



NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 22

Noviembre de 2015

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



Contenido

1 Descargas eléctricas en gases

Rogelio Soto Ayala

Salvador Enrique Villalobos Pérez

6 Un esquema de conversiones para la enseñanza de la estequiometría

Alfredo Velásquez Márquez

Descargas eléctricas en gases

El presente trabajo es el resultado del interés, de los académicos que lo suscriben, en relación con el estudio de la Física y la Química involucrada en las descargas eléctricas en gases y tiene su origen en los cursos de superación docente impartidos a profesores, por los autores, en la Coordinación de Física y Química de la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería UNAM.

Resulta bien conocido que el estudio cuantitativo de los gases debe situarse, en un inicio, en la segunda mitad del siglo XVII, sin olvidar que la connotación de la palabra “gas” tiene su origen en el vocablo griego “chaos” atribuido a J.B Van Helmont.

En Física Clásica el estudio de los gases al menos admite un par de enfoques que permiten conocer su comportamiento, a saber: El enfoque macroscópico de la Termodinámica Clásica y el enfoque microscópico de la Mecánica Estadística.

En el estudio que nos compete para este trabajo, que se refiere al estudio de las descargas eléctricas en gases, nos convendrá entender a un gas como un sistema de partículas que obedece a una distribución de Maxwell-Boltzmann, sin olvidar que las variables termodinámicas susceptibles de ser medidas o determinadas resultan ser las variables macroscópicas usuales.

No obstante, el estudio de la conducción eléctrica en gases dista un poco de los modelos conocidos de conducción eléctrica en sólidos conductores, por la naturaleza misma de los diferentes estados de agregación de la materia; ya que mientras en el estado sólido las distancias interatómicas son pequeñas, en los gases a baja presión, por ejemplo, las distancias entre moléculas son grandes comparadas con el llamado camino libre medio, esto es con la distancia que ellas recorren antes de interactuar con sus pares.

Una descarga eléctrica en un medio gaseoso, es un fenómeno en el que un gas, que normalmente, no conduce la electricidad, empieza a hacerlo debido a la ionización de sus átomos, como consecuencia de la influencia de una fuente energética (calor, radiación o campo eléctrico), que provoca una diferencia de potencial entre los electrodos colocados en el gas. La conducción eléctrica a través de este gas ionizado no sigue la ley de Ohm, sino que se rige por los procesos físicos elementales que se dan entre las partículas cargadas (electrones, iones positivos, átomos y moléculas excitadas) transportadas en el gas y producidas y absorbidas en los electrodos. El grado de ionización puede variar desde el 100% (gases totalmente ionizados), a valores muy bajos: 10^{-4} % – 10^{-6} % (en tal caso se habla de gases parcialmente ionizados).

En un gas ordinario cada uno de sus átomos contiene un número igual de cargas positivas y negativas; las cargas positivas (en el núcleo) están rodeadas por un número igual de electrones cargados negativamente, de tal manera que, en conjunto, cada átomo es eléctricamente neutro.

Un gas se transforma en un medio conductor cuando la adición de energía causa que un cierto número de los electrones del átomo (o bien todos) se liberen, generando, en consecuencia, iones positivos.

Como ya se comentó, los gases normalmente no son buenos conductores eléctricos (si lo fueran, todas las pilas y las baterías se descargarían rápidamente al producirse cortocircuitos a través del aire), pero sometidos a tensiones eléctricas muy altas o a presiones muy bajas pueden conducir la corriente eléctrica. El rayo es un ejemplo extremo del paso de electricidad a través de un gas, mientras que los tubos fluorescentes normales o los anuncios de neón también constituyen ejemplos donde se utiliza el paso de una corriente eléctrica a través de un gas.

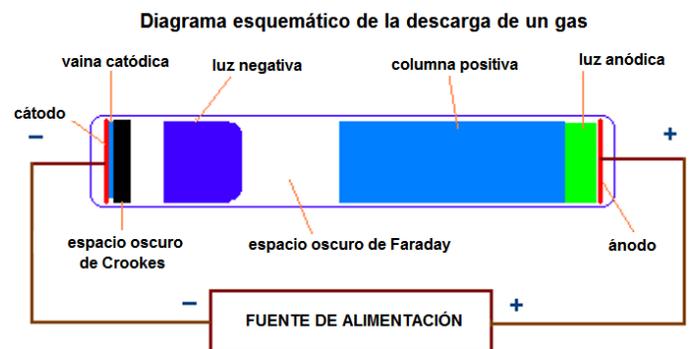
Cuando una diferencia de potencial lo suficientemente alta se aplica entre dos electrodos colocados en un gas, éste se descompondrá en iones positivos y electrones, generando una descarga gaseosa. Este

mecanismo se puede explicar de la manera siguiente: normalmente, pocos electrones son emitidos de los electrodos debido a la radiación de fondo. Sin aplicar una diferencia de potencial, los electrones emitidos no son capaces de mantener una descarga; sin embargo, cuando se aplica una diferencia de potencial a los electrodos, los electrones del cátodo se aceleran debido al campo eléctrico establecido y colisionan con los átomos del gas.

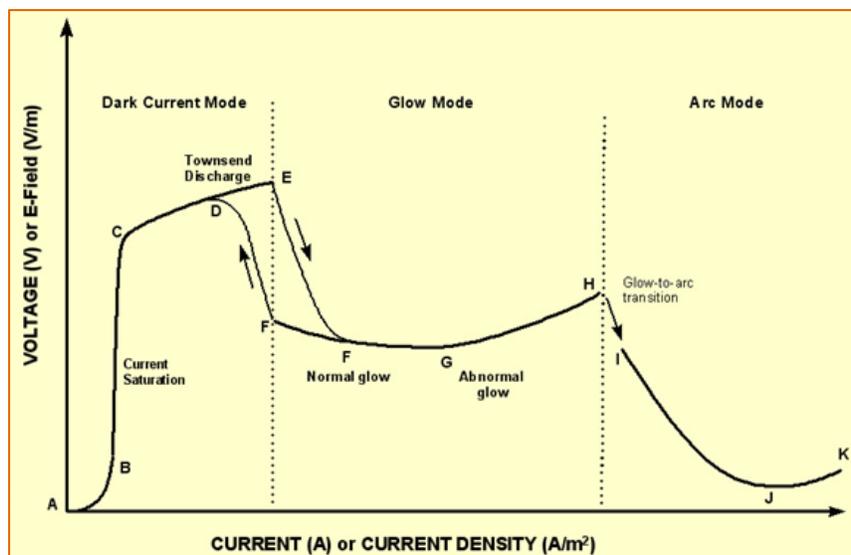
Las colisiones más importantes son las colisiones inelásticas, que dan lugar a la excitación y a la ionización de los átomos. Las colisiones que dan lugar a excitaciones, seguidas por desexcitaciones, originan emisión de radiación (manifestada generalmente mediante una descarga luminosa). Por otra parte, la ionización crea nuevos electrones e iones positivos. Estos últimos se aceleran hacia el cátodo, debido al campo eléctrico, y liberan nuevos electrones (efecto conocido como

emisión electrónica secundaria). Estos electrones dan lugar a nuevos procesos de ionización y de excitación, de tal manera que se establece un proceso auto-sostenido, dando lugar a una descarga gaseosa.

El fenómeno descrito, al interior de un tubo de descarga, puede observarse en la siguiente figura:



Trataremos a continuación de describir los distintos escenarios posibles del comportamiento del gas, como un medio conductor, a través del estudio de los parámetros eléctricos usuales de corriente eléctrica y diferencia de potencial mediante el análisis de la siguiente figura:



Región A–B: Al incrementar el voltaje se observa una corriente débil provocada por la migración hacia los electrodos de cargas producidas mayormente por fuentes externas de radiación.

Región B–C: si el voltaje se aumenta lo suficiente se alcanza un valor de saturación de la corriente. En esta región la corriente permanece prácticamente constante a pesar de que aumente V .

Región C–E: Si se sigue aumentando el voltaje la corriente comienza a crecer exponencialmente. La energía que alcanza un electrón inicial es suficiente para ionizar un átomo o una molécula del gas. Si el campo es suficientemente intenso el electrón secundario (producto de esa ionización) puede ionizar otro átomo o molécula, produciendo un efecto de avalancha. Esta región recibe el nombre de descarga Townsend. Las corrientes típicas de esta región varían entre 10^{-10} - 10^{-5} A.

El régimen entre los puntos A y E de la curva recibe el nombre de descarga oscura ya que la excitación del medio gaseoso es tan pequeña que no se observa emisión de luz.

Punto E: Aquí, la corriente puede aumentar entre 4 y 8 órdenes de magnitud, debido a la contribución de cargas liberadas en procesos de emisión secundaria por la incidencia de

iones y fotones sobre el cátodo. Existe ruptura del dieléctrico.

En la región denominada Glow Mode, se lleva a cabo emisión de radiación visible. La luminosidad se debe a que la energía y densidad de las cargas son suficientes para provocar numerosas excitaciones en el medio gaseoso, cuya desexcitación produce emisión de luz.

Región F–G: Después de una transición abrupta entre E y F (curva superior), se alcanza el régimen de descarga glow normal. En esta región el voltaje entre los electrodos es prácticamente independiente de la corriente. Esto se debe a que se produce un aumento del área a través de la cual fluye la corriente.

Región G–H: En el punto G, comienza una zona denominada descarga luminiscente anormal, en el que la descarga luminiscente ha agotado su capacidad de crecer en intensidad aumentando el área y comienza a requerir más tensión para la multiplicación de electrones, invadiendo toda la zona del cátodo que le es accesible. En el punto H, la corriente es tan intensa que es capaz de calentar el cátodo hasta la incandescencia, produciendo intensa emisión termoiónica y dando lugar a un arco (región Arc Mode), pasando por una transición inestable, denominada transición luminiscencia-arco (región H–I). El arco se genera cuando los

valores de la corriente son de 1 A, aproximadamente.

Si se parte del punto G y se recorre la curva hacia la izquierda se observa un ciclo de histéresis.

Los autores desean, por este medio, agradecer el apoyo del Programa de Actualización Docente (PASD) en la Facultad de Ingeniería UNAM a través de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) para la elaboración de este trabajo.

Referencias

1. Sánchez, Alberto. "Introducción a la Física Moderna", México, Facultad de Ingeniería, 2000.
2. Beiser, Arthur. "Concepts of Modern Physics" ,sixth edition, Mc Graw Hill, 2003.

3. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70196/fichero/Capitulo3%252Fcapitulo3.pdf>

4. <http://users.df.uba.ar/acha/Lab5/Glow.pdf>.

Las imágenes se tomaron de:

<http://ciudaddelostechosrojos.blogspot.mx/>

<http://www.ojocientifico.com/2011/05/25/el-experimento-de-la-doble-rendija-de-thomas-young>

<http://grupoquark.jimdo.com/problema-de-f%C3%ADsica-de-la-semana/anteriores/>

<http://gdl.cdlr.strath.ac.uk/mlemen/mlemen078.htm>

http://pioneros.puj.edu.co/biografias/edad_contemporanea/1800_1820/james_prescott_joule.html

Rogelio Soto Ayala

rsoto54@hotmail.com

Salvador Enrique Villalobos Pérez

villasalen@yahoo.com.mx

Profesores de Carrera en la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

Esquema de conversiones para la enseñanza de la estequiometría

La estequiometría es la rama de la química que permite determinar las cantidades de reactivos y de productos involucrados en una reacción química. Por lo general para determinar dichas cantidades se emplean reglas de tres o factores de conversión (un factor de conversión es una regla de tres expresada como cociente), pero debido a la gran cantidad de cálculos que se pueden realizar, es común que resulte difícil resolver ejercicios que impliquen el uso de varios factores; esto se debe principalmente, a

que la secuencia correcta de operaciones no siempre es fácil de determinar.

En este artículo, se propone el uso de un esquema de conversiones que permite identificar de forma sencilla, la secuencia de conversiones o cálculos que se deben realizar, para obtener una cantidad deseada a partir de una determinada cantidad que se proporciona como dato.

Para hacer uso de dicho esquema, se deben conocer los conceptos siguientes:

- Mol (Mol)
- Masa molar (MM)
 - Masa Atómica
 - Masa molecular
- Densidad (ρ)
- Relación molar (RM)
- Unidades de concentración
 - Molaridad (M)
 - Fracción molar (Fm)
 - Molalidad (m)
 - Porcentaje masa-masa (% m/m)
 - Porcentaje masa-volumen (% m/v)
 - Porcentaje volumen-volumen (% v/v)
- Ecuación de estado del gas ideal

Como es bien sabido, tomando como base la definición de cada uno de los conceptos anteriores (excepto la ecuación de estado del gas ideal), se obtienen factores de conversión; por ejemplo, en el caso del concepto de mol, la definición nos dice que “una mol es una unidad de cantidad de materia que contiene tantas unidades, como átomos del isótopo de carbono-12 existen en 12 gramos del isótopo de carbono-12”, esa cantidad es un valor fijo que corresponde a 6.022×10^{23} unidades. El factor que se obtiene de tal definición es el siguiente:

$$\left(\frac{1 \text{ [mol]}}{6.022 \times 10^{23} \text{ [unidades]}} \right)$$

Que también se puede emplear de la forma siguiente:

$$\left(\frac{6.022 \times 10^{23} \text{ [unidades]}}{1 \text{ [mol]}} \right)$$

De esta forma, si tenemos 1.35 [mol] de oro (Au), la cantidad de átomos de oro que hay en esos moles se calcularía de la forma siguiente:

$$1.35 \text{ [mol]Au} \left(\frac{6.022 \times 10^{23} \text{ [átomos]Au}}{1 \text{ [mol]Au}} \right) = \dots$$

$$\dots = 8.1297 \times 10^{23} \text{ [átomos]Au}$$

En este artículo no se definirán los diferentes conceptos, simplemente se da por sentado que ya se conocen y que se emplearán los factores de conversión que de ellos se obtienen.

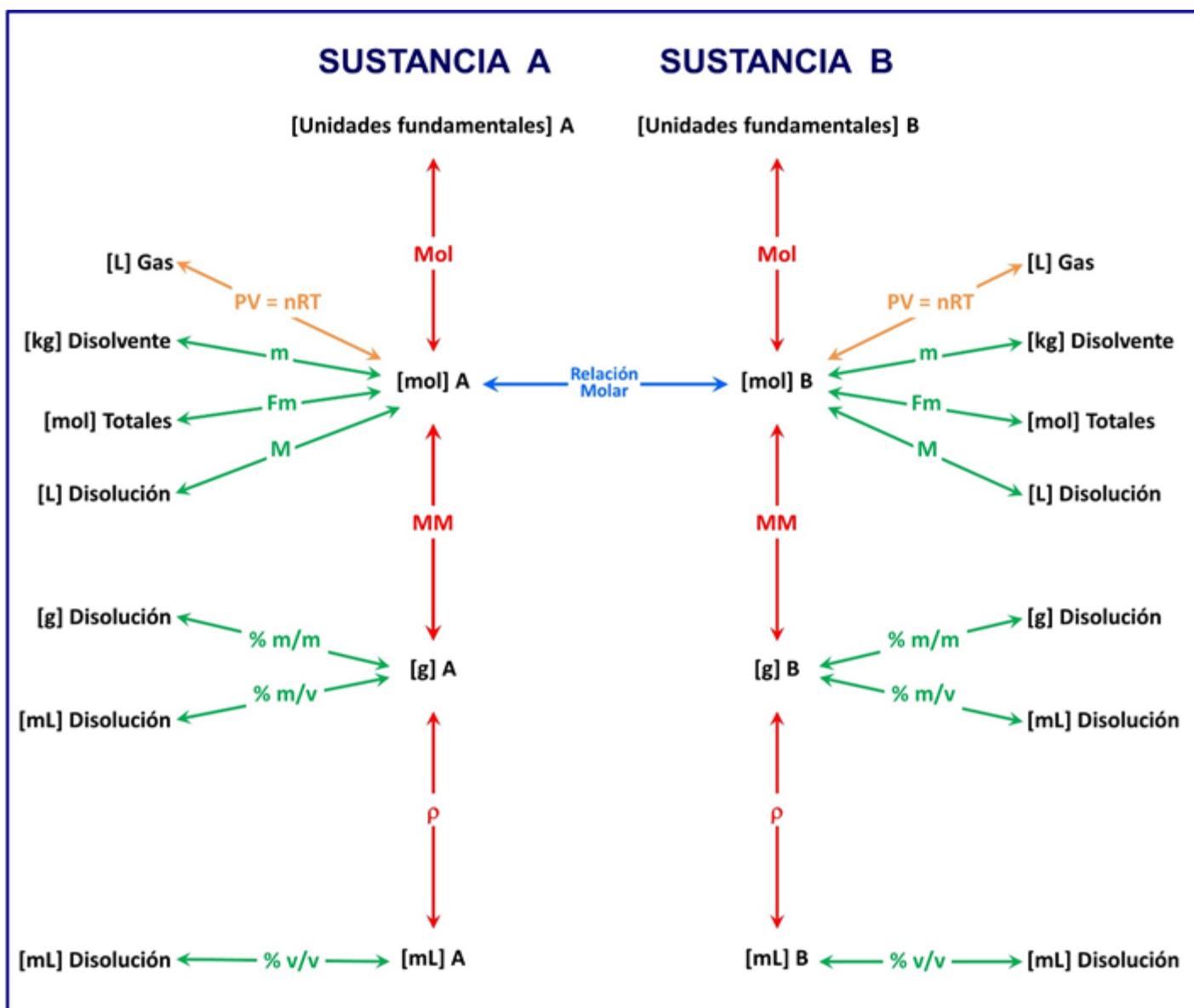
En el esquema, se plantean básicamente cuatro tipos de conversiones:

1. **Entre cantidades de una misma sustancia (unidades fundamentales, moles, gramos y mililitros), donde se emplean los conceptos de mol, masa molar y densidad.**
2. **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)**
3. **Entre el volumen y los moles de una sustancia en fase gaseosa, donde se emplea la ecuación de estado del gas ideal.**
4. **Entre moles de diferentes sustancias, donde se emplea la relación molar que presentan dichas sustancias.**

Se emplean diferentes colores al describir estas conversiones para que se puedan identificar fácilmente en el esquema. Por otra parte, combinando esos cuatro tipos de conversiones, se pueden plantear las secuencias de cálculo adecuadas para resolver diversos ejercicios propios de la estequiometría, que involucren o no,

reacciones químicas. Cabe recalcar que, estrictamente hablando, el uso de la ecuación de estado del gas ideal no es una conversión; sin embargo, se incluyó en el esquema por ser de uso común en los cálculos estequiométricos.

El esquema propuesto en este artículo es el siguiente:

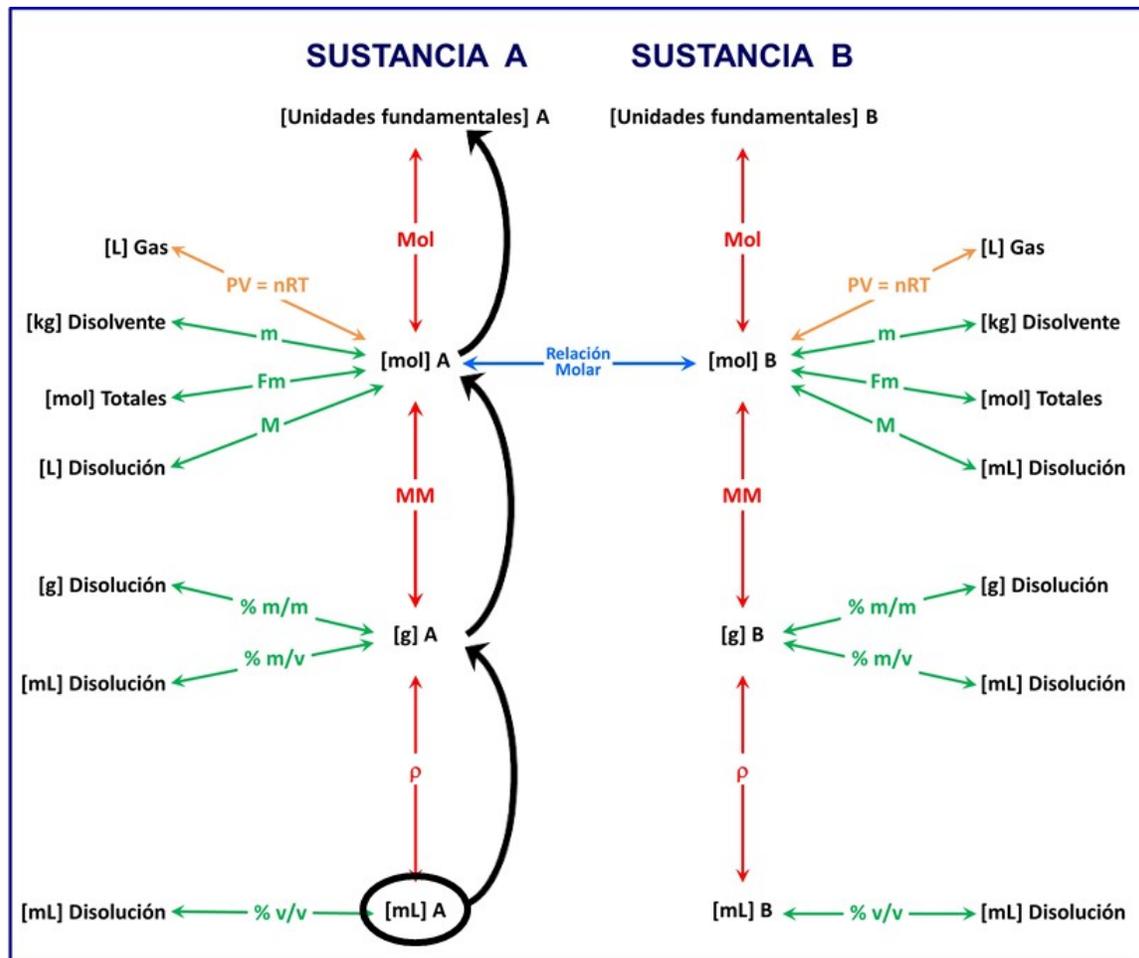


Para ejemplificar el uso del esquema, a continuación se describe la forma de resolver 2 problemas:

1. Determine cuántos átomos de mercurio (Hg) se tienen en 140 [mL] de mercurio, cuya densidad es de 13.6 [g·mL⁻¹].

Resolución

En este caso y con base en el esquema, se entiende que a partir de los mililitros de mercurio ([mL] A), se deben determinar los de átomos de mercurio ([unidades] A); para ello, como se observa en el esquema siguiente, e indicado con flechas negras, primero se deberán de obtener [g] A, después [mol] A y finalmente [unidades] A.



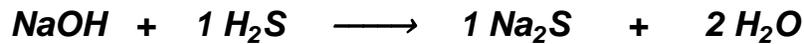
Con base en lo anterior, se tienen que emplear los conceptos de densidad, masa molar y mol, en ese orden y en forma de factores de conversión; así que, el esquema de cálculo para obtener el resultado deseado, sería el siguiente:

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

ρ_{Hg}
 MM_{Hg}
Mol

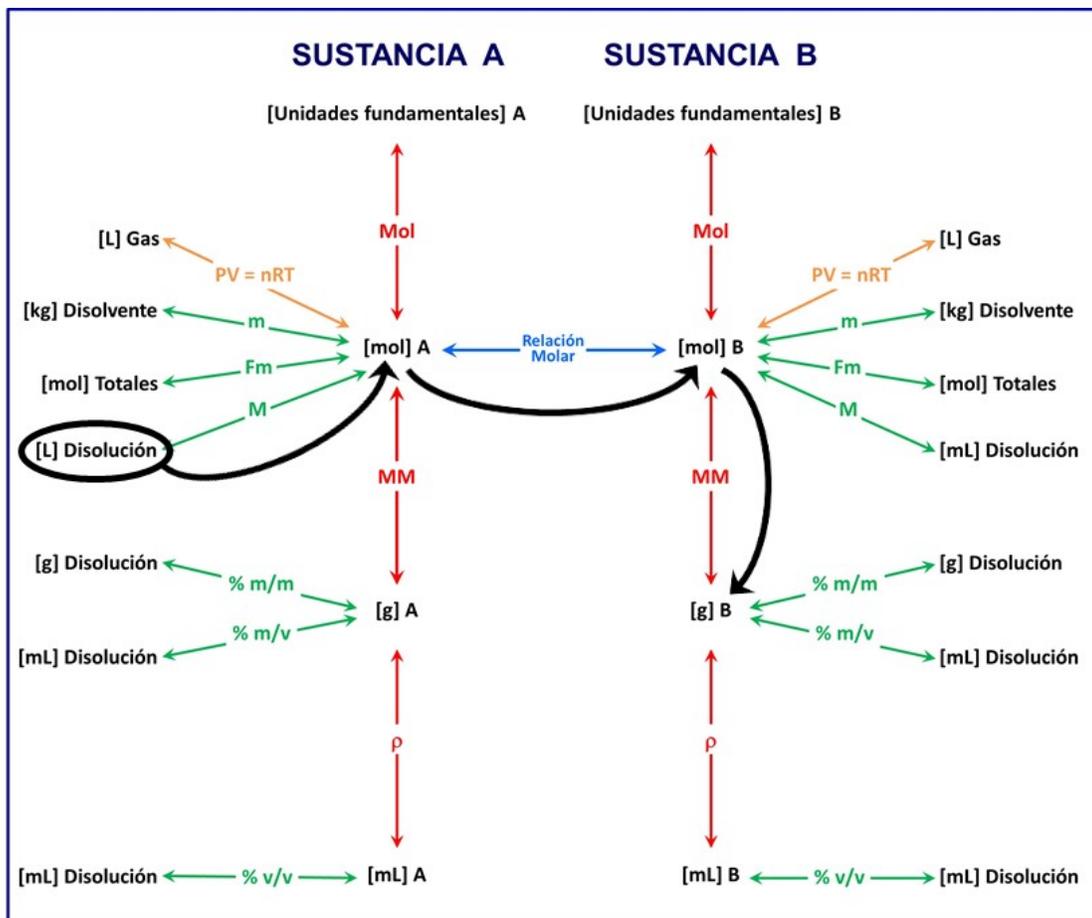
En el cálculo anterior, se indica en color rojo el concepto que se empleó para obtener el factor de conversión correspondiente.

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 producen. La reacción que se llevó a cabo fue la siguiente:



Resolución

En este ejemplo se tienen que obtener gramos de Na₂S a partir de litros de una disolución; por lo tanto, tomando como base el esquema, se puede decir que se tienen [L] **disolución** de una sustancia A, para obtener [g] **B**; Para ello, se tienen que emplear los conceptos de molaridad, relación molar y masa molar, en ese orden, como se aprecia en el esquema siguiente:



En este caso, el esquema de cálculo para obtener el resultado deseado, sería el siguiente:

$$0.35 [L]Disolución \underbrace{\left(\frac{2.1 [mol]NaOH}{1 [L]Disolución}\right)}_M \underbrace{\left(\frac{1 [mol]Na_2S}{2 [mol]NaOH}\right)}_{R. Molar} \underbrace{\left(\frac{78[g]Na_2S}{1 [mol]Na_2S}\right)}_{MM_{Na_2S}} = 28.665[g]Na_2S$$

Como se puede observar, una vez que se analiza y se detecta cuál es el dato principal y el valor al que se quiere llegar, es sencillo determinar qué factores de conversión se deben emplear y en qué secuencia se deben de colocar en el esquema de cálculo para obtener el resultado deseado. También se pudo observar, que el esquema se puede aplicar a una sustancia sola o a dos sustancias que intervienen en una reacción química.

Agradecimientos:

El autor agradece la revisión y los acertados comentarios que realizaron los profesores Ing. Martín Bárcenas Escobar; M. en A. Ayesha Sagrario Román García; M. en A. Violeta Luz María Bravo Hernández; Q. Antonia del Carmen Pérez León y Q. Esther Flores Cruz.

2. Chang, Raymond; Goldsby, Kenneth Química, 11ª edición; McGraw-Hill: México, 2013.
3. Kotz, John C.; Treichel, Paul M. Química y Reactividad Química, 5ª edición; Thomson: México, 2004.

Alfredo Velásquez Márquez

velasquez777@yahoo.com.mx

Profesor de Carrera en la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

Referencias

1. Brown, Theodore L.; LeMay, H. Eugene, Jr.; Bursten, Bruce E. Química. La Ciencia Central, 11ª edición; Pearson Prentice-Hall: México, 2009.

*Así como una jornada bien empleada produce un dulce sueño,
así una vida bien usada causa una dulce muerte.
Leonardo Da Vinci (1452-1519)*

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