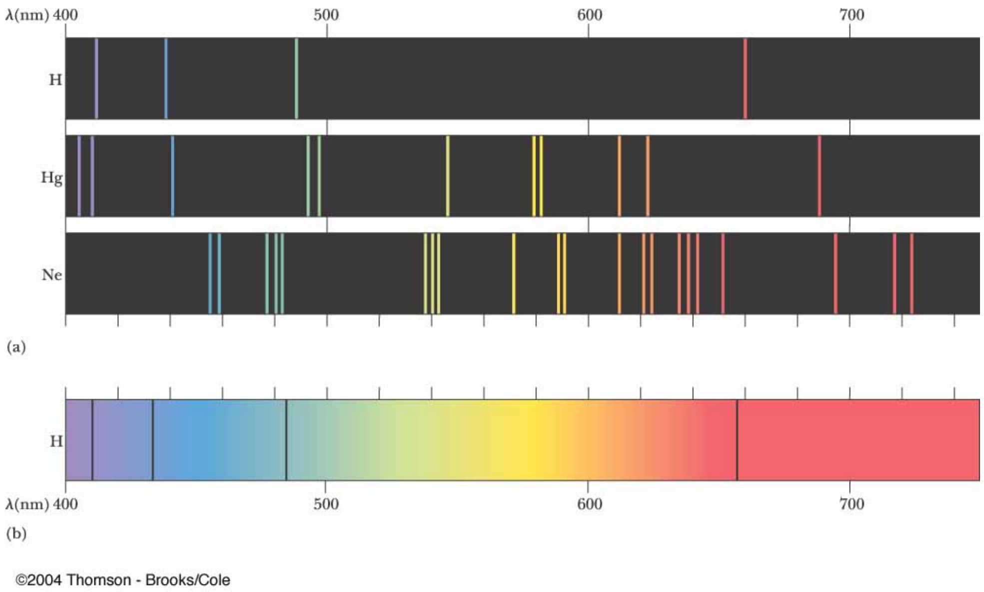
Universidad Nacional de Río Negro
Física Moderna A - 2017

- **Unidad** 02 – Los inicios de la MC
- **Clase** 5/27(U02C02) Espectros y átomos
- **Fecha** 28 Marzo 2017
- **Cont** Espectros y átomos
- **Cátedra** Asorey
- **Web**

https://github.com/asoreyh/unrn-moderna-a

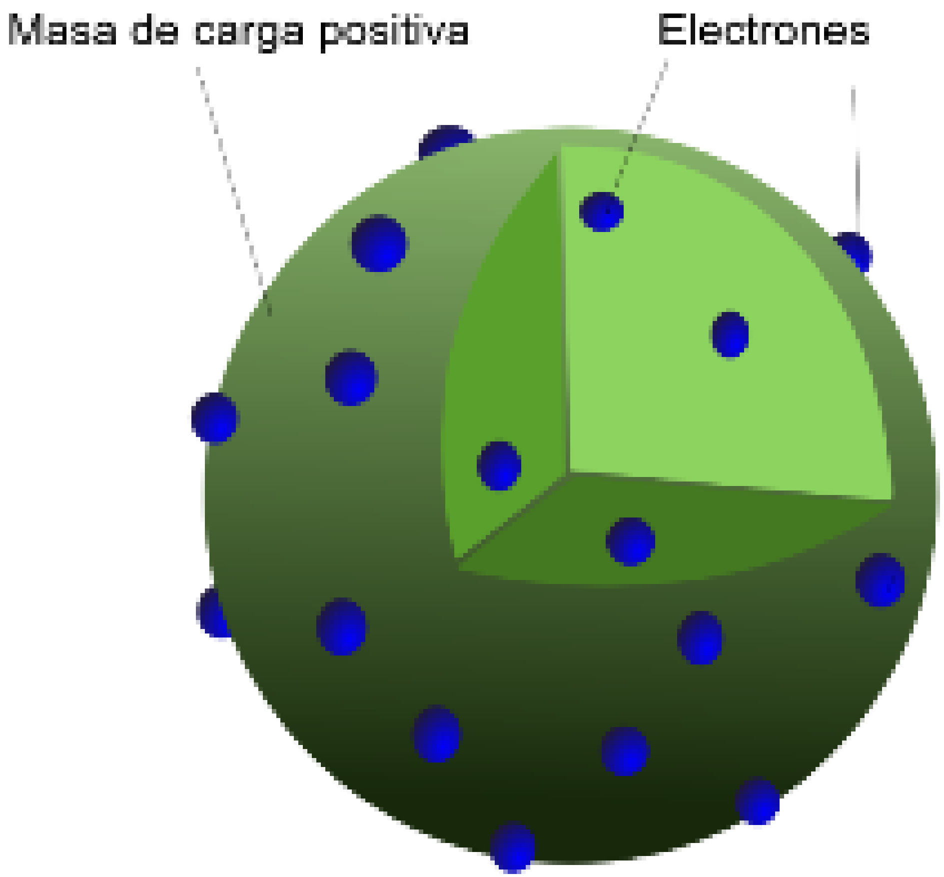
"Los átomos se comportan como átomos, nada más".
John Gribbin

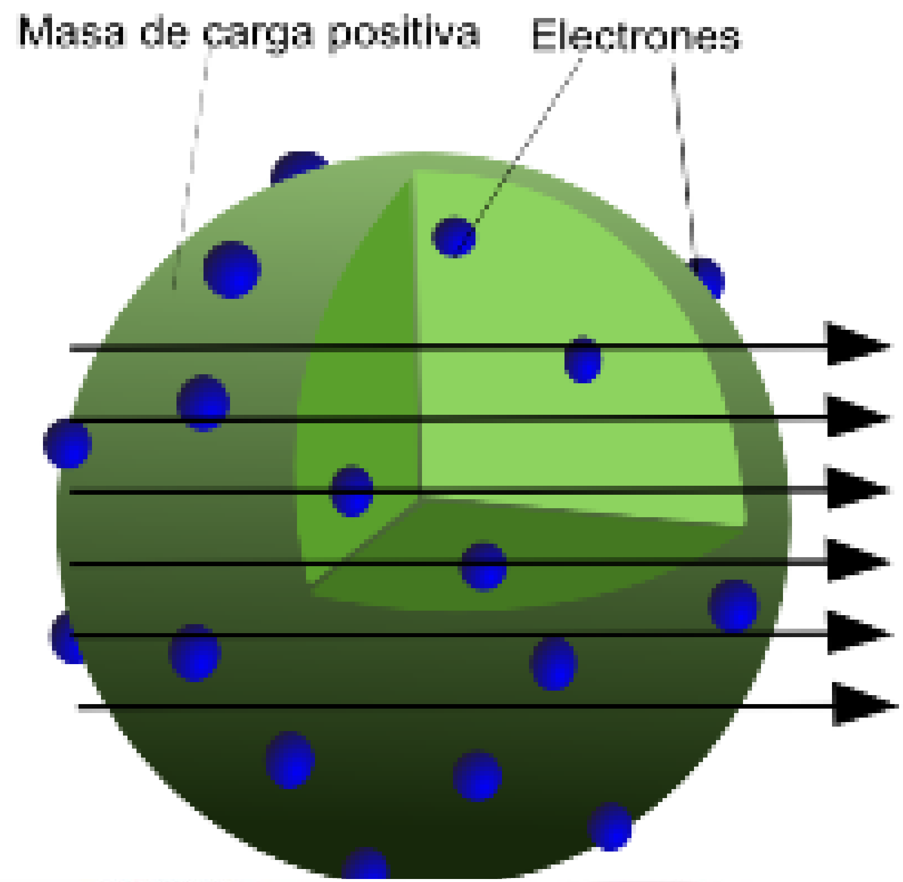
Unidad 2: Los inicios de la mecánica cuántica
Martes 21 de marzo al Martes 04 de abril



- **Los espectros atómicos y la estructura del átomo. Modelos de Thomson y Rutherford, aciertos y desaciertos.** Cuantización de Bohr-Sommerfeld. **El modelo atómico de Bohr.** El principio de correspondencia. La hipótesis de de Broglie. Difracción de ondas de materia. Dualidad onda-corpúsculo.

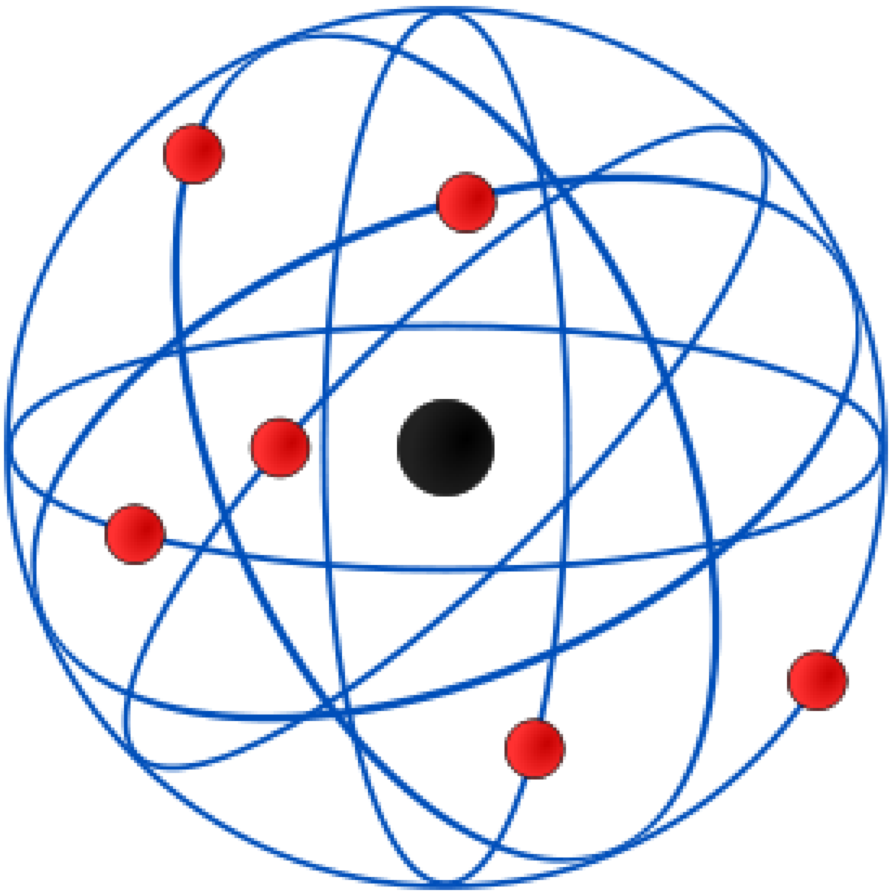
Modelo de Thomson





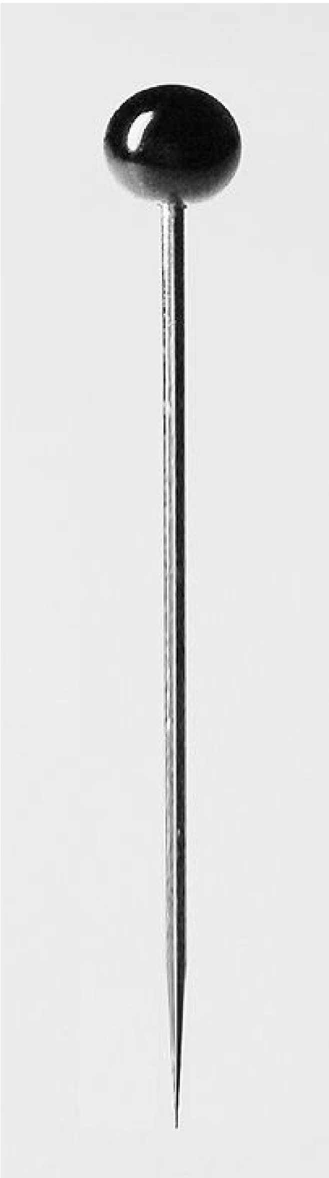
- El budín de pasas

El modelo de Rutherford



- El núcleo atómico: la carga positiva del átomo está localizada en una pequeña región central
- Los electrones (negativos) "orbitan" en torno a este núcleo positivo

El tamaño del núcleo



- Si un el núcleo atómico sería como la cabeza de un alfiler (radio ~ 1 mm) ...
- ...dónde estarían los electrones
- Algunos números:
  - Radio nuclear:

$$R = r_0 A^{1/3}, \text{ para el hidrógeno}, R \simeq 1.2\,\text{fm} = 1.2 \times 10^{-15}\, m$$

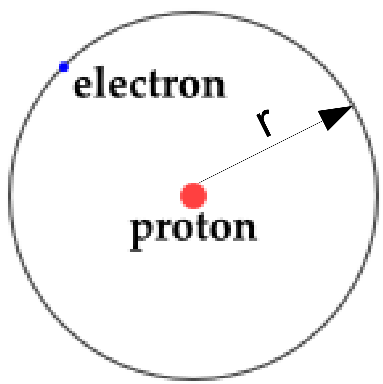
  - Radio átomico:

$$a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{m_e c^2} = 5.29 \times 10^{-11}\, m \simeq 0.05\,\text{nm}$$

→ los electrones estarían a 44 metros

Modelo del átomo de Rutherford

- Rutherford describe a su modelo atómico como un modelo planetario. El caso más sencillo → hidrógeno



$$F_c = \frac{m v^2}{r}, \quad \text{y} \quad F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{e^2}{r^2}$$

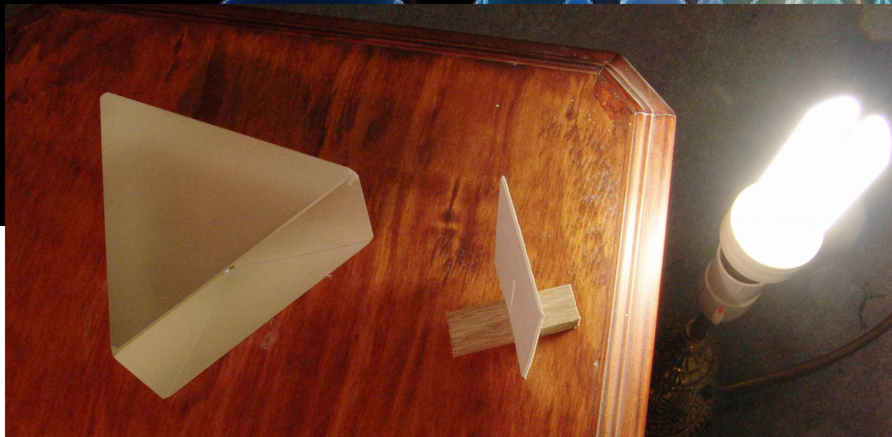
$$F_c = F_e \rightarrow v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 m r}}$$

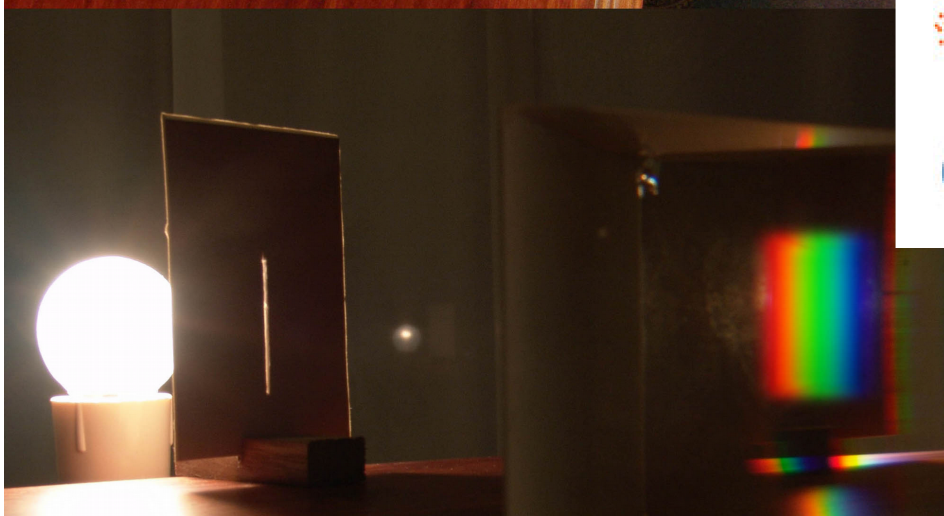
- Luego, para la energía total,

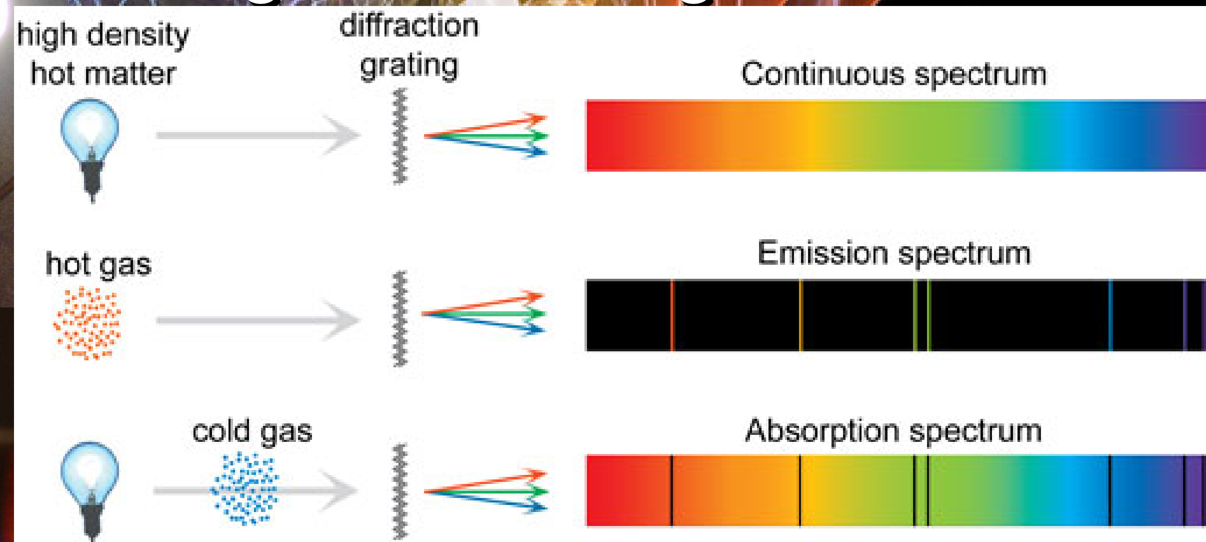
$$E = E_k + E_e = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad \rightarrow \quad E = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}$$

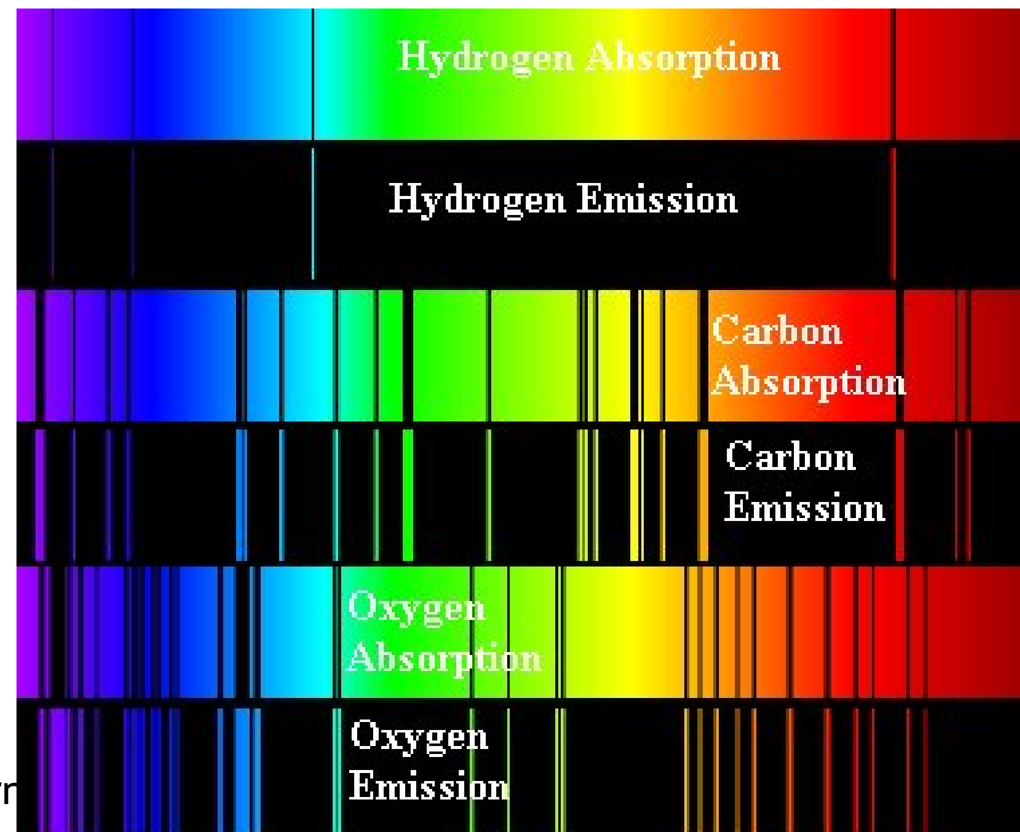
- E < 0 → sistema ligado! Velocidad y radios típicos...

¿Emisión? ¿Absorción?

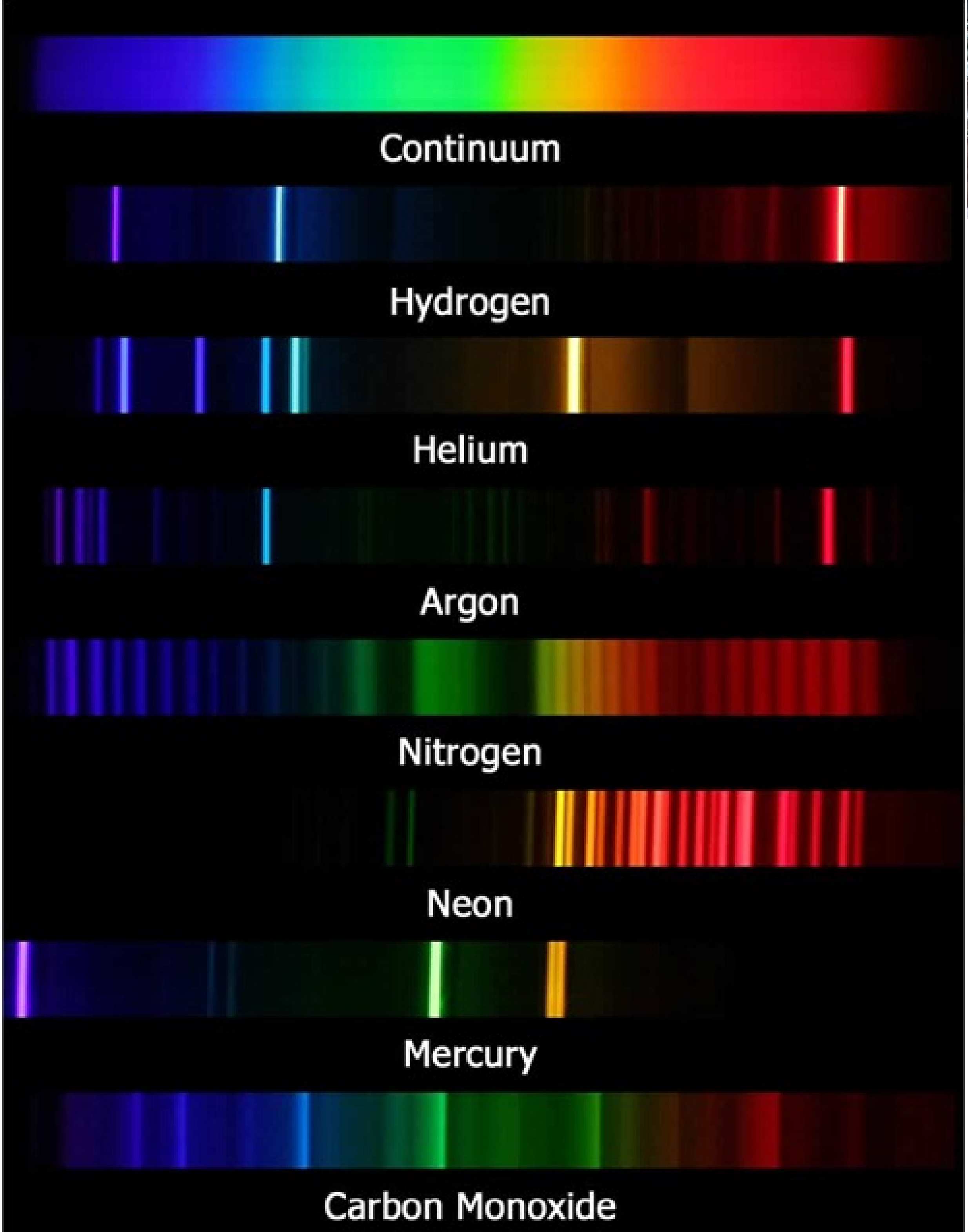




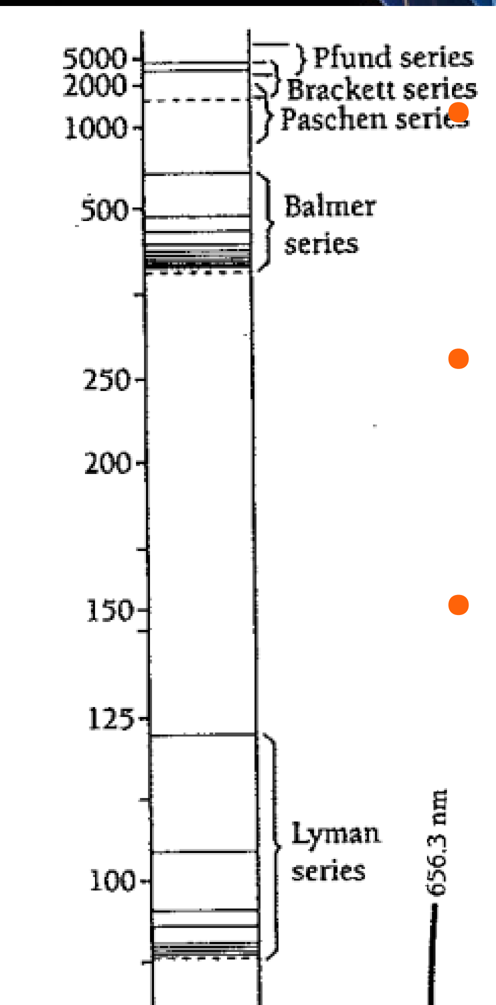




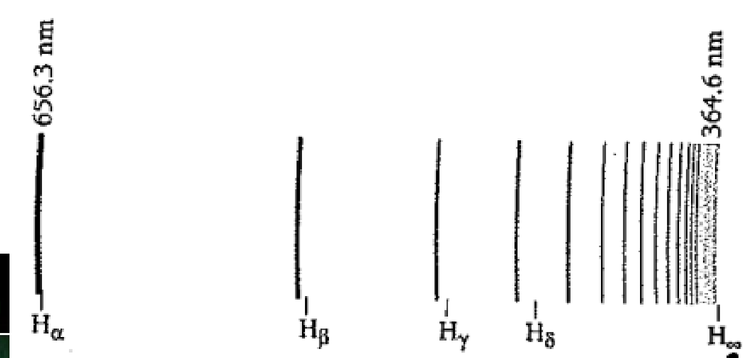
Espectrómetro CD

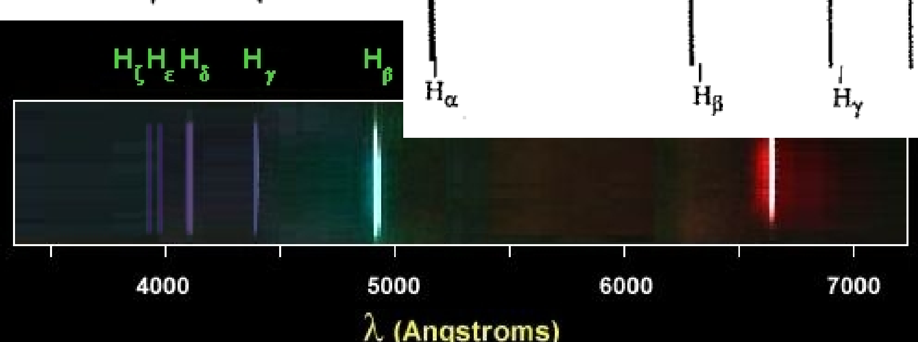


El espectro del átomo de hidrógeno



- **Ultravioleta → Serie de Lyman, líneas (en nm):**
  - 121,57; 102,57; 97,254; 94,974; 93,78; ...; 91,175
- **Visible → Serie de Balmer, líneas (en nm):**
  - 656,2; 486,1; 434,0; 410,2; 397,0; ... 364,6
- **Infrarrojo → Serie de Paschen, líneas (en nm):**
  - 1875: 1282: 1094: 954,6; 922,9; ...; 820.4





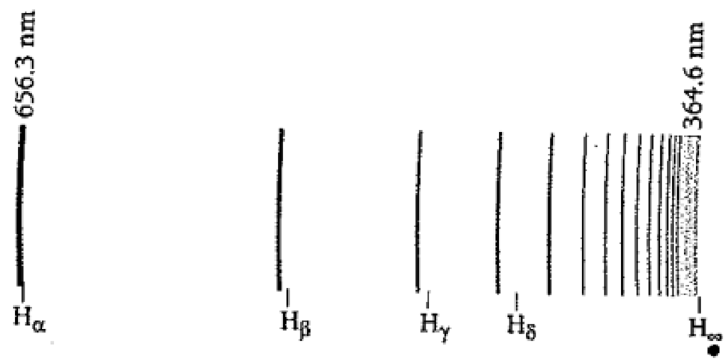
- **Para todas las series hay una longitud de onda mínima, a partir de la cuál no hay líneas separadas**
- **Disminuye λ, también lo hace intensidad de la línea**

La serie de Balmer

- Balmer descubrió una relación entre las líneas

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{n^2}\right),\quad n=3,4,5\ldots,\ \text{y}\ R=1.097\,x\,10^7\,\mathrm{m}^{-1}=0.01097\,\mathrm{nm}^{-1}$$

$$n=3,\lambda_3=656.3\,\mathrm{nm}$$



$$n\rightarrow\infty,\lambda_\infty\rightarrow 364.6\,\mathrm{nm}$$

- Si R depende sólo del átomo (Hidrógeno), planteamos

$$\boxed{\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right),\quad n_i<n_f}$$

- Para Balmer, n_i=2. ¿Qué pasa si n_i=1? Ly-α = 121.6nm

$$n_i=1,n_f=2\Rightarrow\lambda_2=121.57\,\mathrm{nm}\quad \text{y}\quad n_i=1,n_f\rightarrow\infty,\lambda_\infty\rightarrow 91.157\,\mathrm{nm}$$

Niveles de energía

- Bohr propone: $E = \dfrac{hc}{\lambda}$
  - espectro de emisión → emisión con energías específicas
  - espectro de absorción → captura con energías específicas
- Cada átomo tiene un conjunto de energías específicas
- **Un átomo hará una transición de un nivel de energía E_i a otro E_f tal que $E_i > E_f$ emitiendo un fotón con energía igual a la diferencia de energía entre los niveles**

$$E_\gamma = E_i - E_f = \frac{hc}{\lambda}$$

- **Y viceversa, absorbiendo un fotón la transición es $E_i > E_f$**

Energía de cada nivel

- Pero, recordando las series

$$\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right),\quad n_i<n_f \quad \rightarrow \quad E_\gamma=\frac{hc}{\lambda}=(h\,c\,R)\left(\frac{1}{n_i^2}-\frac{1}{n_f^2}\right)$$

$$\rightarrow E_\gamma=\left(\frac{(h\,c\,R)}{n_i^2}-\frac{(h\,c\,R)}{n_f^2}\right)$$

- Y entonces, la energía de cada nivel está dada por:

$$E_n=-\left(\frac{(h\,c\,R)}{n_i^2}\right),\quad h\,c\,R=2.179\times10^{-18}\,\mathrm{J}=13.6\,\mathrm{eV}\equiv Ry$$

- Luego, para el átomo de H, la energía del nivel *n* es:

$$\boxed{E_n=-\frac{Ry}{n^2}\,\mathrm{eV},\quad E_n=-\frac{13.6}{n^2}\,\mathrm{eV}}$$

Y entonces, las transiciones serían

- La energía del fotón emitido será:

$$\boxed{E_\gamma = \mathrm{Ry}\left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2}\right) = \frac{hc}{\lambda} = h\,f}$$

- Algunos ejemplos….