

# Unidad 2

- Capítulo 1 Los modelos atómicos: evolución histórica.
- Capítulo 2 Modelo actual: estructura atómica.
- Capítulo 3 Núcleo. Inestabilidad nuclear.
- Capítulo 4 Radiactividad. Precauciones, protección y medida.
- Capítulo 5 Transformaciones nucleares y sus aplicaciones.
- Capítulo 6 Periferia Distribución electrónica.
- Capítulo 7 Formación de iones.
- Capítulo 8 Tabla periódica. Construcción y algo de historia.
- Capítulo 9 Variaciones periódicas.
- Capítulo 10 Enlace químico.
- Capítulo 11 Profundizando sobre enlace químico.



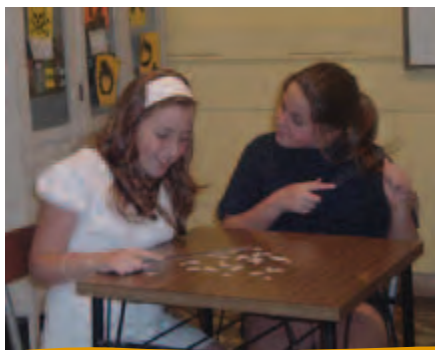
## Capítulo 1

# Los modelos atómicos: evolución histórica.

Matilde y Carolina se divierten compitiendo para ver quién levanta de la mesa el mayor número de trocitos de papel, usando una regla previamente frotada en el cabello (fig.1).

¿Es posible explicar este fenómeno?

Hasta el momento hemos usado el modelo discontinuo de la materia —considerando algunas ampliaciones— para explicar, interpretar y predecir diferentes fenómenos, aceptando que toda la materia está formada por partículas y hay entre ellas espacio vacío.



**Fig 1.** Matilde y Carolina repitieron en forma de juego el fenómeno que fuera observado alrededor del año 600 a.C por el filósofo griego Tales de Mileto. En aquel momento no se pudo explicar por qué al frotar una varilla de ámbar con piel o con lana se lograba atraer pequeños objetos.

Recordemos que se llama **átomos** a estas partículas que no se pueden ver con un microscopio y que forman todo el Universo, desde las piedras a los seres vivos, desde el planeta Tierra a las estrellas.

Sin embargo, este modelo que se basa en la discontinuidad de la materia no es suficiente cuando se quiere interpretar qué sucede entre la regla frotada y los papelitos, ni tampoco fue suficiente en el siglo XIX cuando se intentó interpretar otros fenómenos físicos y químicos que se observaron, concretamente aquellos relacionados con la electricidad y la radiactividad.

Esto llevó a pensar que el átomo no era indivisible como se creía desde la época de los griegos, sino que tendría una estructura más compleja.

Fue necesario comenzar a aceptar la existencia de partículas aún más pequeñas que el átomo, que formarían parte de todos los átomos de la materia, y que además deberían tener carga eléctrica.

El juego de Matilde y Carolina está basado en el fenómeno conocido como electricidad estática que tiene una explicación física. Para poder comprender por qué la regla de plástico frotada es capaz de atraer los trocitos de papel, previamente tenemos que conocer una propiedad de la materia denominada **carga eléctrica**.

En la naturaleza existen dos tipos de cargas:

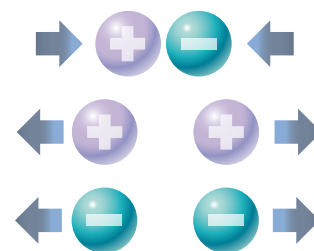
- carga **positiva** que se representa con el signo +
- carga **negativa** que se representa con el signo -

Al acercarse dos cuerpos cargados se establecen fuerzas entre ellos de diferentes características según el tipo de carga que posean.

- Si las cargas de los cuerpos son de diferente signo, una positiva y otra negativa, se establecen fuerzas de atracción (los cuerpos se atraen).
- Si las cargas de los cuerpos son de igual signo, ambas positivas o ambas negativas, se establecen fuerzas de repulsión (los cuerpos se repelen) (fig 2).

La expresión “electricidad estática” o simplemente “estática” indica que no hay cargas en movimiento a diferencia de la corriente eléctrica.

La electricidad estática se produce al frotar ciertos objetos, por ejemplo: lana con plástico, o las suelas de los zapatos con una alfombra de material sintético.



**Fig. 2.** Las cargas de diferente signo se atraen y las cargas de igual signo se repelen.

El modelo de partículas y espacio vacío usado hasta el momento no resultó suficiente para explicar los nuevos conocimientos, entre ellos, la electricidad estática.

Surgió así la necesidad de modificar las reglas del modelo para explicar cómo deben ser esas partículas llamadas átomos que forman toda la materia y la ubicación de las cargas eléctricas en ellos.

Repeler significa rechazar

## ¿Cuándo fue la primera vez que se habló de los átomos?

En la historia de los átomos, como en toda historia hay un principio y por ahí empezaremos...

Recorreremos el camino de los llamados **modelos atómicos**, que fueron varios. Como vimos, un modelo puede ser muy exitoso para explicar lo observado hasta cierto momento, pero, al surgir nuevas observaciones que con el modelo no se pueden explicar, éste debe modificarse o sustituirse por otro.



## Á TOMO

NO PARTES

**Fig. 3.** La palabra átomo proviene del griego y significa no-divisible, es decir, indivisible.



**Fig. 4.** Aristóteles aceptó la teoría de Empédocles sobre la materia formada por 4 elementos: aire, agua, tierra y fuego y le agregó un quinto elemento: el éter, para explicar la inmutabilidad del resto del Universo.

Postular: significa suponer, proponer



**Fig. 5.** John Dalton (1766-1844) Fue un físico y químico británico, autodidacta y de condición tan humilde que debió trabajar como maestro desde los 12 años.

## Los griegos y los átomos (500 a.C.)

Aparentemente la palabra átomo fue usada por primera vez en Grecia alrededor del año 500 a.C por los llamados **atomistas**, entre ellos: Leucipo, Demócrito y Tito Lucrecio Caro. Ellos afirmaban que todo lo que se percibía a través de los sentidos estaba formado por pequeñas partículas, macizas, con diferentes formas y texturas, a las que llamaron átomos (fig 3).

Esta corriente del pensamiento griego no tuvo aceptación al contradecir las ideas de Aristóteles y de otros filósofos, quienes afirmaban que la materia estaba formada por cuatro elementos: aire, fuego, tierra y agua negando la existencia del vacío. Las ideas aristotélicas parecían explicar mejor la realidad que las ideas atomistas y por eso perduraron casi 23 siglos (fig. 4).

## 1803 - Teoría atómica de Dalton

La concepción atomista volvió a surgir en varios trabajos científicos, por ejemplo los de Galileo, Newton y Boyle, entre otros. Pero fue John Dalton quien organizó las ideas en la llamada Teoría Atómica de Dalton enunciada en 1803 y publicada en 1808. En ella se postuló la existencia de los átomos, permitiendo explicar por ejemplo las leyes del estado gaseoso, la ley de conservación de la masa y otras leyes (fig. 5).

La Teoría atómica de Dalton puede resumirse en los siguientes postulados:

- 1) la materia está formada por partículas indivisibles llamadas átomos
- 2) los átomos de un elemento son todos iguales
- 3) los átomos de diferentes elementos son diferentes
- 4) es imposible crear o destruir átomos. Éstos se conservan aunque la materia experimente transformaciones físicas o químicas
- 5) cuando se forma un determinado compuesto los átomos de los diferentes elementos se unen manteniendo siempre la misma proporción entre ellos

Esta teoría fue muy importante en su momento, a principios del siglo XIX y se debe reconocer la increíble capacidad del pensamiento que permitió imaginar la materia formada por partículas que no se podían visualizar ni con el mejor de los microscopios de esa época.

Fue necesario postular la existencia de estas partículas invisibles para interpretar y explicar lo conocido hasta ese momento y predecir otros hechos.

## 1896 - Descubrimiento de la radiactividad

En este año Henri Becquerel descubrió la emisión espontánea de radiaciones provenientes de las sales de uranio.

Este descubrimiento puso de manifiesto la existencia en la materia de partículas más pequeñas que el átomo.

## 1891-1897 - El electrón y su descubrimiento

La existencia de la primera partícula subatómica, el electrón, fue propuesta por G. J. Stoney, como la partícula portadora de la menor carga eléctrica.

La palabra electrón proviene del griego y significa “ámbar”, resina que al ser frotada queda cargada eléctricamente (fig. 6).

En 1897 fue J.J. Thomson quien encontró evidencias experimentales de la existencia del electrón (fig. 7).

Esta partícula tiene carga negativa y masa muy pequeña.

A menos de un siglo de la teoría atómica de Dalton, mediante estos dos descubrimientos, se perdió la validez de uno de sus postulados: la idea de átomo indestructible o indivisible. Posteriormente, otros postulados perdieron validez total o parcial.



Fig. 6. Muestra de ámbar.



**George Johnstone Stoney (1826-1911)**  
(izquierda) Físico inglés, propuso en 1891 la existencia del electrón, una partícula con una carga elemental (es decir la menor carga eléctrica posible).

**Joseph John Thomson (1856-1940)**  
(derecha) Físico inglés, en 1897 encontró, evidencias experimentales de la existencia del electrón usando los llamados “tubos de descarga de Crookes” o “tubos de rayos catódicos”. Logró determinar la relación entre la carga y la masa del electrón.



Fig. 7.

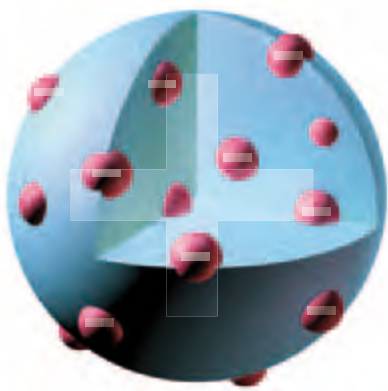
## 1904 - Modelo atómico de Thomson

Los conocimientos que Thomson disponía eran suficientes para reflexionar sobre la estructura interna de los átomos y sugerir que estaban constituidos por partículas más pequeñas.

A principios del siglo XX se sabía que:

- la masa del electrón es menor a la masa de los átomos, aún del más pequeño, el átomo de H
- los electrones están presentes en toda la materia
- los electrones tienen carga negativa
- la materia es eléctricamente neutra

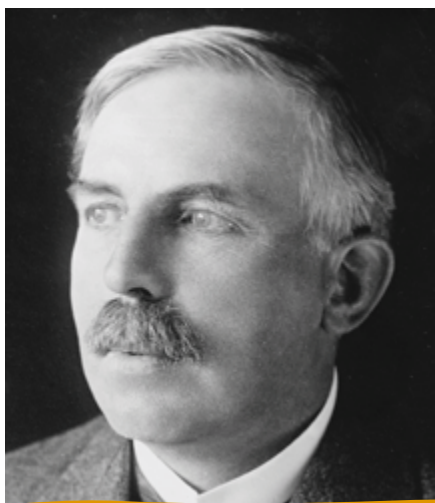
El término átomo ya no tendría sentido para denominar a esta partícula formada por varias partes, recordemos que el significado proviene del griego “indivisible”. Sin embargo se ha continuado llamando así hasta nuestros días.



**Fig. 8.** Representación del modelo atómico de Thomson conocido como “modelo de pudding”.

... “fue tan grande mi sorpresa como si un proyectil dirigido a una hoja de papel rebotara e impactara sobre el tirador”

Ernest Rutherford



**Fig. 9.** Ernest Rutherford (1871-1937). Físico y químico británico. Por sus trabajos en física atómica se considera uno de los padres de esta disciplina. Además de variadas investigaciones, clasificó las emisiones radiactivas en alfa, beta y gamma.

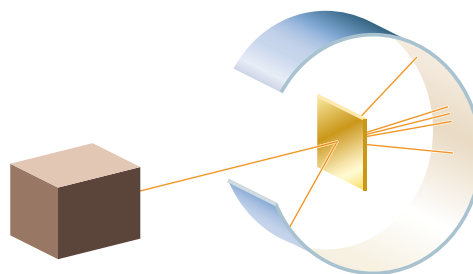
Basado en lo anterior construyó el primer modelo atómico llamado **modelo de pudding** (modelo de budín), en el que se establece:

- el átomo está constituido por una masa positiva y en ella se encuentran incrustados los electrones negativos como “pasas en un budín”, de manera que resulta eléctricamente neutro (fig.8).

Este modelo logró explicar satisfactoriamente los conocimientos químicos y físicos del momento. En pocos años, mediante nuevos experimentos se llegó a la conclusión que la carga positiva no estaba distribuida por todo el átomo.

## 1911 - Modelo atómico de Rutherford

A partir de sus estudios sobre el fenómeno de la radiactividad Rutherford realizó un experimento. Colocó una sustancia radiactiva en una caja de plomo con un orificio; a través de él salían las partículas alfa que bombardeaban una lámina muy delgada de oro (fig. 9 y 10).



**Fig. 10.** Se rodea el dispositivo con una pantalla cubierta con sulfuro de cinc. Esta sustancia permite visualizar el impacto de cada partícula alfa sobre la pantalla pues en ese lugar aparece un punto fluorescente.

Las observaciones fueron sorprendentes y no pudieron ser explicadas de forma inmediata.

Años después Rutherford logró una interpretación satisfactoria. Para ello debió rechazar el modelo atómico de Thomson que, al no poder explicar lo observado, perdió validez. Surgió así en 1911 otro modelo atómico, el primer **modelo atómico nuclear**.

Rutherford explicó lo observado de la siguiente manera:

- la mayoría de las partículas alfa ( $\alpha$ ) logran atravesar la lámina metálica si se considera a los átomos de oro como prácticamente vacíos.
- aquellas pocas partículas alfa que se desvían lo hacen porque en el átomo habría una zona central maciza y positiva que las repele.
- las partículas alfa ( $\alpha$ ) que parecen rebotar contra la lámina metálica y salen en ángulo de  $180^\circ$  son aquellas que se acercarían más a la zona central positiva del átomo.



## Características del modelo atómico de Rutherford:

- una zona central con carga positiva, muy pequeña y maciza, donde se concentra la masa del átomo, el **núcleo**
- una zona mucho mayor que rodea al núcleo llamada **periferia**, prácticamente vacía. En esa zona los electrones giran en órbitas alrededor del núcleo, como planetas alrededor del Sol
- el átomo es eléctricamente neutro porque tiene tantos electrones negativos en la periferia como cargas positivas en el núcleo (fig.11)

Este modelo logró explicar el experimento de Rutherford con partículas alfa y otras observaciones pero comenzó a ser inadecuado para interpretar nuevos conocimientos teóricos y experimentales.

Según los físicos una partícula cargada y en movimiento debería emitir energía de manera continua.

Si se aplica este concepto al modelo atómico de Rutherford, resultaría un átomo inestable: los electrones al girar irían perdiendo energía, cambiando la trayectoria circular por otra en forma de espiral, y finalmente serían atrapados por el núcleo.

Esta predicción basada en conocimientos de la Física Clásica, no se cumplía, pues si fuera así, todos los átomos se habrían destruido.

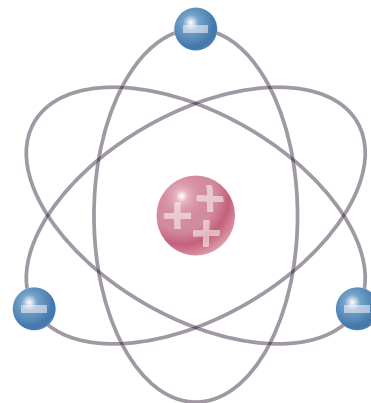
Es importante agregar que en esa época se había iniciado el estudio sobre espectros y este modelo atómico no lograba explicarlos (fig. 12)

## 1913 - Modelo atómico de Bohr

En ese año, Niels Bohr (fig.13) dio a conocer su modelo atómico. Retomó en él la idea de la existencia del núcleo con carga positiva, zona central muy pequeña con respecto al volumen total del átomo donde se concentra la masa del mismo.

Para explicar por qué los electrones no caen al núcleo a medida que se mueven y van perdiendo energía, este científico utilizó el concepto de energía **cuantizada**, idea que fue desarrollada por Max Planck en 1900.

Según Planck, la energía puede ser liberada o absorbida solo en forma de “paquetes” a los que denominó cuantos (del latín quantum que significa cantidad)



**Fig. 11.** Representación del modelo atómico de Rutherford: zona central, maciza, muy pequeña, llamada núcleo y electrones girando en órbitas alrededor de él. El átomo es eléctricamente neutro porque tiene tantas cargas positivas en el núcleo como electrones negativos en la periferia.



**Fig. 12.** Espectro continuo de la luz blanca. Es el resultado de la “descomposición” de un haz de luz al pasar a través de un prisma.



**Fig. 13.** Niels Bohr (1885 - 1962) Físico danés, discípulo de Rutherford. En 1922 recibió el Premio Nobel de Física por su investigación acerca de la estructura de los átomos y la radiación que emana de ellos.

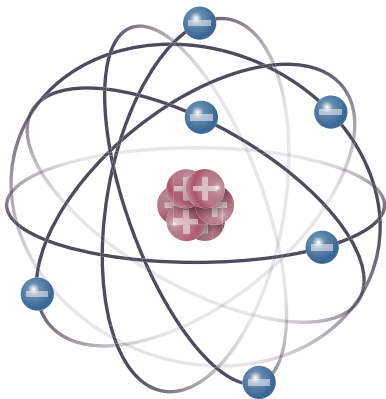


Fig. 14. Modelo atómico de Bohr

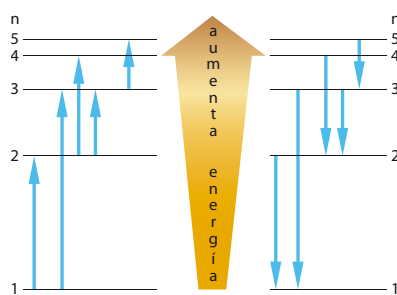


Fig. 15. Los electrones al absorber energía, “saltan” a niveles de mayor energía quedando el átomo en un estado excitado. Cuando los electrones vuelven a niveles inferiores, emiten la energía inicialmente absorbida.

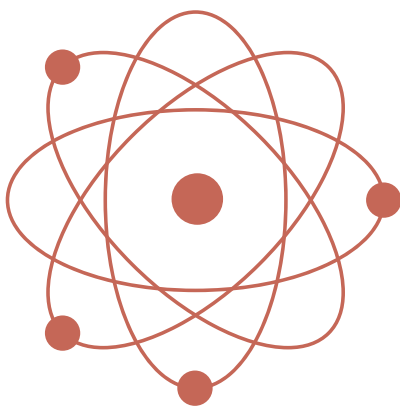


Fig 16. Representación del modelo de Bohr como pictograma del átomo.

En este modelo atómico, Bohr estableció una serie de postulados, que están referidos exclusivamente al átomo de hidrógeno. Mencionaremos algunos:

- el átomo de hidrógeno está formado por un núcleo central constituido por un protón y alrededor de él gira el electrón en ciertas órbitas circulares “permitidas”
- el electrón tiene valores definidos de energía (energía cuantizada)
- si el electrón gira en la órbita de menor energía, el átomo está en “estado fundamental”
- si el electrón gira en órbitas de mayor energía el átomo está en “estado excitado”
- si el electrón vuelve desde un estado excitado al estado fundamental emite en forma de radiación la diferencia de energía entre ambas órbitas
- a cada órbita corresponde un número que se relaciona con el valor de energía (nivel energético). Este número puede tener los valores naturales de 1 a infinito, correspondiendo  $n=1$  a la órbita de menor energía y la más cercana al núcleo.

Con estos postulados Bohr logró ecuaciones matemáticas que le permitieron realizar con éxito varios cálculos relacionados con el átomo de hidrógeno.

Sin embargo, cuando pretendió aplicar este modelo a átomos más grandes debió introducir tantos cambios a sus ecuaciones que los cálculos se fueron complicando (fig. 14 y 15).

Poco a poco el modelo atómico de Bohr fue perdiendo validez al no dar respuesta a nuevas interrogantes y disminuir su carácter predictivo. Se descartó además el concepto de órbita como trayectoria realizada por el electrón alrededor del núcleo.

De todas maneras, no se debe subestimar la importancia de este modelo atómico, su representación se ha asumido a nivel mundial como “dibujo del átomo” (fig.16). Se usa como pictograma en carteles publicitarios, anuncios de eventos científicos y logos de laboratorios entre otros, para establecer la relación con ciencias, átomo, energía, etc.

El **modelo atómico actual** se fundamenta en cálculos matemáticos complejos que Erwin Schrödinger y sus colaboradores expresaron en una ecuación que lleva su nombre.



## ⇒ Aplicaciones y problemas

- En este capítulo se menciona que el ámbar (del árabe) también fue llamado electrón (del griego).
  - Establece los nexos entre la etimología de cada uno de los nombres y las propiedades de esta piedra.
  - ¿Existe alguna relación entre este mineral y los términos electrón y electricidad? Fundamenta tu respuesta.
  - ¿Puedes justificar el uso del ámbar en joyería?
- Lee atentamente los fragmentos citados en la figura 1.
  - ¿Cuál fue el pensamiento de estos filósofos griegos con respecto a la constitución de la materia?
  - Describe cómo imaginaron los átomos.
  - Establece una comparación entre las ideas de la antigüedad y las actuales sobre la constitución de la materia ¿encuentras diferencias o similitudes?
- Para pensar sobre la Teoría Atómica de Dalton.
  - En la figura 2 se encuentra el texto del primer postulado. Lee, analiza el texto e indica si Dalton se expresa con total certeza sobre la existencia de los átomos. Subraya en el texto palabras que justifiquen tu respuesta.
  - Relee los postulados en el capítulo e indica cuál de ellos permite explicar que la masa se conserva en los cambios físicos y químicos, ley de Lavoisier.
- Coloca las letras correspondientes de cada expresión en los espacios del recuadro de la figura 3, considerando las características de cada modelo atómico. Puedes usar la misma opción varias veces y quizás algunas no las utilices.

A) nuclear	D) con electrones	G) invisible
B) macizo	E) eléctricamente neutro	H) con órbitas
C) con orbitales	F) indivisible	I) casi vacío
- El fenómeno de electricidad estática se produce al frotar dos materiales lo que provoca transferencia de electrones de la superficie de uno a la superficie del otro. El material que pierde electrones queda positivo y el que los gana queda negativo.
  - Relaciona este fenómeno con:
    - la formación de tormentas eléctricas
    - los daños en componentes electrónicos
  - Elabora una explicación satisfactoria al juego de Matilde y Carolina que se describió al inicio del capítulo.

*“Decimos dulce, decimos amargo, decimos caliente, decimos frío, decimos color; pero en realidad no existen más que los átomos y el vacío.”*  
Demócrito

*“no está ocupado todo por los cuerpos, porque se da vacío entre ellos”*  
*“...todos los cuerpos que recrean y halagan los sentidos son formados de los átomos finos; y al contrario los cuerpos que son ásperos, de átomos más rudos e imperfectos.”*  
Tito Lucrecio Caro

**Fig.1. Ejercicio 2** Fragmentos extraídos del libro “De la naturaleza de las cosas”

El primer postulado de esta teoría está expresado por Dalton de la siguiente manera:  
*“La materia, aunque divisible en grado extremo, no es infinitamente divisible. Debe de haber un punto más allá del cuál no podemos seguir dividiendo la materia. He recogido la palabra “átomo” para nombrar a estas últimas partículas de la materia, cuya existencia es escasamente dudosa, aunque son, probablemente, muy pequeñas para apreciarse con los mejores microscopios”.*  
John Dalton

**Fig.2. Ejercicio 3**

Modelo atómico de Rutherford

Modelo atómico de Bohr

Modelo atómico de Thomson

**Fig. 3. Ejercicio 4**

## Ampliando el horizonte...

### Niels Bohr: entre la Física Clásica y la Física Moderna

Niels Bohr y Albert Einstein fueron dos grandes físicos del siglo XX. Para entender el ambiente en que estos dos grandes científicos empezaron a trabajar y los problemas que enfrentaron es necesario conocer lo que ocurría a principios de 1900, sin olvidar los aportes de la ciencia del siglo anterior.

En el período 1900-1913 se ampliaron los conocimientos teóricos (primicias cuánticas de Max Planck, la teoría de la relatividad, la del efecto fotoeléctrico de Einstein y la audaz concepción atómica de Bohr, entre otros) y aumentaron los descubrimientos experimentales (en especial los de J.J Thomson y Ernest Rutherford). Hay un gran progreso en la óptica instrumental con la invención de un aparato que habría de ocupar un lugar de gran importancia: el espectroscopio de Kirchhoff y Bunsen.

Con sus investigaciones sobre los espectros atómicos y otros relevantes trabajos, Kirchhoff preparó el entierro de la física clásica, aquella basada en las leyes de Newton y Maxwell abriendo la puerta a una nueva física, la física cuántica, vigente hasta nuestros días. Max Planck, en la Navidad de 1900, propuso la existencia del cuanto.

La teoría cuántica avanzó a saltos bien definidos y en treinta años se convirtió en la firme base de la física moderna. Con su ayuda podemos contestar preguntas muy variadas sobre el comportamiento de la materia.

Finalmente, en 1924, Erwin Schrödinger, desarrolló la mecánica ondulatoria, estableció su ecuación y el modelo actual del átomo.

Extraída y adaptada de "Niels Bohr: Puente entre Física Clásica y la Moderna" de Jorge Flores



#### Lee el texto e investiga acerca de:

- Los conocimientos científicos relevantes del siglo XIX y principios del siglo XX
- Las diferencias fundamentales entre la Física Clásica y la Moderna