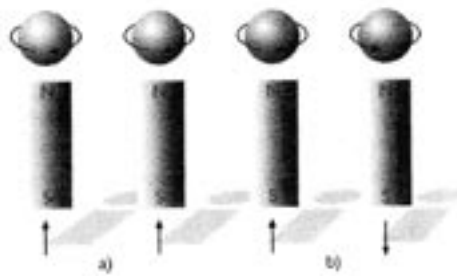


nética, y ésta es repelida ligeramente por el imán.



En este juego de imanes se puede ver la situación en que hay espinas paralelos y antiparalelos de dos electrones. En a) los dos campos magnéticos se refuerzan entre sí y el átomo es paramagnético. En b) los dos campos magnéticos se cancelan entre sí y el átomo es diamagnético.

2. Veamos, por ejemplo, el átomo de helio. Si los dos electrones del orbital 1s de un átomo de helio tuvieran el mismo número cuántico de espín (m_s) o espinas paralelos ($\uparrow\uparrow$), sus campos magnéticos netos se reforzarían mutuamente. Esta distribución haría del helio un elemento paramagnético. Pero de acuerdo al Principio de exclusión, el helio debería ser diamagnético, ya que no se pueden tener los dos electrones con el mismo espín en el mismo orbital.
- 3) El átomo de oxígeno tiene ocho electrones, por lo que a primera vista se podría pensar que se trata de un átomo diamagnético. Al colocarse una muestra de este elemento en un aparato de susceptibilidad magnética, se comprueba, sin embargo que se trata de un elemento paramagnético, como dice el artículo. ¿Cuál puede ser la explicación a este fenómeno? Para dar respuesta a la incógnita se dibuja primero el diagrama de orbitales, tomando en cuenta la regla de Hund y los dos principios (de exclusión y de construcción).



$1s^2 2s^2 2p^4$

En el diagrama se observa que dos de los electrones de valencia del oxígeno, presentes en el orbital 2p, se encuentran desapareados, así, a pesar de ser un átomo con un número par de electrones, el elemento es paramagnético.

IV. Más actividades

1. Pedir a los alumnos que investiguen otros métodos para obtención de oxígeno en el laboratorio (descomposición de clorato de potasio con o sin dióxido de manganeso como catalizador; agua oxigenada y yoduro de potasio, etc.). Enfatizar que todas las reacciones involucran procesos de óxido-reducción.
2. Pedir a los alumnos que construyan la configuración electrónica y los diagramas de orbitales de los primeros 10 elementos y determinen si son paramagnéticos o diamagnéticos.
3. Solicitar que investiguen con qué instrumento se mide la susceptibilidad magnética y sus usos en los laboratorios de análisis físico-químico.

V. Bibliografía

- Catalá, Rosa María, *Química 1. Un viaje por la materia*, Editorial Esfinge, México, 2005.
- Díaz Rogelio, Ma. Eugenia Colsa, Alejandra García Franco y Rosa Ma. Catalá (comps.), *Manual de actividades experimentales*, Colegio Madrid, curso 2003-04.
- Ealy, Julie, Christie Borgford y Lee Summerlin, *Chemical Demonstrations. A sourcebook for Teachers*, Vol. 2, Second Edition, American Chemical Society, Washington, 1988.

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.

Retrato del oxígeno



De: Laura Gasque

(No. 83, p. 16)

Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

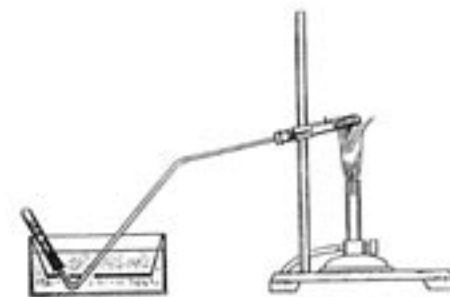
II. Un experimento con oxígeno

Antes que cualquier otra información sobre el oxígeno, los profesores de química deben saber cómo producirlo y manejarlo de forma segura en el laboratorio. Existen varios métodos para obtener este gas en el laboratorio.

Independientemente del método de obtención, y como en el caso de cualquier otro gas, el oxígeno se recoge en tubos o botellas por medio del método de la cuba hidroneumática (por desplazamiento de agua).

I. Relación con los temarios de la UNAM

Esta guía y artículo están especialmente diseñados para los maestros de química, dado que las propiedades del oxígeno son sujeto de estudio de esta disciplina. Sin embargo, hay algunos aspectos que también pueden ser abordados en clases de física, en lo que se refiere a las propiedades paramagnéticas de este gas.



Dibujo de una cuba hidroneumática para obtención de gases.

Seguridad

Esta experiencia o experimento debe llevarse a cabo con bata y lentes de seguridad.

Sustancias

- 100 ml de agua oxigenada al 3%
- 1 g de dióxido de manganeso
- Tiras de papel pH
- Pequeño pedazo de cinta de magnesio
- Cerillos de madera

Obtención de oxígeno gaseoso

1. Armar el aparato que se mostró anteriormente, para obtener oxígeno a partir de peróxido de hidrógeno y óxido de manganeso.
2. Llenar la cuba de recolección de gas con suficiente agua de la llave para alcanzar una altura de 3 cm.
3. Pesar un gramo de dióxido de manganeso (MnO_2) en un cuadrado de papel limpio. Precaución: evita inhalar el polvo de MnO_2 .
4. Verter 100 ml de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 3% en un matraz Kitazato de 500ml. En seguida agregar con cuidado al matraz el dióxido de manganeso.
5. Tapar rápidamente el matraz con el tapón que tiene el tubo de desprendimiento y la manguera de hule. Colocar el otro extremo de la manguera de hule bajo el agua de la cuba. (Nota: si la reacción es demasiado lenta para generar una corriente constante de burbujas de oxígeno gaseoso, se puede calentar suavemente la mezcla; no permitir que hierva. Continuar calentando con cuidado al realizar el paso 7).
6. Verter 3 ml de agua destilada en el primer tubo o botella y con una tira medir su pH. Dejarlo aparte en la gradilla marcando con el número 1.
7. Para recolectar oxígeno gaseoso en los otros cuatro tubos de ensayo, llenar por completo los tubos de ensayo o las botellas con agua. Mantener un dedo apretado sobre la abertura e invertir el tubo en la cuba de agua. Dirigir la corriente de gas

hacia la boca del tubo de ensayo invertido. Tomar en cuenta que en las mangueras hay aire, por lo que cuando empiece a burbujear dentro del agua, hay que dejar que pasen 10 segundos antes de recoger el oxígeno generado en el matraz. Cuando el gas llene el tubo, colocar un tapón en la boca de éste mientras está invertido y bajo el agua. Retirar el tubo de ensayo o la botella de la cuba.

8. Cuando se haya recolectado gas en todos los tubos, retirar el tapón del matraz generador y apagar el mechero.
9. Realizar con el gas los ensayos que se indican a continuación.

Ensayos con el oxígeno

1. Destapar el primer tubo e introducir un papel pH. Observar si hay algún cambio con respecto al agua destilada y registrarlo.
2. Observar el color del gas dentro del tubo 2. Contrastarlo sobre una superficie blanca. Destapar rápidamente el tubo y olerlo. Registrar los resultados en la tabla.
3. Con unas tenazas, encender una astilla de madera en la llama del mechero. Apagar la llama de la astilla con un soplado y luego soplar sobre las brasas hasta que se pongan rojas incandescentes. Retirar el tapón e introducir rápidamente la astilla incandescente en el tubo. Observar lo que sucede y registrarlo.

Demostración (la hacen exclusivamente los maestros): Sostener con unas tenazas la punta de un trozo de cinta de magnesio en la llama hasta que se encienda (precaución: no mires directamente la intensa luz del magnesio en combustión). Acercar rápidamente el tubo destapado a la cinta prendida.

Observa y registra el resultado. Esto también puede hacerse con un pedazo de lana de acero encendida previamente. Cuando se introduce en la atmósfera de oxígeno puro, el hierro alcanza la incandescencia, al igual que el magnesio.

Registro de datos

Gas: oxígeno

TUBO	OBSERVACIONES
1	pH (agua destilada) = pH (con O_2) =
2	Color = Olor =
3	Prueba de la astilla =
4	Prueba con cinta de magnesio =
5	(de reserva)

Análisis de los resultados (cuestionario)

1. Escribir la reacción que ocurre en la generación de oxígeno.
2. ¿Por qué el gas que se genera desplaza al agua contenida en el tubo?
3. ¿Por qué es importante dejar que el gas burbujee un poco en la cuba con agua antes de recolectar la muestra?
4. ¿Es posible distinguir entre los gases sólo por su aspecto? Explica tu respuesta.
5. ¿Qué otras pruebas químicas se podrían hacer para corroborar la presencia de oxígeno en los tubos?

III. Diamagnetismo y paramagnetismo

El que una sustancia sea diamagnética o paramagnética se explica, como bien se expresa en el artículo, por medio de la teoría cuántica aplicada a los átomos. En particular, este tema sólo podrá ser comprendido por alumnos de bachillerato si se trabaja en clase primero el concepto de configuración electrónica, la construcción de diagramas de orbitales y las reglas que rigen estos modelos. Estos principios y reglas son:

- Principio de exclusión de Pauli: Ningún electrón en cualquier orbital alrededor del núcleo puede tener los cuatro números cuánticos iguales.
- Principio de construcción de Bohr: Los electrones se van agregando a los orbitales de menor a mayor energía potencial a medida que aumenta su número atómico.
- Regla de Hund: En cualquier arreglo de orbitales de igual energía, la configuración

electrónica con la menor energía potencial es la que tiene un número máximo de electrones desapareados o "paralelos".

Una vez que queda claro que estos principios y reglas no se violan en el modelo cuántico del átomo, se puede proceder a explicar el paramagnetismo del oxígeno o del carbono, de acuerdo con la siguiente información:

1. Cuando los electrones desapareados de una sustancia son atraídos por un imán (a través de una prueba que se conoce como susceptibilidad magnética (μ)) se dice que la sustancia es paramagnética. Por el contrario, si en los orbitales externos de la sustancia, los electrones se encuentran apareados, se tiene una sustancia diamag-

