

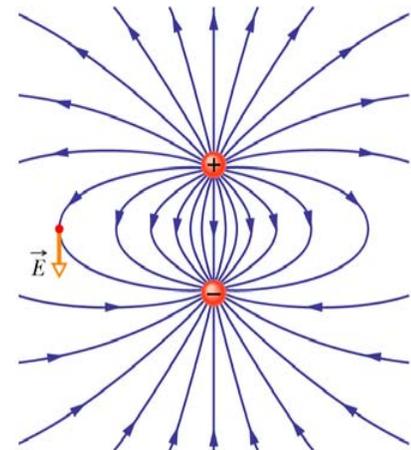
# El dipolo eléctrico

- El dipolo eléctrico elemental está formado por dos cargas iguales y de signo opuesto, separadas una distancia “ $d$ ” mucho menor que las distancias macroscópicas que manejamos.
- Dicho de otro modo, se trata de conocer el valor del potencial o el campo de un par de cargas puntuales separadas una distancia “ $d$ ” en un punto “ $r$ ” tal que:

$$r \gg d$$

- O bien:

$$\frac{d}{r} \ll 1$$

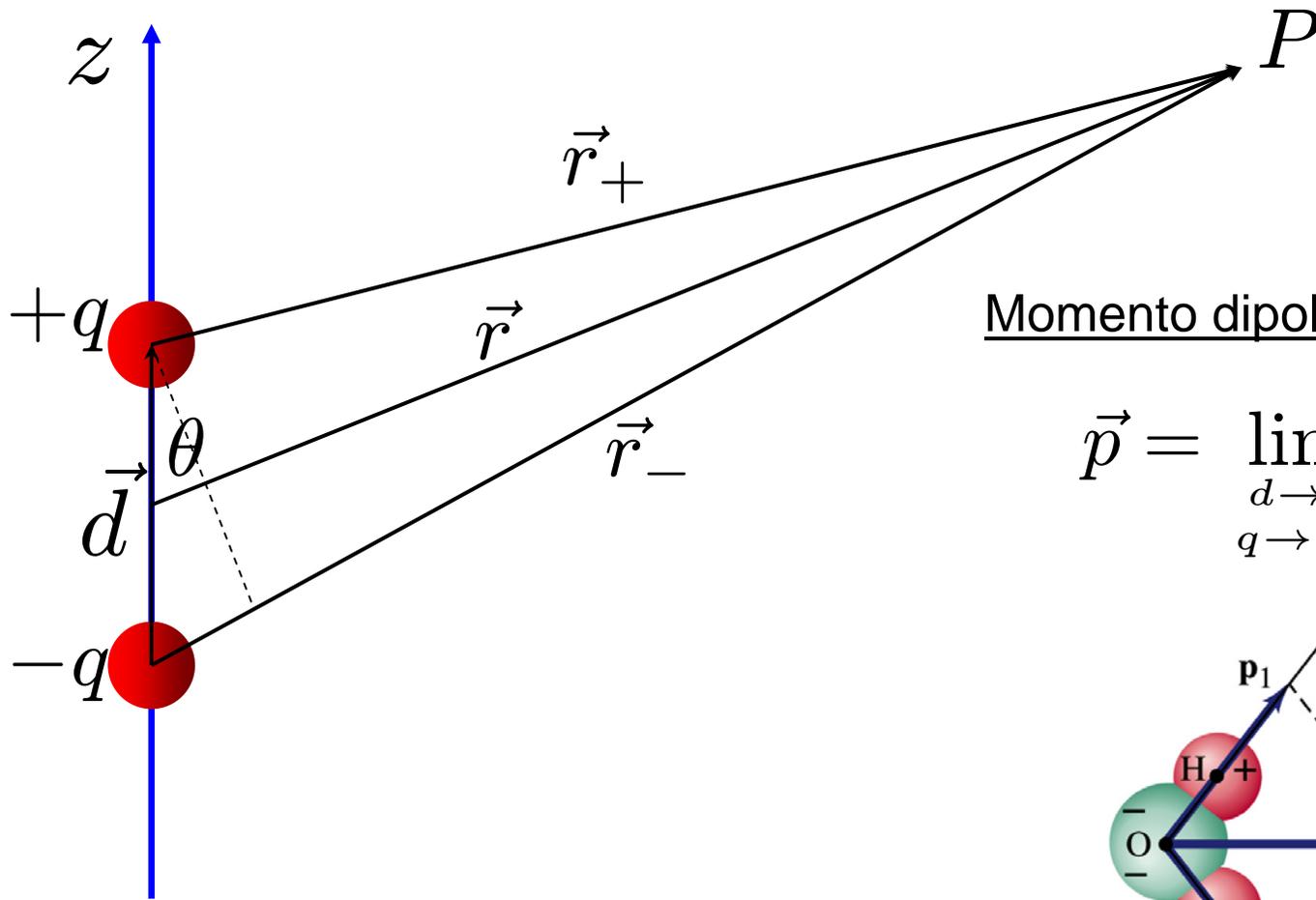


- La dirección del vector  $\vec{d}$  tiene como origen la carga negativa y está orientado hacia la carga positiva
- Sin pérdida de generalidad, podemos considerar el dipolo orientado a lo largo del eje z, con la carga negativa en:

$$(0, 0, -d/2)$$

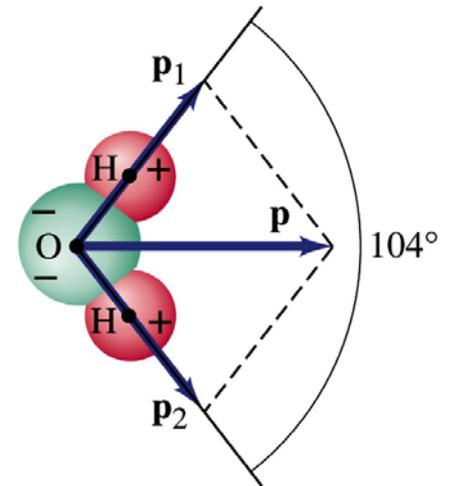
- Y la positiva en:

$$(0, 0, d/2)$$



Momento dipolar eléctrico

$$\vec{p} = \lim_{\substack{d \rightarrow 0 \\ q \rightarrow \infty}} q\vec{d}$$



# Potencial de un dipolo

- El potencial del par de cargas es:

$$V(\vec{r}) = V_+(\vec{r}) + V_-(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{+q}{r_+} + \frac{-q}{r_-} \right]$$

- Aproximadamente

$$V(\vec{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{r_- - r_+}{r_- r_+} \approx \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{d \cos \theta}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos \theta}{r^2}$$

- o bien, sin pérdida de generalidad,

$$V(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3}$$

# Campo eléctrico de un dipolo

El potencial del dipolo, en cartesianas, es

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{xp_x + yp_y + zp_z}{[x^2 + y^2 + z^2]^{3/2}}$$

La componente x del campo eléctrico

$$E_x = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{p_x}{r^3} - \frac{3\vec{r} \cdot \vec{p} 2x}{2r^5} \right]$$

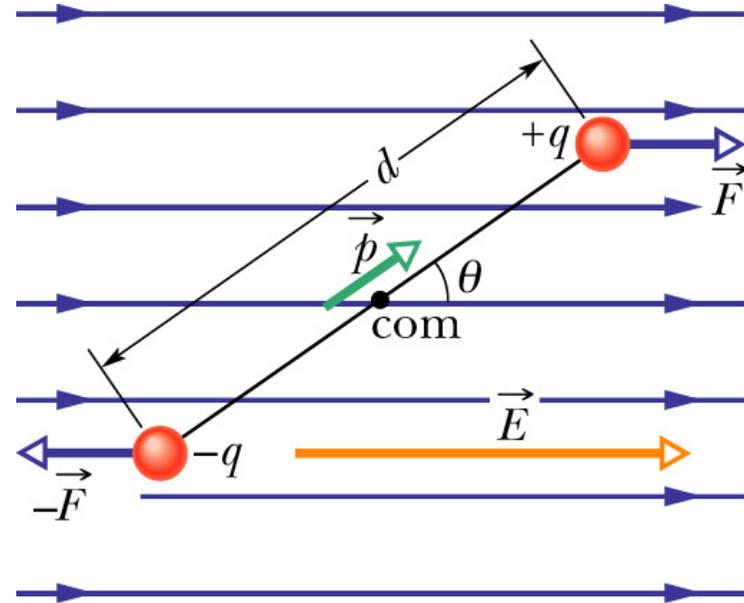
Por inducción:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3(\vec{r} \cdot \vec{p})\vec{r} - r^2\vec{p}}{r^5}$$

# Par de fuerza sobre un dipolo en un campo exterior

Un dipolo eléctrico en un campo exterior tiende a alinearse al campo (dado que las dos cargas no pueden separarse). Aparece un par de fuerzas

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$$



(a)



(b)