

B5 Construimos una central solar térmica – Con una lupa y un espejo

Los dos experimentos parciales para concentrar la radiación solar con una lente y un espejo sirven muy bien para explicar algunas leyes físicas básicas relativas a la óptica geométrica y la teoría del calor en base a un tema de gran actualidad, así como para verificar lo que ya se ha aprendido. Pero estos experimentos también se pueden utilizar muy bien en el marco de un proyecto sobre las energías renovables o sobre el cambio de la política energética. Los materiales y aparatos suministrados alcanzan para cuatro grupos de alumnos que realicen el experimento a la vez.

1 Pregunta central

¿Cómo se puede aprovechar la enorme cantidad de energía que irradia el sol sobre la tierra, que por día recibe más de lo que se consume en todo el mundo durante un año? ¿Qué posibilidades hay de explotar esta fuente de energía renovable? Mediante experimentos sencillos y sorprendentes, los alumnos y alumnas obtendrán las primeras pautas a este respecto. Si bien es cierto que “de la lupa a la central solar” hay un largo trecho, los alumnos y alumnas aprenden de esta forma y mediante experimentos en grupos el principio fundamental y las dificultades que se dan en la práctica con la generación de energía a partir de fuentes regenerativas.

2 Integrar el experimento en el contexto educativo

2.1 Base científica

Sería de desear que los alumnos y alumnas tengan los siguientes conocimientos previos, aunque no es indispensable:

- de óptica:
 - la luz como radiación electromagnética (→ el espectro)
 - las lentes ópticas y los espejos como instrumentos para cambiar la dirección de la radiación haces de luz convergentes para crear puntos focales
- de la teoría del calor:
 - la radiación térmica como transporte de energía sin materia (energía de radiación)
 - la medición de la temperatura con un termómetro resistivo eléctrico

2.2 Relevancia en el plan de estudios

En la asignatura de Física para los grupos de edad de 12 a 14 años se abordan los siguientes temas relativos a los aspectos básicos de la óptica: Haces de luz paralelos y convergentes; la radiación de luz como haz concentrado de luz idealizado, estrecho y paralelo, las lentes ópticas esféricas (la lente convexa como lente concentradora → el punto focal); la entrada de haces en el espejo curvo o hueco. En la teoría del calor hay interfaces con temas como la medición de la temperatura, el calentamiento de un cuerpo mediante la absorción de energía de radiación; capacidades térmicas específicas, el transporte de energía sin que haya materia (→ la radiación térmica); el sol como fuente de radiación térmica y la constante solar.

Temas y terminología: la lente, el punto focal, la radiación electromagnética, la densidad energética, la generación de energía, las energías renovables, el espejo curvo, la teoría del calor, cóncavo, convexo, el haz de luz, la radiación de luz, la lupa, la óptica, el espejo parabólico, la lente concentradora, la central solar, la luz del sol, la lente esférica, la entrada de haces, la fuente de radiación térmica, el termómetro

2.3 Conocimientos a adquirir

Los alumnos y alumnas ...

- conocen la concentración de haces de luz de forma divergente hasta casi paralela de una linterna.
- aprenden a partir de sus propias experiencias prácticas que con un cristal de reloj o una lupa se puede captar la luz solar y modificar su dirección.
- aprenden que la concentración de la radiación solar mediante instrumentos ópticos lleva a una densidad energética mucho mayor, de forma que en poco tiempo incluso se puede prender fuego a un papel. De forma convincente se muestra todo esto a los alumnos y alumnas con experimentos fáciles y sobre todo, con pocos recursos.
- se ponen a pensar sobre cómo se puede aprovechar esta forma de “generación energética” al debatir y evaluar los resultados de los experimentos.
- entienden la importancia del abastecimiento de energía sostenible en el futuro (→ las centrales solares, p. ej. el proyecto Desertec) y esto despierta su interés por el tema.
- adquieren un planteamiento consciente y responsable respecto a la gestión del medio ambiente y los recursos naturales.

2.4 El experimento en el contexto explicativo

2.4.1 Experimento parcial 1: Prender fuego a un pedazo de papel con la lupa como lente de aumento

Aquí se trata de obtener altas temperaturas usando la lupa como lente de aumento. La tarea de los alumnos y alumnas consiste en descubrir experimentando cómo se debe posicionar (del lado del objeto) la lente de aumento como lente concentradora de doble convexidad (luz paralela) y a qué distancia en el lado de la imagen, a fin de obtener una potenciación máxima de la energía en el punto focal. La densidad energética que se puede obtener depende, sobre todo, de la superficie irradiada en la superficie efectiva de la lente.

Con una lente de 250 mm² de superficie la energía entrante se concentra en el punto focal en aprox. una centésima parte de la superficie (aprox. 2,5 mm²). Una reducción adicional del punto focal incidiría enormemente en la temperatura. Hay que tener en cuenta que la temperatura máxima sólo se consigue al fijar el termómetro o el papel en el punto focal. Dado que el sol modifica su posición es necesario volver a ajustar la lupa; sin embargo, como la duración del experimento parcial 1 es muy corta esto no constituye un gran problema. Los alumnos y alumnas observan rápidamente cómo se forma humo y se enciende el pedazo de papel.

Uno de los requisitos para que prendan fuego sustancias sólidas como el papel es que se desarrollen gases combustibles al desintegrarse la celulosa. Al prender con una lupa papel seco se alcanza una temperatura de 233°C (451° Fahrenheit), aunque un papel oscuro facilita mucho el proceso de encendido por el mayor efecto de absorción.

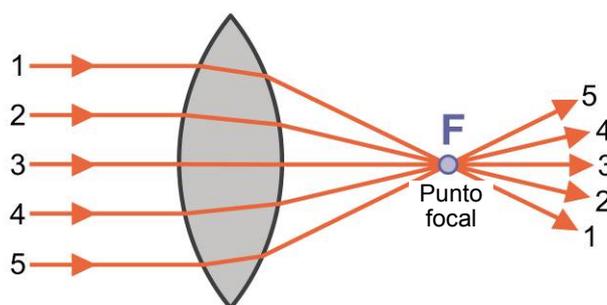


Fig. 1: El punto focal de una lente concentradora. La luz que se origina a gran distancia y, por lo tanto, paralela, se junta en un punto (“se concentra”).

2.4.2 Experimento parcial 2: Calentamos agua con el sol

Aquí queremos calentar una pequeña cantidad de agua concentrando la radiación del sol, en principio se trataría de la construcción de un “hervidor solar”, como los que se usan en la práctica en algunos países menos industrializados del sur. Para ello se utiliza un espejo parabólico. El punto focal con la lente de aumento utilizado se encuentra teniendo una radiación vertical aprox. 3,5 cm por encima del fondo del espejo. Un efecto óptico de calentamiento sólo se garantiza en este caso cuando la luz del sol cae verticalmente, lo que dependiendo de la latitud requiere una inclinación más o menos pronunciada del espejo. Dado que para determinar el punto focal hay que mirar permanentemente en el espejo, es obligatorio ponerse gafas de sol potentes.

De no ser así la óptica geométrica de la lente de aumento sería comparable a la de una lente convexa, sólo que el punto focal está del lado del sol.

Dado que en este experimento se calienta primero el vaso con agua (con elevada capacidad térmica específica) y debido a la duración del experimento, es necesario reajustar el espejo y el tubo de ensayo en función de la posición del sol. Hay que tener cierta habilidad para fijar el “foco de haces” siempre en el punto a calentar. (La solución técnica de este problema consiste en las centrales térmicas en reajustar los espejos mediante un motor eléctrico).

El aumento del espejo parabólico consigue, al igual que al usar la lupa como lente de aumento, una densidad energética muy superior. Es posible llegar a temperaturas de hasta 400°C, por lo que puede generarse corriente eléctrica con una potencia superior a los 50 MW por bloque en la central térmica. Esta potencia se alcanza en las centrales térmicas solares modernas, p. ej. en el sur de España (Andasol), Marruecos o en California.

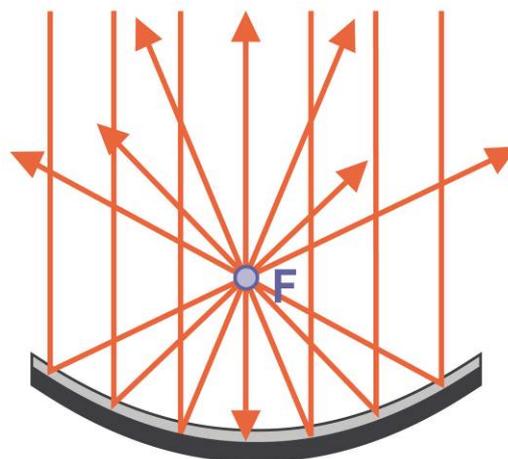


Fig. 2: El punto focal de un espejo curvo. La luz que se origina a gran distancia y, por lo tanto, paralela, se junta en un punto (“se concentra”).

2.5 Variantes de ejecución

- Los alumnos y alumnas pueden trabajar en el experimento parcial 1 de a dos, mientras que en el experimento parcial 2, un poco más complicado, pueden hacerlo en grupos de a cuatro, aunque la preparación y experimentación la hacen de a dos, los otros dos integrantes del equipo realizan las mediciones y la evaluación.
- En caso de que se lleve a cabo el experimento parcial 2 al aire libre procuren proteger el tubo de ensayo del viento, ya que no hay que subestimar aquí el efecto de enfriamiento. Lo más conveniente es hacer el experimento a última hora de la mañana debido a la posición más alta del sol.
- Ambos experimentos pueden ser realizados en paralelo o en dos o más grupos, de forma que los equipos individuales puedan aprovechar la hora restante de la clase para comunicar, comparar y someter a debate con los demás grupos los conocimientos especializados obtenidos en virtud de los experimentos.
- Todos los experimentos pueden ser realizados con cada uno de los grupos de edad mencionados, el profesor o la profesora puede hacer una diferenciación al evaluar la cuestión a investigar en mayor o menor profundidad.

3 Informaciones adicionales sobre el experimento

Para preparar y/o profundizar este experimento encontrará información complementaria en el Portal de Medios de la Siemens Stiftung:

<https://medienportal.siemens-stiftung.org>

Sobre el tema “el calor solar y la energía fotovoltaica – las fuentes de energía con futuro” hay un paquete de material adicional en el Portal de Medios.

Optativo: Otros posibles experimentos

- Para determinar el funcionamiento de lentes convexas y cóncavas, se puede trabajar en la introducción con una cuchara.
- Los alumnos y alumnas pueden mirar y describir su imagen reflejada en el interior y exterior de la cuchara. (convexo: reducido, de pie/cóncavo: reducido, boca abajo)

4 Observaciones sobre la realización del experimento

4.1 Lugar en el que se realiza el experimento

Los experimentos sólo pueden realizarse en días soleados, con exposición directa a la luz solar intensa, lo mejor es hacerlos junto a una ventana abierta o al aire libre. No debería soplar el viento y la temperatura ambiental debería ser de al menos 20°C. En principio alcanzaría también el sol en invierno. Pero si se deja la ventana cerrada la radiación solar mengua fuertemente y al aire libre se perdería demasiado calor debido al aire frío. Igualmente se puede utilizar un potente foco fotográfico o de video, con haz de luz paralela y potencias a partir de los 500 W. Las lámparas más económicas con focos halógenos de alta potencia (que se consiguen, p. ej., en una ferretería) se deberían probar primero, dado que la luz a lo mejor no sea lo suficientemente paralela.

4.2 Tiempo necesario

	Preparación	Realización	Evaluación	Debate
Experimento parcial 1	5 min.	10 min.	10 min.	10 min.
Experimento parcial 2	10 min.	30 min.	10 min.	5 min.

4.3 Advertencias de seguridad

Los experimentos sólo pueden ser realizados bajo la vigilancia del profesor o de la profesora. Hay que advertir a los alumnos y alumnas que los materiales suministrados sólo se deben utilizar siguiendo las instrucciones correspondientes.

En estos experimentos tenga en cuenta los siguientes peligros e llame la atención de los alumnos y alumnas a este respecto:

- Hay que controlar el uso del punto focal de la lupa al exponerlo a los rayos del sol, ¡no dirigirlo nunca a los ojos!
- Debido al peligro de encandilamiento de los ojos con la lupa y el espejo ustorio, al menos el alumno o la alumna, que esté enfocando el espejo debe ponerse gafas de sol y estar bajo la vigilancia del profesor o de la profesora.
- ¡Al calentar el agua no hay que mirar el espejo ustorio!

- Hay peligro de quemaduras y de incendio al trabajar con fuego. Antes de utilizar por primera vez los encendedores, el profesor o la profesora tienen que controlar que funcionen bien, especialmente para regular la altura de la llama.
- Procure que los materiales y aparatos no se dañen a causa del agua.
- ¡Tengan a mano unos baldes de agua para apagar el fuego!

4.4 Aparatos y materiales

A adquirir o preparar previamente:

- agua
- sería de desear: un trípode con gancho:
como alternativa se pueden colocar unos libros o un sólido frasco de conservas para remplazar el trípode.
- papel blanco
- los alumnos y alumnas deben traer gafas de sol
- por grupo de alumnos: un encendedor (de ser posible un encendedor de chispa o Magiclick) o fósforos.

Incluido en el suministro:

Los aparatos y materiales entregados son suficientes para que **cuatro** grupos de alumnos realicen el experimento en paralelo.

Los materiales y aparatos importantes para la seguridad deben ser controlados antes de entregárselos a los alumnos y alumnas para comprobar que funcionen correctamente.

Para **un** grupo de alumnos se requieren los siguientes materiales de la caja:

material	cantidad
cinta adhesiva	1x para toda la clase
cuchara de café	1x
espejo cóncavo (espejo ustorio)	1x
gancho para tubo de ensayo de madera	1x
lupa como lente de aumento	1x
papel, negro, DIN A4	1x
termómetro digital*	1x
tubo de ensayo de vidrio, 13 cm	1x
velita de té	1x

*Antes de utilizarlo la primera vez, quitarle la capa protectora de plástico. Para prender el termómetro oprimir el botón “on/off”. Después de realizado el experimento volver a apagar el termómetro presionando nuevamente el botón “on/off”. Al presionar el botón “°C/°F” se puede cambiar la escala de temperatura de grados centígrados a Fahrenheit.



Fig. 3: Aparatos y materiales incluidos en el suministro para un grupo de alumnos.

4.5 Poner orden, eliminar residuos, reciclar

Todos los aparatos y casi todos los materiales suministrados en la caja se pueden reutilizar. Por ello debería asegurarse de que al concluir cada experimento coloquen todo nuevamente en la caja correspondiente. Así estará seguro de que Ud. y sus compañeros de trabajo encuentren todo rápidamente cuando lo quieran volver a utilizar.

Los aparatos que se hayan ensuciado al realizar los experimentos, como, p. ej., vasos, recipientes, cucharas, tubos de ensayo, deberían ser limpiados antes de colocarlos en las cajas. Lo más fácil es que los alumnos y alumnas se ocupen de hacerlo al finalizar el experimento.

Además, asegúrese de que los aparatos estén listos para ser utilizados en la próxima ocasión.

Por ejemplo, hay que poner a cargar las pilas usadas. (También es recomendable cuando no se han usado las pilas desde hace tiempo).

Los materiales no reciclables como, p. ej., los palitos de medición del valor pH o el papel de filtro, deben ser tirados a la basura correcta.

Los residuos resultantes de este experimento se pueden tirar a la basura normal o por el desagüe.