

Una sección dedicada a intercambiar experimentos para la enseñanza

Generación y utilización controlada de acetileno

Eduardo Marambio-Dennett,¹ Susana Castillo-Rojas,² y Benjamín Ruiz-Loyola¹

Abstract (Controlled use of acetylene)

Various equipments reported on literature designed to generate acetylene are reviewed. A new and safe setup to handle this gas is proposed. Several reactions are made with controlled quantities of acetylene by means of a stopcock of 1 mm. It might also be used for stoichiometric studies and for obtaining other gases such as: CO₂, H₂, H₂S, Cl₂, O₂ y SO₂.

Resumen

En este trabajo se revisa la literatura existente sobre los diferentes diseños que existen para generar acetileno, y se presenta un diseño novedoso y seguro de operar. Se efectúan diversas reacciones con cantidades controladas de acetileno mediante una llave de paso. También, se propone este diseño para estudios estequiométricos y de obtención de otros gases como CO₂, H₂, H₂S, Cl₂, O₂ y SO₂.

Introducción

Con frecuencia se recurre a la reacción de obtención de acetileno a partir de carburo de calcio, ya que es ilustrativa de la obtención de un alquino y de un gas; es fácil de realizar y no deja residuos peligrosos.

Se han informado diferentes diseños de equipo para la obtención de acetileno, como son el uso de un tubo de ensayo con tubo de desprendimiento, globos (Summerlin y Ealy, 1988), matraz para filtración al vacío (Fenster, 1987), guante de látex (Blagg Cox, 1994) y por desplazamiento del agua contenida en un tubo invertido de ensayo que se sumerge en una cubeta con agua. Sin embargo, todos necesitan dos o más personas con habilidades para manipular en forma rápida el equipo.

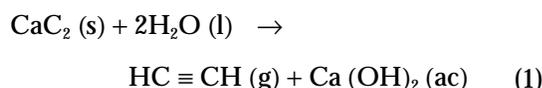
En este trabajo se presenta un diseño para generar acetileno en forma segura, utilizarlo de manera

controlada, y que puede ser operado por una persona sin dificultad. Con el acetileno obtenido pueden hacerse varias reacciones de oxidación, como la combustión normal (flama fuliginosa), la combustión rica en oxígeno para simular la llama oxiacetilénica, y con permanganato de potasio; además de reacciones de adición y de sustitución.

Este mismo diseño puede utilizarse para obtener otros gases diferentes como CO₂, H₂, H₂S, Cl₂, O₂ y SO₂.

Experimentación

Los reactivos usados en el experimento son carburo de calcio y agua destilada. La ecuación química para esta reacción está dada por:



El diseño del equipo consiste en un tubo de vidrio Pyrex, tipo tubo de ensayo de 3 cm de diámetro y 14 cm de alto, al cual se le adapta un tubo con tapa de rosca y septum de 3 cm de largo, a una altura del tubo Pyrex de 8 cm, en un ángulo aproximado 135°. Un tapón bihoradado de hule en el que se colocan un tubo de salida de 10 cm de largo conteniendo un globo, y una llave de paso de 1 mm, cuyo extremo se dobla en ángulo de 90°, al que se le conecta una manguera y una pipeta Pasteur para burbujear el gas obtenido en algún recipiente como tubo de ensayo, de cultivo o vaso de precipitado, que contienen disoluciones reactivas de diferentes tipos, tal como se muestra en la figura 1.

Procedimiento

Se coloca 1 g de CaC₂ en el fondo del tubo. Entonces se cierra el sistema con el tapón bihoradado con los aditamentos señalados, y a continuación se agregan 2 mL de agua con una jeringa a través del septum, el cual moja completamente el carburo de calcio, produciéndose el gas acetileno, que se observa por el aumento de volumen del globo. Con una cuerda se hacen varias mediciones del perímetro del globo a lo largo y a lo ancho con lo cual se puede calcular el volumen aproximado del gas producido.

¹ Facultad de Química, UNAM. Ciudad Universitaria, México, D. F. 04510 México. ² Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM. Apartado Postal 70-543. Circuito Exterior C. U. México, D. F. 04510 México.

Recibido: 8 de abril de 1997.

Aceptado: 2 de mayo de 1997.

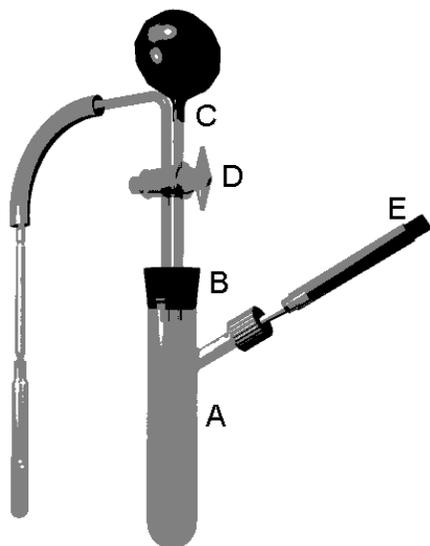


Figura 1. (A) Tubo de vidrio Pyrex con tubo de tapa roscada y septum; (B) tapón bihoradado; (C) tubo de vidrio con globo; (D) llave de paso, y (E) jeringa.

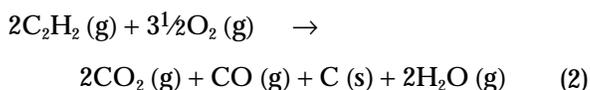
I. Reacciones de oxidación

A. Combustión normal

Con el acetileno obtenido se puede hacer la reacción de combustión normal. Esta reacción se utilizó como fuente de luz en las lámparas de los mineros, lo que se puede ejemplificar colocando en el extremo de la llave de paso un círculo de papel de aluminio de aproximadamente 8 cm de diámetro y abriendo suavemente la llave de paso para dejar pasar el gas, el que se enciende con un cerillo. El tiempo total de combustión del acetileno generado para 1 gramo de CaC_2 fue de 3.4 min en un experimento típico.

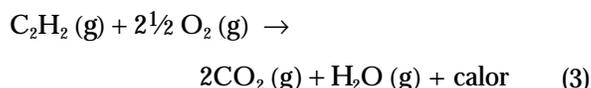
Se hace énfasis en que el tipo de llama que se produce en los compuestos de carbón e hidrógeno está relacionada con la razón número de hidrógenos/número de carbonos en la fórmula. Así, en el metano, que tiene una relación de 4.0, nos dará una llama más azul que el etano, propano, butano, etileno, y acetileno, cuyas relaciones son 3.0, 2.7, 2.5, 2.0, y 1.0 respectivamente. La más amarilla y con presencia de hollín es la del acetileno.

Una ecuación que puede representar dicha combustión incompleta es:



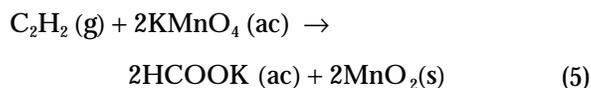
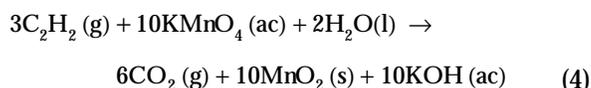
B. Combustión rica en oxígeno

Con el diseño para combustión normal y un soplete (tubo metálico con boquilla de madera) se insufla aire con la boca a la llama encendida, la cual se torna de color azul intenso. La ecuación química que representa el fenómeno es:



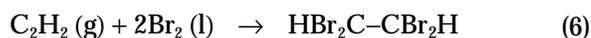
C. Reacción con permanganato de potasio

Abriendo la llave de paso del equipo, se burbujea acetileno en 2 mL de disolución 0.1 M de KMnO_4 , hasta la desaparición del color de éste. Los productos de reacción dependen de la cantidad de acetileno agregada. La ecuaciones químicas que ilustran el fenómeno son:



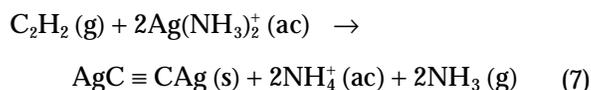
II. Reacción de adición

Abriendo la llave de paso del equipo, se burbujea acetileno en 2 mL de disolución de bromo en hexano, hasta que la disolución se vuelva incolora. La ecuación química es, en este caso:

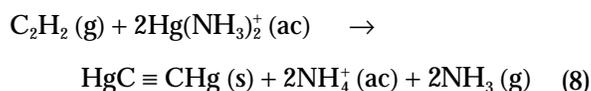


III. Reacciones de sustitución

Abriendo la llave de paso del equipo, se burbujea acetileno en 2 mL de disolución amoniacal de nitrato de plata (I) 0.1 M hasta precipitación total. La ecuación química es:



Una reacción similar se puede efectuar con una sal de mercurio (I) en medio amoniacal:



Por seguridad, los precipitados de acetiluros deben guardarse húmedos, ya que cuando están secos son explosivos por calor o percusión.

Estimación cuantitativa

Con la ecuación (1) se pueden calcular teóricamente el número de moles de acetileno obtenidos a partir de 1 g de carburo de calcio, sabiendo que:

$$\begin{aligned} n &= \text{masa/masa molar} \\ &= 1 \text{ g}/64.08 \text{ g/mol} \\ &= 1.56 \times 10^{-2} \text{ moles de CaC}_2 \end{aligned}$$

Este número de moles resultante es equivalente al mismo número de moles de acetileno producido.

Por otra parte, se puede estimar el volumen teórico de gas acetileno (V_t). Por ejemplo, haciendo el cálculo a 24°C y a presión de la ciudad de México de 0.77 atmósferas, y considerando que el gas se comporta como ideal:

$$\begin{aligned} V_t &= \frac{1.56 \times 10^{-2} \text{ mol} \times 82.06 (\text{mL atm/mol K}) 297 \text{ K}}{0.77 \text{ atm}} \\ &= 494 \text{ mL} \end{aligned}$$

Midiendo el perímetro del globo con una cuerda se puede calcular el volumen experimental del acetileno obtenido (V_{exp}). Como el perímetro del círculo está dado por:

$$P = 2\pi r$$

Se despeja el radio y se sustituye el valor de $P = 26.75 \text{ cm}$

$$r = \frac{P}{2\pi} = \frac{26.75 \text{ cm}}{2\pi} = 4.26 \text{ cm}$$

Se aprovecha finalmente la fórmula del volumen de una esfera:

$$\begin{aligned} V_{\text{exp}} &= \frac{4}{3}\pi r^3 \\ &= \frac{4}{3}\pi (4.26 \text{ cm})^3 \\ &= 324 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

La diferencia entre los volúmenes teórico y ex-

perimental se debe al grado de pureza del carburo de calcio, al volumen de aire contenido en el interior del equipo, y a la precisión para medir el perimetro por la forma del globo.

Conclusiones

El diseño experimental descrito puede utilizarse en estudios estequiométricos, y puede ejecutarse experimentalmente sin riesgo por grupos de dos estudiantes, para demostración de cátedra y para generar otros gases como:

- CO_2 a partir de $\text{NaHCO}_3 (\text{s}) + \text{HCl} (1:1)$;
- H_2 a partir de $\text{Zn} (\text{polvo}) + \text{HCl} (1:1)$;
- H_2S a partir de $\text{FeS} (\text{pirita}) + \text{HCl} (1:1)$;
- Cl_2 a partir de $\text{KMnO}_4 (\text{s}) + \text{HCl} (1:1)$;
- O_2 a partir de $\text{NaI} (\text{s}) + \text{H}_2\text{O}_2$;
- SO_2 a partir de $\text{NaHSO}_3 (\text{s}) + \text{HCl} (1:1)$;
- etcétera.

Debe utilizarse un globo nuevo cada vez que se genere un gas, y dado que existe una pequeña difusión de los gases a través de la pared del globo, se recomienda utilizar todo el gas una vez obtenido.

Este sencillo equipo permite obtener y manipular gases en pequeñas cantidades, en forma general, y de manera controlada y segura. Equivale análogamente al tubo de ensayo que se utiliza para efectuar reacciones en pequeña escala. ■

Agradecimientos

Los autores agradecen a Alejandro Marambio Castillo la ilustración digital de la figura 1.

Referencias

- Blagg, M. y Cox, J. *Chem. Ed.*, **71**[3] 253 (1994).
 Fenster, A.A., D.N. Harpp y J.A. Schwarcz, *J. Chem. Ed.* **64**, 444 (1987).
 Summerlin, L.R. y J.L. Ealy Jr., *Chemical Demonstrations. A Sourcebook for Teachers. Volumen 1*, 2ª ed., American Chemical Society, Washington DC, 1988, p. 16.