

LOS VIERNES CON LA CIENCIA

FEBRERO 2023

RELOJ DE YODO

1. Objetivo

La reacción comúnmente conocida como “Reloj de Yodo” puede obtenerse a partir de varias combinaciones de compuestos. En este caso estudiaremos la obtenida a partir de los iones Yodato (IO_3^-) y Bisulfito (HSO_3^-).

Cabe destacar que se trata de una reacción Redox, es decir, una reacción en la cual se produce una transferencia de electrones de un reactivo a otro. En nuestro caso esta transferencia dará lugar al Ion Yoduro (I^-) que reaccionará con el Yodato restante formando Yodo (I_2). Para que se produzca la formación de Yodo, primero se consume todo el Bisulfito y una vez ocurrido esto, reaccionan el Yodato y el Yoduro, resultando Yodo. Este al combinarse con el Yoduro restante formará el preciado Triyoduro (I_3^-). Además, se le ha añadido almidón que se volverá de color oscuro al reaccionar con el Triyoduro.

2. Procedimiento experimental

Se preparan dos disoluciones:

- **Disolución A:** yodato de potasio (KIO_3) 0,03 M. Se **disuelven 6,42 g de KIO_3 y se añade agua destilada hasta completar 1 litro.**
- **Disolución B:** hidrogenosulfito de sodio (NaHSO_3) 0,03 M con almidón. Se disuelven 3,1 g de NaHSO_3 y **0,6 g de almidón en agua destilada hasta 1 litro.** Conviene disolver antes el almidón en un poco de agua caliente. También se pueden **utilizar 5,75 ml de disolución de NaHSO_3 al 40% (presentación comercial 5M)** en lugar de los 3,1 g de sólido.

Se mezclan cantidades iguales de las dos disoluciones (40 ml, por ejemplo) en una copa transparente. Al cabo de unos 20 segundos se produce un cambio brusco pasando de incoloro a negro

Reacciones

La reacción se produce en varias etapas:

IO_3^- 0,025M	HSO_3^- 0,03M	H ₂ O	Almidón 1%	H ₂ SO ₄ 3M	Volumen Total	Tiempo Reacc.
mL	mL	mL	mL	Gotas	mL	s
10	1	39	1	3	50	38,4
10	1	19	1	3	30	16,2
10	2	18	1	3	30	12,2
10	3	17	1	3	30	10,2
10	4	16	1	3	30	6,4
10	4	16	0,5	3	30	7,1
10	6	14	1	3	30	4,9
10	8	12	1	3	30	4,2

Etapa primera: los iones hidrogenosulfito (HSO_3^-) reducen los iones yodato (IO_3^-) a iones yoduro (I^-) según la reacción $\text{IO}_3^-(\text{aq}) + 3\text{HSO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}^-(\text{aq}) + 3\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 3\text{H}^+(\text{aq})$

Etapa segunda: los iones yoduro producidos en la etapa primera reaccionan con los iones yodato en exceso produciendo yodo (I_2) $5\text{I}^-(\text{aq}) + \text{IO}_3^-(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 3\text{I}_2(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

La reacción es muy rápida y el I_2 producido reacciona con el almidón para producir un complejo almidón-pentayoduro que presenta un color azul oscuro casi negro. Esta reacción tiene lugar en medio ácido, pero cuando se incrementa el pH hasta medio alcalino la reacción se puede revertir, obteniéndose el ión yoduro (I^-) que es incoloro. Si previamente habíamos añadido fenolftaleína en algunas de las disoluciones, al cambiar el medio ácido a alcalino, la solución pasa de negro a violeta

Es lo que llevan los rotuladores que se utilizan para detectar billetes falsos, el papel en su fabricación lleva almidón para hacerle más resistente, mientras que los billetes son 100% algodón, al pasar el rotulador, si el billete es falso, va a aparecer el color azul del yodo.

descubierta en 1866 por Hans Heinrich Handolt [1]. Se trata de una **reacción química de tipo oscilante** (se conocen pocas de este tipo) y se puede utilizar para ilustrar conceptos relacionados con la **cinética química**, como la **velocidad de reacción**, y determinar cómo afectan a la misma dos aspectos importantes: la temperatura a la que se lleva a cabo la reacción y la concentración inicial de los reactivos.

Hemos dicho que **el reloj de yodo es una reacción química de tipo oscilante**, pero, ¿qué significa esto? Significa que una vez que finaliza, el sistema vuelve a su estado inicial

y comienza de nuevo; los cambios que exhibe son periódicos. Si conocemos cuál es la duración de cada ciclo, su frecuencia, entonces tenemos, efectivamente, un sistema capaz de medir el tiempo mediante el uso de una reacción química, por lo que a veces a estas reacciones se las conoce también como *relojes químicos* [2]. Así que ya veis, en el hipotético caso de que todos los relojes del mundo dejaran de funcionar, siempre podríamos medir el tiempo de forma aproximada con el reloj de yodo o con otras reacciones oscilantes, si dispusiéramos de todos los reactivos necesarios y conociendo de antemano la frecuencia en base a las condiciones iniciales del experimento.

Lo que ocurre en la **reacción del reloj de yodo** a grandes rasgos es lo siguiente: **dos disoluciones incoloras se mezclan** sin que, a simple vista, se produzca ningún cambio que nos muestre que se está llevando a cabo una reacción química. Sin embargo, **después de un periodo de tiempo dado** (inferior a un minuto) **la mezcla cambia repentinamente a azul muy oscuro, casi negro**. Los ciclos se van repitiendo hasta que los reactivos se consumen por completo.

Reacciones encadenadas: del reloj de yodo al arco iris químico

Para motivar a los alumnos en el estudio de la química, presentamos una experiencia que llamará su atención y que puede servir para introducir diversos conceptos en el aula. Consiste en encadenar la reacción de reducción del yodato potásico por hidrogenosulfito de sodio en presencia de almidón con otra reacción en la que aparecen disoluciones de indicadores de pH coloreadas al pasar de medio ácido a básico. En siete copas de vidrio que contienen un líquido incoloro, se añade otra disolución también incolora. El contenido de las copas va cambiando brusca y sucesivamente a azul-negro. Al añadir a las copas una tercera disolución, igualmente incolora, desaparece el color oscuro y aparecen los siete colores del arco iris produciendo un vistoso resultado.

Introducción Con la idea de hacer una introducción a las reacciones químicas, presentamos esta experiencia en la que se ponen de manifiesto diversos aspectos que intervienen en ellas, como la velocidad de reacción, la influencia de la concentración o la temperatura, a la vez que se realiza una presentación que resulta atractiva para los alumnos y les puede hacer que se planteen lo que está sucediendo. Los materiales que se emplean no son difíciles de conseguir y muchos de ellos se encuentran en los laboratorios de los centros de Enseñanza Secundaria. Aunque se presenta como demostración para el público, se puede reproducir por partes en el laboratorio para abordar distintos aspectos de las reacciones químicas. Los productos y materiales utilizados no son especialmente peligrosos, pero se deben tener en cuenta las normas de seguridad y las consideraciones medioambientales adecuadas

Presentación Materiales

- Siete copas de vidrio de unos 200 ml (también se pueden emplear vasos de plástico de un solo uso que sean transparentes).
- Tres jarras de vidrio de un litro.

Reactivos

Se preparan las siguientes disoluciones:

- **Disolución A:** Un litro de yodato potásico (KIO_3) 0,03 M. Disolver 6.42 g de KIO_3 y añadir agua destilada hasta 1 litro.
- **Disolución B:** Un litro de hidrogenosulfito de sodio (NaHSO_3) 0,03 M con almidón. Disolver 3.1 g de NaHSO_3 y 0.6 g de almidón en agua destilada hasta 1 litro. Conviene disolver antes el almidón en un poco de agua caliente. También se pueden utilizar 5.75 ml de disolución de NaHSO_3 al 40 % (presentación comercial 5M) en lugar de los 3.1 g de sólido.
- **Disolución C:** Un litro de hidróxido de sodio (NaOH) 0,05 M. Disolver 2 g de NaOH y añadir agua destilada hasta 1 litro

Para la preparación de los **indicadores** se deben realizar las siguientes disoluciones:

- Disolver 1 g de fenolftaleína en 60 ml de alcohol de 96º y añadir 40 ml de agua destilada.
- Disolver 0.1 g de timolftaleína en 60 ml de alcohol de 96º y añadir 40 ml de agua destilada.
- Disolver 2 g de p-nitrofenol en 60 ml de alcohol de 96º y añadir 40 ml de agua destilada.

Estos indicadores no presentan color en medio ácido ($\text{pH} < 5.0$), pero sí en medio alcalino.

El primero de ellos es bien conocido y vira a violeta en un rango de pH de 8.2 a 9.8, el segundo cambia a azul en un rango de 9.3 a 10.5 y el tercero lo hace a amarillo en un rango de 5.0 a 7.0

Para obtener los demás colores del arco iris se pueden realizar mezclas entre los tres anteriores dado que se parecen mucho a los colores primarios utilizados en las mezclas sustractivas de colores (magenta, cian y amarillo). Las proporciones que dan lugar a unos colores más vistosos son las que se muestran a continuación, en las que se indican en relación de volúmenes o gotas las cantidades de cada uno:

ROJO: 5 fenolftaleína : 2 p-nitrofenol

NARANJA: 1 fenolftaleína : 5 p-nitrofenol

AMARILLO: p-nitrofenol

VERDE: 2 timolftaleína : 3 p-nitrofenol

AZUL: timolftaleína

AÑIL: 1 fenolftaleína : 1 timolftaleína

VIOLETA: fenolftaleína

Montaje

Se disponen tres jarras transparentes con un litro de cada una de las disoluciones A, B y C. Se colocan siete copas o vasos transparentes de unos 200 mL de capacidad en los que se vierten unas gotas de cada uno de los indicadores. A continuación, se añaden 50 mL de la disolución B (hidrogenosulfito de sodio y almidón) que no producirán coloración al ser el pH inferior al de viraje.

Procedimiento

Se presentan a los alumnos las jarras y los vasos en los que se pueden observar líquidos transparentes e incoloros (figura 1). A continuación, se van añadiendo a cada copa 50 mL de la disolución A (KIO_3) (figura 2). Al cabo de unos 30 segundos, el líquido de las copas va virando brusca y sucesivamente al color negro (figura 3). Por último se vierten otros 50 mL de la disolución C (NaOH) (figura. 4), con lo que va desapareciendo el color negro y aparecen los colores correspondientes a cada uno de los indicadores (figura 5)



Figura 1. Copas con unas gotas de cada indicador y 50 mL de disolución B.



Figura 2. Se añade 50 mL de disolución A en cada copa



Figura 3. Va apareciendo el complejo azul-negro sucesivamente.



Figura 4. Al añadir la disolución C desaparece el color negro....



Figura 5. ...y aparece el arco iris químico (imagen inferior).