

## Tareas

### Modelo 1 – Generador manual / fuerza muscular

#### Tarea de construcción

Realiza el montaje del modelo 1 según las instrucciones y presta atención a los siguientes puntos:

- El engranaje debe moverse con suavidad. Con el objetivo de desestimar la posibilidad de que tengan lugar eventuales fricciones innecesarias, se debe evitar que los engranajes cilíndricos se atasquen en los cojinetes de los ejes. Los ejes no pueden desplazarse ni en dirección radial ni axial.
- El cable rojo del generador del motor solar debe conectarse a la toma de entrada del diodo emisor de luz con el símbolo + (polo positivo).
- El diodo emisor de luz está destinado únicamente a mostrar cómo puede generarse electricidad con el motor solar. Este debe utilizarse con un máximo de 2 V de tensión continua. A tensiones más altas, se romperá de inmediato.

El elemento fundamental de este modelo es el generador del motor solar que se acciona con la ayuda de un engranaje.

Cada engranaje transforma el movimiento de un accionamiento en el movimiento de una o varias salidas. El generador manual posee dos ejes dispuestos en paralelo. Por un lado, está el accionamiento (manivela), y por el otro, la salida.

La rueda dentada Z40 del eje de accionamiento engrana (así se denomina a cuando dos ruedas dentadas giran de forma sincronizada por el efecto recíproco de cada una al entrar en movimiento) con una rueda dentada Z10 del eje de salida. A su vez, la rueda dentada Z40 del eje de salida engrana con una rueda dentada Z10 situada en el eje del motor del generador.

El motor solar de fischertechnik (0,5 - 2 V) es un motor de corriente continua con la capacidad de transformar energía de rotación en corriente eléctrica (función de generador), así como de ponerse en marcha de forma autónoma con corriente continua (función de motor).

De este modo, en nuestro modelo, el generador transforma la energía de rotación generada al accionar la manivela en energía eléctrica. Como puedes constatar con facilidad, la pequeña rueda dentada Z10 del generador debe girar a alta velocidad para que se encienda el diodo emisor de luz (LED). Por eso, el generador manual está diseñado como engranaje de transmisión de dos etapas.

#### Tarea temática

1. ¿Con qué frecuencia gira el pequeño engranaje cilíndrico Z10 en el generador cuando giras la manivela una vez? Calcula la transmisión de este engranaje de

dos niveles. Nota: en general, la transmisión de un engranaje de varias etapas equivale al producto de las transmisiones de cada etapa.

2. Gira la manivela también en sentido contrario a las agujas del reloj. ¿Por qué no puede encenderse el LED cuando giras en esa dirección?
3. ¿Qué formas de conversión de energía aplicas con el modelo del generador manual?
4. ¿Qué otras fuerzas pueden reemplazar la función de tu fuerza muscular y generar energía con un generador?
5. ¿Cuál es el término técnico que se utiliza para describir gráficamente la relación entre la corriente y la tensión de componentes eléctricos?

### Tarea experimental

1. Descubre a través de una medición a partir de qué tensión  $U$  en V y corriente  $I$  en mA se enciende el diodo emisor de luz verde. ¿Qué conclusiones puedes extraer de los valores de tu medición?
2. Opcional: repite el experimento con diodos emisores de luz de otros colores.

## Modelo 1 – Generador manual / fuerza muscular

Joerg Torkler

### Tema

Modelo de introducción a las energías renovables. Flujo energético y conversión de energía.

### Objetivo de aprendizaje

- Formas de energía y convertidores de energía. De energía cinética (fuerza muscular) a energía eléctrica. Aplicación de la tecnología de engranajes.
- Aplicación práctica de un engranaje de varias etapas y cálculo de la transmisión multiplicadora.
- Uso técnico de un generador.
- La tensión umbral: una característica de diodos semiconductores.

### Tiempo necesario

45 minutos.

## Soluciones

### Modelo 1 – Generador manual / fuerza muscular

#### Tarea temática

1. La Z40 del eje de accionamiento engrana con una Z10. La Z10 está conectada con firmeza a una Z40 por medio de un eje. Finalmente, la Z40 del eje de salida engrana con otra Z10 en el eje del generador. Por cada giro de la Z40, la primera Z10 y, de este modo, también la Z40 giran cuatro veces. Por tanto, la segunda Z10 realiza  $4 \times 4 = 16$  giros completos. Por consiguiente, la relación de transmisión del engranaje de transmisión de dos etapas es 1:16.

Fórmula

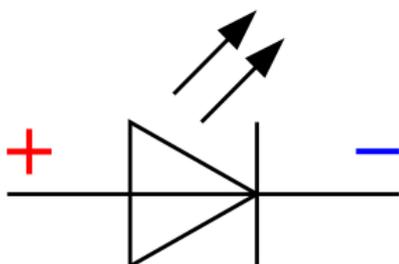
$$\text{Etapa: } i_1 = \frac{z_{Abtrieb}}{z_{Antrieb}} = \frac{10}{40} = 10:40 = 1:4$$

$$\text{Etapa: } i_2 = \frac{z_{Abtrieb}}{z_{Antrieb}} = \frac{10}{40} = 10:40 = 1:4$$

A continuación, la relación de transmisión  $i_{tot}$  de la totalidad del engranaje se determina a través de la multiplicación de cada relación de transmisión de las etapas respectivas.

$$i_{tot} = (1 * 1):(4*4) = 1:16$$

2. Para que un diodo emisor de luz se encienda, debes accionarlo en la denominada dirección de flujo. La corriente eléctrica puede fluir por un LED solo en una dirección. Al aplicar tensión, se envían electrones y huecos hacia la región de agotamiento de la unión PN. De este modo, se produce una recombinación de electrones y huecos. La energía liberada de esta manera se emite en forma de luz del diodo.



Símbolo de conmutación LED

Si se escoge el sentido técnico de circulación de la corriente (la carga fluye del positivo al negativo), se dice que la corriente fluye del ánodo (+) al cátodo (-).

3. Al girar la manivela, el generador convierte la denominada energía cinética (energía generada por el movimiento) en energía eléctrica (corriente). El

segundo convertidor de energía es nuestro diodo emisor de luz que convierte la energía eléctrica en energía radiante y calor.

4. Energía eólica o hidráulica
5. **Curva característica.** La curva característica de la corriente y la tensión es propia del componente respectivo y, por tanto, constituye una magnitud relevante. La relación entre los valores de medición se representa como línea en un sistema de coordenadas plano. El diodo emisor de luz es lo que se denomina un elemento semiconductor (diodo semiconductor), cuya curva característica **no es lineal**.

### Tarea experimental

1. Intenta demostrar con diodos emisores de luz que un LED necesita siempre también una tensión mínima para emitir un nivel mínimo de luz. Esta tensión mínima (tensión umbral) equivale aproximadamente a un 80 % de ULED. En principio, el nivel máximo de corriente permitido de un LED no tiene ninguna repercusión en este sentido. La explicación de esta cuestión puede observarse en el modo de trabajo de un cristal semiconductor. Cuando la tensión es muy baja (por ejemplo,  $U = 1,5 \text{ V}$  para pilas), la corriente todavía no puede fluir. Solo una vez que la tensión aumenta se sueltan suficientes electrones libres de la estructura cristalina interior del material semiconductor, de modo que puede fluir corriente en el LED.

Fuente: Thomas Habig: LEDs mit Vorwiderstand. ft:pedia 2/2011, pág. 17.

2. Opcional: en este experimento se demuestra que los diodos poseen tensiones umbrales típicas de cada color. Por eso, las curvas características de diodos emisores de luz verdes, amarillos o rojos son distintas.

## Tareas

### Modelo 2 – Turbina hidráulica / energía hidráulica

#### Tarea de construcción

Realiza el montaje del modelo 2 según las instrucciones y presta atención a los siguientes puntos:

- El eje de la rueda hidráulica debe moverse con suavidad para que la correa trapezoidal (junta tórica) de la rueda de transmisión pueda transmitir el movimiento de rotación a la rueda de accionamiento del motor solar sin tensarse.
- El cable rojo del generador del motor solar debe conectarse a la toma de entrada del diodo emisor de luz con el símbolo + (polo positivo).
- El diodo emisor de luz está destinado únicamente a mostrar cómo puede generarse electricidad con el motor solar. Este debe utilizarse con un máximo de 2 V de tensión continua. A tensiones más altas, se romperá de inmediato.
- Asegúrate también de que el motor no entre en contacto con el agua.
- Utiliza el prolongador adicional con la piedra luminosa para mediciones con el multímetro y presta atención a la distancia hacia la fuente de agua.

Una turbina hidráulica es una turbina que aprovecha la energía hidráulica. En una central hidroeléctrica, la energía cinética del agua que fluye es convertida en energía mecánica mediante la turbina hidráulica.

La rotación del eje de la turbina acciona un generador que convierte la energía de rotación en electricidad.

En nuestro modelo, la rueda hidráulica transmite su energía de rotación a la rueda de transmisión. El movimiento de rotación de la rueda de transmisión se transmite posteriormente a la rueda de accionamiento del motor solar por medio de una correa redonda (junta tórica). Este tipo de accionamiento se denomina transmisión por correa (sistema de accionamiento por correa).

El motor solar actúa como generador y convierte la energía de rotación en energía eléctrica, y hace que el diodo emisor de luz (LED) se encienda.

#### Tarea temática

1. Electricidad a partir de energía hidráulica. Sujeta la rueda hidráulica bajo un grifo y deja girar la rueda tan rápido que el LED se encienda. Ten en cuenta la dirección de giro. ¿Qué factores repercuten directamente en la velocidad de giro del eje del generador en tu prueba, y, de este modo, incrementan la potencia de la turbina hidráulica para la generación de electricidad?

2. La energía hidráulica es la única fuente renovable de energía que también puede almacenarse. ¿Cómo puede almacenarse la energía hidráulica?
3. ¿Cuál es la ventaja de las centrales hidroeléctricas de bombeo, en comparación con otros tipos de centrales hidroeléctricas?
4. ¿En qué regiones pueden hallarse condiciones favorables para el uso de energía hidráulica?
5. Incluso cuando las condiciones regionales son las más favorables para este tipo de energía, pueden existir argumentos en contra del establecimiento de una central hidroeléctrica. ¿Cuáles son?

### Tarea experimental

1. Documenta tus pruebas de la tarea temática 1. Mide la tensión con el chorro de agua a diferente altura respecto de la rueda hidráulica y registra los resultados de tu medición en una hoja. ¿Qué observaciones puedes extraer y por qué sucede esto?
2. ¿Cómo se comporta el diodo emisor de luz durante el experimento?

## Tareas

### Modelo 1 – Generador manual / fuerza muscular

#### Tarea de construcción

Realiza el montaje del modelo 1 según las instrucciones y presta atención a los siguientes puntos:

- El engranaje debe moverse con suavidad. Con el objetivo de desestimar la posibilidad de que tengan lugar eventuales fricciones innecesarias, se debe evitar que los engranajes cilíndricos se atasquen en los cojinetes de los ejes. Los ejes no pueden desplazarse ni en dirección radial ni axial.
- El cable rojo del generador del motor solar debe conectarse a la toma de entrada del diodo emisor de luz con el símbolo + (polo positivo).
- El diodo emisor de luz está destinado únicamente a mostrar cómo puede generarse electricidad con el motor solar. Este debe utilizarse con un máximo de 2 V de tensión continua. A tensiones más altas, se romperá de inmediato.

El elemento fundamental de este modelo es el generador del motor solar que se acciona con la ayuda de un engranaje.

Cada engranaje transforma el movimiento de un accionamiento en el movimiento de una o varias salidas. El generador manual posee dos ejes dispuestos en paralelo. Por un lado, está el accionamiento (manivela), y por el otro, la salida.

La rueda dentada Z40 del eje de accionamiento engrana (así se denomina a cuando dos ruedas dentadas giran de forma sincronizada por el efecto recíproco de cada una al entrar en movimiento) con una rueda dentada Z10 del eje de salida. A su vez, la rueda dentada Z40 del eje de salida engrana con una rueda dentada Z10 situada en el eje del motor del generador.

El motor solar de fischertechnik (0,5 - 2 V) es un motor de corriente continua con la capacidad de transformar energía de rotación en corriente eléctrica (función de generador), así como de ponerse en marcha de forma autónoma con corriente continua (función de motor).

De este modo, en nuestro modelo, el generador transforma la energía de rotación generada al accionar la manivela en energía eléctrica. Como puedes constatar con facilidad, la pequeña rueda dentada Z10 del generador debe girar a alta velocidad para que se encienda el diodo emisor de luz (LED). Por eso, el generador manual está diseñado como engranaje de transmisión de dos etapas.

#### Tarea temática

1. ¿Con qué frecuencia gira el pequeño engranaje cilíndrico Z10 en el generador cuando giras la manivela una vez? Calcula la transmisión de este engranaje de

dos niveles. Nota: en general, la transmisión de un engranaje de varias etapas equivale al producto de las transmisiones de cada etapa.

2. Gira la manivela también en sentido contrario a las agujas del reloj. ¿Por qué no puede encenderse el LED cuando giras en esa dirección?
3. ¿Qué formas de conversión de energía aplicas con el modelo del generador manual?
4. ¿Qué otras fuerzas pueden reemplazar la función de tu fuerza muscular y generar energía con un generador?
5. ¿Cuál es el término técnico que se utiliza para describir gráficamente la relación entre la corriente y la tensión de componentes eléctricos?

### Tarea experimental

1. Descubre a través de una medición a partir de qué tensión  $U$  en V y corriente  $I$  en mA se enciende el diodo emisor de luz verde. ¿Qué conclusiones puedes extraer de los valores de tu medición?
2. Opcional: repite el experimento con diodos emisores de luz de otros colores.

## Modelo 1 – Generador manual / fuerza muscular

Joerg Torkler

### Tema

Modelo de introducción a las energías renovables. Flujo energético y conversión de energía.

### Objetivo de aprendizaje

- Formas de energía y convertidores de energía. De energía cinética (fuerza muscular) a energía eléctrica. Aplicación de la tecnología de engranajes.
- Aplicación práctica de un engranaje de varias etapas y cálculo de la transmisión multiplicadora.
- Uso técnico de un generador.
- La tensión umbral: una característica de diodos semiconductores.

### Tiempo necesario

45 minutos.

## Soluciones

### Modelo 1 – Generador manual / fuerza muscular

#### Tarea temática

1. La Z40 del eje de accionamiento engrana con una Z10. La Z10 está conectada con firmeza a una Z40 por medio de un eje. Finalmente, la Z40 del eje de salida engrana con otra Z10 en el eje del generador. Por cada giro de la Z40, la primera Z10 y, de este modo, también la Z40 giran cuatro veces. Por tanto, la segunda Z10 realiza  $4 \times 4 = 16$  giros completos. Por consiguiente, la relación de transmisión del engranaje de transmisión de dos etapas es 1:16.

Fórmula

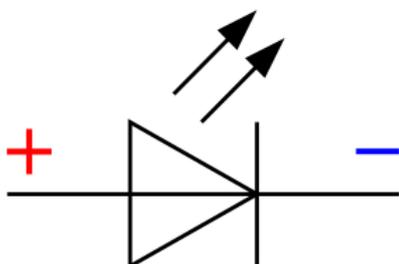
$$\text{Etapa: } i_1 = \frac{z_{Abtrieb}}{z_{Antrieb}} = \frac{10}{40} = 10:40 = 1:4$$

$$\text{Etapa: } i_2 = \frac{z_{Abtrieb}}{z_{Antrieb}} = \frac{10}{40} = 10:40 = 1:4$$

A continuación, la relación de transmisión  $i_{tot}$  de la totalidad del engranaje se determina a través de la multiplicación de cada relación de transmisión de las etapas respectivas.

$$i_{tot} = (1 * 1):(4*4) = 1:16$$

2. Para que un diodo emisor de luz se encienda, debes accionarlo en la denominada dirección de flujo. La corriente eléctrica puede fluir por un LED solo en una dirección. Al aplicar tensión, se envían electrones y huecos hacia la región de agotamiento de la unión PN. De este modo, se produce una recombinación de electrones y huecos. La energía liberada de esta manera se emite en forma de luz del diodo.



Símbolo de conmutación LED

Si se escoge el sentido técnico de circulación de la corriente (la carga fluye del positivo al negativo), se dice que la corriente fluye del ánodo (+) al cátodo (-).

3. Al girar la manivela, el generador convierte la denominada energía cinética (energía generada por el movimiento) en energía eléctrica (corriente). El

segundo convertidor de energía es nuestro diodo emisor de luz que convierte la energía eléctrica en energía radiante y calor.

4. Energía eólica o hidráulica
5. **Curva característica.** La curva característica de la corriente y la tensión es propia del componente respectivo y, por tanto, constituye una magnitud relevante. La relación entre los valores de medición se representa como línea en un sistema de coordenadas plano. El diodo emisor de luz es lo que se denomina un elemento semiconductor (diodo semiconductor), cuya curva característica **no es lineal**.

### Tarea experimental

1. Intenta demostrar con diodos emisores de luz que un LED necesita siempre también una tensión mínima para emitir un nivel mínimo de luz. Esta tensión mínima (tensión umbral) equivale aproximadamente a un 80 % de ULED. En principio, el nivel máximo de corriente permitido de un LED no tiene ninguna repercusión en este sentido. La explicación de esta cuestión puede observarse en el modo de trabajo de un cristal semiconductor. Cuando la tensión es muy baja (por ejemplo,  $U = 1,5 \text{ V}$  para pilas), la corriente todavía no puede fluir. Solo una vez que la tensión aumenta se sueltan suficientes electrones libres de la estructura cristalina interior del material semiconductor, de modo que puede fluir corriente en el LED.

Fuente: Thomas Habig: LEDs mit Vorwiderstand. ft:pedia 2/2011, pág. 17.

2. Opcional: en este experimento se demuestra que los diodos poseen tensiones umbrales típicas de cada color. Por eso, las curvas características de diodos emisores de luz verdes, amarillos o rojos son distintas.

## Tareas

### Modelo 2 – Turbina hidráulica / energía hidráulica

#### Tarea de construcción

Realiza el montaje del modelo 2 según las instrucciones y presta atención a los siguientes puntos:

- El eje de la rueda hidráulica debe moverse con suavidad para que la correa trapezoidal (junta tórica) de la rueda de transmisión pueda transmitir el movimiento de rotación a la rueda de accionamiento del motor solar sin tensarse.
- El cable rojo del generador del motor solar debe conectarse a la toma de entrada del diodo emisor de luz con el símbolo + (polo positivo).
- El diodo emisor de luz está destinado únicamente a mostrar cómo puede generarse electricidad con el motor solar. Este debe utilizarse con un máximo de 2 V de tensión continua. A tensiones más altas, se romperá de inmediato.
- Asegúrate también de que el motor no entre en contacto con el agua.
- Utiliza el prolongador adicional con la piedra luminosa para mediciones con el multímetro y presta atención a la distancia hacia la fuente de agua.

Una turbina hidráulica es una turbina que aprovecha la energía hidráulica. En una central hidroeléctrica, la energía cinética del agua que fluye es convertida en energía mecánica mediante la turbina hidráulica.

La rotación del eje de la turbina acciona un generador que convierte la energía de rotación en electricidad.

En nuestro modelo, la rueda hidráulica transmite su energía de rotación a la rueda de transmisión. El movimiento de rotación de la rueda de transmisión se transmite posteriormente a la rueda de accionamiento del motor solar por medio de una correa redonda (junta tórica). Este tipo de accionamiento se denomina transmisión por correa (sistema de accionamiento por correa).

El motor solar actúa como generador y convierte la energía de rotación en energía eléctrica, y hace que el diodo emisor de luz (LED) se encienda.

#### Tarea temática

1. Electricidad a partir de energía hidráulica. Sujeta la rueda hidráulica bajo un grifo y deja girar la rueda tan rápido que el LED se encienda. Ten en cuenta la dirección de giro. ¿Qué factores repercuten directamente en la velocidad de giro del eje del generador en tu prueba, y, de este modo, incrementan la potencia de la turbina hidráulica para la generación de electricidad?

2. La energía hidráulica es la única fuente renovable de energía que también puede almacenarse. ¿Cómo puede almacenarse la energía hidráulica?
3. ¿Cuál es la ventaja de las centrales hidroeléctricas de bombeo, en comparación con otros tipos de centrales hidroeléctricas?
4. ¿En qué regiones pueden hallarse condiciones favorables para el uso de energía hidráulica?
5. Incluso cuando las condiciones regionales son las más favorables para este tipo de energía, pueden existir argumentos en contra del establecimiento de una central hidroeléctrica. ¿Cuáles son?

### Tarea experimental

1. Documenta tus pruebas de la tarea temática 1. Mide la tensión con el chorro de agua a diferente altura respecto de la rueda hidráulica y registra los resultados de tu medición en una hoja. ¿Qué observaciones puedes extraer y por qué sucede esto?
2. ¿Cómo se comporta el diodo emisor de luz durante el experimento?

## Soluciones

### Modelo 2 – Turbina hidráulica / energía hidráulica

#### Tarea temática

1. Cuanto más alta es la altura de la caída, mayor es la fuerza del agua que se utilizará para generar energía. La combinación de la cantidad de agua (caudal) y la orientación óptima del chorro de agua hacia las palas de la turbina hidráulica también aumenta la velocidad de rotación del eje del generador en nuestro modelo. La potencia obtenida no puede confundirse con el concepto del rendimiento particular de una turbina, el cual describe la eficiencia misma de la turbina. En este marco, entre otros factores, son importantes el tipo de turbina y su antigüedad. Con el objetivo de alcanzar un nivel de rendimiento óptimo, la estructura de la turbina debe adecuarse a las distintas alturas de caída y los diversos caudales de agua.
2. En el caso de las centrales hidroeléctricas de bombeo, la energía del agua se almacena al acumular el agua de un río en un embalse. Cuando es necesario, la central hidroeléctrica utiliza el agua del embalse para producir electricidad. La energía eléctrica se almacena en forma de energía potencial de aguas superficiales.  

En las centrales hidroeléctricas de bombeo, el agua se bombea hasta alcanzar una mayor altura en el embalse a través del uso de energía (excedente). El agua se utiliza como medio de almacenamiento.
3. Las centrales hidroeléctricas de bombeo pueden controlarse y, de este modo, utilizarse específicamente cuando se necesita electricidad.
4. A) Las regiones montañosas con alto nivel de precipitaciones y caídas con diferencias pronunciadas son particularmente idóneas para la instalación de centrales hidroeléctricas.  
B) Grandes ríos con diferencias de altura (centrales hidroeléctricas de pasada). Se genera electricidad las 24 horas del día a través del flujo continuo de agua. Sin embargo, a diferencia de las centrales de bombeo, no se puede almacenar agua (no hay energía potencial).  
C) Bahías y desembocaduras de mares y océanos, en las que centrales mareomotrices puedan aprovechar la energía potencial y cinética del agua con mareas bajas y altas para generar electricidad.
5. La construcción de centrales hidroeléctricas puede tener importantes repercusiones para el paisaje, las personas y la fauna. De este modo, para las centrales hidroeléctricas de bombeo deben construirse embalses inmensos que, en determinadas circunstancias, pueden requerir traslados de poblaciones. En la región afectada, puede haber flora y fauna autóctonas, cuyo hábitat natural se ponga en serio riesgo por la construcción de una central hidroeléctrica.

### Tarea experimental

1. La tensión aumenta, en la medida en que se incrementa la altura del chorro de agua sobre la turbina. El motivo ya lo has aprendido en la tarea temática 1. Al aumentar la altura de la caída del agua, se incrementa el nivel de presión del agua sobre la turbina y, de este modo, la velocidad de la rotación. Así, aumenta también la tensión de salida del generador.
2. Cuanta más tensión genere el generador y más corriente pueda fluir por el LED, la luz del LED será más clara.

## Tareas

### Modelos 3/4/5 – Aerogeneradores / energía eólica

#### Tarea de construcción del modelo 3

Realiza el montaje del modelo 3 según las instrucciones y presta atención a los siguientes puntos:

- El eje de la turbina eólica debe moverse con suavidad para que la correa trapezoidal (junta tórica) de la rueda de transmisión pueda transmitir el movimiento de rotación a la rueda de accionamiento del motor solar sin tensarse.
- El cable negro del generador del motor solar debe conectarse a la toma de entrada del diodo emisor de luz con el símbolo + (polo positivo).
- El diodo emisor de luz está destinado únicamente a mostrar cómo puede generarse electricidad con el motor solar. Este debe utilizarse con un máximo de 2 V de tensión continua. A tensiones más altas, se romperá de inmediato.

En los aerogeneradores, la energía cinética del aire (energía eólica) se convierte en energía eléctrica.

Las palas de los aerogeneradores modernos, denominadas «aspas», se sujetan al cubo del rotor. El cubo y las aspas conforman el rotor. El rotor es el elemento que inicia la acción del aerogenerador. Se encuentra en un eje, cuya rotación acciona un generador que convierte la energía de rotación en electricidad.

Los aerogeneradores se distinguen por su eje de giro horizontal o vertical.

En nuestro modelo con eje de giro horizontal, el rotor estimulado por el viento transmite su energía de rotación a la rueda de transmisión. El movimiento de rotación de la rueda de transmisión se transmite posteriormente a la rueda de accionamiento del motor solar por medio de una correa redonda (junta tórica). Este tipo de accionamiento se denomina transmisión por correa (sistema de accionamiento por correa). Los aerogeneradores modernos (véase el Modelo 5 – Turbina eólica) no utilizan este tipo de accionamiento.

El principio constructivo recuerda a una rueda de viento clásica de un antiguo molino o aserradero. En la práctica, los primeros intentos de generar electricidad con energía eólica después del descubrimiento de la electricidad y de la invención del generador se basaron en los conceptos de los molinos de viento. En lugar de convertir la energía cinética del viento en energía mecánica, se generó energía eléctrica con un generador. Con el desarrollo de la dinámica de los fluidos, también se especializaron más las estructuras y la forma de las aspas. Las turbinas eólicas modernas son mucho más grandes y disponen de rotores con un diámetro aproximado que oscila entre los 90 y los 126 metros.

El motor solar actúa como generador y convierte la energía de rotación en energía eléctrica, y hace que el diodo emisor de luz (LED) se encienda.

## Tarea temática

1. Los aerogeneradores comienzan a girar solo a partir de que el viento alcanza una velocidad lo suficientemente alta. Esta velocidad se denomina «velocidad de arranque». A diferencia de los modelos 4 y 5, el modelo 3 está diseñado para vientos fuertes. Mantén un ventilador de mesa o un secador de pelo potente, en principio, a una amplia distancia desde el frente del rotor y, después, comienza a disminuir esta distancia hasta que las aspas (en nuestro caso, las palas) empiecen a girar. Apúntate la distancia para poder compararla posteriormente con el modelo 4. Como alternativa, también puedes mantener la misma distancia. En ese caso, deberás apuntar los niveles de potencia correspondientes, a partir de los cuales las palas empiezan a girar. Además de la velocidad del viento, ¿qué otros factores pueden influir en el rendimiento de nuestra turbina eólica (con aspas planas)? Te damos una pista: las tareas experimentales 1 y 2 te ayudarán a responder esta pregunta.
2. Para poder calcular la productividad de un aerogenerador, se debe determinar la potencia. ¿Cómo se determina la potencia de un aerogenerador?
3. ¿Cuántos hogares puede abastecer un aerogenerador de 3 megavatios que alcanza las 2000 horas de funcionamiento a plena carga al año? Un hogar de 4 personas consume, en promedio, 3500 kilovatios hora por año.
4. La energía que puede generar un aerogenerador depende de la intensidad del viento. ¿Qué puede ayudarnos a tomar la decisión de montar un aerogenerador?
5. La energía eólica también tiene ventajas y desventajas. ¿Cuáles puedes mencionar?

## Tarea experimental 1

1. En las pruebas del Modelo 1 del generador manual, ya has descubierto que un diodo emisor de luz necesita un nivel mínimo de tensión para poder encenderse. Para esto, nuestra rueda de viento debe girar muy rápido. Sin embargo, nuestro aerogenerador genera energía de forma continua, incluso, cuando la rotación es lenta. Mide la tensión en el generador a distintas distancias del ventilador y apunta los resultados para compararlos después con el modelo 4. ¿Qué conclusiones puedes extraer en este momento?
2. Acorta las palas/aspas quitando las placas verdes de construcción y, a continuación, compara los valores de tu medición de la tensión con los de la prueba anterior. ¿Los resultados confirman tus conclusiones de la tarea temática 1?

## Tarea de construcción del modelo 4

Realiza el montaje del modelo 4 según las instrucciones y presta atención a los siguientes puntos:

- El eje de la turbina eólica debe moverse con suavidad para que la correa trapezoidal (junta tórica) de la rueda de transmisión pueda transmitir el movimiento de rotación a la rueda de accionamiento del motor solar sin tensarse.
- El cable negro (con conector plano verde) del generador del motor solar debe conectarse a la toma de entrada del diodo emisor de luz con el símbolo + (polo positivo).
- El diodo emisor de luz está destinado únicamente a mostrar cómo puede generarse electricidad con el motor solar. Este debe utilizarse con un máximo de 2 V de tensión continua. A tensiones más altas, se romperá de inmediato.

Básicamente, hay dos tipos de aerogeneradores: con eje de giro horizontal (modelo 3) o con eje de giro vertical (perpendicular).

Los aerogeneradores más antiguos del mundo que se conocen tenían un eje de giro vertical y datan del año 1700 antes de Cristo. La gran diferencia es su independencia de la dirección del viento.

A través de los siglos, inventores e ingenieros trabajaron incansablemente para mejorar el rendimiento de las máquinas que trabajaban con energía eólica. Mientras que los primeros modelos estaban contruidos con palas planas, los progresivos conocimientos adquiridos en la ciencia de la dinámica de fluidos (la disciplina que estudia los movimientos de elementos líquidos y gaseosos) tuvieron como consecuencia también la construcción de rotores con nuevas formas (rotor Savonius, rotor Darrieus).

## Tarea experimental 2

1. Con nuestro modelo, también puedes descubrir fenómenos básicos relacionados con la dinámica del aire. Mantén un secador de pelo o un ventilador en una posición para que apunten directamente a las aspas y, después, para que el viento incida lateralmente en las aspas. ¿Qué conclusiones puedes extraer de tus observaciones y por qué crees que sucede esto?
2. A continuación, compara tus resultados relativos a la velocidad de arranque del modelo 3 con este modelo, y mide la tensión a distintas distancias. ¿Qué conclusiones puedes extraer?

### Tarea de construcción del modelo 5

Realiza el montaje del modelo 5 según las instrucciones y presta atención a los siguientes puntos:

- El cable rojo del generador del motor solar debe conectarse a la toma de entrada del diodo emisor de luz con el símbolo + (polo positivo).
- El diodo emisor de luz está destinado únicamente a mostrar cómo puede generarse electricidad con el motor solar. Este debe utilizarse con un máximo de 2 V de tensión continua. A tensiones más altas, se romperá de inmediato.

La construcción de este modelo es la que más se asemeja a la de una turbina eólica. Las propiedades aerodinámicas del rotor influyen directamente en la cantidad de energía eólica que puede convertirse en trabajo mecánico.

### Tarea experimental 3

1. Compara tus resultados relativos a la velocidad de arranque de los modelos 3 y 4 con este modelo 5, y mide la tensión con tu fuente de viento a distintas distancias. ¿Qué conclusiones puedes extraer?

## Modelos 3/4/5 – Aerogeneradores / energía eólica

Joerg Torkler

### Tema

Estudiaremos la energía eólica con 3 modelos distintos y, de este modo, aprenderemos acerca de una forma alternativa de energía para generar energía en el contexto de las energías renovables.

### Objetivo de aprendizaje

- Formas de energías renovables y convertidores de energía. De energía cinética (energía eólica) a energía eléctrica, pasando por energía mecánica (generador).
- Rendimiento y desafíos técnicos en la construcción de aerogeneradores de distintos tipos.
- Cálculo de potenciales de la energía eólica.
- Uso de instrumentos de medición.
- Ventajas y desventajas de la energía eólica

### Tiempo necesario

45 minutos.

## Soluciones

### Modelos 3/4/5 – Aerogeneradores / energía eólica

#### Tarea temática

1. Además de la velocidad del viento, el rendimiento de una turbina eólica depende de los siguientes factores:
  - a) El tamaño del ángulo de ajuste (el ángulo en el que se giran las aspas contra el eje de giro). Para nuestro modelo con aspas planas, lo más conveniente es optar por un ángulo de ajuste de aprox. 30°.
  - b) En nuestro modelo (aspas planas), del tamaño de la superficie de las aspas.
  - c) De la magnitud de la fricción de los rodamientos. Los rotores, engranajes o generadores nunca pueden tener una eficiencia del 100 % debido a que se generan pérdidas de calor por la fricción de rodamientos o la fricción entre moléculas de aire. La potencia obtenida no puede confundirse con el concepto del rendimiento particular de una máquina que trabaja con energía eólica, el cual describe la eficiencia misma. En este sentido, entre otras cosas, desempeñan un papel importante el tipo de rotor y el diseño de las aspas. Con el objetivo de alcanzar un nivel de rendimiento óptimo, la estructura de las aspas debe adecuarse a las distintas condiciones de viento.
2. La potencia de un aerogenerador depende del viento o de las velocidades del viento, de la densidad del aire, y del rendimiento del equipo. En primer lugar, se calcula la intensidad del viento para multiplicarla por el rendimiento del equipo.
3. Para determinar el nivel máximo posible de generación de electricidad en un año, se debe multiplicar la potencia de la turbina eólica por la cantidad de horas que hay en un año. Resultado: la turbina eólica tiene una potencia de 6 gigavatios hora, lo que equivale a 6000 megavatios hora o 6 000 000 de kilovatios hora. Con este nivel de potencia, se pueden abastecer aprox. 1714 hogares durante un año.
4. Atlas eólico. El atlas eólico es un instrumento importante para autoridades de planificación, ingenieros de proyectos y organismos responsables de expedir autorizaciones para identificar espacios idóneos para el uso de energía eólica. Para catalogar la idoneidad de espacios para aerogeneradores, se habla también de la velocidad promedio del viento en una zona específica.
5. a) Ventajas:
  - No se emiten sustancias nocivas, como dióxido de carbono, óxido nítrico y dióxido de azufre, como en el caso de la generación convencional de electricidad.
  - No es necesario realizar importaciones costosas de materias primas (carbón, petróleo).
  - La superficie utilizada en la práctica es mínima, en comparación con otras instalaciones de producción de electricidad

b) Desventajas

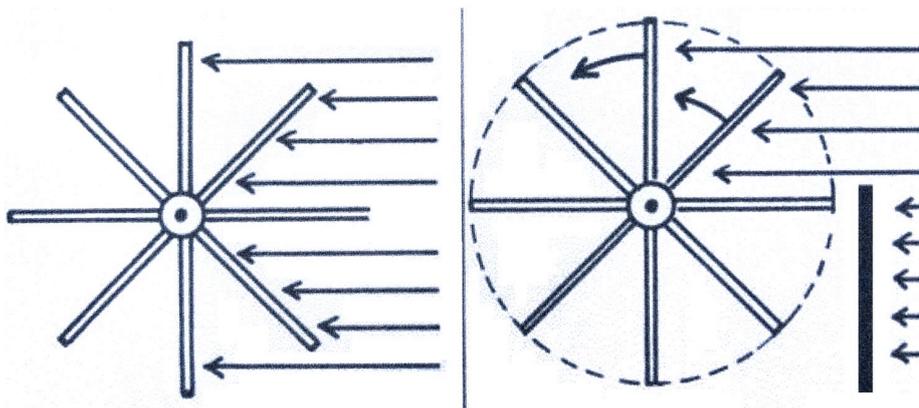
- El viento no puede almacenarse. Debe convertirse en electricidad al instante.
- No siempre se puede predecir la intensidad del viento.
- Los aerogeneradores pueden afectar a la fauna, en particular, a los pájaros.

### Tarea experimental 1

1. No siempre es necesario contar con velocidades máximas para valorar la productividad de un aerogenerador. Los aerogeneradores se construyen y emplean de manera que se adapten a las diferentes condiciones de viento. Así, se asignan a clases de vientos. En determinadas circunstancias, un aerogenerador que esté girando de manera continua puede suministrar más electricidad en un año que una instalación construida para vientos de muy altas intensidades, pero que deba desconectarse con frecuencia, a fin de evitar daños por tormentas. La velocidad del viento a la que un aerogenerador se desconecta automáticamente se denomina velocidad de desconexión.
2. Sí, el tamaño de la superficie de las palas influye en el rendimiento del aerogenerador.

### Tarea experimental 2

1. La ráfaga de viento lateral hace que el rotor gire más rápido. El aire en movimiento ejerce la misma fuerza sobre todos los cuerpos opuestos a él. El movimiento de giro solo puede tener lugar cuando las fuerzas propulsoras son distintas en dos aspas o palas opuestas.



2. El modelo 4 se pone en marcha antes. Necesita un menor nivel de intensidad del viento para generar energía. Este es el motivo por el que se usan máquinas verticales de energía eólica cuando las intensidades de los vientos son más bien bajas y al estar cerca del suelo.

### Tarea experimental 3

1. El rendimiento de un aerogenerador depende, sobre todo, de una construcción aerodinámica óptima de las aspas. El rotor es el elemento que inicia la acción del aerogenerador.

## Tareas

### Modelo 6 – Modelo funcional / energía solar

#### Tarea de construcción del modelo 6

Realiza el montaje del modelo 6 según las instrucciones y presta atención a los siguientes puntos:

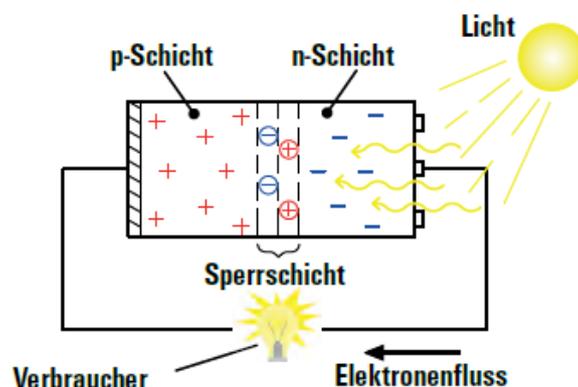
- Utiliza una fuente de luz artificial con suficiente intensidad para tus pruebas (por ejemplo, lámpara incandescente o reflector halógeno con una potencia a partir de 60 vatios).
- Mantén siempre una distancia mínima respecto de la fuente de luz (en función de la intensidad de la fuente de luz, mínimo 30 cm), dado que los módulos solares pueden alcanzar temperaturas muy elevadas.

#### Fundamentos de células solares

Una célula solar o célula fotovoltaica es un componente eléctrico que convierte la energía radiante contenida en la luz directamente en energía eléctrica (corriente continua). Dado que, a este fin, se utiliza luz solar, se trata de una fuente de energía renovable por definición. El fundamento físico de la transformación es el efecto fotovoltaico.

La mayoría de las células solares están compuestas del semiconductor silicio. Los bloques de silicio se cortan en láminas gruesas de aproximadamente 0,5 milímetros. En el paso siguiente, se aplican a las láminas diversas impurezas que las contaminan de manera premeditada, lo que crea un desequilibrio en la estructura de silicio. Esto da como resultado dos capas, la capa «p» positiva y la capa «n» negativa.

Expresado en términos simples, el flujo de corriente eléctrica de la célula solar se genera por el hecho de que los electrones de la capa negativa n, estimulados por la luz incidente, se mueven a la capa positiva p a través de la unidad conectada (por ejemplo, motor solar, LED). Cuanta más luz (es decir, energía) incide sobre la célula, más electrones se mueven.



	Capa p
	Capa n
	Luz
	Capa de agotamiento
	Consumidor
	Flujo de electrones

Cada módulo solar consta de dos células solares conectadas en serie y suministra una tensión de 1 V y una corriente eléctrica máxima de 440 mA.

El motor solar tiene una tensión nominal de 2 V, pero comienza a girar a los 0,3 V (tensión de arranque) (en marcha al ralentí, es decir, sin que el eje del motor deba accionar un modelo).

### Tarea temática

1. Por medio de la tecnología solar, la energía solar puede utilizarse de distintas maneras. ¿Qué tipos de uso hay?
2. ¿Para qué tipo de uso has montado el modelo funcional? ¿Qué término técnico se utiliza para denominar a este tipo de uso?

Básicamente, se distingue entre radiación solar directa e indirecta. La radiación solar directa incide en los módulos solares de forma directa y es la más potente. En contraste, se habla de radiación solar indirecta o difusa cuando las nubes tapan el sol o la luz se refleja.

En función del momento del día y del año, el denominado «ángulo de incidencia» entre los rayos del sol y el módulo solar también se modifica.

### Tarea experimental 1

1. Incluso al optar por una generación fotovoltaica de electricidad, los investigadores estudian cómo puede alcanzarse el mejor rendimiento.

Montaje experimental:

- Utiliza solo un módulo solar para este experimento
- Orienta una fuente de luz hacia el módulo solar
- No modifiques la distancia entre la fuente de luz y el módulo solar
- El pulsador se cierra
- Puedes ayudarte con una escuadra para determinar el ángulo.

Modifica el ángulo entre el módulo solar y la fuente de luz mediante la palanca de ajuste y determina en qué ángulo de incidencia de la luz genera la mayor cantidad de energía un módulo solar a través de la medición de la tensión (V).

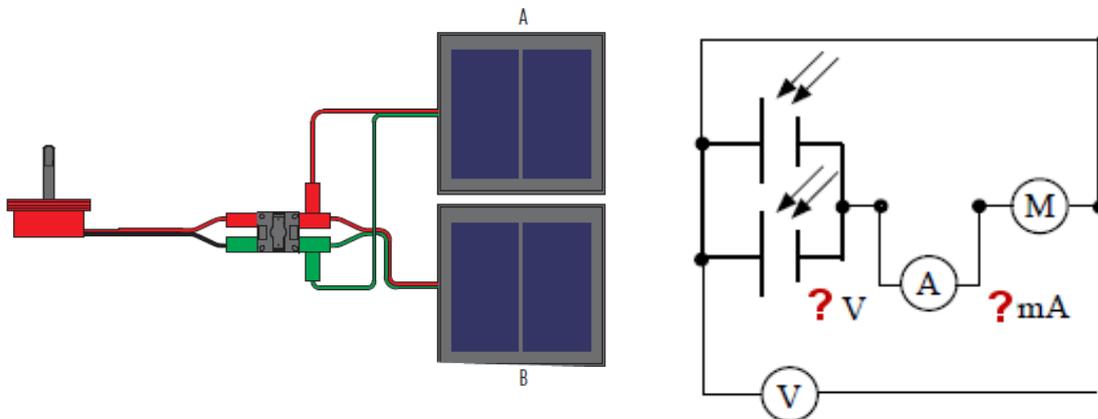
2. Modifica el ángulo entre el módulo solar y la fuente de luz mediante la palanca de ajuste y determina a partir de cuánta tensión el motor sometido a carga gira el indicador y cuánta corriente fluye.

Podrás ver que el motor no puede desarrollar demasiada potencia cuando se acciona solo con un módulo solar.

De todos modos, se pueden conectar más módulos solares de distintas maneras. El rendimiento de estos en conjunto depende de si se conectan en paralelo o en serie.

## Tarea experimental 2

1. A continuación, conecta el segundo módulo solar al primer módulo en lo que se denomina un «circuito en paralelo». El pulsador no aparece en la imagen.

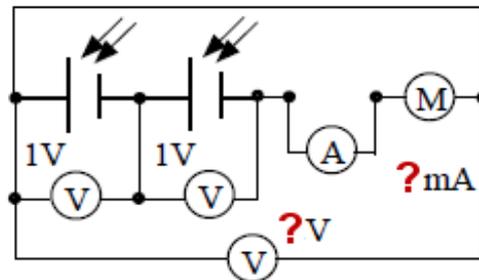
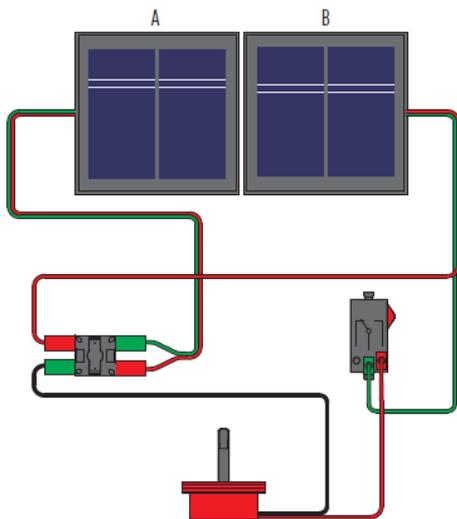


Establecimiento de la medición

- ¿Cómo se comportan la tensión (V) y el amperaje (A) cuando ambos módulos se conectan en paralelo?
2. Disminuye la distancia hacia la fuente de luz, primero, con un módulo, y, después, con dos módulos conectados en paralelo. Determina en qué variante el motor (sometido a carga) puede comenzar a mover el indicador antes.
3. ¿La modificación de tus observaciones tiene un efecto en el número de revoluciones o el par de giro del motor?

### Tarea experimental 3

1. A continuación, conecta el segundo módulo solar al primer módulo en lo que se denomina un «circuito en serie».

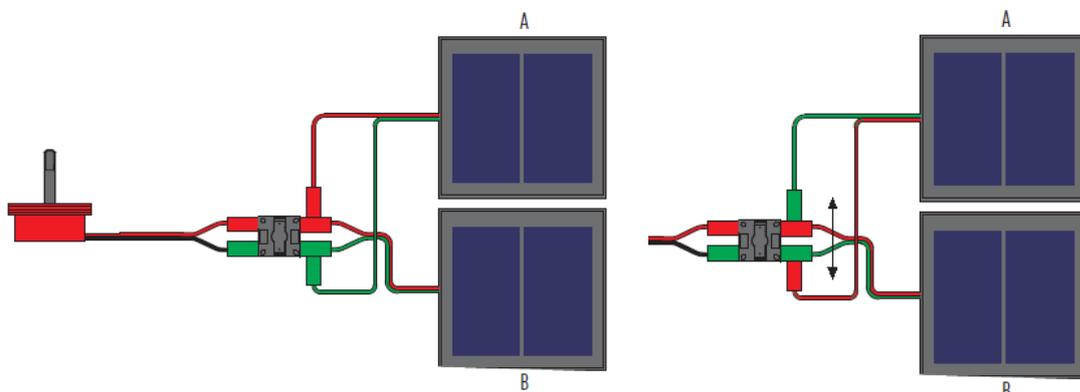


Establecimiento de la medición

- ¿Cómo se comportan la tensión (V) y el amperaje (A) cuando ambos módulos se conectan en serie?
2. Compara la velocidad de giro del indicador con la conexión en paralelo y la conexión en serie, a la misma distancia de la fuente de luz. ¿Qué conclusiones puedes extraer?
3. Cubre con un papel o tu mano un módulo solar, tanto con la conexión en paralelo, como con la conexión en serie, mientras el indicador gira. ¿Qué puedes observar al realizar estas *interferencias en los módulos*?
4. ¿Con qué condiciones de luz priorizarías una conexión en paralelo antes que una conexión en serie para tus modelos de fischertechnik?

### Tarea experimental 4

1. Ya eres un/a experto/a en la conexión de módulos solares. Pero existe una tercera posibilidad para conectar los módulos entre sí. Lo que se denomina una conexión antiparalelo. A tal fin, modifica el cableado del circuito en paralelo e intercambia los conectores rojo y verde del segundo módulo solar.



¿Qué efecto tiene la interferencia de módulos individuales en la conexión antiparalelo?

2. ¿Cómo se denomina el componente eléctrico con el mismo efecto?

### Tarea de construcción de un vehículo solar

Con el objetivo de probar los diferentes tipos de conexiones, puedes montar el modelo del vehículo solar para realizar más pruebas.

### Tarea experimental 5

¿Qué tipo de conexión escoges y por qué?

### Almacenamiento de energía eléctrica - Goldcap

Lamentablemente, nuestro vehículo solar se detiene cuando se encuentra fuera del alcance de la fuente de luz o en la sombra.

Sin embargo, con la ayuda de un acumulador de energía, podemos convertir nuestro coche solar en un vehículo eléctrico y, de este modo, lograr que no dependa de la energía solar.

Un acumulador de energía de este tipo es el denominado **Goldcap**, incluido en el kit de construcción. Se compone de dos piezas de carbón activado separadas solo por una delgada capa aislante. El Goldcap destaca por su altísima capacidad. El condensador utilizado tiene una capacidad de 10 F (faradio).

Puedes emplear el Goldcap como una pequeña batería convencional. La ventaja frente a la batería convencional reside en que el Goldcap puede recargarse muy rápidamente, no se sobrecarga ni se descarga profundamente.

### Atención:

*El Goldcap no debe conectarse nunca a una tensión superior a 2,3 V; de lo contrario, ¡existe riesgo de explosión! Por lo tanto, nunca conectar el Goldcap a una fuente de alimentación convencional fischertechnik de 9 V.*

*Al montar el conector al Goldcap, presta atención a la correcta polaridad de los conectores (el conector rojo se conecta al polo positivo).*

### Tarea de construcción de la estación solar del Goldcap

No obstante, antes de poder empezar a usar el Goldcap, debe cargarse. Para ello, utilizamos el modelo de la estación solar del Goldcap de las instrucciones de montaje.

- Asegúrate de que el conector rojo del Goldcap (+) se conecte al conector rojo del módulo solar.
- Presta atención a la distancia entre la fuente de luz y el módulo solar para que el módulo no se sobrecaliente ni pueda sufrir daños.
- 

### Tarea experimental 6

1. Mide la tensión en el Goldcap mientras lo cargas. ¿Cuál es el nivel de carga máximo que puede alcanzar el Goldcap con los módulos solares?
2. ¿Qué sucede si se interfiere en los módulos solares cubriendo la luz durante el proceso de carga?
3. ¿Qué truco puedes usar para comprobar el nivel de carga del Goldcap, incluso, sin un medidor?
4. ¿Qué alternativa a la energía solar puedes utilizar para cargar el Goldcap?

### Tarea de construcción de un vehículo eléctrico

Una vez terminado el proceso de carga, conecta el Goldcap al motor del vehículo, en lugar de las células solares. Para ello, observa el manual del vehículo eléctrico.

### Tarea experimental 7

1. ¿Cómo puedes optimizar tu vehículo eléctrico para que funcione por más tiempo?

### Opcional:

- Utiliza el Goldcap con otros modelos de fischertechnik.
- Con el modelo 6, puedes probar distintos diseños experimentales:
  - a. Módulo solar → Goldcap → Motor

- b. Módulo solar → Pila de combustible → Transformador de tensión → Motor

## Modelo 6 – Modelo funcional / energía solar

Joerg Torkler

### Tema

Estudiaremos la energía solar por medio de un modelo funcional sobre energía fotovoltaica y, de este modo, aprenderemos acerca de una forma alternativa de energía para generar energía en el contexto de las energías renovables.

### Objetivo de aprendizaje

- Formas de energías renovables y convertidores de energía. De energía radiante (energía solar) a energía eléctrica.
- Funcionamiento, rendimiento y desafíos técnicos en la construcción de sistemas de energía solar.
- Conexiones eléctricas: en paralelo, en serie, y antiparalelas
- Uso de instrumentos de medición.
- Almacenamiento de energía solar

### Tiempo necesario

90 minutos.

## Soluciones

### Modelo 6 – Energía solar

#### Tarea temática

1. a) Los paneles solares generan calor.  
b) Las plantas de energía solar térmica generan electricidad mediante la conversión de calor en vapor de agua.  
c) Las cocinas solares o los hornos solares calientan los alimentos.  
d) Las células solares generan corriente eléctrica continua.
2. Fotovoltaica: las células solares generan corriente eléctrica continua.

#### Tarea experimental 1

1. La fuente de luz debe hallarse a  $90^\circ$  para alcanzar el ángulo de incidencia óptimo.
2. A partir de aprox. 0,3 V y 200 mA (comprobar, por favor)

#### Tarea experimental 2

1. Conexión en paralelo: la tensión (V) no se modifica. La cantidad de corriente (A) aumenta.
2. En los módulos conectados en paralelo, el motor comienza a girar antes al indicador, a pesar de que la tensión existente (V) es la misma. El motor puede someterse a más carga.
3. El par de giro del motor aumenta. El par de giro depende de la corriente. El número de revoluciones depende de la tensión. El par de giro es necesario para arrancar y acelerar.

#### Tarea experimental 3

1. Conexión en serie: las tensiones (V) de ambos módulos solares se suman. La cantidad de corriente (A) no sufre modificaciones.
2. La velocidad de giro del indicador es más rápida con la conexión en serie, dado que el número de revoluciones del motor depende de la tensión.
3. A diferencia de lo que sucede con la conexión en paralelo, el indicador se detiene con la conexión en serie.
4. Con condiciones de luz muy poco favorables. Incluso cuando se interviene parcialmente en los módulos solares y se cubre la luz, la conexión en paralelo de los módulos solares continúa suministrando corriente con el mismo nivel de tensión.

### Tarea experimental 4

1. La dirección de giro del motor se modifica.
2. Interruptor inversor.

### Tarea experimental 5

La conexión en serie es la mejor para el vehículo solar porque el motor se encuentra sometido a mucha carga y, de este modo, necesita una tensión de arranque elevada.

### Tarea experimental 6

1. 2 módulos • 1 V = 2 V.
2. Los módulos solares conectados descargan el Goldcap.
3. Al conectar el LED verde del kit de construcción en paralelo. Si se enciende, quiere decir que el Goldcap tiene un nivel de carga mínimo de 1,7 V. El LED sirve para controlar el nivel de carga.
4. Por ejemplo, con energía eólica con el modelo de la turbina eólica.

### Tarea experimental 7

Puede optimizar el coche eléctrico al volver a montar el módulo solar y conectar el Goldcap en paralelo al módulo solar. Asegúrate de que el conector «rojo» del Goldcap (+) se conecte al conector «rojo» del módulo solar.

## Tareas

### Modelo 7 – Estación de carga de pila de combustible / energía química

Mediante la pila de combustible, la energía química de un combustible (por ejemplo: hidrógeno) es convertida en corriente eléctrica. Por lo tanto, una pila de combustible no es un acumulador, sino un convertidor de energía.

En el caso de la pila de combustible de fischertechnik, se trata de lo que se denomina una pila de combustible *reversible*.

- Por un lado, puede facilitar energía eléctrica con las fuentes de energía hidrógeno y oxígeno (convertidor de energía).
- No obstante, por otro lado, puede utilizarse como electrolizador, de modo que la energía eléctrica se convierta en energía química apta para almacenarse (electrolisis del agua).

De esta manera, los excedentes de la generación de electricidad a partir de energías renovables (en particular, energía eólica y fotovoltaica) pueden almacenarse químicamente de manera temporal en forma de hidrógeno.

El rendimiento de las pilas de combustible reversibles (de hidrógeno) oscila entre el 30 y el 40 % al momento de generar energía eléctrica directa. El resto es energía térmica que se libera. En los años 60, los técnicos de la NASA descubrieron las ventajas de esta tecnología para las expediciones al espacio e instalaron 3 pilas de combustible con una potencia total de casi siete kilovatios en las cápsulas Apolo.

Los coches con pilas de combustible se cargan con hidrógeno, pero funcionan con la ayuda de un motor eléctrico, por lo que forman parte de los coches eléctricos. La tecnología se encuentra todavía en desarrollo.

### Tarea de construcción del modelo 7

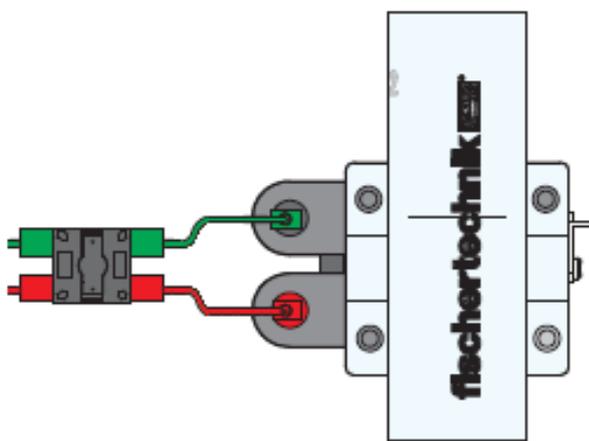
Lee primero el manual de instrucciones de la pila de combustible y familiarízate con el funcionamiento de la pila. A continuación, realiza el montaje del modelo 7 (estación de carga de pila de combustible y vehículo con pila de combustible) según las instrucciones.

Carga la pila de combustible con agua destilada y conecta la pila a la estación de carga.

Para ello, ten en cuenta los siguientes puntos:

- Golpea suavemente la pila de combustible contra la mesa para que el agua fluya mejor alrededor de la membrana y las placas metálicas que absorben la corriente antes de colocar la pila de combustible en el coche.
- Presta atención a los polos al realizar la conexión con la estación de carga.

- Comprueba que el conmutador ON/OFF del vehículo con pila de combustible también esté abierto antes de conectar la pila de combustible al transformador de tensión.



Una vez que se iluminen los módulos o las pilas solares con suficiente luz solar o una fuente de luz apropiada, comenzarán a generarse hidrógeno y oxígeno. Los gases se almacenan en el cilindro acumulador correspondiente. El agua es impulsada a las cámaras de sobrecarga ubicadas por encima.

La pila de combustible está completamente «cargada» cuando la totalidad del agua ha sido conducida del cilindro acumulador de hidrógeno a la cámara de sobrecarga ubicada por encima. Este procedimiento dura aproximadamente 15 – 60 minutos, en función de la intensidad de la luz.

La pila de combustible puede desconectarse de los módulos solares en cualquier momento. Esto detiene la generación de hidrógeno y oxígeno.

### Tarea temática

1. Observa la cantidad de gas en ambos cilindros acumuladores al generar hidrógeno y oxígeno. ¿Qué puedes ver?
2. ¿Con qué fórmulas químicas puedes describir las dos funciones de una pila de combustible reversible?
3. ¿Qué otra denominación recibe esta reacción controlada, en la que se generan agua, electricidad y calor, en contraste con la reacción de un gas explosivo?

### Tarea experimental

1. A continuación, conecta el transformador de tensión del coche a la pila de combustible. En comparación con las baterías, las pilas de combustible sufren

una pérdida mucho mayor de tensión cuando el nivel de corriente aumenta. Por este motivo, en las aplicaciones con diferentes exigencias de carga se necesita, en la mayoría de los casos, un transformador de tensión. De este modo, se puede controlar el nivel de tensión para la alimentación en el circuito eléctrico. Haz que el coche avance en línea recta y mide el tiempo que tarda en vaciarse la mitad del depósito. Con la segunda mitad del depósito, el coche debe transitar por una curva. Mide aquí también el tiempo que tarda en consumirse el contenido del depósito. ¿Qué diferencias encuentras en el consumo energético de la pila de combustible cuando el coche avanza en línea recta y cuando transita por una curva?

2. Al transitar por una curva, la rueda exterior de los automóviles debe recorrer una mayor distancia que la rueda interior. En consecuencia, la rueda exterior gira más rápido. Con el objetivo de que puedan ajustarse distintas velocidades en ambas ruedas, solo una de ellas se acciona, mientras que la otra se monta en el eje con una rotación libre. ¿Cómo cambia el funcionamiento del coche cuando la rueda accionada se encuentra en la parte interna o externa?
3. ¿Con qué invención técnica pueden accionarse ambas ruedas con diferentes velocidades?

Opcional:

1. Prueba el funcionamiento de la pila de combustible con otros modelos de fischertechnik.
2. Intenta poner en funcionamiento la pila de combustible en paralelo con los módulos solares.
3. Puedes probar otros diseños experimentales: Módulo solar → Goldcap (conexión en paralelo) → Pila de combustible → Motor.

## Modelo 7 – Estación de carga de pila de combustible / energía química

Joerg Torkler

### Tema

Transformación de energía química en energía eléctrica. Si el hidrógeno que se necesita para la reacción de combustión se obtiene a partir de energía derivada de fuentes renovables, la pila de combustible puede considerarse una fuente de energía renovable.

### Objetivo de aprendizaje

- Formas de energías renovables y convertidores de energía. De energía química a energía eléctrica.
- Electrolisis del agua. Funcionamiento y rendimiento de una pila de combustible de hidrógeno.
- La reacción electroquímica de la *combustión con llama fría*.
- Almacenamiento de electricidad derivada de energías renovables (energía solar/eólica)

### Tiempo necesario

45 minutos.

## Soluciones

### Modelo 7 – Estación de carga de pila de combustible / energía química

#### Tarea temática

1. Se genera el doble de hidrógeno que de oxígeno.
2. a) Conversión de energía: descomposición de agua en hidrógeno y oxígeno mediante corriente eléctrica.  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$   
Ánodo (+):  $4 (\text{H}^+) + 4 (\text{e}^-) + \text{O}_2 \leftarrow 2 \text{H}_2\text{O}$   
Cátodo (-):  $2 \text{H}_2 \leftarrow 4 (\text{e}^-) + (\text{H}^+)$   
b) Electrolisis de agua: el hidrógeno y el oxígeno reaccionan y se convierten en agua que se extrae de forma continua de la pila de combustible. La ecuación química es como la de la reacción de un gas explosivo, pero la reacción se desarrolla de forma controlada y no explosiva.  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ .  
Ánodo (+):  $4 (\text{H}^+) + 4 (\text{e}^-) + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$   
Cátodo (-):  $2 \text{H}_2 \rightarrow + 4 (\text{e}^-) + 4 (\text{H}^+)$
3. *Combustión con llama fría*. Esta reacción se desarrolla de forma controlada y a temperatura ambiente en la pila de combustible. En este caso, el hidrógeno no reacciona directamente con el oxígeno del aire, sino que deposita sus electrones en el ánodo de platino que actúa como catalizador.

#### Tarea experimental

1. Cuando el vehículo transita por una curva cerrada, el motor necesita más energía que cuando se desplaza en línea recta. Por eso, se consume más hidrógeno también cuando el vehículo se desplaza en círculos.
2. Se modifica la velocidad, así como la duración del tiempo de funcionamiento, en función de si la rueda accionada está en la parte interna o externa.
3. Engranaje diferencial. Se denomina también engranaje compensador, dado que «compensa» los diferentes trayectos que transitan la rueda interna y externa de un eje en una curva (y, en caso de tracción a cuatro ruedas, también las diferencias entre el eje delantero y trasero). Este engranaje fue patentado en el año 1827 por el francés Onésiphore Pecqueur (1792–1852).