

Eje temático:1 Enseñanza de la Química y su articulación con el nivel medio

LOS MODELOS ATÓMICOS, ANALOGÍAS Y ANÁLOGOS CONCRETOS

Silvia M. Pastorino, Damián Djirikián y Susana Juanto*.

Grupo IEC, Facultad Regional La Plata, UTN.

60 y 124, La Plata.

Mail:sujuanto@yahoo.com.ar

Resumen

Comprender los modelos atómicos y sus implicancias es un tema fundamental en Química, muchas veces opacado por el hecho que los alumnos no poseen suficientes conocimientos previos de electricidad y magnetismo, no sólo en nivel secundario sino incluso en nivel universitario. Este trabajo relata como un enfoque basado en analogías y análogos concretos puede mejorar la comprensión del tema.

Palabras clave: modelos atómicos, analogías, análogos concretos.

Introducción y objetivos

En el caso de nuestros alumnos (1er o 2do año de Ingeniería, cursando Química General, para Ingeniería Industrial, Mecánica y en Sistemas), generalmente deben tratar el tema de modelos atómicos, en Química, antes de haber tratado electricidad y magnetismo en Física, lo cual dificulta emplear la explicación usual (modelos científicos) de los libros de texto. Tampoco podemos confiar en los conocimientos previos adquiridos en el secundario, ya que son muy dispares.

Antecedentes y fundamentos

El uso de analogías y análogos concretos ya ha sido puesto en práctica por varios autores Galagovsky et al [1] mencionan que aunque sea posible utilizar modelos científicos simplificados, éstos tienen sentido para la erudición del profesor pero no así de los alumnos, quienes optan por incorporar el modelo memorísticamente. La utilización de diferentes maneras de representación (análogos concretos, modelos didácticos analógicos, etc) favorece la visualización de conceptos abstractos, porque el alumno da significado a los nuevos contenidos por asociación con otros conocimientos previos, asociación facilitada por el docente y por el intercambio con sus pares. Cita justamente como ejemplo de analogía “el budín de pasas” para el modelo de Thomson.

Raviolo [2] describe detalladamente la diferencia entre modelos, analogías y metáforas, y en otro artículo anterior, Raviolo et al [3] relatan la experiencia de enseñanza del concepto de densidad a través del empleo de un modelo analógico, observa una mejora estadísticamente significativa en la comprensión del tema, aunque no en el total de los

alumnos. Lo atribuyen a que ante la presentación de un modelo analógico algunos alumnos hacen una lectura textual del mismo, en vez de una lectura conceptual.

En nuestro caso, consideramos muy importante el desarrollo del tema de modelos atómicos, debido a que resulta muy poco comprensible tratar sólo el modelo actual, los modelos iniciales resultan más cercanos a ideas cotidianas y/o pueden construirse analogías más sencillas, de tal forma que la evolución de los modelos (y la discusión de las experiencias que los sustentaron) resulta un campo fértil para el empleo de analogías y análogos concretos, y también para que los estudiantes de ingeniería adquieran competencias propuestas por Confedi (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) y demandadas por la Coneau, (CONFEDI[4]) como pensamiento crítico y pensamiento sistémico.

A lo largo de cuatro años hemos preparado y depurado, mediante la devolución de los alumnos y el relevamiento de las evaluaciones, algunas herramientas para la mejor comprensión de los modelos atómicos, a través de analogías y análogos concretos. Algunas de ellas las empleamos también en el caso de alumnos de nivel secundario con orientación Ciencias Naturales.

Sin embargo, para profundizar en los conceptos no es lo más determinante el nivel educativo (secundario o universitario), sino los conocimientos previos. Por eso mostramos también las evaluaciones multiple choice, que pueden ser utilizadas en ambos niveles, cambiando el grado de complejidad: la consigna puede declarar que hay una sólo opción correcta, o no declararlo y dejarlo a criterio del estudiante (“elija la/las opción/opciones correcta/correctas”)

Desarrollo

Los detalles de las medidas experimentales las discutimos en base a la página <http://rabfis15.uco.es/Modelos%20At%C3%B3micos%20.NET/> , del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba, España.

La teoría atómica formulada por DALTON:

Dalton establece sus postulados partiendo de la idea de que la materia es discontinua. En el mundo macroscópico parece que la materia es continua, por ello al observar un pedazo de alambre de cobre nos da la idea de que la materia es continua, pero si imaginamos que vamos agrandando cada vez más la imagen (zoom) en un punto, llegará un momento en que visualizaremos una partícula que se corresponde con un átomo de cobre; de manera similar a ver la arena de una playa mirada desde la altura, pero cuando nos acercamos percibimos que está hecha de una infinidad de granos.

En el caso del modelo de Dalton, utilizamos esferas de telgopor de distinto tamaño, representando al átomo indivisible, sin carga, de tamaño proporcional al peso. Generalmente ejemplificamos los postulados de Dalton con la reacción (fig.1)

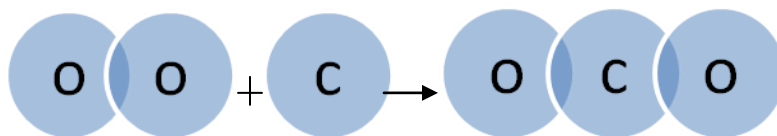


Fig.1 $C + O_2 \rightarrow CO_2$

donde la analogía nos muestra que cada átomo conserva su identidad, de tal forma que contamos 1 átomo de carbono y 2 átomos de oxígeno del lado de los reactivos y del lado de los productos. Recordamos que Dalton hablaba de átomos, no de moléculas. [2].

También mencionamos que la tecnología disponible en la época de Dalton permitía medir masa pero no cargas.

Evaluación formativa

¿porqué se conservan los átomos y no las moléculas?

Rta porque si se conservaran las moléculas no existiría reacción alguna.

1) en los postulados de Dalton, en las reacciones químicas se conservan

a) los electrones.

b) la identidad de los átomos.

c) la identidad de los compuestos.

d) ninguna de las anteriores

2) para Dalton, los átomos de distintos elementos

a) eran distintos en su volumen

b) eran distintos en su peso

c) eran iguales en sus propiedades

d) todas las anteriores

3) Dalton veía a las reacciones químicas como

a) un intercambio nuclear

b) una transferencia de e-

c) un cambio de átomos de un elemento a otro

d) una conservación de átomos

Modelo de Thomson

Para alumnos que aún no cursaron electricidad y magnetismo, la experiencia cotidiana más cercana es el tubo fluorescente (un análogo concreto): ante una diferencia de potencial, se arrancan e⁻ del gas contenido en el tubo, que chocan con las paredes del tubo, y así la pintura fluorescente de las paredes emite luz.

La experiencia de Thomson se aproxima más al tubo de rayos catódicos, de los televisores y pantallas de PC de una década atrás.

Evaluación formativa si el modelo es “budín de pasas”, los e⁻ se mueven?

Rta no, ya que los e⁻ se asimilan a “las pasas”.

1) Thomson midió

a) la existencia de protones y electrones

b) la existencia de un átomo sin cargas

c) la existencia de los electrones.

d) es un modelo matemático

2) En la experiencia de Thomson se demuestra la existencia de

a) protones en el núcleo

b) electrones fuera del núcleo

c) neutrones en el núcleo

d) ninguna de las anteriores

3) En la experiencia de Thomson se demuestra la existencia de

a) protones

b) electrones

c) neutrones

d) todos los anteriores

Modelo de Rutherford

Nuestra experiencia nos mostró que un prolijo esquema de la trayectoria de las partículas alfa entre varios átomos (fig.2) donde se observe que el núcleo es positivo y notablemente menor que la región ocupada por los electrones . [5]. son suficientes para reconocer que cargas de igual signo se repelen (partículas alfa y núcleo), aún con escasos conocimientos previos, y que sólo un choque contra otra partícula de gran masa puede provocar un “rebote”.

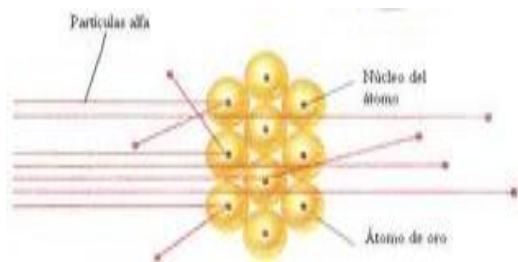


fig.2

Aquí no empleamos analogías, sino una discusión basada en el análisis de los resultados experimentales: el núcleo debía ser pequeño (pocas partículas α chocaban con él) y denso (las que chocaban, rebotaban) y de carga positiva (partículas α repelidas).

Al detectar un núcleo positivo, los e^- necesariamente están fuera del núcleo, pero no está claro porque no son atraídos por el mismo, a menos que exista una fuerza que se oponga: la fuerza resultante es la centrífuga, y los e^- describen órbitas similares al “sistema planetario”.

Para una mejor visualización de la diferencia de tamaño se hacen comparaciones : “si el núcleo es un balón de fútbol, la corteza es la región que lo rodea en un diámetro de 30 km”, o “Si el tamaño del núcleo fuera el de una arveja, el tamaño de la corteza sería el de un estadio de fútbol y el electrón sería como una pulga inquieta moviéndose alrededor del estadio”. De este modo observan que el átomo es en su mayor parte hueco, por eso se dice que la materia es básicamente vacía, puesto que entre el núcleo atómico y los electrones no hay nada.

Aquí destacamos que aunque el modelo aporta mucha información sobre el núcleo, no es así sobre las órbitas.

1) *En la experiencia de Rutherford, los datos experimentales muestran que*

a) *que el núcleo y los e^- están separados*

b) *que los e^- giran alrededor del núcleo*

c) *que los e^- tienen gran masa*

d) *ninguna de las anteriores*

2) El modelo de Rutherford se abandona porque

- a) las órbitas no estaban bien definidas
- b) no explica los números cuánticos
- c) no explica los espectros de emisión de los elementos.
- d) ninguna de las anteriores

3) en el modelo de Rutherford

- a) se demuestra la existencia de los neutrones
- b) los electrones giran dentro del núcleo positivo.
- c) los electrones giran alrededor del núcleo positivo.
- d) los electrones permanecen quietos

Modelo de Bohr

En este caso nos resultó muy ilustrativo realizar la experiencia de los espectros a la llama, con sales de bajo costo (cloruro de calcio, sulfato de cobre, bicarbonato y cloruro de sodio), adheridas a un clip metálico humedecido con agua destilada [6]. y exponiéndolo a la llama de un mechero.

Evaluación formativa:

¿porqué el bicarbonato de sodio y el cloruro de sodio emiten el mismo color?

Rta: porque se observa la emisión característica del Na.

¿cómo explica Bohr la emisión de diferentes colores para distintos elementos?

Rta porque la emisión proviene del pasaje de e⁻ de un nivel más bajo de energía a un nivel más alto, al absorber energía. Cuando vuelven al estado inicial, emiten esa energía en forma de luz visible, de longitud de onda (color) proporcional a la diferencia de energía, análogamente a los peldaños, de diferentes alturas, de una escalera.

Los espectros de emisión también explican el uso de diferentes lámparas en la vida cotidiana:

Lámpara de sodio: tiene dos electrodos que suministran la tensión eléctrica necesaria para que el vapor de sodio encienda para producir luz de color amarillo brillante.

Las **lámparas de vapor de mercurio** consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, la luz que emite es color azul verdoso.

Lámparas de vapor de mercurio de alta presión con halogenuros metálicos: El tubo de descarga tiene añadido yoduros metálicos para mejorar la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada uno de estos metales aporta nuevas líneas al espectro: amarillo el sodio, verde el talio, rojo y azul el indio.[7]

Evaluación formativa: por qué la luz emitida por la lámpara de vapor de sodio, de vapor de mercurio y lámparas de vapor de mercurio de alta presión con halogenuros metálicos son de diferente color?

Rta: porque elemento tiene un espectro de emisión característico, y el color que se percibe depende de las longitudes de onda en las que emite cada elemento (emisión que se produce cuando el átomo del elemento en cuestión pasa de su estado excitado a su estado fundamental).

1)el átomo de Bohr

a)postula la existencia de órbitas circulares.

b)explica los espectros de emisión de los elementos.

c)es el "budín de pasas".

d)explica el efecto fotoeléctrico.

2)El modelo de Bohr se abandona porque

a) las órbitas no estaban bien definidas

b)no explica los números cuánticos

c) no explica los espectros de emisión de todos los elementos.

d) ninguna de las anteriores.

Aproximaciones al modelo actual:

Onda/partícula:

Si bien los alumnos están familiarizados con la noción de partícula (caracterizada por su masa), no sucede lo mismo con el concepto de onda.

La analogía que empleamos es la de un tren, compuesto de vagones idénticos. La longitud de cada vagón es equivalente a la longitud de onda, mientras que el tiempo que tarda en pasar cada vagón frente a un observador, es análogo al período.

Para entender la idea que en una órbita estable cabe un número entero de longitudes de onda (λ) los alumnos, en papel plegado, dibujan y cortan una longitud de onda (como “la tira de muñequitos de papel”), y unen la tira en diversas partes, hasta que logran visualizar que para que la onda sea continua deben unir principio y fin (número entero de longitudes de onda)

Dualidad onda/partícula: La analogía se hace con el uso de microscopio óptico y el microscopio electrónico. Podemos ver partículas con el microscopio óptico porque la luz choca con ellas y se refleja, pero si el tamaño de las partículas es mucho menor que la longitud de onda de la luz, no “las choca”. En esos casos, para partículas muy pequeñas, usamos el microscopio electrónico...porque su longitud de onda es menor, y por lo tanto estamos tratando al electrón como onda!

Modelo atómico actual

La distribución actual que se hace de los electrones en el átomo es en forma probabilística y se basa en los resultados proporcionados por la “mecánica cuántica” la cual se puede expresar de la siguiente forma: a) Los electrones están distribuidos en niveles que poseen una determinada cantidad de energía. b) Cada nivel energético posee regiones del espacio donde existe una alta probabilidad de encontrar electrones. c) La distribución de los electrones en los diferentes niveles energéticos (orbitales), está basada en cuatro números que reciben el nombre de números cuánticos y en los principios: de Mínima Energía, de Exclusión de Pauli, y de Máxima Multiplicidad de Hund. Los números cuánticos se refieren a una propiedad del electrón y estos son: Número cuántico principal “n”, Número cuántico secundario “l”, Número cuántico magnético “m”, Número cuántico de Spin “s”
Analogías para los 4 números cuánticos:

Realizamos la comparación de un depósito de zapatos con un átomo, siendo los zapatos los electrones, de esta forma relacionamos los cuatro números cuánticos con la ubicación de los zapatos en el depósito; para ello, partimos de suponer que tenemos un depósito de zapatos con varias filas de estanterías (como sucede en una biblioteca), cada estantería con varios estantes y en cada estante cajas de zapatos. En la tabla 1 se ejemplifica la relación de nuestro depósito con los cuatro números cuánticos.

Depósito de zapatos	átomo	observación comparativa
mostrador	núcleo	Punto de partida.

Nro.de fila de estantería	número cuántico principal "n"	A mayor número de fila, más hay que caminar (mayor energía) n=1 está mas cerca del mostrador, n=3 más lejos
Nro. de estante en una estantería	número cuántico secundario "l"	A mayor altura de estante mayor energía potencial, similar al aumento de los subniveles de energía.
Nro. de caja de zapato	"m" número cuántico magnético	Cada caja de zapatos corresponde a un orbital. En las cajas de zapatos es más probable que encuentre zapatos que en los espacios vacíos, así como el orbital representa una zona del espacio donde existe una alta probabilidad de encontrar al electrón.
Zapato derecho o zapato izquierdo	"s" número cuántico del spin	En una misma caja no puede haber dos zapatos derechos así como en un orbital no puede haber dos electrones con igual spin.

Tabla 1. Comparación entre depósito de zapatos y el átomo.

Ejemplo: Estantería (nivel n=2)

sub-estante (subnivel p) 3 cajas,

3 orbitales con 2e- c/u

sub-estante (subnivel s) 1 caja,

1 orbital con 2 e-

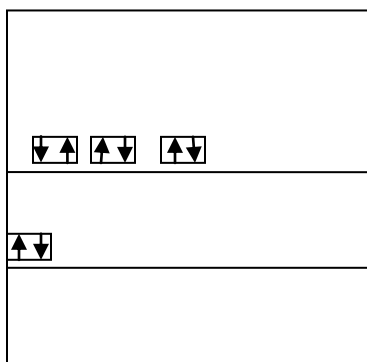


fig.3 análogo concreto

Evaluación formativa:

¿Puede haber dos electrones con los cuatro números cuánticos iguales?

Rta.: no puede haber dos electrones con los cuatro números cuánticos igual, al observar el deposito de zapatos vemos que puede coincidir el numero de estantería, estante y caja pero en una caja no debe haber dos zapatos derechos o dos izquierdos; lo mismo ocurre con los números cuánticos, al menos el número cuántico del spin debe cambiar.

Si tienen nociones de magnetismo, pueden razonarlo a partir de las propiedades magnéticas de los spines, más aún en el caso de ingeniería en sistemas, ya que explica el uso del disco duro para almacenar información como "ceros" y "unos", ya que sólo hay 2 valores posibles para los spines.

1)en el modelo actual

a)se conoce con exactitud la posición y velocidad de los e-

b)todas las orbitas son circulares

c)los números cuánticos se calculan a partir de la tabla periódica

d)ninguna de las anteriores

2)la ecuación de la onda

a)trata a los e- como onda y como partícula.

b)sólo se cumple para algunos elementos

c)se escribió después de enunciar los números cuánticos

d)todas las anteriores .

Evaluación de la propuesta y conclusiones:

Adherimos a la propuesta de Gellon et al [8], que textualmente dice “Las ideas producidas por la ciencia tienen sentido para los científicos porque éstos entienden cómo se ha manejado la evidencia, hasta qué punto las aseveraciones parten de observaciones o de modelos teóricos, qué tipo de críticas y restricciones se han hecho a determinada línea argumental, qué significa el apoyo de la comunidad científica o el valor de una publicación, e incluso en qué contexto histórico o político se ha generado una idea. Es decir, los científicos están embebidos en el proceso de la creación científica. Por el contrario, la educación tradicional en el aula ignora casi por completo el proceso de generación de las ideas, enfocando su atención casi exclusivamente en el producto final de la ciencia. Esto hace que los alumnos lleguen a comprensiones superficiales y frágiles, cuando no francamente erróneas, de las ideas científicas. Es posible y, a nuestro criterio, imperativo generar una educación en las ciencias cuyo foco sea el proceso de construcción de las ideas, a fin de que los estudiantes comprendan a fondo el significado del conocimiento científico”

En todos los casos es muy enriquecedor resaltar que se mide en la experiencia, y que se “imagina” a partir de ciertos datos, ya que generalmente el modelo comienza a mostrar fallas en las suposiciones (hipótesis). Como contraparte, se resalta la importancia de una cuidadosa medida experimental, ya que los mismos datos siguen siendo válidos aún cuando se interpreten con diferentes modelos. También se observa que los modelos evolucionan a medida que las medidas experimentales aportan más datos, debido a la creciente tecnología disponible (y seguramente lo seguirán haciendo, relación Ciencia y Tecnología)

Del intercambio con los alumnos surge claramente que sin haber cursado electricidad y magnetismo, es absolutamente necesario comenzar a desarrollar el tema a partir de analogías y análogos concretos. De otra forma, solamente el vocabulario específico se transforma en una valla insalvable. Estos alumnos al menos comprenden las analogías y análogos concretos, y pueden tener una visión de los modelos atómicos a nivel alfabetización científica.”.

Los alumnos que tienen conocimientos previos sobre electricidad y magnetismo, pueden tener una comprensión más profunda sobre los modelos atómicos y sobre las conclusiones que se extraen en cada uno, y en algunos casos inclusive continúan búsquedas en Internet por propia iniciativa.

La evaluación de nuestra propuesta es a nivel cuali-cuantitativo, ya que en cursos paralelos (a nivel universitario) en los que utiliza una enseñanza más tradicional, los docentes relatan que la comprensión del tema “modelos atómicos” es escasa. Sin embargo, en las comisiones en las que ensayamos esta propuesta los alumnos declaran: “razoné mejor”, “entendí las partículas del átomo”, “puedo explicar los modelos”.

A nivel secundario, en un establecimiento con orientación Ciencias Naturales (Instituto Canossiano San José, Berisso), al menos dos alumnos por año elijen estudiar Farmacia, o Bioquímica, o Biotecnología, y al menos otros dos Ingeniería Industrial e Ingeniería Química, sobre dos cursos de 35 alumnos, porcentaje mayor que antes de implementar este tipo de enseñanza-aprendizaje.

Las formas de evaluación, en nivel secundario, consisten en la producción, en equipo, de un modelo atómico generalmente con esferas de telgopor y alambre, donde surgen interesantes discusiones sobre la distancia y las proporciones núcleo/electrones, y un cuestionario donde deben especificar como interpreta cada modelo “núcleo” y “ubicación de los electrones”, distinguiendo por ejemplo entre “órbita” y “orbital”. En ocasiones los utilizamos también en nivel universitario, sin declarar cuántas opciones son correctas.

Por eso preferimos mostrar el tipo de evaluación que realizamos, para completar la idea de “objeto de aprendizaje”

En nivel universitario, los alumnos tiene acceso a una evaluación formativa a través de ejercicios interactivos que realizamos con el software Hot Potatoes, de dificultad creciente <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qcasis/multchoice.html>,

Y en las evaluaciones sumativas, proponemos elecciones por verdadero o falso a partir de sentencias intencionalmente escritas algunas correctamente y otras no, donde deben justificar su elección. Algunos de estos cuestionarios están disponibles en la página web de las cátedra <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qcasis/multchoice.html>, <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/quimec/multchoice.html>, así como en la página web del grupo de investigación IEC, al cual pertenecemos <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/iec/multchoice.html>

Referencias

[1] L.Galagovsky, . y A. Arduriz-Bravo. *Enseñanza de las Ciencias*, **2001**, 19 (2), 231-242

[2] A. Raviolo, *Educación Química*, enero de **2009** , 55-60.

[3] A. Raviolo, M. Moscato y A.Schnersch *Revista de Enseñanza de la Física*. **2005** Vol. 18, Nº 2, 93-103.

[4]CONFEDI:Primer acuerdo sobre competencias genéricas, Carlos Paz, 2006, en http://www.frbb.utn.edu.ar/comun/secretaria_academica/Competencias_CONFEDI.pdf

[5] <http://patrymr.wikispaces.com/Modelo+at%C3%B3mico+de+Rutherford>

[6]. <http://www.frlp.utn.edu.ar/grupos/aepeq/textespect3.html>

[7]. <http://www.inti.gob.ar/basilea/mer-lamparas.htm>

[8] G.Gellon, E.Rosenvasser Feher ; M. Furman, D. Golombek. *La ciencia en el aula*. Ed Paidós, Bs As, **2005**, pg.16.