

## **A2 Inclusión: Almacenamos calor – Del almacenamiento de calor a la fundición de sal**

### **1 Pregunta central**

En muchos procesos técnicos y, en particular, en relación con las fuentes de energía renovable o regenerativa se produce calor que con frecuencia se libera al medio ambiente sin ser aprovechado. Una pregunta importante para el futuro es, por lo tanto, cómo se puede almacenar y aprovechar ese calor. El almacenamiento de calor por medio de agua es investigado a menudo durante las clases.

Con los experimentos aquí propuestos se muestra que el calor se puede almacenar durante períodos más largos. La forma más eficaz es hacerlo, por ejemplo, con sales fundidas, que al solidificarse (cristalizarse) pueden liberar energía en grandes cantidades. Para ello se investiga un cojín térmico comercialmente disponible, que está relleno de una sal de sodio de ácido acético.

### **2 Integrar el experimento en el contexto educativo**

#### **2.1 Base científica**

Mientras que los alumnos y alumnas conocen de sus vidas cotidianas la forma en que se pasa del estado sólido a uno líquido y luego a uno gaseoso, especialmente, tomando como ejemplo el agua, no siempre son conscientes de que con cada cambio de estado se produce un cambio de energía. Los experimentos sirven para basarse en estos conocimientos previos y entender con mayor profundidad que el calor de fundición y el de evaporación también se pueden aprovechar para almacenar energía.

Una forma de profundizar en el tema consiste en observar el nivel de partículas en las que se interpreta el calor como movimiento o donde el orden juega un papel para el contenido energético de una sustancia.

#### **2.2 Relevancia en el plan de estudios**

Enfoque de competencias en los planes de estudios de Sajonia-Anhalt seleccionados

Clase de Física del 6<sup>to</sup> grado:

##### **Determinación e influencia sobre la transferencia de calor**

- Describir las formas de transferencia de calor utilizando ejemplos
- Mencionar formas de mejorar y obstaculizar la transferencia de calor

Clase de Física de 7<sup>mo</sup> y 8<sup>vo</sup> grados:

##### **Explicar los efectos del calor y equilibrar los procesos de intercambio térmico**

- Calcular el calor absorbido o emitido por una sustancia
- Explicar las propiedades y los cambios de estado de agregación de las sustancias con el modelo de partículas

Clase de Química de 7<sup>mo</sup> y 8<sup>vo</sup> grados:

##### **Examinar y comparar ácidos, bases y sales en la vida cotidiana**

- Explicar las relaciones entre la estructura, las propiedades y el uso sobre la base de un representante de la clase de sustancia respectiva

Clase de Química de 9<sup>no</sup> y 10<sup>mo</sup> grados:

### Descripción y análisis de sistemas técnicos

- Sistema para el uso de energías renovables (ejemplo)
- Influencia de las condiciones estructurales y externas sobre el rendimiento
- Ventajas y desventajas de la aplicación

Los alumnos y alumnas...

- aprenden a entender el paso de un estado de agregación líquido a uno sólido como causa de la liberación de calor.
- reconocen en ello la posibilidad de almacenar el calor producido para poder aprovecharlo más tarde.
- aprenden a entender que todos los cambios entre los estados de agregación están relacionados con equilibrios energéticos.

## 2.3 El experimento en el contexto explicativo

Se proponen aquí dos veces dos experimentos:

- Los dos primeros abordan la posibilidad de almacenar el calor por medio de cojines térmicos disponibles en el mercado.
- Los dos experimentos siguientes utilizan el cojín térmico o su contenido (una sal de sodio de ácido acético) para calcular y demostrar la producción de energía al cambiar de estado de agregación (en este caso, la cristalización).

### 2.3.1 Experimento parcial a): Cambio de la temperatura de un cojín térmico

El primer experimento sobre el calor de fundición o cristalización se basa en el fenómeno de que un cojín térmico con contenido líquido se calienta al cristalizar y cede temperatura durante un período prolongado a una temperatura constante. El hecho de que para que se funda un material sólido hay que añadir energía (en forma de calor) es algo que conocen los alumnos (por ejemplo, la cera de las velas). En cambio, lo que resulta sorprendente es el proceso a la inversa, es decir, que al cristalizar o al volverse sólido se libera calor. Este efecto se puede observar muy bien en el cojín térmico, dado que el líquido utilizado es una masa líquida muy enfriada, que sólo se cristaliza al doblar la plaquita metálica. (Al doblar se forman los gérmenes de cristalización necesarios, algo similar a cuando uno raya con una varilla de vidrio, véase el experimento parcial 4).

El experimento puede ser repetido cuantas veces se quiera, poniendo el cojín térmico en agua muy caliente durante aprox. 10 minutos o hasta que se fundan por completo los cristales (aprox. 90 °C). (Es conveniente que el profesor o la profesora lo preparen con un hervidor de agua antes de realizar el experimento o después del mismo).

Los alumnos deben observar el perfil de la temperatura mediante mediciones, apuntar los valores medidos en una tabla y a partir de ellos elaborar gráficas (la temperatura en relación con el tiempo). Basándose en la gráfica se darán cuenta de que la temperatura del cojín térmico disminuye lentamente.

### **2.3.2 Experimento parcial b): Aumento de la eficacia del cojín térmico: El cojín permanece caliente durante más tiempo si...**

Para poder utilizar el calor almacenado por medio de un cojín térmico durante más tiempo, hay que aislarlo de la mejor manera posible. Los alumnos deben repetir para ello el experimento parcial 1 y probar diferentes materiales disponibles en la vida cotidiana. El perfil de la temperatura da pautas sobre si el aislamiento térmico es bueno o malo y las posibilidades prácticas de almacenar el calor. Si el material escogido sirve para aislar bien, la temperatura disminuirá más lentamente que sin aislamiento.

### **2.3.3 Experimento parcial c): Determinar la cantidad de calor que emite un cojín térmico**

En este experimento se investiga la transferencia de calor desde el cojín térmico al agua. Se asume que el calor emitido por el cojín térmico es tanto como el calor absorbido por el agua.

El registro de los valores medidos en este experimento funcionará bien para los alumnos. El reto aquí radica en la evaluación matemática de los valores medidos con la ecuación básica de la termodinámica  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ .

Fue añadida al experimento una ayuda de aprendizaje para que todos los alumnos puedan realizar esta tarea.

### **2.3.4 Experimento parcial d): La forma de almacenar el calor del cojín térmico – Una sal a veces sólida y a veces líquida**

Para investigar más detenidamente los procesos se puede abrir un cojín térmico. Una parte del contenido se puede colocar en un tubo de ensayo, hacer que se funda y después de que se enfríe al frotarlo con una varilla de vidrio hacer que cristalice. Al hacerlo se medirá cómo cambia la temperatura.

Se observa que al solidificarse siempre se alcanza la misma temperatura (según el tipo de cojín térmico, aprox. 50 °C hasta 58 °C), lo que corresponde al punto de fundición de la materia sólida. (En realidad los valores medidos en el experimento son por lo general inferiores debido a la pérdida de calor).

Este experimento sólo se puede repetir en ciertas condiciones, dado que al calentar siempre se pierde algo de agua. Por ello cambia la composición de materia fundida y sólida hasta que al final ya no se forma un líquido transparente.

Nota: Se recomienda que el propio profesor o la profesora abra un cojín térmico cristalizado y reparta la sal entre los alumnos. El resto de la sal se puede conservar en un recipiente bien cerrado y puede ser utilizada con otras clases. (Si hace falta se puede añadir de vez en cuando un par de gotas de agua para compensar la pérdida por evaporación). Como se suministran nueve cojines térmicos siempre hay suficientes para ocho grupos de alumnos.

## 2.4 Variantes de ejecución

- Todos los experimentos pueden ser realizados de forma individual o en pequeños grupos. La medición de la evolución de la temperatura debería realizarse en grupos de al menos dos alumnos, a fin de que uno se pueda ocupar de leer y el otro de anotar los valores de medición.
- Para obtener una medición que pueda reproducirse bien, es conveniente trabajar sobre una base aisladora (p. ej., un cartón), colocar el cojín térmico alrededor del sensor del aparato de medición y en caso necesario fijar todo con una banda elástica (o atarlo con un hilo).
- Si su escuela dispone de suficientes tubos de ensayo con tapón después de terminar el experimento parcial 4 se puede tapar el tubo de ensayo con el acetato de sodio cristalizado. Si se conserva de esta forma el acetato de sodio se puede volver a utilizar repetidamente.
- Los experimentos parciales 1 y 3 deberían ser realizados siguiendo las instrucciones. El experimento parcial 2 también podrían desarrollarlo y realizarlo los propios alumnos. Al proceder de esta forma se brinda una buena posibilidad de aplicar métodos de trabajo científicos.

A fin de conseguir en el experimento parcial 2 un buen aislamiento del cojín térmico, hay que probar diferentes materiales aisladores. Si se coloca un paño de lana alrededor del cojín térmico sólo se consigue que la temperatura en un lapso de 20 minutos baje 3 °C menos que si no se le pusiera aislamiento alguno (véase la tabla).

	Temperatura inicial	Después de 3 min	Después de 6 min	Después de 9 min	Después de 12 min	Después de 15 min	Después de 18 min
Agua en el tubo de ensayo	46,5 °C	41,4 °C	37,6 °C	35,1 °C	32,5 °C	30,3 °C	28,5 °C
Con paño de lana	47,4 °C	43,5 °C	40,5 °C	37,9 °C	35,5 °C	33,5 °C	31,6 °C

- Para ahondar en el concepto de absorción de calor en la fundición, se pueden apuntar los cambios de temperatura al calentar una mezcla de agua y hielo: mientras quede un resto de hielo, la temperatura de la mezcla se mantiene en 0 °C. Como experimento demostrativo también sirven igualmente la ebullición y la evaporación del agua. Aquí la temperatura del líquido permanece hasta el final en 100 °C (o según la altura y la presión atmosférica por debajo de 100 °C).
- Con alumnos mayores o en clases superiores se puede examinar también la explicación del calor a nivel de las partículas.
- En todo caso hay que abordar el tema de las posibles aplicaciones técnicas y prácticas del almacenamiento de calor a largo plazo. De esta forma, ya hoy en día se utiliza para la calefacción de edificios de oficinas modernos una forma de almacenamiento del calor según las estaciones del año: en verano el sol calienta el agua que se almacena en receptores subterráneos de gravilla bien aislados. En invierno esta agua cede el calor a los sistemas de la calefacción. El calor se puede almacenar también con otras sales diferentes del acetato de sodio en otras gamas de temperatura. En la actualidad se utilizan mezclas de sal de alta fusión de hasta aprox. 800 °C. Entonces la energía se utiliza con frecuencia para alimentar un proceso técnico como, p. ej., para el calentamiento previo de una sustancia antes de una

reacción química. También en las centrales de energía térmica solar como la de Andasol en el Sur de España se almacena el calor con sales fundibles. Con una mezcla de nitrato de sodio y potasio que se funde a aprox. 400 °C la central funciona también por la noche y sin sol durante otras 7 horas a plena potencia.

### **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>  
(Véase Experimento | 10+: A2 Almacenamos calor (instrucciones para los profesores).