

Introducción

Breve historia de la luz



Iluminando el mundo II

- A finales del siglo XIX la comunidad científica pensaba que quedaban pocas cosas por descubrir en el campo de la física.
- Se tenía la percepción de que, al menos, todas las leyes básicas que describían la naturaleza habían sido bien establecidas.
- La mecánica newtoniana y formulaciones equivalentes como la mecánica lagrangiana y hamiltoniana, permitían estudiar el movimiento de los sistemas de partículas, los sólidos y los fluidos.

Iluminando el mundo II

- La teoría de la gravitación universal de Newton explicaba perfectamente el movimiento de los cuerpos bajo la acción de la gravedad.
- Las ecuaciones de Maxwell habían unificado electricidad, magnetismo y óptica.
- La luz y todos los fenómenos relacionados con ella se entendían y explicaban perfectamente en términos de ondas electromagnéticas.

Iluminando el mundo II

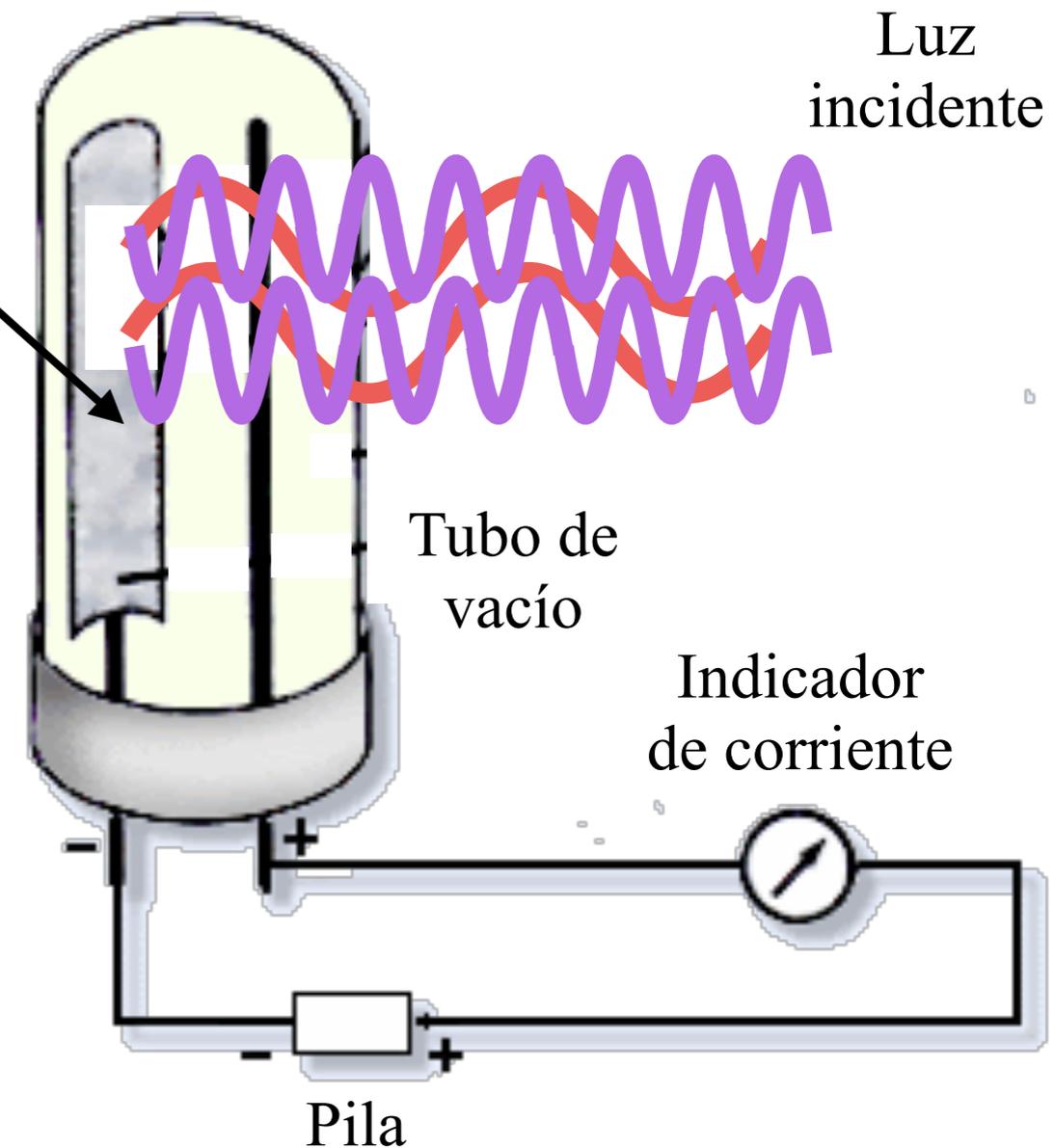
- Sin embargo, una serie de nuevos descubrimientos y experimentos que no podían explicarse con la física conocida hasta el momento iban a provocar el nacimiento de dos de las mayores revoluciones en la historia de la ciencia:
 - La teoría de la relatividad (especial y general).
 - La mecánica cuántica.

Efecto Fotoeléctrico



Hertz (1857)

- La placa metálica en el interior del tubo de vacío se ilumina con luz de diferentes frecuencias.



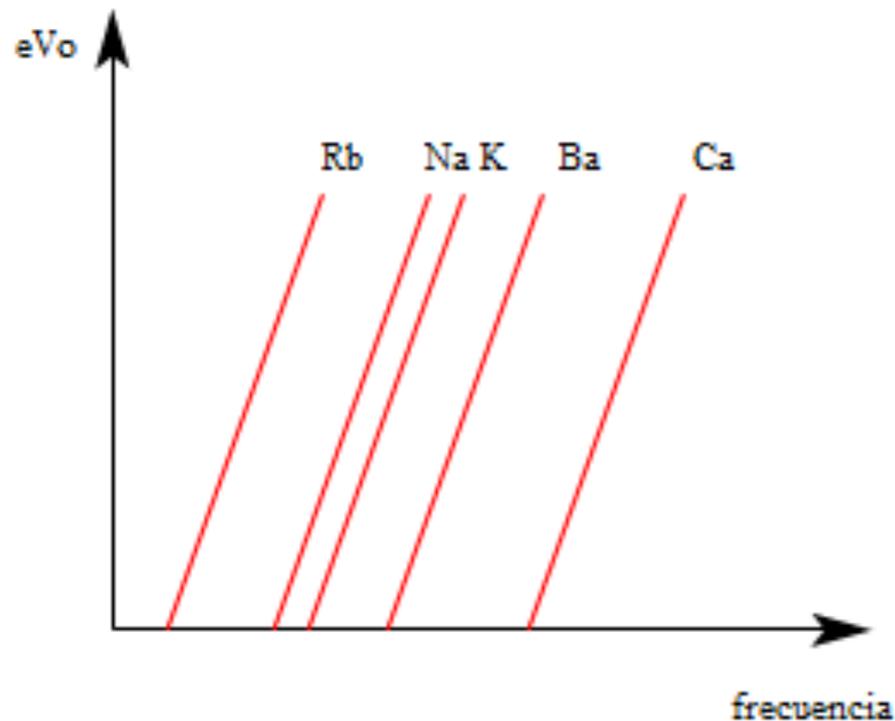
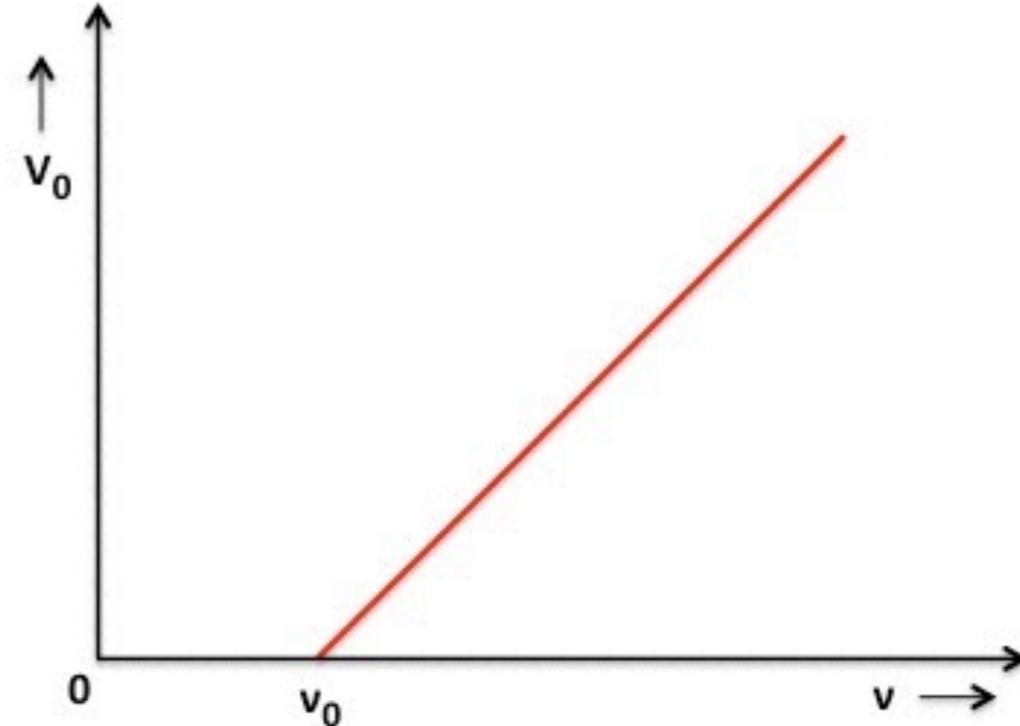
- Se observa que la luz de **bajas frecuencias** no produce ningún efecto.
- Por el contrario, la luz de **altas frecuencias** produce una corriente eléctrica que detecta el indicador y cierra el circuito.
- Dependiendo del material de la placa metálica existe una **frecuencia umbral** por debajo de la cual no se produce el efecto fotoeléctrico.

Efecto fotoeléctrico



Hertz (1857)

- Representación gráfica de la diferencia de potencial medida por el indicador de corriente en función de la frecuencia de la luz incidente.

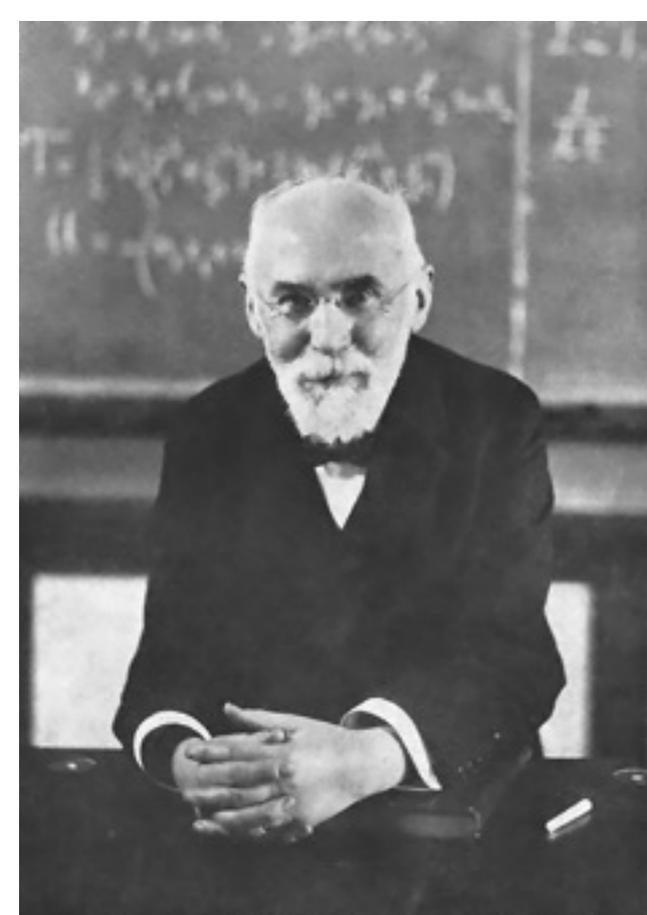


- Efecto fotoeléctrico para placas metálicas de diferentes materiales donde se aprecia que la frecuencia umbral es específica para cada uno de ellos.

- Este fenómeno no tienen ninguna explicación, ya que la corriente producida debería depender de la **intensidad** de la luz incidente y no de la **frecuencia**.

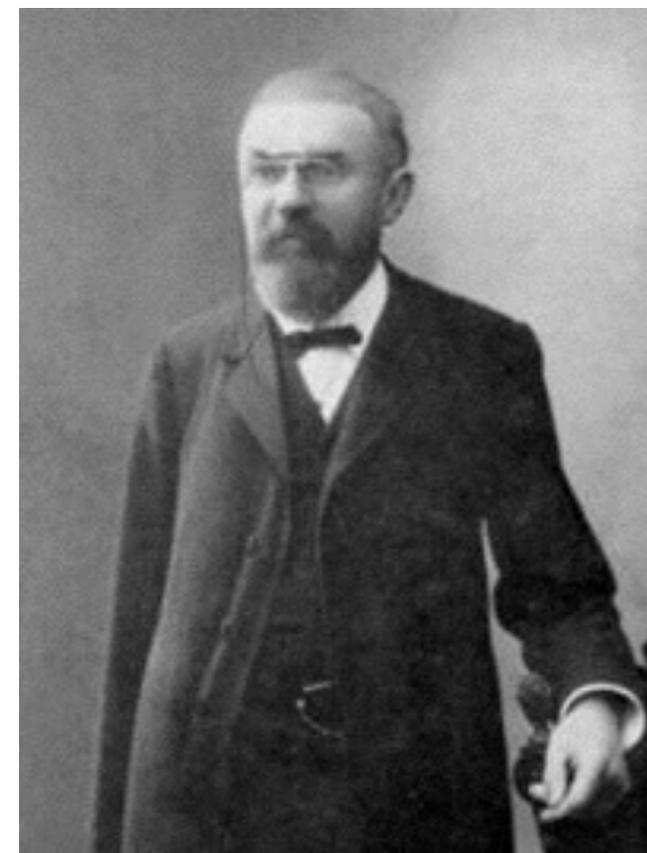
El Principio de Relatividad

- Físico.
- Premio Nobel de Física en 1902: “Por su investigación sobre la influencia del magnetismo en la radiación”.
- Introdujo la hipótesis de la existencia del **electrón** y postuló que la luz era producida por la **oscilación** de los electrones de los átomos.

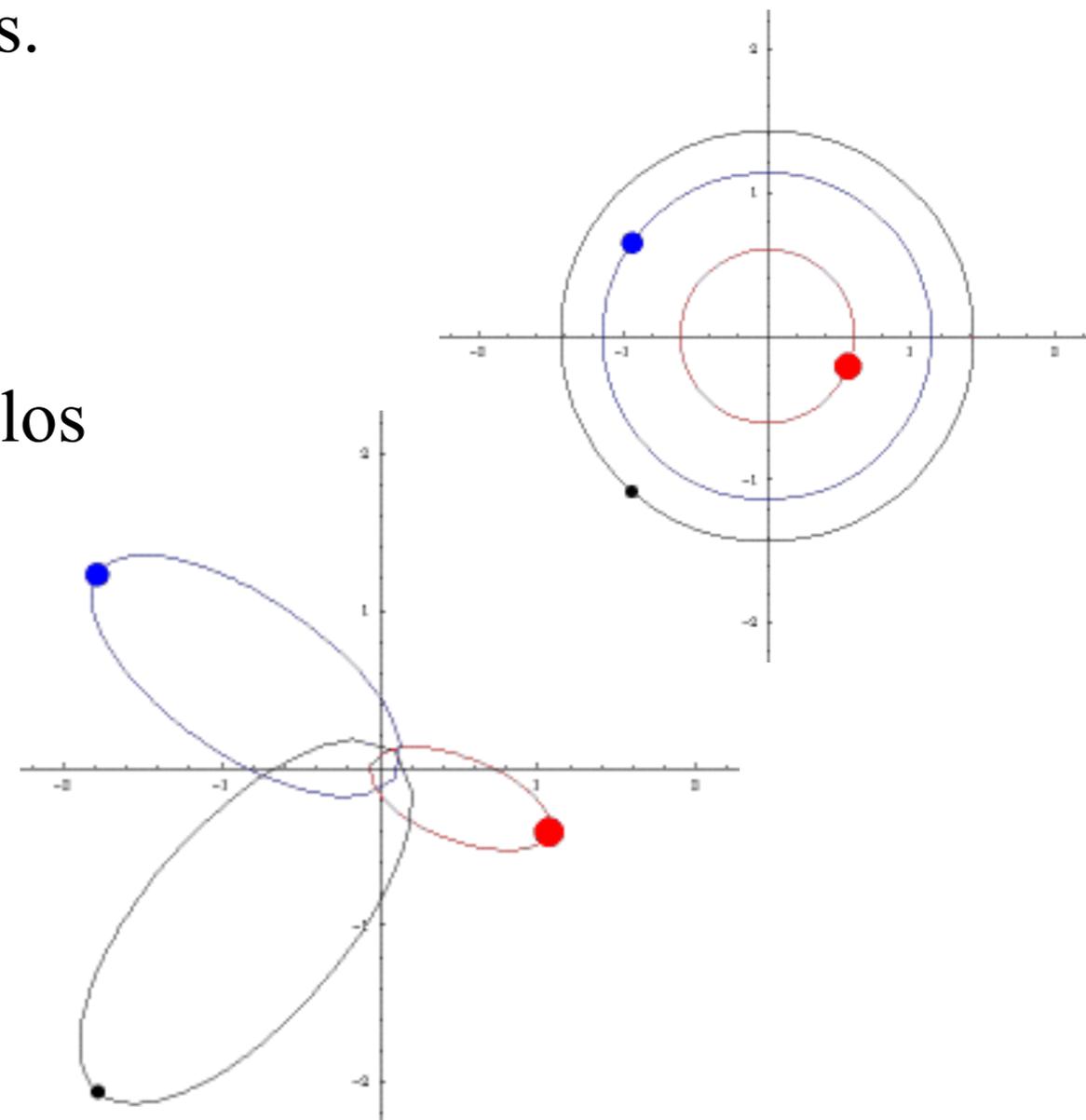
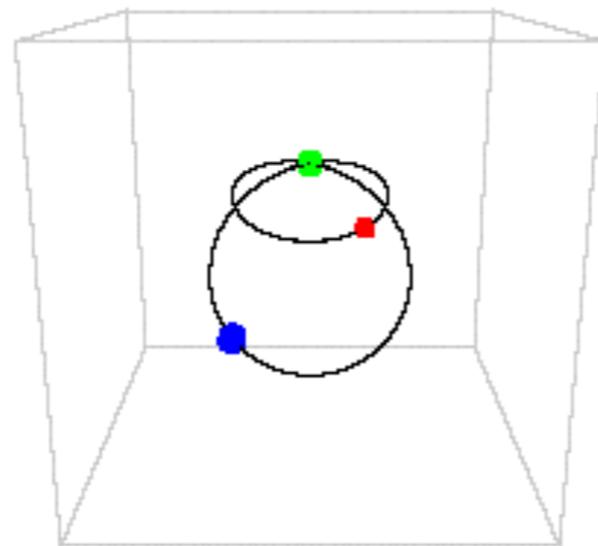


Lorentz (1853)

- Físico y matemático.
- Estudió el problema de los tres cuerpos.



Poincaré (1854)



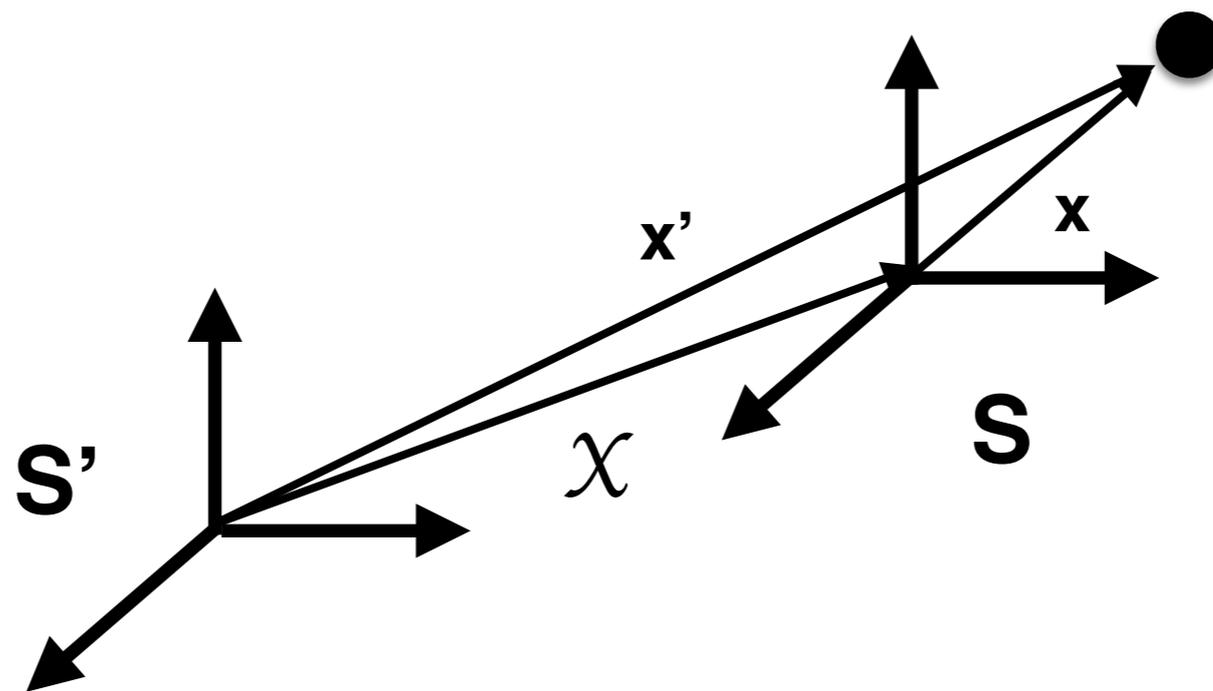
El Principio de Relatividad

- **Sistema de referencia:** conjunto de **coordenadas espacio-temporales** que se requieren para poder medir la posición y otras magnitudes de un sistema físico.

(1) Sistemas de referencia **inerciales**: Sistemas que se encuentran en **reposo** o se mueven a una **velocidad constante**.

(2) Sistemas de referencia **no inerciales**: Sistemas en los cuales aparecen **aceleraciones**.

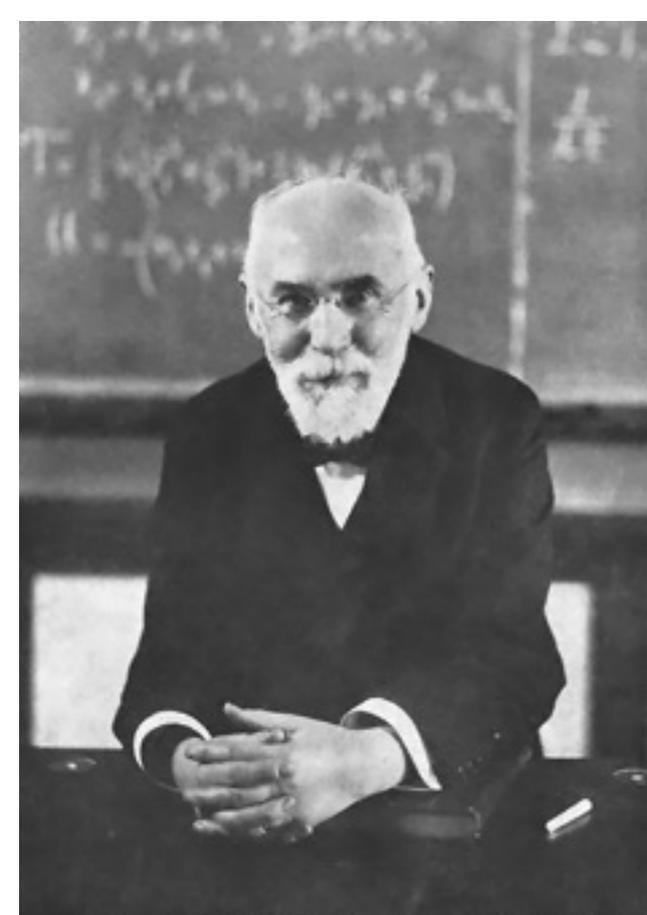
- **Transformaciones de coordenadas:** conjunto de ecuaciones que permiten relacionar diferentes sistemas de referencia.



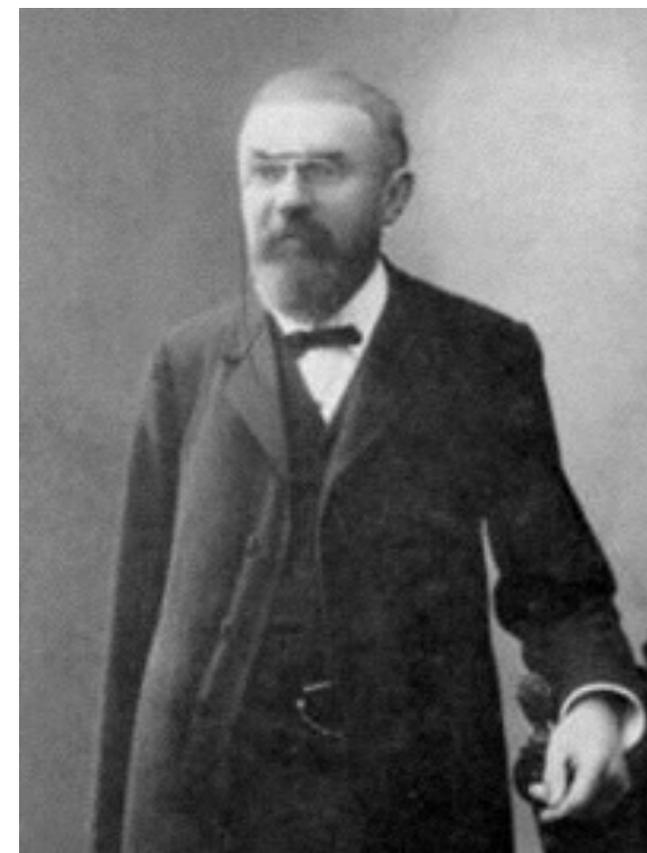
Transformaciones de Galileo

$$x' = x + \mathcal{X}$$

$$t' = t$$



Lorentz (1853)



Poincaré (1854)

El Principio de Relatividad

- **Principio de relatividad:** Las leyes básicas de la física deben ser idénticas para dos observadores (sistemas de referencia) inerciales cualesquiera.

$$x' = x + \mathcal{X}$$

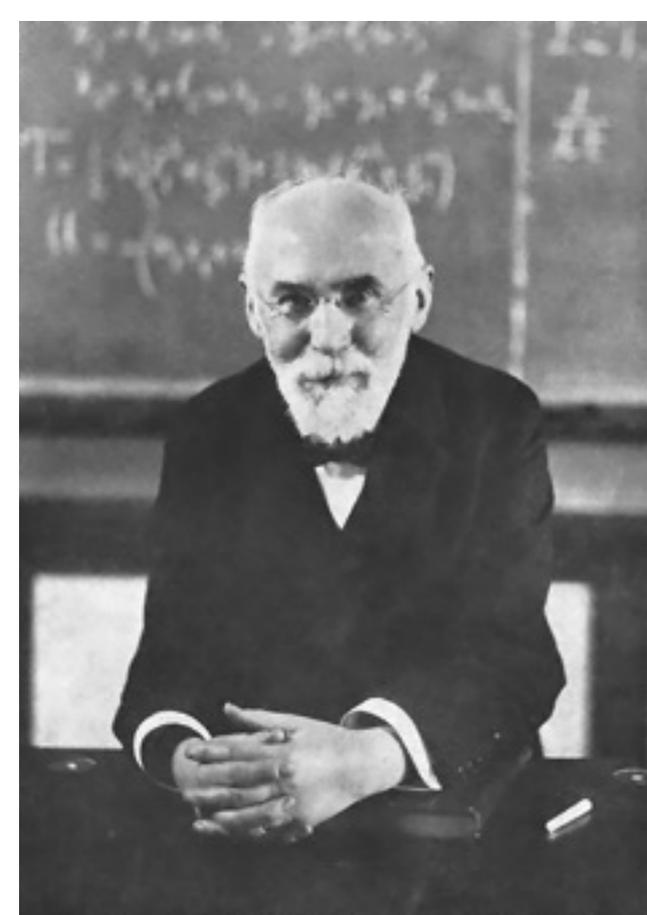
$$v' = v + \mathcal{V}$$

$$a' = a$$

La Segunda Ley de Newton mantiene su forma independientemente del observador

$$F = ma \longrightarrow F = ma'$$

- **Principio de relatividad (según Galileo):** Las leyes básicas de la física son invariantes bajo una transformación de Galileo.



Lorentz (1853)



Poincaré (1854)

El Principio de Relatividad

- Las ecuaciones de Maxwell no son invariantes bajo las transformaciones de Galileo.

$$\nabla^2 \vec{E} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

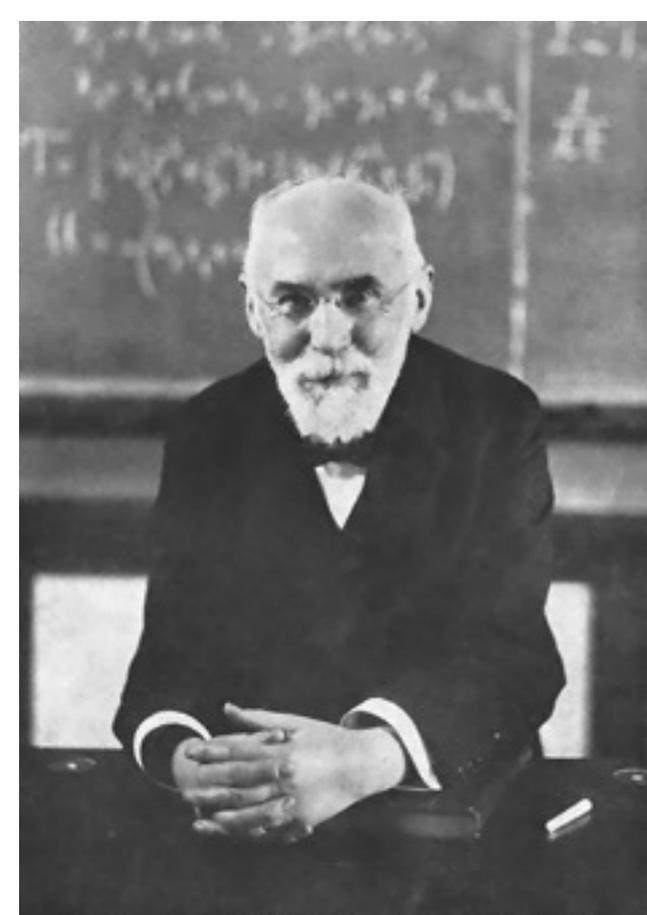
La luz NO satisface el principio de relatividad!! (según Galileo)

$$\nabla'^2 \vec{E} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \frac{1}{\mathcal{V}^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \frac{2}{\mathcal{V}} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x' \partial t} = 0$$

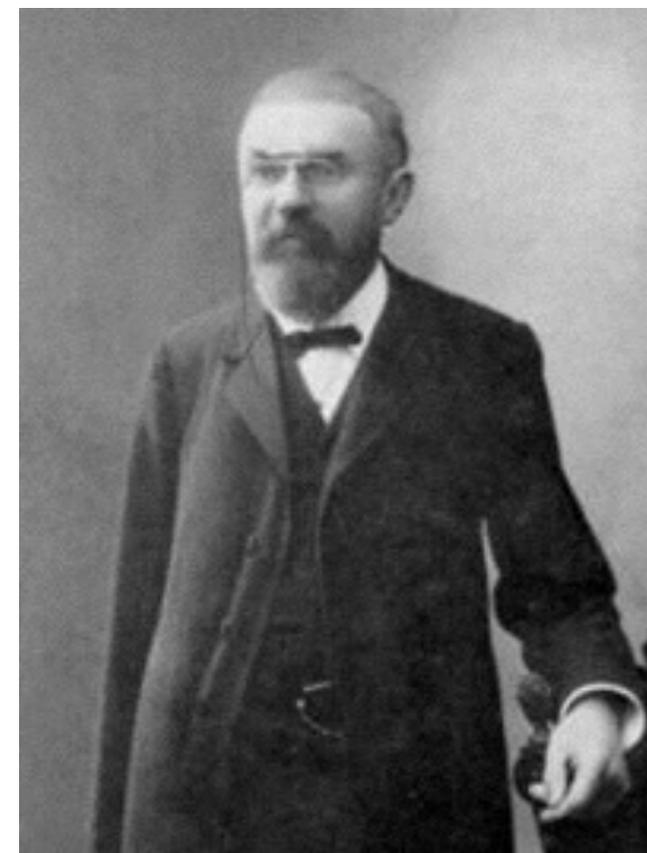
- La suma de velocidades puede dar velocidades mayores que la de la luz en el vacío.

$$v = c \quad ; \quad \mathcal{V} = c \longrightarrow v' = c + c = 2c$$

- Lorentz y Poincaré derivaron un conjunto de ecuaciones que mantenían invariantes las ecuaciones de Maxwell bajo una transformación de coordenadas: **Transformaciones de Lorentz.**



Lorentz (1853)



Poincaré (1854)

El éter no existe

- Físico.
- Premio Nobel de Física en 1907: “Por sus instrumentos ópticos de precisión y las investigaciones espectroscópicas y metrológicas realizadas con ayuda de éstos”.



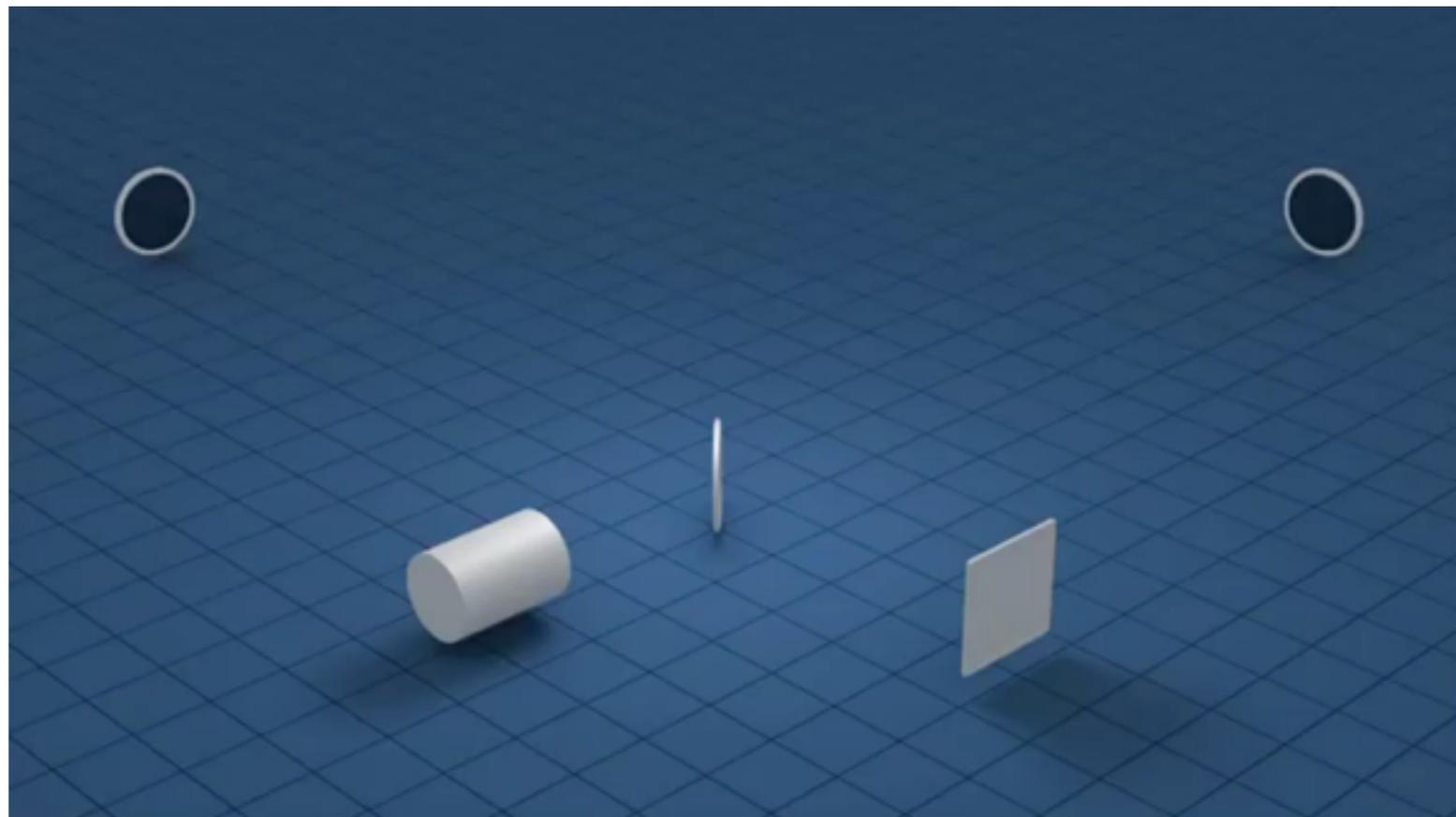
Michelson (1852)

Perfeccionaron el **interferómetro** y pudieron realizar medidas de altísima precisión de la velocidad de la luz

- Físico y químico.

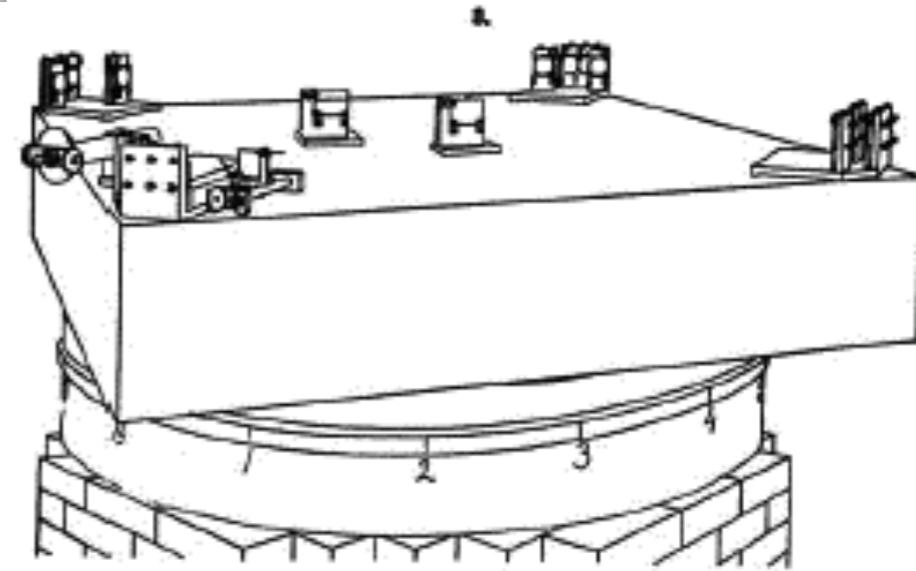
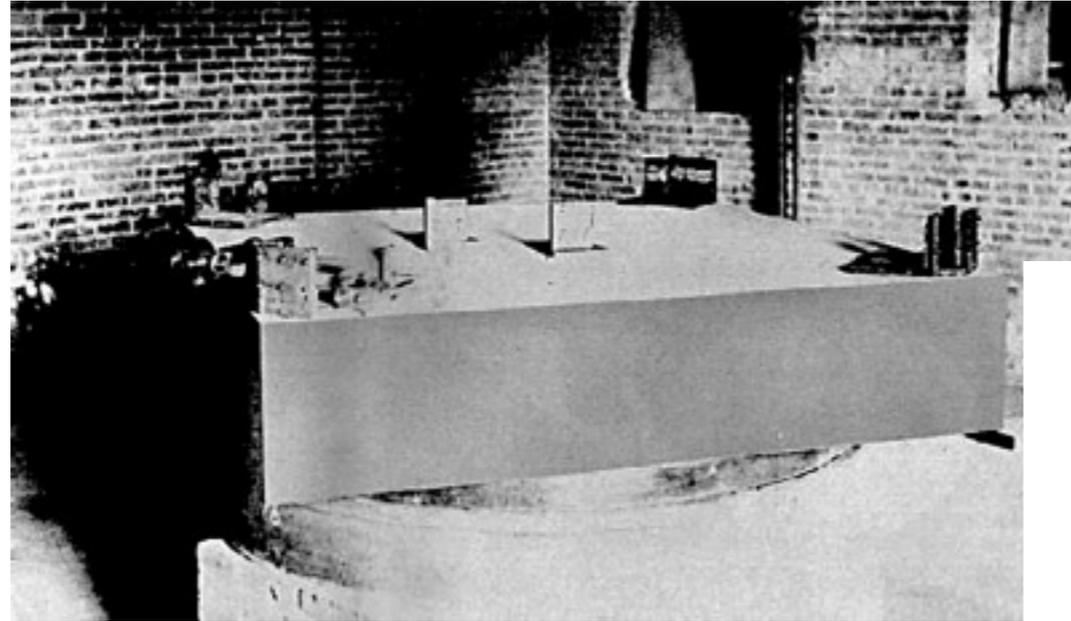


Morley (1838)

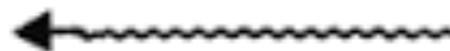
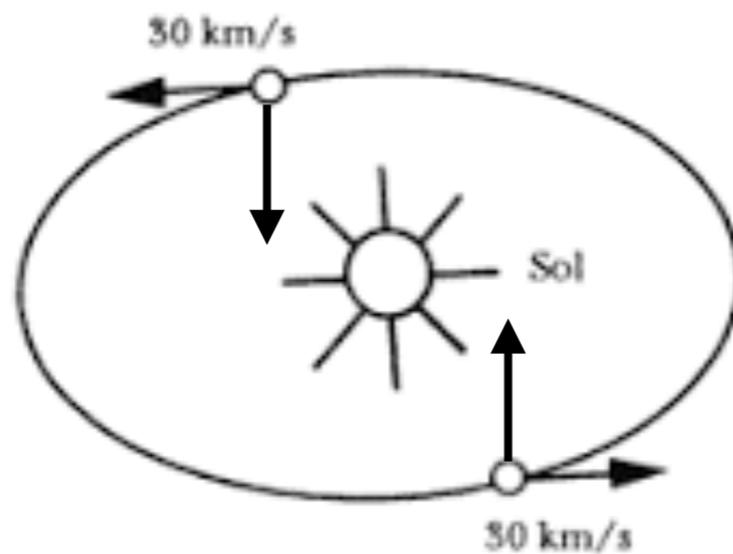
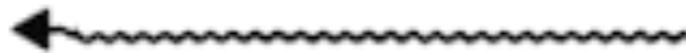


El éter no existe

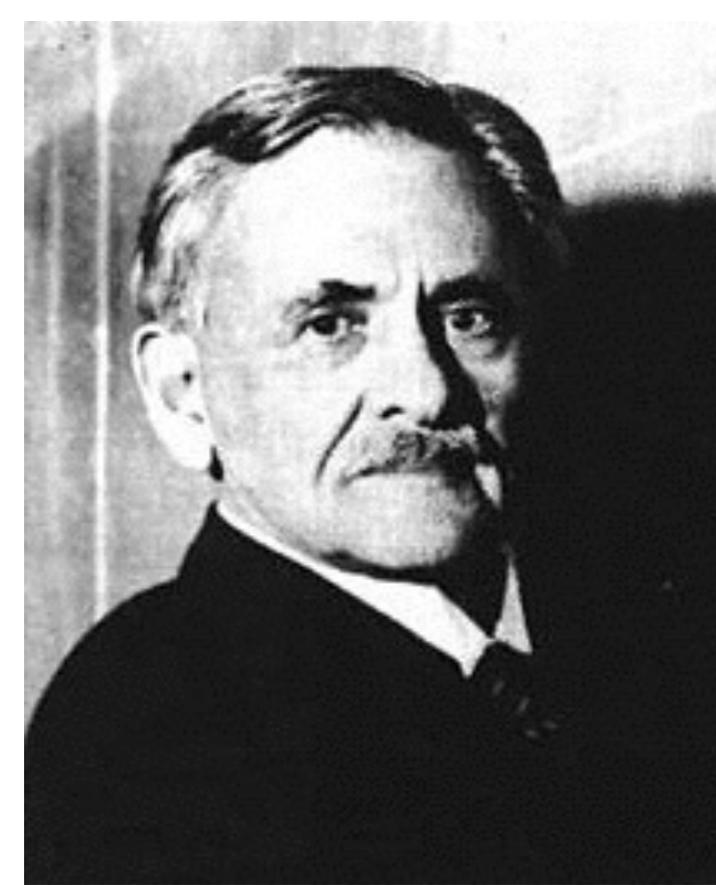
Experimento de Michelson y Morley



Viento del éter



- Midieron el tiempo que tardaba un rayo de luz propagándose en la dirección del supuesto viento del éter y, en otro caso, propagándose perpendicularmente a él.
- El experimento fallido más importante de la historia.



Michelson (1852)



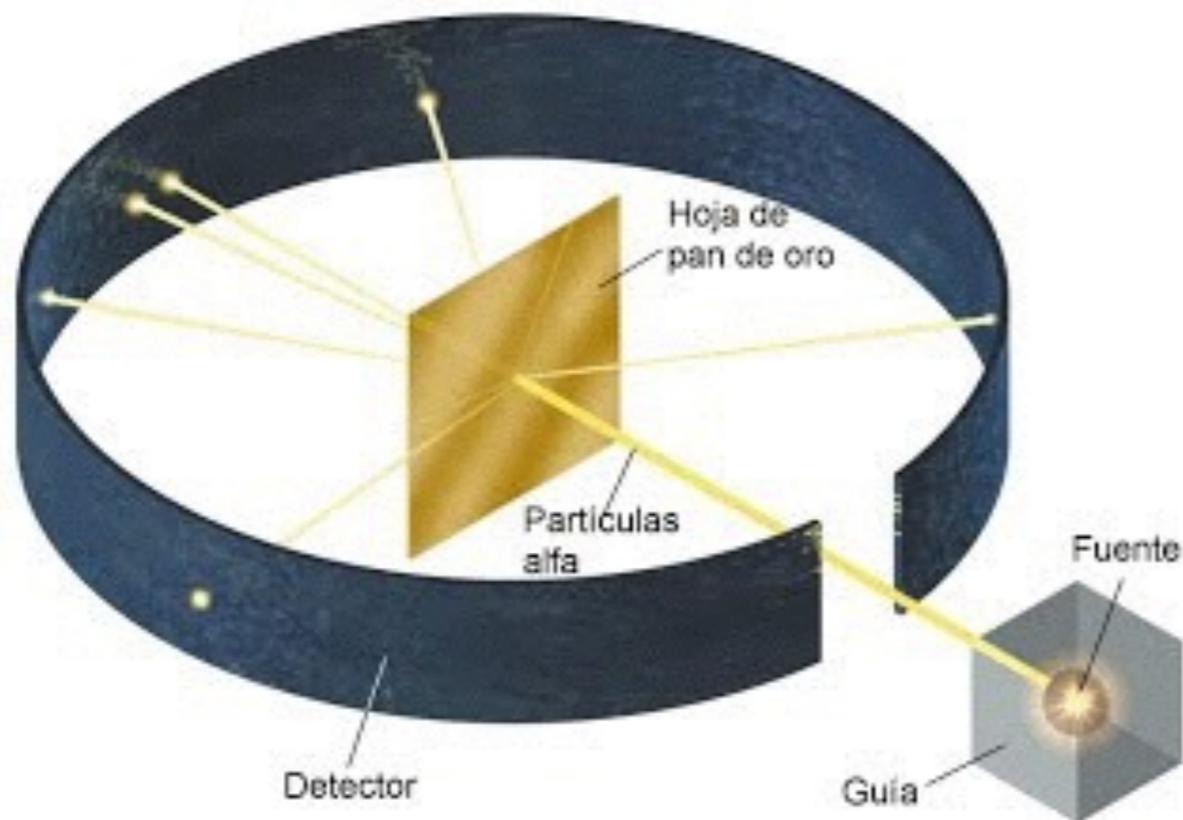
Morley (1838)

El átomo clásico



- Físico y químico.
- Premio Nobel de Química en 1908: “Por sus investigaciones relativas a la desintegración de los elementos químicos”.
- **“La ciencia, o es Física, o es filatelia”.**

Rutherford (1871)



- La **mayor parte** de las partículas alfa no sufren **ninguna desviación**.
- **Algunas** de las partículas alfa sufren una **ligera desviación**.
- **Muy pocas** de las partículas alfa sufren una **fuerte desviación o rebotan**.

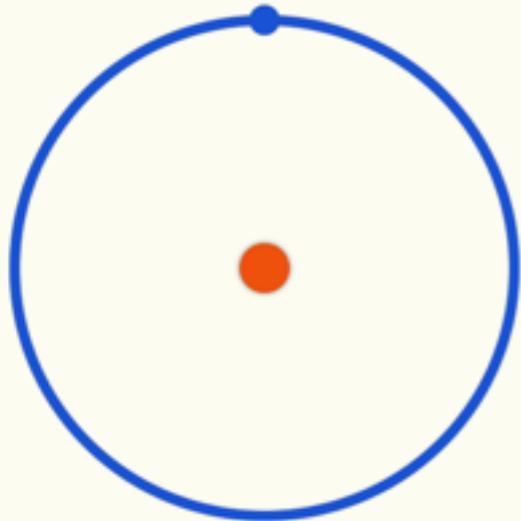
Experimento de Rutherford

El átomo clásico

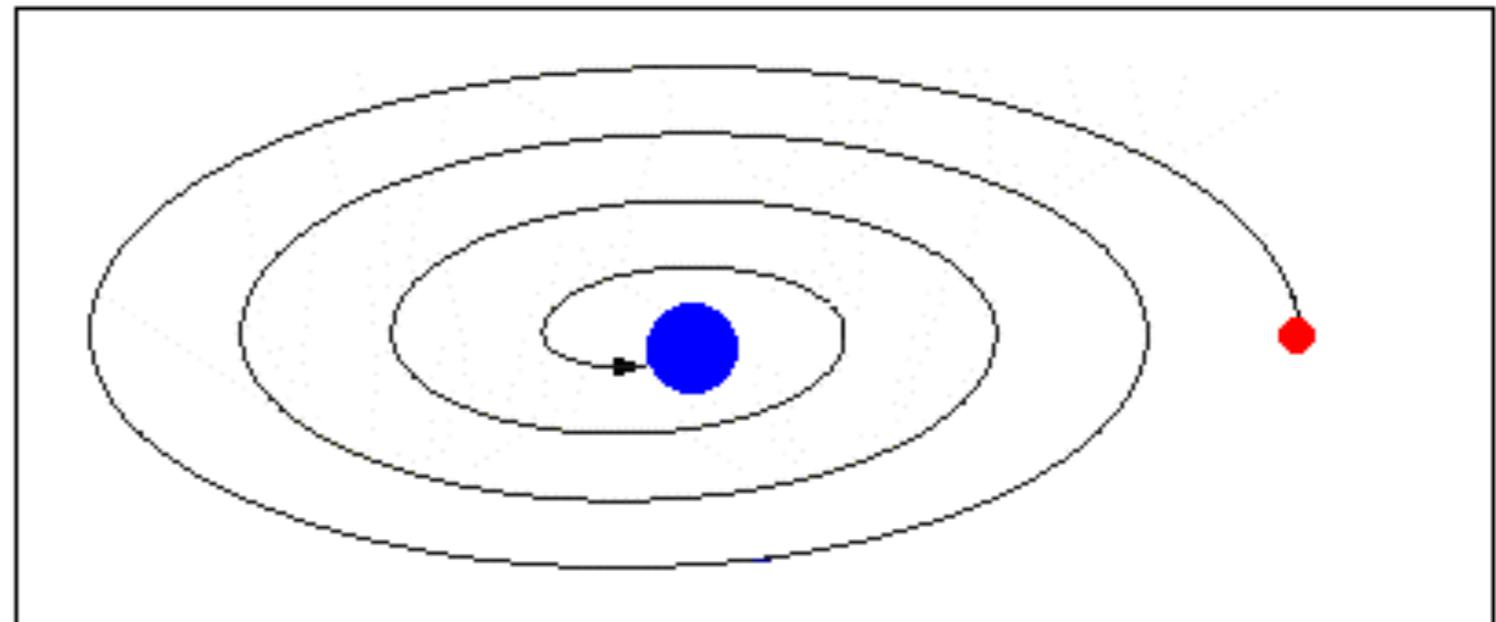


Rutherford (1871)

- Basándose en los resultados de su experimento, Rutherford elaboró un modelo atómico en el cual:
 - (1) La mayor parte de la masa del átomo se encontraba concentrada en su centro (**núcleo**) y tenía carga eléctrica positiva.
 - (2) Los **electrones** de carga eléctrica negativa se encontraban “orbitando” alrededor del núcleo.
 - (3) Existía un gran espacio vacío entre el núcleo y las “órbitas” de los electrones.



Átomo de Rutherford



The electron should fall on the nucleus.

Una carga eléctrica en movimiento emite radiación. Así que el electrón estaría perdiendo energía y terminaría cayendo al núcleo.
El átomo de Rutherford es **INESTABLE!!**

“La única posibilidad de descubrir los límites de lo posible es aventurarse un poco más allá de ellos, hacia lo imposible.”

Arthur C. Clarke

