

El guion establecido

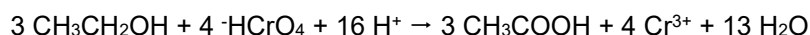
Poce Fatou, Juan Antonio, Carrillo Berdugo, Iván

Departamento de Química Física. Facultad de Ciencias.

Universidad de Cádiz
juanantonio.poce@uca.es

Palabras clave: laboratorio, alcoholímetro, cinética, orden de reacción, absorbancia, aprendizaje basado en errores

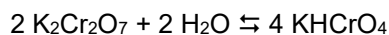
El contexto en el que se sitúa nuestra aportación es el laboratorio de dos asignaturas de segundo curso (del Grado en Química y del Grado en Biotecnología) de la Universidad de Cádiz en las que se desarrolla una práctica de Cinética Química que estudia la reacción entre etanol e ion cromato ácido en medio ácido:



En 1954, Robert F. Borkenstein [1] desarrolló el primer alcoholímetro basándose en esta reacción. Precisamente, basándonos en este histórico, el principal objetivo que marcamos en esta práctica es el de determinar el tiempo que requiere la reacción para consumir la concentración de etanol en aliento que la legislación vigente establece como límite legal en 0,25 mg L⁻¹.

Para ello, en primer lugar, los alumnos deben determinar experimentalmente el orden de reacción respecto al cromato ácido, a continuación, desarrollar la expresión matemática que relaciona la concentración de etanol consumida con el tiempo reacción y finalmente, emplearla para calcular el tiempo requerido para que la concentración establecida por el límite legal dé una respuesta en el alcoholímetro.

Empleamos el método de aislamiento (concentraciones elevadas de etanol y ácido) para determinar el pseudo orden de la reacción en cromato ácido llevando a cabo medidas de absorbancia. El ion cromato ácido lo aporta una disolución de dicromato potásico que establece el siguiente equilibrio:



Como se trata de una especie coloreada (Figura 1), a la vista del espectro de absorción, los estudiantes seleccionan la longitud de onda más conveniente para llevar a cabo el seguimiento de entre las opciones que ofrecen los colorímetros que tienen a su disposición: 430 nm, 470 nm, 565 nm y 635 nm.

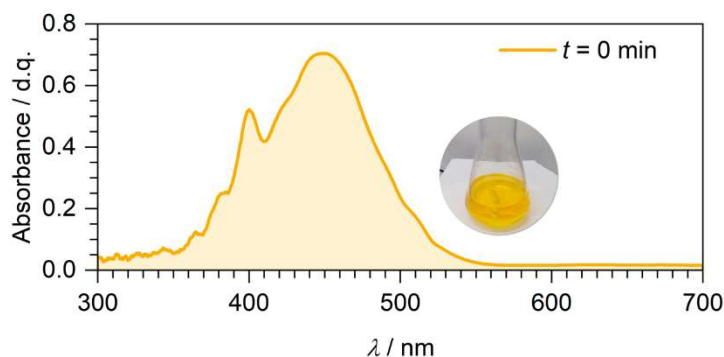


Figura 1. Espectro de absorción de la especie estudiada

Como el máximo está algo más cerca de 430 nm que de 470 nm, los estudiantes suelen escoger la primera longitud de onda para hacer el seguimiento de la reacción cada 5 minutos. El guion de laboratorio resume las leyes integradas a considerar y los propios alumnos aplican la ley de Beer para

expresarlas en términos de absorbancia que implementan en sus hojas de cálculo para monitorizar la reacción y sus posibles órdenes en tiempo real (Tabla 1).

Tabla 1. Leyes integradas de orden cero, uno y dos y expresiones equivalentes en términos de absorbancia.

Orden cero	Orden uno	Orden dos
$[\text{HCrO}_4^-] = [\text{HCrO}_4^-]_0 - k_{\text{obs}} t$	$\ln \frac{[\text{HCrO}_4^-]}{[\text{HCrO}_4^-]_0} = -k_{\text{obs}} t$	$\frac{1}{[\text{HCrO}_4^-]} = \frac{1}{[\text{HCrO}_4^-]_0} + k_{\text{obs}} t$
$A - A_0 = -\frac{A_0}{[\text{HCrO}_4^-]_0} k_{\text{obs}} t$	$\ln \frac{A}{A_0} = -k_{\text{obs}} t$	$\frac{1}{A} - \frac{1}{A_0} = \frac{k_{\text{obs}} [\text{HCrO}_4^-]_0}{A_0} t$

Con base en los ajustes de regresión lineal se determina el orden de reacción en unos 80 minutos y a partir de aquí, la constante cinética. Por estequiometría, la concentración de etanol se relaciona con el cambio en la concentración de cromato ácido cuya variación temporal viene dada por la ecuación integrada del orden de reacción que se haya determinado experimentalmente.

Pero algo se tuerce en el transcurso de la práctica. Conforme progresa la reacción, a la luz del color que va adoptando el medio reaccionante, los profesores comienzan a desplegar una preocupación creciente. Aparentemente el guion de prácticas es similar, en cuanto a su filosofía de trabajo, al de otras experiencias desarrolladas en otras tantas asignaturas del grado, pero en este caso hay algo distinto: incluye un error. Un error deliberado [2].

Los alumnos no cuentan con el hecho de que los profesores están representando un papel teatral cuyo objetivo es que durante la segunda parte de la práctica (aproximadamente las dos últimas horas de cuatro) los estudiantes afronten un problema inesperado que requiere la máxima colaboración entre todos para avanzar, en primer lugar, hacia la identificación nítida del propio problema, en segundo lugar, para darle una solución que requiere relacionar otros conceptos teóricos estudiados en la asignatura y en cursos anteriores.

Esta experiencia se ha llevado a cabo a lo largo de los tres últimos cursos académicos en la asignatura Química Física III (Grado en Química) y Termodinámica y Cinética (Grado en Biotecnología) bajo distintos contextos no exentos de situaciones relativamente humorísticas [3] de las que los alumnos solo supieron al terminar la experiencia. En esta comunicación se describirán esos contextos, así como las particularidades del error deliberado y su resolución.

A lo largo de nuestra experiencia docente hemos interactuado con multitud de prácticas de laboratorio basadas en el desarrollo de actividades rutinarias que posponen el momento de pensar y meditar sobre el problema experimental a resolver hasta la elaboración del informe final de resultados.

Esta propuesta se basa en convertir el laboratorio en un escenario del que el estudiante no pueda escaparse sin pensar detenidamente en el problema que aborda, sin colaborar con sus compañeros y sin resolverlo obviando el guion establecido.

Bibliografía

- [1] Borkenstein, R. F; Smith, H. W. (1961), The Breathalyzer and its Applications. *Medicine, Science and the Law*, 2 (1), 13-22. DOI: 10.1177/002580246200200103.
- [2] Wong, S. S. H. (2022), The Derring Effect: Deliberate Errors Enhance Learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 151 (1), 25-40.
- [3] Berge, M. (2017) The Role of Humor in Learning Physics: a Study of Undergraduate Students. *Research in Science Education*, 47, 427-450. DOI: 10.1007/s11165-015-9508-4.