



# NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE  
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 26

Junio de 2017

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



## Contenido

### 1 Pozo de potencial infinito

Salvador Enrique Villalobos Pérez  
Rogelio Soto Ayala

### 3 Cantidades de reactivos y productos en estequiometría

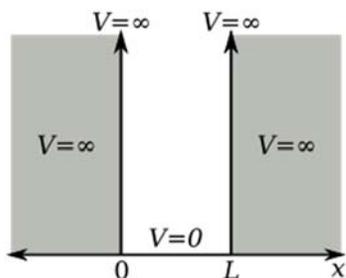
Alfredo Velásquez Márquez

## Pozo de potencial infinito

### Introducción.

En este trabajo se aborda el problema del análisis mecánico-cuántico de una partícula de masa  $m$  confinada en un pozo de potencial infinito. Se encuentran expresiones para los estados cuantizados de la energía de dicha partícula, así como para la función de onda asociada a la situación que se describe.

La representación usual del problema se realiza con la ayuda de la figura que se muestra a continuación:



En dicha figura se ubica una partícula de masa  $m$  en el espacio limitado por dos barreras de potencial alejadas, una de la otra, una distancia constante  $L$ . Adicionalmente se afirma que, en el espacio considerado, la partícula de masa  $m$  no está sujeta a fuerza alguna; es decir, se comporta como una partícula libre bajo la aplicación de un potencial nulo.

Se escribe ahora, como punto de partida, la ecuación de Schrödinger unidimensional, no dependiente del tiempo, para una partícula de masa  $m$  sujeta a un potencial nulo; en la forma:

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar} E\psi(x) = 0$$

Se define la constante  $K^2 = \frac{2m}{\hbar} E$ , de tal forma que lo anterior se expresa como:

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + K^2\psi(x) = 0$$

Una ecuación diferencial lineal, ordinaria, homogénea y con coeficientes constantes cuya solución se acostumbra escribir en la forma:

$$\psi(x) = Ae^{iKx} + Be^{-iKx}$$

Donde las constantes  $A$  y  $B$  se determinan a partir de las condiciones de frontera del problema.

Al respecto se considera que en los extremos de la barrera, la función de onda se anula, es decir:

$$\psi(x=0) = \psi(x=L) = 0$$

Esta restricción sustituida en la solución de la ecuación diferencial da lugar a la primera condición límite:  $A = -B$ , y la función de onda se expresa entonces como:

$$\psi(x) = A(e^{iKx} - e^{-iKx}) = 2iA \frac{(e^{iKx} - e^{-iKx})}{2i} = 2iA \sin Kx$$

La segunda condición límite surge del hecho de que si  $A$  es distinta de cero; se cumple que:

$$KL = n\pi$$

Entonces, la expresión para los distintos estados, cuantizados, de energía posibles de la

partícula, de masa  $m$ , en un pozo de potencial infinito, resulta ser:

$$E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2mL^2} \quad (n=1, 2, 3\dots)$$

Como cálculo final se emplea la condición de normalización, para la función de onda, con el propósito de determinar la naturaleza de la constante  $A$ ; es decir, si:

$$\int_0^L \psi(x)\psi^*(x)dx = 1$$

Entonces:

$$4A^2 \int_0^L \sin^2 Kx dx = 2A^2 L - A^2 \sin 2KL = 2A^2 L - A^2 \sin 2n\pi = 1$$

De donde:

$$A = \frac{1}{\sqrt{2L}}$$

Y finalmente:

$$\psi(x) = 2iA \sin Kx = \sqrt{\frac{2}{L}} i \sin \frac{n\pi x}{L}$$

Que representa la función de onda, solución de la ecuación de Schrödinger, asociada a una partícula, de masa  $m$ , en un pozo de potencial infinito; donde cabe destacar que dicha expresión no depende explícitamente del valor de la masa de la partícula, sino más bien de la geometría del pozo.

Como comentario adicional se menciona que es posible hallar una expresión para el momento lineal, similar a la energía, en la forma:

$$p_n = \sqrt{\frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{L^2}} = \frac{n\pi\hbar}{L} \quad (n=1, 2, 3\dots)$$

Que, como en el caso anterior, no depende explícitamente del valor de  $m$ .

### Referencias

1.- Beiser, A.; Concepts of Modern Physics. London: Mc. Graw Hill, 6th. Edition (2003).

2.- Sánchez, A.; Notas de Física Moderna Tomo II. Facultad de Ingeniería, UNAM (2002).

**Salvador Enrique Villalobos Pérez**

villasalen@yahoo.com.mx

**Rogelio Soto Ayala**

rsoto54@hotmail.com

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

## Cantidades de reactivos y productos en estequiometría

### Introducción.

La estequiometría es una parte de la química que trata sobre los cálculos necesarios para determinar las cantidades de reactivos y productos involucrados en una reacción química; dentro de dichos cálculos, se hace uso de varios factores de conversión, los cuales se obtienen a partir de diferentes conceptos (mol, masa molar, densidad, relación molar, reactivo limitante, unidades de concentración, etc.). El hecho de que se empleen diferentes factores de conversión y de que existan diferentes cantidades de reactivos y productos, puede causar confusión durante la resolución de algunos ejercicios y más aún, en estudiantes que se involucran por primera vez en cálculos estequiométricos; por ello, en este artículo se abordarán las diferentes cantidades y se tratará

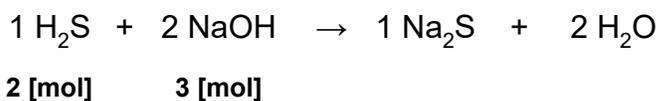
de establecer con claridad la diferencia entre cada una de ellas; para ello, emplearemos la reacción siguiente:



En la cual se emplean 2 [mol] de  $\text{H}_2\text{S}$  con 3 [mol]  $\text{NaOH}$  y que procede con un 66.66 % de rendimiento, entonces ...

### “Lo que se tiene”

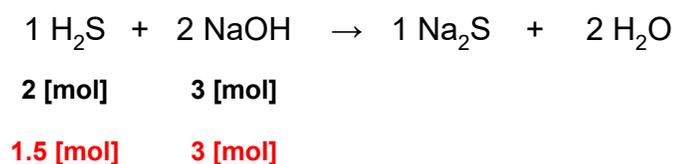
Son las cantidades de los reactivos que se ponen a reaccionar, en este caso, 2 [mol] de  $\text{H}_2\text{S}$  y 3 [mol]  $\text{NaOH}$ ; por lo tanto, se puede escribir lo siguiente:



Con estas cantidades y con la reacción balanceada, se puede establecer que el reactivo limitante es el NaOH y entonces, con éste se puede determinar ...

### “Lo que debió reaccionar”

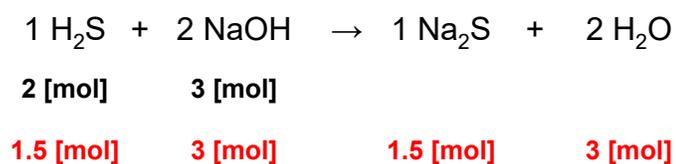
Son las cantidades de reactivos que reaccionarían de acuerdo con la cantidad existente del reactivo limitante, en este caso, como el reactivo limitante son los 3 [mol] de NaOH, se requieren entonces 1.5 [mol] de H<sub>2</sub>S; por lo tanto, se puede escribir lo siguiente:



También con el reactivo limitante se puede determinar ...

### “Lo que se debió obtener”

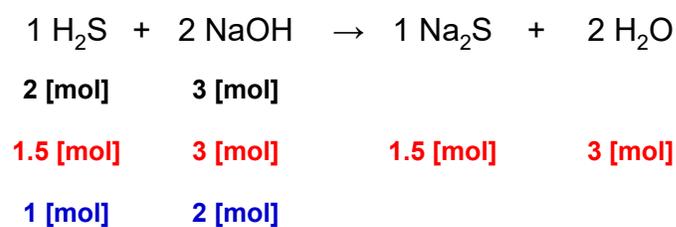
Son las cantidades de productos que se supone que deben obtenerse cuando se consume en su totalidad el reactivo limitante. En este caso, la relación molar entre el reactivo limitante y los productos, permite establecer que se obtendrían 1.5 [mol] de Na<sub>2</sub>S y 3 [mol] de H<sub>2</sub>O; por lo tanto, se puede escribir lo siguiente:



Estas cantidades en rojo, son las cantidades de reactivos y productos involucrados en la reacción cuando se consume en su totalidad el reactivo limitante; es decir, cuando la reacción procede con un 100 % de rendimiento; sin embargo, en la realidad muy pocas reacciones proceden con un 100 % de rendimiento, la inmensa mayoría tiene rendimientos menores; por lo tanto, suponiendo que la reacción de nuestro ejemplo procede con un 66.66 % de rendimiento, solo reaccionaría ese porcentaje de los reactivos; es decir, ...

### “Lo que reaccionó”

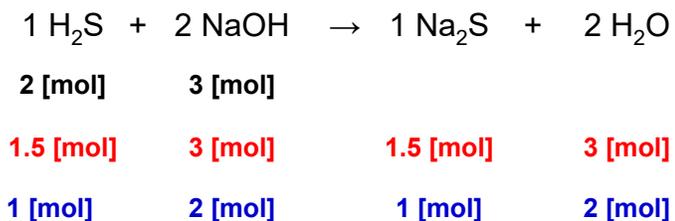
Son las cantidades de reactivos que reaccionan realmente considerando el rendimiento de la reacción, en este caso como el rendimiento fue del 66.66 %, solo reaccionarían 1 [mol] de H<sub>2</sub>S con 2 [mol] de NaOH; por lo tanto, se puede escribir lo siguiente:



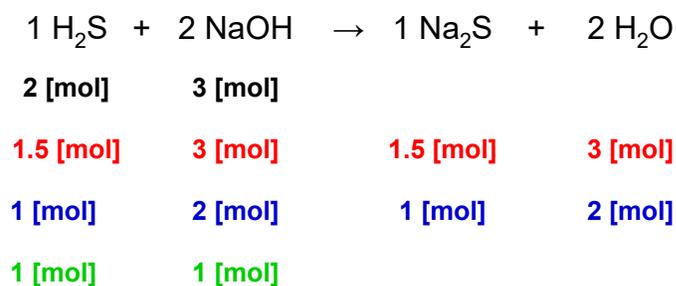
De forma similar, se puede determinar ...

### “Lo que se obtuvo”

Son las cantidades de productos que se obtienen realmente, considerando el rendimiento de la reacción, en este caso, solo se obtendrían 1 [mol] de Na<sub>2</sub>S y 2 [mol] de H<sub>2</sub>O; por lo tanto, se puede escribir lo siguiente:



**que reaccionó**", en este caso, no reacciona 1 [mol] de H<sub>2</sub>S y 1 [mol] de NaOH; por lo tanto, se puede escribir lo siguiente:

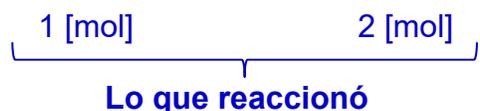
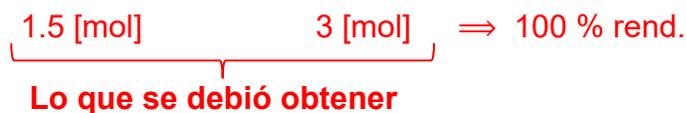
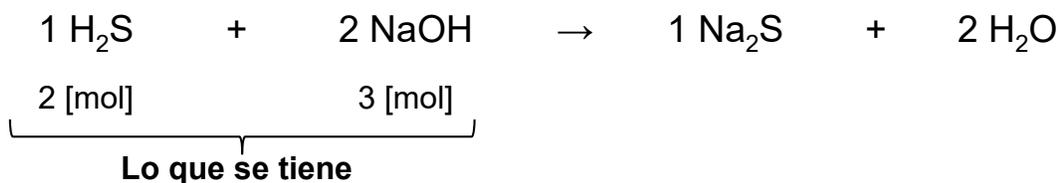


Estas cantidades en azul, son las cantidades de reactivos y productos involucrados cuando la reacción procede con un 66.66 % de rendimiento. Finalmente, ...

Considerando toda la información anterior, se puede plantear el esquema siguiente, donde se presentan todas las cantidades involucradas en la reacción anterior.

**“Lo que no reaccionó”**

Son las cantidades de reactivos que **no** reaccionan, considerando el rendimiento de la reacción, dichas cantidades se obtienen por una simple diferencia entre **“lo que se tiene”** y **“lo**



Como se puede observar, existen cuatro tipos de cantidades para los reactivos y dos para los productos; ello puede causar confusión durante la resolución de algunos ejercicios, si no se tienen bien claras las cantidades y de dónde se obtienen, por ello debe considerarse lo siguiente:

- **Lo que se tiene, son las cantidades de los reactivos que se ponen a reaccionar y generalmente son datos que se proporcionan en el enunciado del problema.**
- **Lo que debió reaccionar y lo que se debió obtener, son las cantidades de reactivos y productos involucrados en la reacción, cuando reacciona en su totalidad el reactivo limitante; por ello, estas cantidades se determinan a partir del reactivo limitante.**
- **Lo que reaccionó y lo que se obtuvo, son las cantidades de reactivos y productos involucrados en la reacción, considerando el rendimiento porcentual de la reacción o la cantidad real de producto obtenido; por ello, estas cantidades se determinan a partir del rendimiento porcentual o de la cantidad real de producto obtenido.**
- **Lo que no reaccionó, son las cantidades de reactivos que no intervienen en la reacción, estas cantidades se determinan**

**restando lo que reaccionó de lo que se tenía.**

En el ejemplo de la reacción anterior, todas las cantidades se manejaron en moles, porque es más fácil hacer los cálculos debido a que la relación molar está dada por los coeficientes estequiométricos, que son números enteros y pequeños; sin embargo, un análisis similar de las cantidades se puede hacer trabajando con unidades de masa (g, kg, etc.), solo que se necesitaría emplear la relación estequiométrica en las correspondientes unidades de masa, la cual a su vez se obtiene a partir de la relación molar.

En este punto, cabe mencionar que, teniendo todas las diferentes cantidades, se puede responder prácticamente cualquier pregunta relacionada con la estequiometría de la reacción, desde el rendimiento de la reacción, hasta cualquier cantidad de reactivo o producto involucrado en la reacción; por ello, resulta de singular importancia, que se realicen diversos ejercicios para calcular las diferentes cantidades involucradas en una reacción.

Adicionalmente, conviene señalar que, cuando las cantidades proporcionadas en el enunciado de un problema están en diferentes unidades, es recomendable que éstas se conviertan a moles para trabajar con los coeficientes

estequiométricos de forma más sencilla, como se mostró en el problema anterior.

Finalmente, cabe resaltar que, cuando una reacción procede con un 100 % de rendimiento, las cantidades de reactivos y productos en las líneas de color rojo y de color azul son iguales.

#### **Agradecimientos:**

El autor agradece la revisión de presente artículo y los acertados comentarios de las profesoras M. en A. Ayesha Sagrario Román García y Q. Antonia del Carmen Pérez León.

#### **Referencias**

1. Kotz, John C.; Treichel, Paul M. Química y Reactividad Química, 5ª edición; Thomson: México, 2004.
2. Brown, Theodore L.; LeMay, H. Eugene, Jr.; Bursten, Bruce E. Química. La Ciencia Central, 11ª edición; Pearson Prentice-Hall: México, 2009.
3. Chang, Raymond; Goldsby, Kenneth Química, 11ª edición; McGraw-Hill: México, 2013.

**Alfredo Velásquez Márquez**

*velasquez777@yahoo.com.mx*

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

---

*Un organismo debe tener un tamaño comparativamente grande para poder beneficiarse de leyes relativamente exactas.*  
*Erwin Schrödinger (1887-1961)*

*Si uno no puede explicar lo que ha estado haciendo, su trabajo carecerá de valor.*  
*Erwin Schrödinger (1887-1961)*

*Esclavizadas de la manera más vergonzante durante siglos por la Iglesia, las ciencias naturales han levantado la cabeza y, conscientes de su sagrado derecho, de su divina misión, han propinado golpes llenos de odio a su antigua torturadora.*  
*Erwin Schrödinger (1887-1961)*

---

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

Dudas o comentarios: [velasquez777@yahoo.com.mx](mailto:velasquez777@yahoo.com.mx)

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