La química detrás del espejo · María Teresa García Segura

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración está dirigida al alumnado de 1.º y 2.º Bachillerato, en el marco de la asignatura de Química, dentro del bloque de Reacciones Químicas y, específicamente, del apartado de reacciones de oxidación-reducción (redox). Al finalizar la demostración, el alumnado será capaz de:

- Identificar la reacción del espejo de plata como una reacción redox, reconociendo qué especie actúa como oxidante (ion Ag^+) y cuál como reductor (glucosa).
- Comprender el papel del reactivo de Tollens —complejo $[Ag(NH_3)_2]^+$— como fuente de iones plata en medio básico, relacionándolo con el concepto de equilibrio de precipitación y formación de complejos.
- Relacionar el concepto de reducción con la deposición de plata metálica sobre el vidrio, conectando la teoría de las reacciones redox con un fenómeno visual directo y memorable.
- Reconocer el grupo aldehído de la glucosa como responsable de su capacidad reductora y comprender la prueba de Tollens como herramienta analítica de identificación de aldehídos en química orgánica.
- Establecer conexiones entre la química de laboratorio y su aplicación tecnológica histórica: la fabricación industrial de espejos de plata como sustituto del peligroso proceso de amalgamación con mercurio.
- Desarrollar la capacidad de observación científica, describiendo y explicando los cambios macroscópicos —formación de precipitado, disolución del mismo, aparición del depósito plateado— en términos de la teoría submicroscópica de los iones y los electrones.

Fundamento

Contextualización histórica y cultural

La fascinación humana por los espejos es tan antigua como la civilización misma. La mitología griega nos dejó el mito de Narciso: un joven tan bello que, al ver su reflejo en el agua, quedó atrapado por su propia imagen. Lo que Narciso no sabía es que ese reflejo tiene una explicación química, y que la humanidad tardó siglos en descubrirla.

Durante siglos, los espejos de mayor calidad se fabricaron mediante la técnica de amalgamación: una capa de estaño se humedecía con mercurio líquido y se adhería al vidrio. El proceso era extraordinariamente tóxico. En 1835, el químico alemán Justus von Liebig (1803-1873) describió por primera vez la deposición de plata metálica a partir de soluciones amoniacales. En 1882, Bernhard Tollens (1841-1918) perfeccionó el procedimiento desarrollando el reactivo que lleva su nombre: un espejo de plata, sin mercurio, sin toxicidad, fabricado con una simple reacción redox. Este proceso sustituyó gradualmente a la peligrosa amalgamación y fue el método estándar de la industria de espejos durante décadas.

Fundamento químico

El reactivo de Tollens es una solución amoniacal que contiene el complejo diaminplata(I), $[Ag(NH_3)_2]^+$. Se prepara en tres pasos secuenciales:

- Disolución de nitrato de plata ($AgNO_3$) 0,1 M: fuente de iones Ag^+.
- Adición de hidróxido de sodio (NaOH) 0,8 M: precipitación de Ag_2O (precipitado pardo-oscuro).
- Adición de amoniaco (NH_3): disolución del precipitado y formación del complejo $[Ag(NH_3)_2]^+$ (solución transparente incolora).

La glucosa ($C_6H_{12}O_6$) posee un grupo aldehído (–CHO) libre que actúa como agente reductor. En medio básico, ese grupo se oxida a carboxilo (–COOH), mientras que los iones Ag^+ se reducen a plata metálica (Ag^0). La reacción global simplificada es:

$$C_6H_{12}O_6 + 2\,[Ag(NH_3)_2]^+ + 2\,OH^- \rightarrow C_6H_{12}O_7 + 2\,Ag\downarrow + 4\,NH_3 + H_2O$$

En esta reacción redox:

- La glucosa actúa como agente reductor: el C del grupo aldehído pasa de estado de oxidación 0 a +1 al oxidarse a carboxilo.
- Los iones Ag^+ actúan como agentes oxidantes: pasan del estado de oxidación +1 a 0 al reducirse a plata metálica.

La calidad del espejo depende críticamente del desengrase previo del vidrio: si hay grasa en las paredes, la plata precipita como polvo negro sin adherirse. La demostración articula reacciones redox, equilibrio de precipitación, formación de complejos y química orgánica (grupo aldehído) en un único experimento.

Materiales

- Matraz Erlenmeyer o vaso de precipitados de vidrio de 250 mL, limpio y desengrasado.
- Vasos de precipitados auxiliares.
- Matraces aforados para preparar las disoluciones.
- Pipetas Pasteur de 5 y 10 mL.
- Embudo.
- Guantes, gafas de seguridad y bata de laboratorio (obligatorios).
- Campana extractora.

Reactivos

- Nitrato de plata $AgNO_3$, disolución 0.1 M.
- Hidróxido de sodio NaOH, solución 0.8 M.
- Amoníaco NH_3, disolución concentrada (20 %).
- Glucosa (D-glucosa), disolución 0.25 M en agua destilada.
- Acetona (para el desengrase previo del matraz).
- Agua destilada.

Advertencia de seguridad: El nitrato de plata es corrosivo y tiñe la piel de forma persistente. El amoniaco concentrado es irritante y debe manipularse en espacio ventilado, en este caso utilizamos campana extractora. El reactivo de Tollens debe

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

prepararse en el momento y nunca almacenarse: al envejecer puede formar fulminato de plata ($Ag_2C_2N_2$), un sólido explosivo. Consultar las fichas de datos de seguridad (FDS/SDS) de cada reactivo.

Procedimiento experimental

El procedimiento se describe en el orden en que se realiza en el vídeo de demostración. Todas las operaciones se llevan a cabo en la zona de la campana extractora, con bata, gafas de seguridad y guantes.

1. Colocar sobre la mesa de trabajo, dentro del área de la campana: un matraz Erlenmeyer de vidrio, un vaso de precipitados con la disolución de $AgNO_3$ 0.1 M, un vaso con amoniaco (NH_3) al 20 %, los matraces aforados con las disoluciones de NaOH 0,8 M y de glucosa 0,25 M (todos rotulados), pipetas Pasteur, un embudo y un matraz de fondo redondo de 500 mL apoyado sobre un soporte de corcho.
2. Verter la sal de plata. Verter en el matraz Erlenmeyer la disolución de nitrato de plata 0.1 M (100 mL).
3. Añadir la base. Con una pipeta Pasteur, añadir gota a gota la disolución de NaOH 0.8 M (50 mL) mientras se agita el matraz con suavidad. Se forma un precipitado pardo-oscuro de óxido de plata (Ag_2O).
4. Disolver el precipitado con amoniaco. Con una pipeta Pasteur, añadir amoníaco al 20% gota a gota, agitando el matraz en movimientos circulares, hasta que el precipitado desaparezca y la disolución quede transparente. Se ha formado el complejo $[Ag(NH_3)_2]^+$, el reactivo de Tollens.
5. Pasar el reactivo al matraz de reacción. Con ayuda del embudo, trasvasar el reactivo de Tollens al matraz de fondo redondo de 500 mL situado sobre soporte de corcho.
6. Añadir la disolución de glucosa 0.25 M (V= 10 mL).
7. Agitar suavemente el matraz para que la mezcla moje toda la pared interior del vidrio.
8. Observar cómo la plata metálica se va depositando sobre el vidrio hasta formar una película gris plateada y reflectante que cubre el interior del matraz (espejo de plata). Se aprecia la formación de un precipitado pardo-oscuro (Ag_2O) al añadir NaOH; desaparición del precipitado y obtención de una disolución transparente al añadir amoniaco (formación del complejo); y, tras añadir la glucosa, aparición del depósito de plata metálica sobre el vidrio (reducción de Ag^+ a Ag^0 con oxidación del grupo aldehído a carboxilo).

Conclusiones

La demostración del espejo de plata reúne en un único experimento de tres minutos varios de los atributos que definen una práctica de laboratorio excelente: es visualmente impactante, científicamente rigurosa, históricamente rica y didácticamente integradora.
El hilo conductor del mito de Narciso y la evolución técnica desde las superficies pulidas de bronce hasta el proceso de Tollens sitúan la química en su contexto cultural e histórico, mostrando al alumnado que la ciencia no nace en el vacío, sino en diálogo con la sociedad y sus necesidades. La pregunta de cierre —¿funcionaría con acetona? — abre la puerta a actividades de indagación posteriores, estimulando el pensamiento crítico del alumnado y convirtiendo una experiencia visual en el punto de partida de una investigación real.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

María Teresa García Segura
IES Santiago Grisolía (Callosa de Segura, Alicante)
Contacto: *mariateresagarciasegura@gmail.com*

Bibliografía

- Chang, R., Goldsby, K. (2013). *Química.* McGraw-Hill
- Wade, L. G. (2012). *Química Orgánica.* Pearson
- Vídeo de referencia realizado por alumnos de nuestro centro y base procedimental de la demostración presentada a MasterChem 2024.

Nota sobre uso de Inteligencia Artificial. En la elaboración de este guion se ha empleado asistencia de inteligencia artificial (Claude, Anthropic) para la estructuración y redacción del texto, bajo la supervisión y revisión científica y didáctica de la docente firmante.

