

OTRA ANALOGIA PARA DEFINIR EL EQUILIBRIO QUIMICO

J. Medina-Valtierra^{1,*}, R. Martínez-Alvarado², J. Ramírez-Ortíz²¹DIQB, Instituto Tecnológico de Aguascalientes. A. A. López Mateos 1801. Aguascalientes 20256, Ags.²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas.**Resumen**

El equilibrio químico es un tema de las ciencias universitarias muy útil para los químicos. El equilibrio químico puede ser analizado desde dos perspectivas; desde el punto de vista termodinámico cuando se considera la composición del sistema químico, o bien desde la cinética cuando se toman en cuenta las velocidades de las reacciones normal e inversa. En este escrito se usa una analogía de acción-reacción para explicar el equilibrio químico de una reacción elemental. Pero si se tiene un mecanismo químico complejo que consiste de varias etapas, la misma analogía se puede usar ya que en el estado de equilibrio cada etapa misma está en equilibrio.

Palabras clave: Equilibrio químico, velocidad concentración, constante de velocidad.

Abstract

The theory of chemical equilibrium is an useful tool for the chemist and is a major topic in several college chemistry courses. Chemical equilibrium is most fundamentally approached under thermodynamic considerations; however, equilibrium state can be obtained by considering the rates of the reactions, a kinetic approach. Here, we explain as an action-reaction analogy can be used for any elementary chemical equation. If the actual mechanism of the reaction is multistep, a similar analogy can be used in each step since usually at chemical equilibrium each elementary step in the mechanism is also at equilibrium.

Keywords: Chemical equilibrium, reaction rate, concentration, rate constant.

1. Introducción

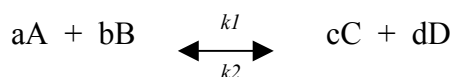
El equilibrio químico representa un papel muy importante en la mayoría de los procesos de la vida diaria. Este concepto teórico se encarga de regular las energías potenciales de todos los procesos químicos y representa un estado de energía mínima. Lo anterior se traduce en que todos los procesos que ocurren en la naturaleza y aquellos provocados por el hombre de una manera u otra y en un cierto tiempo, el cual puede ser muy grande, tienden al equilibrio. Por la importancia de este concepto aunado a la dificultad de entenderlo y de aplicarlo por parte de los estudiantes, el objetivo de este trabajo el objetivo de este trabajo es explicar de una manera simple el concepto de equilibrio químico. Iniciamos por establecer la pregunta de rigor: *¿Qué es el equilibrio químico?*. La definición desde el punto de vista cinético nos dice:

El equilibrio químico es el estado que alcanza todo proceso químico cuando las velocidades o los cambios de los sentidos directos y contrarios de las reacciones elementales son iguales, lo cual se da como consecuencia una velocidad aparentemente nula para una reacción reversible. Esto quiere decir que al mismo tiempo se dan transformaciones de reactivo y producto y el equilibrio químico es un estado dinámico y no estático. Además existe otra definición dada por la termodinámica y que relaciona cantidades de reactivo y producto en un valor que ofrece un mínimo de energía en el sistema. Podemos decir que la termodinámica aplica las leyes que definen las condiciones finales en el sistema, es decir, el equilibrio químico.

*Autor para la correspondencia. E-mail: valtierraj@yahoo.com.mx
Tel. (449) 91052002 Fax: (449) 9700423

2. Teoría

La teoría del equilibrio químico define el estado final de un sistema de reacción, además pronostica los cambios originados por la temperatura y la presión. Si consideramos la reacción reversible general:



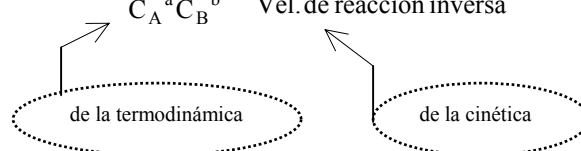
La cual se puede representar de una manera más sencilla como:

$$r_{\text{neta}} = r_{\text{derecha}} - r_{\text{inversa}}$$

De acuerdo a la cinética química, la velocidad a la derecha disminuye conforme se agotan los reactivos y consecuentemente la velocidad inversa aumenta. De tal manera que se llegará a un punto donde ambas velocidades sean iguales y el valor de la velocidad neta sea cero. Esta condición representa el estado de equilibrio dinámico de la reacción química en el cual el valor de ciertos parámetros termodinámicos como la misma constante de velocidad y la energía de activación no cambian ya que los valores de estas constantes son característicos de cada reacción química y no dependen de su avance. En este punto de equilibrio, la relación de concentración de productos respecto a la concentración de los reactivos a una determinada temperatura de un único valor llamado constante de equilibrio. Para una reacción gaseosa el valor de la constante de equilibrio (K) también puede determinarse a partir de la relación de las presiones de productos y reactivos. Si en un tiempo posterior al requerido para alcanzar el estado de equilibrio, o en un experimento aparte, la concentración de una o más especies químicas involucradas en la reacción cambian, así también la concentración de productos y reactivos en el equilibrio se modifican, de tal manera que se satisface el valor único de K a una cierta temperatura. Si en varios experimentos la temperatura se

cambia, aunque las concentraciones iniciales sean las mismas, el valor de la constante de equilibrio se modifica de una manera que depende de los parámetros de Arrhenius propios de cada reacción, a la derecha y a la inversa.

De lo anterior se concluye que la constante de equilibrio se puede definir desde un punto de vista termodinámico (relación de concentraciones o presiones) o desde un enfoque cinético (relación de constantes de velocidad o aún de los mismos valores de velocidad). De tal manera que se tiene para una reacción reversible general:

$$K = \frac{C_C^c C_D^d}{C_A^a C_B^b} = \frac{\text{Vel. de reacción normal}}{\text{Vel. de reacción inversa}}$$


3. Resultados y discusión

En este escrito se da una analogía para representar el concepto de equilibrio químico con el fin de eliminar las dificultades que tienen los estudiantes universitarios para entender esta teoría básica de la química, y la analogía está representada por una cuerda tensionada por la fuerza aplicada de varios hombres en ambos extremos. Existen otras analogías ya propuestas pero a pesar de estos esfuerzos, aún persisten las dudas en los alumnos (Garritz, 1997). Las preguntas más frecuentes por parte de ellos son: ¿En el equilibrio químico, los productos y reactivos tienen la misma energía de activación?. ¿Cómo afecta al equilibrio químico la diferencia de energía de activación entre las reacciones normal e inversa?

En realidad esto parece un juego donde el papel de un juez (termodinámica) es equilibrar las fuerzas aplicadas en los extremos de una cuerda de longitud finita.

En un inicio se sitúan varios hombres (moléculas de reactivo) en uno de los extremos para que jalen la cuerda (Fig. 1), al no encontrar oposición el desplazamiento inicial es muy rápido por lo que la reacción del juez debe ser también rápida para trata de equilibrar tal fuerza.

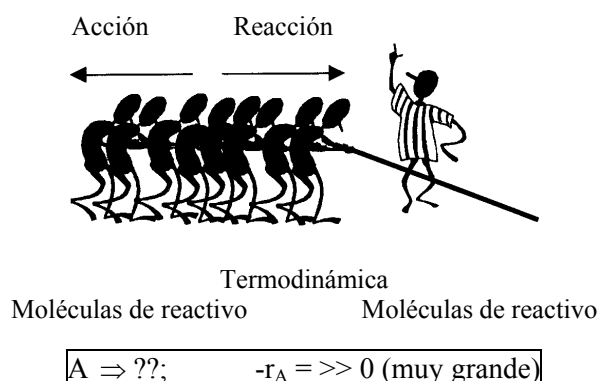


Fig. 1.

El juez debe de ordenar rápidamente el intercambio de algunos hombres (moléculas de reactivo) hacia el otro extremo de la cuerda (inicia la reacción química con una velocidad alta) donde poco a poco los hombres del otro extremo (moléculas de producto) comienzan a equilibrar las fuerzas aplicadas a los extremos de la cuerda en un tiempo $t > 0$, lo anterior se representa en la Fig. 2.

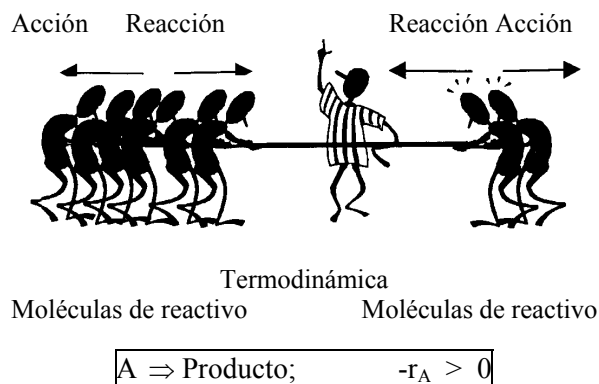


Fig. 2.

Al continuar la justa y al seguir el intercambio de hombres, la velocidad del desplazamiento inicial disminuye y la rapidez con que el juez realiza el intercambio de hombres ya no es tan apremiante, el sistema se acerca al equilibrio. Llega un momento en que las fuerzas se equilibran y en ese momento los desplazamientos cesan (La velocidad global del sistema es nula)(Fig. 3).

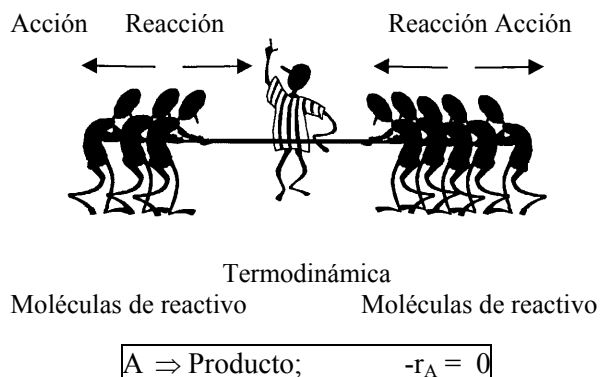


Fig. 3.

En este estado de equilibrio, esquematizado por la anterior figura, no es necesario que el número de hombres en cada extremo de la cuerda sea el mismo, no todos los hombres poseen la misma fuerza, de la misma manera las moléculas del producto son diferentes a las moléculas del reactivo. En un sistema químico las perturbaciones causadas por el cambio de una variable como la presión temperatura o concentración de alguna especie química son compensadas espontáneamente en el sistema de acuerdo al Principio de Le Chatelier (Barrow, 1975). En el caso de agregar reactivo una vez que se ha alcanzado el equilibrio, aquel empieza a reaccionar para tratar de alcanzar el equilibrio químico nuevamente. En la Fig. 4 se esquematiza lo anterior como la adición de más hombres a lado izquierdo de la cuerda, aquí la reacción del juez debe ser rápida para equilibrar fuerzas.

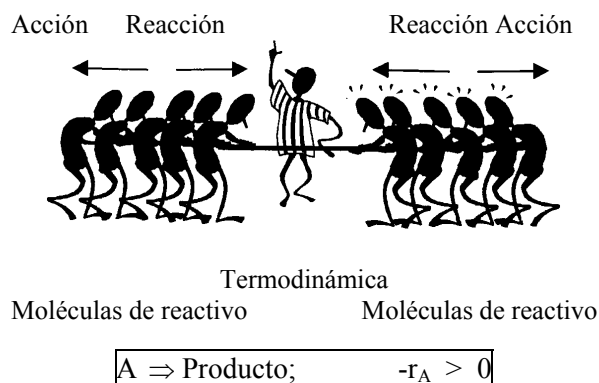


Fig. 4.

Una vez que se alcanza el equilibrio químico en el sistema, se tiene el mismo valor de K , es decir; un mismo valor para la relación entre velocidades de reacción y entre concentraciones de productos y reactivos. En la Fig. 5, la nueva disposición de hombres en los extremos de la cuerda es tal que garantiza un equilibrio de fuerzas.

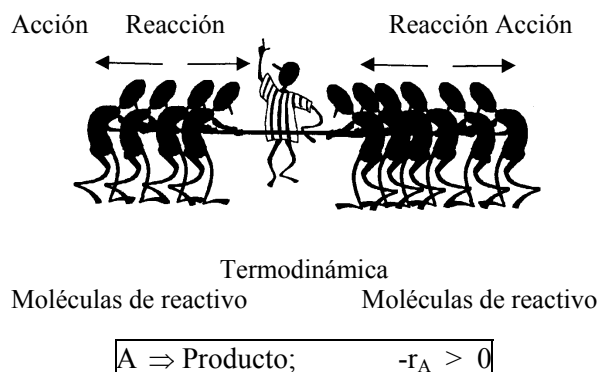


Fig. 5.

Por el contrario, si se añade producto al sistema, una parte de este reacciona a reactivo inmediatamente para compensar la perturbación, en el nuevo estado de equilibrio las velocidades de la reacción normal y contraria son iguales de tal manera que $r_n - r_c = 0$. En este caso aunque las velocidades hayan cambiado, su relación (constante de equilibrio), sigue siendo la misma ya que este cambio en las velocidades de reacción (aumento o disminución) es de la misma proporción (Fainzilberg, 1994).

Conclusiones

En este escrito se da una analogía directa y completa del equilibrio químico. Esto con el fin de que los estudiantes y en si los lectores de la química adquieran una mejor comprensión de este tema tan importante y vital de la Cinética Química.

Nomenclatura

A	Moléculas de reactivo A
C	Concentración de la especie química
K	Constante de equilibrio
K	Moléculas de producto P
	Velocidad de la reacción química
	Velocidad de la reacción en un sentido o en otro

Bibliografía

- Barrow, G. M. (1975). *Química Física*, 3ª edición. Ed. Reverté, Barcelona, España.
- Fainzilberg V. E. (1994). Chemical equilibrium in the general chemistry course *Journal of Chemical Education* 71, 769-773.
- Garritz, A. (1997). The painting-sponging analogy for chemical equilibrium *Journal of Chemical Education* 74, 544-549.