

B7 El condensador, el hidrógeno, el flujo redox – Almacenamos energía renovable

Es necesario almacenar energía cuando el lugar o el momento en que se genera la energía difiere del momento en que se consume dicha energía. El creciente uso de energías renovables hace que los sistemas de almacenamiento de energía sean de enorme importancia. No todas las formas de energía se pueden almacenar, de ahí que se tengan que transformar con una cierta “pérdida” en otras formas de energía. Así, es posible almacenar la energía eléctrica excedentaria en centrales hidroeléctricas de bombeo y volver a transformarla en energía eléctrica con una “pérdida” de sólo un 15% aproximadamente.

En los experimentos que figuran a continuación se presentan algunos sistemas que se prestan para almacenar la energía de fuentes renovables.

1 El almacenamiento de energía eléctrica en energía química (hidrógeno)

La energía eléctrica generada a partir de parques eólicos o centrales solares puede ser almacenada en forma de hidrógeno, obtenido mediante la electrólisis de agua, que luego se puede utilizar como fuente de energía para las células de combustible o motores de combustión. El principio de esta tecnología basada en el hidrógeno se aborda en el siguiente experimento.

1.1 Aparatos y materiales

- 1 pila, 9 V
- 1 multímetro digital
- 1 hélice doble para el motor solar pequeño
- 2 llaves de agua individuales (que encajen en una manguera de 7/4 mm y tapa Luer Lock)
- 1 célula electrolítica
- 1 encendedor o fósforos
- solución sódica saturada**
- 4 bandas elásticas para montar las células solares
- 1 juego de cable de medición banana/cocodrilo, en rojo y negro, respectivamente
- tira de cartón para montar las células solares
- 2 tubos de ensayo de plástico (PP), mini
- gafas protectoras para cada alumno
- 1 pedazo de manguera de silicona de 7/4 mm (que encajen en una tapa Luer Lock), de aprox. 3,5 cm
- 1 motor solar pequeño, 0,1 V/2 mA*
- 3 jeringuillas Luer Lock, de 10 ml
- 5 cables conectores de cocodrilo

*se tiene que compartir con otros grupos

**En caso de que no haya disponible la solución sódica tienen que prepararla. El profesor o la profesora les dirá cómo hacerlo.

Atención: Al acabar el experimento, los materiales deben ser devueltos o eliminados siguiendo las instrucciones del profesor.

1.2 Advertencias de seguridad

Los materiales sólo pueden utilizarse según las instrucciones del experimento o las que dé el profesor o la profesora.

- ¡Pónganse durante todo el experimento las gafas protectoras! En caso de que a pesar de ello por una salpicadura les entre solución sódica en los ojos o sobre la piel, ¡enjuáguese inmediatamente con agua limpia!
- Tengan cuidado al trabajar con fuego, ¡hay peligro de quemaduras y de incendio!
- La mezcla sólo se puede prender en los pequeños tubos de ensayo de plástico (PP) y con mucho cuidado.
- ¡En modo alguno hagan un cortocircuito con la pila! ¡Hay peligro de explosión y de incendio!

1.3 Realización del experimento

Preparación

En caso de que ningún grupo haya hecho este experimento antes, tienen que construir primero la célula electrolítica a partir de las piezas suministradas (véase la figura 1). Para ello pelen (aprox. 2 cm) de los extremos el cable de cobre y luego dóblenlo como lo pone la figura adjuntada (véase la figura 2). Conecten sólo un cable de cobre doblado con ayuda de uno de los pedazos de manguera con el electrodo de grafito (véase la figura 3) y fijen los dos electrodos en el borde del vaso. Ahora están fijos los electrodos en el borde del vaso y se pueden colocar los cilindros de las jeringuillas encima (véase la figura 4).



Fig. 1: Piezas para construir la célula electrolítica.

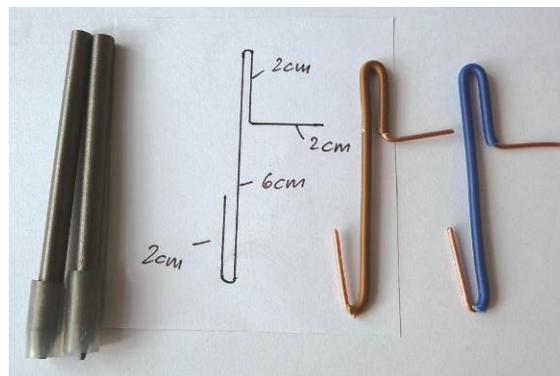


Fig. 2: Cómo doblar los cables de cobre.

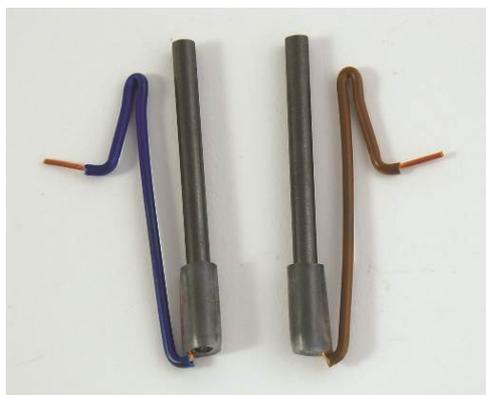


Fig. 3: Los extremos del cable de cobre se introducen entre la manguera y el electrodo.



Fig. 4: Montaje final de la célula.

- Quitar los émbolos de dos de las jeringuillas de 10 ml y atornillar una llave individual sobre cada jeringuilla.
- Ahora conecten los cilindros de las jeringuillas sobre los electrodos de grafito manteniendo la llave abierta.
- Llenen aprox. 100 ml de solución sódica saturada en la cámara electrolítica.
- Absorban el aire restante con una jeringuilla de 10 ml con un trozo de manguera y cierren las llaves individuales (véase la figura 5).

1.3.1 Primer paso: Electrólisis con agua

- Ahora conecten la pila de 9 V al electrodo (presten atención al polo positivo y negativo) y observen la formación de gas (véase la figura 6).



Fig. 5: Absorban el aire restante, los cilindros se llenan con la solución sódica.



Fig. 6: La formación de gas tras conectar la pila.



Fig. 7: La célula cargada con el gas de la electrólisis también puede generar corriente eléctrica.

1.3.2 Segundo paso: Prueba explosiva con gas oxhídrico

- Quitar con una jeringuilla 4 ml de gas en el polo negativo y llenen con él el tubo de ensayo de plástico que ponen con la boca hacia abajo.
- Prendan el gas con una llama. ¡No se asusten!

1.3.3 Tercer paso: Generador de viento

- Conecten el motor eléctrico con el multímetro (ámbito de medición 2.000 mV) y soplen fuertemente para hacer que gire la hélice. Si el valor de medición es negativo hay que cambiar la conexión.
- Ahora conecten el motor solar a la célula electrolítica (presten atención a la polarización) y soplen fuertemente unas diez veces para accionar la hélice doble.
- Paren brevemente la hélice después de la última vez que hayan soplado, suéltela nuevamente y cuenten los segundos hasta que vuelva a girar (véase la figura 7).



Fig. 8: de Medición para determinar la tensión mínima en la electrólisis con células solares.



Fig. 9: Presten atención para que al poner los cables no entren en contacto las pinzas de cocodrilo y que se produzca entonces un cortocircuito.



Fig. 10: Montaje de las células solares en una tira de cartón con una banda elástica.

1.3.4 Cuarto paso: Células solares

- Quitar las dos jeringuillas colocadas sobre los electrodos de grafito.
- Conecten en serie una célula solar tras otra a la cámara electrolítica hasta que se vean las primeras burbujas de gas en los electrodos. (Si necesitan más de dos células solares tienen que pedir ayuda a otros grupos para que les presten sus células solares).
- Con este fin, monten las células solares con bandas elásticas sobre una tira de cartón. En el cableado presten atención para que no se produzca un cortocircuito. (véase la figura 9).
- Comprueben con el multímetro la tensión a partir de la que empieza a formarse el gas.

1.4 Observación

- Describan en qué relación de volumen se forman los gases en el polo negativo y en el positivo.
- Apunten durante cuánto tiempo ha girado el motor solar (en segundos) en el punto 1.3.3. Anoten también los valores de medición de la tensión.
- Describan lo que sucede al prender la mezcla de gas.

1.5 Evaluación

- a) Nombren los gases formados en el polo negativo y en el positivo y expliquen cómo se puede demostrar la formación de estos gases.
- b) Elaboren para la electrólisis de agua (véase el punto 1.3.1) la fórmula de la reacción y expliquen si se trata aquí de una reacción endotérmica o exotérmica.
- c) En la célula de combustible se genera corriente eléctrica debido a la reacción de los gases existentes (véase los puntos 1.3.3 y 1.3.4). Elaboren para ello la fórmula de la reacción y expliquen si se trata de una reacción endotérmica o exotérmica.
- d) Apunten cuántas células solares (0,5 V) se necesitan para separar el agua en hidrógeno y oxígeno. Registren la tensión de descomposición del agua.
- e) Expliquen lo que sucede en la célula electrolítica al soplar y accionar así la hélice y por qué continúa girando la hélice unos instantes después de pararla.
- f) Expliquen en qué instalación técnica se podría utilizar la célula electrolítica para almacenar la energía eléctrica, por ej., en parques eólicos. ¡Hagan para ello un esquema con las leyendas correspondientes!

1.6 Preguntas

Elaboren un concepto para ver cómo transportar a través de grandes distancias el hidrógeno lleno de energía hasta el consumidor, para que allí se pueda volver a convertir en energía eléctrica.

Atención: El transporte de oxígeno no es necesario, dado que está disponible en todo el mundo (el contenido de oxígeno del aire es de aprox. 21%).

2 El almacenamiento directo de energía eléctrica en condensadores

2.1 Aparatos y materiales

- 1 condensador de doble capa “gold cap”, 0,22 F
- 1 LED rojo (caja roja), 5 V
- 2 clips para plantas (para sujetar los tubos de ensayo)
- 1 tubo de ensayo de plástico (PP), mini
- 1 motor solar pequeño, 0,1 V/2 mA*
- 4 células solares, 0,5 V/150 mA
- 1 reloj
- 5 cables conectores de cocodrilo
- si hace falta, lámpara con foco halógeno

*Dado que sólo hay disponible un motor puede ser utilizado por los grupos uno después del otro.

2.2 Advertencias de seguridad

Los materiales sólo pueden utilizarse según las instrucciones del experimento o las que dé el profesor o la profesora.

2.3 Realización del experimento

En todos los ensayos con el condensador procuren no hacer un cortocircuito, es decir, que no formen una conexión directa entre el polo positivo y el negativo sin que haya un consumidor en el medio. ¡En todo momento presten atención a la polarización correcta!

Es recomendable colocar el condensador en la apertura del tubo de ensayo de plástico mini y marcar la polarización. Si se coloca el clip para plantas es más fácil configurar el ensayo.



Fig. 11: El condensador de doble capa con la fijación.

2.3.1 Primer paso

- Conecten en serie cuatro (0,5 V) células solares (polo positivo-polo negativo-polo positivo-...) y conéctenlas con el condensador (el polo positivo con el polo positivo y el negativo con el negativo).
- Carguen el condensador durante un minuto.
- Procuren que las células solares estén bien iluminadas. En caso de no disponer de una fuente intensa de luz solar directa, puede utilizarse, p. ej., una lámpara con un foco halógeno (a una distancia de la célula solar de aprox. 5 – 10 cm).



Fig. 12: Cómo cargar el condensador.

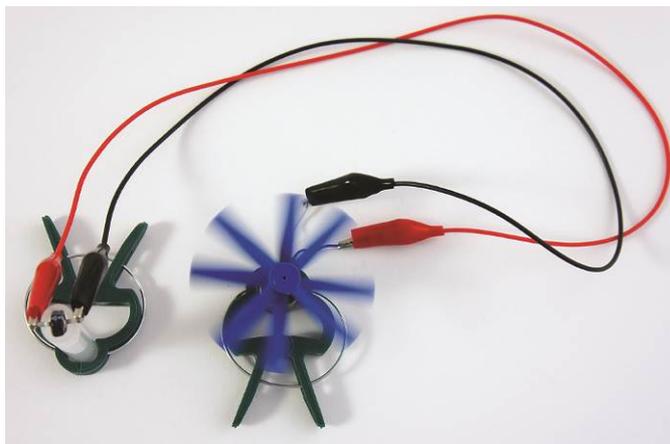


Fig. 13: El motor es accionado con el condensador. La misma configuración vale también para la carga del condensador con el "generador de viento".

2.3.2 Segundo paso

Conecten el motor solar pequeño (2 mA) al condensador en vez de las células solares, comprueben y anoten el tiempo de funcionamiento de la hélice (en minutos).

2.3.3 Tercer paso

- Carguen el condensador nuevamente como en el punto 2.3.1 durante un minuto y conecten ahora un diodo LED como consumidor (presten atención a la polarización: patita larga: polo positivo, patita pequeña: polo negativo).
- Determinen cuánto tiempo está iluminado el diodo en minutos y apúntenlo.

2.3.4 Cuarto paso

- Conecten el motor eléctrico con el multímetro (ámbito de medición 2.000 mV) y soplen fuertemente para hacer que gire la hélice. Si el valor de medición es negativo hay que cambiar la conexión. Ahora conocen el polo positivo y el negativo para la conexión correcta del motor al condensador.
- Conecten el motor solar al condensador y hagan que gire la hélice soplando fuertemente 10 veces (¡presten atención a la polarización!).
- Paren la hélice después de soplar la última vez, suéltelo y comprueben durante cuánto tiempo sigue moviéndose la hélice (en segundos).

2.4 Observación

Escriban sus observaciones de forma resumida.

2.5 Evaluación

- Nombren qué elemento y en qué situación es el productor de electricidad y cuál es el consumidor en el punto 2.3.4.
- Comparen el tiempo de carga del condensador con el tiempo en funcionamiento del motor y expliquen la diferencia.
- Comparen cuánto tiempo está iluminado el diodo con el tiempo en funcionamiento del motor y expliquen la diferencia.
- Expliquen por qué el motor solar vuelve a girar después de soplar e incluso lo hace en la misma dirección.
- Describan con ayuda de la ilustración los procesos en el condensador de doble capa en la carga y descarga. Tengan en cuenta que en los dos electrodos del carbón activado se aplica corriente continua y el electrolito se puede dividir en iones.
¿Por qué se habla aquí de un condensador de doble capa?

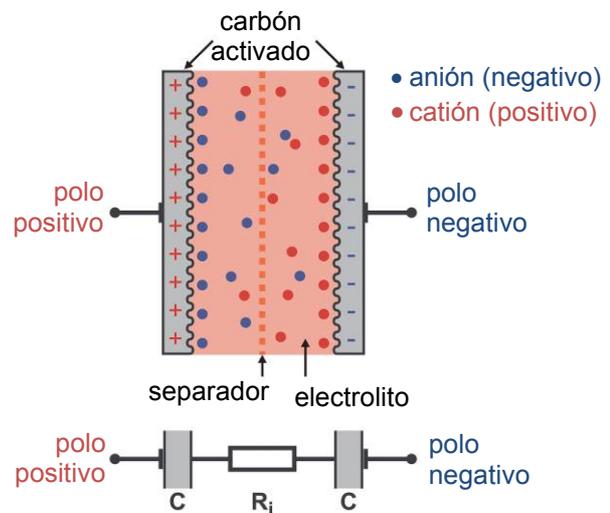


Fig. 14: Condensador de doble capa “gold cap”.

2.6 Preguntas

Los condensadores y, en particular, los condensadores de doble capa “gold cap” se utilizan para almacenar a corto plazo la energía eléctrica en cantidades relativamente grandes. Este no es el caso únicamente durante el frenado eléctrico en los coches de carreras, los camiones o los trenes. También en los teléfonos celulares hay condensadores de doble capa para compensar las fluctuaciones de potencia. Otro ejemplo de aplicación son los así llamados relojes solares: Estos relojes solares ya no trabajan, en general, con pilas, sino con células solares integradas en el reloj que sirven para cargar un condensador de doble capa. Calculen la capacidad que tiene que tener el condensador cuando el reloj debe funcionar sin luz solar hasta 48 horas con un consumo de 0,2 mA y 3 V.

3 El almacenamiento de la energía eléctrica en una célula de yoduro de zinc (flujo redox)

Con el ejemplo de una célula de yoduro de zinc se describe el principio del almacenamiento de energía eléctrica en células de flujo redox (de reducción-oxidación). Las grandes instalaciones con este sistema de células se pueden utilizar como reserva de energía en las redes modernas de suministro eléctrico, para compensar las diferencias que existen entre la producción y el consumo de energía. En las células de flujo redox la materia resultante de la electrólisis (reacción endotérmica) se almacena en tanques separados para poder volver a utilizarla en caso de demanda energética según el principio de la célula galvánica (reacción exotérmica) para la producción de energía eléctrica.

3.1 Aparatos y materiales

- 1 motor solar pequeño, 0,1 V/2 mA
- 4 cables conectores de cocodrilo
- 4 células solares, 0,5 V/150 mA
- 1 célula de yoduro de zinc

3.2 Advertencias de seguridad

Los materiales sólo pueden utilizarse según las instrucciones del experimento o las que dé el profesor o la profesora.

La célula de yoduro de zinc no se debe desmontar porque si no ya no funcionará y podrían salir sustancias químicas que causan irritaciones.

3.3 Realización del experimento

3.3.1 Primer paso

- Conecten el motor solar con las pinzas de cocodrilo a los electrodos de grafito (presten atención a la polarización) y hagan que gire la hélice soplando fuertemente diez veces. Apunten cuánto tiempo gira aproximadamente (en segundos) la hélice tras la carga producida al soplar.
- Paren brevemente la hélice después de soplar la última vez y dejen que vuelva a girar por sí sola.
- Los demás miembros del grupo intentan hacer lo mismo. ¿Quién dentro del grupo logra soplar de forma que la hélice gire al descargarse durante más tiempo?

3.3.2 Segundo paso

- Conecten en serie las cuatro células solares a la célula de yoduro de zinc. Presten atención a la polarización (el polo positivo con el polo positivo y el negativo con el negativo). Expónganlo durante aprox. 1 minuto a un foco de luz intensa.
- Conecten a continuación el motor solar a la célula. ¿Durante cuánto tiempo está en movimiento?

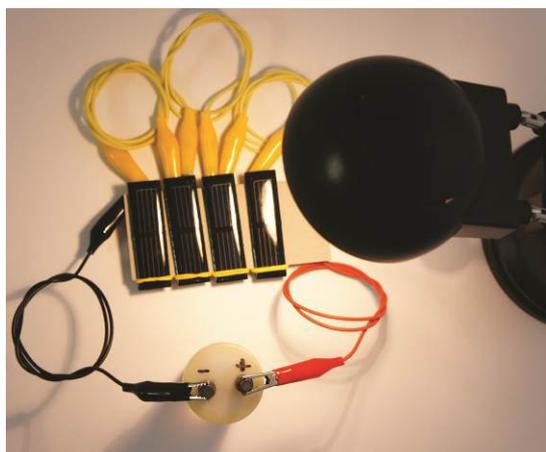


Fig. 15: La carga de la célula de yoduro de zinc con las cuatro células solares.

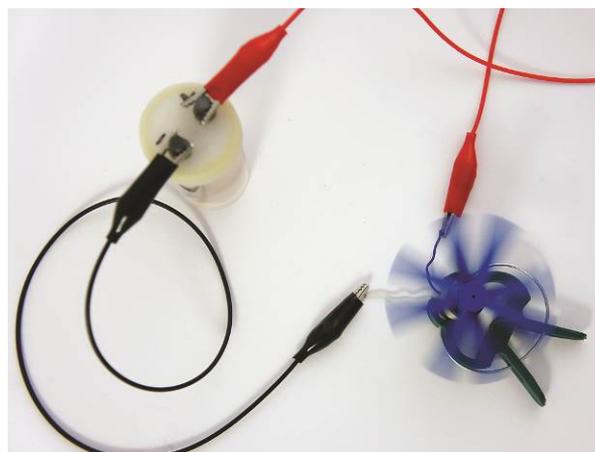


Fig. 16: El motor solar conectado a la célula solar.

3.4 Observación

- Escriban sus observaciones de forma resumida.
- ¿Han podido ver un cambio de color en los electrodos de la célula de yoduro de zinc?

3.5 Evaluación

- Describan los cambios después de soplar y accionar la hélice y después de conectar las células solares en el polo negativo y en el positivo.
- Describan las reacciones químicas que tienen lugar en la célula de yoduro de zinc cuando se aplica energía eléctrica (proceso de carga).
- Describan las reacciones químicas que tienen lugar en la célula de yoduro de zinc cuando se conecta un consumidor a la célula (proceso de descarga).
- Hagan una propuesta relativa a los cambios que se tendrían que hacer con la célula de yoduro de zinc para que corresponda más al modelo de una célula de flujo redox.

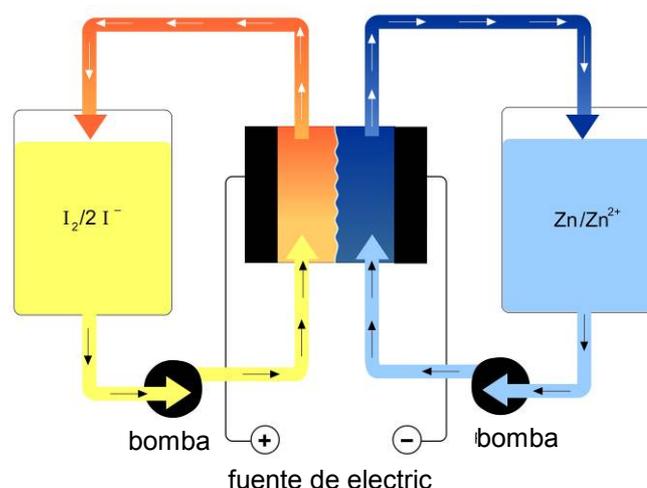


Fig. 17: La célula de flujo redox.

3.6 Preguntas

Expliquen dónde se podrían utilizar de la manera más efectiva los sistemas de almacenamiento energético que funcionan según el principio de la célula de flujo redox.