Campo Eléctrico

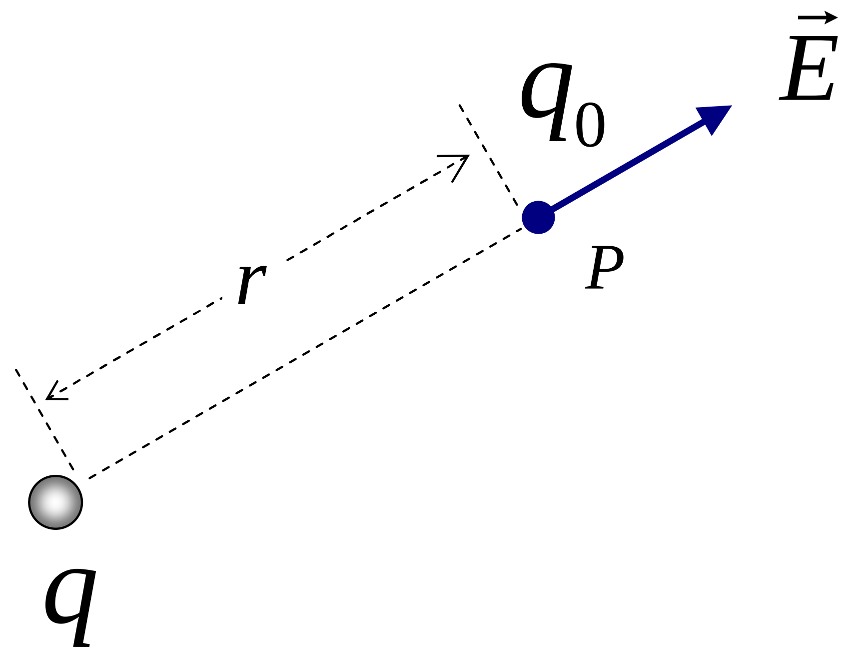
Marco A. Merma Jara
http://mjfisica.net
Versión 08.2013

Contenido

- Introducción
- Que es el campo eléctrico
- Campo eléctrico
  - De distribuciones discretas de carga
  - De distribuciones continuas de carga
- Campo eléctrico en conductores
- Campo eléctrico n no conductores
- Ejercicios y problemas

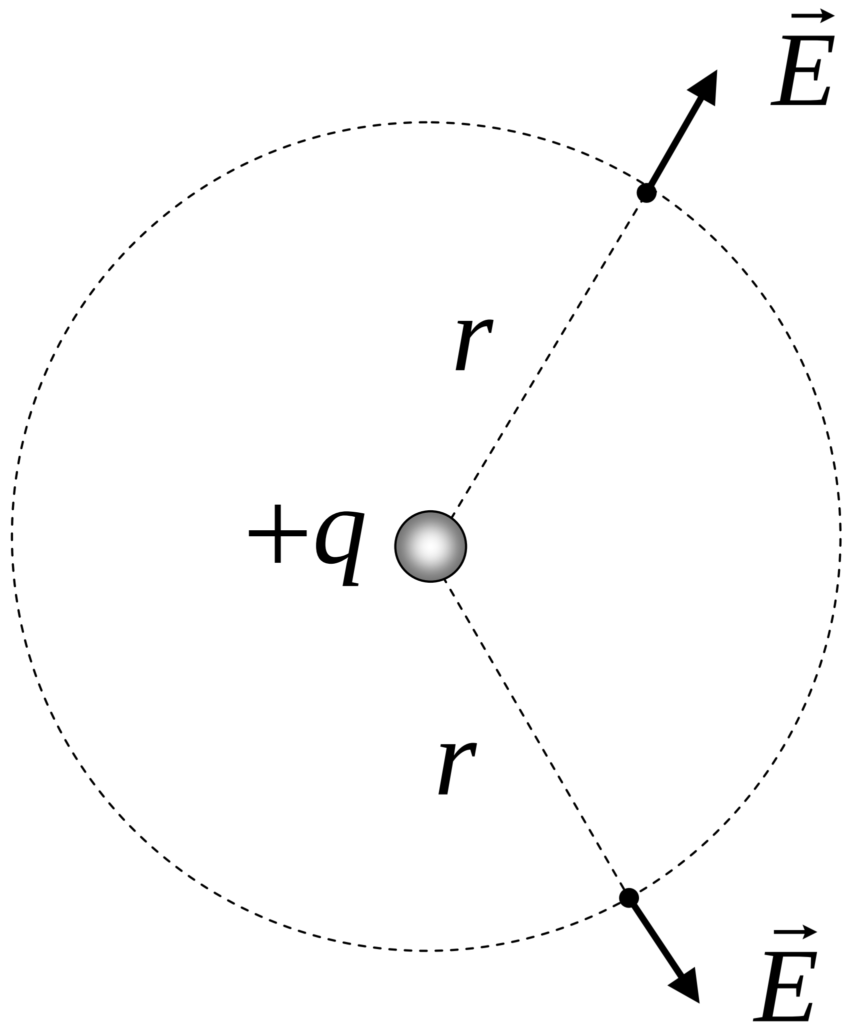
Campo eléctrico

- ¿Qué es el campo eléctrico?
  - Manifestación de la carga q en cualquier punto del espacio
- q_o es la carga de prueba
  - Positiva
  - Efecto no significativo



Campo eléctrico

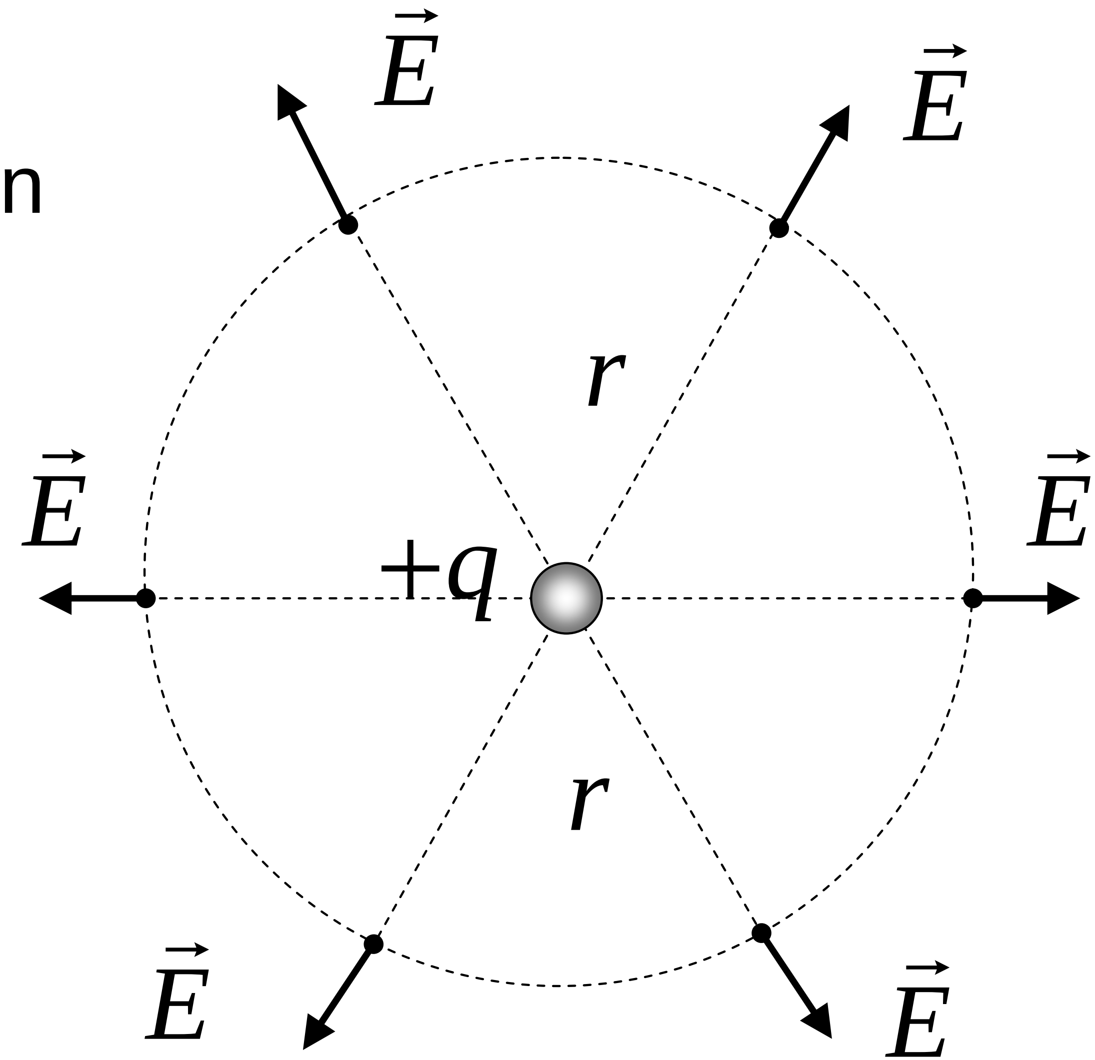
- E es la magnitud del campo eléctrico
- En todos los puntos a la misma distancia r desde el centro la magnitud es la misma e igual a E



Campo Eléctrico

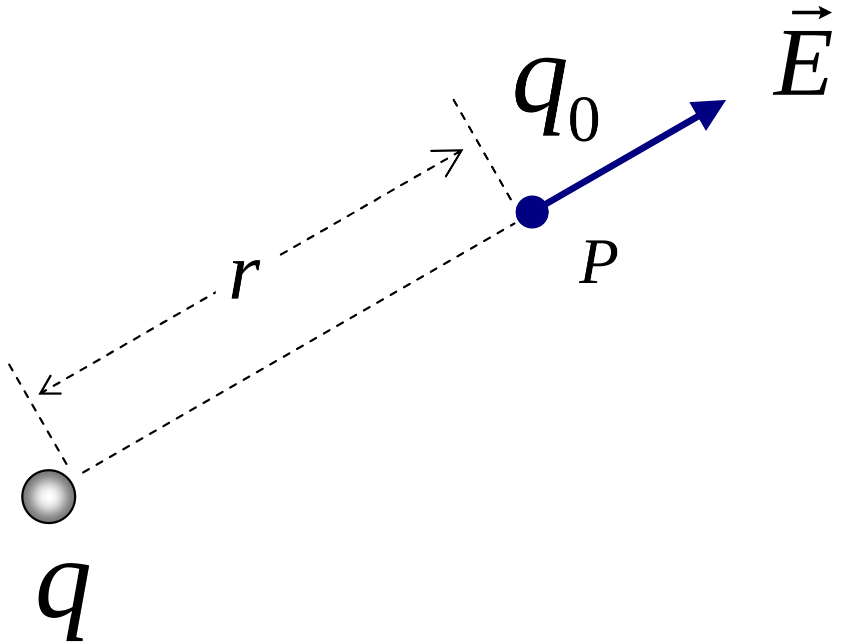
- Fuerza distribuida en todo el espacio

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



Campo eléctrico

- Para una carga puntual
- Para un punto cualquiera P

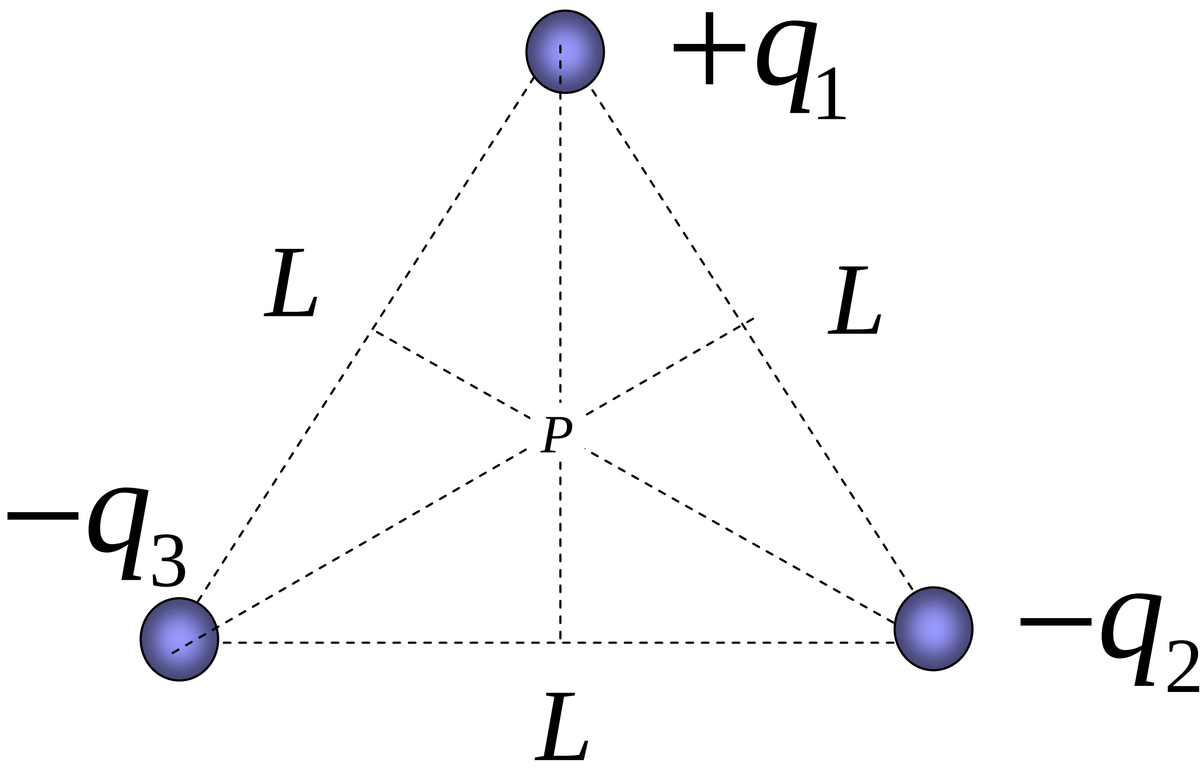


$$\vec{E} = k\frac{q}{r^2}\hat{r}$$

$$|\vec{E}| = k\frac{|q|}{r^2}$$

Campo eléctrico

- **Ejemplo**: Campo eléctrico de varias cargas puntuales en un punto P (baricentro), del espacio

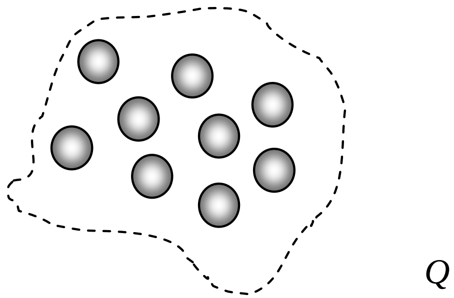


$$\vec{E}_P = ?$$

$$|\vec{E}_P| = ?$$

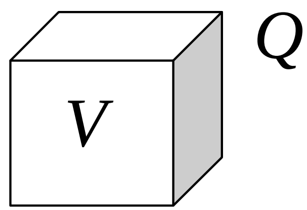
Distribuciones de carga

- Distribuciones discretas
- Distribuciones continuas
  - Líneas
  - Áreas
  - Volúmenes



$$\lambda = \frac{Q}{L}$$

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$



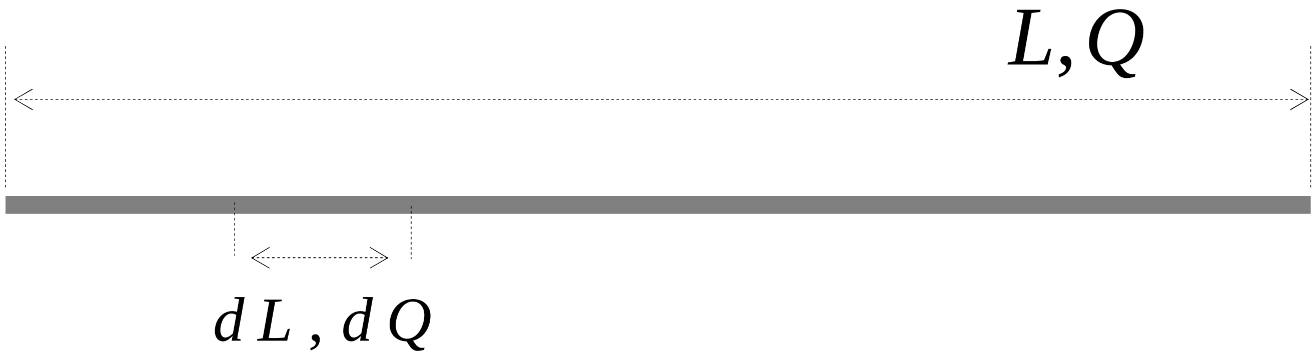
$$\rho = \frac{Q}{V}$$

$$\lambda, \sigma, \rho$$

Son las densidades de carga

Distribuciones de carga

- Distribuciones homogéneas de línea

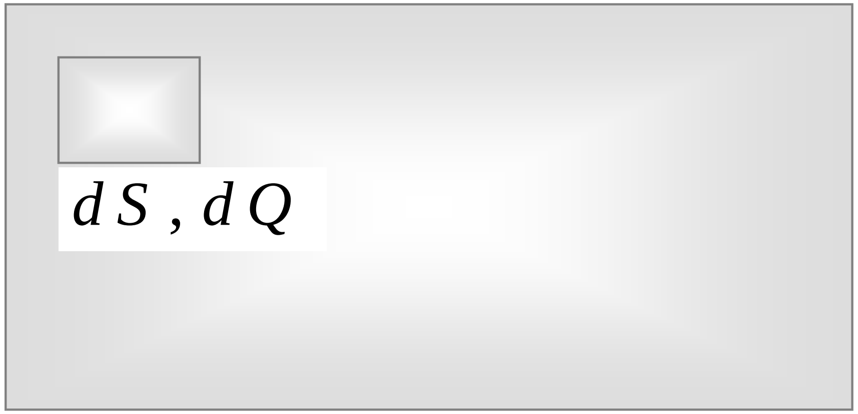


$$\lambda = \frac{Q}{L} \qquad \lambda' = \frac{dQ}{dL}$$

$$\lambda = \lambda' = cte$$ Si la distribución de HOMOGENEA

Distribuciones de carga

- Distribuciones homogéneas de superficie



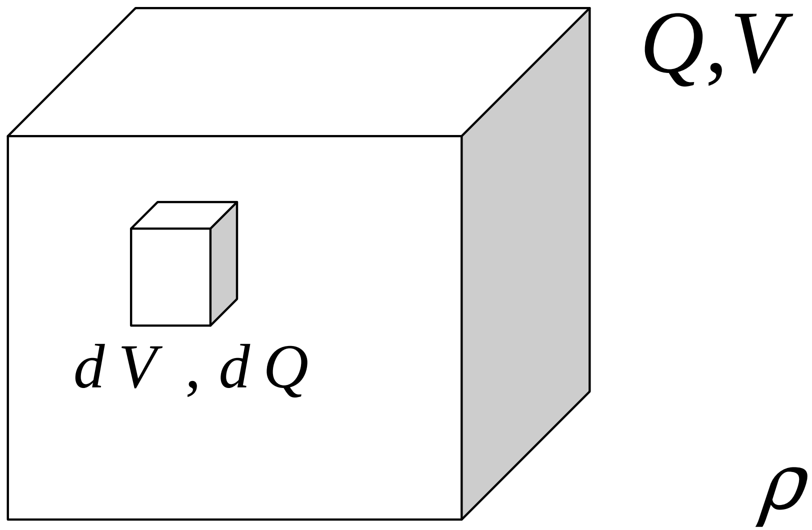
Q, S

$$\sigma = \frac{Q}{S} \qquad \sigma' = \frac{dQ}{dS}$$

$\sigma = \sigma' = cte$ Si la distribución de HOMOGENEA

Distribuciones de carga

- Distribuciones homogéneas de volumen



$$\rho = \frac{Q}{V}$$

$$\rho' = \frac{dQ}{dV}$$

$$\rho = \rho' = cte$$

Si la distribución de HOMOGENEA

Distribuciones de carga

- Distribuciones continuas de carga, NO homogéneas
- Las densidades de carga dependen de las posiciones en la distribución continua

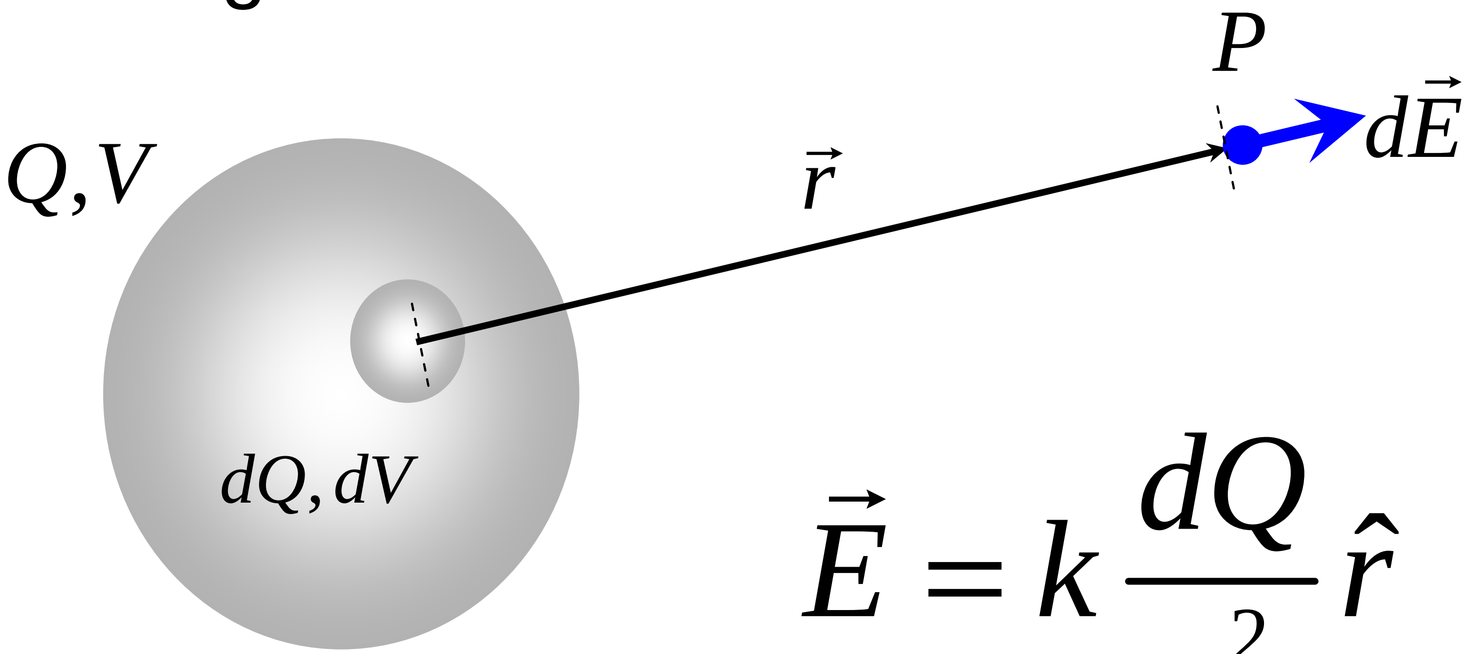
$$\lambda = \lambda(x, y, z)$$

$$\sigma = \sigma(x, y, z)$$

$$\rho = \rho(x, y, z)$$

Campo eléctrico

- Para una distribución continua de cargas

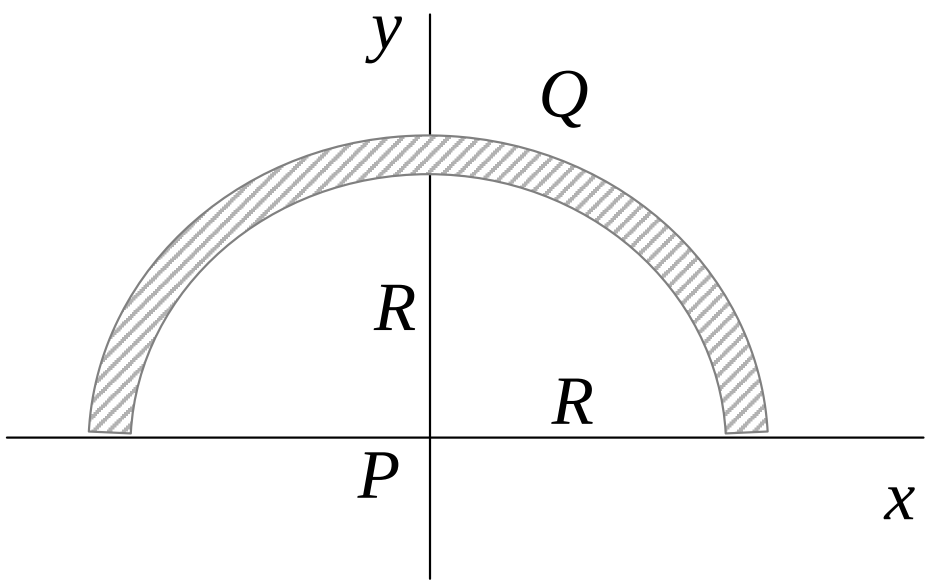


$$\vec{E} = k\frac{dQ}{r^2}\hat{r}$$

$\hat{r}: vector \;\; unitario$

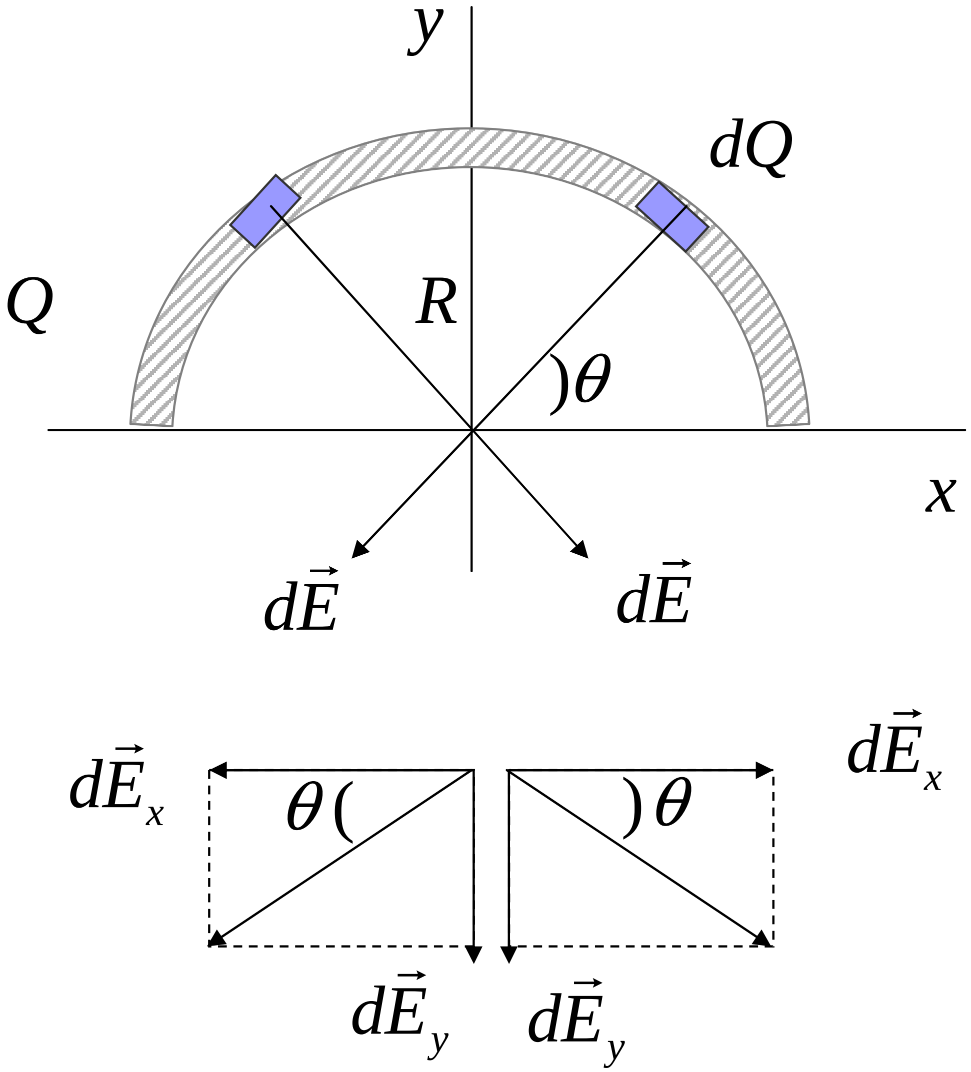
Campo Eléctrico

- Ejemplo 1:
  Una distribución lineal de carga homogénea Q está dispuesta como se ilustra en la figura. Hallar el campo eléctrico en el punto P



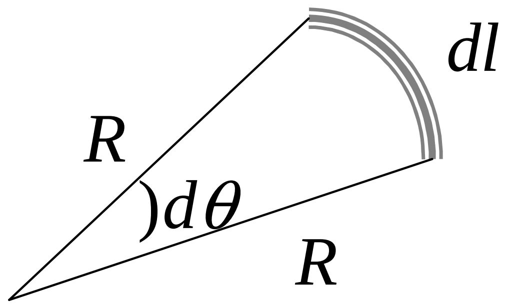
Campo Eléctrico

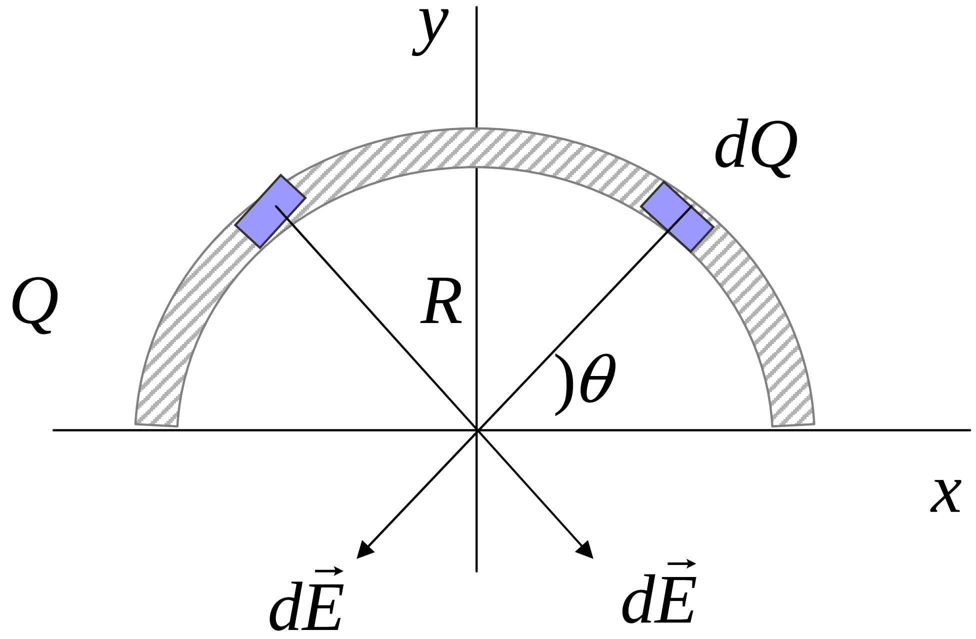
- Ejemplo 1:
  El campo se debe a la contribución de las muestras
- Hay una muestra simétricamente localizada respecto del eje y



Campo Eléctrico

- El campo eléctrico resultante

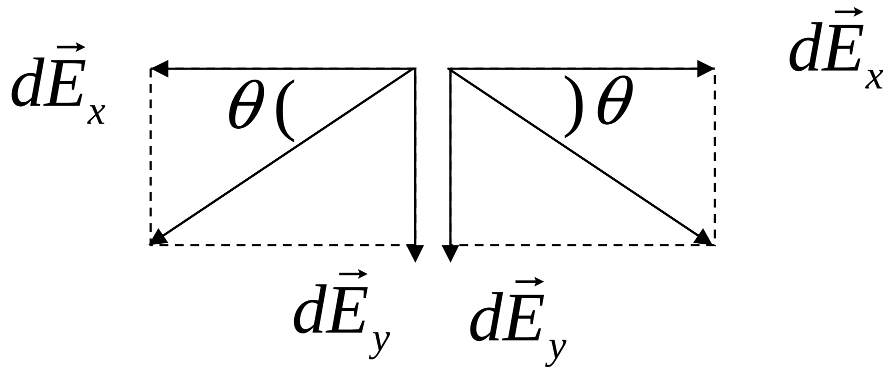




$$d\vec{E} = d\vec{E}_x + d\vec{E}_y$$

$$d\vec{E}_x = dE\cos\theta\,\hat{i}$$

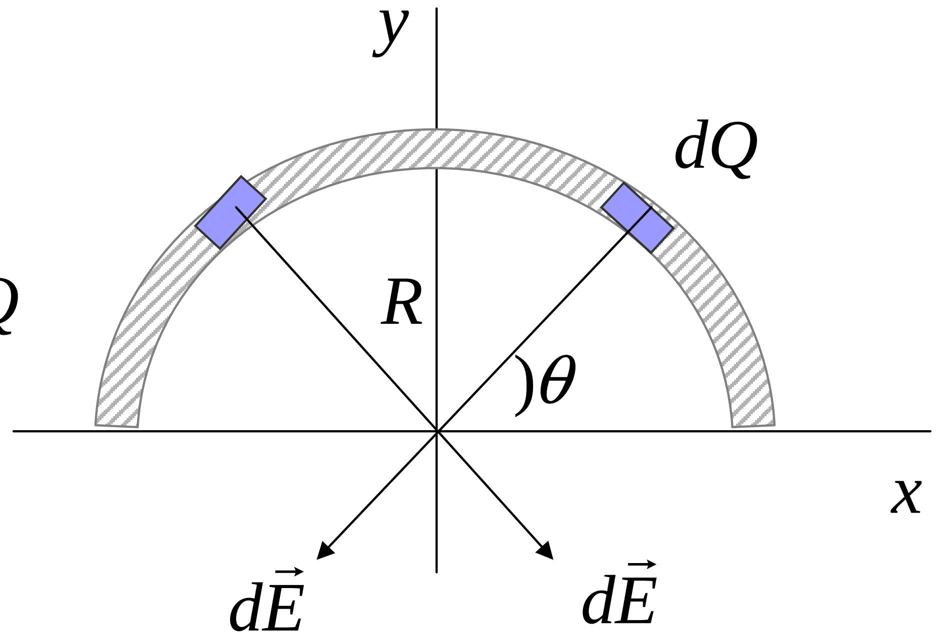
$$d\vec{E}_y = dE sen\,\theta\,(-\hat{j})$$



Campo Eléctrico

- Resolviendo

$$d\vec{E} = d\vec{E}_x + d\vec{E}_y$$



$$\int_0^E d\vec{E} = \int_0^{E_x} d\vec{E}_x + \int_0^{E_y} d\vec{E}_y$$

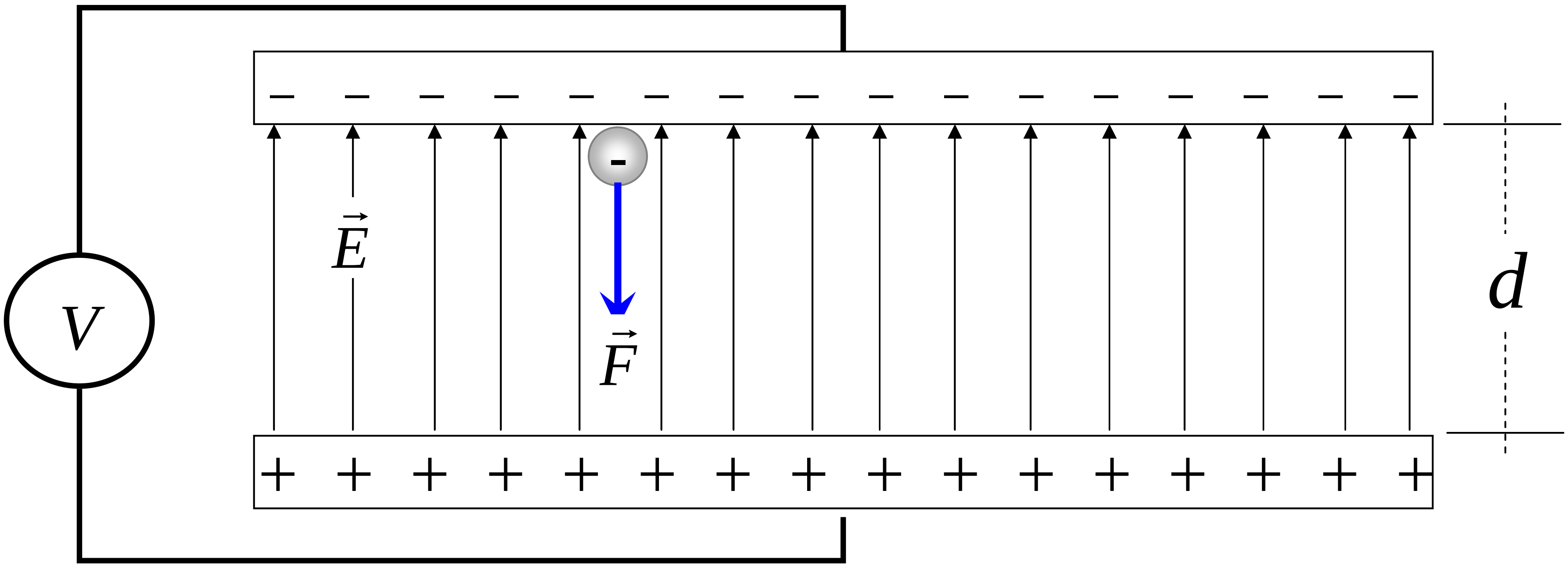
$$\int_0^E d\vec{E} = \int_0^{E_x} dE_x \cos\theta\ (\hat{i}) + \int_0^{E_y} dE sen\theta\ (-\hat{j})$$

$$\int_0^E d\vec{E} = \int_0^{E_y} k\frac{dQ}{R^2} sen\theta\ (-\hat{j})$$

$$\vec{E} = \int_0^{E_y} k\frac{dQ}{R^2} sen\theta\ (-\hat{j})$$

Campo eléctrico uniforme

- Un electrón dentro de un campo uniforme



Campo eléctrico uniforme

- Aceleración

$$\vec{F} = m\vec{a} \qquad \vec{a}_y = \frac{\vec{F}_y}{m} = \frac{-e\vec{E}}{m}$$

- Velocidad

$$v_y^2 = v_{0y}^2 + 2ay \qquad v_y^2 = 2a_y y = 2\left(\frac{-e\vec{E}}{m}\right)(-d)$$

- Energía cinética

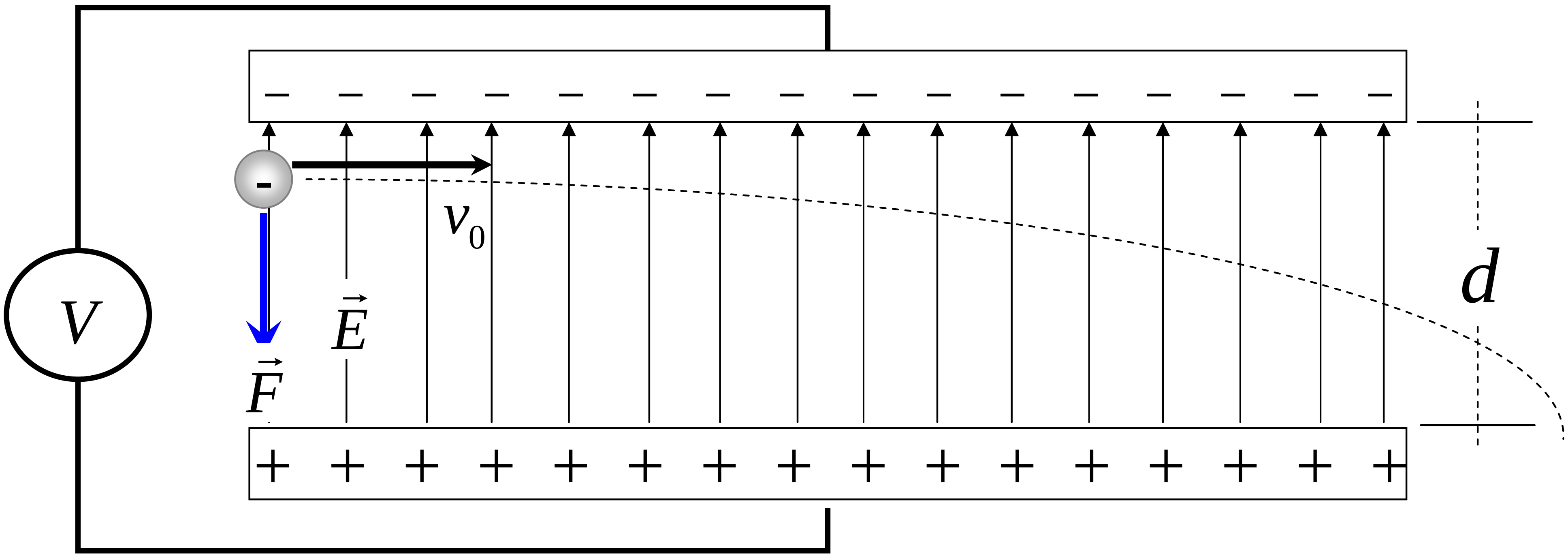
$$K = \frac{1}{2}mv_y^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{2eE}{m}\right)d = eEd$$

- Tiempo

$$v_y = v_{0y} + a_y t \qquad t = \frac{v_y}{a_y}$$

Campo eléctrico uniforme

- Trayectoria de un electrón, que tiene rapidez inicial horizontal vo



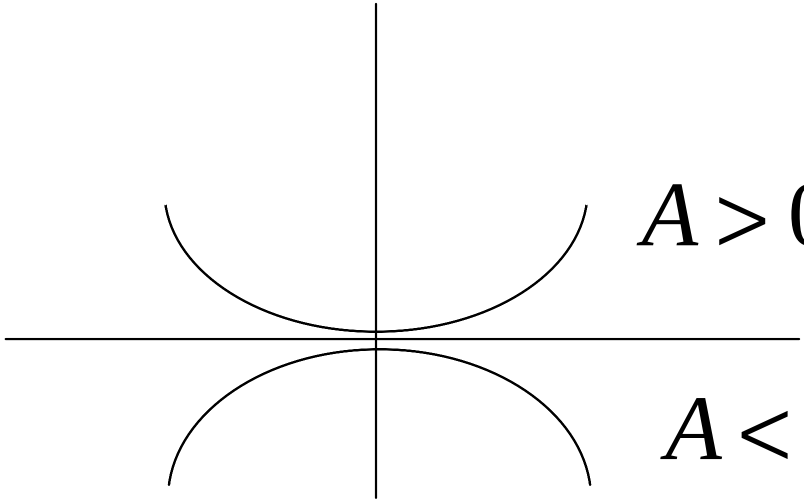
Campo eléctrico uniforme

- Ecuación de la trayectoria

$$x = v_0 t$$

$$y = \frac{1}{2} a_y t^2 = -\frac{1}{2}\frac{eE}{m} t^2$$

$$y = -\frac{1}{2}\frac{eE}{mv_0^2} x^2$$



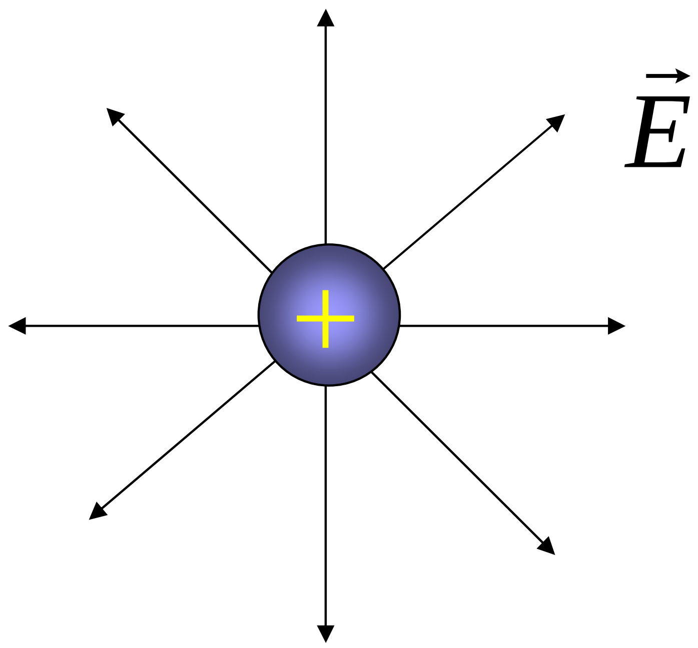
$$A > 0$$

$$A < 0$$

$$Ax^2 + Bx + C = 0$$

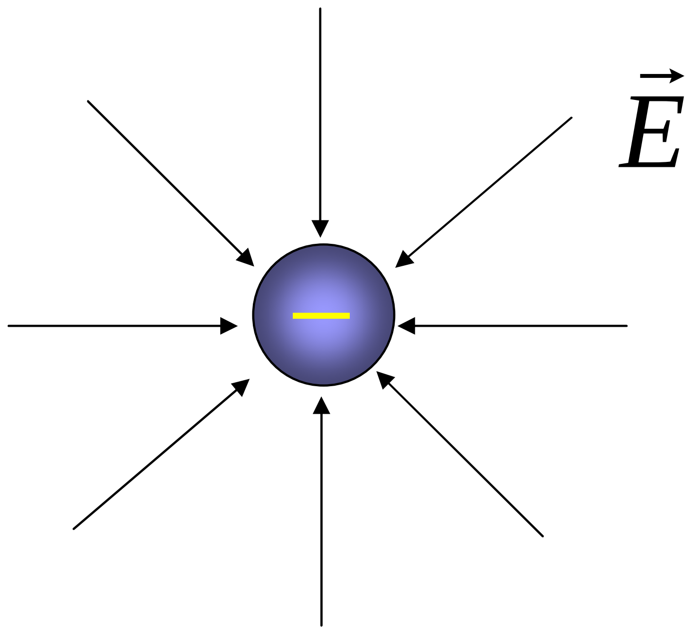
Líneas de campo

- Carga positiva
  - Líneas de campo salientes
- El número de líneas es d.p. a la magnitud de la carga eléctrica



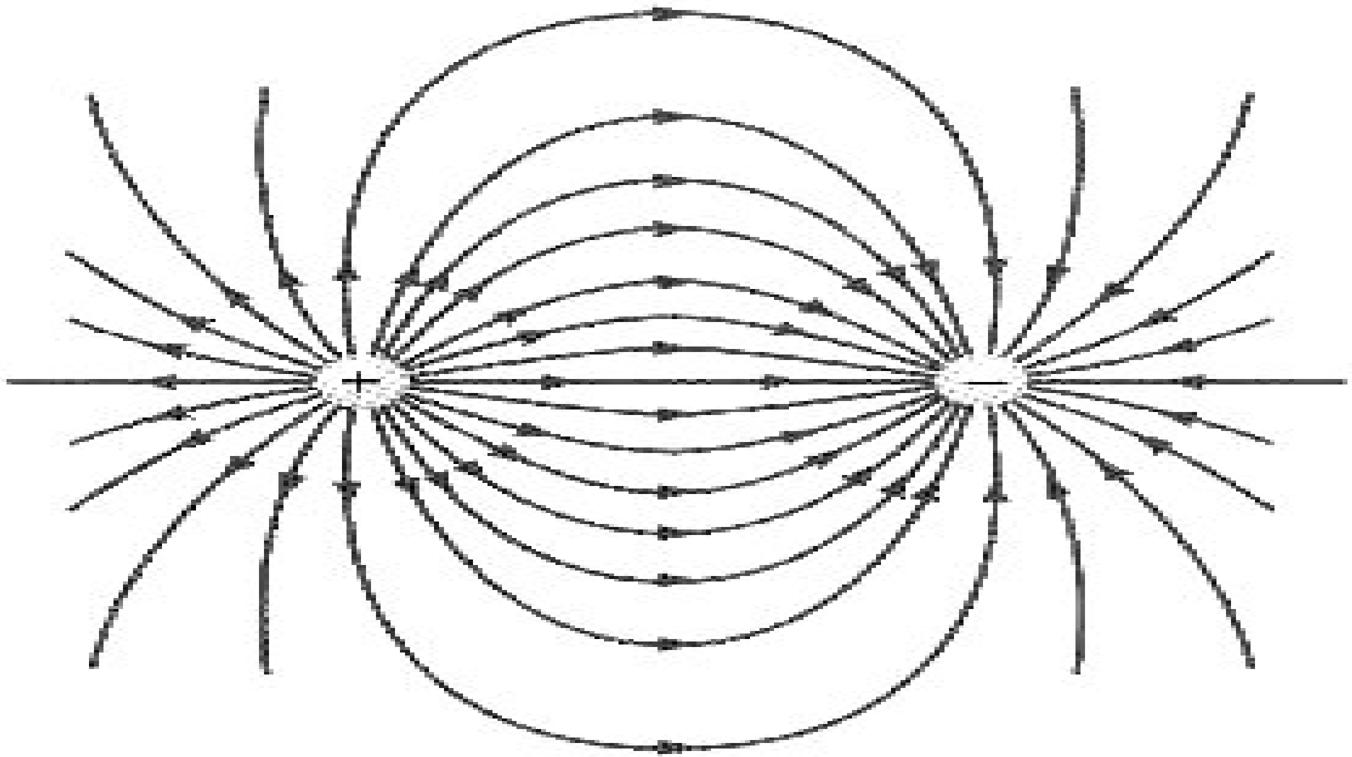
Líneas de campo

- Carga positiva
  - Líneas de campo entrantes
- El número de líneas es dp a la magnitud de la carga eléctrica



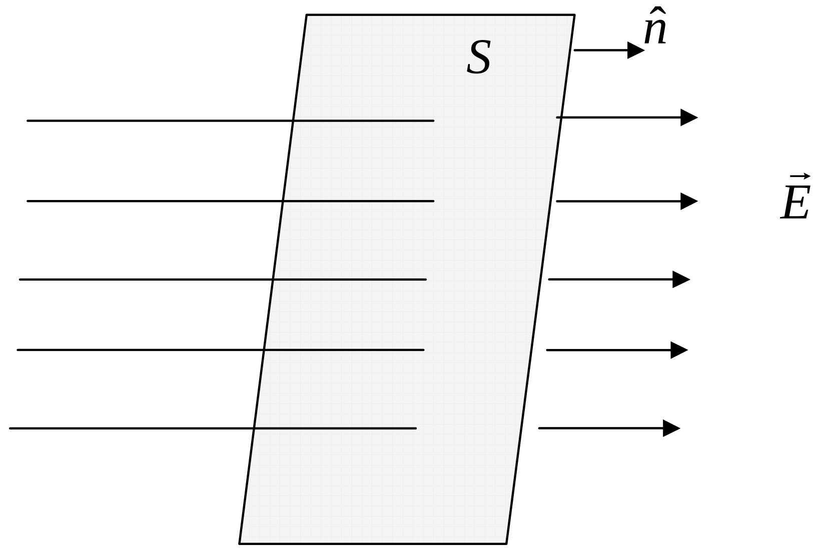
Líneas de campo

- Líneas de campo van de la fuente (+), al sumidero (-)



Flujo eléctrico

- Líneas de campo que atraviesan una superficie perpendicularmente



Φ Flujo eléctrico

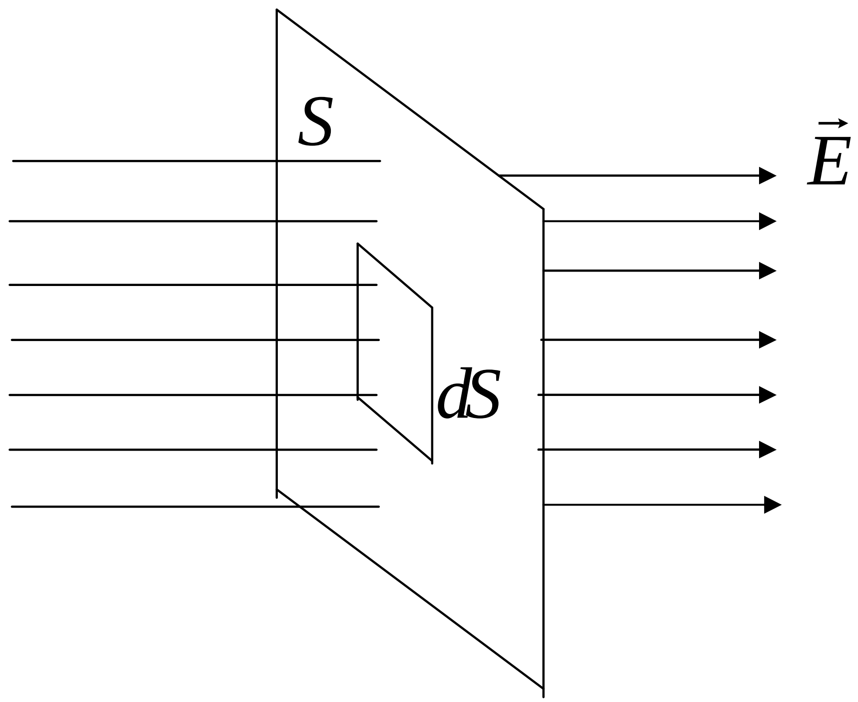
S Superficie

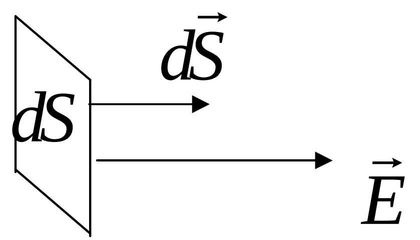
$\hat{n}$ Vector unitario

$$\Phi = \vec{E} \bullet \vec{S}$$

Flujo eléctrico

- A través de un elemento de superficie



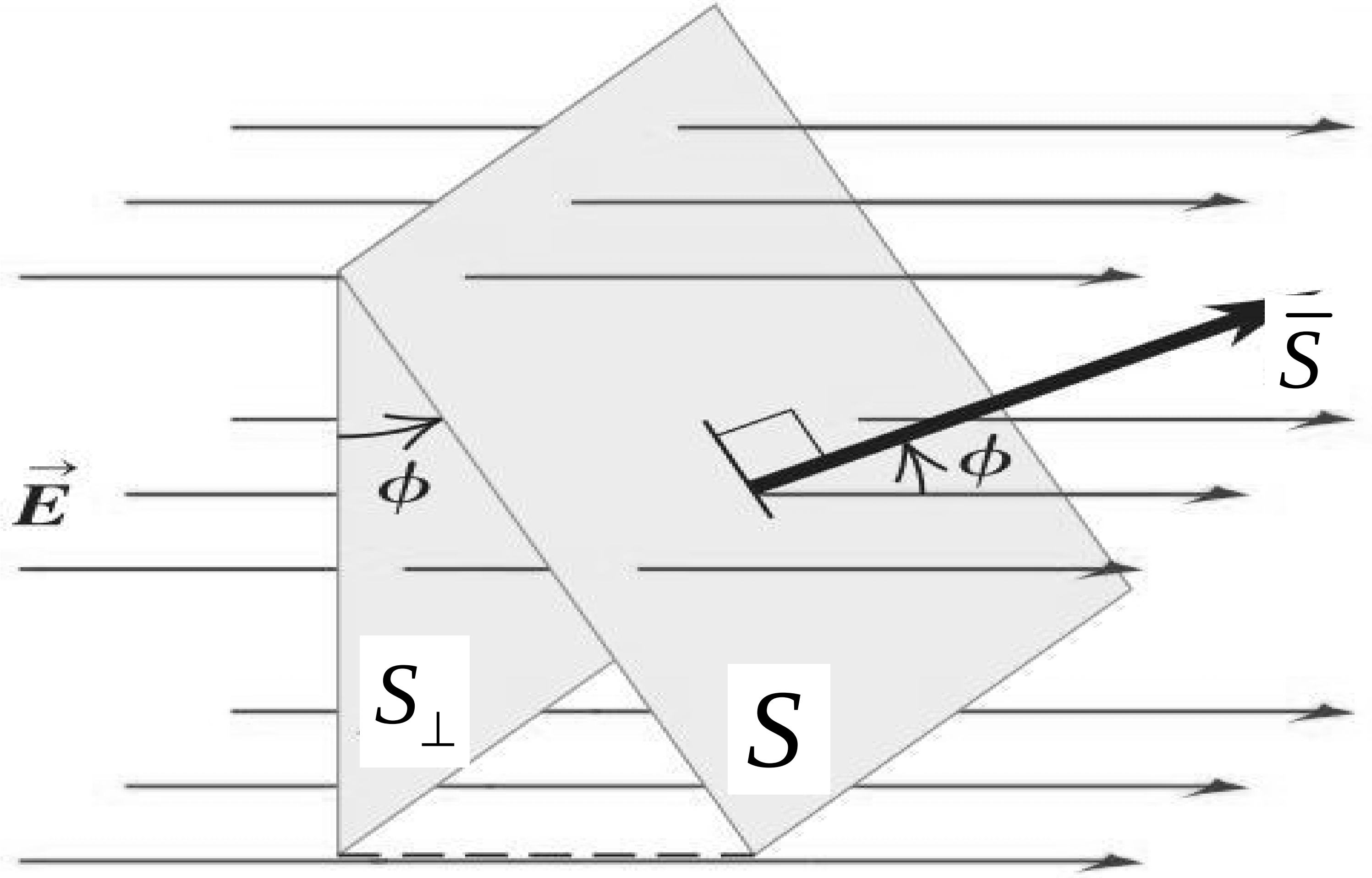


$$d\Phi = \vec{E} \bullet d\vec{S}$$

Flujo eléctrico

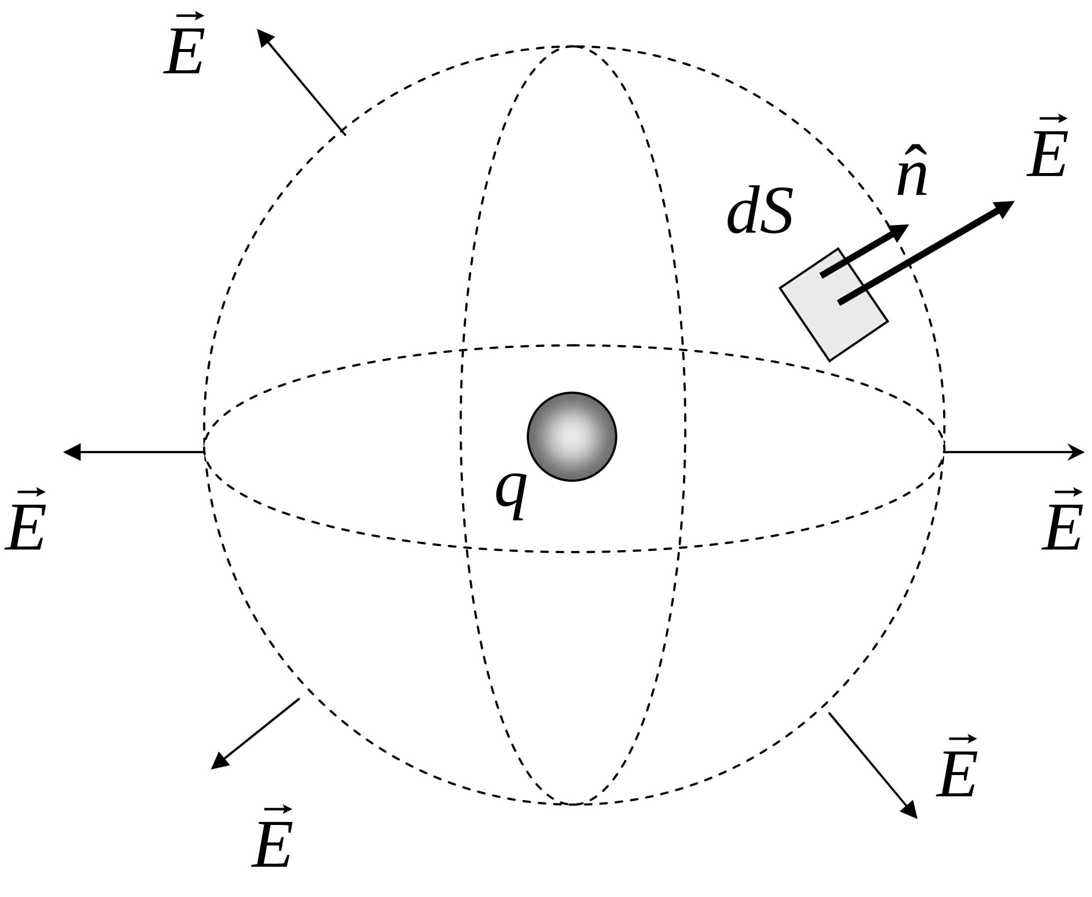
- plano no perpendicular al campo

$$\Phi = \vec{E} \bullet \vec{S} = ES\cos\phi$$



Flujo eléctrico

- En una superficie cerrada



$$d\Phi = \vec{E} \bullet d\vec{S}$$

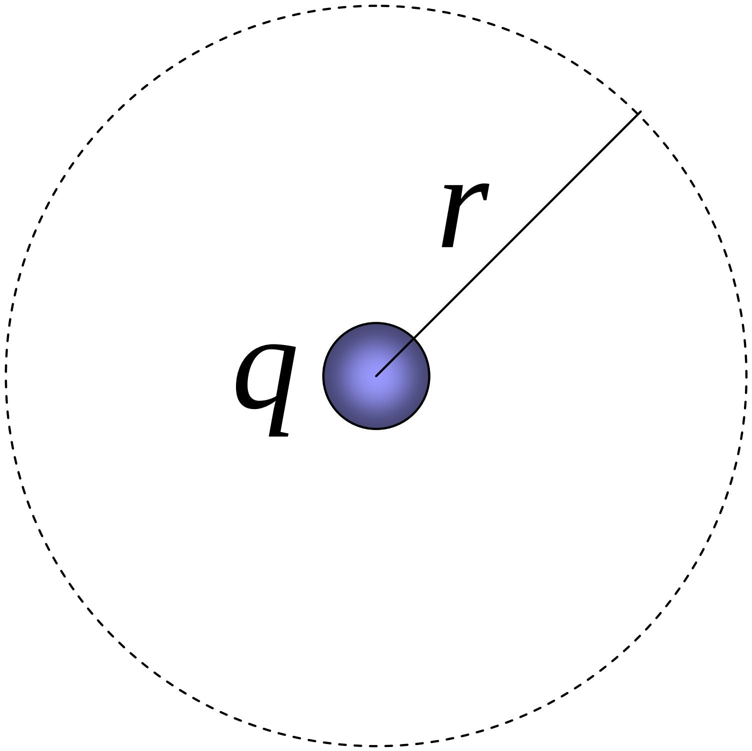
$$\Phi = \oint \vec{E} \bullet d\vec{S}$$

S : área

$\oint$: Integral cerrada

Ley de Gauss

- Para el campo eléctrico



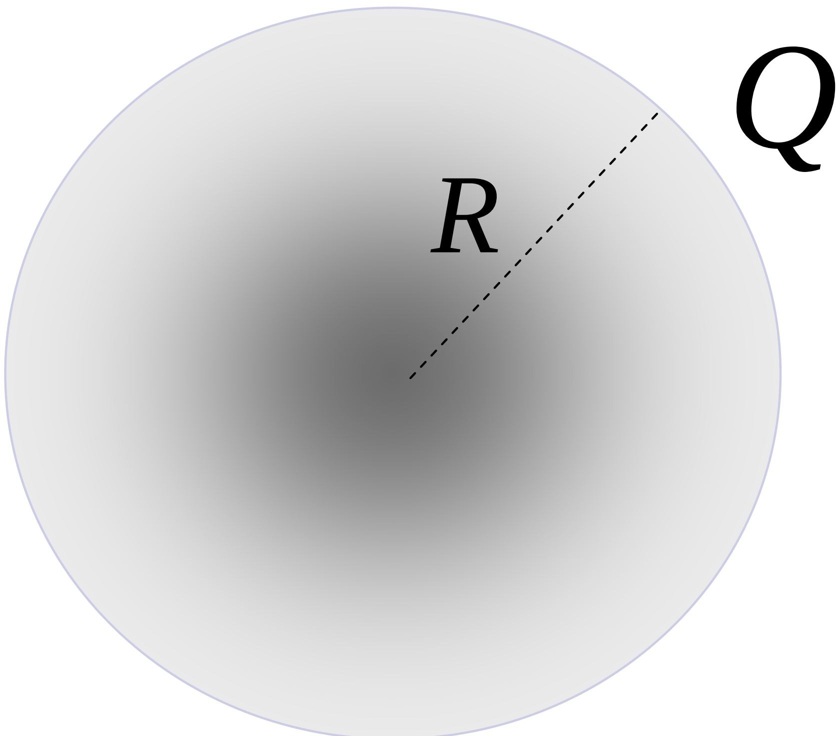
Superficie gausiana

$$\Phi = \frac{q_{\substack{NETA \\ ENCERRADA}}}{\varepsilon_0}$$

$$\oint \vec{E} \bullet d\vec{S} = \frac{q_{\substack{NETA \\ ENCERRADA}}}{\varepsilon_0}$$

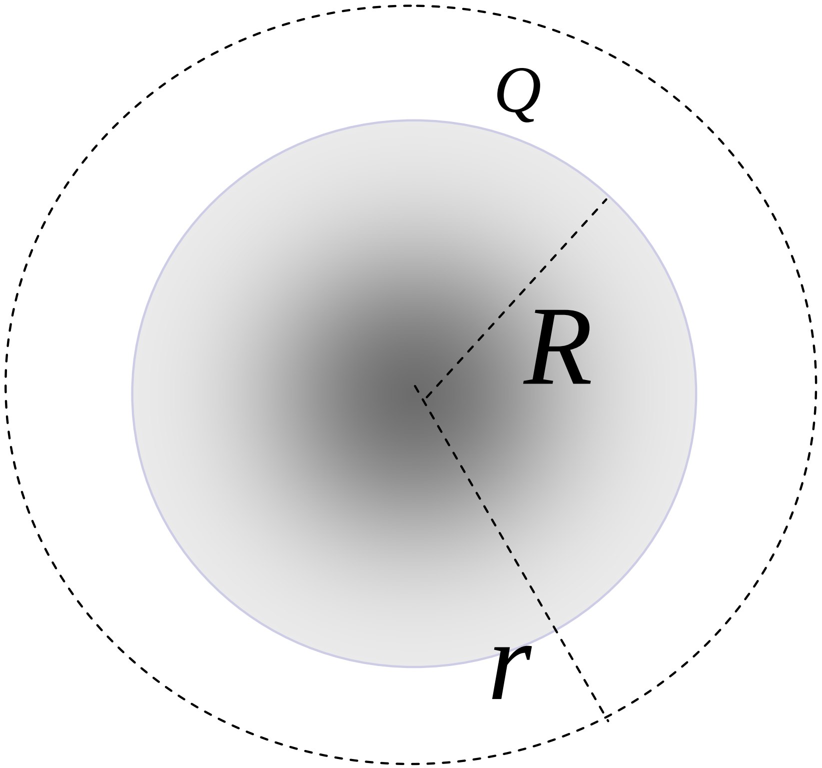
Ejercicio

- Campo eléctrico en una esfera sólida conductora, homogénea, de radio R y carga Q



Ejercicio

- Solución r > R



$$\oint \vec{E} \bullet d\vec{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

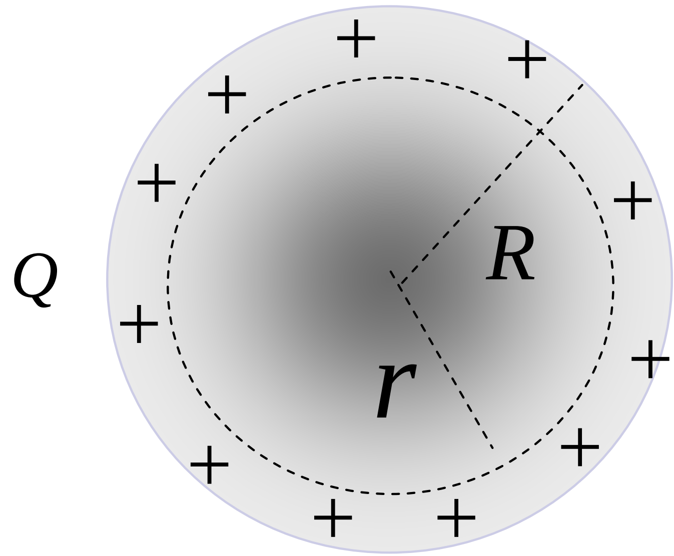
$$\vec{E} // d\vec{S}$$

$$E\oint dS = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = k\frac{Q}{r^2} \qquad r > R$$

Ejercicio

- Solución r < R
- Para un conductor
- La carga se concentra en la periferia solamente

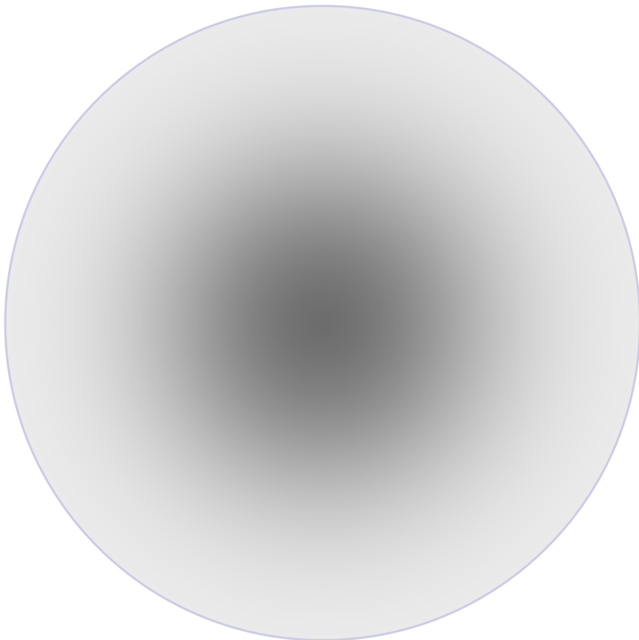


$$E\oint dS = \frac{Q}{\varepsilon_0} = 0$$

$$E = 0 \qquad r > R$$

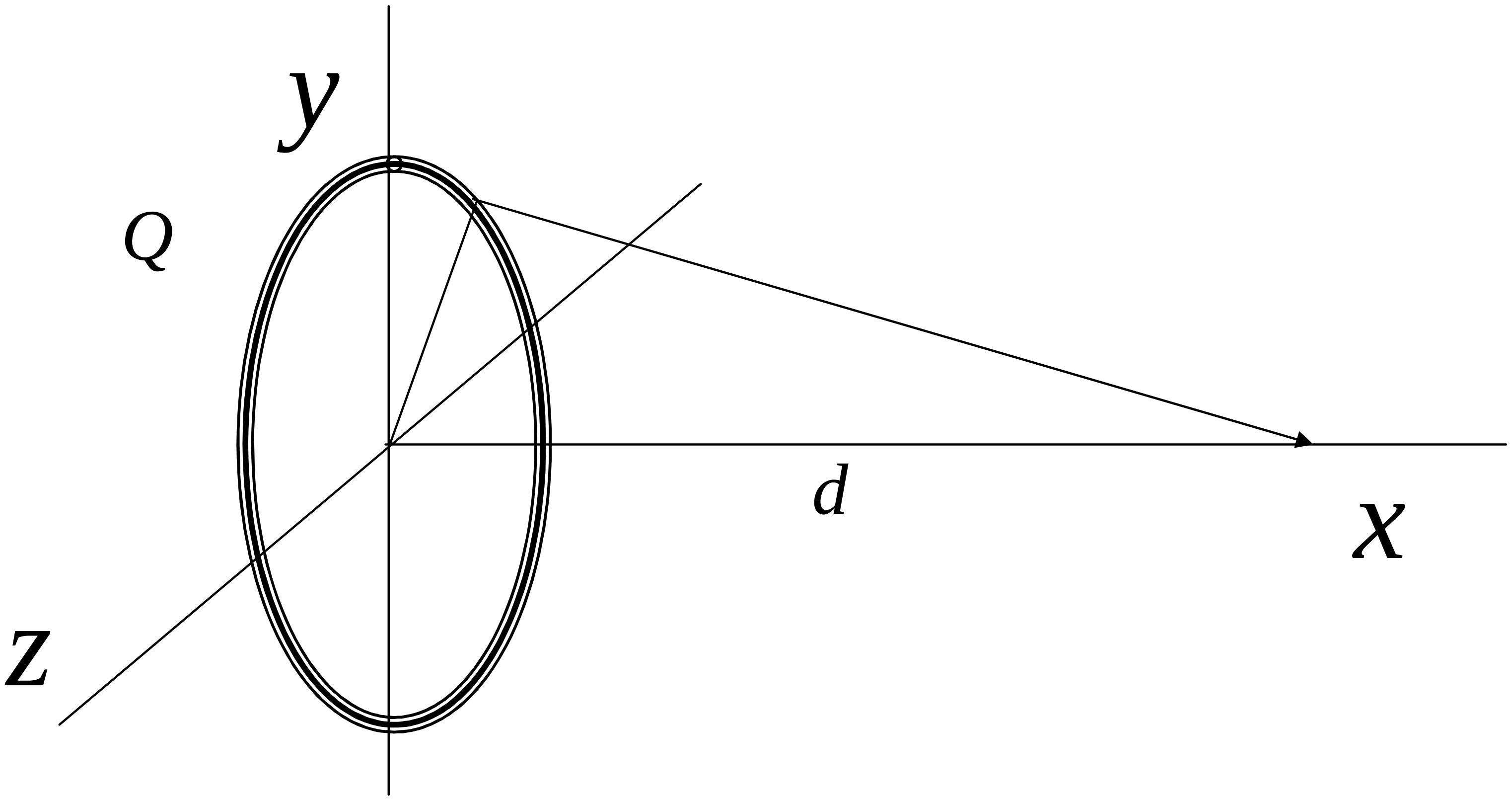
Ejercicio

- Campo eléctrico de una esfera sólida **no** conductora de radio R y carga Q



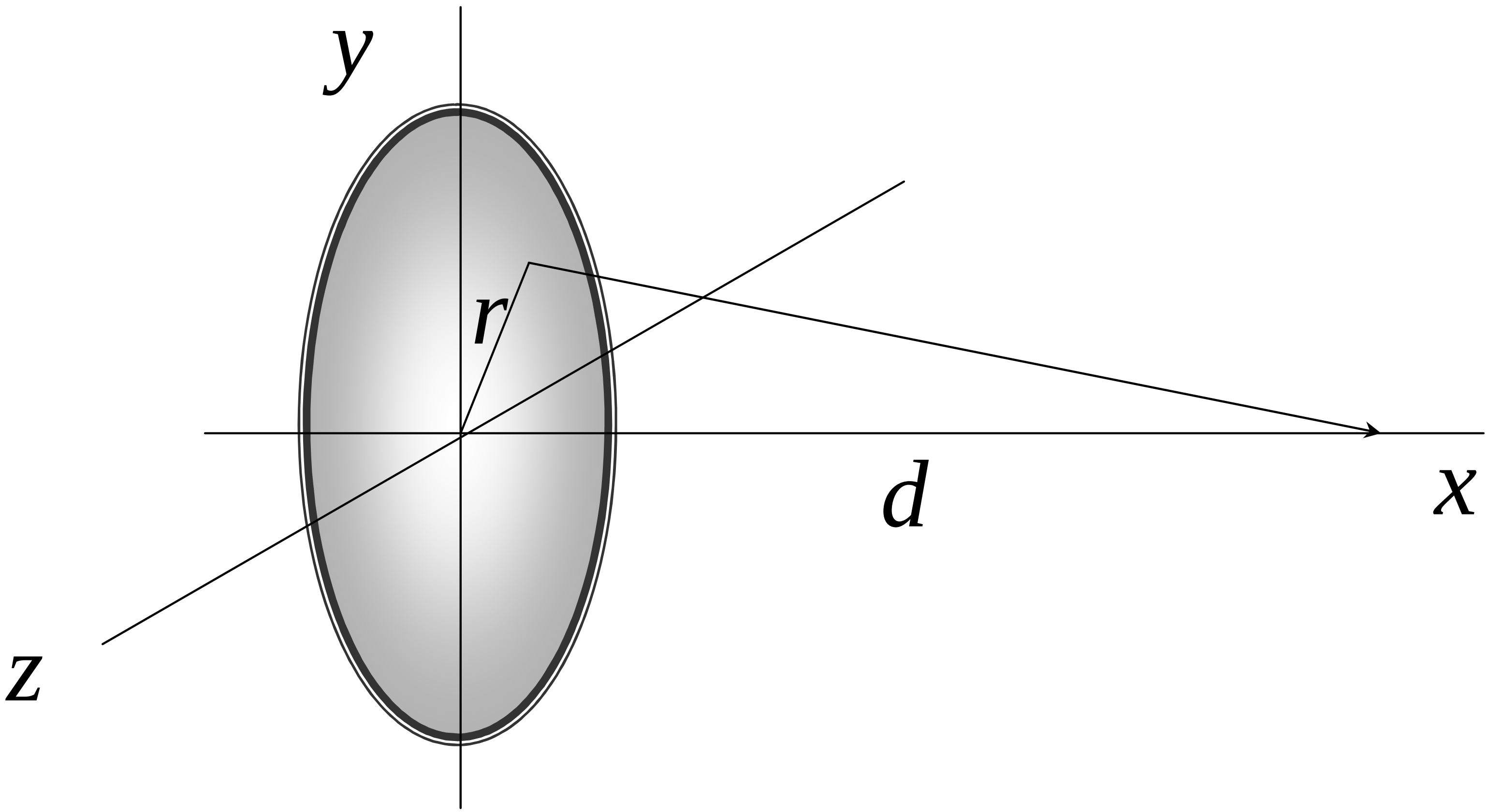
Ejercicio

- Campo eléctrico de un anillo de radio R y carga Q



Ejercicio

- Campo eléctrico de un disco de radio R y carga Q



Ejercicio

- Campo eléctrico de un plano infinito con carga Q

Ejercicio

- Campo eléctrico de un alambre infinito de carga Q

Referencias

- Fisica Universitaria, Vol 2, Sears, Zemansky, Young, Fredmann, Addisson Longman, 12va edición, México, 1999