



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO



SPECTO

Desarrollo de Competencias
Metavisuales

Modelo Mecano-Cuántico

SPECTO

Desarrollo de Competencias Metavisuales

Comportamiento de los electrones en el átomo en base a principios de modelo mecano-cuántico

Proyecto Fondecyt 1150659 Diseño, validación y evaluación de secuencias de enseñanza aprendizaje en ciencias para promover capacidad metavi-sual mediante realidad aumentada

Director del Proyecto

Dr. Cristian Merino Rubilar
Laboratorio de Didáctica de la Química
Instituto de Química

Equipo de Desarrollo de Contenidos

Mg. Marcela Arellano Johnson
Dr. Waldo Quiroz Vargas
Dr. Cristian Merino Rubilar
Nicole Nilo Olivares. Profesora de Química
David Vargas Valencia. Profesor de Química
Sergio Bernal Ramírez. Profesor de Química
Joaquín Castillo Poblete. Profesor de Química
Laboratorio de Didáctica de la Química
Instituto de Química

Equipo de Desarrollo Tecnológico y Gráfico

Sonia Pino Espinoza. Ing. De proyectos
Humberto Vergara. Desarrollador de aplicaciones
Carlos González Cabrera. Diseño de interfaz
Raúl González Luy. Diseñador de modelos 3D
Centro Costadigital PUCV



FONDECYT
Fondo Nacional de Desarrollo
Científico y Tecnológico



INNOVANDO EN EDUCACIÓN
CON TECNOLOGÍA

Introducción

Los átomos son las piedras fundamentales de la construcción del conocimiento de la materia, explicando los fenómenos químicos que apreciamos desde la construcción de teorías atómicas. Estas teorías atómicas como las de Dalton, Thompson y Rutherford se levantaron desde la concepción que los átomos, y sus partículas subatómicas se comportaban de acuerdo a las mismas leyes físicas que los objetos macroscópicos. Sin embargo, desde el descubrimiento del electrón y de la radiactividad, los fenómenos que apreciaron los científicos como Planck y De Broglie, entre otros, permitieron generar una nueva rama de la física, la física cuántica, y con ella pudieron explicar comportamientos de los átomos como los espectros de emisión y absorción de energía, cuyos conocimientos promovieron el modelo atómico de Niel Böhr y el posteriormente el actual modelo atómico mecano-cuántico.

¿Cómo funcionan los fuegos artificiales?

Hoy en día muchas de las ciudades de nuestro país y del mundo acostumbran lanzar fuegos artificiales para celebrar el Año Nuevo u otras fiestas importantes. Un ejemplo de ello es el espectáculo que brinda las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, donde los organizadores nos intentan sorprender con una gran variedad de colores, tamaños y formas que emiten los artefactos pirotécnicos cuando son lanzados al aire.

¿De qué está compuesto un fuego artificial?

En el siguiente esquema se presentan las partes de un fuego artificial:



Actividad 1

Los fuegos artificiales, considerado como el arte de crear espectáculos para la diversión estética, está indisolublemente ligado con el invento de la pólvora, un invento chino por excelencia. Si bien es cierto la pólvora tuvo en sus inicios una función militar para lanzar proyectiles debido a su capacidad incendiaria y explosiva, los chinos encontraron otra funcionalidad. Como muestra de haber terminado una guerra, los chinos mandaban a los expertos en pólvora de esos tiempos a preparar una celebración con este material, para celebrar una victoria en una guerra.



Una vez leído el texto, de forma individual, responde en tu hoja de respuesta las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál ha sido tu experiencia con los fuegos artificiales?, Si has visto espectáculos ligados a ellos, ¿Qué es lo que has percibido?
2. ¿Cuál crees que es la importancia de la mecha, la carga y la pólvora en la elaboración de un fuego artificial?
3. Dibuja el fenómeno de la explosión de un fuego artificial y los colores que se logran observar.
4. ¿Cómo explicarías que al explotar los fuegos artificiales se observen diversos colores?
5. ¿De dónde crees que proviene la luz y los colores observados?

La naturaleza de la luz

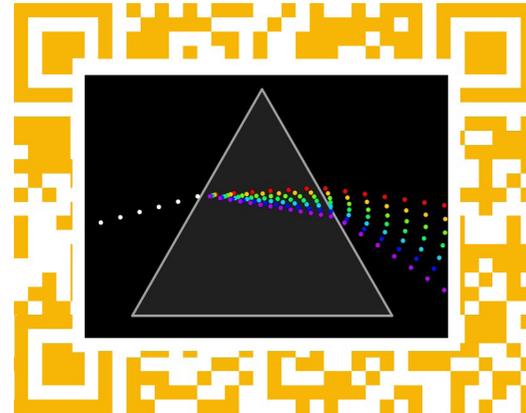
La luz es una **forma de energía** capaz de provocar cambios en los cuerpos. Así, por ejemplo, nuestra piel y la de muchos animales cambia de color cuando se expone a la luz solar. También es una importante fuente de energía para las plantas, que la utilizan para fabricar su alimento.

Gracias a la luz podemos ver todo aquello que hay a nuestro alrededor, como cuerpos que producen y emiten su propia luz. Estos cuerpos reciben el nombre de **fuentes luminosas**. Hay fuentes luminosas **naturales**, que producen luz propia y se encuentran en la naturaleza y el Universo, como el Sol, el fuego y algunos insectos como las luciérnagas, y fuentes luminosas **artificiales**, fabricadas por las personas, como la bombilla (ampolleta), las velas, las cerillas (fósforos) y los tubos fluorescentes.

La luz desde el inicio de los tiempos ha provocado intriga por su comportamiento, su naturaleza y su importancia en la vida en la Tierra. Pero a lo largo de los siglos tres científicos dieron las claves para entender el comportamiento de la luz desde la perspectiva de la naturaleza que la compone. Estos científicos fueron Isaac Newton, Christiaan Huygens y Max Planck.

Teoría corpuscular de la luz (Isaac Newton):

Esta teoría fue planteada en el siglo XVII por el físico inglés Isaac Newton. Una de las primeras experiencias que realizó para saber de qué estaba compuesta la luz fue con un prisma de cristal y un rayo solar. Elaboró un sistema donde estaba el prisma en la oscuridad y apuntó un rayo solar sobre él. Lo que descubrió fue que la luz estaba formada por colores, pero conociendo ello y con sus conocimientos no pudo identificar de qué se formaban los colores, y por ende la luz aunque explicó el fenómeno de los cuerpos luminosos.



Actividad 2

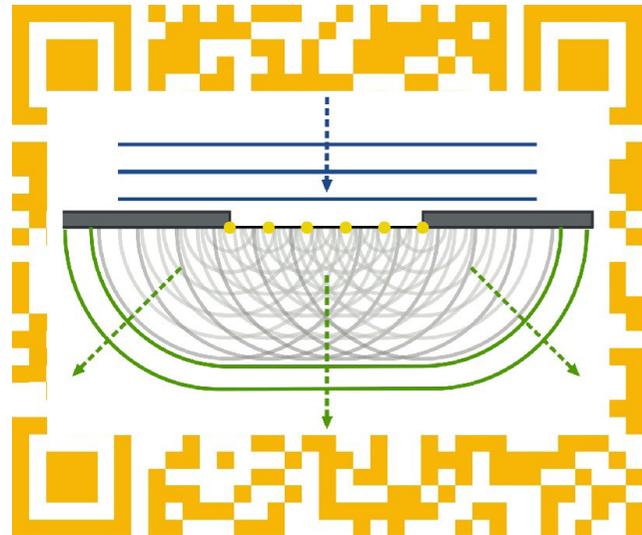
Teoría ondulatoria de la luz (Christiaan Huygen):

Este científico holandés elaboró una teoría diferente a la de Isaac Newton para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz. Con ayuda de los principios de la física clásica, postuló que la luz emitida por una fuente estaba formada por ondas, al igual que los cuerpos sonoros.

Esta teoría puso de manifiesto que su poder explicativo era mejor que el de la teoría de Newton, lo que llevó a descartar definitivamente, en el siglo XIX, la creencia de que la luz estaba formada por partículas.



Actividad 3

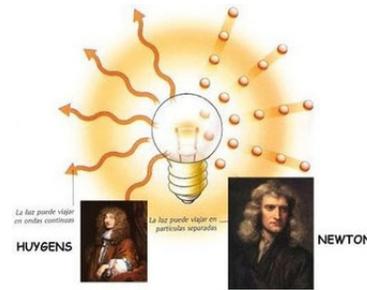


Teoría cuántica de la luz (Max Planck):

Aunque durante el siglo XIX se había aceptado definitivamente la naturaleza ondulatoria de la **luz**, experiencias realizadas a principios del siglo veinte demostraron que **la luz** se propagaba tanto como **onda** como **corpúsculo**; es decir, se comportaba como **onda** como **corpúsculo**; es decir, se comportaba como onda o como partícula de acuerdo a lo que median las experiencias.

Max Planck consideró estos principios para explicar los medios de propagación de la luz, y asimiló su propagación a como lo hace **onda sonora**, con una frecuencia establecida y una longitud de onda asociada. Pero para explicar la emisión de luz por los cuerpos lo hizo mediante un paquete de corpúsculos o partículas, que luego llamó **cuantos**.

Por lo tanto cuando un cuerpo absorbe o emite energía, lo hace a través de cuantos, los que el mismo Planck los definió como “la mínima cantidad de energía que puede ser absorbida o emitida en forma de radiación electromagnética”. Con este enunciado de los cuantos nace la física cuántica, a partir de la **cuantización de la energía**, algo que la física clásica no podía responder.





De acuerdo al texto, y en grupos de 4 personas, conversen y respondan en su hoja de respuesta las siguientes preguntas.

1. Considerando la premisa que en el Universo hay vacío, ¿cómo explicarían según la teoría de Newton que la luz solar llegue desde la fuente de energía hasta la Tierra?
2. Considerando la premisa que en el Universo hay vacío, y según el modelo de Huygens para el comportamiento de la luz, ¿cómo explicarían la propagación de luz solar llegue desde la fuente de energía hasta la Tierra?
3. ¿Cómo explicarían la observación de colores según la teoría de Newton?
4. ¿Cómo explicarían la observación de colores según la teoría de Huygens?
5. Si nos posicionamos desde la teoría de Planck, y tuviésemos que explicar el fenómeno de los colores emitidos por un fuego artificial, ¿cómo se justificaría que se observen distintos colores?, ¿cómo serían los cuantos emitidos para el color rojo en comparación a los cuantos emitidos para el color azul?.
6. Si un fuego artificial fuese encendido y emitiera distintos colores en una noche de Año Nuevo, dibuje cómo se explicaría este fenómeno según cada científico.

Newton	Huygens	Planck

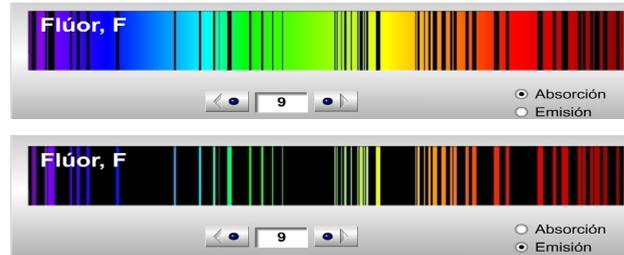
La “huella dactilar” de los elementos químicos

Cuando en 1888 apareció en Londres Jack el Destripador, estaba vigente allí un equivocadísimo método antropométrico (un invento del policía francés Bertillon para identificar culpables) que regía para todo Occidente, el cual consistía en la medición de varias partes del cuerpo y la cabeza, marcas individuales, tatuajes, cicatrices y características personales del sospechoso. Bertillon tuvo con su invento un fugaz gran éxito, hasta que le llegó la hora del más estrepitoso fracaso cuando se encontraron dos personas diferentes que tenían el mismo conjunto de medidas.”

“Posteriormente, un modesto policía argentino en 1891 llevó a cabo las primeras fichas dactilares del mundo. Tras haber verificado su método con 600 reclusos de la cárcel de La Plata, en 1894 la policía de Buenos Aires acogió oficialmente el sistema de Vucetich, y no tardaron nada en adoptarlo enseguida el resto de las policías de Occidente.”



En química, en particular en el área de la espectroscopia, cuando un elemento en estado gaseoso se calienta y recibe energía en forma de radiación electromagnética entonces absorbe ciertas frecuencias de energía, las cuales posteriormente emite y genera el espectro de emisión. En cambio, cuando el elemento en estado gaseoso y frío se irradia con luz blanca, entonces el gas absorbe energía y genera un espectro de absorción.

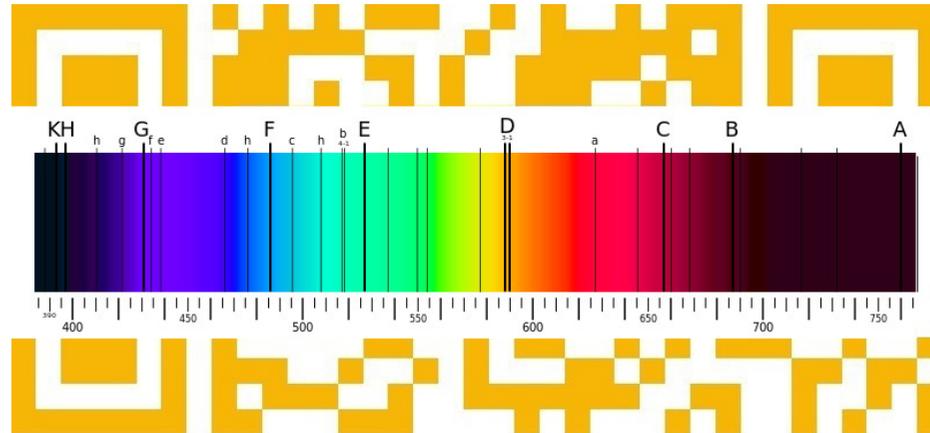


Representación de los espectros de absorción y emisión del elemento gaseoso Flúor, que al ser expuesto a radiación electromagnética demuestra líneas de colores de la energía que absorbe y emite.

Cuando cualquier elemento en estado gaseoso recibe energía en forma de radiación electromagnética y luego la emite en las mismas longitudes de onda entonces se cumple la llamada Ley de Kirchoff. Los espectros de emisión resultan ser el complemento a los espectros de absorción.

Como los espectros de emisión y absorción son propios de cada elemento en estado gaseoso, sirven para identificar a cada uno de ellos en la Tabla Periódica por simple visualización y análisis de la posición de las líneas de absorción o emisión en su respectivo espectro.

A continuación se presentan algunos de los espectros de emisión y absorción de algunos elementos:



Actividad 4



Respecto a los anteriores espectros de emisión y absorción en la imagen y al desarrollo de la aplicación, en grupos conversen y respondan en su hoja de trabajo las siguientes preguntas:

1. ¿Para qué sería útil encontrar registros de espectros de emisión y absorción en una muestra problema analizada en un laboratorio?
2. Según las teorías del comportamiento de la luz, ¿cómo se propagarían los colores en los gases?
3. ¿Cómo explicarían que un gas cuando se calienta sea capaz de emitir colores?
4. ¿Cómo es el espectro de emisión en comparación al espectro de absorción en un gas analizado?
5. En el caso de los fuegos artificiales, ¿Cuál es el espectro que apreciamos?
6. En el caso de los fuegos artificiales, si tuviésemos que analizar una muestra por espectroscopia, ¿qué tendríamos que realizar para determinar ambos espectros?

El átomo de hidrógeno y el modelo atómico de Niels Böhr

El modelo atómico de Rutherford (modelo planetario) estaba propuesto por los principios que identificaban los conocimientos en la física clásica, donde se describía que los electrones se movían en órbitas circulares alrededor del núcleo atómico, sin explicar cómo estaban organizados. Esas ideas no permitían explicar fenómenos como los espectros de absorción o emisión en los elementos, por lo que se comenzó a investigar sobre ello. Para Niels Böhr, un científico que investigó sobre el tema, esa explicación se relacionaba con los enunciados de Max Planck respecto a los cuantos de energía, los que hacían mención a:

1. Las órbitas donde se encuentran los electrones presentan radios determinados, con energías definidas.
2. Un electrón posicionado en un nivel de energía está en un estado de energía que no irradia y por eso mantiene su posición y no se acerca al núcleo.
3. un electrón puede absorber o emitir energía. Cuando pasa de un estado estable a un nivel de energía mayor, entonces el electrón absorbe energía. En cambio, si el electrón pasa de un nivel alto de energía a uno más bajo y queda estable, entonces está liberando energía.

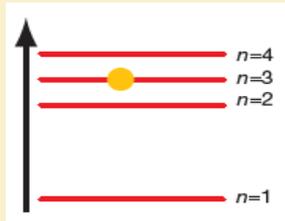
Con ayuda de otras propuestas científicas, como las investigaciones de Schrödinger o Maxwell por ejemplo, pudo proponer la idea que los electrones ocupaban regiones de espacio asociadas a niveles de energía. Con la ayuda del elemento más simple, el Hidrógeno, que presenta un solo electrón, pudo representar la idea de la siguiente manera:

El Hidrógeno tiene un número atómico $Z=1$ y presenta un electrón, y éste en un estado fundamental estará en el mínimo nivel de energía, como se representa en el siguiente diagrama:



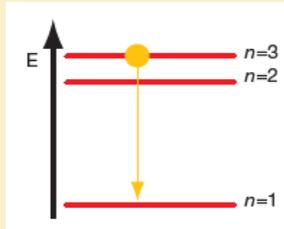
Diagrama del electrón (esfera amarilla) de Hidrógeno en el mínimo nivel de energía, donde n identifica los niveles de energía (líneas rojas). $n=1$ considera un nivel estable de energía para un átomo (conocido como estado basal).

Si dicho electrón en el átomo de Hidrógeno es capaz de absorber energía, entonces se movería a un nivel superior en los niveles de energía. El estado cuando el electrón incorpora energía se le conoce como estado excitado. Como se compara en el siguiente caso:



Estado excitado de un electrón de Hidrógeno, aumenta su nivel de energía en comparación a la representación anterior porque absorbe y acumula energía. Es un estado inestable para el átomo, y tendría que suceder algo para que pudiese volver a un estado estable (basal).

Como los estados excitados en los electrones ocurren por presentar mayor energía que en un estado fundamental, entonces se libera la energía absorbida a modo de reestablecer la estabilidad del electrón en un átomo de Hidrógeno.



El electrón excitado vuelve a su estado fundamental, y cuando lo hace emite la energía que había acumulado, quedando en el nivel de energía inicial. Se reestablece un nivel de energía estable, y la energía que se absorbe luego se libera, de acuerdo a un principio de conservación de energía.

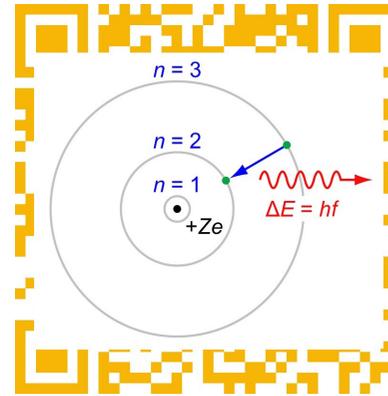
A través de estos modelos de excitación electrónica donde el electrón absorbe y luego emite energía, permite explicar **por qué se originan los espectros de emisión y absorción en los elementos**, de acuerdo a los movimientos de los electrones desde sus estados fundamentales hacia los estados excitados.

Con esta propuesta de movimiento electrónico pudo levantar su teoría de modelo atómico, presentando algunas limitaciones como por ejemplo que no logra explicar lo que sucede con otros elementos que presentan mayor cantidad de electrones. Las ideas nuevas que surgieron del modelo atómico de Böhr, que se sustentaron en ideas de modelos anteriores como los de Thompson y Rutherford, son las siguientes:

1. Los electrones están en niveles discretos o niveles bajos de energía, que se describen con los números cuánticos.
2. Cuando los electrones se movilizan a través de los niveles de energía, lo hacen absorbiendo o emitiendo energía cuantizada (fotones).

A diferencia de Rutherford, Niels Böhr consideró en su modelo atómico niveles de energía, y se representa de acuerdo a la siguiente imagen:

Actividad 5



Actividades. De forma individual, responde las siguientes preguntas en tu hoja de respuestas:

1. Si una muestra de Hidrógeno gaseoso es ocupado para determinar el espectro de emisión y absorción, por lo que se exponer una cierta cantidad de energía y se encuentran los siguientes resultados:



Espectro de absorción de hidrógeno



Espectro de emisión de hidrógeno

De acuerdo a la aplicación y el modelo de Niels Böhr, ¿Qué ocurriría en los átomos de Hidrógeno cuando se evidencia el espectro de absorción?, ¿y en el espectro de emisión?

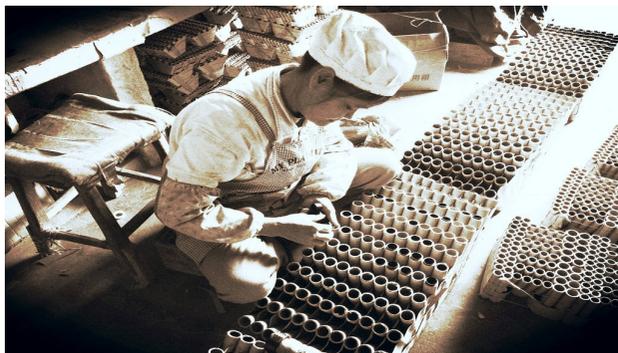


1. Si un fuego artificial al ser detonado emite colores como el rojo ¿Cómo explicarías lo que estaría ocurriendo en los átomos de las “estrellas” dentro de los cartuchos observados en la actividad de los fuegos artificiales?
2. Las leyes de Kirchhoff tienen relación con la complementariedad de los espectros de emisión y absorción, ¿cómo explicarías ese fenómeno según la propuesta del modelo atómico propuesto por Böhr y la explicación a la emisión de energía?
3. ¿A qué se debe que los fuegos artificiales tengan una variedad de colores?, Dibuje a continuación una representación del cómo se explicaría desde los espectros de emisión y el modelo atómico de Böhr.
4. ¿Cuál sería la importancia del modelo atómico de Böhr en la representación de fenómenos como los espectáculos de los fuegos artificiales?
5. ¿Cuáles propuestas realizarías para que el modelo atómico no tuviese limitaciones en la explicación de fenómenos asociados a átomos polielectrónicos?

Ensayos virtuales a la llama con sales

Contexto

Muchas de las ciudades de nuestro país y del mundo acostumbran a lanzar fuegos artificiales para celebrar el Año Nuevo u otras fiestas importantes. Un ejemplo de ello es el espectáculo que brinda las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, donde los organizadores nos intentan sorprender con los colores y formas que emiten los artefactos pirotécnicos.



Los fuegos artificiales en su composición contienen explosivos que permiten la detonación, y ciertos componentes que en su proporción, permiten la emisión de colores diversos como el rojo, violeta, amarillo o naranja, que aparecen al momento de explotar.

Actividad 6

Cada grupo conformado por 4 personas, y en base a las actividades anteriormente revisadas, intentaremos dar explicación al fenómeno de los fuegos artificiales, replicando a una escala controlada lo que ocurre en el interior de un fuego artificial. Para ello, emplee la aplicación del laboratorio virtual, y realice las actividades planteadas. Cualquier situación que consideren importante de registrar, pueden realizarlo en el cuadro de observaciones.



Obs.: cuando realices la experiencia en la aplicación, toma nota de lo que se realiza y lo que ocurre

Actividad

Desde la actividad del ensayo a la llama, elabora una V de Gowin sobre la experiencia, considerando los siguientes puntos:



Aspectos formales de la elaboración del informe.

- La extensión de la V de Gowin es de una plana de hoja.
- Adjunte para su entrega un dibujo que logre explicar el fenómeno que ocurrió en la experiencia.
- Escriba el trabajo en lápiz pasta, puesto que si lo realiza en lápiz grafito entonces no habrá corrección del trabajo.
- Escriba al reverso de la hoja el nombre de los participantes y el curso.
- Una vez entregado el informe, se discutirá el proceso en la clase.

