

Ficha del profesor



Experiencias de laboratorio de electroquímica con materias primas críticas

Índice

Introducción general	2
Información de referencia ampliada.....	2
Resultados de aprendizaje	4
Competencias clave - Marco de referencia europeo	5
Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas	6
Contenidos - Principios teóricos	7
Procedimiento de laboratorio	8
Fases de aprendizaje	8
Evaluación.....	9
Descripción de las fichas para los alumnos	9
Referencias	10
Agradecimientos	10

Ficha del profesor

Introducción general

Este toolkit ofrecerá a los estudiantes la oportunidad de estudiar las reacciones electroquímicas, así como de explorar el papel del hidrógeno en la economía verde y el grafeno, que es uno de los materiales más prometedores del futuro.

El público objetivo son los estudiantes de 15 a 18 años, ya que es aconsejable que tengan cierta formación físico-química y tecnológica.

La electroquímica permite describir procesos como la construcción y el funcionamiento de las pilas, la espontaneidad de las reacciones de óxido-reducción, la electrodeposición o la galvanización y la corrosión de los metales.

El toolkit está organizado en dos actividades de laboratorio. En la primera, los alumnos comprobarán la alta capacidad de conducción del grafito, siendo capaz de producir la electrólisis del agua y, además, examinarán la relación entre la composición del grafito de plomo y su resistencia eléctrica aplicando la ley de Ohm. En la segunda, aprenderán diferentes formas de generar energía y estimularán su pensamiento creativo emulando una batería.

Palabras clave:

Conductividad, Celda galvánica, Grafito, Hidrógeno, Electrólisis del agua.

Información de referencia ampliada

La electricidad desempeña un papel fundamental en el desarrollo y el bienestar del ser humano, lo que implica que la humanidad dependa totalmente de esta energía en la actualidad. La electroquímica es la rama de la química que estudia la transformación entre energía química y eléctrica. Estas reacciones se denominan redox y se caracterizan por la transferencia de electrones entre sustancias, produciendo un cambio en sus estados de oxidación. Se pueden clasificar en dos tipos: las electroquímicas, que se basan en la capacidad de producir energía eléctrica mediante reacciones químicas espontáneas, y las electrolíticas, que producen cambios químicos mediante el uso de la electricidad.

El concepto de materia prima se refiere a cualquier bien que pretende transformarse durante un proceso de producción hasta convertirse en un elemento de consumo. Muchos de los bienes materiales requieren una modificación o transformación antes de poder ser utilizados por los usuarios. Por ejemplo, la última generación de iluminación se basa en los Diodos Emisores de Luz (LED) que se utilizan en una de las experiencias de este toolkit. Estos dispositivos son un tipo especial de semiconductor, cuya principal característica es convertir en luz, la corriente eléctrica de bajo

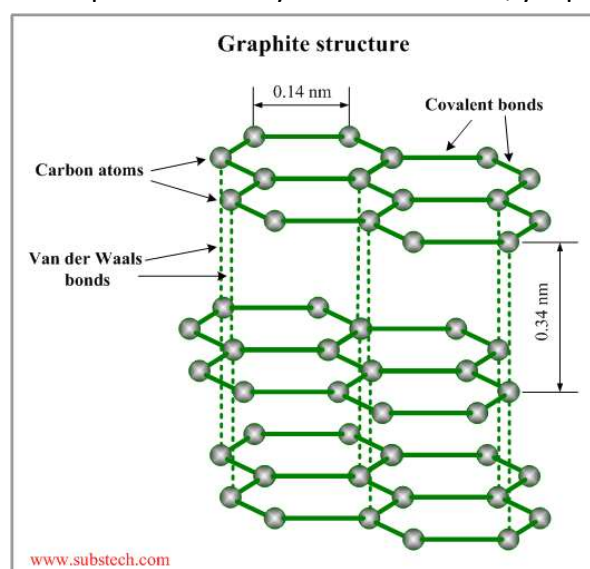
Ficha del profesor

voltaje que pasa por su chip. Cada compuesto químico del material semiconductor utilizado en la fabricación de un LED permite la emisión de una luz de un color específico, correspondiente a una determinada longitud de onda del espectro electromagnético. Contienen algunas materias primas críticas (CRM), como el indio y el galio, que son materias primas económica y estratégicamente importantes para la economía europea, pero tienen un alto riesgo asociado a su suministro. Estas CRM se utilizan como semiconductores y permiten obtener los colores azul (indio) y rojo (galio) en los LED.

Las tecnologías de electrólisis del agua se utilizan actualmente para la producción de hidrógeno. Aunque es abundante en la Tierra como elemento, el hidrógeno se encuentra casi siempre como parte de otro compuesto, como el agua (H_2O) o el metano (CH_4), y hay que separarlo para obtener hidrógeno puro (H_2). La producción de hidrógeno es un importante campo de estudio en la actualidad, ya que este elemento puede utilizarse en pilas de combustible para generar energía mediante una reacción química en lugar de la combustión, produciendo únicamente agua y calor como subproductos. Puede utilizarse en los coches, en las casas, para obtener energía portátil y en muchas otras aplicaciones. El hidrógeno puede producirse a partir de diversos recursos, como los combustibles fósiles, la biomasa y la electrólisis del agua mediante electricidad. Entre las diversas tecnologías para producir hidrógeno, la electrólisis del agua mediante electricidad procedente de fuentes de energía renovables es muy prometedora. En este toolkit, los estudiantes producirán por ellos mismos la electrólisis del agua.

Si la electricidad para la electrólisis procede de fuentes renovables, el hidrógeno producido no tendrá emisiones indirectas asociadas. Esto hace que el hidrógeno verde sea una buena solución para el suministro irregular de energía renovable, ya que puede actuar como vector de almacenamiento de energía.

La conductividad eléctrica de una sustancia es una medida de la facilidad con la que los electrones de valencia se mueven por su estructura. El enlace metálico produce la mayor conductividad, ya que implica una red de núcleos cargados positivamente, con electrones libres para moverse por la red (Science Daily, 2010). Cuando se aplica una carga eléctrica al metal, los electrones son capaces de moverse fácilmente a través de él y, por tanto, se puede decir que es un buen conductor. En cambio, las sustancias unidas por enlaces covalentes suelen ser malas conductoras (aislantes), ya que los electrones están fuertemente retenidos dentro de los enlaces covalentes. Hay algunas excepciones, como, por ejemplo, la sustancia molecular covalente grafito. El grafito, que puede encontrarse en la naturaleza, es la forma más estable de

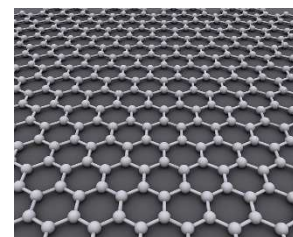


Ficha del profesor

carbón en condiciones normales. El grafito es una sustancia compuesta por carbono puro, donde tres de sus electrones de valencia están unidos covalentemente a otros tres átomos de carbono, formando una estructura en capas. Sin embargo, el cuarto electrón de valencia no está enlazado, por lo que puede moverse libremente. Estos electrones de valencia permiten el flujo de electricidad a través de la sustancia en determinadas direcciones cuando se aplica una corriente eléctrica al grafito.

La mina del lápiz está formada principalmente por una combinación de grafito y arcilla, con cera y otros aditivos en pequeñas cantidades. La arcilla, a diferencia del grafito, es un aislante: es decir, no conduce bien la electricidad, debido a los enlaces covalentes que mantienen los electrones de valencia firmemente en su lugar. El tono del lápiz depende del porcentaje de cada componente. Los lápices van desde el 9H, con 41 % de grafito y 53 % de arcilla, hasta el 9B, con 93 % de grafito y 1 % de arcilla (Everything2 Media, 2012)

El grafito es una materia prima fundamental para la economía de la UE porque, al ser un buen conductor del calor y la electricidad, tiene muchos usos en productos electrónicos como electrodos, baterías y paneles solares. El grafeno se extrae del grafito y consiste en una sola capa de átomos dispuestos en una estructura bidimensional. Conduce la electricidad mejor que el cobre, es 200 veces más fuerte que el acero, pero seis veces más ligero, es prácticamente transparente, es impermeable a los gases y se pueden añadir componentes químicos a su superficie para alterar sus propiedades. Todas estas características favorables hacen de este material el centro de muchos proyectos de ciencia de los materiales.



Resultados de aprendizaje

Al final de la lección los alumnos serán capaces de conocer:

- El principio de la electrólisis del agua y los principios de las células galvánicas.
- Diferentes formas de generar energía.
- Aplicación de la ley de Ohm y utilización del multímetro.
- Conductividad de algunos materiales como el grafito.

Ficha del profesor

Competencias clave - Marco de referencia europeo

Competencia en lectoescritura
S1. Capacidad para comprender e interpretar conceptos, sentimientos, hechos u opiniones de forma oral y escrita.
S2. Capacidad para expresar conceptos, sentimientos, hechos u opiniones de forma escrita y oral.
Competencia plurilingüe
S1. Capacidad para comprender e interpretar conceptos, sentimientos, hechos u opiniones de forma oral y escrita.
S2. Capacidad para expresar conceptos, sentimientos, hechos u opiniones de forma oral y escrita.
S5. Conocimiento de vocabulario, gramática y lenguaje.
S7. Capacidad para utilizar un lenguaje técnico acorde con el ámbito de trabajo.
Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería
S2. Comprensión de los términos y conceptos matemáticos y conocimiento de su aplicación.
S3. Capacidad de modelar matemáticamente una situación del mundo real y de transferir los conocimientos matemáticos a contextos no matemáticos.
S5. Capacidad de pensamiento cuantitativo.
S6. Capacidad para extraer información cualitativa de los datos cuantitativos.
S8. Capacidad para diseñar estudios experimentales y observacionales y analizar los datos derivados de ellos.
Competencia digital
S4. Capacidad para utilizar y manejar herramientas y equipos tecnológicos.
Competencia personal, social y para aprender a aprender
S3. Capacidad para adquirir procesos y asimilar nuevos conocimientos, habilidades y cualificaciones necesarias para los objetivos de la trayectoria profesional.
Competencia ciudadana
S3. Capacidad para trabajar eficazmente y colaborar con otros miembros del equipo.
Conciencia cultural y competencia de expresión
S3. Capacidad de planificación y gestión de tareas.

Ficha del profesor

Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son el plan para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos. Abordan los retos mundiales a los que nos enfrentamos, incluidos los relacionados con la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación del medio ambiente, la paz y la justicia.

Objetivos relacionados con esta actividad:

		Enable access to basic services		Equal access to global expertise
		Safe medical devices		Sustainable urbanization
		Access to education		Responsible consumption and production
		Less hardship, more opportunities		Strengthen resilience, reduce disaster impact
		Safe and affordable water		Reduce marine pollution
		Energy — the golden thread		Sustainable use of terrestrial ecosystems
		Safety of workers and economic growth		Promote peaceful and inclusive societies
		Resilient infrastructure and sustainable industrialization		Better access to technology and innovation

Ficha del profesor

Contenidos - Principios teóricos

Una reacción REDOX puede definirse como una reacción química en la que se transfieren electrones entre especies químicas, produciendo un cambio en su estado de oxidación.

La especie que pierde electrones se oxida y se denomina reductor. La especie que gana electrones se reduce y se llama oxidante.

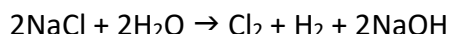
Las semirreacciones de oxidación y reducción ocurren siempre al mismo tiempo y, debido a su carácter complementario, ambos procesos juntos se denominan reacciones redox.

Oxidación: pérdida de $e^- \rightarrow \uparrow$ número de oxidación \rightarrow agente reductor

Reducción: ganancia de $e^- \rightarrow \downarrow$ número de oxidación \rightarrow agente oxidante

Las celdas electroquímicas pueden dividirse en:

- **Célula electrolítica:** Este dispositivo consigue una reacción redox no espontánea mediante el suministro de electricidad. En concreto, la electrólisis del agua, que sería la descomposición del agua en oxígeno e hidrógeno gaseoso debido al paso de una corriente, que idealmente requiere una diferencia de potencial de 1,23 voltios. Si se añadiera sal común, los gases que se formarían serían cloro e hidrógeno en su lugar, como se muestra en la siguiente reacción (la proporción ideal para la electrólisis es de 10 % de sal y 90 % de agua)



- **Célula galvánica o voltaica:** Las pilas son células químicas que convierten la energía química en electricidad de forma espontánea. Las sustancias químicas de su interior provocan una reacción de reducción-oxidación, que produce energía que podría, por ejemplo, encender un LED. En algunos casos, es necesario aportar protones mediante la presencia de una sustancia ácida.

En cuanto a la conductividad eléctrica de los lápices de grafito, estos son los porcentajes de carbono en los lápices y los tonos de las minas de los lápices:

Hardness	9H	8H	7H	6H	5H	4H	3H	2H	H	F	HB	B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B
Carbon (%)	41	44	47	50	52	55	58	60	63	66	68	71	74	76	79	82	84	87	90	93
Clay (%)	53	50	47	45	42	39	36	34	31	28	26	23	20	18	15	12	10	7	5	2

Ficha del profesor

Procedimiento de laboratorio

Las actividades de laboratorio consisten en tres experiencias diferentes, agrupadas en dos módulos:

1) A) Producción de gas hidrógeno por electrólisis del agua, utilizando una pila y una solución salina.

B) Comprobar la conductividad del grafito, utilizando lápices de diferentes durezas, una pila y un multímetro.

2) Construye una pila utilizando patatas, zinc y cobre para producir electricidad y encender un LED: Este experimento pretende emular una pila sustituyéndola por patatas que contienen ácido fosfórico, que actúa como el ácido de la pila. Éste reacciona con los metales zinc del clavo y el cobre la moneda para hacer fluir la electricidad. Por un lado, el ácido de la patata consume el metal de zinc que recubre el clavo galvanizado, liberando electrones cargados negativamente a su alrededor y convirtiéndose así en el extremo negativo de la pila. Por otro lado, el ácido de la patata reacciona con el metal de cobre que recubre la moneda, absorbiendo electrones del cobre. Los electrones tienen carga negativa, por lo que, al ser retirados del cobre, la moneda se convierte en el extremo positivo de la pila.

Las reacciones entre el ácido de la patata y los dos metales crean un desequilibrio en la carga eléctrica: hay más electrones con carga negativa en el extremo de zinc que en el de cobre. Los cables permiten que estos electrones fluyan rápidamente del zinc al cobre para corregir este desequilibrio, lo que crea una corriente eléctrica. Si se conectan varias patatas en serie con varios cables, se suma la potencia de cada una de ellas para crear una pila más potente.

Módulo 1 – Electrólisis del agua y conductividad del grafito

Módulo 2 – Construcción de una célula galvánica con patatas

Fases de aprendizaje

Paso 1 (10 minutos) – El profesor hace un breve recordatorio sobre los principios de las reacciones redox.

Paso 2 (20 minutos) – Los alumnos leen la "Introducción" de la Ficha del Alumno 1 y realizan el experimento de electrólisis del agua siguiendo el "Procedimiento de laboratorio" de la Ficha del Alumno 1 (el recipiente con los lápices puede estar preparado de antemano).

Ficha del profesor

- Paso 3** (15 minutos) – Los alumnos realizan el experimento de conductividad de los lápices siguiendo el "Procedimiento de laboratorio" de la Ficha del alumno 1.
- Paso 4** (20 minutos) – Los alumnos leen la "Introducción" de la Ficha del Alumno 2 y realizan el experimento de la batería de patatas siguiendo el "Procedimiento de laboratorio" de su Ficha del Alumno 1.
- Paso 5** (20 minutos) – Los alumnos completan las "Preguntas" de la Ficha del Alumno 1 y 2 por su cuenta.
- Paso 6** (15 minutos) – Puesta en común de los resultados y discusión de las respuestas a las preguntas.

Evaluación



La actividad puede evaluarse con un informe de laboratorio o calificando la respuesta de los alumnos a las "Preguntas".

La segunda opción puede hacerse recogiendo las respuestas de los alumnos antes de discutirlos (eso significa hacer el paso 6 cuando el profesor ya ha recogido las respuestas en lugar de hacerlo justo después del experimento), o pidiendo a los alumnos que den su hoja de respuestas a un compañero y discutiendo las respuestas correctas todos juntos. De este modo, todos los alumnos comprobarán las respuestas de los demás. El profesor tiene que recoger los papeles después para poder anotar las notas.

Descripción de las fichas para los alumnos

Ficha para los alumnos 1 – Electrólisis del agua y conductividad del grafito

Ficha para los alumnos 2 – Construcción de una célula galvánica de patata

Ficha del profesor

Referencias

- DramaticIron, 2018, *Potato Battery: Understanding Chemical and Electrical Energy*, Instructables circuits, accessed 13 May 2021, <https://www.instructables.com/Potato-Battery-Understanding-Chemical-and-Electric/>
- Deziel, C., 2018, *How to make a potato battery*, Sciencing, accessed 10 May 2021, <https://sciencing.com/make-potato-battery-6537882.html>
- European Comission, *Critical raw materials*, accessed 20 April 2021, https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en
- AlexZander, 2012, *Pencil lead*, Everything2 Media, accessed 29 April 2021, <http://everything2.com/title/Pencil+lead>
- Kopeliovich, D., 2013, *Graphite*, Substances and Technologies, accessed 27 April, <http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=graphite>
- Science Daily, 2010, *Electrical conduction*, accessed 24 May 2021, http://www.sciencedaily.com/articles/e/electrical_conduction.html
- Sousa, M., & Buchanan, J., 2000, *Observational Models of Graphite Pencil Materials*. Computer Graphics Forum, 19, 27-49.
- WikiHow, 2021, *How to create a potato battery*, accessed 12 May 2021, <https://www.wikihow.com/Create-a-Potato-Battery>

Agradecimientos

Este documento ha sido preparado por: Helena Bueno, Teófilo Jiménez and Elena Pérez, supervisado por Miguel López del Colegio Institución La Salle, Madrid.

En colaboración con: Isabel Ámez, David Bolonio, Blanca Castells, Miguel Izquierdo, Ljiljana Medic, Christian Peña, Andrea Ruiz y María Zúñiga de la Escuela de Minas y Energía, Universidad Politécnica de Madrid.