

# Átomos

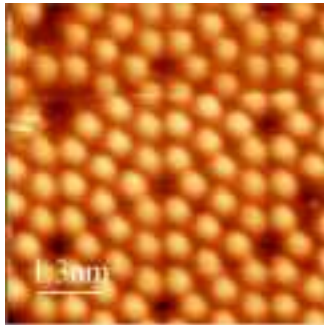


Imagen de la superficie de un cristal de silicio, donde se observa la disposición de los átomos. La imagen ha sido adquirida utilizando un microscopio de barrido de efecto túnel (STM)

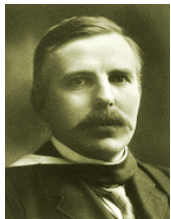
*Física - Grado en Ingeniería Informática  
Curso 2016/17*

## Fuerzas fundamentales

Interacción	Alcance	Propiedad	Intensidad relativa
Gravitatoria	largo alcance	masa	1
Electromagnética	largo alcance	carga eléctrica	$10^{36}$
Nuclear fuerte	corto alcance	carga de color	$10^{38}$
Nuclear débil	corto alcance	carga de sabor	$10^{25}$

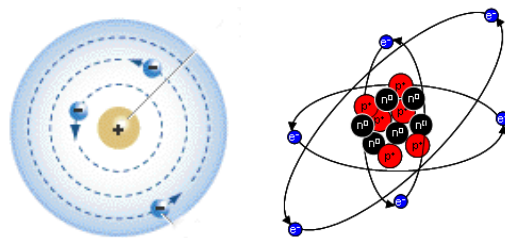
## Primeros modelos atómicos: modelo de Rutherford

**Ernest Rutherford**  
(1871-1937)

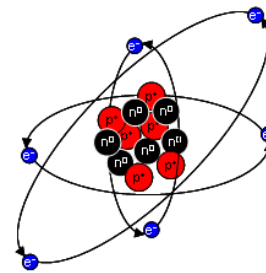


Premio Nobel de Química 1908

Modelo atómico de Rutherford (1911)

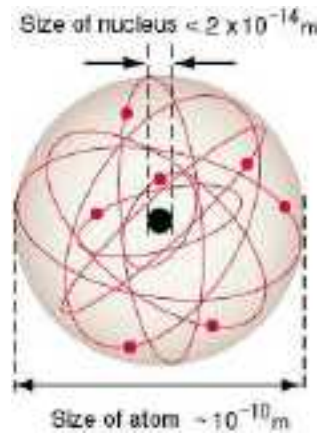


## Modelo atómico de Rutherford

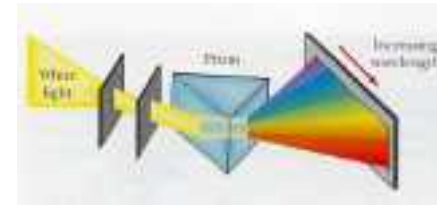


	masa (kg)	carga eléctrica (C)
<b>protón</b>	$1.67 \times 10^{-27}$	$1.602 \times 10^{-19}$
<b>neutrón</b>	$1.675 \times 10^{-27}$	0
<b>electrón</b>	$9.11 \times 10^{-31}$	$- 1.602 \times 10^{-19}$

### Modelo atómico de Rutherford



### Naturaleza ondulatoria de la luz



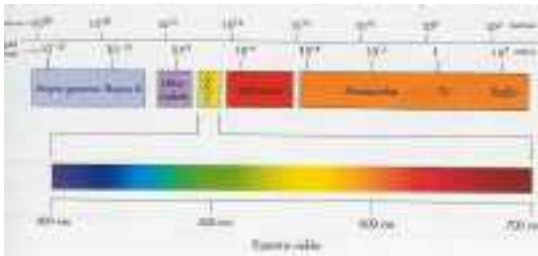
**James C. Maxwell**  
(1831-1879)



*Treatise on Electricity and Magnetism* (1873)

La luz es una onda electromagnética

## Espectro electromagnético



$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

## Naturaleza corpuscular de la luz

**Albert Einstein  
(1879-1955)**



Premio Nobel de Física 1921

*Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de la luz (1905)*

Explica el efecto fotoeléctrico suponiendo la luz como un paquete de partículas de energía

Concepto de fotón: se recupera los principios de la teoría corpuscular

$$E = hf$$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \quad \text{constante de Planck}$$

## Dualidad onda-corpúsculo

Louis de Broglie  
(1892-1987)



En 1923, Louis de Broglie argumentó que si la luz (radiación electromagnética) presenta un comportamiento corpuscular (fotón), las partículas que constituyen la materia podrán presentar aspectos ondulatorios

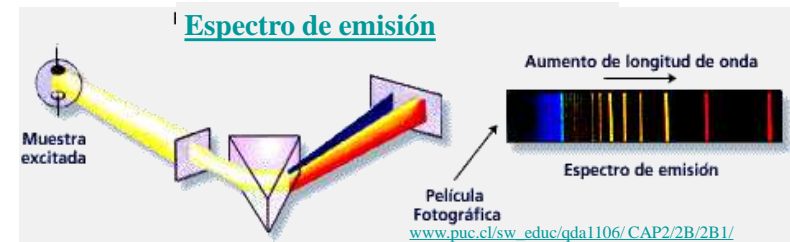
Postuló que una partícula siempre tiene asociada una onda, caracterizada por una longitud de onda

Premio Nobel de Física 1929

## Fallos del modelo de Rutherford



Teoría electromagnética clásica  
de J.C. Maxwell

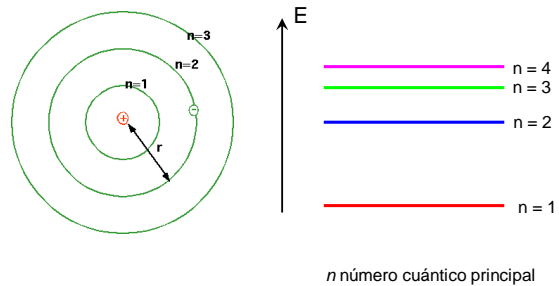


## Modelo atómico de Bohr (1912)

Niels Bohr  
(1885-1962)



Premio Nobel de Física 1922



**Postulado 1:** Los electrones se mueven en determinadas órbitas estables sin emisión de radiación, denominadas estados estacionarios

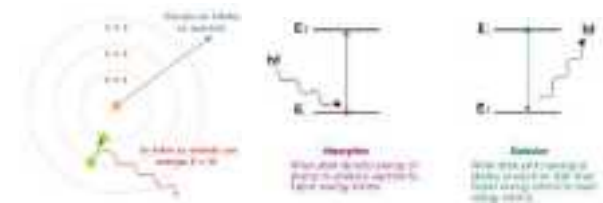
$$E = -\frac{13.6}{n^2} \text{ [eV]} \quad (\text{para el átomo de hidrógeno})$$

## Modelo atómico de Bohr (1912)

Niels Bohr  
(1885-1962)



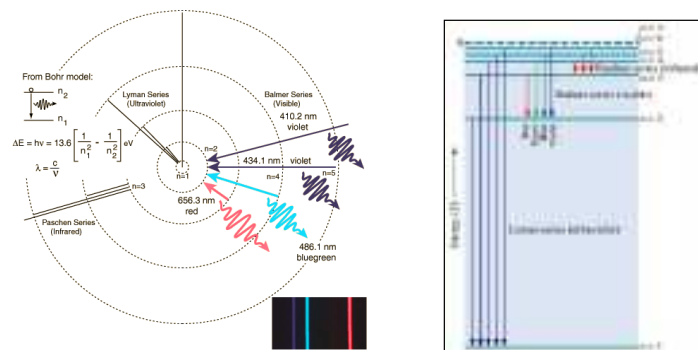
Premio Nobel de Física 1922



**Postulado 2:** La radiación se emite (o absorbe) sólo cuando un electrón realiza una transición de una órbita a otra

$$f = \frac{E_f - E_i}{h}$$

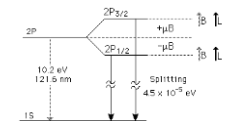
## Modelo atómico de Bohr (1912)



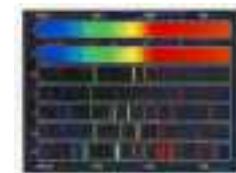
Gran éxito del modelo de Bohr al explicar el espectro de emisión del átomo de hidrógeno

## Revisiones al modelo atómico de Bohr

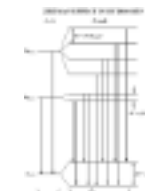
### Modelo atómico de Bohr



Estructura fina del átomo de hidrógeno



Espectros de emisión de átomos más complejos



Desdoblamiento de líneas en presencia de campos magnéticos (efecto Zeeman)

### Revisiones al modelo atómico de Bohr

Sommerfeld extendió los resultados del modelo de Bohr para tener en cuenta órbitas elípticas (y no sólo circulares)

Mantiene el número cuántico  $n$  (**número cuántico principal**)

Añade el número cuántico  $\ell$  (**número cuántico orbital**)

$$\ell = 0, 1, \dots, n-1$$

Para explicar el comportamiento de un átomo en presencia de un campo magnético (efecto Zeeman) es necesario añadir el número cuántico  $m_\ell$  (**número cuántico magnético**)

$$m_\ell = -\ell, \dots, 0, \dots, +\ell$$

Para explicar la estructura fina de las líneas, es necesario añadir el número cuántico  $m_s$  (**número cuántico de espín**)

$$m_s = -1/2, +1/2$$

### Revisiones al modelo atómico de Bohr

Las propiedades de un electrón en un átomo quedan totalmente determinadas por sus 4 números cuánticos



## Mecánica cuántica

**Werner Heisenberg**  
(1901-1976)



Premio Nobel de Física 1932

**Erwing Schrodinger**  
(1887-1961)



Premio Nobel de Física 1933

**Paul A.M. Dirac**  
(1902-1984)



Premio Nobel de Física 1933

## Mecánica cuántica

Principio de incertidumbre de Heisenberg

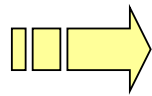
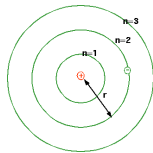
$$\Delta x (m \Delta v_x) \geq \frac{h}{4\pi}$$

## El átomo según la mecánica cuántica

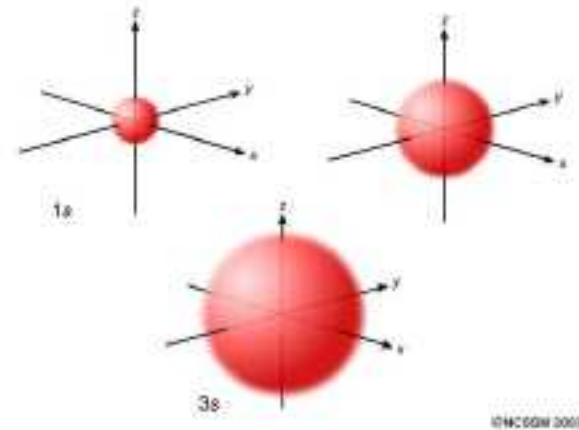
$$\frac{-\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi(x,t)}{\partial x^2} + U(x) \Psi(x,t) = i\hbar \frac{\partial \Psi(x,t)}{\partial t}$$

Ecuación de Schrodinger

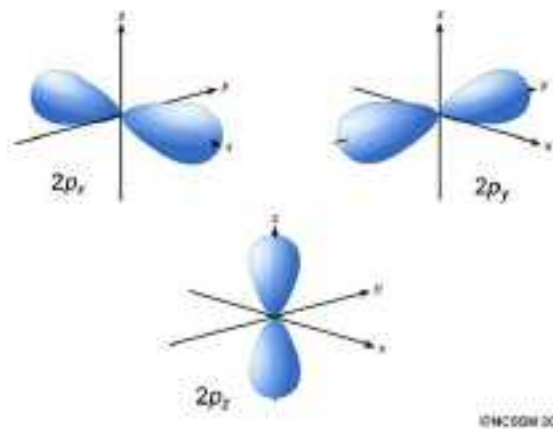
$\Psi$  es la función que representa la onda asociada al electrón en el átomo



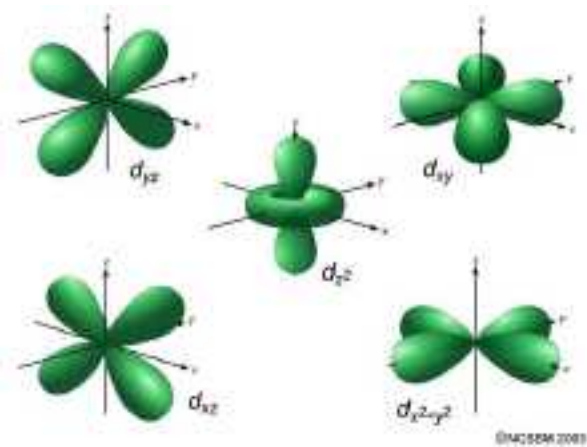
## Orbitales atómicos



### Orbitales atómicos



### Orbitales atómicos



## Principio de exclusión de Pauli (1925)

Wolfgang Pauli  
(1900-1958)



Premio Nobel de Física 1945

En un átomo no puede haber dos electrones con los cuatro números cuánticos iguales

## Clasificando átomos



Número atómico  $Z = n^{\circ}$  protones

Cada elemento tiene un único número atómico

Un átomo neutro tiene el mismo número de electrones que de protones

Número másico  $A = n^{\circ}$  protones +  $n^{\circ}$  neutrones

Los isótopos de un elemento tienen el mismo  $Z$  pero diferente  $A$

Masa atómica:  
u.m.a. =  $1/12$  de la masa del núcleo del  $_{12}\text{C}$   
 $1 \text{ u.m.a.} \approx \text{masa de un protón} \approx \text{masa de un neutrón}$

### Clasificando átomos



IONES

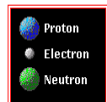
$^1_1\text{H}$

$^2_1\text{H}$

$^3_1\text{H}$

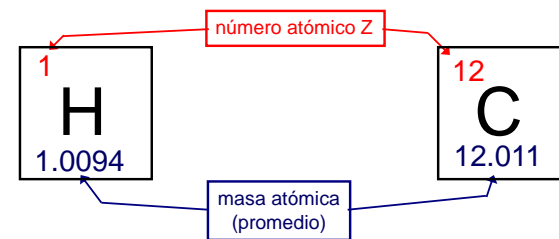
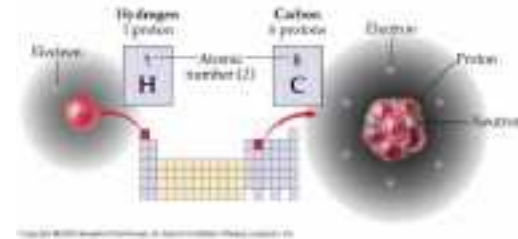


ISOTOPOS



Microsoft Illustration

### Clasificando átomos



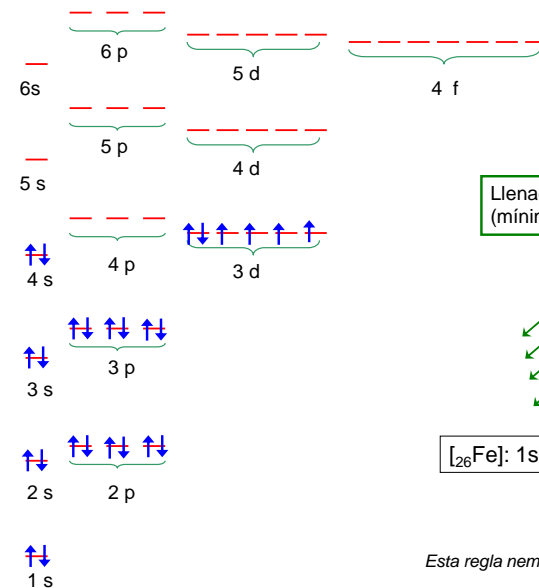
# Periodic Table of the Elements

Periodic Table of the Elements

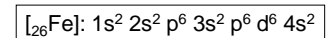
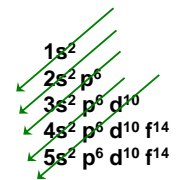
Legend:

- Alkali metals
- Alkaline earth metals
- Transition metals
- Lanthanide series
- Actinide series
- Other metals
- Nonmetals
- Metalloids
- Other nonmetals
- Other gases
- Other
- Liquid
- Solid
- Gas

## Estructura electrónica de los átomos



Llenado: principio Aufbau  
(mínima energía)



Esta regla nemotécnica presenta excepciones