PRÁCTICA 2
ESTEQUIOMETRÍA: ESTABLECIMIENTO DE LA ECUACIÓN QUÍMICA DE UNA REACCIÓN DE PRECIPITACIÓN, EMPLEANDO EL MÉTODO DE LAS VARIACIONES CONTINUAS

OBJETIVOS

- Determinar la estequiometría de un proceso químico (reacción) mediante el método de las variaciones continuas, aplicado a la reacción del cloruro de bario con el cromato potásico.
- Demostrar que dos reactivos determinados siempre reaccionan en proporción constante o con igual estequiometria, en las mismas condiciones.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Las reacciones químicas se representan por ecuaciones que identifican los reactivos en un lado y los productos en el otro, separados por una flecha que indica la transformación. Las ecuaciones deben estar ajustadas, de forma que exista el mismo número de átomos de un determinado elemento en ambos lados de la ecuación, ya que los átomos se conservan.

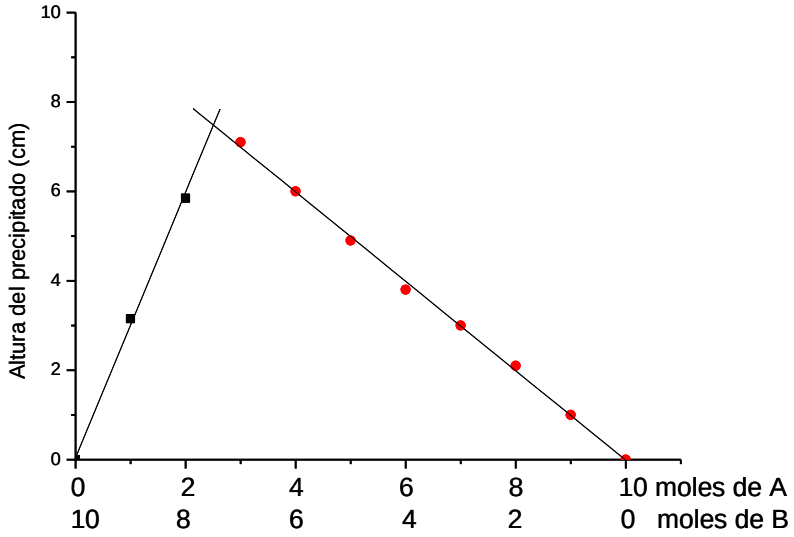
Las relaciones molares entre los distintos reactivos y productos en una reacción química representan la ***estequiometría*** de la reacción. Basándonos en ella, podemos calcular la cantidad de producto que se obtiene a partir de los mencionados reactivos, ya que siempre reaccionarán de la misma manera en las mismas condiciones.

Así, cuando los reactivos utilizados no están en proporciones estequiométricas, el reactivo que se consume primero se llama *reactivo* ***limitante***, dado que la cantidad de producto formado depende de este reactivo y no del que se encuentra en exceso.

Para determinar la estequiometría de la reacción se puede utilizar el método de las variaciones continuas que consiste en medir una propiedad común de una serie de sistemas preparados con diferentes cantidades de los reactivos del proceso a estudiar. Por ejemplo, para productos coloreados que permanecen en disolución, la medición de la absorbancia del producto final es un método muy utilizado (variaciones continuas de Job). En el caso de reacciones de precipitación, esa propiedad sería la masa del precipitado, que sería proporcional al volumen ocupado por el mismo, en iguales condiciones de sedimentación. Por tanto, si la precipitación tiene lugar en tubos graduados del mismo diámetro, la cantidad de precipitado será aproximadamente proporcional a la altura que ocupa en el tubo.

Así, usando el peso (volumen o altura) del precipitado que se forma a partir de la mezcla de dos disoluciones que contienen los reactivos, se pueden determinar las cantidades estequiométricas en las que ambos se combinan para formar un producto final. Los datos obtenidos con los precipitados (peso, volumen o altura) se representan en una gráfica frente a la composición utilizada en cada sistema (concentración de reactivos iniciales). La evolución de la curva nos indicará la estequiometría de la reacción, cuando dicha gráfica alcance su punto máximo, como se muestra en el ejemplo mostrado en la siguiente página.

En este caso, la máxima cantidad de precipitado se forma cuando 2,5 moles del reactivo A reaccionan con 7,5 moles de B. Por tanto, cada mol de A reacciona con tres moles de B (estequiometría 1:3).



De modo análogo al ejemplo anterior, en esta práctica se determinará la estequiometría de la reacción entre $BaCl_2$ y K_2CrO_4.

MATERIAL Y REACTIVOS

Material
Bureta de 50 mL
Pipeta graduada de 10 mL
2 matraces aforados de 50 mL
Vaso de precipitados de 50 mL
Baño termostatizado
Pesasustancias
Pipeta Pasteur y chupete
Parafilm
Gradilla con 8 tubos de ensayo graduados
Propipeta
Papel milimetrado

Reactivos
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$
K_2CrO_4

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

El cloruro de bario es nocivo por inhalación e ingestión. Los compuestos de Cr(VI) son muy oxidantes y tóxicos.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

a) Preparación de disoluciones problema

En la primera parte de la práctica, se preparan las disoluciones de los reactivos que serán utilizadas posteriormente para determinar la estequiometría de una reacción química.

1. Preparación de 50 mL de disolución de $BaCl_2$ 0,5 M.

Se calcula la cantidad de $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ necesaria para preparar la disolución y se pesa en la balanza utilizando un pesasustancias. Se trasvasa a un vaso de precipitados y se lava el pesasustancias con agua destilada, recogiendo el agua de lavado en el vaso de precipitados,

para arrastrar todo el sólido pesado. Se sigue añadiendo agua destilada al vaso de precipitados hasta tener un volumen aproximadamente la mitad del volumen final. A continuación, se agita con una varilla de vidrio hasta que el sólido esté disuelto, y la disolución obtenida se vierte, mediante un embudo, en el matraz aforado de 50 mL. Finalmente, se añade agua destilada al matraz aforado, lavando el vaso de precipitados, la varilla y el embudo para que todo el $BaCl_2$ quede en el matraz, se enrasa como se indica en la Práctica 1 y se agita para homogeneizar la disolución (ver preparación de disoluciones de líquidos en la Práctica 1).

2. Preparación de 50 mL de disolución de K_2CrO_4 0,5 M.

Se procede igual que en el apartado anterior pero utilizando el reactivo K_2CrO_4.

b) Determinación de la estequiometría

En esta segunda parte de la práctica, se determina la relación molar en que interaccionan el cloruro de bario y el cromato potásico. Para ello, se mezclan distintos volúmenes de disoluciones de estas dos sustancias. La propiedad medida será la altura del precipitado que se forma al mezclar los reactivos, con lo cual se puede establecer la ecuación estequiométrica de la reacción. En tubos de ensayo graduados y numerados se vierten con una pipeta las cantidades de la disolución de cloruro de bario que se indican en la siguiente tabla.

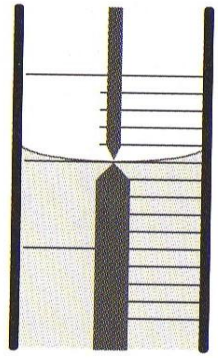
	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4	Tubo 5	Tubo 6	Tubo 7	Tubo 8
mL $BaCl_2$ 0,5 M	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
mL K_2CrO_4 0,5 M	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0

A continuación, se introduce la gradilla con los ocho tubos en un baño de agua caliente y se mantiene durante 5 minutos. Mediante una bureta*****, se añaden a los tubos calientes los volúmenes de disolución de cromato potásico que se indican en la tabla anterior. Se agitan los tubos para homogeneizar las mezclas y se sumergen de nuevo en el baño de agua caliente, donde se mantienen durante otros 5 minutos. Se sacan los tubos del baño y se dejan reposar en la gradilla a temperatura ambiente durante aproximadamente 30 minutos, hasta que el precipitado haya sedimentado completamente. Medir el volumen del precipitado utilizando la graduación de los tubos.

Las disoluciones que no se hayan utilizado y los residuos de la segunda parte de la práctica se echarán en los depósitos correspondientes colocados en el laboratorio.

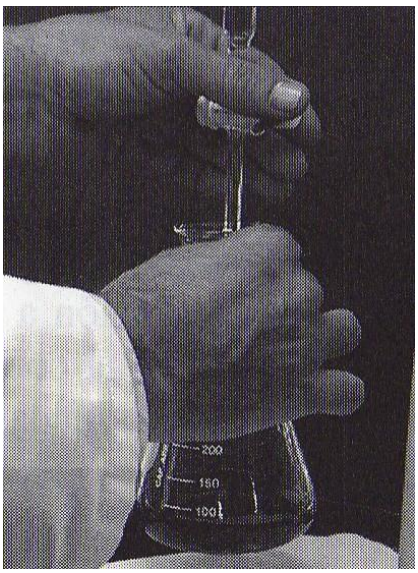
****Uso de la bureta:***

En la Práctica 1 se ha visto en qué consiste una bureta y la forma adecuada de leer el volumen en una pipeta graduada (posición del menisco), que es exactamente igual en una bureta.



Algunas buretas se fabrican con tubo graduado tipo Schellbac que tiene una franja azul sobre fondo blanco. En estas buretas, la lectura del volumen es más precisa, pues la posición del menisco queda claramente definida en el punto en que el vértice de la banda estrecha azul se une con el vértice de la banda azul ancha.

Antes de llenar y enrasar una bureta hay que homogeneizarla con la disolución que se va a introducir en ella, evitando que queden burbujas de aire, pues disminuiría la exactitud y la precisión de la lectura del volumen. Es más probable que las burbujas aparezcan en la zona comprendida entre la llave y el extremo inferior de la bureta.



La forma adecuada de manejar la bureta es con la mano izquierda, abrazando la zona donde se encuentra la llave, de forma que se abra y cierre la llave de la bureta con dicha mano, mientras con la mano derecha se agita la disolución sobre la que se vierte el contenido de la bureta (las personas zurdas manejarán la bureta con la mano derecha y agitarán con la izquierda). Esto es particularmente importante en el caso de las volumetrías (prácticas 13, 14,16 y 18), que suponen el uso más habitual de las buretas. En las volumetrías no se podría determinar con precisión el punto de equivalencia si no se agita continuamente la disolución a valorar, lo que se hace mejor con la mano derecha (en el caso de las personas diestras).

RESULTADOS Y CUESTIONES

1. Con los datos obtenidos de altura en los tubos, completar la tabla siguiente:

	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4	Tubo 5	Tubo 6	Tubo 7	Tubo 8
mL $BaCl_2$ 0,5 M	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
mmoles de $BaCl_2$								
mL K_2CrO_4 0,5 M	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
mmoles de K_2CrO_4								
Volumen del precipitado (mL)								
Color de la disolución sobrenadante								

2. Construir una gráfica representando en ordenadas las alturas de los precipitados halladas en los tubos del 1 al 8, y en abscisas el número de moles de los reactivos. Determinar la estequiometría de la reacción, como se indica en el fundamento teórico.

3. Escribir la ecuación ajustada del proceso químico que tiene lugar.

4. Indicar cual es el reactivo limitante en los tubos del 1 al 8.

5. Justificar los colores de las disoluciones sobrenadantes.

6. Representar los moles de Ag_2CrO_4 formados frente a los moles de $AgNO_3$ y de K_2CrO_4 cuando se mezclan cantidades variables de los dos reactivos que sumen en total 10 moles (desde 0 moles de $AgNO_3$ y 10 de K_2CrO_4, hasta 10 moles de $AgNO_3$ y 0 de K_2CrO_4), teniendo en cuenta que la reacción que tiene lugar es:

$$2\ AgNO_3\ (ac) + K_2CrO_4\ (ac) \rightarrow Ag_2CrO_4\ (s) + 2\ KNO_3\ (ac)$$

Hacer primero una tabla y representarla gráficamente a continuación.

BIBLIOGRAFÍA

- Masaguer, J. R.; Coto, M. V.; Casas, J. S. "An experiment for introductory college chemistry. How to establish a chemistry equation". *Journal of Chemical Education.* 1975, vol 52, núm. 6, p. 387.
- Nelson, P. G. "Demonstrating constant composition". *Education in Chemistry*. 1996, vol. 33, núm. 1, p. 22.
- Chang , R. *Química*. 9ª ed. Capítulo 3. Ed. Mc Graw-Hill, 2007.
- Petrucci, R. H.; Harwood, W. S.; Herring, F. G. *Química General,* 8ª ed. Vol. I. Capítulo 4. Ed. Prentice Hall, 2003.
- Gómez, M.; Matesanz, A. I.; Sánchez, A.; Souza, P. *Laboratorio de Química*. 2ª ed. Práctica 2. Ed. Universidad Autónoma de Madrid, 2005.
- Mora, J.; Gras, L.; Maestre, S. E.; Tolodí, J. L. *Introducción a la experimentación en Química Analítica*. Capítulo 4. Ed. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2005.