

## Energía térmica solar y fotovoltaica – energías con futuro

Esta guía proveerá una panorámica del contenido y contexto didáctico de los medios en el paquete de medios didácticos titulado “Energía térmica solar y tecnología fotovoltaica: formas de energía con futuro”.

### 1 Introducción a la enseñanza de este tema

Según el estado, tipo de escuela y nivel escolar, la energía térmica solar y la tecnología fotovoltaica figura en los planes de estudios de física entre los grados 7 al 12. Si no se preceptúan los temas explícitamente, éstos son sumamente adecuados para uso como ejemplos actuales de principios en otros temas del plan de estudios:

- generación de energía eléctrica, conversión de energía (energía térmica solar y tecnología fotovoltaica)
- motores térmicos (solo energía térmica solar)
- características eléctricas o la red de distribución de energía eléctrica (solo tecnología fotovoltaica).

Este paquete de medios didácticos también ofrece interacción con instrucción de geografía y de química. Presta apoyo al profesor o profesora en el tratamiento de materiales didácticos estándar sobre dos temas de gran actualidad.

Para una introducción general al tema de las “Energías renovables”, está disponible en el portal de medios didácticos de la Siemens Stiftung un paquete de medios didácticos titulado “Energías renovables: ¡El futuro es soleado!”. También hay disponible otro paquete de medios didácticos sobre el tema “Agua y viento: fuentes tradicionales de energía redescubiertas” en la misma ubicación.

Como introducción a los temas de energía térmica solar y tecnología fotovoltaica, y como referencia rápida, el profesor o profesora puede usar las guías “Energías renovables” y “Conversión de energía” en este paquete de medios didácticos.

Se pueden utilizar los archivos de medios en el paquete estrictamente por asignatura, individualmente e independientemente uno de otro, pero la enseñanza ciertamente se hará más viva si se usan en contexto. La aplicabilidad directa del material a las vidas de los alumnos crea una oportunidad para despertar el interés de los mismos en los detalles técnicos. Con ese fin, se recomienda desarrollar el tema en los siguientes pasos:

- **Uso de la radiación solar**
  - ¿Qué es la energía de radiación?
  - ¿Cuánta energía de radiación viene del sol?
  - ¿De dónde provendrá nuestra electricidad en el futuro?
  - Dos tecnologías para el uso directo de la radiación solar
- **¿Cómo funcionan las centrales térmica solares?**
  - Central eléctrica con cilindros parabólicos y paraboloide Stirling Las centrales térmicas solares funcionan con turbinas de vapor y motores Stirling
  - Funcionamiento del motor térmico explicado con el motor Stirling
- **¿Cómo funcionan las células solares?**
  - El principio fundamental de la célula solar

Electricidad de la luz y de plásticos: otros tipos de célula solar  
Construimos nosotros mismos una célula solar coloreada  
Experimentos eléctricos con células solares  
Idea didáctica: Uso de la célula solar para explicar la física cuántica

▪ **¿Cómo llega la electricidad de energía solar a la red de distribución?**

Se tiene que transformar la corriente continua en corriente alterna de alto voltaje y frecuencia exacta.

¿Cómo se transmite la electricidad de energía solar a grandes distancias?

¿Cómo se puede almacenar la electricidad de energía solar?

## **2 Introducción: Uso de la radiación solar**

### **2.1 ¿Qué es la energía de radiación?**

Una introducción al tema de las energías renovables o la repetición es adecuada, por ejemplo, para una representación pictórica:

Medios: Figura de conjunto “Fuentes de energía renovables”

Aunque se puede pensar en la luz del sol en términos de radiación de partículas de energía en física cuántica, en la física clásica ésta pertenece a la categoría de radiación electromagnética. Puesto que la radiación transporta energía, se puede pensar en ella como una forma separada de energía:

Medios: Diagrama “Energía de radiación”  
Fotografía “Sistema de energía solar sobre superficies despejadas (“campo solar”, “parque solar)”

### **2.2 ¿Cuánta energía de radiación viene del sol?**

El sol produce diariamente cerca de 10.000 veces la energía que la humanidad necesita, y éste continuará radiando energía durante aproximadamente 5.300 millones de años más:

Medio: Figura de conjunto “Hechos sobre la energía solar”

### **2.3 ¿De dónde provendrá nuestra electricidad en el futuro?**

Si se extrapolan las tendencias de desarrollo a partir del año 2005, solo un pequeño porcentaje de la energía eléctrica provendrá de generación eólica, térmica solar y fotovoltaica en el año 2020. La pregunta es si podemos darnos ese lujo o si esto es deseable dado el cambio climático y los menguantes recursos de las fuentes de energía fósil. Sin embargo, el desarrollo de las energías renovables en Alemania y en muchos otros países de todo el mundo, (por ejemplo, China) ha avanzado hasta ahora mucho más rápido de lo esperado:

Medios: Diagrama “Participación de las fuentes de energía en la combinación de electricidad mundial desde 2005 a 2040”  
Módulo informativo con diagramas “Generación de energía eléctrica a nivel mundial”

## 2.4 Dos tecnologías para el uso directo de la radiación solar

Aunque la biomasa, la energía hidráulica y la energía eólica están basadas indirectamente en la energía solar, hay dos tecnologías, la energía térmica solar y la tecnología fotovoltaica, que utilizan la energía del sol directamente para la generación de electricidad. La energía eléctrica es la única forma de energía que se puede usar casi universalmente y es fácil de transportar y distribuir. La energía térmica solar y la tecnología fotovoltaica encajan sumamente bien en el proceso total de generación y distribución de energía eléctrica:

Medio: Diagrama esquemático “Fuentes de energía para generar potencia eléctrica”

Sin embargo, puesto que la generación y el consumo no son sincrónicos, se debe almacenar temporalmente la electricidad de energía solar, al igual que la energía eléctrica generada eólicamente:

Medio: Módulo informativo “Depósito de energía”

Como preparación para profesores y profesoras o como base para presentaciones por parte de los alumnos:

Medios: Guía “Energías renovables”  
Guía “Conversión de energía”  
Lista de enlaces “Energías renovables” (lista de enlaces)

## 3 ¿Cómo funciona una central térmica solar?

La “generación” de energía siempre es en realidad conversión de energía. Esta es una buena oportunidad para llamar la atención de los alumnos sobre la ley de la conservación de la energía. En una central eléctrica termosolar primero se convierte la energía de radiación en calor (en una superficie de absorción o en el colector), con el que se genera vapor, el cual se utiliza entonces para accionar un motor térmico y un generador de energía eléctrica.

### 3.1 Central eléctrica con cilindros parabólicos y paraboloide Stirling

En una central eléctrica con cilindros parabólicos se coloca en el punto focal (lente, reflector) de largas filas de reflectores parabólicos un tubo absorbedor lleno con un medio de trabajo, por ejemplo, aceite o una mezcla líquida de sal. El medio de trabajo calentado a más de 400 °C produce vapor con un intercambiador de calor, el cual se utiliza para operar turbinas y generadores de vapor de gran tamaño. En la central eléctrica de paraboloide Stirling el elemento central es un reflector cóncavo circular de gran tamaño (paraboloide). El cilindro de trabajo de un motor Stirling, el cual está ubicado en el punto focal del reflector, actúa como el recolector y acciona un generador.

Medios: Gráfico etiquetado “Centrales eléctricas termosolares: principio” Fotografía: “Central “Dish-Stirling””

### 3.2 Las centrales térmicas solares funcionan con turbinas de vapor y motores Stirling

El motor térmico convierte calor en energía mecánica. Por lo tanto, todo motor térmico funciona básicamente conforme al proceso cíclico de Carnot. Esto siempre significa que una gran parte del calor no se convierte en trabajo mecánico, sino que se lo tiene que eliminar sin ser usado, en forma de calor residual con un mecanismo de enfriamiento. Es difícil ilustrar este principio en el aula con una turbina de vapor, y asimismo, la máquina de vapor clásica de pistón no es muy adecuada para efectos didácticos. Por otra parte, es ideal un motor Stirling con cilindros de trabajo y refrigeración claramente separados.

### 3.3 Funcionamiento del motor térmico explicado con el motor Stirling

El motor Stirling es el motor térmico “ideal” para efectos didácticos. El motor Stirling funciona en circuito cerrado con gas (por ejemplo, aire o gas noble) como medio de trabajo. Por lo tanto, el proceso cíclico no es difícil de entender. La marcha del motor Stirling es relativamente lenta y, por lo tanto, fácil de observar. Esto es particularmente pertinente a los modelos con cilindro motriz de vidrio, el cual permite ver el mecanismo interno. En este respecto, el motor Stirling es más adecuado que cualquier motor de combustión interna, o inclusive que una máquina de vapor, para una introducción a la termodinámica del motor térmico.

Se explica el funcionamiento del motor Stirling en un módulo informativo e interactivo con video integrado. Los primeros dos puntos del módulo informativo “Construcción” y “Funcionamiento” y el último punto “Aplicaciones” son adecuados para todos los niveles escolares (grados). Se pueden aplicar el “Proceso cíclico” y las “Comparaciones” si el proceso de Carnot ya se ha enseñado explícitamente.

Medio: Módulo informativo con video “Propiedades físicas del motor Stirling”

Una alternativa sería dejar que los alumnos investiguen el motor mismo, con un motor Stirling real o mediante el video:

Medios: Instrucciones de experimentación “Cómo funcionan los motores Stirling” con hoja de respuestas y documento de orientación para los profesores  
Video “Cómo funcionan los motores Stirling”

### 3.4 Idea didáctica: Construcción de un motor Stirling

En el comercio ya están disponibles juegos de construcción sencillos para motores Stirling por menos de 20 euros. Por lo tanto, la construcción de un motor Stirling es un proyecto adecuado como proyecto escolar.

## 4 ¿Cómo funcionan las células solares?

### 4.1 El principio fundamental de la célula solar

Los fotones que inciden sobre un semiconductor utilizan el efecto fotoeléctrico interno para transportar electrones a un potencial más alto en la banda de conducción. A partir de ahí éstos pueden fluir a través del circuito externo y ser utilizados. Este efecto depende de la energía de los fotones y del material semiconductor.

La animación que demuestra este efecto es adecuada para todos los niveles escolares. Opcionalmente, se pueden mostrar los gráficos relacionados con el efecto fotoeléctrico interno y las bandas de energía en semiconductores para efectos de estudio suplementario, según el plan de estudios. En una película real, se muestra el funcionamiento de una célula solar en un sencillo montaje experimental y luego se explica teóricamente.

Medios:                    Fotografía “Paneles solares sobre la azotea de la casa”  
Fotografía “Sistema de energía solar sobre superficies despejadas  
 (“campo solar”, “parque solar”)”  
Simulación “Tecnología fotovoltaica: principio fundamental”

### 4.2 Electricidad de la luz y de plásticos: otros tipos de célula solar

La célula solar no es necesariamente un semiconductor. Si se formula el funcionamiento básico de la célula solar como un “proceso de dos electrodos” es aparente que otros materiales o combinaciones de éstos también pueden generar energía eléctrica a partir de la luz. Aparte de la célula solar clásica hecha de semiconductor de silicio (mono cristalino, poli cristalino, película delgada), existen también nuevas células semiconductoras, por ejemplo, hechas de arseniuro de galio (GaAs), telurio de cadmio (CdTe) y diselenuro de indio y cobre (CIS, por sus siglas en inglés). Actualmente se está trabajando en el desarrollo de células solares a partir de perovskita (óxido de calcio y titanio). Con ellos se podrían reducir significativamente de nuevo los costos de los módulos fotovoltaicos en comparación con el silicio.

Medio:                    Guía “Conversión de energía”

Paralelamente, también se están desarrollando células solares orgánicas de materiales plásticos semiconductores y células sensibilizadas por colorante.

Medios:                    Hoja informativa “Energía eléctrica fotovoltaica y de plásticos”  
Fotografía “Célula solar orgánica”

### 4.3 Construimos una célula solar

Usando la tecnología de células solares coloreadas, los alumnos pueden construir células solares ellos mismos en las clases de química o física. La experiencia ha demostrado que este experimento, que ha sido probado muchas veces, ha despertado un gran interés entre los alumnos.

Medios:                    Instrucciones de experimentación “A1 La electricidad a partir de células solares (Instrucción para los alumnos)”, hoja de respuestas e instrucciones para los profesores  
Lista de enlaces “Energías renovables”

#### 4.4 Experimentos eléctricos con células solares

Además de la física típica de las células solares, como, entre otros, el brillo y la dependencia angular de la corriente y el voltaje, la célula solar también se puede utilizar para que los alumnos investiguen experimentalmente leyes generales como la conexión en serie y paralelo y la potencia eléctrica.

Medios: Instrucciones de experimentación “A5 Las propiedades de las células solares (Instrucción para los alumnos)”, hoja de respuestas e instrucciones para los profesores

#### 4.5 Idea didáctica: Uso de la célula solar para explicar la física cuántica

Normalmente se explican la física cuántica y la cuantización de la energía en física o química mediante ejemplos como la generación de luz, el modelo atómico de Bohr o la espectroscopia. En principio, también se la puede explicar o recapitular con base en la conversión de luz a energía eléctrica en la célula solar.

### 5 ¿Cómo llega la electricidad de energía solar a la red de distribución?

Las células solares de silicio suministran un voltaje de corriente continua de aprox. 0,5 V, otros materiales de hasta aprox. 1,8 V por célula. Para lograr voltajes y potencias más altas, se han de combinar células individuales para formar módulos mediante conexión en serie y en paralelo. Acto seguido, se recombinan estos módulos hasta producirse voltajes de CC de, por ejemplo, 750 voltios y 145 A.

#### 5.1 Se tiene que transformar la corriente continua en corriente alterna de alto voltaje y frecuencia exacta.

Los sistemas de suministro de potencia de voltaje medio y alto son operados con tensión alterna, la cual es transformada al voltaje necesario para consumo local sin causar problemas. Puesto que los sistemas solares producen corriente continua, primero se la debe convertir a corriente alterna con convertidores de potencia. Esta tensión alterna ha de estar completamente sincronizada con la red total en términos de fase y frecuencia (en Europa: 50 Hz). Luego se la transforma ascendentemente al voltaje deseado mediante transformadores (para voltaje medio, por ejemplo, a 36 kV).

Medio: Diagrama esquemático “Corriente solar para la red”

#### 5.2 ¿Cómo se transmite la electricidad de energía solar a grandes distancias?

Para la transmisión de energía eléctrica se utilizan los voltajes más altos posibles porque las pérdidas son menores que a voltajes bajos (El porqué es un problema interesante para las lecciones de física.). Históricamente, la corriente alterna ha tenido ventajas porque puede ser transformada a altos voltajes y se ha convertido en la norma establecida en todas las redes de distribución de energía eléctrica a nivel mundial. Sin embargo, para la transmisión de cantidades sumamente grandes de energía eléctrica a largas distancias (800 km o más) las pérdidas con corriente continua de alto voltaje son únicamente la mitad que con corriente alterna de alto voltaje. Por esta razón, hoy día se convierte la corriente alterna de alto voltaje en corriente continua (CC) antes de transmitirla a grandes distancias, y se la convierte nuevamente a corriente alterna en el lugar de destino. Esta tecnología está adquiriendo cada vez más importancia para la electricidad de ener-

gía eólica y solar, puesto que a menudo los puntos de generación y consumo están muy lejos entre sí.

Medios:            Diagrama esquemático “Transmisión de corriente continua de alto voltaje (CCAV)”  
                      Hoja informativa “Corriente continua para transmisión a larga distancia”  
                      Gráfico: “Ancho de línea y campos magnéticos en líneas de alta tensión”

### 5.3 ¿Cómo se puede almacenar la electricidad de energía solar?

Mediante la conversión del exceso de energía eólica y solar en hidrógeno, o incluso metano (“Power to Gas”), se puede utilizar la red de gas natural existente para la distribución y el almacenamiento. Un gráfico ilustra el proceso “Power to Gas” (conversión de energía eléctrica a gases). Por ejemplo, también los vehículos con la tecnología de células de combustible pueden ser alimentados con el hidrógeno obtenido de este modo. Una fotografía muestra una célula de combustible para experimentos (escolares).

Medios:            Gráfico “Power to Gas” (conversión de energía eléctrica a gases)  
                      Fotografía “Célula de combustible para experimentos”