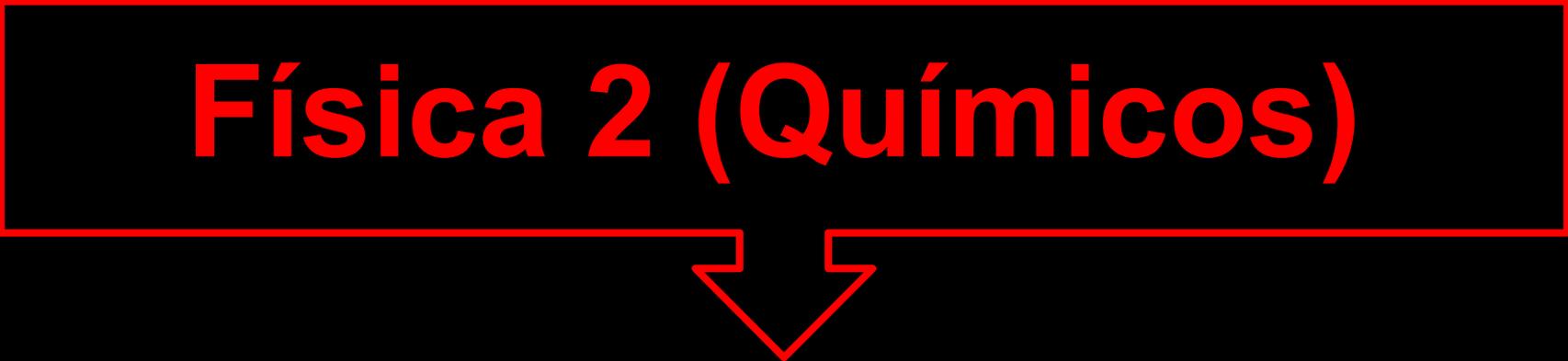


Física 2 (Químicos)



Teórica + Práctica

2do Cuatrimestre 2025 - Dra. Laura Morales



Bienvenidos a la materia

Les damos la bienvenida a la Materia Física 2 para Químicos.

Las clases comienzan en Lunes 18 de Agosto a las 17 hs (aún no sabemos en qué aula).

Nos vemos pronto.



Programa

Electricidad & Magnetismo

Electrostática. Conductores y dieléctricos. Corriente eléctrica. Fuerza electromotriz. Amperímetros y voltímetros. Magnetismo. Ley de Ampere. Inducción electromagnética. Circuitos de corriente alterna y continua.

Ondas

Ondas planas. Naturaleza ondulatoria de la luz. Espectro electromagnético. Óptica geométrica. Ley de Snell. Lentes delgadas e instrumentos ópticos. Óptica Física. Fenómenos de Interferencia. Difracción de la luz. Polarización.

#	Día	Mes	Teórica	Práctica
1	lun 18	Agosto	Cargas eléctricas. Ley de Coulomb, Cargas puntuales. Campo eléctrico. Distribución de cargas	Repaso: vectores, coordenadas. Teoremas de Gauss y Stokes.
2	mié 20	Agosto	Potencial electrostático. Ley de Gauss	Guía 1: Electrostática
3	lun 25	Agosto	Expansión multipolar, dipolo. Conductores ideales, capacidad	Guía 1: Electrostática
4	mié 27	Agosto	Dieléctricos. Ley de Gauss para dieléctricos	Guía 2: Conductores, Condensadores y Dieléctricos
5	lun 01	Septiembre	Corriente eléctrica. Conservación de la carga. Ley de Ohm. Resistencias	Guía 2: Conductores, Condensadores y Dieléctricos
6	mié 03	Septiembre	Leyes de Kirchhoff, circuitos corriente continua. Teorema de Thévenin.	Guía 3: Corrientes estacionarias, ley de Ohm, teorema de Thévenin, transferencia de potencia, conexiones de resistencias
7	lun 08	Septiembre	Experimento de Oersted. Magnetostática. Ley de Ampère	Guía 3
8	mié 10	Septiembre	Momento magnético, materiales magnéticos	Guía 4: Magnetostática, Ley de Ampère, campos B y H
9	lun 15	Septiembre	Corrientes variables. Corriente de desplazamiento. Experimento de Faraday.	Guía 4: Magnetostática, Ley de Ampère, campos B y H
10	mié 17	Septiembre	Ley de Faraday y Lenz. Inductancias	Guía 5: Corrientes Variables, ley de Faraday, ley de Lenz, coeficientes de inducción. Regímenes transitorios
11	lun 22	Septiembre	Regímenes transitorios. Circuitos RC y RL	Guía 5
12	mié 24	Septiembre	Circuitos de corriente alterna. Impedancia. Admitancia Circuitos RLC alterna. Resonancia, potencia	Guía 6: Circuitos de corriente alterna.
13	lun 29	Septiembre	Repaso	Repaso
14	mié 01	Octubre	PRIMER PARCIAL	

15	lun 06	Octubre	Introducción a las ondas	Guía 7: Introducción a ondas y ondas unidimensionales: cuerdas y sonido
16	mié 08	Octubre	Ondas	Guía 7
17	lun 13	Octubre	Optica Geométrica	Guía 7
18	mié 15	Ocbubre	Optica Geométrica	Guía Opt
19	lun 20	Octubre	Ondas electromagnéticas, coherencia, diferencia de fase	
20	mié 22	Ocbubre	Interferencia	Guía 8: Interferencia
21	lun 27	Octubre	Interferencia	
22	mié 29	Octubre	Difracción	
23	lun 03	Noviembre	Difracción	
24	mié 05	Noviembre	Redes de Difracción intro	
25	lun 10	Noviembre	Redes + Polarización - Ley de Malus	
26	mié 12	Noviembre	Polarización por reflexión, Birrefringencia. Láminas retardadoras	
27	lun 17	Noviembre	Actividad Óptica	
28	mié 19	Noviembre	Consultas	
29	lun 24	Noviembre	Feriado	

30	mié 26	Noviembre	2do Parcial	
----	--------	-----------	-------------	--

Herramientas de Aprendizaje

Bibliografía

- Purcell, E., Electricidad y Magnetismo, Berkeley Physics Course, Vol. 2, Reverté
- Crawford, F., Ondas, Berkeley Physics Course, Vol. 3, Reverté
- Hecht, E., Óptica, Addison-Wesley
- Física Universitaria. Volumen 2:
<https://openstax.org/details/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-2>
(utilizaremos la unidad 2)
- Física Universitaria. Volumen 3:
<https://openstax.org/details/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-3>
(utilizaremos la unidad 1)
- Física Universitaria. Volumen 2:
<https://openstax.org/details/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-2>
(utilizaremos la unidad 2)
- Física Universitaria. Volumen 3:
<https://openstax.org/details/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-3>
(utilizaremos la unidad 1)

Otros

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/>

Java applets de Paul Falstad + Fendt

JOptics: aplicaciones y applets desarrollados por la Universitat de Barcelona

Guía de TPs + Clases de Consulta

Electromagnetismo

Cargas eléctricas
Leyes e hipótesis que nos permiten trabajar
Potenciales
Conductores
Dieléctricos
Corriente
Circuitos
Magnetismo +

+

Ondas + Óptica

Óptica Geométrica
Caracterización
Coherencia
Difracción
Interferencia
Polarización
+

SEARS • ZEMANSKY

FÍSICA UNIVERSITARIA

CON FÍSICA MODERNA

DECIMOSEGUNDA EDICIÓN

VOLUMEN 2

Electromagnetismo

21	Carga eléctrica y campo eléctrico	709
22	Ley de Gauss	750
23	Potencial eléctrico	780
24	Capacitancia y dieléctricos	815
25	Corriente, resistencia y fuerza electromotriz	846
26	Circuitos de corriente directa	881
27	Campo magnético y fuerzas magnéticas	916
28	Fuentes de campo magnético	957
29	Inducción electromagnética	993
30	Inductancia	1030
31	Corriente alterna	1061
32	Ondas electromagnéticas	1092



Antigüedad

Tales de Mileto sabía que al frotar ciertos objeto por ej. **Ámbar** (*ελεκτρον, elektron*), con lana o piel, se obtenían pequeñas cargas (efecto triboeléctrico) que atraían pequeños objetos, y frotando mucho tiempo podía causar la aparición de una chispa.

Este fenómeno no es muy distinto al que tiene lugar cuando una nube se electrifica



Breve historia del electro-magnetismo

600 AC

Tales de Mileto
experimentos de
estática.

1770-1790

Cavendish y Coulomb
establecen los
fundamentos de la
electrostática.

1826

Ampère identifica a las
corrientes como la
fuente de todo
magnetismo (incluso
imanes).

1864

Maxwell junta todo en
cuatro ecuaciones

S. Gray: "Flying boy" (1729-1730)

Bose: "Electric Kiss" (1742-1745)

Experimento de
Benjamin Franklin.

1752

Oersted establece
conexión entre
magnetismo y corriente
eléctrica.

1820

Faraday descubre que
campos magnéticos
variables en el tiempo
son fuente de campos
eléctricos.

1831

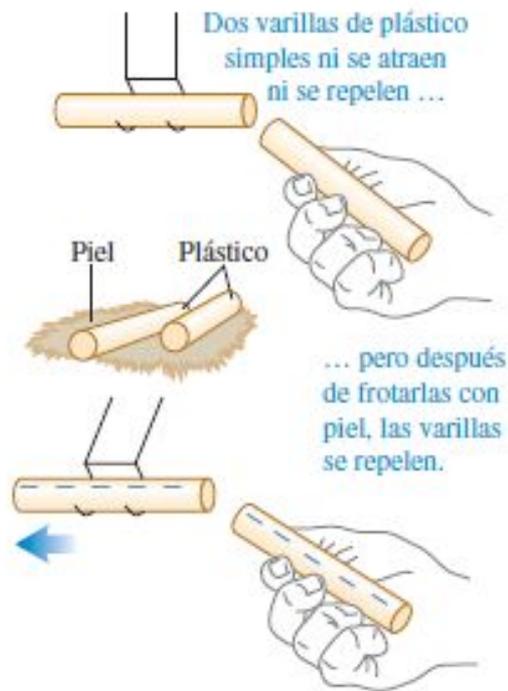
Hertz demuestra la
existencia de radiación
electromagnética.

1887

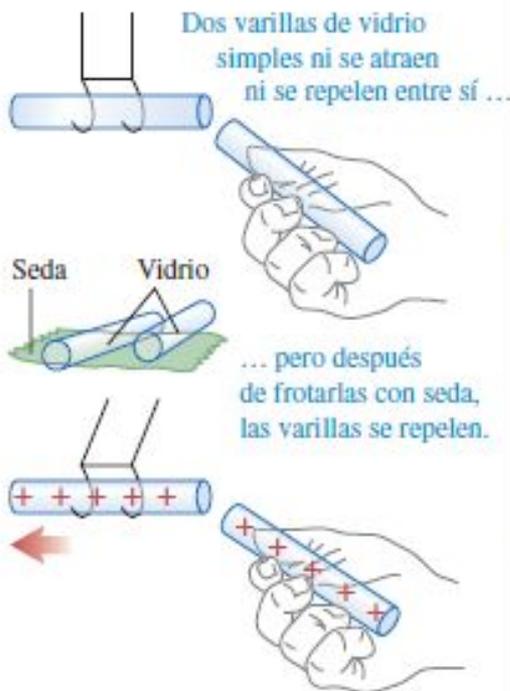


Veamos 3 Experimentos Sencillos

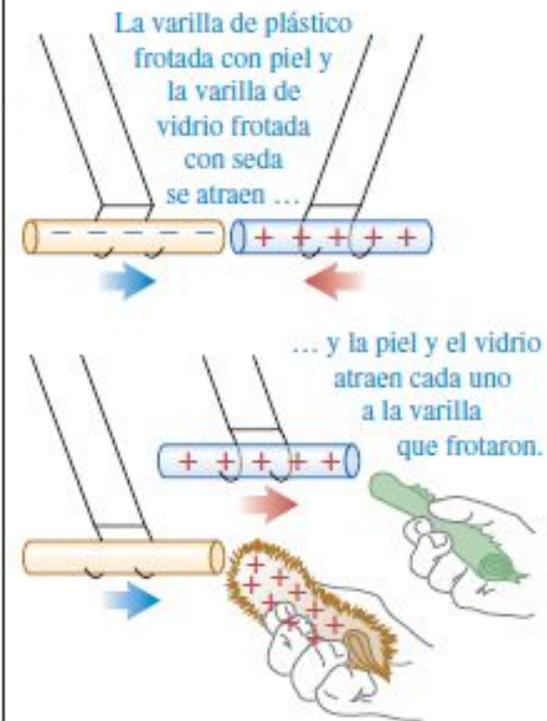
a) Interacción entre varillas de plástico cuando se frotran con piel



b) Interacción entre varillas de vidrio cuando se frotran con seda



c) Interacción entre objetos con cargas opuestas



¿Por qué ocurre esto?

Benjamin Franklin (sintetiza todo): El fuego eléctrico

- Intenta explicar el efecto triboeléctrico y postula : “toda sustancia está penetrada por el fuego eléctrico o fluido eléctrico”.
- Establece la convención de signos:

Exceso de fuego: +
Defecto de fuego: -



Benjamin Franklin (1706-1790)

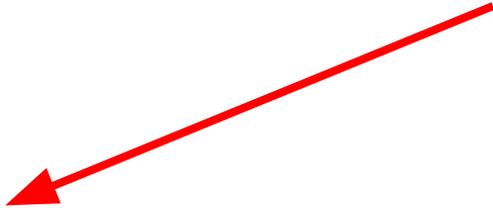
Toma nota de dos cuestiones muy importantes:

1. Cuanto más fuego $>$ fuerza
2. Cuanto más cerca están los objetos $>$ fuerza

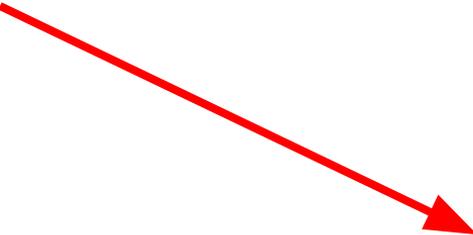


Dos cargas positivas se repelen entre sí, al igual que dos cargas negativas. Una carga positiva y una negativa se atraen.

¿Qué es la carga (eléctrica)?



Positiva



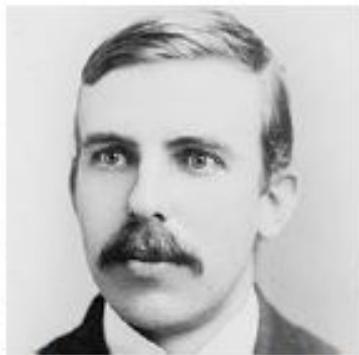
Negativa

Experimentos fundacionales

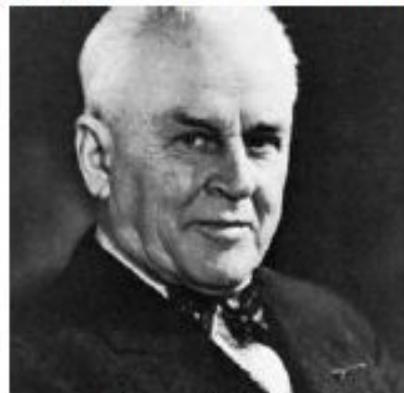
- Descubrimiento de los protones (Goldstein, 1886; Rutherford 1899).
- Descubrimiento del electrón a partir de rayos catódicos (Thomson, 1896)
- Modelo del átomo como núcleo y electrones (Rutherford, 1911)
- Cuantización de la carga (Milikan & Fletcher 1909).



Joseph Thomson



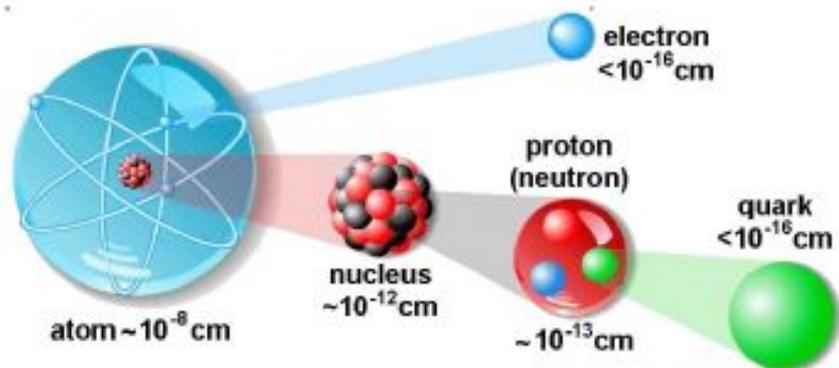
Ernest Rutherford



Robert Milikan

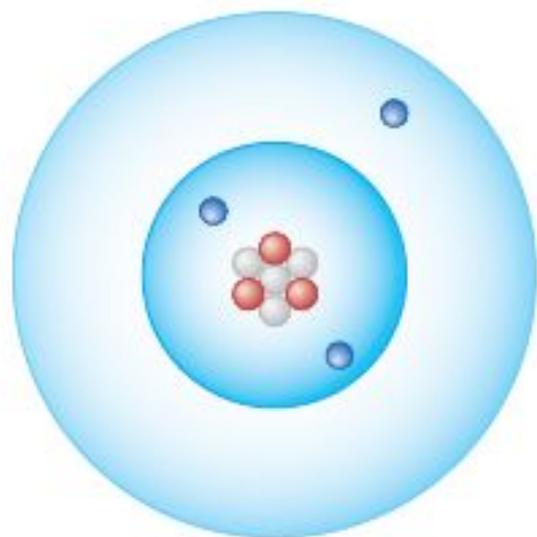
El átomo

- Núcleo muy pequeño (10^{-12} cm)
 - Protones cargado positivamente
 - Neutrones
 - Masa de cada uno: $1.7 \cdot 10^{-27}$ kg
- Nube de electrones negativos 10^{-8} cm. Masa: $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg
- La carga es la misma para electrones y protones: $1.6 \cdot 10^{-19}$ C.
- Átomo neutro: igual numero de iones y electrones.



La carga eléctrica

- Característica fundamental de la materia, junto con la masa. Existe en dos versiones: positiva y negativa
- Los portadores de carga son los **protones (positiva)** y los **electrones (negativa)**. Ambos tienen carga
$$|e| = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$
- En átomos y moléculas neutros las cargas positivas y negativas se compensan.
- Un exceso de carga en un cuerpo implica que éste está cargado con una carga Q .



a) **Átomo neutro de litio (Li):**

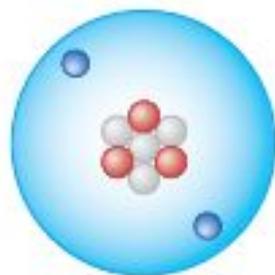
3 protones ($3+$)

4 neutrones

3 electrones ($3-$)

Los electrones igualan a los protones: carga neta cero.

● Protones (+) ● Neutrones
● Electrones (-)



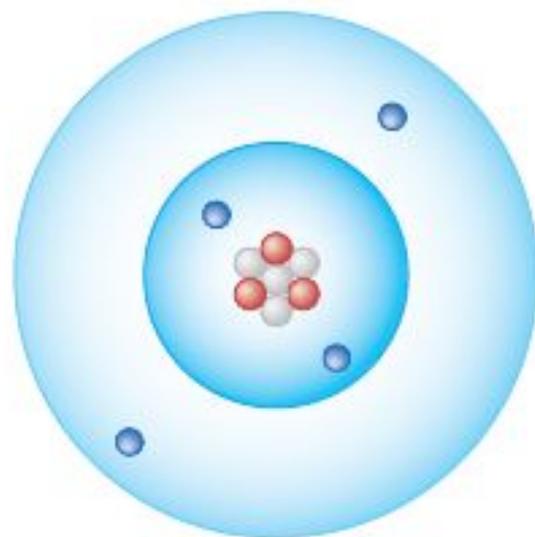
b) **Ion positivo de litio (Li^+):**

3 protones ($3+$)

4 neutrones

2 electrones ($2-$)

Menos electrones que protones: carga neta positiva.



c) **Ion negativo de litio (Li^-):**

3 protones ($3+$)

4 neutrones

4 electrones ($4-$)

Más electrones que protones: carga neta negativa.

Leyes fundamentales de la electrostática

1) Cuantización de la Carga:

Toda carga Q es siempre un múltiplo entero de la carga elemental e .

2) Conservación de la Carga

La carga eléctrica neta de un sistema aislado es siempre la misma.

3) Ley de Coulomb

Dos cargas eléctricas en reposo se repelen o se atraen entre sí con una fuerza proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.



Charles Augustin de Coulomb
1736-1806

Ley de Coulomb

Si q_1 y q_2 tienen el mismo signo

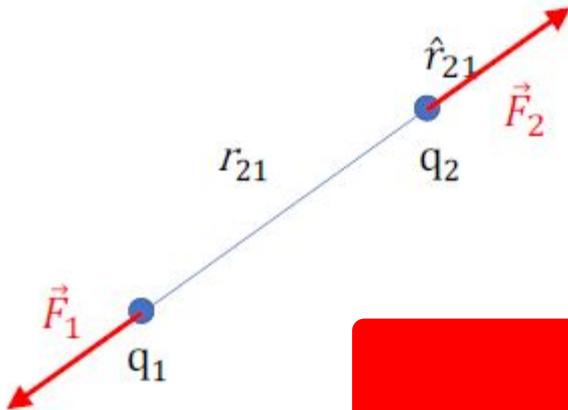
- La fuerza experimentada por q_2 :

$$\vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2 \hat{r}_{21}}{r_{21}^2}$$

\hat{r}_{21} es el vector unitario de q_1 a q_2

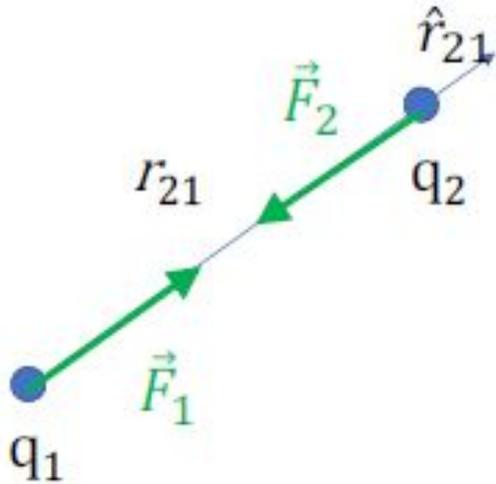
- La fuerza eléctrica es Newtoniana

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$$



Cargas de igual signo se repelen

Si q_1 y q_2 tienen signo opuesto



- La fuerza experimentada por q_2 :

$$\vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2 \hat{r}_{21}}{r_{21}^2}$$

\hat{r}_{21} es el vector unitario de q_1 a q_2

- La fuerza eléctrica es Newtoniana

$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$$

Cargas de signo opuesto se atraen

Factor de proporcionalidad

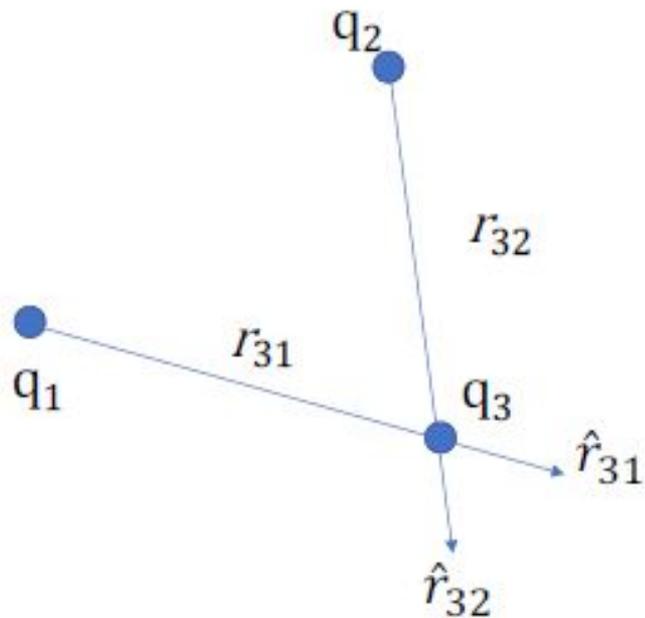
$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

ϵ_0 se define como la permitividad del vacío

¡CHEQUEAR QUE
TIENE LAS UNIDADES
CORRECTAS!

Principio de superposición

La fuerza con la que dos cargas interactúan no se modifica por la presencia de una tercera



- COROLARIO:

La fuerza experimentada por q_3 es la suma vectorial de las fuerzas de interacción entre q_1 y q_3 , y q_2 y q_3

$$\vec{F}_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q_1 q_3 \hat{r}_{31}}{r_{31}^2} + \frac{q_2 q_3 \hat{r}_{32}}{r_{32}^2} \right]$$

Fuerza del par $q_1 q_3$

Fuerza del par $q_2 q_3$

Campo Eléctrico

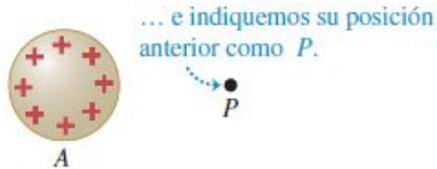
https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_all.html

a) Los cuerpos A y B ejercen fuerzas eléctricas uno sobre el otro.

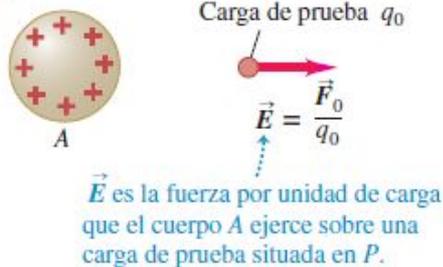


La fuerza eléctrica sobre un cuerpo cargado es ejercida por el campo eléctrico que otros cuerpos cargados originan.

b) Quitemos el cuerpo B ...



c) El cuerpo A genera un campo eléctrico \vec{E} en el punto P .



Fuerza y Campo son **vectores**

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

Se define \vec{E} en un punto como: fuerza eléctrica \vec{F} que experimente una carga de prueba q_0 en dicho punto dividido q_0 .

Para tener en cuenta:

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

- Su intensidad se mide en N/C ó como veremos más adelante en Volt /m
- La dirección vendrá dada por una combinación de versores.
- Si queremos representar el campo en todo el espacio, a cada posición le asignaremos una flecha (vector).

Campo de una carga puntual

Punto Origen: donde se ubica la carga q

Punto Campo: P (donde quiero saber cuánto vale el campo)

Si en el lugar de P hubiera una carga q_0 diríamos que el módulo de la fuerza eléctrica es:

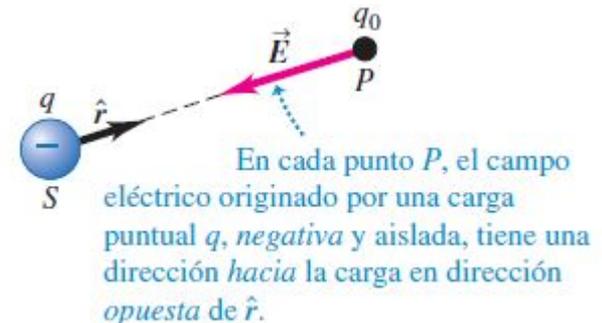
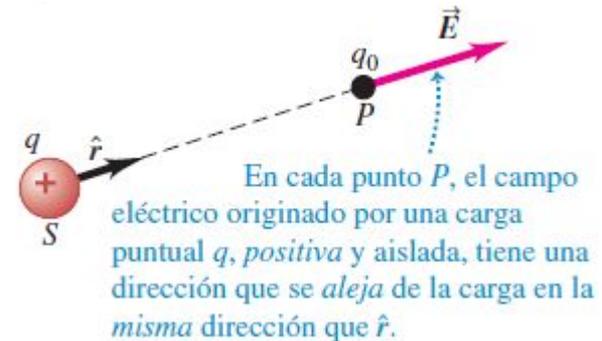
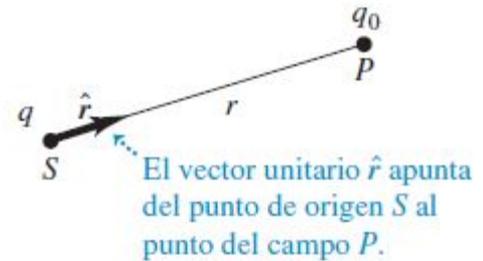
$$F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|qq_0|}{r^2}$$

A partir de la definición de Campo podemos decir que:

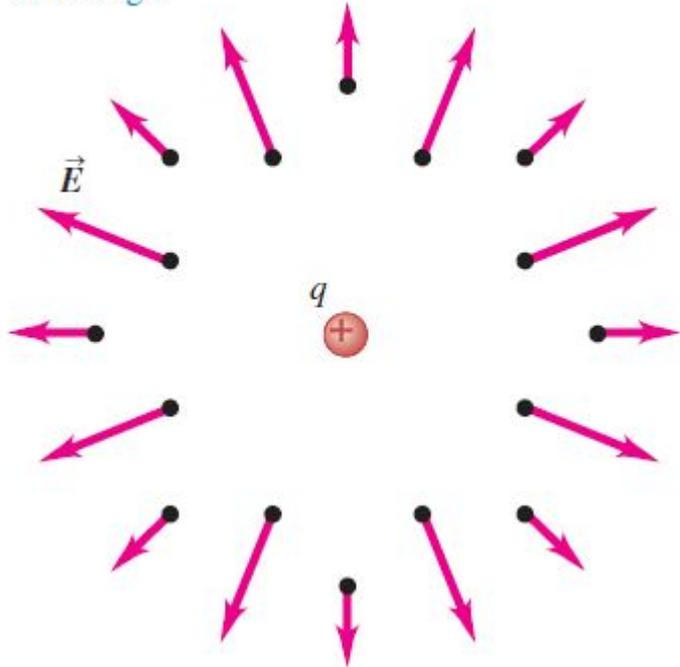
$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{r^2} \quad (\text{magnitud del campo eléctrico en una carga puntual})$$

Nos falta la dirección (E es un vector):

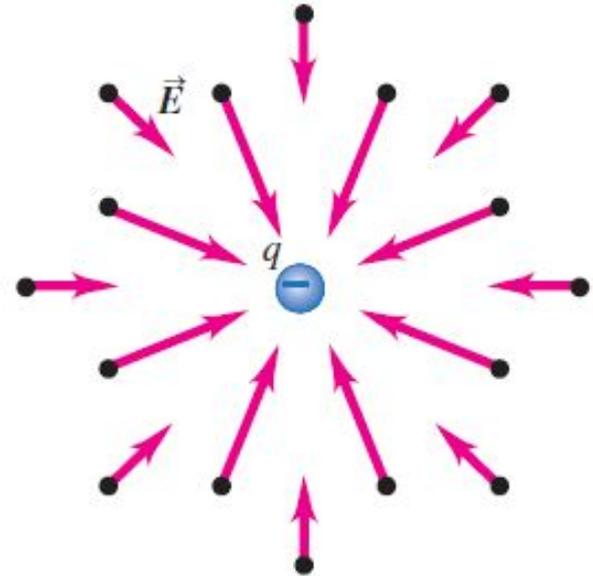
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (\text{campo eléctrico de una carga puntual})$$



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.



Campo producido por muchas cargas

El campo generado por un conjunto de cargas puntuales: q_1, q_2, q_3, \dots

En cada punto P cada carga produce su correspondiente campo $\mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2, \mathbf{E}_3, \dots$

de manera que una carga de prueba q_0 colocada en P experimentará una fuerza

$\mathbf{F}_1 = q_0 \mathbf{E}_1, \mathbf{F}_2 = q_0 \mathbf{E}_2$, y así sucesivamente...

$$\vec{F}_0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = q_0 \vec{E}_1 + q_0 \vec{E}_2 + q_0 \vec{E}_3 + \dots$$

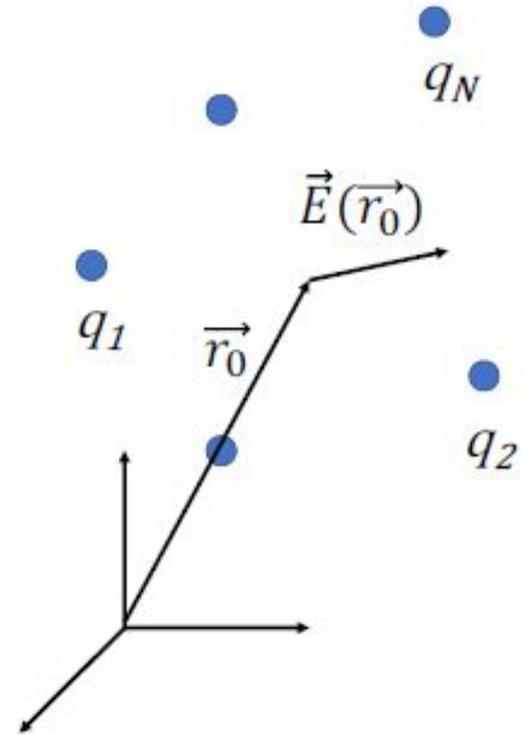
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

El campo eléctrico total en P es la suma vectorial de los campos en P debidos a cada carga puntual en la distribución de carga (figura 21.22). Éste es el **principio de superposición de campos eléctricos**.

Campo producido por muchas cargas (otra vez)

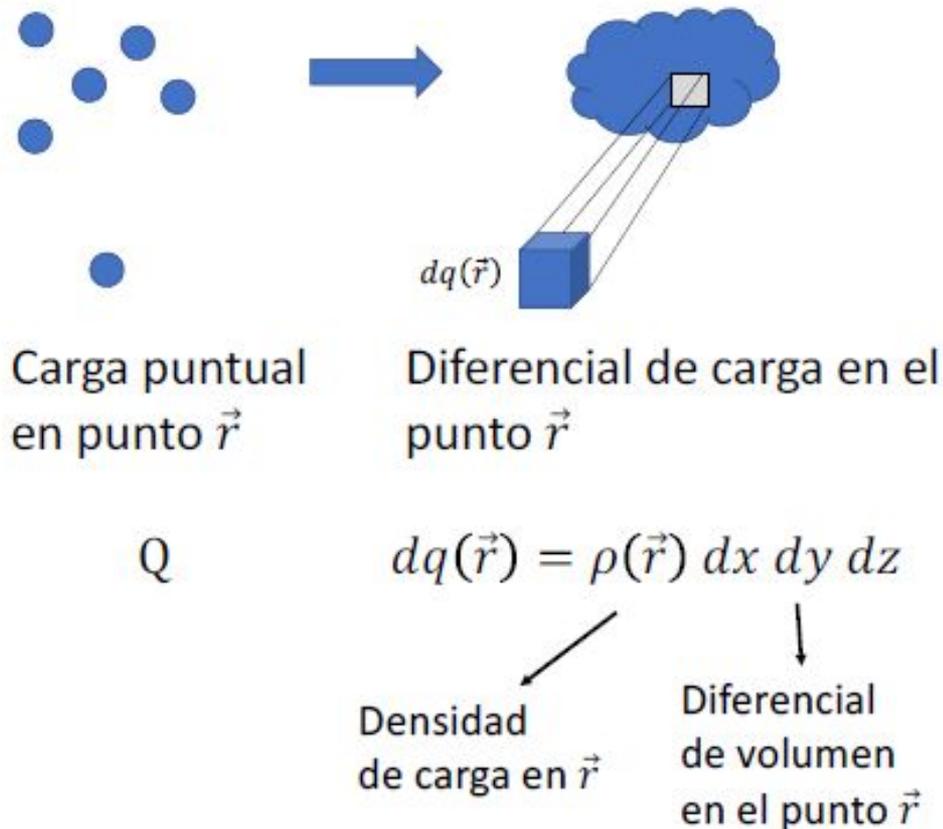
- Si dividimos \vec{F}_0 por q_0 nos queda una cantidad vectorial dependiente del sistema de cargas y de la posición \vec{r}_0 .
- Esta cantidad es el campo eléctrico \vec{E} generado por el sistema de cargas en el punto \vec{r}_0 :

$$\vec{E}(\vec{r}_0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{j=1}^N \frac{q_j \hat{r}_{0j}}{r_{0j}^2}$$



¿Y si tenemos un conjunto “apretado” de cargas? 🤔

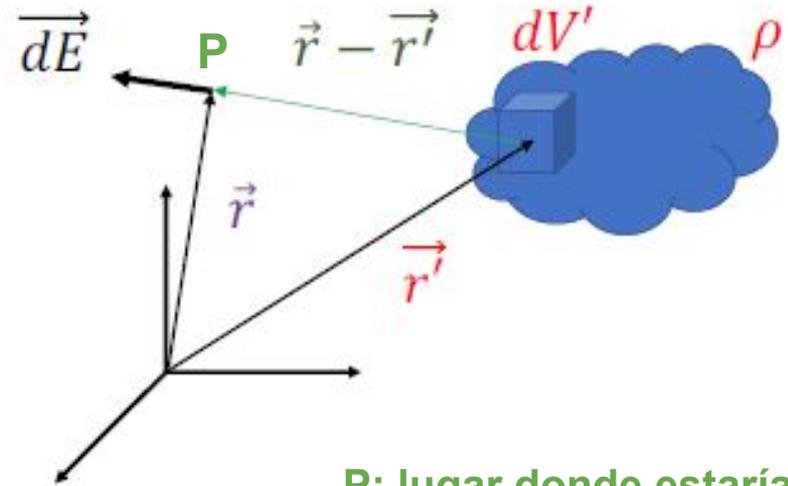
Distribución Continúa de Cargas



Campo eléctrico de una distribución

- Equivalentemente, pensemos en un diferencial de carga $\rho(\vec{r}') dV'$ en el punto \vec{r}' como parte de una distribución volumétrica ρ .
- La contribución de $\rho(\vec{r}') dV'$ al campo eléctrico \vec{E} en el punto \vec{r} es:

$$\vec{dE}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\rho(\vec{r}') dV' (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$



P: lugar donde estaría la carga de prueba

Recordemos: $\hat{r} = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$

- El campo total \vec{E} en el punto \vec{r} se obtiene integrando sobre todo el volumen de la distribución de carga volumétrica.

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \frac{\rho(\vec{r}') (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} dV'$$

- Equivalentemente podemos expresar $\rho(\vec{r}')dV'$ como $dq(\vec{r}')$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_{\text{Carga } Q} \frac{dq(\vec{r}') (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

- Esta forma permite usar distribuciones superficiales σ :

$$dq(\vec{r}') = \sigma(\vec{r}') ds'$$

- En cuyo caso

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint \frac{(\vec{r} - \vec{r}')\sigma(\vec{r}') ds'}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

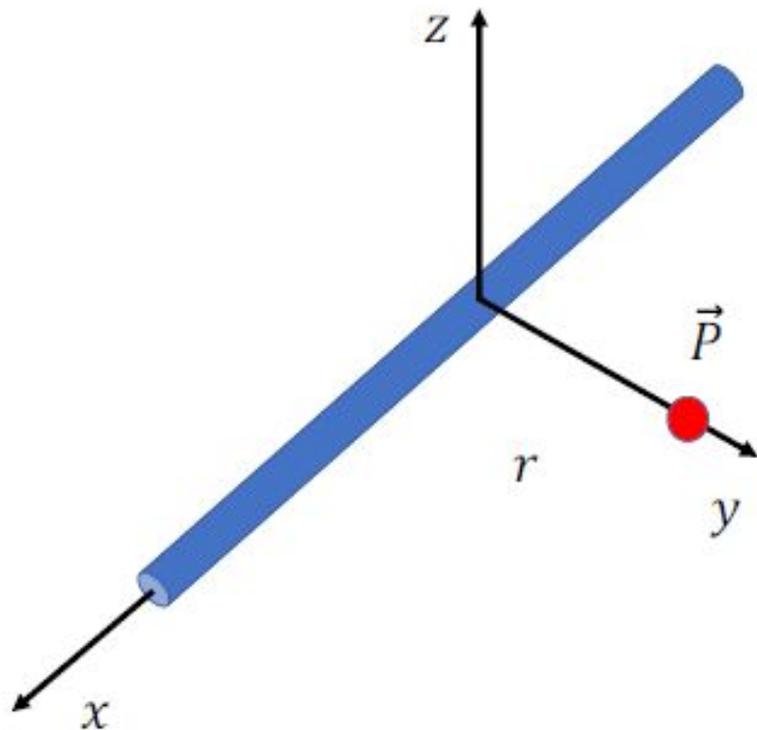
- O distribuciones lineales λ

$$dq(\vec{r}') = \lambda(\vec{r}') dl'$$

- Y entonces

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{(\vec{r} - \vec{r}')\lambda(\vec{r}') dl'}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

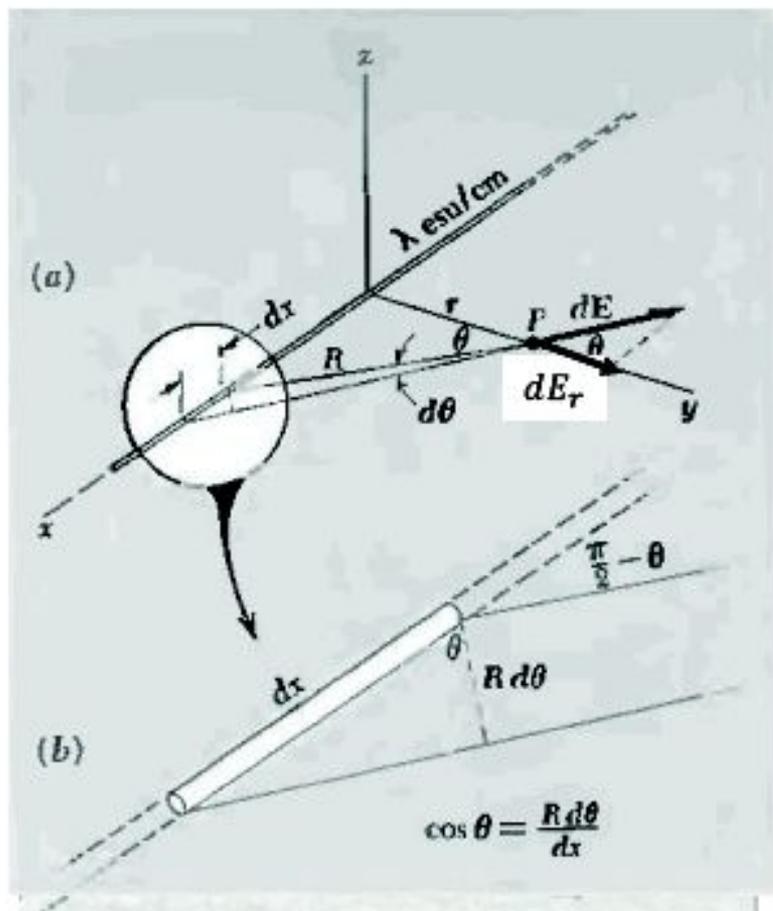
Campo de una distribución lineal infinita



- Simetría de traslación a lo largo del eje x .
- Pongo el origen en cualquier x . Por ejemplo, de manera que $P_x = 0$.
- Simetría alrededor de x .
- Da lo mismo cualquier ángulo entre \vec{P} y los ejes \hat{y} y \hat{z} . Puedo hacer $P_z = 0$ y $P_y = r$
- Entonces, el campo debe ser radial en cilíndricas y sólo depender de la distancia radial r :

$$\vec{E} = E_r(r)\hat{r}$$

Distribución lineal uniforme infinita



- El diferencial de campo radial dE_r en \vec{P} generado por un diferencial $dq = \lambda dx$ viene dado por

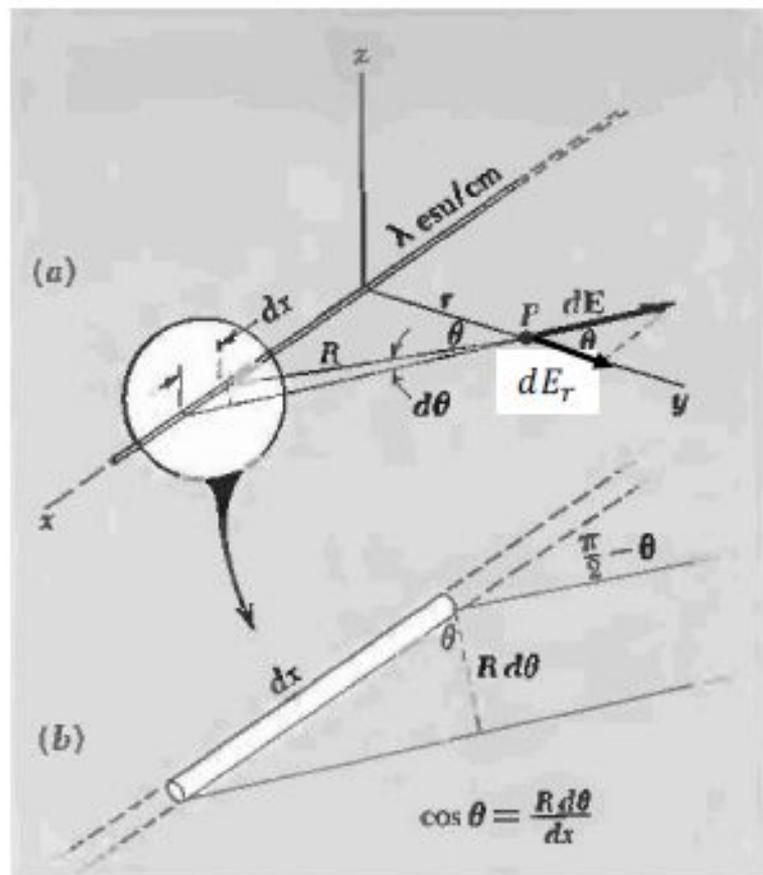
$$dE_r = dE \cos \theta$$

Donde el ángulo entre el eje y y la dirección al dq .

- Como vimos, $dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 R^2}$
- Reemplazamos dE

$$dE_r = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 R^2} \cos \theta = \frac{\lambda dx}{4\pi\epsilon_0 R^2} \cos \theta$$

Distribución lineal uniforme infinita



- Integramos sobre todo el hilo

- $$E(r) = \int dE_r = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\lambda \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 R^2} dx$$

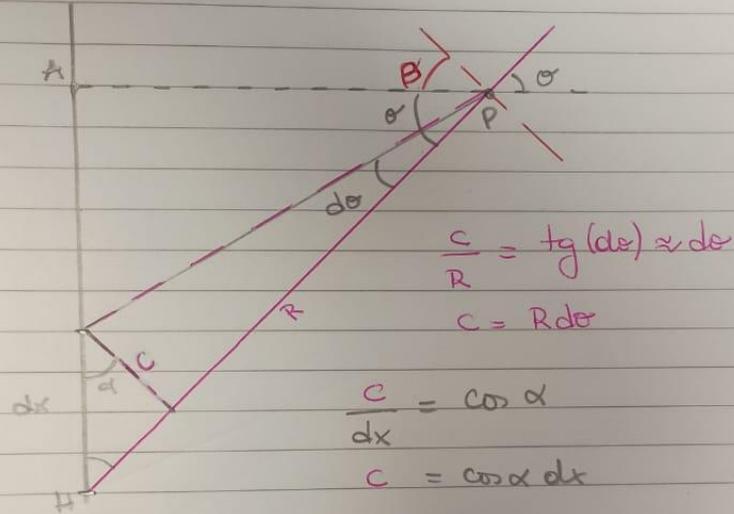
- Como $dx \cos \theta = R d\theta$ y $R \cos \theta = r$ la integral en función de θ queda:

- $$E(r) = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\lambda \cos \theta d\theta}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 r} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \theta d\theta$$

$$E(r) = \frac{2\lambda}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Detalles de la cuenta final:

Repasemos la distribución lineal uniforme ∞



α ¿cuál es α ? $\rightarrow \alpha = \theta$ PAH es un Δ rect.

$$\left. \begin{array}{l} \hat{D} = \hat{\theta} \\ \hat{A} = 90^\circ \\ \hat{H} = \beta \end{array} \right\} \begin{array}{l} \hat{\beta} + \hat{\theta} = 90^\circ \\ \hat{\beta} + \hat{\alpha} = 90^\circ \end{array} \Rightarrow \hat{\alpha} = \hat{\theta}$$

$$\frac{c}{dx} = \cos \theta$$

$$\boxed{R d\theta = dx \cos \theta}$$