

Electrólisis de agua (producción de hidrógeno molecular)

Temas de interés.

1. Circuitos eléctricos.
2. Electroquímica.
3. Ley de Faraday.

Palabras clave.

Electrólisis de agua. Reacciones electrolíticas. Electricidad.

Importancia en la química.

En el área de la química, el proceso de electrólisis emplea a la intensidad de corriente eléctrica para descomponer compuestos a sistemas más simples, como elementos químicos. La importancia de la electrólisis es muy variada pues este proceso es aplicable a muchos campos, por ejemplo, para la producción de gases, obtención de metales o tratamiento de superficies, la reducción de agentes contaminantes en diversos medios, entre otras. Es por ello que resulta deseable, que el estudiante de química conozca el fundamento físico de esta técnica para posteriormente aplicarla en todas las áreas de la ciencia y la tecnología.

Objetivos.

- Determinar experimentalmente el número de electrones que se transfieren en la reacción electrolítica del agua para producir hidrógeno molecular.
- Comprender la ecuación proveniente de las leyes de Faraday para vincular los conceptos propios de electricidad con procesos químicos de reducción y oxidación.

Introducción.

En química, la electrólisis es un proceso que emplea energía eléctrica mediante el uso de una intensidad de corriente eléctrica, para lograr la separación de los elementos que conforman un compuesto mediante la ruptura de los enlaces existentes. Este proceso químico se realiza en un dispositivo denominado celda electrolítica, el cual requiere de la aplicación de un potencial eléctrico externo.

En el año de 1834, Michael Faraday publicó sus investigaciones en el área de la electroquímica formulando dos leyes que actualmente se conocen como las leyes de Faraday para la electrólisis, las cuales son utilizadas en muchos campos de la ciencia.

La primera ley de Faraday menciona que la masa del producto que se deposita o genera en un electrodo es directamente proporcional con la cantidad de corriente eléctrica que se suministra a la celda electrolítica.

La segunda ley de Faraday enuncia que, para la misma intensidad de corriente eléctrica, la cantidad de material que se deposita o genera en un electrodo es directamente proporcional a la masa molar del sistema producido entre el número de electrones involucrados en el proceso de oxidación o reducción.

De las dos leyes anteriores, se puede generar la ecuación que representa al proceso electrolítico:

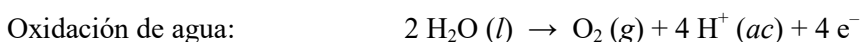
$$m = \frac{QM}{zF}$$

En donde m representa a la masa del producto, en gramos; Q es la cantidad de carga eléctrica entregada por el electrodo, en coulomb; M es la masa molar de la sustancia generada en el electrodo, en gramo por cada mol; z es el número de electrones involucrados en el proceso de oxidación o reducción; F es la constante de Faraday cuyo valor se puede obtener al multiplicar el número de Avogadro, N_A , por la carga eléctrica fundamental, e , siendo este de 96485.33212 coulomb por cada mol.

Para determinar la cantidad de carga eléctrica que es entregada por el electrodo, es relevante definir si la intensidad de corriente eléctrica es directa o alterna, ya que si es directa, la cantidad de carga eléctrica Q se obtiene del producto directo entre la intensidad de corriente eléctrica y el tiempo de reacción, pero si es alterna, entonces es requerido integrar, respecto al tiempo, a la intensidad de corriente eléctrica.

En el caso particular de esta práctica, la reacción de electrólisis que sucederá en presencia de corriente eléctrica directa, será realizada sobre agua, H_2O , generándose hidrógeno molecular, H_2 , y oxígeno molecular, O_2 , por lo que se deberá tener precaución durante el desarrollo de la práctica ya que el primero es un gas inflamable a temperatura ambiente mientras que el segundo es un gas comburente que es altamente oxidante.

Como se mencionó en el párrafo anterior, en esta práctica se producirán dos gases como resultado de hacer pasar una intensidad de corriente eléctrica directa en el medio líquido, uno que corresponde a la reducción del agua (producción de hidrógeno) y otro que corresponde a la oxidación del agua (producción de oxígeno), y ambas reacciones se muestran a continuación:



La primera de ellas sucederá en el cátodo (electrodo conectado a la terminal negativa de la fuente de alimentación) y la segunda sucederá en el ánodo (electrodo conectado a la terminal positiva de la fuente de alimentación).

Finalmente, para determinar la cantidad de gas que se produce en los electrodos como función del tiempo, recurriremos a la aproximación de gas ideal para que, mediante mediciones de desplazamiento de volumen, se pueda inferir la masa de gas producido, según la ecuación:

$$m = \frac{P\Delta VM}{RT}$$

En donde m representa a la masa del producto, en gramos; P la presión; ΔV el desplazamiento del volumen por efecto de la producción de gas; M es la masa molar de la molécula de hidrógeno, en gramo por cada mol; T es la temperatura, en kelvin, y R la constante de los gases. Las unidades de la presión y el desplazamiento de volumen estarán directamente relacionadas con las unidades de la constante de los gases empleada.

Procedimiento experimental.

Normas de seguridad.

Recuerda que es importante hacer caso al reglamento interno de higiene y seguridad.

Antes de realizar cualquier medición es necesario identificar las especificaciones y características de cada instrumento. Estas deben buscarse en el manual correspondiente.

Antes de encender la fuente de alimentación, es requerida la autorización de tu profesor.

Asegúrate que no existen fugas en el tubo que servirá de contenedor de hidrógeno molecular, H_2 , ya que este gas es inflamable a temperatura ambiente.

Material y equipo.

Celda electrolítica.

Fuente de alimentación de corriente eléctrica directa.

Multimedidor digital.

Medidor de temperatura y presión atmosférica.

Pipeta y propipeta de tres vías.

Resistor cerámico de $5.0\ \Omega$.

Cables banana – banana.

Conectores caimán.

Agua.

Procedimiento.

En el desarrollo de la práctica deberán tenerse las siguientes consideraciones generales:

- El caso de la fuente de alimentación de corriente directa, asegurar que ésta no se encuentra encendida al momento de realizar la conexión. Este instrumento sólo deberá de encenderse hasta el momento de iniciar las mediciones requeridas.
- En el caso del multimedidor, asegurar que las terminales están conectadas adecuadamente y que el indicador del multimedidor está en el valor más grande de la escala elegida para evitar el daño del instrumento.

Armado un circuito eléctrico en serie entre la fuente de alimentación, el resistor eléctrico y la celda electrolítica tal y como el mostrado en la figura 1, colocando el multimedidor en paralelo al resistor para medir potencial eléctrico.

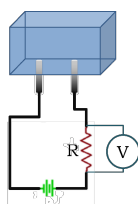


Figura 1. Circuito en serie entre la celda electrolítica, la fuente de alimentación de corriente eléctrica y el resistor eléctrico.

Colocar la pipeta en el interior de la cuba electrolítica asegurándose que ésta tendrá en su interior al electrodo conectado a la terminal negativa de la fuente de alimentación (cátodo), figura 2, ya que en este electrodo se producirá el hidrógeno molecular.

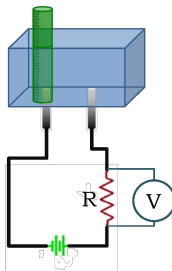


Figura 2. Cuba electrolítica en donde la pipeta se encuentra encerrando al electrodo negativo.

Colocar la propipeta en la parte alta de la pipeta.

Elegir un potencial eléctrico en la fuente de alimentación que deberá de mantenerse constante durante todo el experimento. Es posible controlar la rapidez de producción de hidrógeno con el potencial eléctrico así que elige la rapidez de producción que te resulte más adecuada.

Elegido el potencial eléctrico, apagar la fuente de alimentación y succionar líquido en la pipeta hasta llegar a la máxima escala, este nivel de líquido será el punto de referencia. No debe desconectarse la propipeta.

Al encender nuevamente la fuente de alimentación, iniciará el tiempo cero de producción de hidrógeno por lo que deberán tomarse lecturas del volumen desplazado en la pipeta, el potencial eléctrico en el multimedidor y el tiempo.

Tratamiento de datos.

Realizar el gráfico que corresponda con el desarrollo experimental, el cual puede ser de tiempo como función del volumen desplazado o de volumen desplazado como función del tiempo.

Si la tendencia entre datos lo permite, ajustar mediante el método de mínimos cuadrados para obtener los parámetros de la recta que mejor ajusta a los datos experimentales.

Obtener, de la pendiente, el número de electrones intercambiados en el proceso de reducción del agua.

Cuestionario.

- Considerando diferentes valores de potencial eléctrico en la fuente de alimentación, ¿consideras que se modificaría el número de electrones involucrados en el proceso de reducción?
- En el caso de las lecturas realizadas con el multimedidor, ¿por qué consideras que la lectura no mantiene un valor estable?

Bibliografía.

- Resnick, R.; Halliday, D.; Krane, K. S. *Física*. Grupo Editorial Patria, México, 2008.
- Gil, S.; *Experimentos de Física, usando las TIC y elementos de bajo costo*. Alfaomega. México, 2014.