Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

FI 33A
ELECTROMAGNETISMO

Clase 1: Introducción
Electrostática

Luis Vargas
AREA DE ENERGIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA

Principios

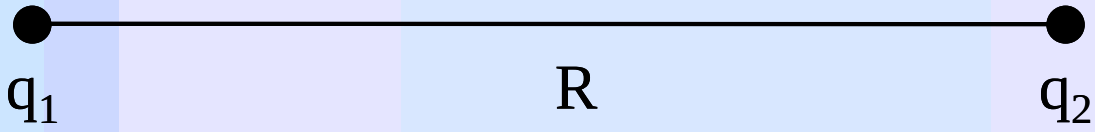
Desde el punto de vista de la descripción del fenómeno partiremos adoptando las siguientes propiedades básicas de la carga eléctrica:

- La carga eléctrica es una propiedad fundamental de la materia, como la masa o la capacidad calórica.

- En la naturaleza la carga eléctrica se da en dos formas:
  - Electrón (e) con una masa de 9.1066E-31[kg], la cual se define como carga negativa.
  - Protón (p) con una masa de 1.67248E-27[kg], la cual se define como carga positiva.
  - Ambas partículas poseen carga de igual magnitud pero de signo opuesto.

Fuerza entre cargas

Fuerza de Coulomb

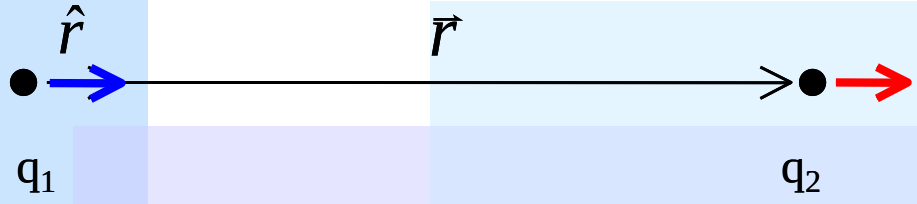


$$\left|F_{q1/q2}\right| = \frac{kq_1q_2}{R^2}[N] = \left|F_{q2/q1}\right| \qquad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = cte$$

Dirección de la fuerza de Coulomb:

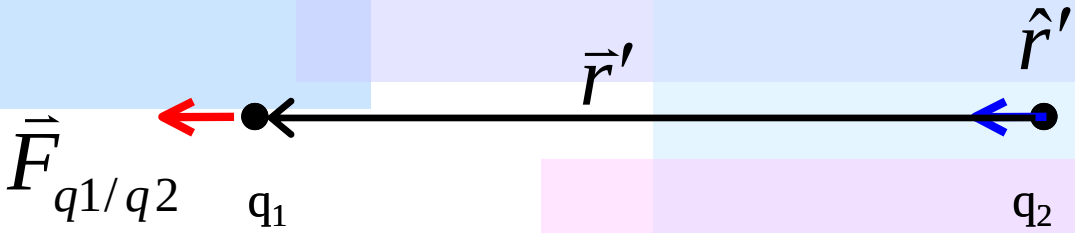
- Radial (línea que comunica ambas cargas)
- Cargas iguales se repelen
- Cargas diferentes se atraen

Fuerza entre cargas



$$\vec{F}_{q2/q1} = q_2 \cdot \frac{q_1 \hat{r}}{4\pi\varepsilon_0 \,|\, \vec{r} \,|^2}$$

fuerza que siente q_2 debido a q_1



$$\vec{F}_{q1/q2} = q_1 \cdot \frac{q_2 \hat{r}'}{4\pi\varepsilon_0 \,|\, \vec{r}' \,|^2}$$

fuerza que siente q_1 debido a q_2

Fuerza entre cargas

Unidades de la Fuerza de Coulomb

$$\left|F_{q1/q2}\right| = \frac{kq_1q_2}{R^2}[N] = \left|F_{q2/q1}\right|$$

En MKS:

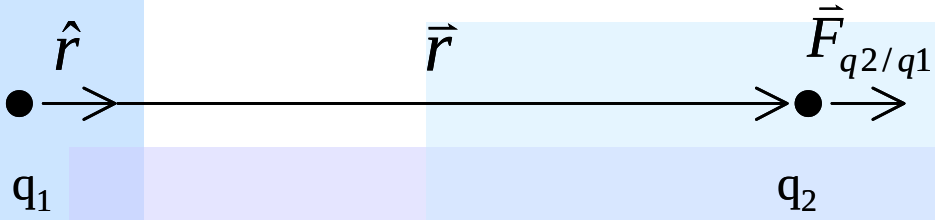
1N=1 Kg·m/seg^2 $\Rightarrow [kq_1q_2] = [FR^2] = Kg\times m^3/seg^2$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9\, m/F \qquad \varepsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} F/m$$

Se define la unidad 1 Coulomb (C) para las cargas y corresponde a la carga de 6×10^{18} electrones.

$$\Rightarrow [q_e] = -1.6030\times10^{-19}[C] \approx -1.6\times10^{-19}[C]$$

Campo Eléctrico



Fuerza que siente q_2 debido a q_1

$$\vec{F}_{q2/q1} = q_2 \cdot \frac{q_1 \hat{r}}{4\pi\varepsilon_0 |\vec{r}|^2} = q_2 \cdot \frac{q_1 (\vec{r} / |\vec{r}|)}{4\pi\varepsilon_0 |\vec{r}|^2} = q_2 \cdot \frac{q_1 \vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 |\vec{r}|^3}$$

Definiendo el Campo Eléctrico de q_1 como

$$\vec{E} = \frac{q_1 \vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 |\vec{r}|^3} \quad \Rightarrow \quad \vec{F} q_2 / q_1 = q_2 \vec{E}$$

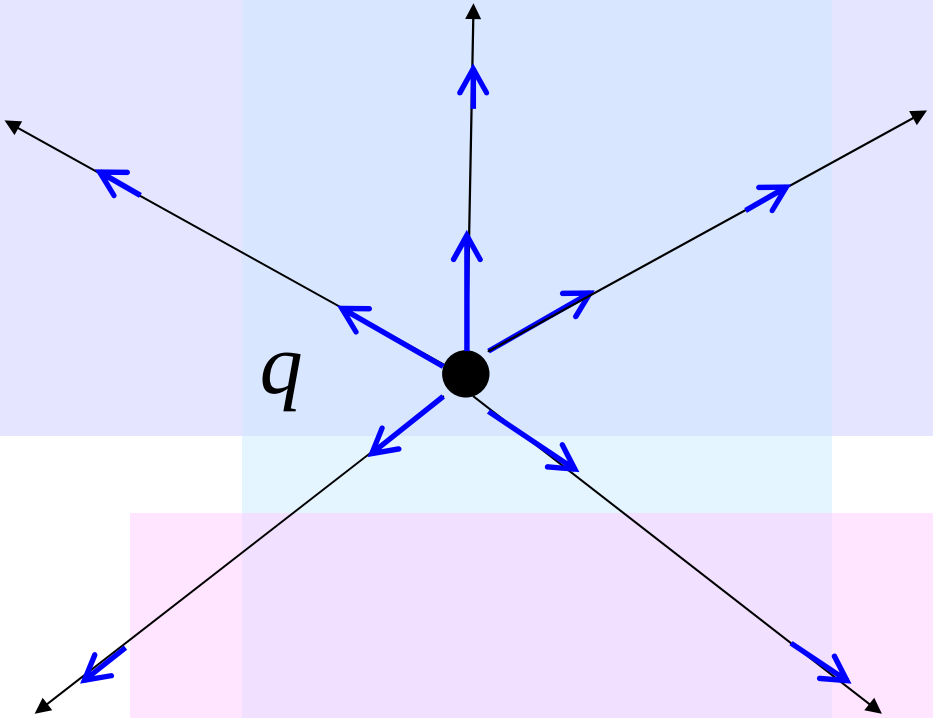
Visualizando el Campo Eléctrico

¿Cómo es el campo eléctrico?

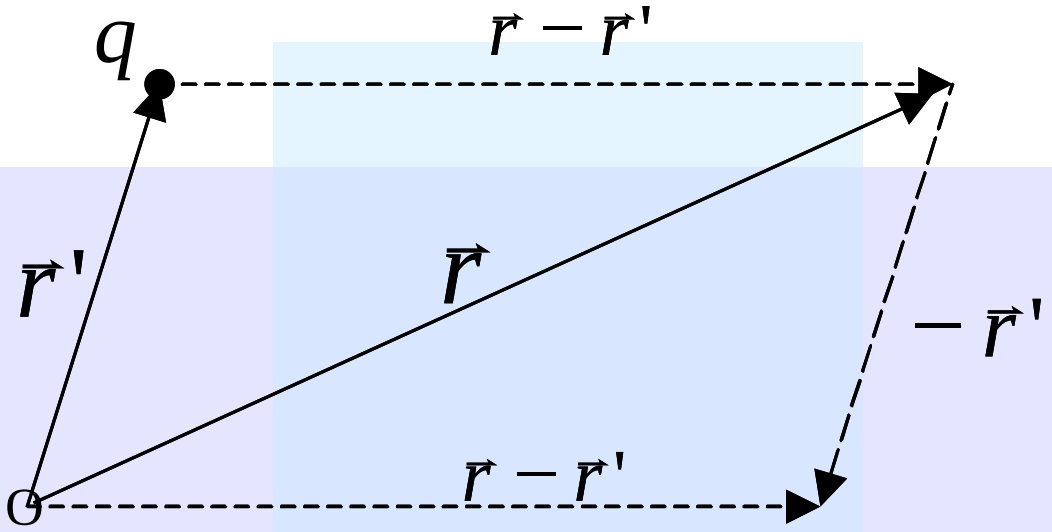
$$\vec{E} = \frac{q_1 \vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3} = \frac{q_1 \hat{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

Visualizando el Campo Eléctrico

¿Cómo es el campo eléctrico?



Definición General de Campo Eléctrico



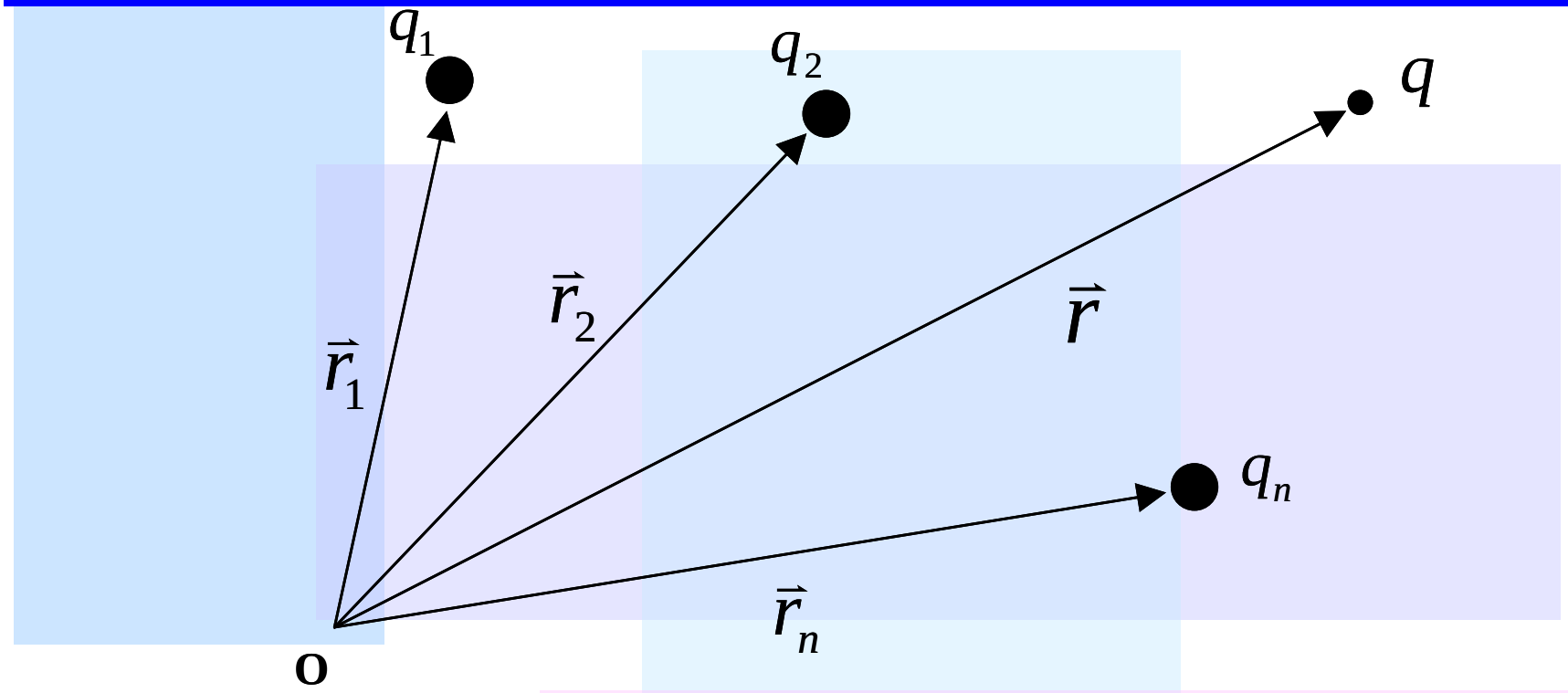
Sistema de referencia general

$$\vec{E} = \frac{q(\vec{r} - \vec{r}')}{4\pi\varepsilon_0 \| \vec{r} - \vec{r}' \|^3}$$

$\vec{r}'$ Vector que indica donde está la carga que produce campo

$\vec{r}$ Vector que indica la posición donde se calcula el campo

Sistema de Cargas

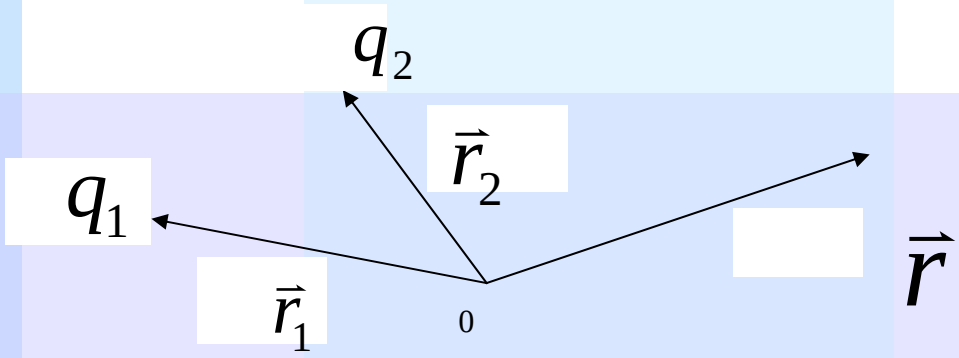


$$\vec{F}_q = q\cdot\vec{E}_1 + q\cdot\vec{E}_2 + \ldots + q\cdot\vec{E}_n = q\sum_k \vec{E}_k$$

$$\vec{F}_q = q\cdot\vec{E} = q\sum_k \vec{E}_k \Rightarrow \vec{E} = \sum_k \vec{E}_k$$

Campos cumplen principio de superposición

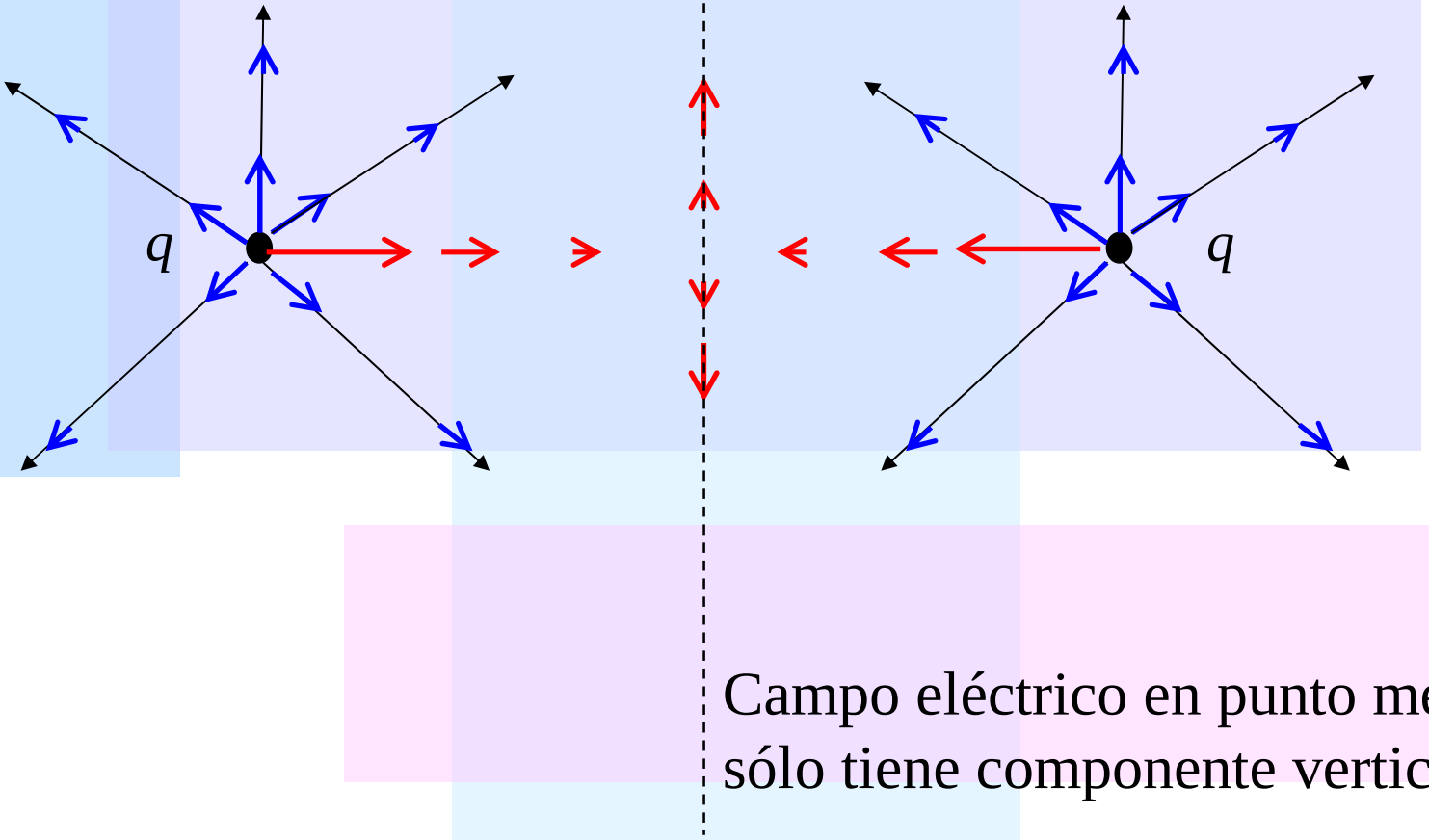
Campo Eléctrico de un Sistema de Cargas



$$\vec{E} = \sum_{k=1}^{m} \frac{q_k (\vec{r} - \vec{r}_k)}{4\pi\,\varepsilon_0 \,\| \vec{r} - \vec{r}_k \|^3}$$

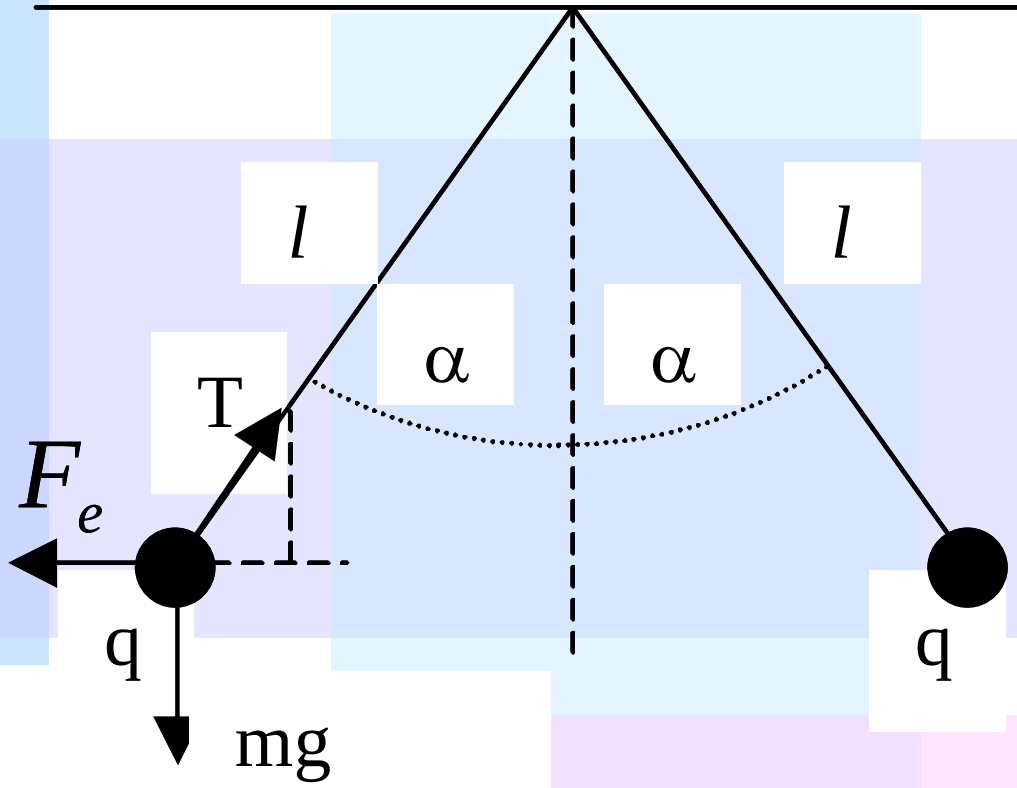
Visualizando el Campo Eléctrico

¿Cómo es el campo eléctrico?

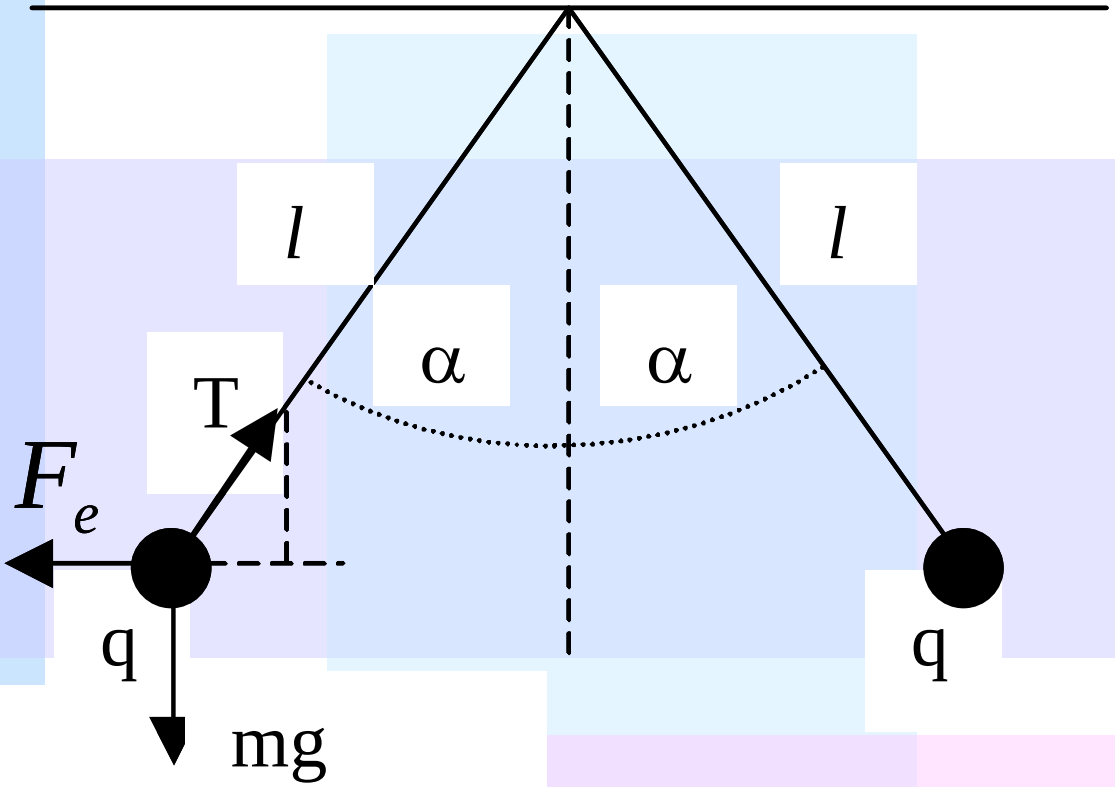


Campo eléctrico en punto medio sólo tiene componente vertical

Ejemplo 1

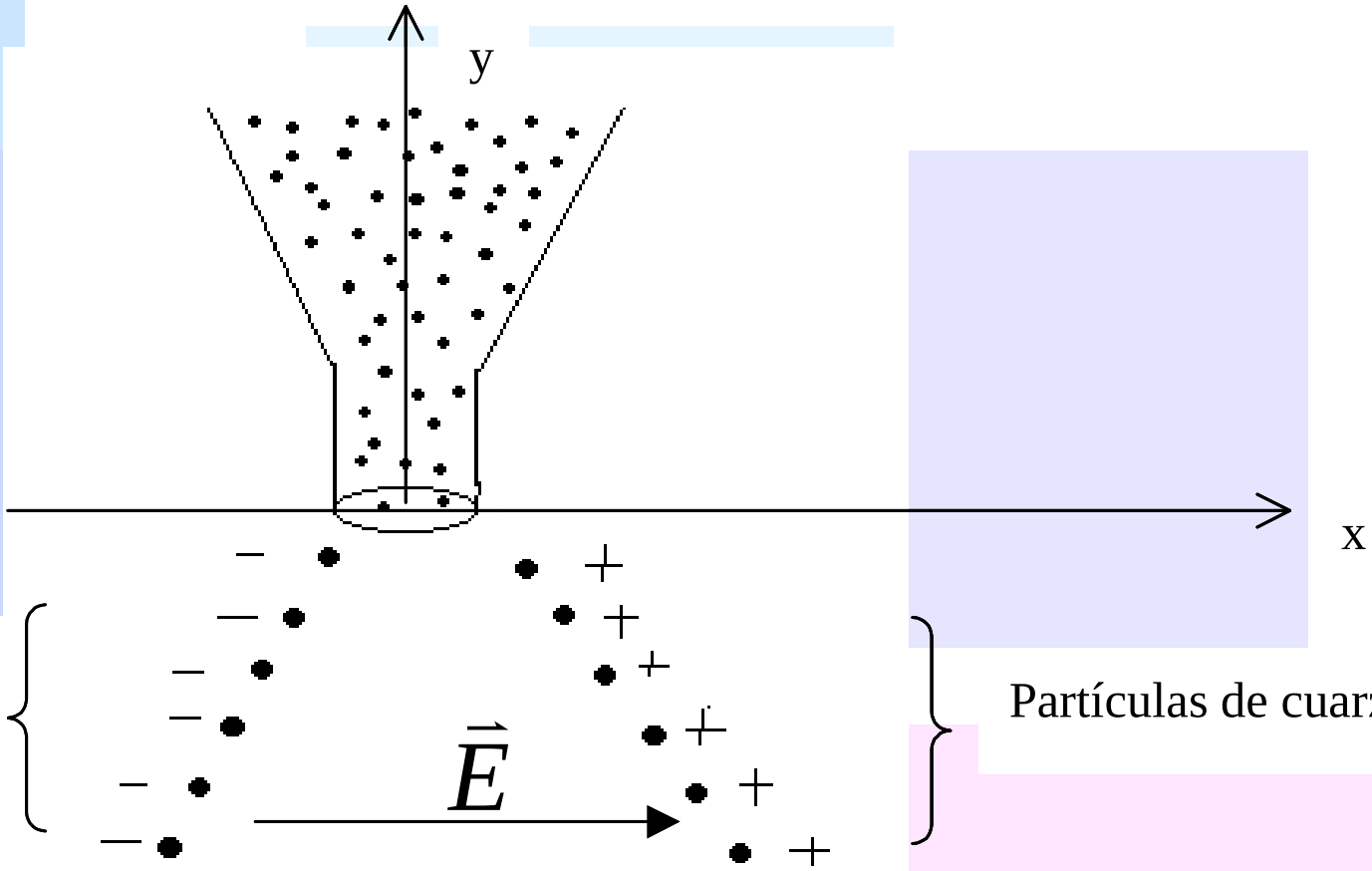


Ejemplo 1

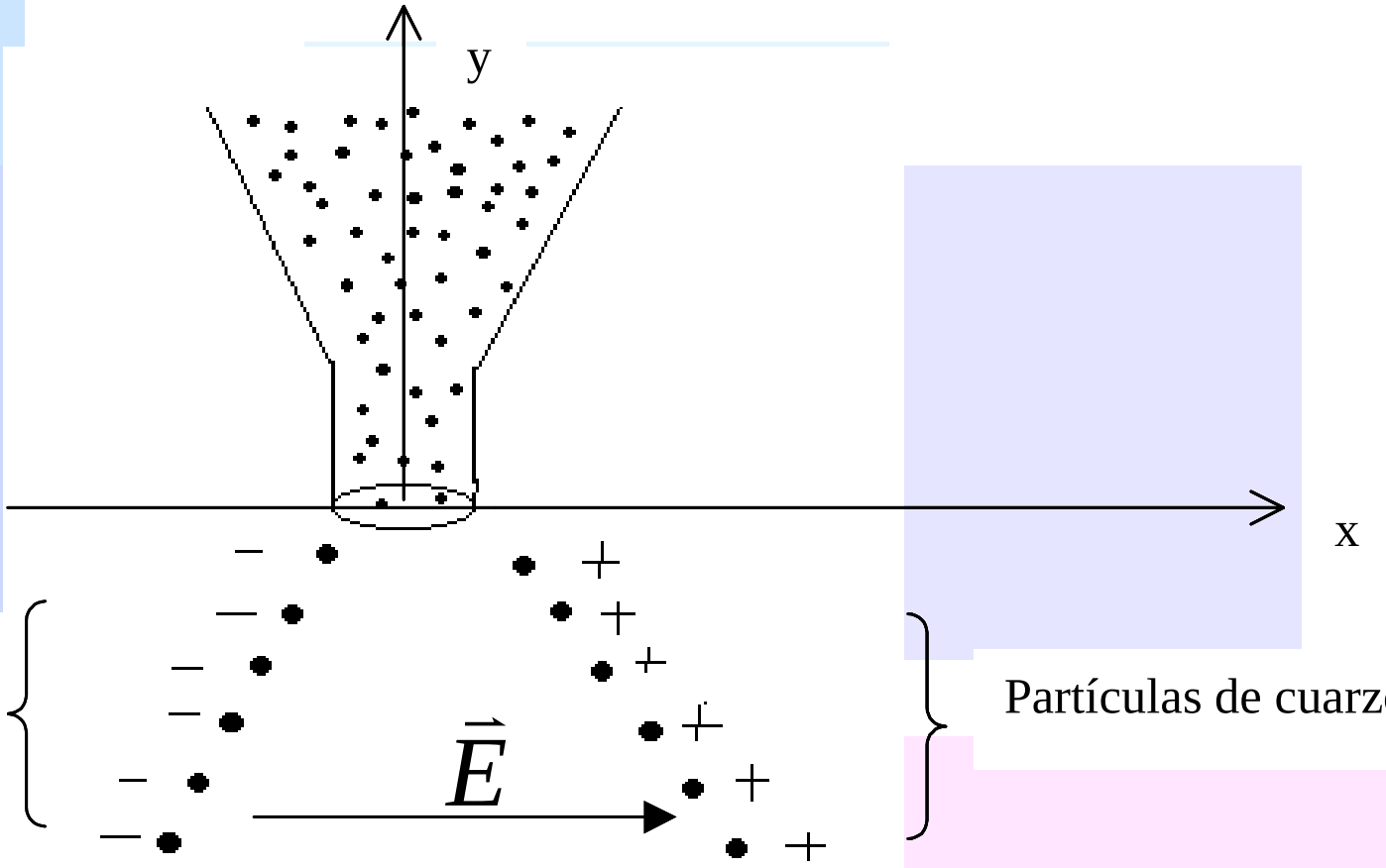


$$\left.\begin{aligned} F_e &= T\sin\alpha \\ mg &= T\cos\alpha \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{F_e}{mg} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$$

Ejemplo 2



Ejemplo 2



$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \qquad \vec{F} = F_e \hat{x} + \vec{F}_g \hat{y} \qquad \Rightarrow q \cdot \vec{E} = m \frac{d^2 x}{dt^2} \qquad -mg = m \frac{d^2 y}{dt^2}$$