



NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 32

abril de 2019

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



Contenido

1 Actividades de Investigación en Zaragoza España en el Área de la Nanotecnología.

Rogelio Soto Ayala

6 Poster: Un Esquema de Conversiones para la Enseñanza de la Estequiometría.

Alfredo Velásquez Márquez

Martín Bárcenas Escobar

Actividades de Investigación en Zaragoza España en el Área de la Nanotecnología.

Días antes de entrar en los años sesenta, el físico Richard Feynman todavía estaba decidiendo el título de su conferencia que había preparado para el congreso anual de la Sociedad Americana de Física (APS) celebrado en Caltech, California. Finalmente se decantó por titularla *There's Plenty of Room at the Bottom* (Hay mucho espacio en el fondo). Su charla pasaría desapercibida durante un tiempo y su publicación en la revista *Engineering and Science Magazine* sería citada únicamente siete veces en los veinte años posteriores. Muy pocos asistentes serían conscientes de que estaban presenciando el nacimiento del concepto de la nanotecnología.

A lo largo de la conferencia, toda la sala permanecería en silencio y algunos de los allí presentes le escucharon con gran escepticismo. Sin embargo, treinta años después de su muerte, Feynman (Premio Nobel de Física en 1965 por sus contribuciones al campo de la electrodinámica cuántica) es ahora considerado como uno de los padres de la nanotecnología y de la nanociencia.

En dicha plática argumentó lo siguiente: «El microscopio electrónico no es lo suficientemente bueno; con el mayor cuidado y esfuerzo, sólo puede resolver casi 10 ángstroms. Quisiera intentar inculcarles, mientras estoy hablando de

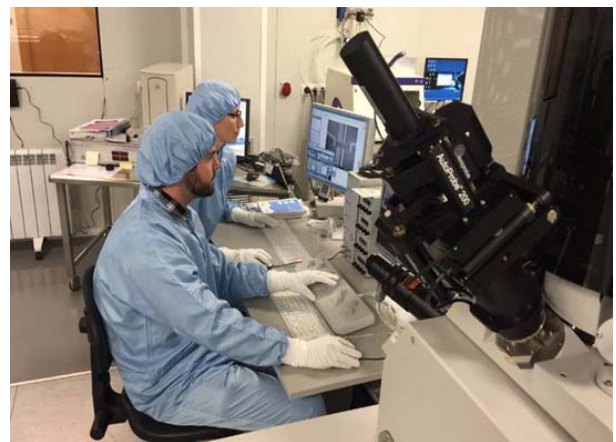
todas estas cosas en una escala pequeña, la importancia de mejorar el microscopio electrónico en cien veces. No es imposible; no está en contra de las leyes de la difracción del electrón. La duración de la onda del electrón en un microscopio semejante es sólo de 1/20 de un ángstrom. Entonces, ¿debería ser posible ver los átomos individuales? ».

Veinte años más tarde, en 1981, el sueño de Feynman de conseguir visualizar átomos se haría realidad gracias al Microscopio de Efecto Túnel (STM) inventado por el alemán Gerd Binnig y el suizo Heirich Rohrer en Zurich. Esta técnica permitiría manipular directamente los átomos actuando a escala nanoscópica, es decir, del orden de la milmillonésima parte de un metro. Diez años más tarde, en 1991, Don Eigler y Eric Schweizer serían capaces de escribir el nombre de su empresa (IBM) manipulando 35 átomos de xenón en una superficie con el uso de una versión mejorada del STM. Había nacido la era de la nanotecnología.

La presentación de esta parte introductoria haciendo alusión al científico norteamericano Richard Feynman como uno de los padres de la nanotecnología, es sólo para mostrar que, en muchos centros de investigación, dedicados a este apasionante campo, él ocupa un lugar preponderante como alguien que tuvo la visión para vislumbrar el potencial que tenía el estudio

de lo “pequeño”. El Instituto de Nanociencia de Aragón (INA) en Zaragoza, España, lugar donde el que esto suscribe desarrolló actividades de investigación, a raíz de su Año Sabático, es uno de esos lugares donde se llevan a cabo investigaciones de frontera en nanociencia y nanotecnología. En mi caso, además de realizar actividades de investigación en el INA, también las llevé a cabo en el Departamento de Química Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

La realización de los experimentos en este campo deben ser llevados a cabo meticulosamente y, sobre todo, en condiciones de limpieza extremas. Para ello se utilizan las denominadas “salas blancas”, donde el acceso a estos recintos implica el uso de vestimenta apropiada para evitar efectos de contaminación producidos principalmente por el polvo y otras partículas. La foto siguiente muestra la realización de un experimento en la sala blanca del INA.



Proceso de micro-estructuración de láminas de grafeno en la sala blanca del INA

Las investigaciones que se realizan actualmente en la Universidad de Zaragoza y en el INA abarcan campos muy variados que requieren laboratorios muy bien equipados. Existen laboratorios donde se realizan actividades tales como: Crecimiento de películas delgadas, litografía, microscopías de sonda local, microscopía electrónica de transmisión de ultra alta resolución, microscopía electrónica de transmisión, aplicaciones biomédicas, síntesis y funcionalización de nanosistemas, caracterización de nanoestructuras y microscopías avanzadas, entre otras.

Las actividades que desarrollé en la Universidad de Zaragoza pertenecen a un campo que se denomina electrónica molecular. A continuación, se da una breve descripción acerca de lo que estudia esta rama de la nanotecnología y la importancia que tiene en el desarrollo tecnológico actual.

Electrónica Molecular

La industria de los semiconductores ha sufrido al paso del tiempo una sorprendente miniaturización para satisfacer muchas de las necesidades actuales como producto de los avances científicos y tecnológicos. Sin embargo, si este ritmo continúa así, los componentes de los circuitos electrónicos llegarán a escala atómica y molecular, lo cual requerirá la

construcción de nuevos dispositivos que satisfagan las necesidades que se les exijan. La idea de que entre dos electrodos haya una o más moléculas que cumplan determinadas funciones fue establecida ya a mediados de los 70's. Este nuevo campo de conocimiento se ha dado en denominar electrónica molecular.

La electrónica molecular es un campo interdisciplinario donde las moléculas son los componentes electrónicos principales de dispositivos tan diversos como: hilos, transistores, enchufes moleculares, unidades de memoria, rectificadores, etc.

Desde hace algún tiempo, este campo está atrayendo la atención de una gran parte de la comunidad científica, debido no sólo a la fascinación asociada con los retos científicos que conlleva, sino a los retos tecnológicos a los que se tiene que enfrentar para cumplir con una función determinada.

Es necesario distinguir entre dispositivos que funcionan con base en el uso de materiales orgánicos para aplicaciones electrónicas, que están conformados por millones de moléculas y cuyo comportamiento es a nivel macroscópico, tales como los cristales líquidos y los diodos emisores de luz, y cuya investigación ya se ha desarrollado desde hace algún tiempo en el

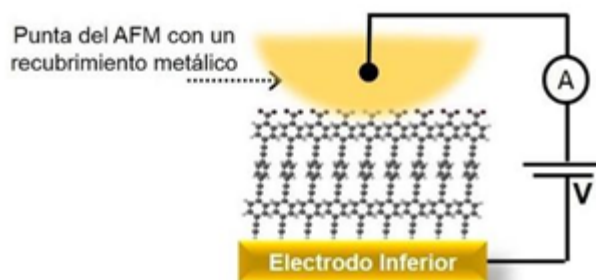
marco de la conocida como electrónica orgánica, y aquella investigación que hace uso de moléculas individuales para cumplir determinada función que se conoce como electrónica molecular. Por otro lado, en el área de la nanotecnología, el uso de moléculas como elementos constructores para dar lugar a un sistema más complejo es referido como enfoque “bottom-up”, en contraste con el enfoque “top-down”, que es empleado para obtener estructuras a escala nanométrica a partir de estructuras de mayores dimensiones.

Una de las áreas a las que se enfoca la electrónica molecular actualmente, se refiere al hecho de colocar entre dos electrodos inmóviles una capa de moléculas (monocapa) orientadas adecuadamente, e investigar el tipo de fuerzas intermoleculares que se generan entre las moléculas y los electrodos, la inclinación que la molécula tiene respecto a los mismos, el espesor de dicha capa molecular, el análisis de la respuesta corriente–voltaje que se establece entre el electrodo y la molécula, la conducción eléctrica a nivel molecular, los materiales más idóneos que pueden conformar los electrodos para tener dispositivos más robustos y que sean estables, etc. Sin duda, la obtención de dispositivos que estén libres de defectos y que cumplan ad hoc con los requerimientos para los que van a ser construidos llevará todavía algún

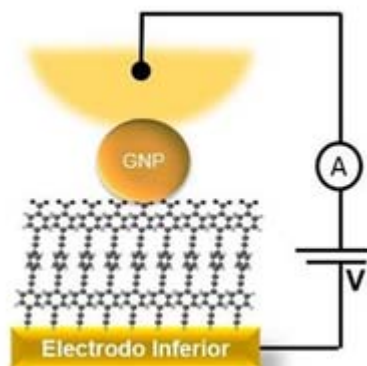
tiempo, ya que antes se deberán resolver algunos problemas metodológicos importantes.

A continuación, se muestra la foto de un “sándwich molecular” denominado así por la similitud que existe con el típico sándwich alimenticio.

a



b



En la foto anterior se observa, en **a**, que el electrodo superior puede estar conformado por la punta de un Microscopio de Fuerza Atómica (AFM), o bien, en **b**, por una nanopartícula de oro (GNP). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, se pueden generar muchas combinaciones, variando los electrodos inferior y

superior, así como la composición de la capa orgánica que se coloca entre ellos.

Un aspecto positivo que han generado y están generando las investigaciones en el campo de la electrónica molecular, así como en otros campos, es el desarrollo tecnológico que se está operando en la construcción de dispositivos tales como microscopios, detectores, fuentes de luz, materiales piezoeléctricos, etc., que son necesarios para la medición y caracterización de las diversas propiedades inherentes a los dispositivos moleculares fabricados. Es por ello que, la electrónica molecular es un campo interdisciplinario donde confluyen disciplinas tales como la química, la física, la biología, etc., y es un hecho que también estas disciplinas han sufrido avances significativos en forma simultánea.

El depósito de moléculas orgánicas sobre el electrodo inferior se lleva a cabo mediante una técnica que se denomina autoensamblaje. Los fundamentos de esta técnica se indican a continuación.

Autoensamblaje

El autoensamblaje es un proceso mediante el cual determinadas moléculas se depositan y se alinean sobre una superficie en forma natural, al ponerse en contacto una disolución de un

compuesto orgánico con un sustrato. Este proceso se lleva a cabo debido a que el cambio de energía libre del mismo es negativo.

Recordando que el cambio de energía libre en un proceso a presión (p) y temperatura (T) constantes está definido como:

$$\Delta G_{p,T} = \Delta H - T\Delta S$$

Se puede observar que en el proceso intervienen dos factores: uno relacionado con las fuerzas de enlace entre las moléculas y la superficie (ΔH), y el otro asociado con factores entrópicos (ΔS). Así, el signo de ΔG dependerá de la magnitud de cada uno de los factores puestos en juego. Experimentalmente se sabe que las moléculas se alinean más cuando las superficies son planas, aunque esto implique una disminución en la entropía del sistema. Asimismo, el sistema tiende a formar preferentemente monocapas que multicapas.

El fenómeno de autoensamblaje se presenta en procesos que han sido conocidos por el hombre desde hace ya algún tiempo. Fenómenos tales como la catálisis y la adsorción, son ejemplos patentes de ello.

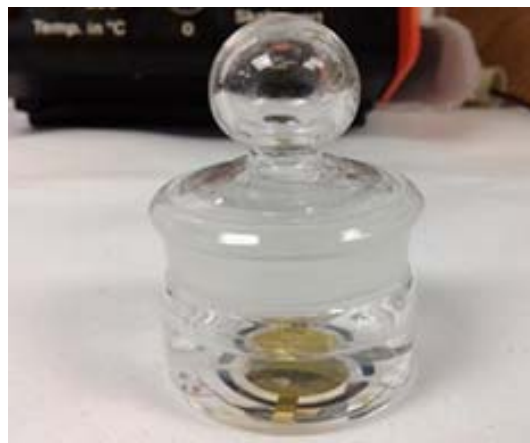
Las monocapas autoensambladas (SAM) son ensamblados moleculares que se forman espontáneamente como producto de la

interacción sustrato-molécula en disolución. Hasta la fecha se han obtenido monocapas de varios compuestos sobre determinados sustratos. Algunos ejemplos son: alcanotioles sobre oro, alcoholes y aminas sobre platino, ácidos carboxílicos sobre óxido de aluminio, etc.

Una molécula que se deposita sobre el sustrato consta fundamentalmente de tres partes: el grupo (hidrofílico) que se une químicamente al sustrato, y que, en muchos casos, forma enlaces covalentes (quimisorción) con el mismo; los esqueletos de las moléculas propiamente dichas y donde se manifiestan fundamentalmente fuerzas de van der Waals, al interaccionar entre ellas, y el grupo terminal, que normalmente suele ser un grupo alquílico; es decir, hidrofóbico.

En cuanto al electrodo superior, éste puede ser de diferente naturaleza y puede ser colocado sobre la monocapa orgánica mediante diversas técnicas, incluyendo el autoensamblaje.

La foto que se muestra a continuación muestra un recipiente en el cual se llevan a cabo experimentos de autoensamblaje. El disco que se encuentra sumergido en la disolución del compuesto orgánico se conoce como resonador de cuarzo y contiene una capa superficial de oro, sobre la cual se depositan las moléculas que se encuentran en la disolución.



Después de cierto tiempo de inmersión en la disolución, el resonador de cuarzo se saca de ella, se lava con el disolvente que contiene la disolución y se seca perfectamente con una corriente de nitrógeno. La masa de las moléculas adsorbidas se determina con una Microbalanza de Cristal de Cuarzo (QCM). De esta manera, se puede generar una gráfica que permite conocer la masa de moléculas adsorbidas en el tiempo, incluyendo, por supuesto, el tiempo en el cual el resonador de cuarzo alcanza la saturación.

El haber incursionado en este nuevo campo del conocimiento ha representado una experiencia muy grata: me ha permitido conocer el estado del arte en el campo de la electrónica molecular, conocer las técnicas de fabricación de los circuitos moleculares, reflexionar sobre la razón de ser de cada una de las actividades experimentales llevadas a cabo y, finalmente, poner en práctica todos estos conocimientos mediante el desarrollo de un proyecto a nivel personal.

Se puede observar a raíz de lo presentado en este documento que el área de la electrónica molecular requiere conocimientos de algunas disciplinas, como la química, la física, la termodinámica, etc., que son asignaturas fundamentales que forman parte del tronco común en el estudio de una carrera de ingeniería. Desde este punto de vista, los alumnos de la Facultad de Ingeniería, tienen las bases suficientes para incursionar en éste y en otros campos de la nanotecnología y de las nanociencias. Esta área del conocimiento representa un campo fértil, extenso y de mucha aplicación para aquellos estudiantes interesados en ella. Así como el conocimiento del carbono ha permitido generar estructuras como el grafeno, los fullerenos, el carbón pirolítico altamente ordenado, etc., compuestos que tienen aplicaciones diversas, los otros elementos de la tabla periódica están a la espera de ser estudiados concienzudamente con el objeto de incrementar el conocimiento humano acerca de

ellos, tanto en el aspecto teórico como en el de las aplicaciones.

Agradecimientos

Deseo externar mis agradecimientos a la Facultad de Ingeniería y a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM su apoyo para la realización de las actividades de investigación llevadas a cabo en la Universidad de Zaragoza, España, durante mi Año Sabático.

Referencias

1. <https://principia.io/2018/05/07/si-senor-feynman-habia-mucho-espacio-al-fondo.ljc2MCI/>
2. https://static01.heraldo.es/uploads/imagenes/8col/2016/05/31/geaphenenanotech_c26a6f38.jpg?5d260369c8eb77f04934a0d6200410ff
3. <http://ina.unizar.es/es/investigacion/laboratorios/>

Rogelio Soto Ayala

Rsoto54@hotmail.com

Profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

***“Tenemos que abandonar el sentido común,
con el fin de percibir lo que está sucediendo a nivel atómico”***

***“La prueba de todo conocimiento es el experimento,
el experimento es el único juez de la verdad científica”***

Richard P. Feynman (1918-1988) Físico estadounidense.



UN ESQUEMA DE CONVERSIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA ESTEQUIOMETRÍA



M. en C. Q. Alfredo Velásquez Márquez (velasquez777@yahoo.com.mx), Ing. Martín Bárcenas Escobar (martin_b_e@yahoo.com.mx); División de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

Introducción

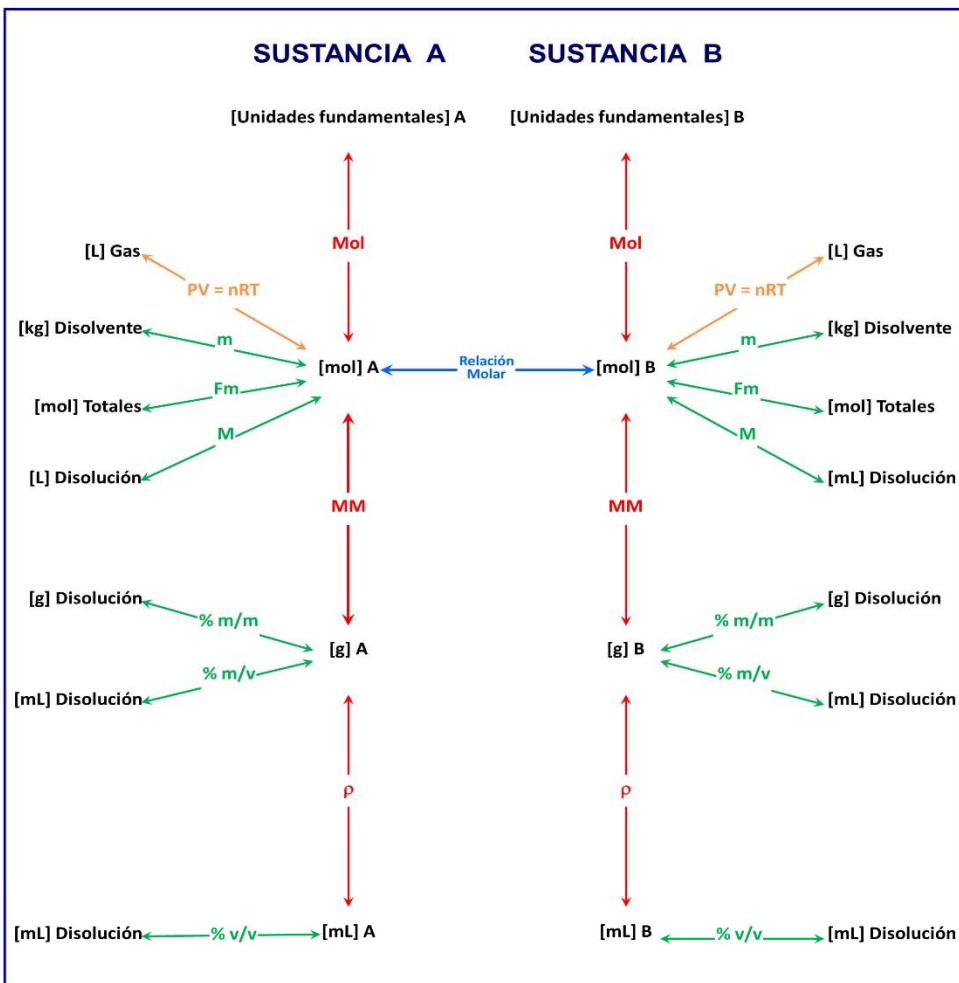
En la Facultad de Ingeniería de la UNAM, 12 de las 13 carreras que se imparten, llevan un curso de Química que contiene el tema de estequiometría, el cual se ha detectado como uno de los temas de difícil aprendizaje para los alumnos. Para atender este problema, se elaboró el presente esquema de conversiones, que permite visualizar de una forma sencilla, los conceptos involucrados y la secuencia de conversiones que se emplean comúnmente al realizar cálculos estequiométricos.

Descripción

En el esquema, se plantean básicamente cuatro tipos de conversiones:

- Entre cantidades de una misma sustancia (unidades fundamentales, moles, gramos y mililitros), donde se emplean los conceptos de mol, masa molar y densidad.
- Entre cantidades de una sustancia y cantidades de una disolución de la sustancia, donde se emplean las llamadas unidades de concentración (m, Fm, M, %m/m, %m/v, %v/v)
- Entre el volumen y los moles de una sustancia en fase gaseosa, donde se emplea la ecuación de estado del gas ideal.
- Entre moles de diferentes sustancias, donde se emplea la relación molar que presentan dichas sustancias.

Estas conversiones se llevan a cabo empleando factores de conversión, que no son otra cosa que reglas de tres expresadas como cocientes; cabe mencionar, que estrictamente hablando, el uso de la ecuación del gas ideal no es una conversión; sin embargo, se incluyó en el esquema por ser de uso común en cálculos estequiométricos. Adicionalmente, combinando los cuatro tipos de conversiones, se pueden plantear las secuencias de conversiones adecuadas para resolver diversos ejercicios propios de estequiometría, que involucren o no reacciones químicas.

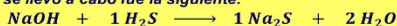


Ejemplo 1: Determine cuántos átomos de mercurio se tienen en 140 [mL] de mercurio.

Resolución: En este ejemplo se tienen que obtener [átomos] de Hg a partir de [mL] de Hg; por lo tanto, tomando como base el esquema, se puede decir que se tienen [mL] de la sustancia A, de tal forma que, para obtener átomos de la sustancia A, se tienen que emplear los conceptos de densidad, masa molar y mol, en ese orden y en forma de factores de conversión. Por otra parte, como no se proporciona la densidad, ésta se puede consultar fácilmente en la tabla periódica; de tal forma que, el esquema de cálculo para obtener el resultado deseado, sería el siguiente:

$$140 \text{ [mL]Hg} \left(\frac{13.6 \text{ [g]Hg}}{1 \text{ [mL]Hg}} \right) \left(\frac{1 \text{ [mol]Hg}}{200.59 \text{ [g]Hg}} \right) \left(\frac{6.022 \times 10^{23} \text{ [átomos]Hg}}{1 \text{ [mol]Hg}} \right) = 5.716 \times 10^{24} \text{ [átomos]Hg}$$

Ejemplo 2: Se hacen reaccionar 0.35 [L] de una disolución acuosa 2.1 [M] de NaOH, con un exceso de H₂S, si la reacción procedió con un 100 % de rendimiento, determine cuántos gramos de Na₂S se produjeron. La reacción que se llevó a cabo fue la siguiente:



Resolución: En este ejemplo se tienen que obtener [gramos] de Na₂S a partir de [L] de una disolución; por lo tanto, tomando como base el esquema, se puede decir que se tienen [L] de una disolución de una sustancia A, de tal forma que, para obtener [g] de una sustancia B, se tienen que emplear los conceptos de molaridad, relación molar y masa molar, en ese orden y en forma de factores de conversión. En este caso, el esquema de cálculo para obtener el resultado deseado, sería el siguiente:

$$0.35 \text{ [L]Disolución} \left(\frac{2.1 \text{ [mol]NaOH}}{1 \text{ [L]Disolución}} \right) \left(\frac{1 \text{ [mol]Na}_2\text{S}}{2 \text{ [mol]NaOH}} \right) \left(\frac{78 \text{ [g]Na}_2\text{S}}{1 \text{ [mol]Na}_2\text{S}} \right) = 28.665 \text{ [g]Na}_2\text{S}$$

El contenido de los artículos publicados en este boletín, es responsabilidad exclusiva de los autores.

Dudas o comentarios: velasquez777@yahoo.com.mx

Editor: M. en C. Q. Alfredo Velásquez Márquez