

## B6 Las energías renovables – El sol, el agua, el viento, el hidrógeno y la célula de combustible

### 1 La energía eléctrica a partir de la energía de radiación de la luz

Este experimento lo pueden realizar cuatro grupos de alumnos a la vez.

#### 1.1 Aparatos y materiales

- 1 multímetro digital
- 1 juego de cable de medición banana/cocodrilo, en rojo y negro, respectivamente
- 1 motor solar grande, 0,4 V/25 mA
- 1 motor solar pequeño, 0,1 V/2 mA\*
- 2 células solares, 0,5 V/150 mA
- 5 cables conectores de cocodrilo
- si hace falta, una lámpara con foco halógeno

\*Dado que sólo hay un motor de este tipo, tienen que pasárselo a otro grupo tras haberlo utilizado.

**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.

#### 1.3 Realización del experimento

- Conecten la célula solar con los cables de medición al multímetro (¡atención al polo positivo y el negativo!) y dirijanla hacia la fuente de luz (la luz del sol o el foco de luz), de forma que puedan determinar la máxima tensión (en mV) y la máxima corriente (en mA) que puedan medir.
- Después intenten conectar las dos células solares disponibles de forma que logren la máxima tensión o la máxima intensidad. Tengan en cuenta que en la conexión en serie el polo positivo de una célula solar está conectado al polo negativo de la otra célula solar y si se trata de una conexión paralela están conectados el polo positivo con el positivo y el negativo con el negativo. Oriéntense en los diagramas eléctricos que figuran en las ilustraciones y sigan los consejos relativos al cableado.

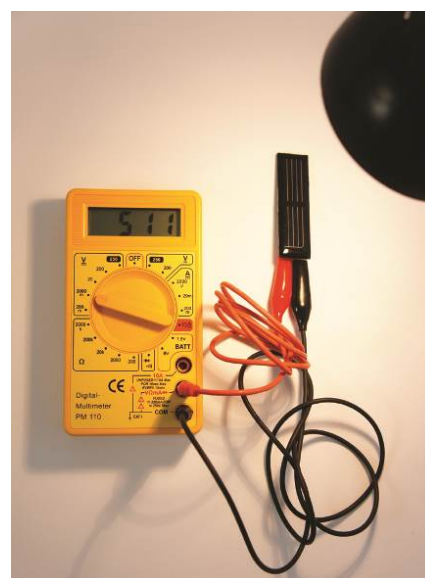


Fig. 1: La medición con una célula solar.

- A fin de que las dos células solares reciban la misma luz, deberían estar montadas una junto a la otra sobre la tira de cartón, tal como se muestra en la figura 4.

- Ahora conecten, según la luz que haya, primero una célula solar al gran motor solar. Si todavía no se empieza a mover, entonces conecten dos células solares una detrás de la otra.
- Cuando el motor se empiece a mover midan los valores relativos a la tensión y la intensidad.
- En caso de que haya poca luz deberán repetir el experimento con el motor solar pequeño y muy sensible.

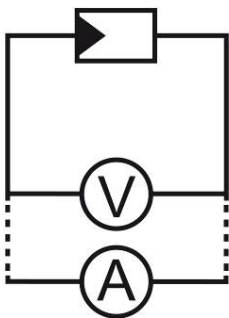


Fig. 2: Diagrama eléctrico para medir en una célula solar con un multímetro cambiando el campo de medición de la tensión (V) a la intensidad (A).

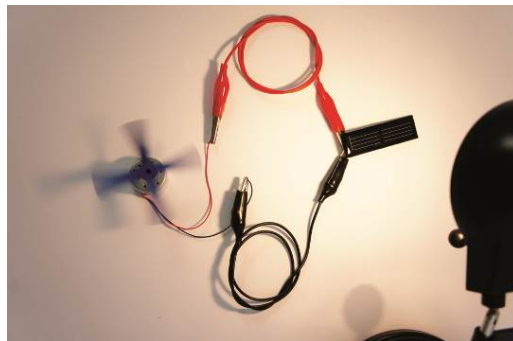


Fig. 3: Funcionamiento del motor solar grande conectado a una célula solar.



Fig. 4: Montaje de las células solares en una tira de cartón con una banda elástica.

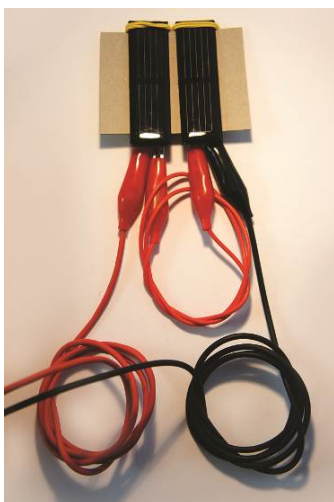


Fig. 5: Cableado en la célula solar con conexión en serie.

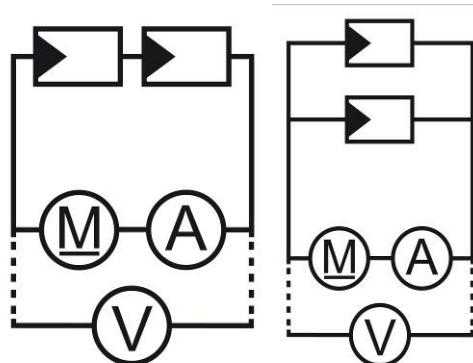


Fig. 6: Diagrama eléctrico de la conexión en serie (a la izq.) y paralela (a la der.).

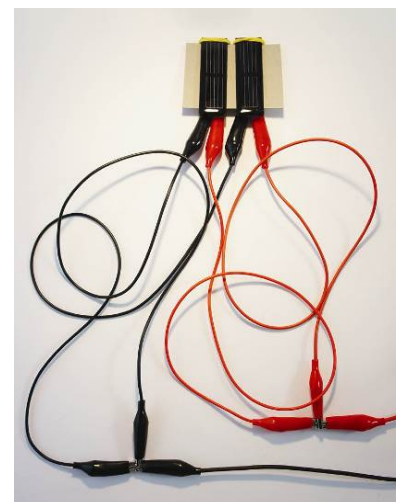


Fig. 7: Cableado con conexión paralela. La segunda célula solar no se debe conectar directamente en la primera, ¡hay peligro de contacto flojo y cortocircuito! En vez de eso conectar el cable a través del punto de cruce.

## 1.4 Observación

Determinen los mayores valores de la tensión y la corriente, respectivamente, calculen dichos valores en voltios (V) y amperios (A) y apúntenlos en una tabla.

## 1.5 Evaluación

La potencia  $P$  se calcula a partir de los valores de medición de la tensión  $U$  y la intensidad  $I$ .

$$\text{Potencia } P = \text{Tensión } U \cdot \text{Intensidad } I$$

Ejemplo para 0,3 V y 0,05 A  $\Rightarrow P = 0,3 \text{ V} \cdot 0,05 \text{ A} = 0,015 \text{ W}$

Calculen a partir de los valores medidos la potencia:

cantidad de células	conexión	tensión [V]	intensidad [A]	potencia [W]
1	-			
2	conexión en serie			
2	conexión paralela			

## 1.6 Preguntas

- Nombren la conexión más indicada para obtener la tensión máxima o la intensidad máxima.
- Comparen la potencia calculada con la misma cantidad de células pero con diferentes tipos de conexión (conexión en serie o paralela) y explíquenlo.

## 2 La energía eléctrica a partir de la fuerza del agua

Este experimento lo pueden realizar cuatro grupos de alumnos a la vez.

### 2.1 Aparatos y materiales

- 1 multímetro digital
- un balde o un recipiente grande como colector del agua
- cinta adhesiva
- agua corriente de la llave
- 1 regla
- 1 juego de cable de medición banana/ cocodrilo, en rojo y negro, respectivamente
- 1 clip para plantas, entre otros, como soporte del motor
- 1 hélice (para el motor solar grande)
- 1 motor solar grande, 0,4 V/25 mA
- 1 jeringuilla (inyección cónica), 100 ml
- 1 reloj
- si hace falta, una velita de té

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

### 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 caso de que nadie haya hecho el experimento antes, deberán doblar la hélice para convertirla en un molino de agua. Mantengan la hélice durante unos 10 segundos sobre la llama de una velita de té. El principio del ala que debe doblarse debería estar aprox. 3 cm por encima de la llama. Utilicen el clip para plantas para doblar el ala caliente de 45 grados a 90 grados. Repitan este procedimiento hasta que las cuatro aspas tengan un ángulo de 90 grados.



Fig. 8: Doblar la hélice para convertirla en un molino de agua.

- Primero peguen con la cinta adhesiva las aperturas del motor solar de tal manera que sea hermético y no pueda entrar el agua de eventuales salpicaduras.
- Coloquen el molino de agua sobre el motor solar, que ahora funcionará como generador y conéctenlo con el multímetro.

- Saquen de la jeringuilla de 100 ml el émbolo, llenen la jeringuilla con 100 ml de agua y cierren el orificio con un dedo.
- Sus respectivos compañeros o compañeras sostienen el generador con el molino de agua, lo mejor es que lo hagan con el clip para plantas, por encima de un recipiente colector y ustedes hacen que corra el agua de la jeringuilla sobre el molino de agua desde una altura de aprox. 30 cm. (No se olviden: ¡La distancia de las palas del molino de agua al orificio del cilindro de la jeringuilla deben medirla con exactitud al principio del experimento y todo el tiempo tiene que ser constante!
- Midan con el reloj durante cuánto tiempo está en funcionamiento el motor.
- Repitan el experimento con diferentes alturas, hasta que hayan determinado cuáles son los valores máximos para la tensión (en mV), la intensidad (en mA) y el tiempo de funcionamiento del motor (en segundos).
- Si tienen a mano dos trípodes pueden fijar el motor y la jeringuilla y regular el chorro de agua sobre el molino de agua.

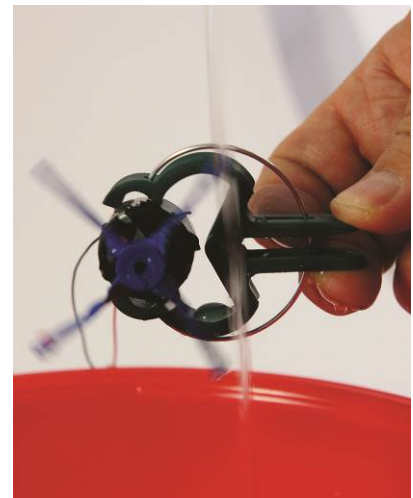


Fig. 9: El molino de agua se mueve debajo del chorro de agua.

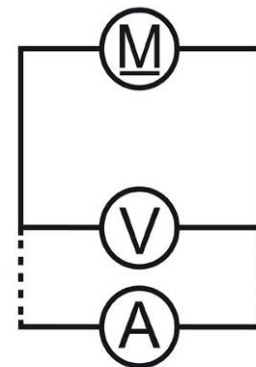


Fig. 10: Diagrama eléctrico para medir la electricidad y/la tensión.

## 2.4 Observación

- Apunten los valores máximos para la tensión (en mV), la intensidad (en mA) y el tiempo de funcionamiento del motor (en segundos).
- Calculen los valores obtenidos en voltios (V) y amperios (A) y coloquen los valores en una tabla siguiendo el siguiente ejemplo:

altura [cm]	tensión [V]	intensidad [A]	tiempo [s]	potencia [W]	energía [Ws]

## 2.5 Evaluación

La energía eléctrica transformada se calcula a partir de la potencia P y el tiempo t:

$$\text{Energía } E = \text{Potencia } P \cdot \text{Tiempo } t$$

Ejemplo para 0,03 W y 5,5 s  $\Rightarrow E = 0,03 \text{ W} \cdot 5,5 \text{ s} = 0,165 \text{ Ws} = 0,165 \text{ J}$

- Expliquen cómo influye la altura de caída del agua en la energía del agua y, por tanto, la potencia del molino de agua.
- Calculen la potencia y la energía a partir de los valores medidos y apunten las en una tabla.
- Expliquen cómo configurarían el experimento para obtener un máximo de energía eléctrica con el molino de agua.

## 2.6 Preguntas

Las centrales hidroeléctricas generan por la noche más energía de la necesaria, que se desea almacenar para el consumo durante el día. Desarrollen una instalación técnica utilizando turbinas de agua para construir un sistema de almacenamiento que funcione bien.

### 3 La energía eléctrica a partir de la energía eólica

Este experimento lo pueden realizar dos grupos de alumnos a la vez.

#### 3.1 Aparatos y materiales

- 1 multímetro digital
- 1 hélice doble para el motor solar pequeño
- 1 LED rojo (caja transparente), 1,7 V
- 1 juego de cable de medición banana/cocodrilo, en rojo y negro, respectivamente
- 1 clip de plantas para fijar el motor
- 1 hélice (para el motor solar grande)
- 1 motor solar pequeño, 0,1 V/2 mA\*
- 1 motor solar grande, 0,4 V/25 mA
- 5 cables conectores de cocodrilo

\*Dado que sólo hay un motor de este tipo, tienen que pasárselo a otro grupo tras haberlo utilizado.

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

#### 3.2 Advertencias de seguridad

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

#### 3.3 Realización del experimento

- Conecten el motor solar grande (25 mA) con el motor solar pequeño, más sensible, y soplando sobre la hélice doble del pequeño motor intenten que arranque el motor grande.
- Ahora conecten un LED en el solar motor pequeño, muy sensible (2 mA) (presten atención a los polos: ¡la patita larga del LED es el polo positivo!) y soplen con fuerza hasta que prenda brevemente el LED. Fíjense en la tensión con el multímetro, conectándolo con las pinzas de cocodrilo a las patitas del LED.

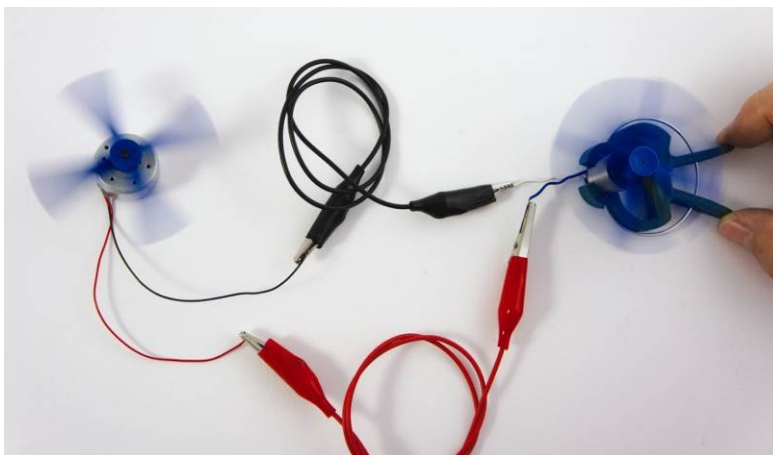


Fig. 11: Configuración del experimento para accionar el motor grande con la pequeña turbina de viento. Lo mejor es fijar el motor pequeño con el clip para plantas.

- Conecten el motor solar pequeño, muy sensible (2 mA) con dos hélices colocadas una sobre la otra (hélice doble) sobre las conexiones de medición al multímetro (atención: ¡presten atención al polo positivo y negativo!) y determinen la tensión máxima (en mV) y la intensidad máxima (en mA) que pueden alcanzar soplando sobre la hélice doble. Repitan el experimento haciendo que los demás soplen. Apunten en la tabla los resultados de los demás alumnos.

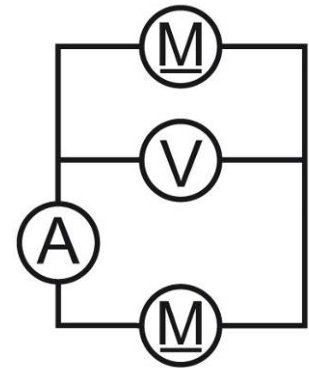


Fig. 12: Diagrama eléctrico para medir la electricidad/la tensión.

### 3.4 Observación

- Apunten la tensión (en mV) y la intensidad (en mA) máximas que han registrado.
- Calculen los valores obtenidos en voltios (V) y amperios (A) y apunten los valores en una tabla siguiendo el siguiente ejemplo:

Medición	tensión [V]	intensidad [A]	potencia [W]
1			
2			
3			

- Piensen cuán elevada debe ser la tensión (en mV) para que se prenda visiblemente el LED.

### 3.5 Evaluación

- Calculen las potencias alcanzadas por la turbina de viento.
- Expliquen la influencia de la intensidad del viento, es decir, la intensidad del soplido sobre la potencia de la turbina de viento.

### 3.6 Preguntas

Expliquen qué cambios sencillos tendrían que hacer en la turbina de viento para aumentar la potencia.



## 4 La transformación de energía eléctrica en energía química y viceversa

Este experimento lo pueden realizar dos grupos de alumnos a la vez.

### 4.1 Aparatos y materiales

- 1 pila, 9 V
- 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\*\*
- 2 tubos de ensayo de plástico (PP), mini
- 1 gafas protectoras para cada alumno
- 1 pedazo de manguera de silicona de 7/4 mm, de aprox. 3,5 cm
- motor solar pequeño, 0,1 V/2 mA\*
- 3 jeringuillas Luer Lock, de 10 ml
- 4 cables conectores de cocodrilo

\*Dado que sólo hay un motor de este tipo, tienen que pasárselo a otro grupo tras haberlo utilizado.

\*\*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.

### 4.2 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!

### 4.3 Realización del experimento

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 13). 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 14). Conecten sólo un cable de cobre doblado con ayuda de uno de los pedazos de manguera con el electrodo de grafito (véase la figura 15) 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 16).



Fig. 13: Piezas para construir la célula electrolítica.

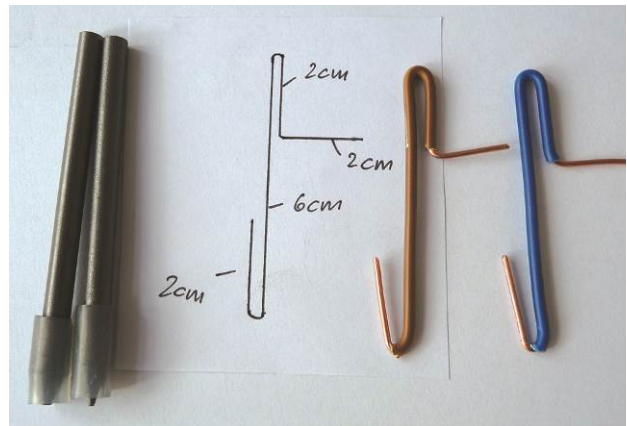


Fig. 14: Cómo doblar los cables de cobre.

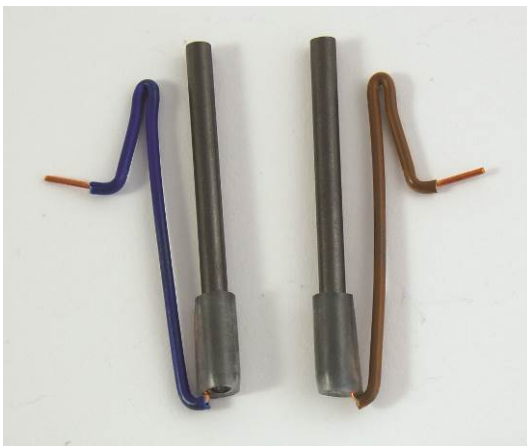


Fig. 15: Los extremos del cable de cobre se introducen entre la manguera y el electrodo.



Fig. 16: 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 17).
- 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 18).
- Cuando los electrodos de grafito están rodeados de gas conecten el motor solar pequeño (2 mA) en vez de la pila de 9 V a los electrodos (véase la figura 19).



Fig. 17: Absorban el aire restante, los cilindros se llenan con la solución sódica.



Fig. 18: La formación de gas tras conectar la pila.



Fig. 19: La célula cargada con el gas de la electrólisis también puede generar corriente eléctrica.

- Quitar con una jeringuilla 6 ml de gas en el polo negativo y llenar con él el tubo de ensayo de plástico (PP) que ponen con la boca hacia abajo. Prendan el gas con una llama.
- Repitan ahora el ensayo con una mezcla de 4 ml de gas del polo negativo y 2 ml de gas del polo positivo.
- Si hay suficiente luz solar o usando un foco de luz intensa pueden utilizar las células solares suministradas en las cajas de experimentación como fuente de energía. Averigüen en los demás grupos cómo deben conectar las células solares para conseguir un máximo de tensión.

#### 4.4 Observación

- Determinen aproximadamente la relación de la cantidad de gas formado en el polo positivo y el negativo.
- Apunten cuántas células solares se necesitan para iniciar la formación de gas en la célula electrolítica.
- Apunten cuánto tiempo estuvo en marcha el motor solar.
- Resuman por escrito lo que han observado al prender el gas o la mezcla de gas.

#### 4.5 Evaluación

- a) Nombren los gases que se formaron en el polo positivo y negativo.
- b) Registren la relación de volumen existente entre los gases que se han formado. Expliquen dicha relación de volumen a partir de la composición del agua.
- c) Si es necesario indiquen con qué tensión aproximada se inicia la formación de gas en la célula electrolítica si parten de una tensión de 0,5 V por célula solar.
- d) Nombren la principal forma de energía en la que se ha transformado la energía eléctrica de la pila de 9 V y/o de las células solares en la célula electrolítica.
- e) Expliquen por qué al utilizar la célula electrolítica para suministrar corriente ésta se convierte en una célula de combustible.
- f) En la célula de combustible se genera corriente eléctrica a partir del hidrógeno y el oxígeno. Describan los procesos químicos que tienen lugar allí.

## 4.6 Preguntas

- a) Si tienen acceso a internet, averigüen por qué en este experimento no se usa agua limpia sino una solución sódica.
- b) En su opinión, ¿cómo podría ser un concepto energético basado en la tecnología de hidrógeno? ¡Hagan para ello un esquema con las leyendas correspondientes!