

A4 El calor de evaporación – Así se enfría con calor

El material alcanza para que ocho grupos de alumnos hagan el experimento a la vez. Si se realizan todos los experimentos parciales en el orden propuesto a continuación pueden servir para completar una unidad lectiva sobre el calor de vaporización y el frío de la evaporación. A partir de ahí se puede ahondar en la teoría del calor general hasta llegar al nivel de las partículas.

1 Pregunta central

Para enfriar nuestras manos podemos ponerlas en contacto con algo frío. Entonces, el calor se irá de las manos para pasar al objeto frío. Sin embargo, hay otras posibilidades para hacer que salga el calor. La evaporación es muy importante al respecto. Vamos a investigarlo en dos experimentos parciales:

- ¿Por qué se siente frío al tener la ropa mojada?
- ¿Cómo enfría un disco de algodón mojado?

2 Integrar el experimento en el contexto educativo

2.1 Base científica

Para enmarcar teóricamente los experimentos en observaciones energéticas es útil contar con los siguientes conocimientos previos y experiencias:

- conocer los estados de agregación y la transformación de un estado a otro (sólido, líquido, gaseoso, fundir, evaporar, condensar, cristalizar)
- saber que para que se produzca el cambio de estado de agregación se requiere energía.

Para una explicación en el modelo de partículas se requieren los siguientes conocimientos previos:

- La temperatura de una sustancia es un parámetro para la velocidad media de las partículas.
- La velocidad de las partículas en una sustancia se reparte estadísticamente a una temperatura dada.

2.2 Relevancia en el plan de estudios

Los experimentos sobre el calor de vaporización o sobre el “frío de evaporación” son tan sencillos que se puede mostrar el fenómeno del enfriamiento por la evaporación ya en la escuela primaria. Partiendo de este fenómeno se pueden desarrollar conjuntamente experimentos para poder medir el fenómeno e investigarlo más a fondo. De esta manera, los alumnos y alumnas pueden aprender aspectos relativos a la forma científica de trabajar. No es indispensable empezar con una explicación teórica del fenómeno. Las instrucciones para los alumnos y alumnas se orientan al grupo de edad hasta los 14 años.

Para examinar en mayor profundidad la teoría con un grupo de edad de aprox. 14 años es necesario observar la energía al cambiar los estados de agregación. Una interpretación del fenómeno a nivel de los modelos de partículas puede contribuir a entenderlo mejor.

Temas y terminología: Los estados de agregación (líquido, gaseoso), las fuerzas de adhesión, la nevera o el refrigerador, el modelo de partículas, la temperatura, el calor de vaporización, la evaporación/la condensación, “el frío de evaporación”, la bomba de calor, la regulación del calor en la naturaleza

2.3 Conocimientos a adquirir

Los alumnos y alumnas aprenden en base al fenómeno del “frío de evaporación” un proceso típico de las ciencias naturales. Este fenómeno se examina primero con detenimiento en el experimento parcial 1. Se determinan qué factores influyen en este proceso. En el experimento parcial 2 se precisan las observaciones mediante mediciones cuantitativas preparadas.

Los principales objetivos del experimento parcial 1 son:

- Poder describir el fenómeno del “frío de evaporación”.
- Poder interpretar la influencia de la corriente de aire para aumentar la tasa de evaporación.
- Poder diferenciar distintos líquidos y su capacidad de evaporación.
- Si es necesario poder explicar el mayor efecto de enfriamiento en el alcohol debido a la mayor evaporación.

Los principales objetivos del experimento parcial 2 son:

Poder verificar las relaciones cualitativas constatadas en el experimento parcial 1 en un experimento de medición cuantitativo.

2.4 El experimento en el contexto explicativo

El fenómeno del “frío de evaporación” es consecuencia de la necesidad de energía al pasar una sustancia del estado líquido al gaseoso. A nivel de las partículas se pueden describir los diferentes estados de agregación haciendo referencia a las fuerzas de adhesión diferentes que actúan entre las partículas. Para separar esas uniones se necesita energía.

En la comprensión cotidiana el paso de un estado de agregación a otro es un fenómeno que acompaña el aumento de la temperatura y no una consecuencia de añadir energía. La prueba de que al fundir el hielo en una fuente de calor la temperatura permanece durante un tiempo sin cambios puede dejar claro este aspecto. Se aporta energía (el calor de la fundición), que no se manifiesta en un aumento de la temperatura, sino por el hecho de que el agua en estado sólido (el “hielo”) pasa de 0 °C a agua en estado líquido a 0 °C. En comparación, la energía necesaria para pasar del estado líquido al estado gaseoso (el calor de la vaporización) no es tan fácil de demostrar por medio de un experimento. Véase también el calor de fundición o cristalización en el experimento A2 (Almacenar calor – Del depósito de agua a la fundición de sal).

Al evaporarse un líquido esto significa que el líquido pasa al estado gaseoso. Para ello también se necesita energía. Si esta energía no se aporta desde fuera tiene que quitársela al entorno que por esta razón se enfría.

El frío no es un concepto físico. Por ello el término “frío de evaporación” no es muy afortunado. Por otro lado, el término “frío de evaporación” se ha impuesto en el lenguaje cotidiano. Para diferenciarlo de un término de la Física, en este texto figura entre comillas. El término técnico correcto para este fenómeno es el de calor de vaporización. Con esta aclaración se explica también el título un poco paradójico del experimento “Así se enfría con calor”.

La reducción de la temperatura al producirse la evaporación también se puede interpretar de otra forma, a saber, la reducción de la velocidad media de las partículas. La tabla que figura a continuación contrasta observaciones macroscópicas con las explicaciones a nivel de partículas.

macroscópico	en el modelo de partículas
Un líquido tiene una temperatura determinada.	La temperatura es un parámetro para la velocidad media de las partículas. (Dicho con mayor precisión: La temperatura es proporcional al valor promedio del cuadrado de la velocidad).
Una parte del líquido se evapora.	Las partículas individuales pueden tener velocidades considerablemente superiores a otras. Las partículas más rápidas poseen suficiente energía como para abandonar la unión líquida.
El líquido se enfría.	Cuando las partículas más rápidas abandonan la unión líquida quedan sólo las más lentas y con ello bajan la velocidad media de las partículas.

La evaporación del agua depende también de la humedad atmosférica. Si la humedad atmosférica es elevada la evaporación será menor. Se puede aumentar la evaporación si se sopla la superficie del agua. De esta forma, el aire ya de por sí enriquecido con moléculas de agua es sustituido por aire más seco que puede absorber más humedad.

La cantidad de energía necesaria para la evaporación depende, además, del líquido. El alcohol se evapora más fácilmente que el agua. Por ello el efecto de enfriamiento de trapos empapados en alcohol (p. ej., las “toallitas húmedas”) es mayor que el de trapos empapados en agua. La tendencia mayor del alcohol a evaporarse tiene que ver con el punto de ebullición inferior del alcohol. Esto a nivel de partículas es equivalente a unas fuerzas adhesivas menores entre las moléculas del líquido.

2.4.1 Experimento parcial 1: ¿Por qué se siente frío al tener la ropa mojada?

Este experimento se basa en una experiencia de la vida cotidiana, es decir, que cuando uno tiene la ropa mojada (p. ej., cuando tiene el bañador mojado) se siente mucho más frío que si está seco. Este fenómeno se enmarca deliberadamente en un experimento en el que se humedece la mano con agua. En el siguiente paso con un pedazo de cartón o un material similar se abanica el aire sobre la piel mojada.

La transferencia de conocimientos

El fenómeno del “frío de evaporación” se puede observar en numerosas aplicaciones cotidianas.

- El cuerpo humano aprovecha el efecto de enfriamiento por medio de la evaporación al transpirar.
- Los perros logran evaporar agua al jadear.
- Los recipientes refrigeradores de arcilla funcionan según el mismo principio. Antes de la utilización se mojan refrigeradores con agua. En algunos países africanos se utilizan jarras de arcilla mojadas para refrigerar en ellas los alimentos y que se conserven durante más tiempo.
- Los trapos húmedos que se cuelgan en una habitación pueden ayudar en pleno verano a refrigerar el ambiente.
- Las casas de barro en regiones desérticas son sistemas naturales de climatización sin necesidad de tener energía eléctrica. Por la noche la humedad se condensa en las paredes y cede calor a la casa. Durante el día la humedad vuelve a evaporarse y se quita calor a las paredes.

El aprovechar el efecto de enfriamiento en bebidas alcohólicas se encuentra en las toallitas húmedas, en pomadas medicinales y aerosoles o desodorantes.

2.4.2 Experimento parcial 2: ¿Cómo se enfría un disco de algodón mojado?

En este experimento se muestra el fenómeno del “frío de evaporación” de forma objetiva y mensurable. Ahora se puede investigar sistemáticamente cuán grande es el efecto de enfriamiento en determinadas condiciones. La influencia del aire y del líquido se puede precisar mediante mediciones. En la variante más sencilla, el experimento sólo se realiza con agua. Adicionalmente es posible examinar en el experimento también lo que sucede con líquidos que contienen alcohol.

Las siguientes gráficas muestran los resultados de una medición digital de un disco de algodón mojado en agua y otro en alcohol etílico, así como de dos discos de algodón mojados en agua, de los que uno quedó expuesto a un chorro de aire frío de un secador de pelo. Las mediciones se realizaron en cada caso durante 10 minutos.

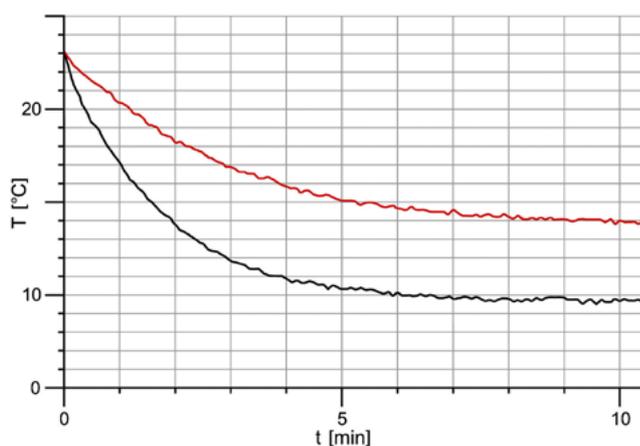


Fig. 1: Las curvas muestran el enfriamiento de dos discos de algodón durante un lapso de 10 minutos; en rojo: el disco mojado en agua, en negro: el disco de algodón mojado en alcohol etílico.

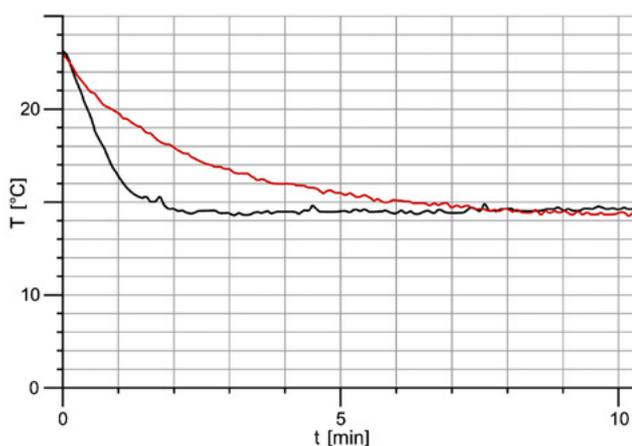


Fig. 2: Las curvas muestran el enfriamiento de dos discos de algodón durante un lapso de 10 minutos; en rojo: un disco en el que no se hizo nada, en negro: disco sometido al chorro de aire frío del secador.

Las mediciones no tienen que ser realizadas de forma digital, como se muestra en el ejemplo, sino que pueden efectuarse también con un reloj de pulsera o un cronómetro. Los diagramas sirven para estimar los efectos.

- La temperatura baja en un lapso de 10 minutos. Después de 10 minutos no se puede observar casi ningún cambio.
- La diferencia de temperatura en los experimentos con el disco de algodón mojado en agua es de aprox. 9 °C.
- Con alcohol etílico, la diferencia de temperatura es considerablemente mayor, alcanzando aprox. los 14 °C. Se produce ya en una fase temprana.
- Al exponer el disco de algodón al aire del secador la temperatura no se puede reducir más hacia abajo. En cambio, la menor temperatura se alcanza antes (aquí ya después de 2 minutos en vez de 9 minutos).
- Al soplar se refuerza el proceso de equilibrio térmico con el entorno. Por ello, después de 10 minutos la temperatura que se mide en el disco de algodón expuesto al aire del secador es superior que en el disco de algodón en el que no se hizo nada.

2.4.3 La transferencia de conocimientos

En las neveras de compresor, la refrigeración también se produce en el interior mediante la evaporación del líquido refrigerante. Una bomba se encarga de que el líquido refrigerante se vuelva a comprimir fuera del espacio refrigerado. La energía que se quita en la evaporación al espacio refrigerado vuelve a liberarse al entorno en el proceso de condensación. El mismo principio tiene lugar a la inversa en la aplicación de la bomba de calor.

2.5 Variantes de ejecución

La refrigeración mediante el movimiento del aire puede realizarse de diferentes maneras (con el chorro de aire del secador, con un abanico, soplando con la boca o moviendo el termómetro). Los alumnos y alumnas pensar en otras formas de reforzar el efecto de enfriamiento y ponerlas sus ideas a prueba.

3 Informaciones adicionales sobre el experimento

El profesor nigeriano Mohammed Bah Abba recibió numerosos premios por inventar una “nevera” según el principio del “frío de evaporación”. De esa forma se puede reducir el camino realizado a diario a los mercados.

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

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

4 Observaciones sobre la realización del experimento

4.1 Lugar en el que se realiza el experimento

El experimento puede realizarse bajo vigilancia y siguiendo las instrucciones del profesor o de la profesora por los alumnos y alumnas en cualquier aula.

4.2 Tiempo necesario

	preparación y realización	evaluación, preguntas
Experimento parcial 1	10 a 15 minutos	
Experimento parcial 2	35 minutos*	15 minutos

*Para reducir el tiempo necesario es posible compartir el trabajo de las tres variantes de experimentación.

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 este experimento no hay peligros especiales.

En el experimento parcial 1 hay que procurar que no se use alcohol bebible y que se indique a los alumnos y alumnas que no se puede beber.

4.4 Aparatos y materiales

A adquirir o preparar previamente:

- agua
- trapos
- una pequeña botella de alcohol no bebible, p. ej., alcohol etílico o propanol
- si hace falta, toallitas húmedas (en vez de alcohol).
- cronómetros o relojes con segundero
- cartón, cuadernos o algo similar para usarlos como abanicos

Incluido en el suministro:

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

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

material	cantidad
termómetro digital*	1x
disco de algodón, paquete	1x para toda la clase

*Antes de utilizarlo la primera vez hay que quitarle la capa protectora de plástico. Para prender el termómetro oprimir el botón “on/off”. Después de realizar 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., las barras 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.