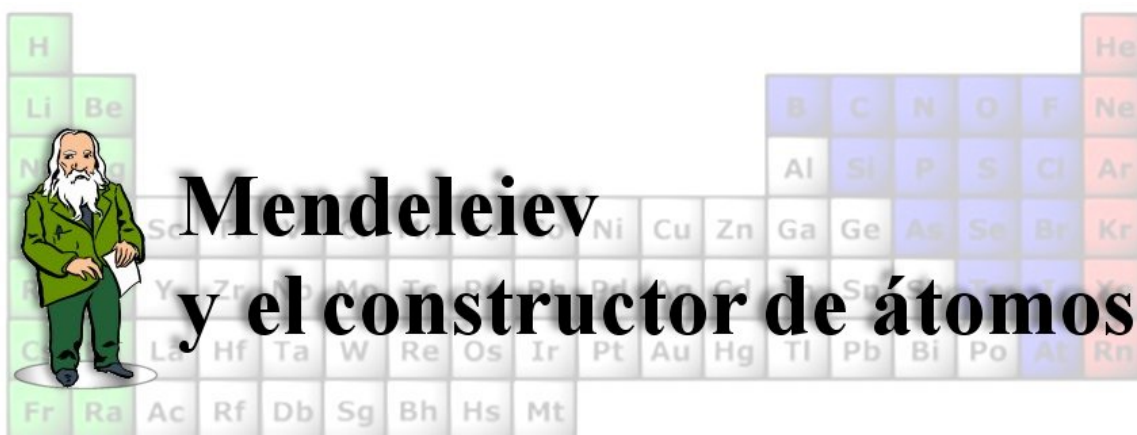


# El CSIC en la Escuela

*Me lo contaron y lo olvidé.  
Lo vi y lo entendí.  
Lo hice y lo aprendí.  
Confucio*



Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr



Consejo Superior de  
Investigaciones  
Científicas

Área de Cultura  
Científica del CSIC

Grupo de Extensión Científica del IMAFF

Fundación **BBVA**

Este año no sólo es el año de la Ciencia, sino que hace ahora justamente 100 años de la muerte del científico ruso Dimitri Ivanovich Mendeleiev, que pasó a la historia como uno de los iniciadores de la Química Moderna, siendo su contribución más importante la Tabla Periódica de los Elementos, que contenía todo el conocimiento químico de la época y fue la primera gran síntesis química.

La tabla que hizo Mendeleiev es muy diferente de la Tabla Periódica que utilizamos en nuestros días. En ella faltaban elementos que no habían sido descubiertos en su tiempo. Sin embargo, Mendeleiev dejó los espacios en la tabla prediciendo que éstos pertenecían a unos elementos con ciertas características que serían descubiertos algún día y que llenarían estos huecos. ¡Cuánta razón llevaba!

En la Tabla Periódica cada período (fila) representa un nivel de energía distinto y cada grupo (columna) representa una familia distinta de elementos que tienen propiedades similares.

La versión más moderna de la Tabla Periódica cambia constantemente, con el descubrimiento de nuevos elementos, pero cada Tabla Periódica tiene la misma organización básica, la que nos legó Mendeleiev.

Para conmemorar este centenario hemos organizado un divertido **Juego de los Átomos**, especialmente diseñado para los niños, con el que podréis construir los átomos más sencillos de la Tabla Periódica.

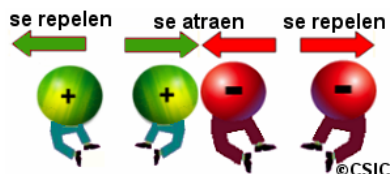
Pero antes de comenzar recordemos algunas ideas fundamentales, referentes a los fenómenos eléctricos, responsables de las fuerzas entre cargas.

Existen dos tipos de carga eléctrica:



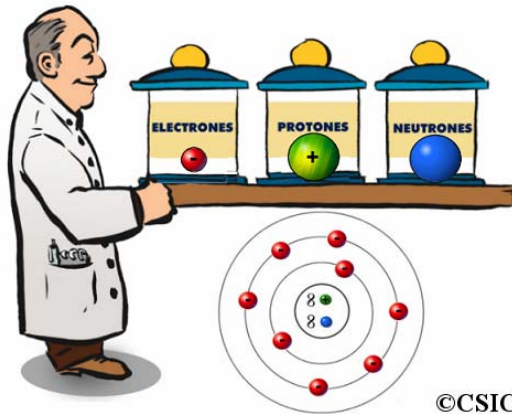
Y existen fuerzas de atracción y de repulsión entre ellas.

Las cargas del mismo signo se repelen.  
Y las cargas de distinto signo se atraen.



Con estas ideas vamos a construir las piezas fundamentales de nuestro mundo: los átomos.

Los átomos están constituidos por tres tipos de partículas muy singulares: **PROTONES**, **NEUTRONES** y **ELECTRONES**.



Con esas tres partículas subatómicas se puede construir cualquier tipo de átomo.

Un átomo está constituido por dos partes: el núcleo y la corteza. En el núcleo residen todos los protones y neutrones del átomo. Son partículas pesadas responsables de la mayor parte de la masa del átomo. Tanto a los protones como a los neutrones se les denominan nucleones.

La carga de los electrones se toma como la unidad fundamental de carga eléctrica negativa. Entre los electrones y los protones, por ser partículas con carga, se establece una interacción eléctrica.

Los **protones** tienen carga positiva. Dicha carga se toma como la unidad de carga positiva.



Los **neutrones** no tienen carga: son neutros. Su masa es un poco mayor que la de los protones.



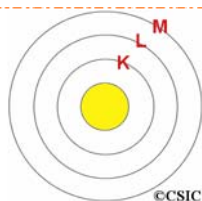
En la corteza giran los **electrones** del átomo. Son muy ligeros y de igual carga que los protones, pero de signo contrario. En su giro en torno al núcleo siguen caminos parecidos a las órbitas de los planetas en torno al Sol.



### Reglas para el constructor de átomos.

Un átomo neutro tiene carga cero, es decir, que el número de protones del núcleo (**número atómico, Z**) es igual al número de electrones de la corteza.

El número de protones más el número de neutrones es igual al **número másico, A** (antiguamente llamado peso atómico).



Los electrones se colocan en capas de energía creciente; estas capas se llaman **K**, **L**, **M**, etc.

En cada capa cabe un número determinado de electrones. En la capa **K** caben 2, en la capa **L** 8, en la capa **M** 8, etc.

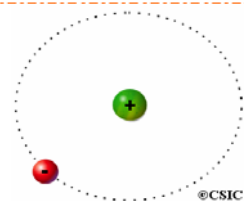
Nosotros construiremos algunos modelos atómicos. En vez de emplear electrones protones y neutrones utilizaremos otros objetos que nos los recuerden. Para esto usaremos los círculos que hemos utilizado para presentarlos a los electrones, protones y neutrones.

**Empecemos a construir átomos empleando las reglas anteriores:**

Cada átomo tiene un símbolo, formado por una o dos letras.

### HIDRÓGENO: H

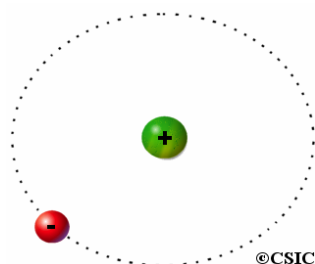
- El símbolo del hidrógeno es **H**.
- El modelo atómico más sencillo es el del átomo de hidrógeno.
- Tiene un solo protón en el núcleo y, por lo tanto, tiene un electrón en la corteza.



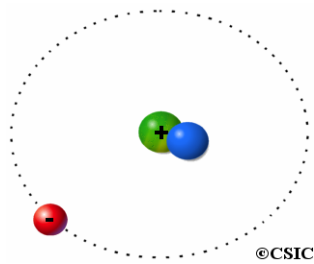
Los átomos que tienen el mismo número de protones (número atómico **Z**) y distinto número de neutrones se llaman **isótopos** (porque ocupan el mismo lugar en la **Tabla Periódica**, por pertenecer al mismo elemento). Sólo se diferencian en el número de protones = **A-Z**. **Número másico** = Número de protones + Número de neutrones = **A**.

**Las propiedades químicas de un elemento dependen únicamente de su número atómico.**

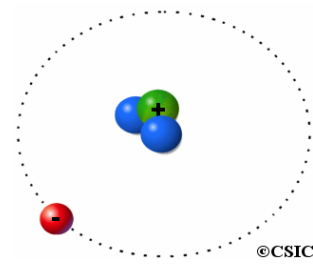
El hidrógeno, el deuterio y el tritio son tres isótopos del mismo elemento y tienen las mismas propiedades químicas.



**HIDRÓGENO**



**DEUTERIO**

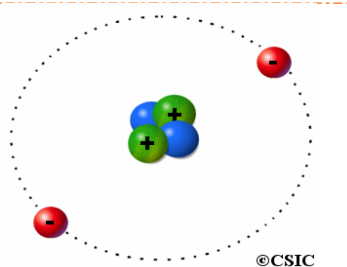


**TRITIO**

Continuemos construyendo átomos. El siguiente elemento de la tabla es el helio:

### HELIO: He

El **He** tiene dos protones, **Z=2** y dos neutrones, por lo tanto **A=4**. Para ser neutro, tiene que tener dos electrones y estos dos electrones llenan la primera capa, la capa **K**. Cuando un elemento tiene llena la última capa recibe el nombre de *gas noble*.

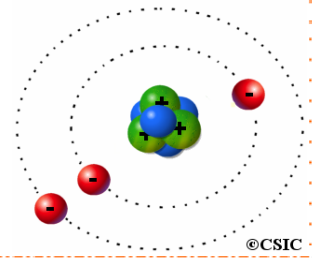


El siguiente elemento de la tabla es el litio, cuyo símbolo es Li. La capa que sigue en energía a la **K** es la capa **L**. En ella caben ocho electrones.

Por ello, el átomo del elemento  $Z=3$ , que tiene tres electrones en la corteza, estrena capa.

### LITIO: Li

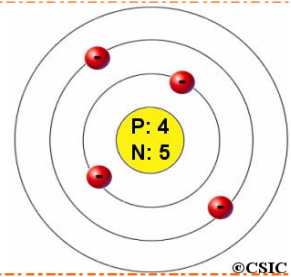
- El **Li** tiene tres protones (uno más que el He) y cuatro neutrones: El número de protones es  $Z=3$ .
- El número másico es  $A=7$ . Para ser neutro tiene que tener tres electrones. Tiene dos electrones en la capa **K** (como el He) y un nuevo electrón en la capa **L**.



El siguiente elemento es el berilio, cuyo símbolo es **Be**.

### BERILIO: Be

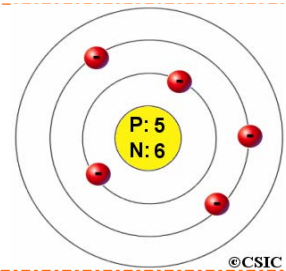
- El **Be** tiene un protón más en el núcleo que el Li. El isótopo más estable del **Be** tiene cuatro protones (**P**) y cinco neutrones (**N**) en el núcleo.
- Tiene, por lo tanto, los tres electrones que tenía el Li y un cuarto electrón en la capa **L**.



El siguiente elemento es el boro, cuyo símbolo es **B**.

### BORO: B

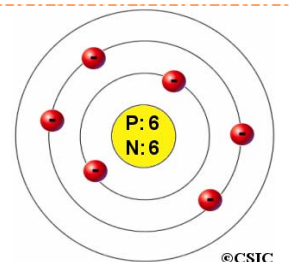
- El isótopo más estable del **B** tiene cinco protones y seis neutrones en el núcleo.
- El número de protones es  $Z=5$ . El número másico es  $A=11$ .
- Para ser neutro tiene que tener cinco electrones en la corteza.



El siguiente elemento es el carbono, **C**. Este es un elemento singular por ser el átomo clave en la estructura y comportamiento de los seres vivos. La química orgánica o química del carbono estudia los compuestos constituyentes de los seres vivos.

### CARBONO: C

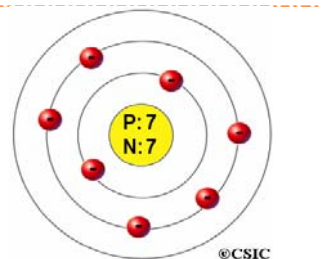
- El isótopo más estable del **C** tiene  $Z=6$  y  $A=12$ .
- El número de protones es  $Z=6$ , y por lo tanto tiene 6 electrones en la corteza.
- El número de neutrones es  $A-Z=6$ .



El siguiente elemento es el nitrógeno, **N**.

### NITRÓGENO: N

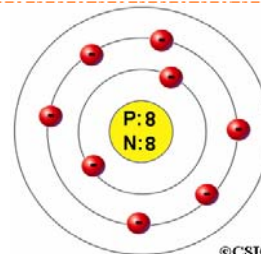
- El isótopo más estable tiene  $Z=7$  y  $A=14$ .
- El número de protones es  $Z=7$  y tiene, por tanto, 7 electrones en la corteza.
- El número de neutrones es  $A-Z=7$ .



El siguiente elemento es el oxígeno:

### OXÍGENO: O

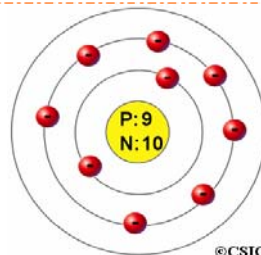
- El isótopo más estable del **O** tiene  $Z=8$  y  $A=16$ .
- El número de protones es  $Z=8$ , tantos como electrones en la corteza.
- El número de neutrones es  $A-Z=8$ .



El siguiente elemento es el flúor:

### FLÚOR: F

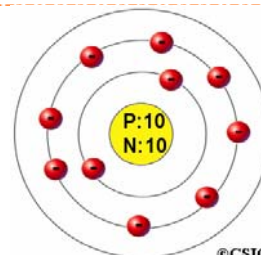
- El isótopo más estable del **F** tiene  $Z=9$  y  $A=19$ .
- El número de protones es  $Z=9$ , tantos como electrones en la corteza. Le falta un solo electrón para completar la capa **L**.
- El número de neutrones es  $A-Z=10$ .



El siguiente elemento es el neón: **Ne**:

### NEÓN: Ne

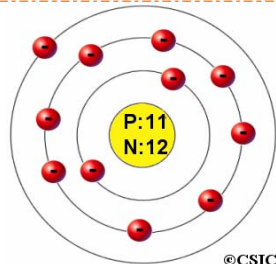
- El isótopo más estable del **Ne** tiene  $Z=10$  y  $A=20$ .
- El número de protones es  $Z=10$ .
- El número de neutrones es  $A-Z=10$ .
- En el **Ne** se completa la capa **L**, ya que tiene 8 electrones en ella. Es también un gas noble.



La capa que sigue en energía a la **L** es la capa **M** y en ella caben también ocho electrones. Por ello, el átomo del elemento  $Z=11$ , que tiene once electrones en la corteza, estrena capa.

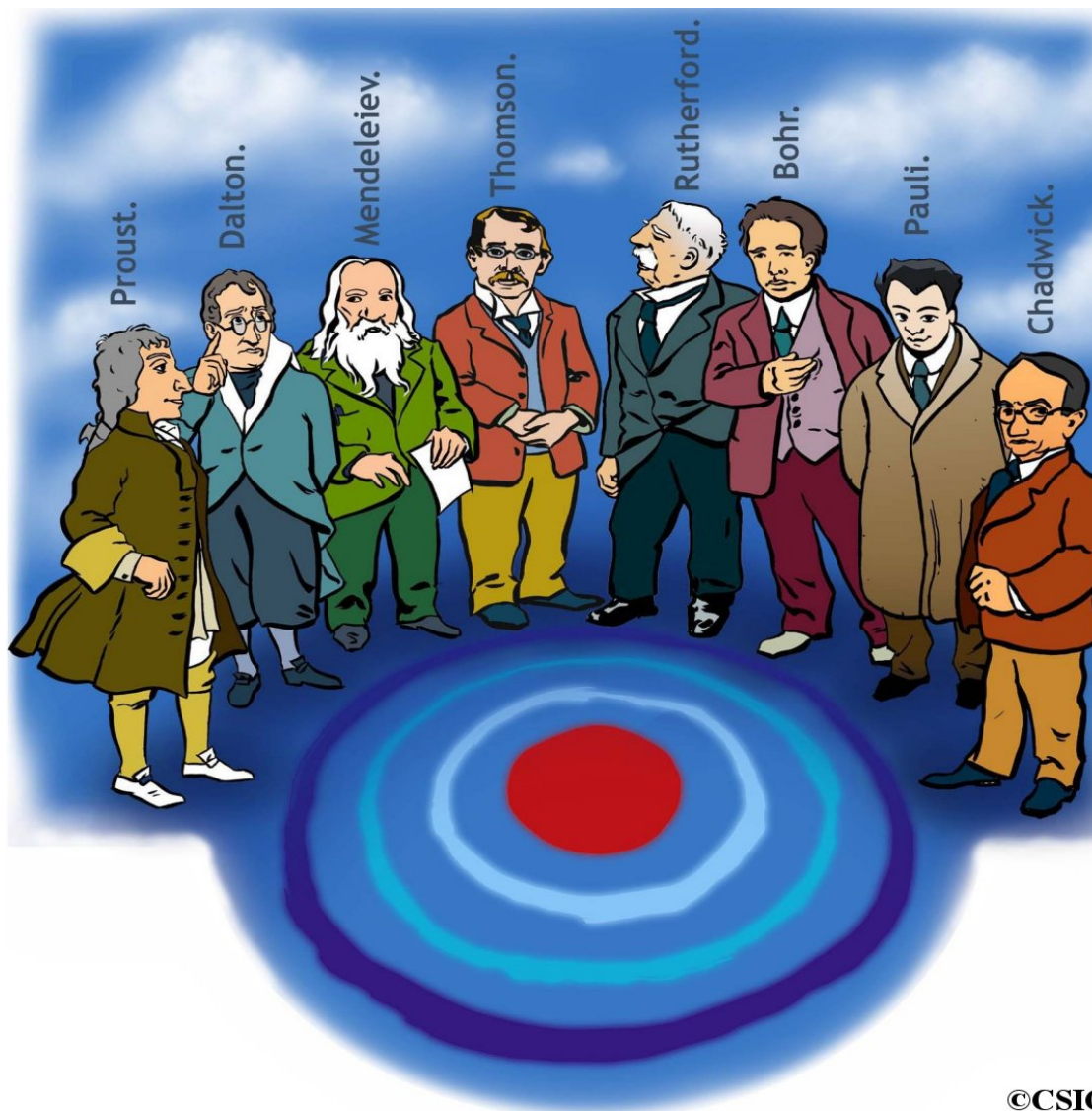
### SODIO: Na

- Tendrá dos electrones en la capa **K**, 8 electrones en la capa **L** (ambas llenas), y un electrón en la capa **M**.
- El isótopo más estable tiene  $Z=11$  y  $A=23$ .
- El número de protones es  $Z=11$ .
- El número de neutrones es  $A-Z=12$ .



Podríamos seguir añadiendo electrones a la capa **M** y así llegaríamos al argón (**Ar**) con  $Z=18$  y  $A=40$ , e incluso podríamos completar la Tabla Periódica. Sin embargo, como ya os habéis familiarizado con el átomo y sus componentes, resultará más divertido asistir a una conversación imaginaria entre Mendeleiev y algunos de los científicos que fueron protagonistas de estos descubrimientos, ahora que todos residen en el espacio virtual de la Historia.





©CSIC

Joseph-Louis Proust (1754-1826).

John Dalton (1766-1844).

Sir Joseph John Thomson (1856-1940).

Ernest Rutherford (1871-1937).

Niels Bohr (1885-1962).

Wolfgang Pauli (1900-1958).

Sir James Chadwick, (1891-1974).

Dimitri Ivanovich Mendeleiev (1834-1907).

Mendeleiev



- Mis contactos con la química empezaron en la Universidad de San Petersburgo donde me gradué. Más adelante me becaron para ampliar estudios sobre química en Francia y Alemania.

La situación de la química en aquel momento era de una gran confusión sobre el problema de los pesos atómicos y moleculares y los químicos más brillantes de Europa no se ponían de acuerdo ni siquiera en la notación.

Para intentar resolverlo, se convocó un “Congreso internacional de Química”, el primero de la historia, que se celebró en 1860 en Karlsruhe (Alemania), y al que yo asistí.

Allí un químico italiano, Estanislao Canizaro dio una conferencia brillantísima sobre este tema, consiguiendo poner de acuerdo a todos los asistentes. Esta conferencia me impresionó profundamente y, a mi vuelta a San Petersburgo, comencé a ordenar los 63 elementos entonces conocidos por orden creciente de pesos atómicos.

Éste fue el origen de la Tabla Periódica de los Elementos, el trabajo que me dio fama internacional y que contenía todo el conocimiento químico de la época. Fue la primera gran síntesis química.

Para su realización me basé en las tablas previas de pesos atómicos de John Dalton y Jöns Jacob von Berzelius, a pesar de que contenían errores.

¿Recuerdas Dalton, el trabajo que te costó hacer tu primera lista de pesos atómicos?

Dalton



- Sí, y además tenía algunas confusiones. Me basaba en la ley de las proporciones fijas de Joseph-Louis Proust, según la cual los compuestos están formados por cantidades muy precisas de sus elementos componentes y por tanto yo me dediqué a medir con mucha precisión la composición de diversos compuestos. Por ejemplo al descomponer el agua, encontré que el peso del oxígeno era 8 veces el del hidrógeno y propuse para el oxígeno un peso atómico de 8.

Después se vio que la molécula de agua contenía dos átomos de hidrógeno, y que, por tanto el peso atómico del oxígeno era 16.

Proust



- La ley de las proporciones fijas me llevó a la convicción de que los elementos estaban constituidos por partículas muy pequeñas, quizás los átomos de los antiguos griegos, pero con propiedades muy específicas.



- En realidad Proust y Dalton lo que estaban haciendo era resucitar la vieja idea de los átomos de Demócrito (470a.C-380a.C), pero dándoles ahora un valor cuantitativo muy preciso, aunque todavía no sabían muy bien como se combinaban.

Está claro que todavía no tenían el concepto de **valencia** que apareció



mucho más tarde, hacia 1850, cuando ya se habían estudiado y comparado muchos compuestos de cada átomo.

Este concepto me resultó muy útil al diseñar la Tabla Periódica. De hecho fue la clave. Empecé con el Hidrógeno y a continuación el Litio (el Helio no era conocido ni tampoco los demás gases nobles).

Seguí con el Be, Bo, C, etc., y al llegar al sodio, Na (el número 9) encontré que tenía las mismas propiedades que el litio, Li y lo coloqué debajo. Seguí con el magnesio, Mg. Al llegar al K (número 16) observé que tenía las mismas propiedades que el Na y el Li.

Los tres tenían valencia 1, y parecían repetirse las propiedades periódicamente cada siete elementos. Entonces se me ocurrió clasificarlos por la valencia, y en cada fila observé la secuencia de valencias 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1.

La Tabla Periódica quedó configurada como filas que tenían esta secuencia y como columnas donde los elementos tenían la misma valencia y consecuentemente las mismas propiedades químicas.

Mientras la realizaba, me fui dando cuenta que los átomos integrantes de los elementos parecían tener una cierta vida propia que daba lugar a estas regularidades y periodicidades. No parecía que los átomos fueran una cosa inerte e indivisible como se había pensado hasta entonces.

El futuro me dio la razón. Cuando Sir Joseph John Thomson descubrió el electrón en 1897, yo sentí una gran excitación porque, por fin, empezaban a romper el átomo.

Thomson



- Sí, estudiando los rayos catódicos de Crookes que se producían en las descargas eléctricas de los gases conseguí aislar una partícula de carga negativa, muy pequeñita, algo así como 2000 veces más ligera que el átomo de hidrógeno.

Estaban claras dos cosas: primero que esa partícula era la que llevaba la electricidad por los cables (por eso la llamé *electrón*) y, segundo, que esa partícula sólo podía proceder de los átomos de los gases con los que estábamos experimentando. Los átomos *no eran* indivisibles.

**Mendeleiev:** - Pero los átomos no sólo tenían electrones, algo más tenían que tener.

**Thomson:** - Sí, claro, un átomo tiene que ser neutro (la materia es normalmente neutra), por lo que pensé que si un átomo tiene N electrones, también debe tener N cargas positivas.

Mi modelo de átomo, consistió en una bola cargada positivamente neutralizada por una distribución de electrones.

En mi grupo del Laboratorio Cavendish, en Cambridge, intentamos jugar con muchas posibles distribuciones de carga, pero con ninguna conseguimos explicar las líneas espectrales, ni siquiera las del hidrógeno.

**Mendeleiev:** - Por aquella época llegó a Canadá procedente del Laboratorio Cavendish un joven físico neozelandés, Ernest Rutherford, con nuevas ideas sobre el modelo atómico.

Rutherford



- Empecé a dar vueltas al problema en Cambridge y cuando llegué a Canadá bombardeé con **partículas alfa** unas láminas de oro, y observé que la inmensa mayoría atravesaban la lámina y sólo unas pocas salían rebotadas hacia atrás.

Concluí que el átomo estaba prácticamente vacío, lo que me llevó a pensar que el átomo era como un pequeño sistema solar.

Lo modelicé con una bola de carga positiva en el centro (*núcleo*) rodeada a gran distancia por electrones que orbitaban a su alrededor. También bombardeé átomos de hidrógeno despojándolos de su electrón.

A esta partícula resultante cargada positivamente y con la misma masa del hidrógeno la llamé *protón*.



- Con todo lo sugestivo que parecía, la reacción de la comunidad científica a tu modelo de sistema solar fue virulenta.  
¿Recuerdas la reacción de Thomson?

**Thomson:** No podía ser, un electrón no podía orbitar alrededor del núcleo sin emitir radiación, y por tanto perdería energía y se precipitaría en espiral sobre el propio núcleo.

**Rutherford:** Desde luego era una objeción muy seria, pero yo sabía que el átomo estaba casi hueco.



- La solución vino un poco más tarde de la mano del físico danés Niels Bohr, que propuso un modelo de átomo muy revolucionario, origen de la estructura cuántica de la materia o mecánica cuántica.

Bohr



- Al modelo de Rutherford sólo le faltaba una cosa para estar bien, que los electrones sólo podían estar en determinadas órbitas, con energías fijas. Estas órbitas eran estacionarias, es decir, que cuando un electrón las recorría no emitía radiación.

Más tarde a estas órbitas las llamamos *capas* o más propiamente *niveles de energía*.

Otra ventaja de este modelo de átomo era que se podía explicar fácilmente la emisión y absorción de luz.

**Mendeleiev:** - Quedaba, sin embargo, el problema de los pesos atómicos.

**Bohr:** - Sí, nos llevó de cabeza durante mucho tiempo. Si el átomo estaba constituido solamente por protones y electrones su peso atómico debería ser igual al número de

protones. Esto no era cierto. Por ejemplo, un átomo de carbono tiene 6 protones pero su peso atómico es 12, y así con todos los elementos. Para explicar esta contradicción, se necesitaba que el átomo contuviera otra partícula con peso más o menos como el hidrógeno pero sin carga (neutra).

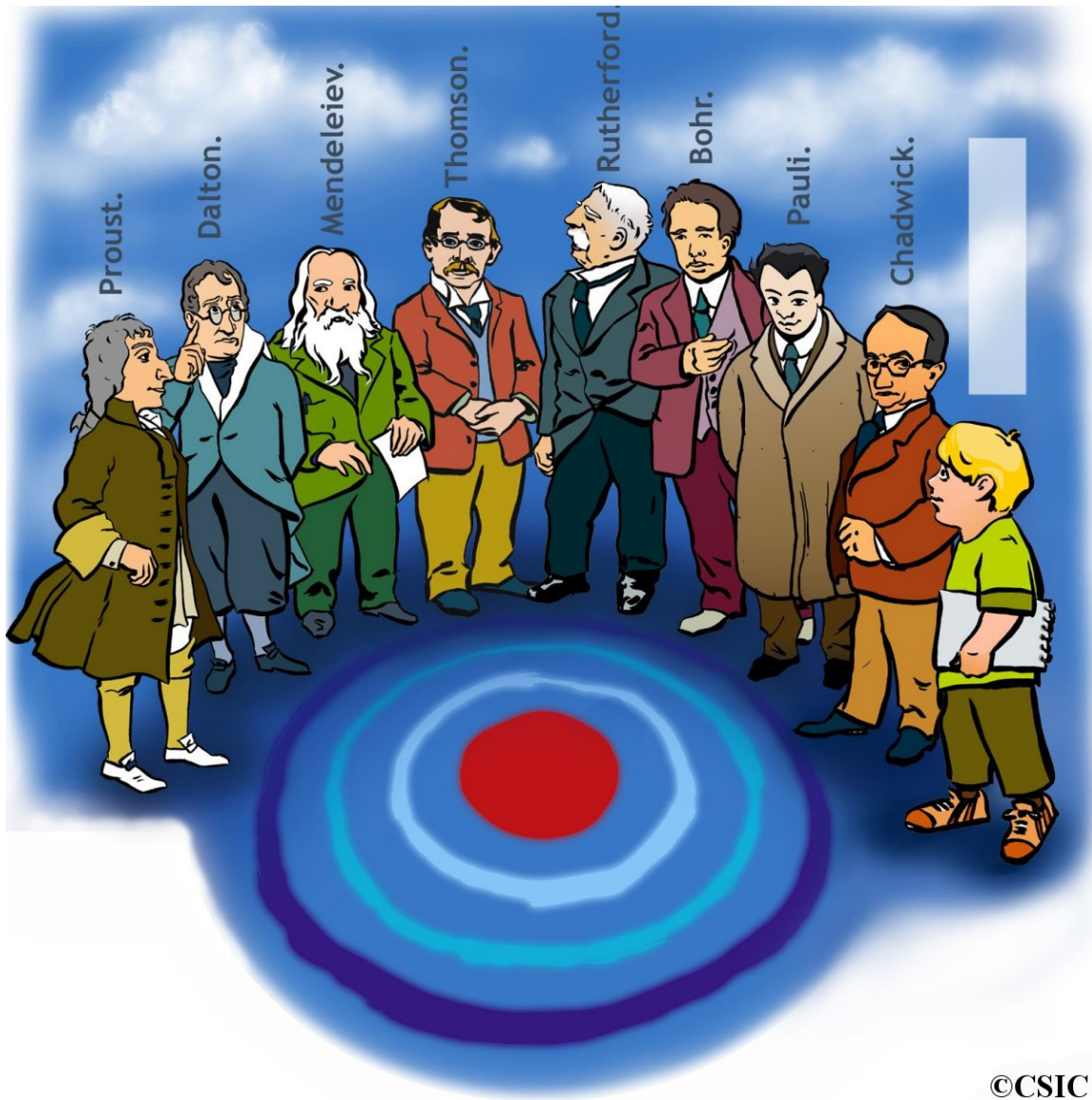
Esta partícula fue un misterio durante muchos años. Hasta que, por fin, la descubrió experimentalmente Sir James Chadwick, un antiguo ayudante de Rutherford en 1932 y la llamó **neutrón**.



- Mucho antes de este descubrimiento, Bohr y su grupo fueron colocando electrones en las capas y observaron que se iban reproduciendo las características de la Tabla Periódica aunque, a veces, no estaban muy seguros de cuantos electrones colocar en cada capa. Cuando Wolfgang Pauli llegó a Copenhague, sugirió unas normas muy específicas sobre el número de electrones de cada capa.

Pero esto no fue el final. Surgieron nuevos problemas que se fueron resolviendo a la luz de la nueva física cuántica. Ésta ha supuesto la mayor revolución emprendida por el ser humano, afectando tanto a nuestra concepción global del Universo como al desarrollo de las nuevas tecnologías que han contribuido a modificar nuestra manera de vivir a lo largo del siglo XX.

Esta historia no ha hecho mas que empezar y todavía queda un largo camino por recorrer. **Únete a él y escribe tu nombre.**



©CSIC

## **Glosario**

**Molécula:** Una partícula formada por un enlace químico de dos o más átomos. La molécula es la partícula más pequeña de un compuesto químico que retiene las propiedades químicas del compuesto.

**Número Atómico:** El número de protones en un núcleo atómico.

**Partículas alfa:** Partículas atómicas emitidas por la desintegración de átomos radiactivos. Una partícula alfa tiene la misma estructura que el núcleo de un átomo de helio. Contiene dos protones (partículas de carga positiva) y dos neutrones (partículas sin carga), o sea, cuatro unidades de masa y dos cargas positivas. Son emitidas por los átomos durante un proceso llamado *desintegración alfa*.

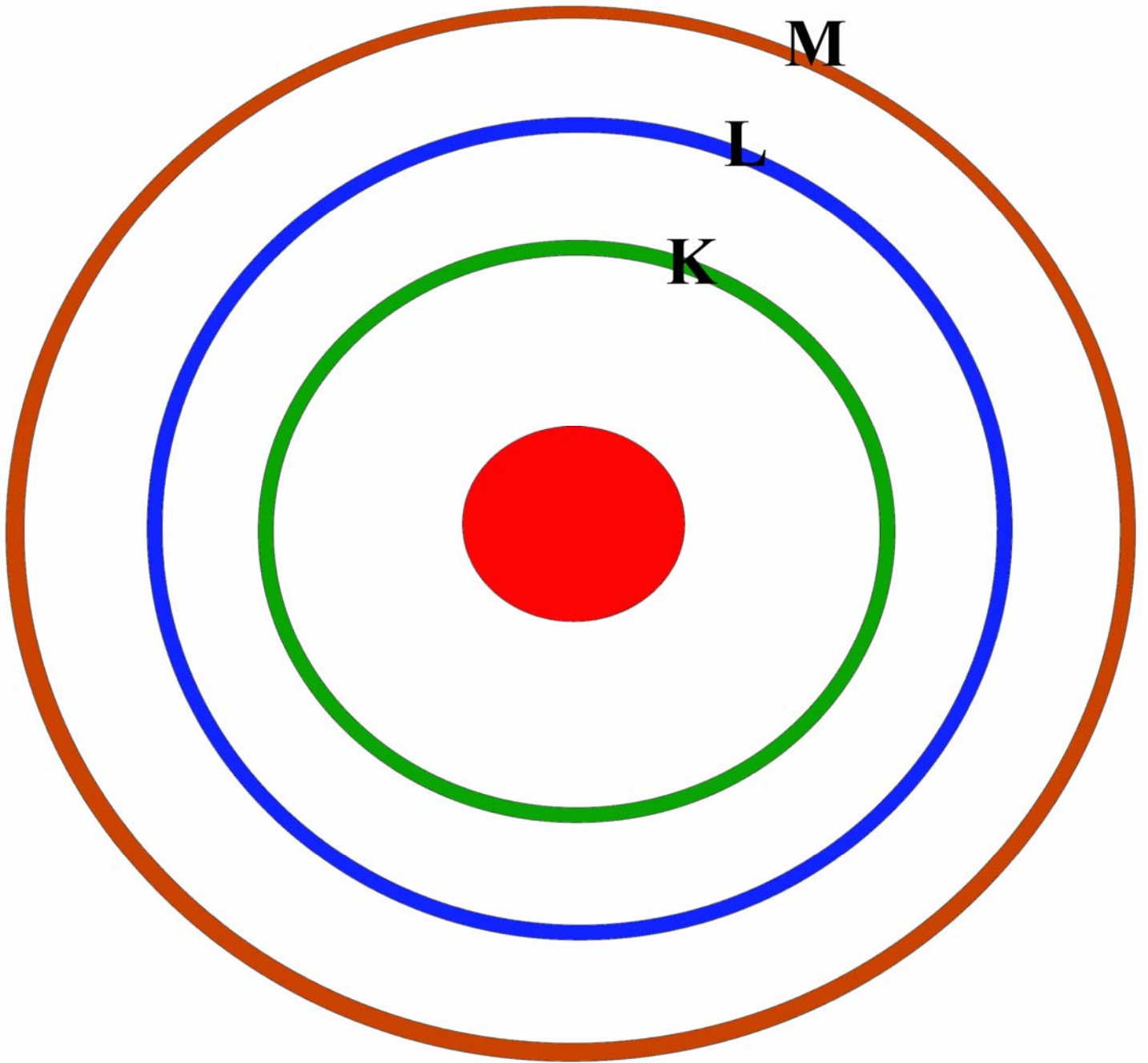
**Peso Atómico** (o número másico): Como se puede observar en la tabla periódica, el peso atómico es un peso promedio de las masas de los isótopos estables de un elemento que existe en la naturaleza.

**Rayos Catódicos:** Son *chorros* de electrones que son emitidos desde un terminal negativo en un tubo de vacío de Crookes.

**Valencia:** Es la capacidad que tiene un átomo de un elemento para combinarse con los átomos de otros elementos y formar compuestos. En realidad es el número de electrones que están siendo compartidos por un átomo en un enlace químico.

**Física cuántica:** Es la rama de la física que estudia el comportamiento de la materia a escala muy pequeña.





Protones	Neutrones	Electrones
