

PRÁCTICA 10

TRANSFORMACIONES QUÍMICAS DE COBRE

OBJETIVOS

- Poner de manifiesto el Principio de Conservación de la Materia mediante un ciclo de reacciones de cobre.
- Aprender el concepto de rendimiento de una reacción o serie de reacciones.
- Reconocer los cambios asociados a las reacciones químicas (desprendimiento de gases, formación de precipitados, cambio de color, desprendimiento de calor, etc).
- Desarrollar habilidades de observación y registro de lo observado.
- Practicar algunas operaciones básicas de laboratorio como pesar, medir volúmenes de líquidos, calentar disoluciones, centrifugar, decantar disoluciones y lavar y secar precipitados.

FUNDAMENTO TEÓRICO

En las reacciones químicas, los reactivos y los productos tienen el mismo número y tipo de átomos, aunque agrupados de forma diferente. Puesto que la masa de un compuesto (reactivo o producto) es la suma de las masas de los átomos que lo constituyen, y los átomos no cambian en una reacción química, la masa de los productos debe ser igual a la masa de los reactivos, de acuerdo con el Principio de Conservación de la Materia, que establece que la materia ni se crea ni se destruye.

En esta práctica, se somete una determinada masa de cobre a una serie de reacciones químicas, transformándose el cobre en diferentes compuestos, y se recupera finalmente el elemento metálico. La masa del cobre recuperado debe ser igual a la masa de cobre inicial si no ha habido pérdidas de manipulación. En la práctica, probablemente se recupere algo menos de cobre del inicial, definiéndose el **rendimiento** del proceso como:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \text{masa de Cu final} \times 100 / \text{masa de Cu inicial}$$

Con carácter general, el rendimiento de una reacción química (o serie de reacciones) es:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \text{masa obtenida de producto} \times 100 / \text{masa ideal de producto}$$

donde la masa ideal de producto es la que se obtendría si la transformación fuera completa y no hubiera pérdidas de manipulación.

Existen varios tipos de reacciones químicas: Las reacciones redox, o de oxidación-reducción, son aquellas en que cambia el estado de oxidación de alguno de los átomos. La especie en la que aumenta el estado de oxidación ha sido oxidada, y es el reductor de la reacción, mientras que la especie en la que disminuye el estado de oxidación ha sido reducida (y es el oxidante de la reacción). En las reacciones ácido-base tiene lugar una transferencia de protones. El ácido cede un protón, y se transforma en su base conjugada, mientras que la base acepta un protón y se transforma en su ácido conjugado. En esta práctica hay reacciones redox y ácido-base, pero también reacciones de precipitación, en que aparece un precipitado, y de deshidratación, en que una especie pierde agua. Todas las reacciones van acompañadas de

cambios visibles como desprendimiento de gases, formación de precipitados o cambios de color, y, en algún caso, de un cambio detectable de la temperatura de la disolución. Aprender a observar, anotar e interpretar dichos cambios, forma parte de la formación de un químico.

La **centrifugación** es una técnica que permite separar los sólidos presentes en una fase fluida gracias a la acción de la fuerza centrífuga, para lo cual es necesario que el precipitado sea más denso que el fluido. Para separar sólidos por centrifugación, es necesario utilizar un aparato denominado **centrífuga** o **centrifugadora**, que consta de un motor capaz de hacer girar a alta velocidad una pieza denominada **rotor**, que se coloca en el eje del motor, y en el que existen una serie de senos en los que se pueden colocar unos tubos de vidrio o de plástico denominados **tubos de centrífuga**. Para centrifugar una muestra, se coloca en un tubo de centrífuga el líquido en cuyo seno está el sólido que se desea separar, y en otro tubo gemelo se coloca agua, de forma que ambos tubos tengan igual masa, colocándose uno y otro tubo en senos del rotor diametralmente opuestos. Al finalizar la centrifugación, aparecerá el sólido que se desea separar en el fondo del tubo (**precipitado**), quedando sobre él el fluido, que recibe el nombre genérico de **sobrenadante**. Este puede sacarse del tubo por simple decantación, si el precipitado es suficientemente consistente, o con ayuda de una pipeta o de un cuentagotas. La centrifugación se utiliza a menudo si el precipitado colmata los filtros o si es preciso recuperar tanto la fase sólida como la fase líquida para operaciones posteriores.

MATERIAL Y REACTIVOS

Material

Estufa
Balanza de tres cifras decimales
Placa calefactora
2 Tubos de centrífuga
Vaso de precipitados de 250 mL
Vaso de precipitados de 100 mL
Tubo de ensayo graduado
Probeta de 100 mL
Pipeta Pasteur con chupete
Varilla agitadora
Papel pH

Reactivos

Cobre
Ácido nítrico concentrado
Hidróxido de sodio 6 M
Ácido sulfúrico 6 M
Zinc
Acetona

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

El ácido nítrico concentrado es fuertemente corrosivo y oxidante. También son corrosivas las disoluciones de ácido sulfúrico e hidróxido sódico. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua. El óxido de nitrógeno(IV) es un gas tóxico, por lo que, durante su formación, debe trabajarse en vitrina.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

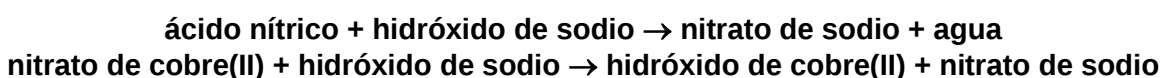
a) Preparación de nitrato de cobre(II)

cobre + ácido nítrico → nitrato de cobre(II) + óxido de nitrógeno(IV) + agua

Lavar cuidadosamente un tubo de centrífuga, enjuagarlo con agua destilada y secarlo en la estufa, a una temperatura superior a 110 °C, durante, al menos, 10 minutos. Una vez frío, comprobar que está perfectamente seco, pesar el tubo de centrífuga, con la mayor precisión posible, y anotar la masa en el cuaderno de laboratorio. Añadir al tubo una cantidad aproximada de 0,1 g de cobre, pesar con precisión y anotar la masa.

Poner 0,6 mL de ácido nítrico concentrado en un tubo de ensayo y, **en una vitrina extractora**, añadirlos lentamente al tubo de centrífuga con una pipeta Pasteur, mientras el tubo se encuentra apoyado en el interior de un vaso de precipitados de 100 mL. Comprobar si se calienta el tubo de centrífuga y anotar las observaciones. Cuando termine la reacción, agitar cuidadosamente el tubo para eliminar los gases desprendidos, añadir 3 mL de agua destilada, anotar el color de la disolución y volver a la mesa de trabajo.

b) Preparación de hidróxido de cobre(II)



Añadir 4 mL de disolución de hidróxido sódico 6 M sobre la disolución de nitrato de cobre y agitar con una varilla de vidrio, procurando que quede la menor cantidad posible de sólido pegado a la varilla. Antes de reaccionar con el nitrato de cobre(II), el hidróxido de sodio añadido neutraliza el exceso de ácido nítrico procedente del paso **a**. Anotar las observaciones.

Nota: Cuando no se esté utilizando la varilla de vidrio, mantenerla apoyada cuidadosamente sobre un vaso de precipitados, durante toda la práctica, para no perder ninguna cantidad del compuesto de cobre correspondiente, lo que disminuiría el rendimiento final.

c) Preparación de óxido de cobre(II)



Sobre una placa calefactora, calentar agua hasta comienzo de ebullición, en un vaso de 250 mL (conviene hacerlo con antelación para no perder tiempo) y poner al baño maría el tubo de centrífuga con el precipitado de hidróxido de cobre. Agitar suavemente con la varilla de vidrio, procurando que se desprenda de la misma la mayor cantidad posible del sólido que pueda tener adherido. Anotar las observaciones cuando el hidróxido de cobre(II) se transforma en el correspondiente óxido. Una vez terminada la transformación, tomar con la varilla una gota del líquido sobrenadante y, con papel pH, comprobar que es alcalino.

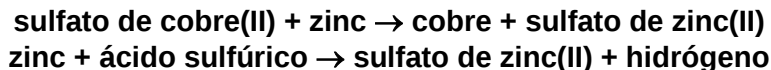
Con las precauciones indicadas en el Fundamento Teórico, centrifugar la suspensión de óxido de cobre(II), durante 2 minutos a 1500 rpm. A continuación, extraer la mayor parte posible del líquido sobrenadante, con una pipeta Pasteur, sin eliminar nada de sólido, y reponer el volumen inicial añadiendo agua destilada. Agitar cuidadosamente con la varilla de vidrio y volver a repetir el proceso anterior. Finalmente, volver a centrifugar y extraer la mayor parte del líquido sobrenadante.

d) Preparación de sulfato de cobre(II)



En el tubo de centrífuga, añadir 4 mL de ácido sulfúrico 6 M sobre el precipitado de óxido de cobre(II). Anotar las observaciones. Con la ayuda de la varilla pasar el líquido por las paredes para que se disuelva todo el sólido.

e) Recuperación del cobre metálico



Pesar 0,4 g de zinc en polvo y añadirlos al tubo de centrífuga que contiene la disolución de sulfato de cobre, utilizando la varilla de vidrio para mantener sumergido el zinc. Además de la reacción principal entre sulfato de cobre(II) y zinc, también tiene lugar la reacción secundaria indicada más arriba. Comprobar si se calienta la disolución y anotar todas las observaciones. Con la varilla, pasar la disolución por el polvo de zinc que pudiera haber quedado en las paredes del vaso hasta que todo el zinc se haya disuelto.

Si una vez disuelto el zinc, no ha desaparecido completamente el color azul del Cu^{2+} de la disolución, se añaden 0,1 g adicionales de Zn y se repite el proceso anterior hasta que cese el desprendimiento de gases. Repetir si fuera necesario. Una vez decolorada la disolución, se añaden 5 gotas de ácido sulfúrico 6 M y se agita hasta que cese la efervescencia, caso de producirse. Calentar al baño maría para comprobar que no se desprenden burbujas. Con papel pH, comprobar que es ácido. En caso contrario, añadir más ácido y volver a agitar.

Centrifugar durante 1 minuto a 1500 rpm y decantar cuidadosamente la disolución a un vaso de precipitados, evitando la pérdida de sólido. Lavar el precipitado de cobre con 7 mL de agua destilada, utilizando la varilla para pasar el agua por las paredes del tubo, y decantar. Repetir la operación otras dos veces. En cada uno de los lavados, comprobar el pH del líquido decantado. El pH debería ser neutro tras el último lavado. El líquido decantado del primer lavado, más rico en ZnSO_4 , se vierte en el recipiente de residuos correspondiente, mientras que los líquidos decantados de los últimos lavados se pueden tirar por la pila.

Tras haberlo lavado con agua, se lava el precipitado de cobre con 3 mL de acetona, se decanta cuidadosamente y se seca el tubo de centrífuga en la estufa a 110 °C, durante 15 minutos. Una vez frío, se pesa el tubo de centrífuga y se anota el resultado. Volver a poner el vaso de precipitados en la estufa durante otros 10 minutos para comprobar si se sigue perdiendo peso.

RESULTADOS Y CUESTIONES

- 1) Anotar el peso del tubo de centrífuga vacío, con el cobre añadido y con el cobre recuperado.
- 2) Anotar las masas del cobre inicial y del cobre recuperado, y el porcentaje de cobre recuperado.
- 3) Anotar las observaciones de las reacciones **a-d**, y calificar los productos de las reacciones por su color y como gas, precipitado o disolución.
- 4) Indicar el tipo de reacción que tiene lugar en todas las etapas. En las reacciones redox, razonar cuál es el oxidante y cuál el reductor, y en las reacciones ácido-base, cuál es el ácido y cuál la base.
- 5) Ajustar todas las reacciones.

- 6) Calcular los moles de todos los reactivos y comprobar que el cobre o sus compuestos son el reactivo limitante en las siguientes reacciones:
 - a) cobre + ácido nítrico
 - b) óxido de cobre + ácido sulfúrico
- 7) En los procesos **c** y **e** se han lavado los sólidos formados. Indicar por qué se ha hecho y qué especies químicas se han eliminado con los lavados.
- 8) Razonar cómo habrían variado los resultados numéricos finales si no se hubiera lavado el cobre recuperado.
- 9) Razonar cómo habrían variado los resultados numéricos finales si se hubiera decantado antes de que dejaran de salir burbujas en el proceso **e**.
- 10) Razonar qué factores pueden haber influido en que el rendimiento no sea del 100% (en su caso).

BIBLIOGRAFÍA

- http://www.byui.edu/chemistry/Lab_Manuals/Chem_105/Chem_105_Exp_6_A_Cycle_of_Copper_Reactions.pdf
- http://palmera.pntic.mec.es/~atola/Laboratorio/Practicas%204_ESO/EL%20CICLO%20DEL%20COBRE.pdf
- http://web.clark.edu/nfattaleh/classes/141_151/LabDocuments/F08ChemRxnsCu.pdf
- <http://nautilus.fis.uc.pt/bl/conteudos/23/pags/labvideos/labvideos.html>
- Carrillo Chávez, M.; González Muradás, R. M.; Hernández Millán, G.; Montagut Bosque, P.; Nieto Calleja, E.; Sandoval Márquez, R. M.; Sansón Ortega, C. Microescala: *Química General. Manual de Laboratorio*. 4ª ed. Práctica 11. Ed. Prentice-Hall, 2002.