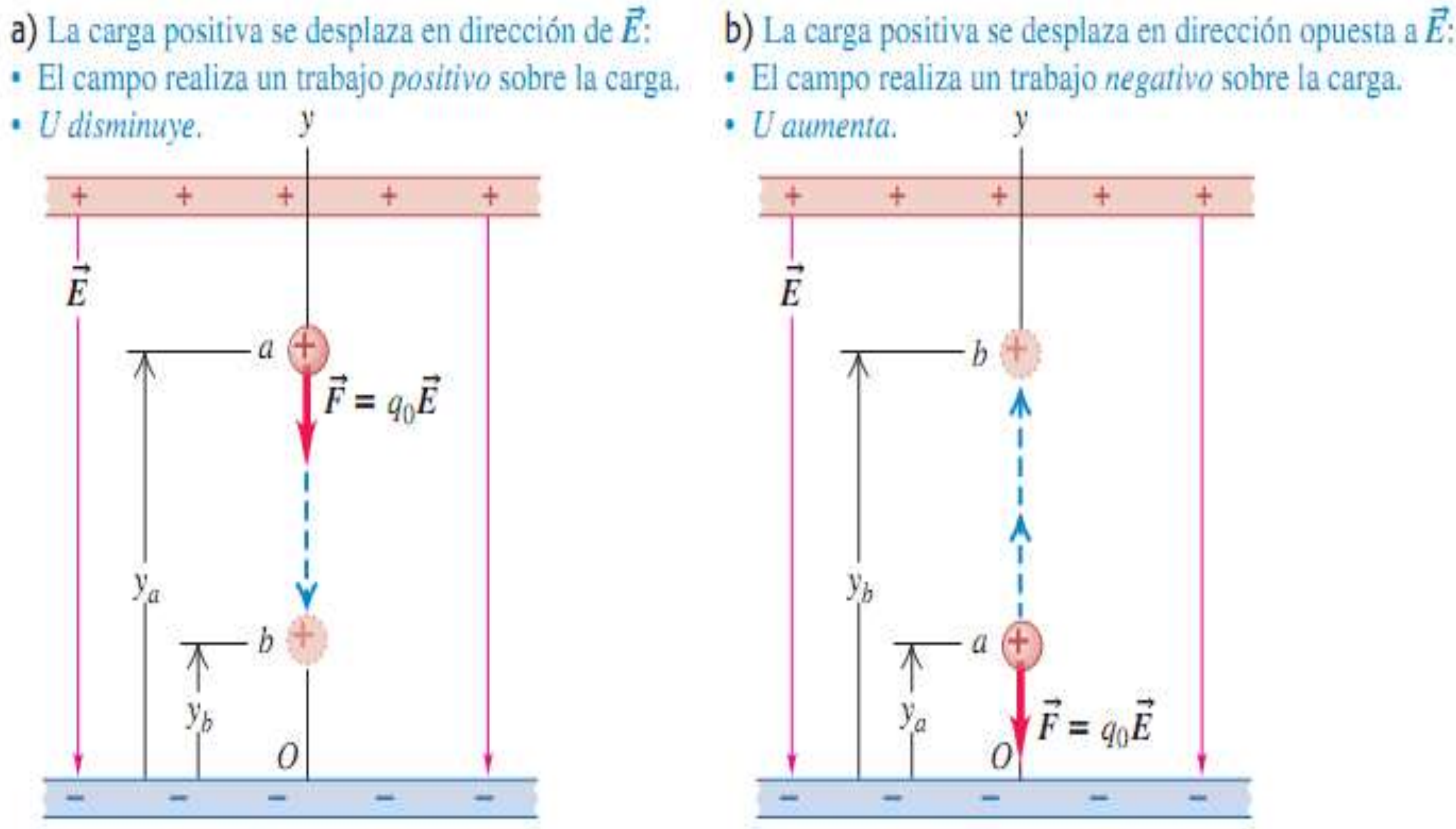
$$W_{a\to b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{l} = \int_a^b F\cos\phi\, dl \qquad \text{(trabajo realizado por una fuerza)}$$

$$W_{a\to b} = U_a - U_b = -(U_b - U_a) = -\Delta U \qquad \text{(trabajo efectuado por una fuerza conservativa)}$$



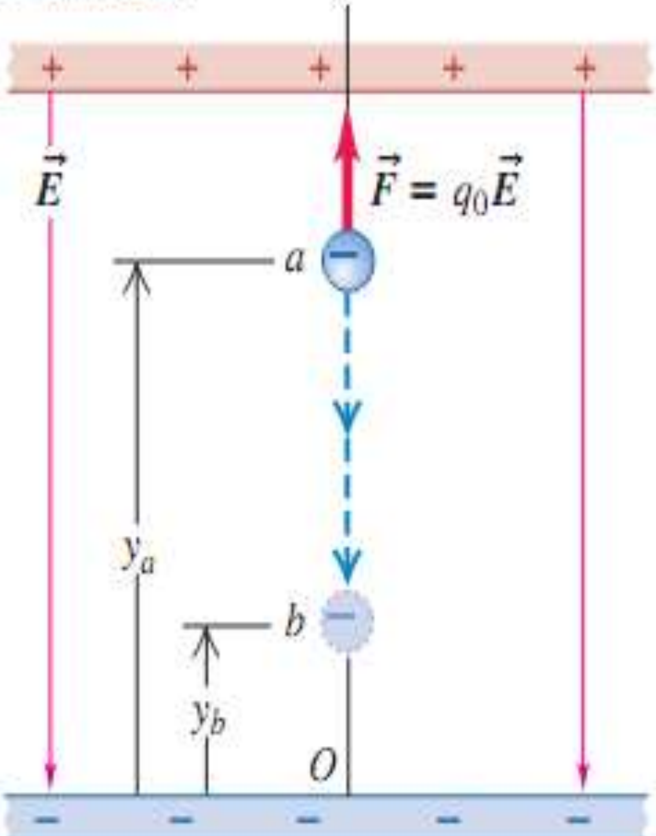


Energía potencial para campo E constante



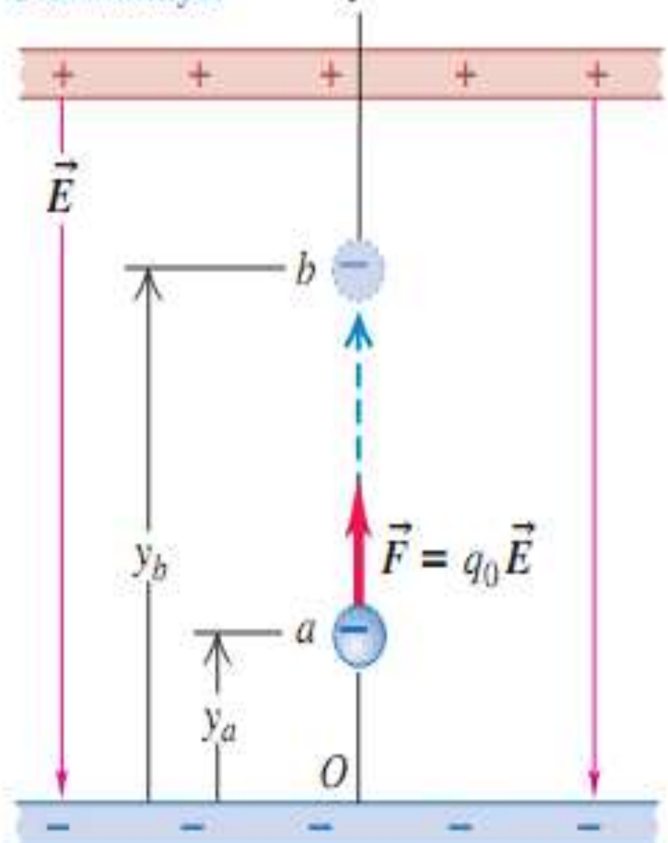
a) La carga negativa se desplaza en la dirección de $\vec{E}$:

- El campo realiza trabajo *negativo* sobre la carga.
- *U aumenta*.



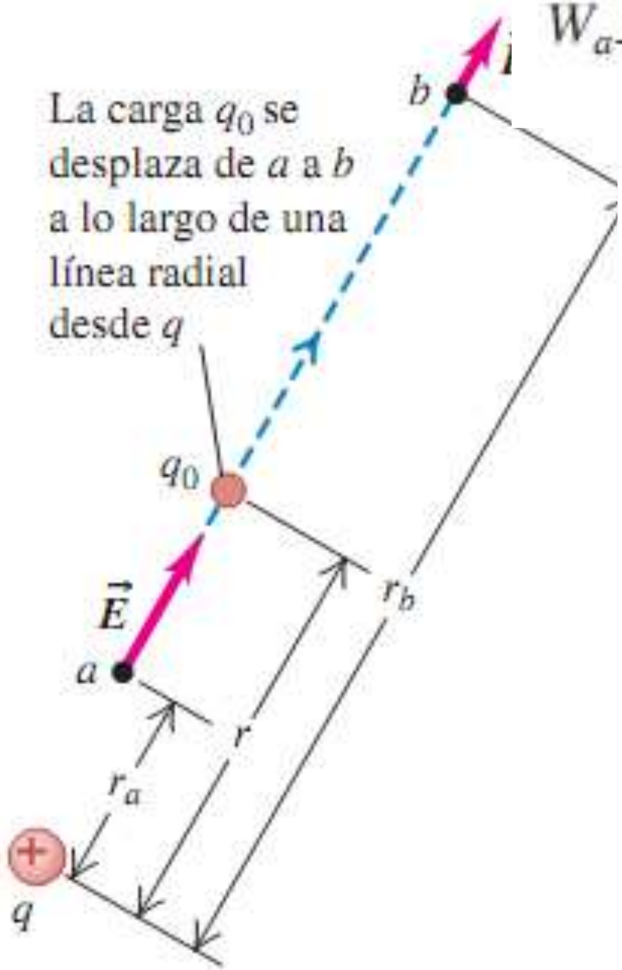
b) La carga negativa se desplaza en dirección opuesta a $\vec{E}$:

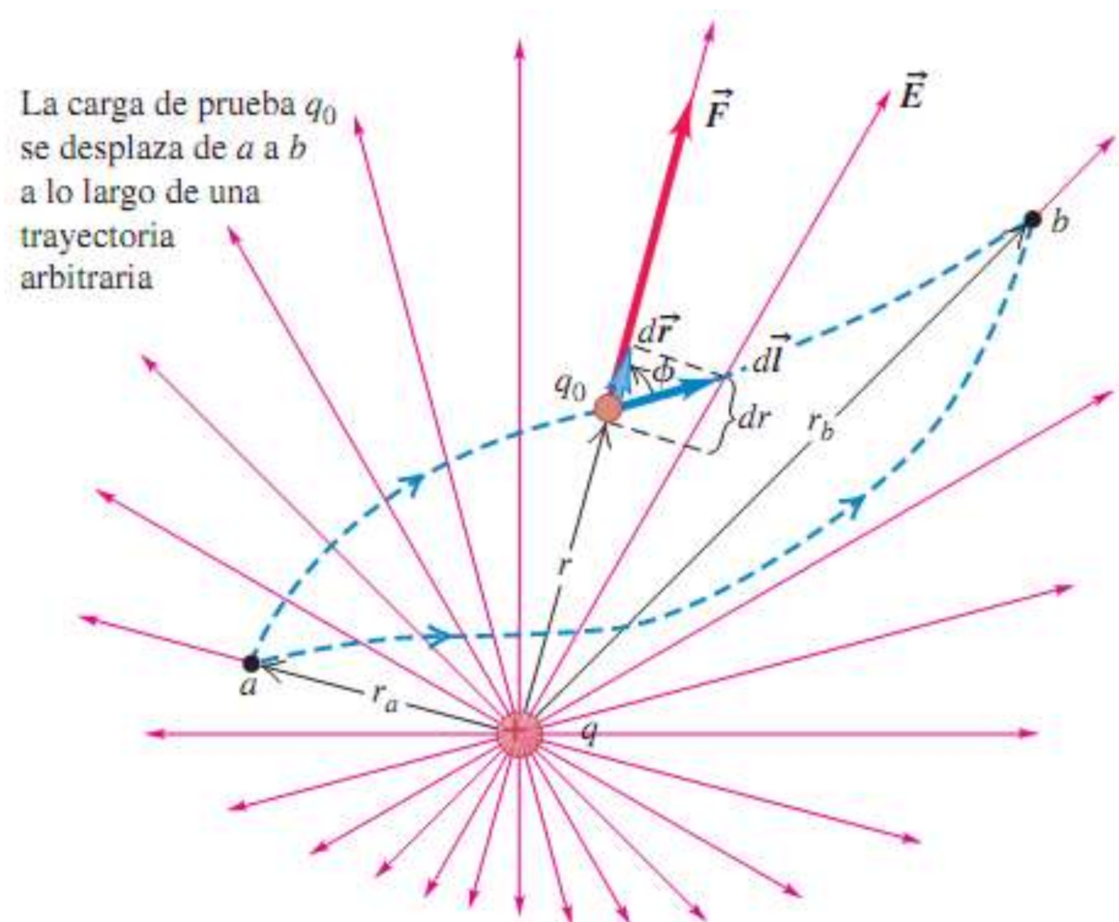
- El campo realiza trabajo *positivo* sobre la carga.
- *U disminuye*.



Energía potencial para campo E varible

$$W_{a\to b} = \int_{r_a}^{r_b} F_r dr = \int_{r_a}^{r_b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r^2}dr = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}\right)$$

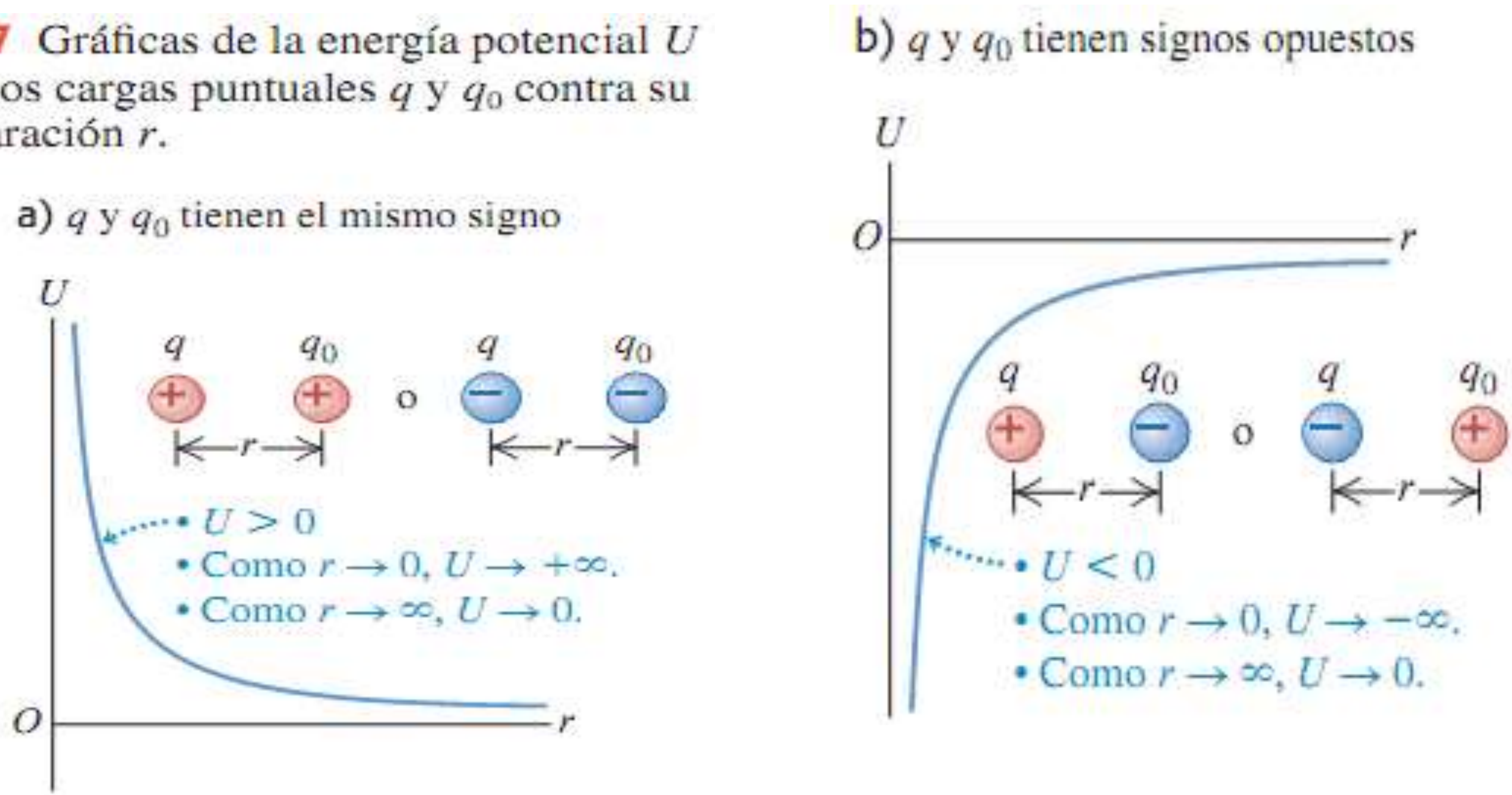




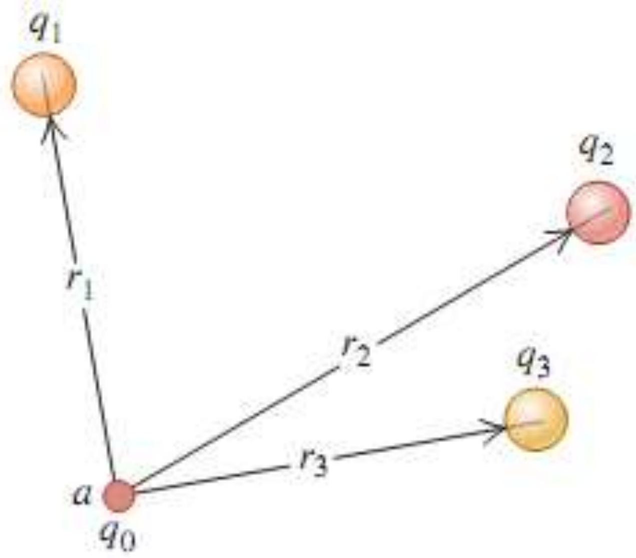
Energía potencial entre q y q_0

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r}$$ (energía potencial eléctrica de dos cargas puntuales q y q_0)

23.7 Gráficas de la energía potencial U de dos cargas puntuales q y q_0 contra su separación r.

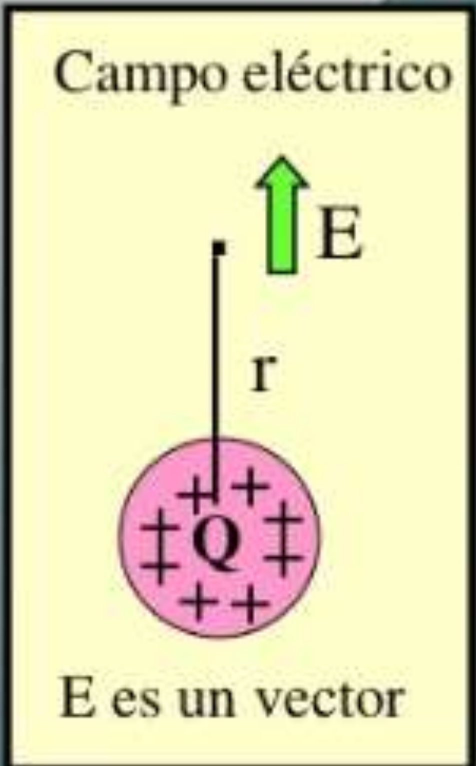


Energía potencial de varias cargas puntuales



$$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} + \cdots\right) = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

Propiedades del espacio



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

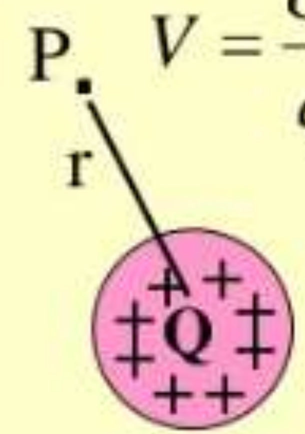
$$E = \frac{F}{q}; \qquad F = qE$$

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

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

Potencial eléctrico

El potencial eléctrico es otra propiedad del espacio que permite predecir la E.P. de cualquier carga q en un punto.



$$V = \frac{U}{q}$$

Potencial eléctrico:

$$\boxed{V = \frac{U}{q}; \quad U = qV}$$

Las unidades son: joules por coulomb (J/C)

Por ejemplo, si el potencial es 400 J/C en el punto P, una carga de –2 nC en dicho punto tendría E.P. :

$$U = qV = (-2 \times 10^{-9}\text{C})(400 \text{ J/C}); \quad \boxed{U = -800 \text{ nJ}}$$

Potencial eléctrico

$$V = \frac{U}{q_0} \quad \text{o bien,} \quad U = q_0 V$$

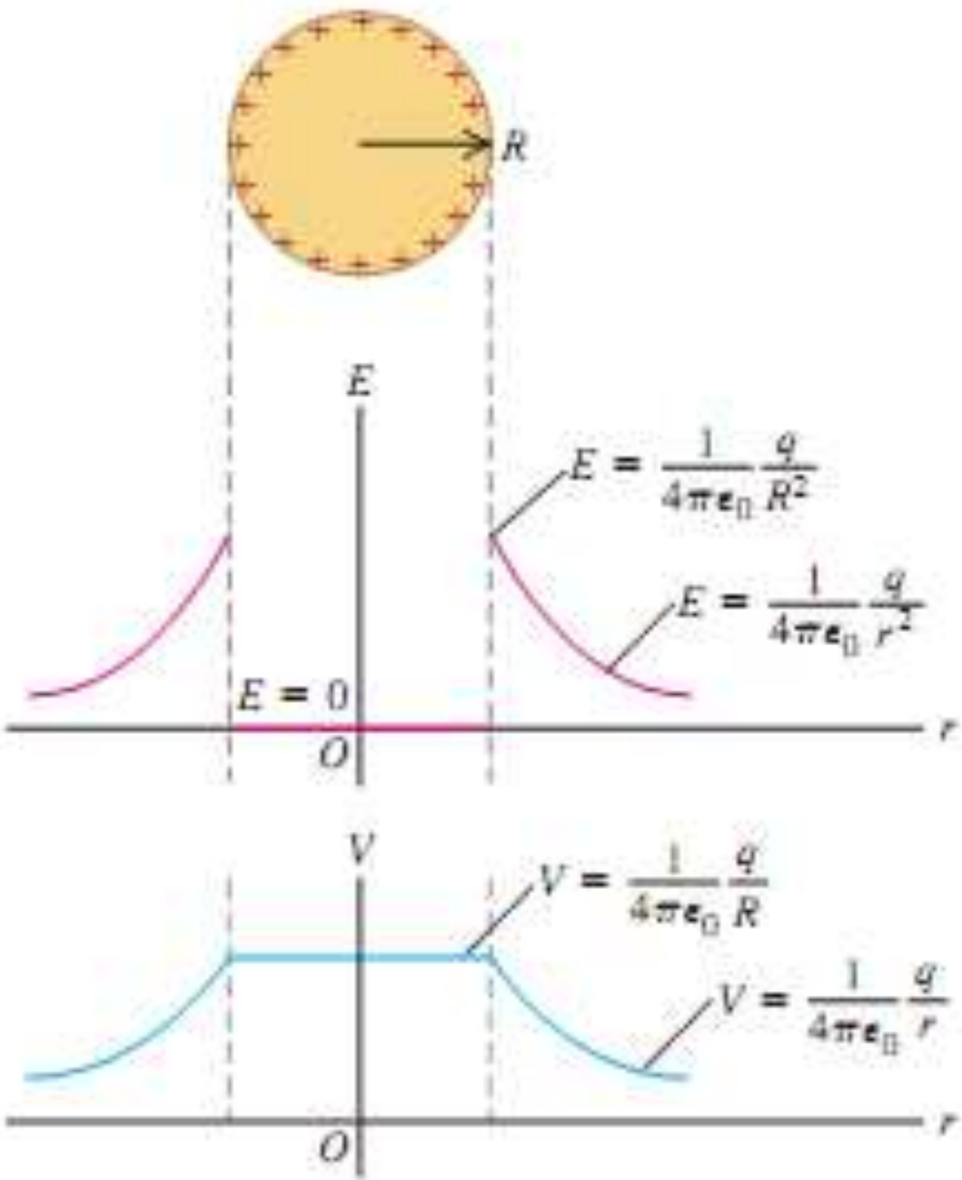
$$1\ \text{V} = 1\ \text{volt} = 1\ \text{J/C} = 1\ \text{joule/coulomb}$$

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r} \qquad \text{(potencial debido a una carga puntual)}$$

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\sum_i \frac{q_i}{r_i} \qquad \text{(potencial debido a un conjunto de cargas puntuales)}$$

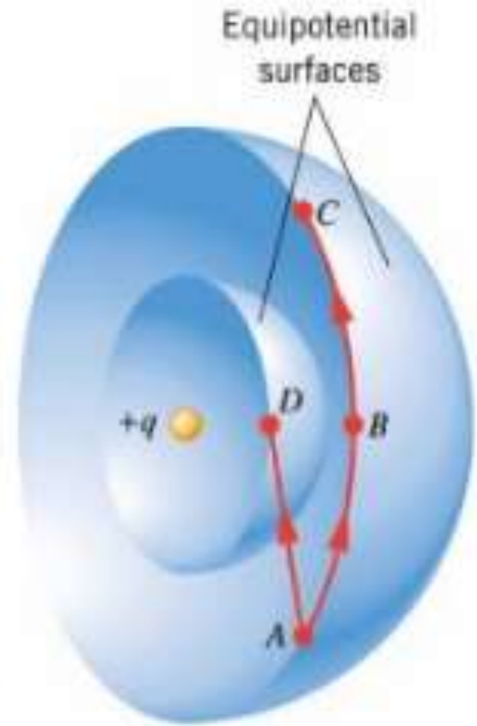
$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r} \qquad \text{(potencial debido a una distribución continua de carga)}$$

23.17 Magnitud del campo eléctrico E y el potencial V en puntos dentro y fuera de una esfera conductora con carga positiva.

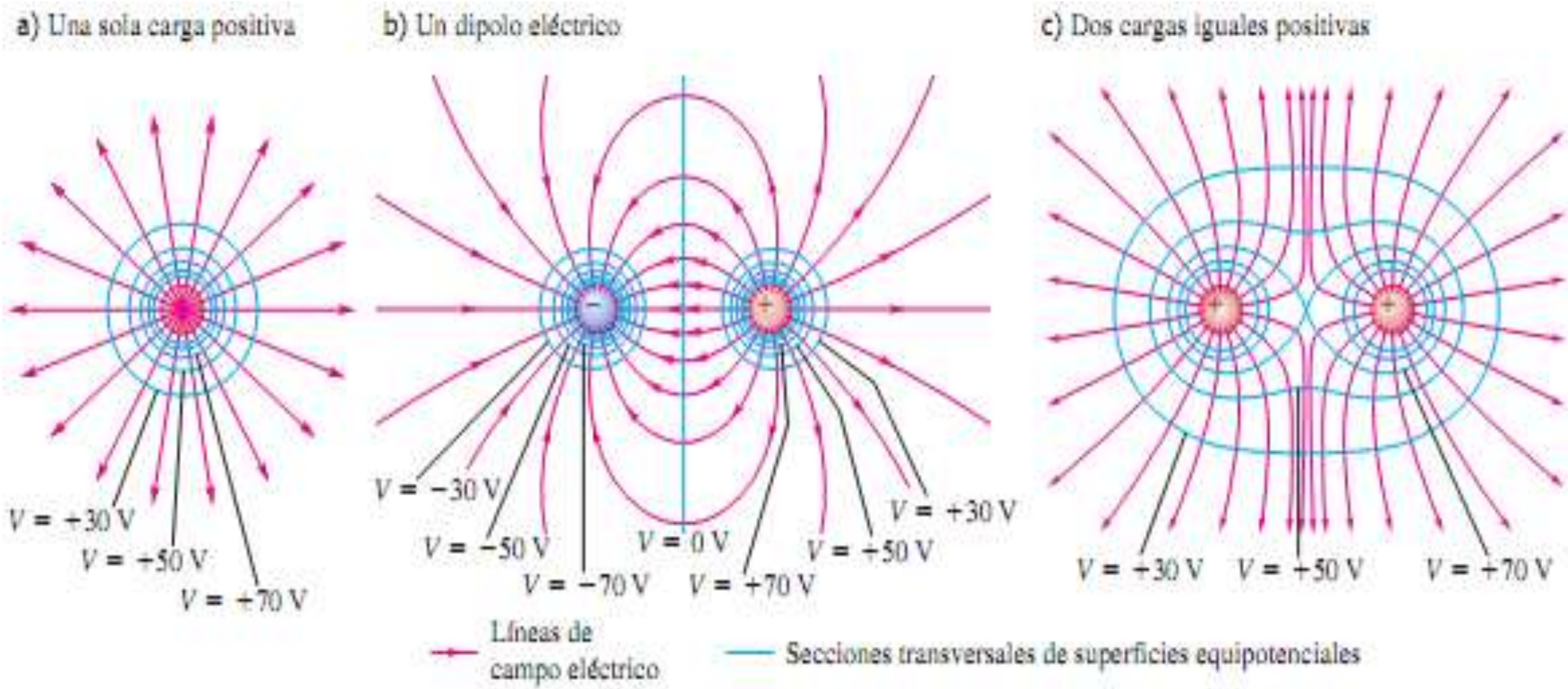


Superficies Equipotenciales

- La expresión $V = k\, q/r$ implica que todos los puntos a la *misma* distancia r desde una carga puntual q tienen el *mismo potencial*
- Todas estas localizaciones forman una superficie llamada una *equipotencial* (*superficie*)
- Así, existe un número infinito de *superficies equipotenciales*, una por cada valor de r
- La *fuerza eléctrica* NO realiza trabajo cuando la carga se mueve sobre una *superficie equipotencial*
  - Tal como sobre la trayectoria ABC
  - Pero la fuerza *realiza trabajo* para el camino AD

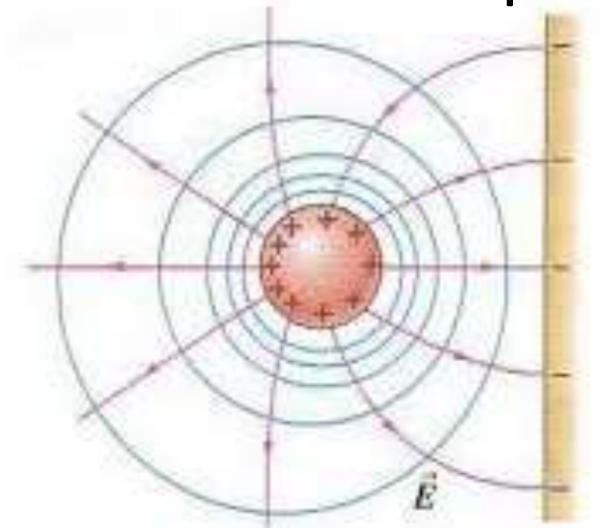


Superficies equipotenciales

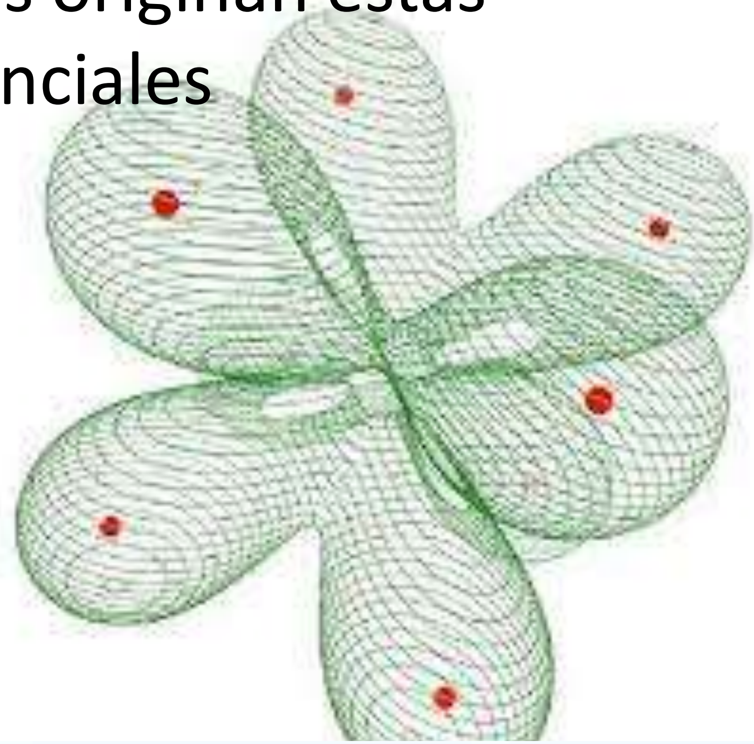


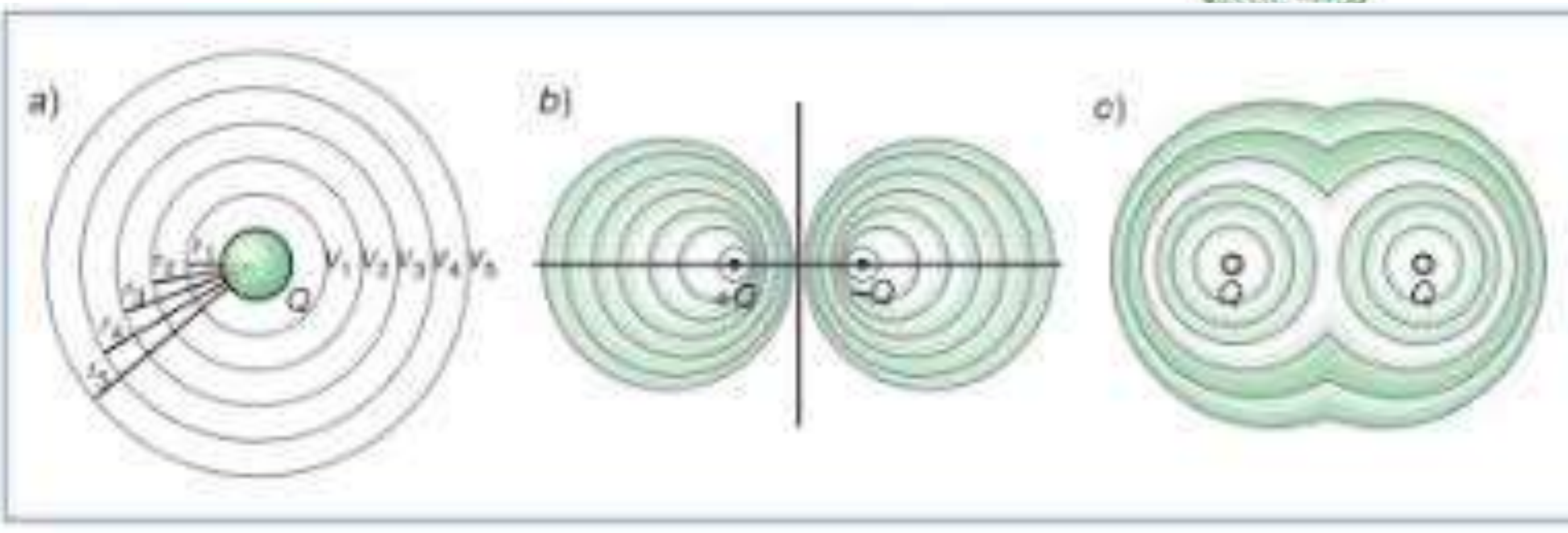
Las superficies equipotenciales son siempre perpendiculares a las líneas de campo eléctrico.

Determinar que tipo de cargas originan estas superficies equipotenciales



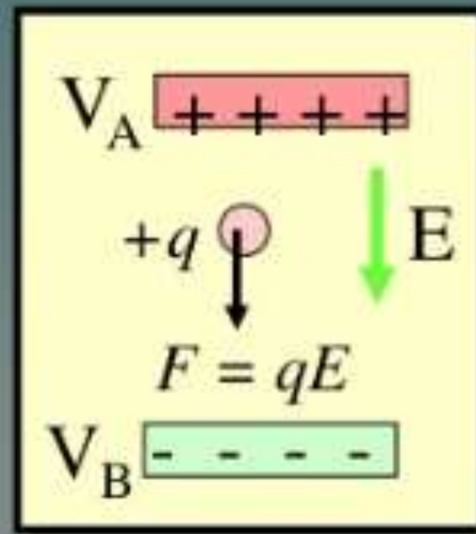
perficies equipotenciales de una carga y un plano infinito





Placas paralelas

Considere dos placas paralelas de carga igual y opuesta, separadas una distancia *d*.



Campo E constante: $F = qE$

Trabajo $= Fd = (qE)d$

Además, Trabajo $= q(V_A - V_B)$

De modo que: $\cancel{q}V_{AB} = \cancel{q}Ed$ y

$$V_{AB} = Ed$$

La diferencia de potencial entre dos placas paralelas cargadas opuestamente es el producto de E y d.