

Figura 5

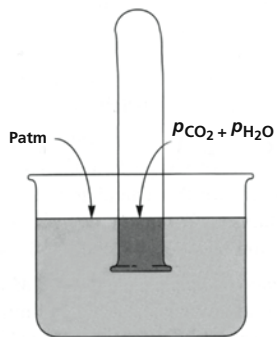


Figura 6

C) Determinación de la temperatura, volumen y presión del gas CO₂ obtenido

1. Para determinar la temperatura del gas, se mide la temperatura del agua en la que fue colectado y se anota su valor.
2. Para garantizar que la presión de CO₂ sea igual a la atmosférica en el lugar de trabajo, se debe subir o bajar el tubo dentro de la cuba hasta que los niveles del agua dentro y fuera sean iguales. En este punto $p_{CO_2} = p_{atm}$, de manera que la lectura del barómetro del laboratorio es la que se toma como la presión del gas formado. Por otro lado, la presión del vapor de agua (si se trabaja a 20 °C) es de 17.5 torr (este valor se obtiene de tablas T/P estándar).
3. Para determinar el volumen de CO₂ gaseoso: a) se invierte el tubo de 200 mm sobre una placa de vidrio plana o sobre una pieza pequeña de Parafilm (véase figura 6). Retirar el tubo del agua y colocarlo de inmediato en una gradilla. b) Para determinar el volumen de CO₂ recogido, se transfiere el agua que queda en el tubo de colecta a una probeta para medir su volumen. Enseguida mida el volumen total del tubo de ensayo llenándolo hasta el tope con agua de la llave y transfiera el volumen total del tubo a la probeta nuevamente. El volumen de gas es la diferencia entre el volumen total del tubo y el volumen de agua que se quedó después de la colecta.

D) Masa de CO₂ que se liberó de la reacción

Para determinar la diferencia de masa del generador de CO₂ y los componentes que quedaron después de la reacción, se pesa el tubo de 200 mm después de la reacción y el peso se compara con el medido en la parte A. Después de restar la masa del generador, calcular la pérdida de masa de la muestra.

Análisis de resultados

Aplicar las ecuaciones 1-5 para determinar: a) El volumen molar de CO₂ que se liberó de la reacción. b) La masa de CaCO₃ presente en la muestra (en gramos) que se obtuvo a partir de las determinaciones estequiométricas (recordar que se parte de las moles de CO₂ obtenidas). c) ¿Cuál era el porcentaje de CaCO₃ en la muestra? ¿Qué nos dice ese porcentaje sobre la alcalinidad de ésta? d) ¿Qué reacciones y procesos mencionados en el artículo se relacionan con esta actividad? e) ¿Qué aplicación práctica podría tener este procedimiento en la vida cotidiana?

III. Bibliografía

Beran, J. A., *Laboratory Manual for Principles of General Chemistry*, 7th ed., John Wiley and Sons, USA, 2004.

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.

DE LOS CORALES A LOS RASCACIELOS



De: Laura Gasque (No. 105, p. 22)

I. Relación con los temarios del bachillerato UNAM

Esta guía y el artículo de referencia pueden utilizarla maestros de laboratorio de química, dado que la actividad experimental que se presenta resulta ideal para complementar y ayudar a comprender los fenómenos químicos en los que interviene el calcio.

II. Análisis de carbonato de calcio

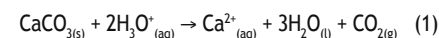
Objetivos de la actividad:

1. Determinar el porcentaje de carbonato de calcio de una mezcla heterogénea.
2. Determinar el volumen molar de dióxido de carbono gaseoso a 0 °C y 1 atm.

Introducción

Como se menciona en el artículo de referencia, el carbonato de calcio es uno de los compuestos inorgánicos más abundantes en la corteza terrestre. También conocido como piedra caliza, el carbonato de calcio está presente en muchas formaciones geológicas. Lo encontramos como gis o tiza, como mármol, en la conchas de animales marinos, en estalactitas y estalagmitas, en forma de cal y en los minerales responsables de la formación de agua dura.

Este compuesto reacciona fácilmente en medio ácido para producir dióxido de carbono gaseoso por medio de la siguiente reacción:



En este experimento se determina el porcentaje en masa de carbonato de calcio presente en una mezcla heterogénea. El mineral de calcio de la muestra se trata con un exceso de ácido clorhídrico y el dióxido de carbono se colecta sobre agua. Se miden las moles de CO₂ generadas y a partir de la estequiometría de la reacción se determinan las moles de CaCO₃ en la muestra.

Debido a que el dióxido de carbono es algo soluble en el agua, ésta se trata previamente, saturándola del gas para que ya no absorba más.

Para determinar el mineral de calcio en la muestra tienen que hacerse dos mediciones importantes: (1) se recoge el gas CO₂ que se libera de la reacción y se mide su volumen, y (2) se mide la diferencia de masa de la muestra antes y después de la reacción.

1) Volumen molar de dióxido de carbono

La masa que se pierde de la mezcla de CaCO₃ (muestra original) se libera en forma de CO₂ a

partir de la reacción: esta masa se convierte en moles de CO_2 liberados. El volumen del gas CO_2 se recoge sobre agua a temperatura y presión que se ajustan a las condiciones estándares. Conociendo el número de moles y el volumen a condiciones ETP, se puede calcular el volumen molar estándar del gas por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{V_{\text{CO}_2}(\text{ETP})}{n_{\text{CO}_2}} = \text{volumen molar estándar de } \text{CO}_2 \quad (2)$$

El volumen de gas CO_2 que se libera de la reacción se recoge por desplazamiento de un volumen igual de agua (véase figura 1a). Debido a que el gas CO_2 burbujea en el agua, el gas se considera "húmedo", lo cual significa que el volumen ocupado por el CO_2 también está saturado de vapor de agua a la temperatura del agua sobre la que es recogido. De esta forma, la presión total PT en este volumen se debe a la suma de las presiones del gas CO_2 , p_{CO_2} , y la del vapor de agua $p_{\text{H}_2\text{O}}$. La presión del dióxido de carbono "seco" se calcula usando la ley de Dalton de las presiones parciales:

$$\text{Gas dióxido de carbono: } p_{\text{CO}_2} = P_T - p_{\text{H}_2\text{O}} \quad (3)$$

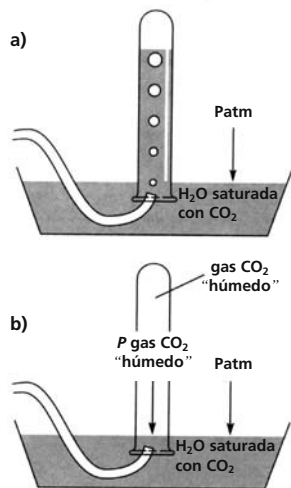


Figura 1

La presión del vapor de agua, $p_{\text{H}_2\text{O}}$ a la temperatura a la que se colecta el gas, se sustrae

a partir de la presión total de los gases P_T en el recipiente donde se hizo la colecta. Experimentalmente, la presión total de la mezcla gaseosa ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) se ajusta a la presión atmosférica ($P_T = P_{\text{atm}}$) por medio de la cuba hidroneumática, como se muestra en la figura 1b. La presión atmosférica se mide por medio de un barómetro de laboratorio.

Una vez que se conocen los valores experimentales de volumen, presión y temperatura del CO_2 liberado, se procede a calcular el volumen de CO_2 a condiciones ETP, utilizando la combinación de la ley de Boyle ($P=C/V$) y la de Charles ($V=CT$).

$$V_{\text{CO}_2}(\text{a ETP}) = V_{\text{CO}_2\text{expt}} \times \frac{p_{\text{CO}_2}(\text{torr})}{760 \text{ torr}} \times \frac{273\text{K}}{T_{\text{CO}_2\text{expt}}(\text{K})} \quad (4)$$

Este valor es el que se utiliza en la ecuación 2.

Además de que el gas CO_2 recogido está húmedo, también tiene una solubilidad apreciable en agua. Cuando el gas CO_2 se hace burbujear en agua pura, parte del gas se disuelve en el agua y se pierde volumen de gas liberado en la reacción. Para minimizar este efecto, el agua se satura con CO_2 puro antes de iniciar el experimento, lo cual puede hacerse añadiendo una pastilla efervescente (*Alka-Seltzer* u otras).

2) Porcentaje de CaCO_3 en la muestra

Por medio de la ecuación (1), una vez que se conocen las moles de CO_2 liberadas, se calculan por simple estequiometría las moles, y luego los gramos de CaCO_3 presentes en la muestra original. Esto se hace por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Masa de } \text{CaCO}_3}{\text{Masa de la muestra}} \times 100 = \% \text{ CaCO}_3 \quad (5)$$

Procedimiento experimental

Se monta un dispositivo tipo cuba hidroneumática para recoger el gas CO_2 que se libera de la reacción. Se mide la masa de la muestra antes y después de la reacción y también se mide el volumen de CO_2 liberado en la reacción. Se re-

quiere repetir el experimento por lo menos dos veces para obtener datos precisos.

A) Preparación de la muestra y montaje del dispositivo

1. Agua saturada con CO_2 : llenar un vaso de precipitados de 1 l con agua de la llave y saturarla usando una tableta de *Alka-Seltzer*. Apartar hasta el paso 3.
2. Preparación de la muestra: a) Calcular la masa de CaCO_3 que producirían 50 ml de CO_2 y pesarla con una precisión de 0.001 g. La muestra no debe contener impurezas de otros carbonatos metálicos. Anotar el valor pesado y transferir cuidadosamente la muestra a un tubo de ensaye de 75 mm. b) Para preparar el generador de CO_2 : colocar 10 ml de HCL 3M en un tubo de ensaye de 200 mm, deslizar cuidadosamente el tubo pequeño (de 75 mm) dentro del tubo grande sin derramar nada de ácido en la muestra sólida. Importante: no mezclar los contenidos de los dos tubos hasta la parte B del experimento. c) Para medir la masa del generador de CO_2 , pesar la masa de la muestra de todo el generador ya montado (véase figura 2).



Figura 2

3. Montaje del aparato de colección de CO_2 : a) Muestra de agua saturada con CO_2 . Llenar la charola (véase figura 3) aproximadamente con dos tercios de agua saturada de CO_2 a partir de la muestra. b) Para preparar el tubo que recogerá el CO_2 , se llena un tubo (otro) de 200 mm acostándolo horizontalmente dentro del recipiente con el agua saturada y luego, sin sacarlo, colocarlo en posición vertical, con la boca hacia abajo (véase figura 4). c) Para conectar el tubo de salida del gas, coloque una manguera o tubo flexible a un

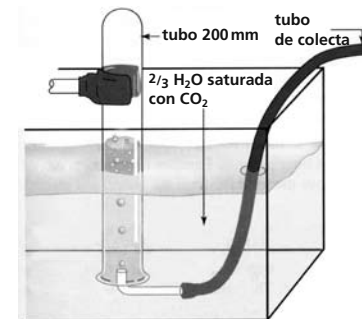


Figura 3

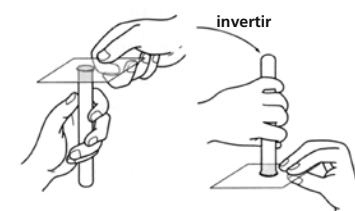


Figura 4

tramo de tubo de vidrio doblado en ángulo recto para que pueda entrar en el tubo de colecta. Para evitar que se caiga, fijar el tubo invertido con una pinza para bureta.

4. Montaje del generador de CO_2 . Preparar un tapón de hule monohoradado con un tramo corto de tubo de vidrio que se ajuste a la boca del tubo de ensaye de 200 mm. Fijar el generador de CO_2 a un ángulo de 45° a partir del soporte (véase figura 5) y conectar la manguera entre los dos tramos de tubo de vidrio (uno dentro del colector y otro en el tapón del generador).

B) Recolección del gas dióxido de carbono

Para generar y recoger el gas formado hay que iniciar la reacción. a) Agitar suavemente el generador para permitir que parte del HCL 3M entre al tubo pequeño con la muestra sólida. Agitar desde el principio y detener la agitación cuando ya no se forme CO_2 . b) Cuando ya no se observe más formación de gas, retirar el tubo de colecta de dióxido de carbono de la cuba hidroneumática y sellar.