

Sugerencias didácticas – Catalizadores y mecanismos de reacción

Sugerimos la lectura de los siguientes artículos:

- [Bases Químico-físicas de la catálisis](#). Introducción. Las páginas 8 a la 16 abordan varios conceptos relacionados con el tema del módulo.
- [Química recreativa con agua oxigenada](#). El artículo incluye el análisis de tres experiencias relacionadas con la descomposición del peróxido de hidrógeno, incluido la "superespuma", "el genio de la botella" y la quimioluminiscencia.

Video 1: "El genio de la botella":

Video 2: A partir del minuto 1:50 se muestra la experiencia utilizando permanganato de potasio.

Actividad práctica 1: Nitrato de hierro (III) como catalizador en la descomposición del peróxido de hidrógeno

Consigna para el estudiante:

- ✓ Colocar en un vaso de Bohemia pequeño entre 15 y 25 mL de peróxido de hidrógeno al 30 %.
- ✓ Agregar 20 gotas de una solución de nitrato de hierro (III) 0,1 mol/L con la ayuda de un cuentagotas.
- ✓ Registrar las observaciones.
- ✓ Agregar luego 20 gotas de una solución de fosfato de sodio 0,1 mol/L con la ayuda de un cuentagotas.
- ✓ Registrar nuevamente las observaciones.

¿A qué se debe el cambio de color observado al agregar la solución de nitrato de hierro (III)? ¿Cuál es la función del mismo?

¿Qué ocurre al agregar la solución de fosfato de sodio? ¿Cuál es la función del mismo?

Escribe el mecanismo de la reacción.

Escribe una ecuación que represente el agregado del fosfato de sodio.

Recomendaciones para el docente:

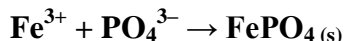
El siguiente [enlace](#) lleva al protocolo de la actividad (se encuentra en inglés).

Se puede observar la actividad en el siguiente [video](#) que también se encuentra en inglés:

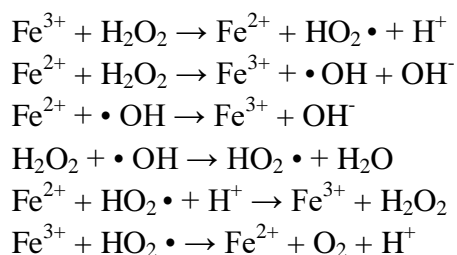
En esta demostración el nitrato de hierro (III) actúa como un catalizador que aumenta la rapidez de descomposición del peróxido de hidrógeno:



Mientras que el fosfato de sodio actúa como inhibidor de la reacción catalítica:



Un mecanismo para la descomposición del peróxido de hidrógeno debido a los cationes hierro (III) aceptado para la mayoría de los autores es el siguiente:



La vía de reacción aceptada por la mayoría de los autores procede a la formación de radicales hidroxilo ($\cdot\text{OH}$) e hidroperoxilo ($\text{HO}_2\cdot$). Para simplificar, las moléculas de agua coordinadas en la esfera de coordenadas no se presentan en las fórmulas químicas.

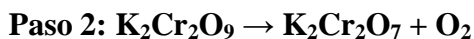
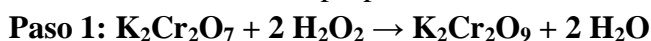
Actividad práctica 2: Mecanismo de reacción para la descomposición del peróxido de hidrógeno

Consigna 1 para el estudiante:

- ✓ Colocar en una caja de Petri una solución de dicromato de potasio.
- ✓ Colocar tres gotas de peróxido de hidrógeno al 30 %.
- ✓ Observar la coloración resultante.
- ✓ Mezclar con la ayuda de una varilla.
- ✓ Aguardar de 10 a 15 minutos e ir registrando los cambios ocurridos.
 - ¿Qué cambios están ocurriendo?
 - Escribe ecuaciones que los representen.
 - ¿Cuál es la estructura del compuesto de coloreado que se observa?
 - Propone un mecanismo de reacción que represente los cambios observados.

Recomendaciones para el docente:

Mecanismo de reacción propuesto:



La especie $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_9$ actúa como intermediario.

Consigna 2 para el estudiante:

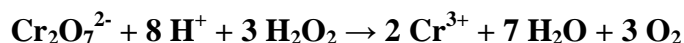
- ✓ Colocar en una caja de Petri una solución de dicromato de potasio.
- ✓ Agregar con mucho cuidado tres gotas de ácido sulfúrico concentrado.
- ✓ Colocar tres gotas de peróxido de hidrógeno al 30 %.
- ✓ Observar la coloración resultante.

- ✓ Mezclar con la ayuda de una varilla.
- ✓ Aguardar de 10 a 15 minutos e ir registrando los cambios ocurridos.
 - ¿Qué cambios están ocurriendo?
 - Escribe ecuaciones que los representen.
 - ¿Cuál es la estructura del compuesto de color azul oscuro observado?
 - Propone un mecanismo de reacción que represente los cambios observados.

Recomendaciones para el docente:

Se puede observar la actividad en el siguiente [video](#).

En medio ácido el cromo (VI) perteneciente al anión dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) se reduce a cromo (III) observándose una coloración verde en la solución:



La reacción se puede dividir en los siguientes pasos:



La especie CrO_5 actúa como intermediario, es una especie de color azul y presenta mayor solubilidad en éter dietílico o en cloroformo, como se puede apreciar en el próximo [video](#) (que se encuentra en inglés):

Actividad práctica 3: Oxidabilidad al permanganato

El ácido oxálico ($\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2$) reduce los iones permanganato intensamente coloreados (MnO_4^-) a iones Mn^{2+} prácticamente incoloros en solución ácida. La reacción está catalizada por iones manganeso (II) (Mn^{2+}) presentes, la reacción ocurre muy lentamente, y los iones MnO_4^- se reducen a dióxido de manganeso (MnO_2) sólido marrón. Cuando valoramos el ácido oxálico con permanganato de potasio (KMnO_4), debemos añadirle siempre las primeras gotas de solución de KMnO_4 muy lentamente para producir algunos iones Mn^{2+} que puedan catalizar entonces la reacción deseada.



El siguiente [protocolo](#) indica cómo determinar la oxidabilidad al permanganato de una muestra de agua para determinar la **concentración de materia orgánica** realizando una **permanganimetría**. Se debe valorar previamente la solución de permanganato de potasio con un patrón primario como el ácido oxálico. Luego se lleva a cabo una **retrovaloración** empleando la muestra de agua.

Créditos:

✓ **Referencias bibliográficas:**

- Aguilar Muñoz, M, y Durán Torres, C. (8 de noviembre de 2011). Química recreativa con agua oxigenada. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, pp. 446-453. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92022427011>
- De Laat, J. y Gallard, H. (1999). Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide by Fe(III) in Homogeneous Aqueous Solution: Mechanism and Kinetic Modeling. *American Chemical Society*. 33, (16), 2726–2732 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es981171v>
- Flinn Scientific Chem Fax!. (2016). *Inhibition of Hydrogen Peroxide Catalysis*. <https://www.flinnsci.com/api/library/Download/76d36178d4d046539c9e6ff94471e985>
- Santos, S. (s.f.). *Bases Químico-físicas de la catálisis. Introducción*. <http://portal.uned.es/Publicaciones/htdocs/pdf.jsp?articulo=2115119MR01A01>
- Whitten, K., Davis, R. y Peck, M. (1998). *Química General*. (5ta edición). Madrid, España: Mc Graw Hill.

✓ **Videos:**

- [FlinnScientific](https://youtu.be/qtw79bXY2rE). (17 de diciembre de 2012). *Inhibition of Hydrogen Peroxide* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/qtw79bXY2rE>
- El Blog de física y química. (18 de diciembre de 2020). *Reacción $K_2Cr_2O_7 + H_2O_2$* [Archivo de Video]. Youtube. https://youtu.be/r_zE6TAVxwM
- Atom Experiments. (6 de agosto de 2020). *El genio en la botella: peróxido de hidrógeno con permanganato de potasio | Experimentos de Química* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/F7HG3otMHDo>
- [Cienciabit: Ciencia y Tecnología](https://youtu.be/ZkEXTtDTibw?list=RDCMUcM7Dwmo0031iRaGdDunPaQw). (11 de junio de 2017). *Pasta de Dientes de Elefante. Descomposición del H_2O_2* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/ZkEXTtDTibw?list=RDCMUcM7Dwmo0031iRaGdDunPaQw>
- [Thoisoi2 - Chemical Experiments!](https://youtu.be/DFVQdPVMrIc) (11 de abril de 2014). *Three-layer colored liquid - Beautiful chemical experiment!* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/DFVQdPVMrIc>
- [Hegelrast](https://youtu.be/FiwpSUHyGOI) (7 de diciembre de 2010). *Decomposition of hydrogen peroxide* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/FiwpSUHyGOI>

✓ **Imágenes:**

- Oxidabilidad al permanganato. Autora: Anarella Gatto. Licencia: [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)