

«Relojes químicos» como recurso innovador en la enseñanza de la Termodinámica Química

Santini, Zulma*; Ferrarini, Hernán**; Martínez, Rafaela***; Miglietta, Hilario*

Resumen

En el proceso de enseñanza - aprendizaje de la Termodinámica Química, en particular en los aspectos que tratan los fenómenos irreversibles, se pone en evidencia que el alumno es sometido a un esfuerzo de abstracción que no todos pueden o están dispuestos a realizar. Ante esta problemática, una evaluación permitió evidenciar que se podría facilitar el proceso, mediante recursos experimentales. En esa idea se decidió rescatar algunos fenómenos oscilantes que tienen lugar en reacciones químicas. Se realizó una selección de los sistemas a implementar teniendo en cuenta el costo y la complejidad de equipamiento necesario. En consecuencia, se seleccionaron las reacciones de Belousov - Zhabotinsky, de Briggs y Rauschter y el Corazón de Bredig. Los alumnos participaron en el montaje de los experimentos, que con el recurso del retroproyector, permitieron visualizar la experiencia en toda la audiencia. El resultado más inmediato es el impacto que provoca la aparición de las estructuras oscilantes, por sus diferentes colores, en el recinto de reacción. Es probable que existan pocos fenómenos químicos más fascinantes que el de la oscilación química. La secuencia de cambios de color en el sistema puede parecer casi mágico.

Esta propuesta puede contribuir al mejoramiento del proceso de enseñanza - aprendizaje.

* Cátedra de Termodinámica Química - Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas - U.N.L. E.Mail: zsantini@fcb.unl.edu.ar
** Pasante alumno en Termodinámica Química.
*** CIEN (Centro de Endemias Nacionales) - F.B.C.B. - U.N.L.

Introducción

El proceso de enseñanza - aprendizaje de la Termodinámica Química exige al alumno un esfuerzo de abstracción que no todos están dispuestos a realizar. Es posible que una de las razones sea la falta de evidencia experimental. Esta situación se agudiza en la Termodinámica de los procesos irreversibles.

Nosotros proponemos rescatar algunos fenómenos oscilantes, en particular reacciones químicas oscilantes, con el propósito de desarrollar en el Laboratorio, procesos irreversibles en sistemas químicos.

El objetivo es lograr que el estudiante tome un contacto perceptivo de la existencia de fenómenos irreversibles, naturales y espontáneos.

Materiales y métodos

Atendiendo a su fácil implementación, relativo bajo costo y baja complejidad de equipamiento, se seleccionan las siguientes reacciones:

Reacción de Belousov - Zhabotinsky: Se realiza una modificación de la reacción. En un vaso de precipitado, se colocaron 5 ml de Na_2BrO_3 0,33 M y se agregaron 0,6 ml de NaBr 0,97 M, e igual cantidad de ácido malónico 0,96 M; 0,6 ml de H_2SO_4 6 M y 0,6 ml de ferroin. Una vez agregado el último componente, se vierte la reacción en un plato de Petri.

Reacción de Briggs y Rauschter: en un vaso de precipitado se colocaron 10 ml de KIO_3 0,2 M; 10 ml de H_2O_2 al 6%; 10 ml de ácido malónico 0,15 M; 10 ml de MnSO_4 0,02M en solución de almidón al 1%. Esta reacción también se puede visualizar colocando la solución en un plato de Petri.

Corazón de Bredig: en un vaso de precipitado se colocó 10 ml de H_2O_2 al 30% neutralizada y una gota de $\text{Hg}(\text{l})$.

Los estudiantes participan en el montaje final de los experimentos.

Resultados y discusión

Reacción de Belousov - Zhabotinsky: También llamada «Oscilador o Reloj Bromato». Consiste en la oxidación del ácido malónico por el bromato, en medio ácido, en presencia de iones Br^- y solución de «ferroin». Las reacciones que se producen son complejas; pero la oscilación química se podría sintetizar así: el ión bromato y el bromuro con el ácido malónico forman bromomalonato, que con el colorante en su forma oxidada -azul- (Fig. 1a) producen más bromuro y más colorante reducido -rojo- (Fig. 1b). A su vez, el bromato reacciona con el colorante (ferroin) reducido -rojo- para oxidarlo. Pero esta reacción es inhibida por los iones Br^- . Ésa es la secuencia en la oscilación de colores azul y rojo que se observa, con una duración total de un minuto. Una vez que la solución toma el color rojo, aparece un punto azul, que va generando una serie de círculos concéntricos, que se propagan continuamente hasta tomar todo el recinto de reacción. (Fig. 1c) Como el sistema es cerrado, después de oscilar durante un tiempo, el sistema alcanza el equilibrio y cesan los fenómenos oscilatorios en el tiempo y el espacio. Colocando el plato en la platina de un retroproyector, se pudo visualizar la secuencia de oscilación para toda la clase.

El estudiante está habituado a observar que, cuando se mezclan diferentes sustancias químicas, la solución toma un color único y uniforme. Al observar esta reacción química que produce una sorprendente oscilación de colores, el impacto lo lleva a examinarlas como un fenómeno fascinante. Más aún cuando aparecen las ondas de color .

Reacción de Briggs y Rauschter: También llamada «Reloj de Iodo». Una mezcla de KIO_3 , H_2O_2 , ácido malónico, MnSO_4 y una solución de almidón, produce una oscilación en la concentración de I_2 y de desprendimiento de $\text{O}_2(\text{g})$. El sistema cambia su color del incoloro (Fig. 2a), al amarillo (Fig. 2b) y luego al azul (Fig. 2c), con una frecuencia de 10 segundos, para volver a repetir el ciclo. El color azul se presenta debido al complejo azul de almidón (compuesto que forma el almidón con el Iodo en presencia de I^-) que se va formando periódicamente a medida que la concentración de I^- va aumentando. El ácido malónico actúa como destructor del halógeno y productor de haluro.

Esta reacción también se puede visualizar colocando el plato de Petri en el retroproyector.

Esta reacción es sorprendente, sobre todo porque la oscilación de color es más rápida. El estudiante comprende el término «Reloj Químico» en ese cambio de color.

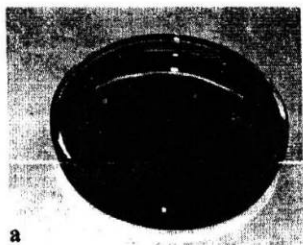
Corazón de Bredig: Consiste en la oxidación del Hg por el H_2O_2 , para dar óxido mercúrico, que es de color amarillo - blanquecino, el cual se adhiere por tensión superficial al Hg y la gota se achica, a la vez que se desprende $O_{2(g)}$ (Fig. 3a); luego el Hg se reduce, se rompe la capa del óxido y la gota se expande (Fig. 3b). Estas figuras muestran dos estados: de contracción y expansión, con una oscilación de 2 segundos. Visualizar el fenómeno periódico de una gota que se expande y contrae con esa frecuencia, y que permanece oscilando durante aproximadamente una hora, parece casi mágico.

Conclusiones

Se concluye que los objetivos propuestos se logran por la evidencia contundente de la oscilación química: se constituyen en un excelente recurso pedagógico en el Aula y el Laboratorio. Estamos persuadidos que el recurso contribuye al estudio de los fenómenos irreversibles y al mejoramiento del proceso de enseñanza - aprendizaje, en un área de cierta aridez y con alto grado de abstracción como el de la Termodinámica Química.

Bibliografía

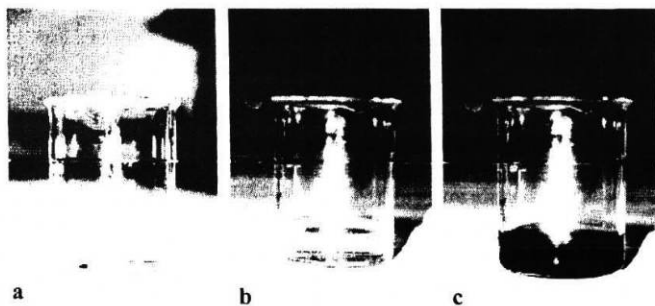
- D. Kolb. *Oscillating Reactions. Journal of Chemical Education*. V.65. 1988, pag. 1004
- J. Tonnelát. *Corazón de Bredig. Thermodynamique et biologie*. T. II. Maloine S.A. editor. París, 1977, pag 46.



Las Figs. 1a y 1b muestran la secuencia en la oscilación de la Reacción de Belousov - Zhabotinsky, con una duración total de un minuto. La flecha colocada en la Fig. 1b indica el punto de origen de una onda de color.



La fig. 1c muestra las ondas de color que aparecen en la solución, que se propagan alrededor de su punto de origen; destruyéndose al chocar una con otra y mostrando variedad de formas: anillos concéntricos, elipses y espirales.



Las Figs. 2a, 2b y 2c muestran la secuencia de oscilación de la Reacción de Briggs y Rauschter, con una frecuencia de 10 segundos.



Las Figs. 3a y 3b muestran dos estados: de contracción y expansión, del Corazón de Bredig, con una oscilación de 2 segundos.