COLEGIO DE BACHILLERES

DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN ACADÉMICA

COORDINACIÓN DEL SISTEMA DE ENSEÑANZA ABIERTA

FÍSICA II

FASCÍCULO III

CALOR, DESEQUILIBRIO TÉRMICO Y TRANSMISIÓN DE CALOR

León Gabriel Hernández Martínez
Roberto Guerrero Domínguez

INTRODUCCIÓN

Desde el fascículo I te familiarizaste con el manejo de los termómetros y has usado la expresión ΔE_i (kJ) $= 4.2\ m$ (kg) ΔT ($^{\circ}$C) para calcular la cantidad de energía transmitida por un calentador químico o uno eléctrico a cierta masa de agua, suponiendo la conservación de la energía. Con base en ello empecemos por recordar el uso de la expresión antes mencionada, pues a lo largo de este fascículo también la emplearás.

Ejemplo 1

Cuando se calienta 0.500 kg de agua en la estufa y su temperatura se eleva de 20 a 30 $^{\circ}$C, el incremento en la energía interna del agua es:

$$\begin{aligned} \Delta E_i(\text{kJ}) &= 4.2\, m(\text{kg})\ \Delta T(^{\circ}\text{C}) \\ \Delta E_i &= 4.2\ (0.500)\ (30-20) \\ &= 21\ \text{kJ} \end{aligned}$$

Ejercicio 1

Si una lámpara suministra una energía de 50 kJ a una masa de 0.700 kg de agua dentro de un tortillero, ¿qué aumento de temperatura esperarías para el agua?, ¿qué temperatura alcanzaría el agua?

Ejemplo 2

Así como un sistema aumenta su energía interna cuando se calienta, también la pierde cuando se enfría. De esta manera, si se enfrían 3 kg de agua en el refrigerador y su temperatura desciende de 20 a 5 $^{\circ}$C, entonces el agua pierde:

$$\begin{aligned} \Delta E_i\ (\text{kJ}) &= 4.2\, m(\text{kg})\ \Delta T(^{\circ}\text{C}) \\ &= 4.2\ (3)\ (-15) \\ &= -189\ \text{kJ} \end{aligned}$$

donde el signo negativo indica que el sistema ha perdido energía.

Ejercicio 2

¿Cuánta energía pierden 2 litros (2 kg) de agua cuando su temperatura baja de 30 a 24 $^{\circ}$C

El presente fascículo aborda el tema: *Calor, desequilibrio térmico y transmisión de calor*, y corresponde a la unidad 2 de la asignatura Física II. Con su estudio aprenderás a utilizar el concepto de calor cuando se refiere exclusivamente a la energía en tránsito entre dos sistemas en desequilibrio (no-equilibrio) térmico, para que lo distingas del concepto de temperatura y de energía interna. De este modo, el contenido que abordarás constituye una introducción a la gran diversidad de fenómenos donde está presente el calor y con ellos podrás profundizar en el estudio del uso y aprovechamiento racional de la energía, así como de sus fuentes.

CUESTIONAMIENTO GUÍA

A partir de nuestras vivencias diarias sabemos que lo frío, así como lo caliente, son factores que siempre existen en el medio y es a través de nuestros sentidos que nos damos cuenta de ello, aun sin tener una explicación científica. Una idea generalizada es que lo caliente y lo frío son situaciones diferentes, sin embargo, están muy ligadas entre sí, pues ambas se refieren a la temperatura de los objetos. Por ejemplo, seguramente has observado que los helados o paletas se derriten después de algunos minutos de haberlos sacado del congelador. ¿Por qué sucede esta situación tan común para nosotros?

¿Crees que el calor tiene algo que ver? Si es así, ¿podrías contestar qué es el calor? La respuesta más común es que el calor es lo que calienta. ¿Consideras que esta respuesta es suficiente?

También ten en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se definen el calor, la temperatura y la energía interna?
- ¿Cómo se transmite el calor?
- ¿Cómo podemos estudiar las formas en que se transmite?
- ¿Se transmitirá de la misma manera en líquidos, sólidos y gases?
- ¿Todos los cuerpos almacenan la misma cantidad de energía, si se encuentran a la misma temperatura?
- ¿Qué materiales crees que sean mejores conductores del calor?
- Si tocas una cuchara de metal y otra de madera ¿crees que existe una diferencia de temperatura entre ambas?, ¿por qué?

Te invitamos a leer con atención este fascículo para que puedas responder todas estas preguntas.

DESEQUILIBRIO TÉRMICO

Cuando al café caliente le agregas leche fría la mezcla está en condiciones de beberla, pues la leche se calentó y el café se enfrió. También has visto que las madres acostumbran enfriar el biberón sumergiéndolo en agua fría o calentarlo introduciéndolo en agua caliente. Con estas condiciones, si sacamos un biberón del refrigerador y lo metemos en agua recién hervida, su temperatura aumenta y el agua se enfría. Podemos decir que el agua caliente le transmite energía en forma de calor para que alcance una temperatura adecuada.

Para entender la transferencia de energía en estos ejemplos, realiza la siguiente actividad experimental.

Material

1 tortillero de unicel
1 lata de sardinas
2 termómetros
1 vaso de precipitados de 500 ml
1 parrilla eléctrica.

Procedimiento

Coloca la lata de sardinas en el tortillero y calienta .200 kg de agua en el vaso, hasta que rebase los 50 °C. Viértela en la lata (cuida de no quemarte) y tapa el tortillero. Mide la temperatura del agua caliente con el termómetro como se muestra en la figura 1. Vierte .300 kg de agua fría en el tortillero por el embudo como indica la misma figura, tapa el embudo cuando hayas terminado y toma su temperatura con el otro termómetro.

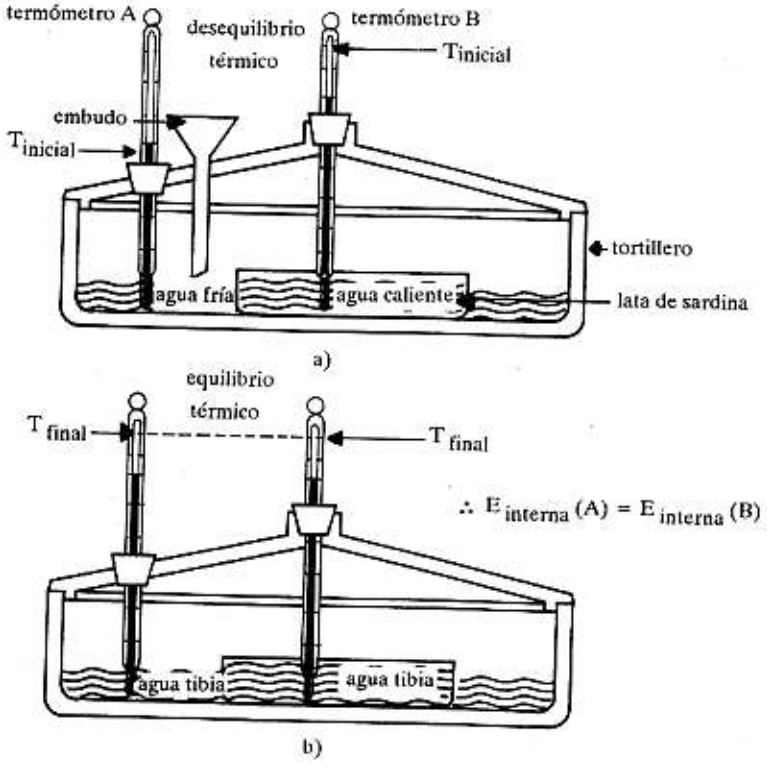


Figura 1.

Observa los termómetros. ¿Cuál es el cambio de temperatura del agua en la lata de sardina y fuera de ella? ¿Cómo explicarías que las dos masas de agua alcanzaron la misma temperatura? Como recordarás, en la Introducción utilizamos la expresión:

$$\Delta E_i\,(\text{kJ}) = 4.2\, m(\text{kg})\, \Delta T(\,^{\circ}\text{C})$$

para calcular el cambio de la energía interna que experimenta una masa de agua. Con ella también podrás calcular este cambio de energía en las masas de agua. Para que entiendas cómo aplicarla en este caso, considera los datos que Gabriel obtuvo en el laboratorio al realizar la misma actividad.

CÁLCULO DEL CAMBIO DE LA ENERGÍA INTERNA DEL AGUA CALIENTE

Al momento de tapar el tortillero, Gabriel leyó en el termómetro del agua caliente una temperatura inicial (T_i) de:

$$T_i = 54\,^{\circ}\text{C}.$$

Asimismo, cuando llegó a igualar la temperatura del agua fría, que corresponde a su temperatura final (T_f) en el termómetro del agua caliente observó:

$$T_f = 34\,^{\circ}\text{C}.$$

Ahora, el cambio de la temperatura que se obtuvo fue:

$$\Delta T = T_f - T_i$$
$$\Delta T = 34\,^{\circ}\text{C} - 55\,^{\circ}\text{C}$$
$$\Delta T = -21\,^{\circ}\text{C}.$$

Como la masa de agua caliente que se utilizó en este experimento fue de 0.150 kg, entonces el cambio de la energía interna es:

$$E_i\,(\text{kJ}) = (4.2)\,(0.150\ \text{kg})\,(-21\,^{\circ}\text{C})$$
$$= -13.23\ \text{kJ},$$

que es el cambio de la energía interna cuando el agua caliente y el agua fría registran la misma temperatura.

El signo menos (–) en las expresiones anteriores significa una disminución en la energía interna y el signo más (+) indica incremento.

¿Qué pasa con los signos + y – ? Cuando se habla de dinero, por ejemplo, una cosa es tu capital (C), el dinero que tienes en un momento, y otra el cambio de tu capital (ΔC). Así, cuando pagas N$ 3.00 por una torta, tu capital disminuye en N$ 3.00; en otras palabras, *tu cambio de capital* es de menos tres nuevos pesos. En símbolos: $\Delta C = -3$.

En cambio, si te dan N$ 5.00 de domingo, tu cambio de capital es $\Delta C = +5.00$. Fíjate que no hemos dicho nada acerca de tu capital, únicamente sobre el *cambio de capital*. De esta manera, si antes de pagar tu torta tenías N$ 10.00, entonces, después de pagar, tu capital será:

$$C\,(\text{después}) = C\,(\text{antes}) + \Delta C = (+10) + (-3) = +7.$$

Pero si antes de recibir tu domingo le debías N$ 20.00 a un amigo podemos decir que tu capital inicial es de –N$ 20.00 y entonces tu capital, cuando recibes tu domingo es:

$$C\,(\text{después}) = C\,(\text{antes}) + \Delta C = (-20) + (5) = -15,$$

por lo que los signos – y + se refieren a los cambios, no a valores absolutos.

ENERGÍA INTERNA DEL AGUA FRÍA

Para calcular la ΔE_i del agua fría, Gabriel procedió de esta manera: Primero leyó el termómetro en el agua fría al momento de quitar el embudo y colocar el termómetro que corresponde a su temperatura inicial (T_i):

$$T_i = 19\ ^{o}\text{C}.$$

Después tomó la lectura del termómetro en el agua fría cuando llegó a la misma temperatura con el agua caliente que corresponde a su temperatura final (T_f)

$$T_f = 34\ ^{o}\text{C};$$

entonces se tiene:

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$\Delta T = 34\ ^{o}\text{C} - 19\ ^{o}\text{C}$$

$$\Delta T = 15\ ^{o}\text{C}.$$

Como la masa de agua fría utilizada fue de .200 kg, tenemos que:

$$\Delta E_i\,(\text{kJ}) = 4.2\,(0.200\ \text{kg})\,(15\ ^{o}\text{C})$$

$$\Delta E_i = 12.68\ \text{kJ}.$$

Ahora compararemos los cambios de energía interna de ambos sistemas con las diferencias de temperatura encontradas anteriormente:

$$\Delta E_i\,(\text{agua fría}) = +\ 12.68\ \text{kJ}$$

$$\Delta E_i\,(\text{agua caliente}) = -\ 13.23\ \text{kJ}$$

$$\Delta T\,(\text{agua fría}) = +\ 15\ ^{o}\text{C}$$

$$\Delta T\,(\text{agua caliente}) = -\ 26\ ^{o}\text{C}.$$

Redondeando los valores de la ΔE_i tenemos:

$$\Delta E_i\,(\text{agua fría}) = +\ 13\ \text{kJ}$$

$$\Delta E_i\,(\text{agua caliente}) = -\ 13\ \text{kJ}.$$

Observa los ΔE_i de los dos sistemas y notarás que las energías son casi iguales. Ésta es una aproximación aceptable para poder decir que la energía que perdió el agua caliente fue la que ganó el agua fría. También observa que los ΔT de los dos sistemas son diferentes. Esto significa que las temperaturas no deben ser necesariamente iguales, aunque el cambio de las energías lo sean.

Basándote en este ejemplo, y con los datos que obtuviste en la actividad experimental, calcula las energías internas de los sistemas agua caliente-fría verificando que la ΔE_i cedida sea aproximadamente igual a la ΔE_i absorbida.

En las actividades experimentales observaste que ambas masas de agua alcanzaron la misma temperatura aun cuando eran diferentes, incluso calculaste su incremento de energía interna para corroborar (dentro de la precisión del experimento) la conservación de la energía.

Asimismo puedes concluir que durante esta experiencia, la energía del agua caliente se transmite al agua fría en forma de calor. Dicho de otra manera: cuando dos sistemas se encuentran a diferentes temperaturas y están en contacto, éstos tienden a un estado final denominado *estado de equilibrio térmico*, el cual se establece cuando los dos termómetros indican la misma temperatura en ambos sistemas.

Cuando en un sistema aumenta la temperatura se considera que la energía que posee en su interior (energía interna) también aumenta, y cuando dos sistemas se ponen en contacto a diferentes temperaturas habrá una transmisión o transferencia de energía del más caliente al menos caliente. Por lo tanto, podemos decir que *el calor es una manifestación de la energía que se transmite de un cuerpo a otro en virtud únicamente de una diferencia de temperatura* (figura 2).

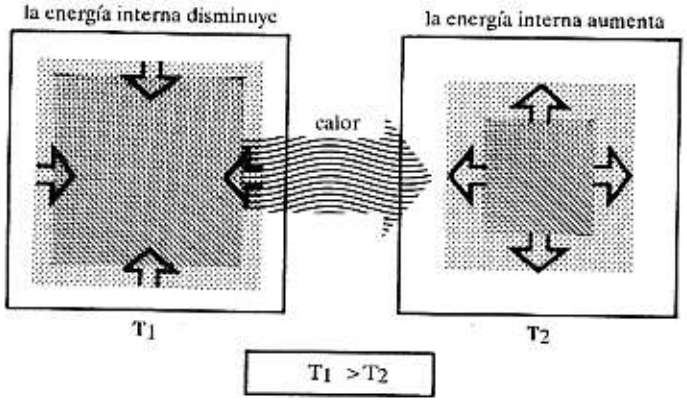


Figura 2. El calor es la energía que se trasmite de un cuerpo a otro en virtud de una diferencia de temperatura entre ellos.

Es importante hacer notar que un sistema sólo tiene energía, pero no podemos decir que tiene calor (de igual manera se habla de trabajo mecánico cuando un sistema transmite energía a otro y no es correcto hablar del trabajo "almacenado" en un cuerpo o en un sistema). El calor es un medio por el cual la energía se transfiere y suele decirse que es energía en tránsito.

Cabe recordar que en el caso de las máquinas mecánicas tanto las entradas como la salida útil de energía es en forma de trabajo, mientras que en las máquinas térmicas la entrada de energía es en forma de calor y la salida útil en forma de trabajo. Podrías responder ¿en qué forma se transmite la energía (entrada y salida) en un refrigerador?

En el caso del biberón que antes mencionamos podemos decir que si se deja en agua caliente un tiempo razonable, éste alcanza la misma temperatura que el agua donde lo sumerges, llegando al equilibrio térmico de la misma manera que en los experimentos con el tortillero.

Analicemos otra actividad experimental, en la cual se dan todos estos procesos, para reafirmar lo antes dicho.

Material

1 vaso de precipitados de 500 ml
1 tubo de ensaye de 1.2 cm de diámetro
2 termómetros de –20 a 110 °C
1 pinza para tubo de ensaye
2 pinzas para termómetros
1 probeta graduada de 10 ml
1 parrilla eléctrica

Procedimiento. Arma un dispositivo como se muestra en la figura 3.

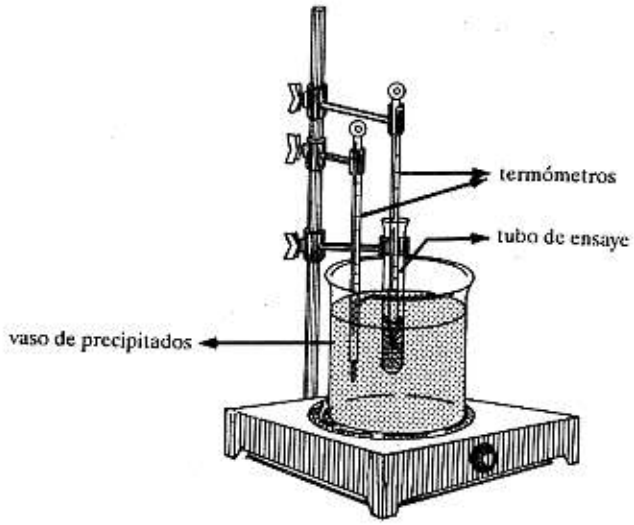


Figura 3.

Vierte en el vaso de precipitados 400 ml de agua a temperatura ambiente y 8 ml en el tubo de ensaye. Mide la temperatura en ambos recipientes cuando están a temperatura ambiente. Enciende la parrilla y observa cada tres minutos la temperatura de ambos termómetros. Anota la temperatura en el momento en que se presenta la ebullición en el vaso de precipitados y en el tubo de ensaye. Al término de la actividad contesta lo siguiente.

– ¿Qué temperatura indican ambos termómetros cuando se inicia la ebullición en el vaso de precipitados?
– ¿Crees que haya equilibrio térmico entre ambos sistemas?
– ¿Por qué el agua del vaso de precipitados está en ebullición y la del tubo de ensaye no?

Nota: Suele ocurrir que los termómetros no estén igualmente calibrados, por lo que si no marcan la misma temperatura, cámbialos para verificar los resultados de la práctica.

En la actividad anterior observaste un equilibrio, ya que la temperatura tanto del agua del tubo de ensaye como del vaso de precipitados son de 93 °C. Cuando el agua del vaso de precipitados está en ebullición, su temperatura ya no continúa aumentando, lo cual se interpreta de la siguiente manera: La energía que proporciona la parrilla al agua del vaso de precipitados, la utiliza para incrementar su energía potencial (energía de configuración) de sus moléculas y no su energía cinética (energía de movimiento). Para que el agua del tubo de ensaye

hierva sería necesario seguir recibiendo calor del agua que rodea al tubo, pero como ya alcanzó el equilibrio no existe transmisión de energía (calor) entre ambos sistemas, aunque siga transmitiéndose energía (calor) del sistema 1 al 2. Observa la figura 4.

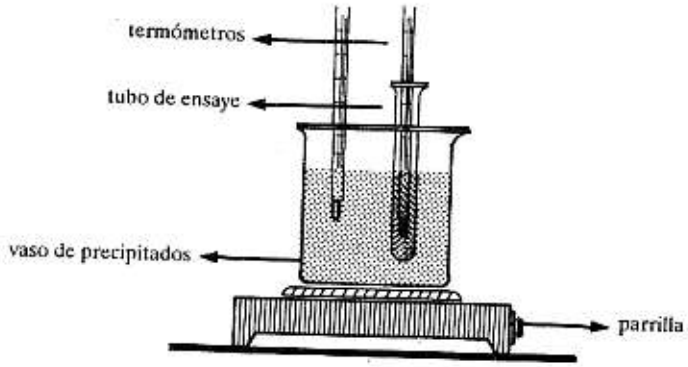


Figura 4.

ACTIVIDADES

Realiza la lectura de los siguientes textos.

En un cambio de estado varía la energía potencial de las moléculas. A medida que se calienta un recipiente lleno de agua en el que hemos colocado el bulbo de un termómetro, veremos que la temperatura se eleva. Sin embargo, cuando el agua comienza a hervir, la temperatura deja de elevarse, aunque sigamos calentando el agua. ¿Qué le ocurre al calor? Posiblemente eleva la temperatura del vapor. Para verificarlo, coloquemos el termómetro de tal modo que indique la temperatura del vapor que sale por el cuello de la botella. Veremos que la temperatura es igual a la del agua hirviendo. ¿Cómo es posible esto, si al calentar un cuerpo aumentamos la energía de sus moléculas?

Recordemos que existen dos clases de energía mecánica: la cinética y la potencial. Al levantar un martillo no aumentamos su velocidad, sino que le comunicamos energía potencial de posición. Cuando el martillo desciende, esa energía potencial se convierte en cinética. Algo semejante ocurre cuando hierve el agua. A medida que calentamos el agua hasta su punto de ebullición, las moléculas se mueven cada vez con mayor rapidez. Sin embargo, se encuentran muy juntas, sujetas por su atracción mutua. Para que el agua pueda transformarse en vapor, debe recibir suficiente energía para separar sus moléculas unas de otras. Se realiza un trabajo para vencer las fuerzas intermoleculares, pero no aumenta la velocidad de las moléculas. Esta energía se almacena como energía potencial. Al condensarse el vapor, esta energía potencial se libera y puede utilizarse para calentar el ambiente. Por esa razón, una quemadura con vapor es mucho peor que una con agua hirviendo. Aunque ambos estén a la misma temperatura, el vapor puede comunicar más energía que una masa igual de agua.

La fusión de un sólido también requiere energía. En un sólido, los átomos o moléculas se encuentran oscilando alrededor de sus posiciones pero no tienen desplazamiento. Cuando un sólido se funde, la temperatura del líquido resultante es la misma que la del sólido en fusión, pero las moléculas están ahora libres de las atracciones que las mantenían en su posición y, por consiguiente, adquirieron energía potencial.

Recordemos que cuando una sustancia cambia de estado, la energía potencial de sus moléculas se modifica, pero su energía cinética promedio permanece igual; por lo tanto, no hay cambio en la temperatura.

Al calentar una sustancia aumenta su energía interna. Cuando una sustancia se calienta, sus moléculas pueden adquirir energía cinética con el consiguiente aumento de temperatura; también pueden incrementar su energía potencial y fundir o evaporar la sustancia. En conjunto, las energías cinética y potencial constituyen la energía interna de esa sustancia. La palabra *calor* se usa adecuadamente sólo al referirnos a la energía que se transmite de un objeto a otro durante un cambio de temperatura o durante un cambio de estado de la materia. Durante una transmisión de calor, un objeto puede modificar su temperatura o puede cambiar a otro estado, o bien, ambas cosas a la vez. Cualquiera de las tres situaciones mencionadas puede ocurrirle también al otro objeto que participa en esa transmisión de calor.

La temperatura y la energía interna son cosas diferentes. Una palangana de agua a 90 °C tiene más energía interna que una taza de agua a la misma temperatura. La temperatura no determina la cantidad de energía interna que posee un objeto, sino que indica la energía cinética promedio por molécula. Supongamos que hay mil moléculas en un metro cúbico, o sea, un vacío casi perfecto. Si esas moléculas se mueven a más de 300 km/s, la temperatura de esa muestra de gas rarificado sería de más de cien millones de grados. Sin embargo, su energía interna sería solamente de 10^{12} J.

¿Se puede hervir agua en agua hirviendo?

Coja usted una botella pequeña (un tarro o un frasquito), llénela de agua y métala en una cacerola que contenga agua pura y que esté puesta a la lumbre. Haga usted esto de forma que el frasco no toque el fondo de la cacerola. Lo mejor para esto es colgarlo con un alambre. Cuando el agua de la *cacerola* comienza a hervir parece que acto seguido también hervirá el agua del frasquito. Sin embargo, puede usted esperar cuanto quiera, el agua del frasco se calentará, se pondrá muy caliente, pero no hervirá. Es decir, el agua hirviendo resulta poco caliente para hacer que hierva el agua del frasco.

Esto que parece sorprendente era de esperar, porque para hacer que hierva el agua no basta calentarla hasta 100 °C; hay que comunicarle además la cantidad de calor necesaria para que pase al nuevo estado de agregación, es decir, a vapor.

El agua pura hierve a 100 °C; en condiciones normales su temperatura no aumenta por mucho que la calentamos. Quiere decir, que la fuente de calor con que calentamos al agua del frasquito tiene 100 °C y, por lo tanto, solamente puede calentarla hasta 100 °C. En cuanto se equilibran las temperaturas, *el agua de la cacerola deja de ceder calor a la del frasco*. Es decir, por este procedimiento no podemos conseguir que el agua del frasco adquiera la reserva de calor necesaria para pasar del estado líquido al gaseoso (cada gramo de agua, calentado hasta 100 °C, necesita más de 500 calorías para pasar a vapor). Ésta es la causa de que el agua del frasco, aunque se caliente, no llegue a hervir.

Pero puede plantearse la pregunta: ¿en qué se diferencia el agua del frasco de la que hay en la cacerola? ¿No son acaso iguales? Lo único que ocurre es que están separadas por las paredes de vidrio, ¿por qué no hierve entonces?

Porque precisamente esas paredes de vidrio impiden que el agua que hay dentro del frasco tome parte en las corrientes que remueven todo el agua de la cacerola. Cada una de las partículas de agua de

la cacerola puede ponerse en contacto directo con su fondo caldeado, mientras que el agua del frasco solamente tiene contacto con el agua hirviendo.

De esto se deduce que con agua hirviendo no se puede hacer que hierva el agua. Pero si en la cacerola se echa un puñado de sal, las circunstancias cambian. El agua salada hierve a más de 100 °C y, por consiguiente, puede hacer a su vez que hierva el agua pura contenida en el frasco de vidrio.

¿Puede la nieve hacer hervir el agua?

Si no fue posible hacerla hervir con agua hirviendo –dirá el lector– ¿cómo vamos a conseguirlo con nieve?

Pero en vez de contestar apresuradamente, haga usted el siguiente experimento (aunque sea con el mismo frasco de antes):

Llene usted el frasco de agua hasta la mitad y métalo en agua salada hirviendo. Cuando empiece a hervir el agua del frasco, sáquelo de la cacerola y tápelo con un tapón bien ajustado. Póngalo boca abajo y espere hasta que dentro deje de hervir el agua. En cuanto esto ocurra, rocíe el frasco con agua hirviendo. El agua que hay dentro no hervirá. Pero si sobre la base del frasco pone un poco de nieve o simplemente echa sobre ella agua fría, como muestra la figura 5, verá usted cómo el agua empieza a hervir... ¡La nieve hace lo que el agua hirviendo no pudo hacer!



Figura 5. El agua del frasco hierve cuando se le echa agua fría.

La cosa resulta más misteriosa, porque si se toca el frasco se nota que no está muy caliente. No obstante, vemos con nuestros propios ojos que el agua hierve dentro de él.

El secreto es el siguiente: cuando la nieve enfría el frasco, el vapor que hay dentro de él se condensa y forma gotas de agua. Pero como dentro del frasco no hay aire (o hay poco), porque fue expulsado mientras hervía el agua, resulta que esta agua está ahora sometida a una presión mucho menor. Por otra parte, sabemos que cuando la presión disminuye el líquido puede hervir a menor temperatura. Por consiguiente, en nuestro frasco tenemos agua hirviendo, aunque no *está muy caliente*.

Si las paredes del frasco son delgadas, la condensación instantánea del vapor puede producir una especie de estallido, porque la presión del aire exterior, al no encontrar resistencia dentro del frasco,

puede aplastarlo (por eso la palabra "estallido" no es la más a propósito en este caso). Para evitar esto es preferible usar un frasco esférico (un matraz de fondo convexo, por ejemplo), en este caso el aire presionará sobre una "bóveda".

Este experimento es más seguro si se hace con una lata de las que sirven de envase al aceite. Después de hervir en una de estas latas un poco de agua, se le atornilla bien el tapón y se le echa por fuera agua fría. La lata llena de vapor será aplastada inmediatamente por la presión del aire exterior, puesto que dentro de ella el vapor se enfría y se condensa formando agua. La lata quedará abollada por la presión del aire lo mismo que si le hubiera dado un martillazo (figura. 6)[1].



Figura 6. Resultado asombroso del enfriamiento de la lata.

REFLEXIÓN INTEGRADORA

Debemos considerar como una gran ley de la naturaleza el hecho de que el calor siempre fluye de los cuerpos calientes a los fríos; es decir, que las temperaturas de los cuerpos puestos en contacto tienden a igualarse. En Mecánica los procesos pueden ocurrir de manera diversa: un péndulo puede oscilar en distintos planos y una rueda girar hacia un lado u otro. Con el calor la situación es diferente: una tetera caliente en una habitación se enfría por sí sola, pero no puede calentarse por sí sola; para enfriar el refrigerador es necesario realizar cierto trabajo. Es posible calentar una habitación con calentador eléctrico, pero es imposible calentar el calentador enfriando la habitación.

El calor siempre fluye de forma tal, que las temperaturas tienden a igualarse, y el sistema pasa al estado de equilibrio térmico. El paso al estado de equilibrio térmico puede ser un proceso largo y complejo. Si un sistema no recibe energía en forma de calor o de cualquier otro tipo, ese sistema pasa al estado de equilibrio térmico, en el cual finalmente todos los flujos de calor (energía) desaparecen.

CAPACIDAD TÉRMICA ESPECÍFICA

Hasta el momento, con los experimentos de este fascículo únicamente has verificado cómo ciertas masas de agua aceptan determinada cantidad de energía de otras masas de agua al ponerse en contacto unas con otras, hasta que ambos sistemas llegan al equilibrio térmico, en cuya situación sus temperaturas son exactamente iguales. Sin embargo, la pregunta obligada en estos momentos es: ¿todas las sustancias incrementan su temperatura en igual magnitud cuando se les suministra la misma cantidad de energía?

[1] Perelman, Y.: *Física recreativa* (libro II). Ed. Mir–Moscú. 5a. ed. pp. 164–166.

Una aproximación para tratar de responder esta pregunta es realizando en tu casa la siguiente actividad experimental:

Consigue un recipiente metálico vacío cuya masa aproximada sea de un kilogramo y colócalo sobre un quemador de la estufa. Por otra parte, en un recipiente pequeño vierte un kilogramo de agua y colócalo sobre otro quemador. Enciende ambos quemadores al mismo tiempo y gira las llaves hasta el mismo tope para que los dos proporcionen la misma cantidad de energía durante dos minutos, y después apágalos. Toca con un dedo el agua del recipiente pequeño y con otro el recipiente vacío; notarás que no obstante que a ambos sistemas se les suministró la misma cantidad de energía, cada uno presenta diferente temperatura, pues mientras uno todavía está frío el otro está muy caliente (figura 7).

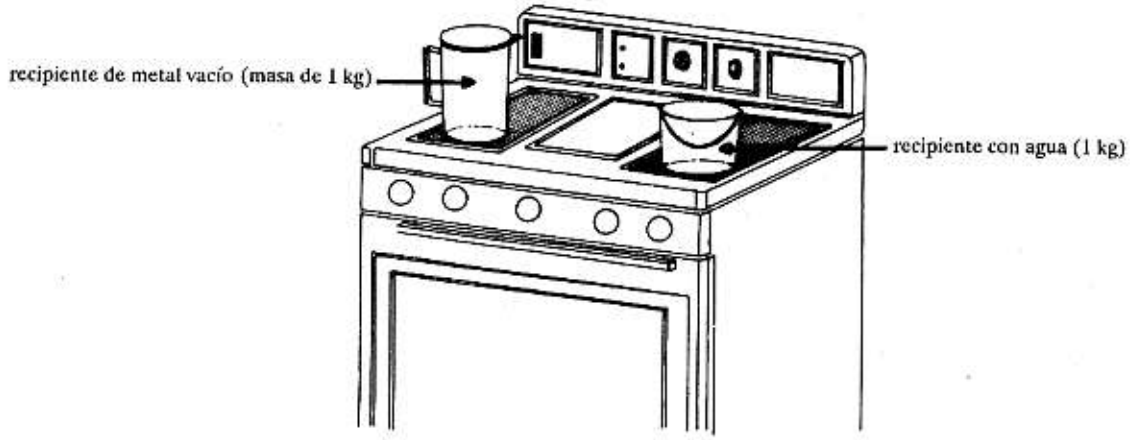


Figura 7.

Al concluir este experimento has verificado que al suministrar la misma cantidad de energía a dos sustancias diferentes (metal y agua), éstas alcanzan temperaturas distintas, aun cuando sus masas sean iguales. Suponiendo que el agua experimentó una diferencia de temperaturas $\Delta T = 3\ ^{\circ}C$, podemos decir que el cambio en su energía interna es:

$$\Delta E_i = 4.2\ (1\ kg)\ (3\ ^{\circ}C) = 12.6\ kJ.$$

Pero si quisiéramos calcular la variación de la energía interna del recipiente de metal vacío, ¿crees que podríamos seguir el mismo procedimiento? Veamos: ya conoces la expresión:

$$E_i = 4.2\, m\ (kg)\ \ \Delta T\ (^{\circ}C),$$

donde 4.2 representa un valor aplicable sólo cuando se trabaja con agua; m (kg), la masa de la sustancia dada en kilogramos, y $\Delta T\ (^{\circ}C)$, la diferencia entre la temperatura final y la temperatura inicial.

En el caso del recipiente metálico, suponiendo que la diferencia de temperaturas que experimentó fue $\Delta T = 27\ ^{\circ}C$, y como su masa es de un kilogramo, entonces tenemos:

$$\Delta E_i = (\ )\ (1\ kg)\ (27\ ^{\circ}C) = ?$$

Como observas, en el caso del metal no podemos aplicar el 4.2 que usábamos para el agua, pues los investigadores han comprobado experimentalmente que cuando a masas iguales de diferentes sustancias, sin importar su

estado de agregación, se les suministra la misma cantidad de energía, "responden" diferente, registrando distintos incrementos en sus temperaturas, y la cantidad de energía interna en cada una de ellas depende del material del que están constituidas

Por lo anterior podemos decir que la capacidad de una sustancia para absorber energía entre los límites de un determinado nivel de temperaturas es su *capacidad térmica específica.* Para mayor exactitud, la *capacidad térmica específica* de una sustancia se define como el "número de kilojoules requeridos para que un kilogramo de dicha sustancia aumente su temperatura en un grado centígrado". Con base en lo anterior, se ha verificado que el agua tiene una *capacidad térmica específica* mayor que cualquier sustancia, excepto la del litio fundido (por lo que tarda más tiempo en calentarse o enfriarse que cualquier otra sustancia).

La capacidad térmica específica del agua es de:

$$4.2 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg})\,(^{\circ}\text{C})}.$$

Podemos concluir que *una masa de un kilogramo de agua necesita absorber 4.2 kJ de energía para incrementar su temperatura en un grado centígrado.*

Ahora bien, lo que necesitamos saber es cuánta energía necesita absorber un kilogramo de metal para aumentar su temperatura en un grado centígrado, es decir, su capacidad térmica específica. ¿Cómo podemos resolver este problema? A continuación te presentamos un ejemplo que ilustra cómo determinar la capacidad térmica específica de un metal (plomo).

Al realizar una actividad experimental en el laboratorio para determinar la capacidad térmica del plomo, Roberto utilizó 0.5 litros de agua equivalentes a 0.5 kg de agua y 3 kg de lámina de plomo en un dispositivo como el que se muestra en la figura 8.

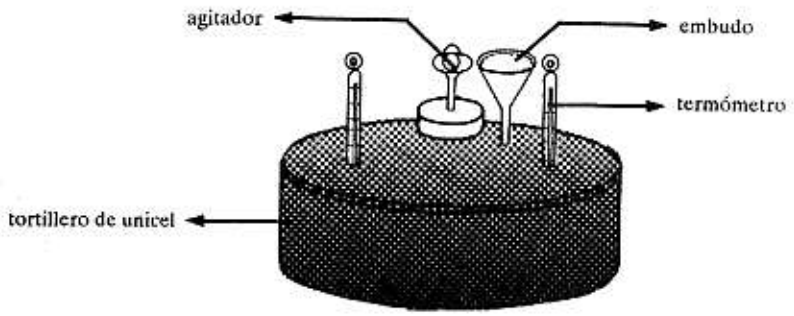


Figura 8.

El procedimiento fue el siguiente: Colocó el plomo en el tortillero y calentó el agua hasta que alcanzó una temperatura de 49 °C; una vez caliente la virtió en el tortillero usando el embudo. Después de 15 minutos, aproximadamente, el termómetro registró 44 °C, temperatura que se estabilizó por cierto tiempo, lo que demuestra el equilibrio térmico entre el metal y el agua (es necesario agitar un poco el agua para que la transmisión de calor sea homogénea). De esta manera obtuvo los siguientes datos:

masa del plomo = 3 kg
temperatura inicial del plomo = 18 °C
masa del agua = 0.5 kg

temperatura del agua caliente = 49 °C
temperatura del agua en equilibrio térmico con el plomo = 44 °C.

Para calcular la capacidad térmica específica del plomo es necesario considerar el supuesto de la conservación de la energía. Así podemos decir que la energía que el agua pierde al bajar su temperatura la cede al plomo, por lo que incrementa su temperatura, esto es:

calor cedido por el agua = calor absorbido por el plomo

$$\Delta E_i \text{ del agua} = \Delta E_i \text{ del plomo}$$

$$CTE \text{ agua } \frac{(\text{kJ})}{\text{kg } ^\circ\text{C}} m \text{ (kg) } \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)} = CTE \text{ plomo } \frac{(\text{kJ})}{\text{kg } ^\circ\text{C}} m \text{ (kg) } \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$(4.2)\ (0.5)\ (5) = (\ )\ (3)\ (26)$$

$$\frac{(4.2)\ (0.5)\ (5)}{(3)\ (26)} = (\ )$$

$$= 0.134 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} ^\circ\text{C}$$

El 0.134 representa la capacidad térmica específica del plomo obtenida experimentalmente en el laboratorio, o sea que un kilogramo de plomo requiere 0.134 kJ para aumentar su temperatura 1 °C.

Con base en el ejemplo anterior, determina la capacidad térmica del cobre. Te sugerimos organizar en tu grupo seis equipos de trabajo y seguir las especificaciones que se indican en la tabla 1. Cada equipo deberá trabajar con la tabla con el propósito de obtener varios resultados, pues en todo experimento es necesario probar más de una vez para superar los posibles errores.

Nota: La temperatura a la que se debe calentar el agua en cada uno de los experimentos es de 50 °C, aproximadamente, lo cual evitará su evaporación excesiva, que te quemes al realizar la práctica y que el equilibrio térmico metal-agua se establezca en el menor tiempo posible.

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

Material

1 tortillero de unicel
2 termómetros
1 agitador
1 embudo
varillas o lámina de cobre (cantidad según el equipo de trabajo que corresponda)
1 parrilla eléctrica
1 vaso de precipitados.

Procedimiento

Registra la temperatura ambiente del laboratorio, así como la del cobre; anota ambas mediciones y coloca el cobre dentro del tortillero de manera que quede tapado. Posteriormente coloca en el vaso de precipitados la cantidad de agua que se indica en la tabla (según tu equipo) y caliéntala hasta que alcance una temperatura aproximada de 50 °C; inmediatamente vacíala en el tortillero con la ayuda del embudo.

Considera que aproximadamente, para cada caso, el equilibrio térmico entre los sistemas agua-cobre se alcanza cuando el agua experimenta un decremento de temperatura de 5 °C.

Tabla 1.

Núm. de equipo	*Masa en kg de cobre que se necesitan*	*Kg de agua para trabajar*	*Capacidad del cobre* $CTE\left(\frac{kg}{kg^{\circ}C}\right)$
1	0.300	0.200	
2	0.350	0.200	
3	0.400	0.200	
4	0.500	0.200	
5	0.550	0.300	
6	0.600	0.300	

Para obtener el valor de la capacidad térmica específica del cobre es necesario que una vez que todos los equipos concluyan sus cálculos sumen los valores que cada uno obtuvo y finalmente dividan el valor total entre 6 (que es el número de equipos); el resultado será, entonces, la capacidad térmica específica para este metal. La tabla 2 presenta la capacidad térmica específica de algunos metales.

Nota: Si eres estudiante del Sistema de Enseñanza Abierta puedes tomar como referentes los datos que corresponden el equipo número 1 y realizar el experimento con ellos.

Tabla 2.

Capacidades térmicas específicas	$CTE\left(\frac{kg}{kg^{\circ}C}\right)$
Plata	0.212
Aluminio	0.900
Cobre	0.398
Hierro	0.477
Plomo	0.131

Como puedes observar, el valor de la capacidad térmica específica del plomo y del cobre pueden tener cierta variación, según la tabla anterior, pues las condiciones y el cuidado que pongas al realizar el experimento influyen en el resultado. Ten en cuenta, entonces, el material y las instalaciones en las que trabajan los científicos y que les permiten obtener resultados más exactos.

TRANSMISIÓN DE ENERGÍA (CALOR) EN LOS SÓLIDOS

Alguna vez te ha sucedido que al calentar un guisado y querer probarlo con un cucharón metálico que se encuentra dentro del recipiente, éste está caliente e inclusive puedes quemarte, pero si el cucharón es de madera, esto último no sucede. ¿Por qué se presenta esta situación, es decir, mientras un cucharón está caliente el otro no?

Cuando el cucharón metálico está dentro del recipiente se calienta hasta el otro extremo ya que se ha transmitido calor (energía) a lo largo de éste, pero, ¿cómo sucede este proceso? Una explicación es la siguiente: Primero recuerda que entre los átomos de los sólidos existen fuerzas internas que mantienen su estructura; los átomos de los sólidos se comportan como si estuviesen conectados con sus vecinos por medio de resortes. En este caso, el guisado caliente transmite energía a los átomos/moléculas del cucharón, éstos oscilan en forma más violenta que antes y transmiten energía cinética a sus vecinos, misma que se transmite, a su vez, como calor hacia el extremo frío del cucharón de metal, por lo que se calienta totalmente, es decir, incluso la parte que no está en contacto con el guisado.

Otra manera de transmisión de energía es calentar algún objeto metálico como lo muestra la figura 9. Si observas, sólo un extremo se encuentra en la flama del mechero, pero como se explicó antes, la barra se calentará totalmente debido a la agitación de los átomos.

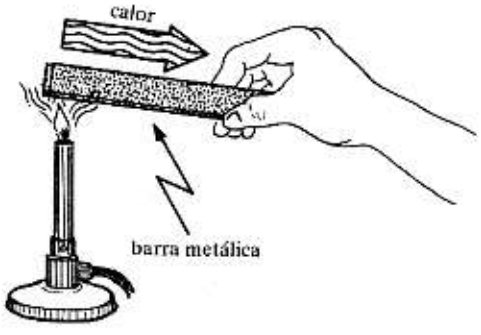


Figura 9.

Si en el momento de leer este fascículo tienes a la mano objetos de madera y de metal tócalos y contesta cuál está caliente. Si tienes alguna duda repite la experiencia midiendo ahora la temperatura de ambos con un termómetro.

Una actividad experimental que puedes realizar en tu casa y que te ayudará a profundizar en este tema es la siguiente: Coloca un trozo o un cubo de hielo sobre algún metal y otro del mismo tamaño sobre madera al mismo tiempo; observa cuál se derrite más rápidamente y contesta lo siguiente: ¿Dónde se derritió más rápido el hielo: en el metal o en la madera? ¿A que crees qué se deba?

Ahora, si el metal y la madera están a la misma temperatura ambiente, ¿por qué en uno de los dos materiales el hielo se derrite con más rapidez?

Consideremos otra actividad experimental más controlada. Observa el dispositivo de conducción de calor en la figura 10.

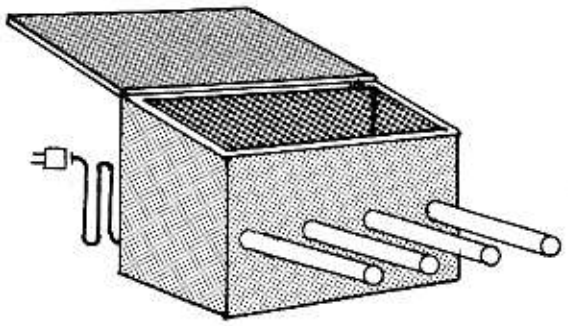


Figura 10.

Material

1 dispositivo de conducción de calor
1 trozo de parafina
1 tapa
barras de metal
parafina

Procedimiento

Llena el dispositivo de conducción completamnete de agua y coloca trozos iguales de parafina en las diferentes barras de metal, conéctalo y observa el momento en que la parafina empieza a derretirse. ¿En qué metal se derrite más rápido la parafina? ¿En cuál tarda más tiempo? ¿En qué barra de metal la energía se transmitió más rápidamente? ¿Cómo explicarías las diferencias en la rapidez con que el calor se transmite en las diferentes barras?

En varias actividades experimentales te hemos indicado utilizar un tortillero de unicel y es común emplear vasos de este mismo material para servir café caliente. ¿Qué propiedades tiene el unicel que lo hacen adecuado en estos casos? Si dejamos agua caliente en el tortillero de unicel durante 24 horas, ¿podríamos esperar que el agua se mantenga caliente?, ¿por qué? Con seguridad has visto que se acostumbra introducir una cuchara de metal al chocolate cuando se sirve en un vaso de vidrio. ¿Con qué fin se hace esto?

ACTIVIDAD

Realiza la lectura de la siguiente información.

Transmisión del calor

Conducción. Suponga que una persona sostiene uno de los extremos de una barra metálica, y que el otro extremo se pone en contacto con una flama (figura 11). Los átomos o moléculas del extremo calentado por la flama adquieren una mayor energía de agitación. Parte de esta energía se transfiere a las partículas de la región más próxima a dicho extremo, y entonces la temperatura de esta región también aumenta. Este proceso continúa a lo largo de la barra (figura 12), y después de cierto tiempo, la persona que sostiene el otro extremo percibirá una elevación de temperatura en ese lugar.

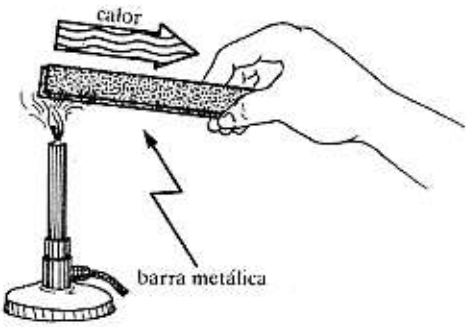


Figura 11.

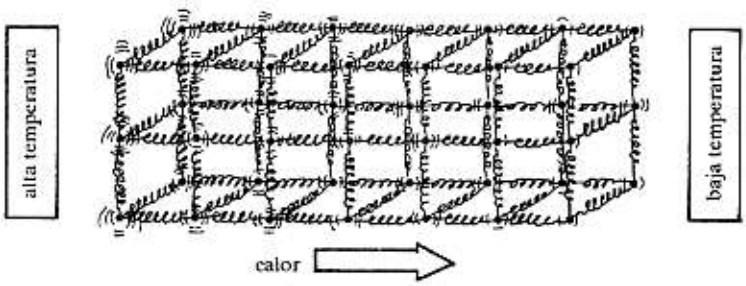


Figura 12.

Por lo tanto, hubo una transmisión de calor a lo largo de la barra, que continuará mientras exista una diferencia de temperatura entre ambos extremos. Observemos que esta transmisión se debe a la agitación de los átomos de la barra, transferida sucesivamente de uno a otro átomo, sin que estas partículas sufran ninguna traslación en el interior del cuerpo. Este proceso de transmisión de calor se denomina *conducción térmica*.

La mayor parte del calor que se transfiere a través de los cuerpos sólidos es transmitida de un punto a otro por conducción.

Dependiendo de la constitución atómica de una sustancia, la agitación térmica podrá transmitirse de uno a otro átomo con mayor o menor facilidad, haciendo que tal sustancia sea buena o mala conductora del calor. Así, por ejemplo, los metales son *conductores térmicos*, mientras que otras sustancias, como unicel, corcho, porcelana, madera, aire, hielo, lana, papel, etc., son *aislantes térmicos*, es decir, malos conductores del calor.

Como se sabe, la temperatura del cuerpo humano normalmente se mantiene en unos 36 °C, mientras que la del ambiente es, en general, menor que ese valor. Por este motivo, hay una continua transmisión de calor de nuestro cuerpo hacia el medio circundante. Si la temperatura de éste se mantiene baja, dicha transmisión se efectúa con mayor rapidez, y esto nos provoca la sensación de frío. Las prendas de abrigo atenúan esta sensación porque están hechas de materiales aislantes térmicos (la lana, por ejemplo), y reducen así la cantidad de calor que se transmite de nuestro cuerpo al exterior (figura 13). A ello se debe que para obtener este mismo efecto, las aves erizan sus plumas en los días de frío, a fin de mantener entre ellas capas de aire, el cual es un aislante térmico (figura 14).

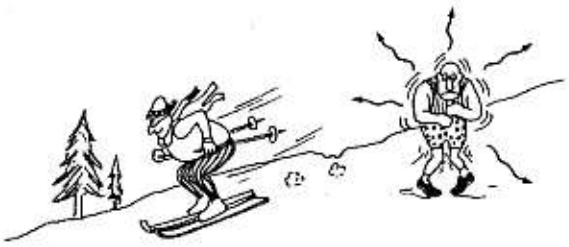


Figura 13. Las personas sienten frío cuando ceden rápidamente calor hacia el ambiente.



Figura 14. Un pájaro eriza sus plumas para mantener aire entre ellas, con lo cual evita la transferencia de calor de su cuerpo hacia el ambiente.

Cuando tocamos una pieza de metal y un pedazo de madera situados ambos en el mismo ambiente, es decir, a la misma temperatura, el metal da la sensación de estar más frío que la madera. Esto sucede porque como el metal es un mejor conductor térmico que la madera, habrá una mayor transferencia de calor de nuestra mano hacia el metal que hacia la madera (figura 15).[2]



Figura 15. Aun cuando un trozo de metal y uno de madera se encuentren a la misma temperatura, la pieza metálica parece estar más fría.

El camino que recorre el calor

En todos los materiales sólidos el calor fluye lentamente de una zona caliente a la zona fría. Cuando una sartén se calienta en un hornillo, el asa de la sartén se va calentando gradualmente, aunque no toca el fuego. Cuando la sartén se calienta sus moléculas distribuyen su energía extra a las moléculas vecinas y el calor se propaga a través del metal.

Este proceso de transmisión del calor se llama *conducción*. Los metales son los mejores conductores del calor. La plata y el cobre conducen el calor mucho más de prisa que la mayoría de los no metales. Esta es la razón por la cual las asas de los potes están hechas a menudo de materiales no metálicos, como madera, hueso o plástico. Estos materiales son malos conductores del calor, son *aislantes*. Son buenos aislantes el aire, la tela, la fibra de vidrio, el fieltro, la nieve y el corcho, ya que el aire atrapado en los espacios libres de este tipo de materiales los hace malos conductores. Todos los gases son malos conductores, puesto que sus moléculas al estar demasiado separadas, impiden la rápida transmisión de la energía colorífica.

[2] Alvarenga Beatriz y Antonio Máximo: *Física general*. Harla, México, 1983, pp. 220, 418 y 419.

En el vacío no hay moléculas que transmiten energía. Un termo utiliza el vacío para mantener frío un líquido frío y caliente un líquido caliente. El termo es una botella con doble pared de vidrio, en el interior de un forro de metal o plástico que lo protege. El aire del espacio existente entre las dos paredes de vidrio ha sido extraído para crear el vacío. Este espacio vacío evita el movimiento molecular a través de las paredes de la botella. El calor queda atrapado en el interior de la botella y el del exterior no puede entrar en ella.

¿Dan calor los velos?

Este es otro problema de la Física de la vida ordinaria. Las señoras aseguran que el velo abriga, que sin él se siente frío en el rostro. Pero los hombres, cuando ven un tejido tan tenue y de mallas tan amplias, no suelen dar crédito a esta afirmación y piensan que es pura fantasía de las mujeres.

No obstante, si recordamos lo dicho anteriormente, se comprende que hay que ser más crédulos. Por muy grandes que sean las mallas del velo, el aire que pasa por ellas pierde velocidad.

Este tejido tan sutil retiene la capa de aire que está en contacto directo con la cara (y que calentada por ella le sirve de máscara de aire caliente), que ya no puede ser arrastrada por el viento tan fácilmente como sin el velo. Por esto no hay motivos para no creer que con el velo se enfría menos la cara que sin él, sobre todo cuando el frío no es muy intenso ni el viento muy fuerte.[3]

[3] Perelman, Y.: *Física recreativa*. (libro II). 5a. ed. Mir-Moscú, pp. 148–152.

TRANSMISIÓN DE ENERGÍA (CALOR) POR CORRIENTES DE CONVECCIÓN

Como recordarás, en una práctica del módulo II de Física II, calentaste agua en un calentador eléctrico (tortillero con foco; figura 16), y tuviste que agitar ligeramente el tortillero, pues la temperatura es diferente en las diversas regiones de los líquidos y gases. En el caso de esta práctica, al usar el agitador se produce lo que se conoce como *convección forzada;* es decir, un desplazamiento del agua caliente hacia el agua tibia para homogeneizar su temperatura.

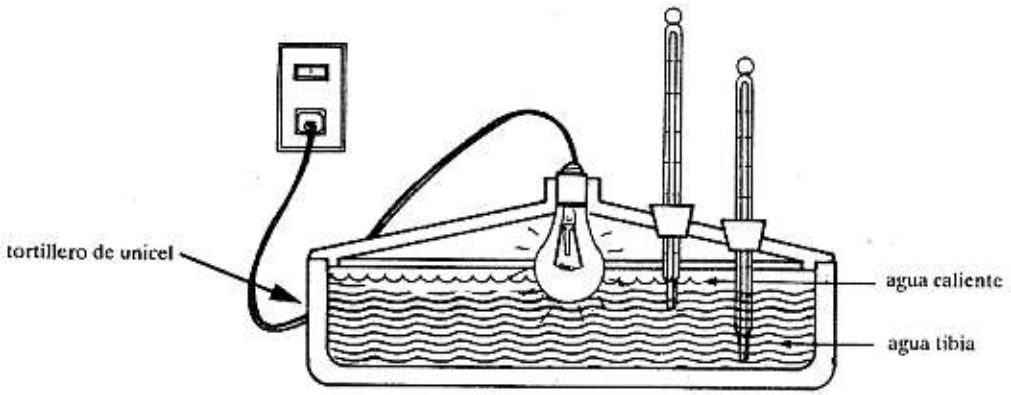


Figura 16.

CORRIENTES DE CONVECCIÓN

La parte del fluido que está más caliente se dilata (aumenta de volumen), al mismo tiempo que disminuye de densidad y por ello empieza ascender hacia la superficie de la masa del fluido, formándose una *corriente de convección ascendente* que, al llegar a la parte superior, debido a que al perder calor el fluido se contrae (disminuye su volumen), y aumenta de densidad, empieza su retorno descendente a lo largo de la masa del fluido, formándose entonces una *corriente de convección descendente.*

La propagación del calor en los fluidos (líquidos o gases) se efectúa por convección o circulación del fluido en contacto con la fuente de calor, por desplazamiento del fluido procedente de las partes calientes a causa de la variación de su densidad. En los gases, estos movimientos de convección son todavía más acentuados debido a su extrema movilidad molecular y a que su dilatación es mucho mayor que en los líquidos.

Es a través de corrientes de convección como el calor se transmite dentro de los refrigeradores para conservar los alimentos (figura 17) o en los sistemas de aire acondicionado para confort de las habitaciones. En nuestro planeta, las masas de aire atmosférico realizan este movimiento durante el día y la noche produciendo los vientos que influyen de manera directa en la temperatura diaria del ambiente en cada lugar.

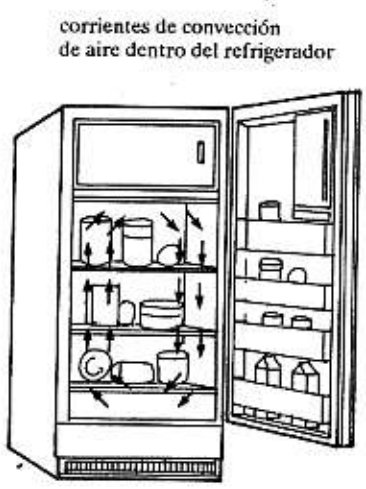


Figura 17.

Para observar con mayor detalle la producción de corrientes de convección en un fluido (agua), realiza la siguiente actividad apoyándote para su realización en la figura 18.

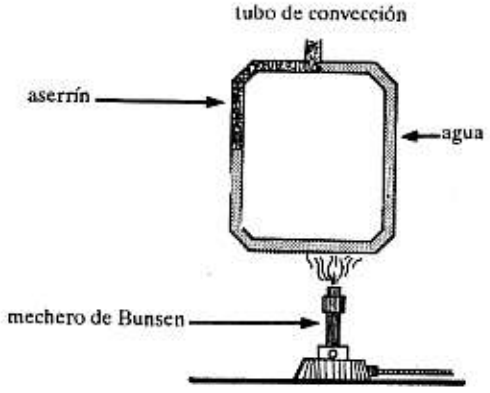


Figura 18.

Material

1 tubo de convección
1 soporte universal
3 pinzas de tres dedos
1 lámpara de alcohol o mechero de Bunsen
aserrín en pequeñas virutas o colorante vegetal.

Otra manera de observar el fenómeno de convección en un fluido (aire) es observando cómo un rehilete gira debido al impulso que producen las corrientes de convección que se forman en el aire caliente que asciende al disminuir su densidad cuando calienta con una plancha eléctrica o la flama de una vela. Para reproducir en tu casa con facilidad este experimento apóyate en la figura 19.

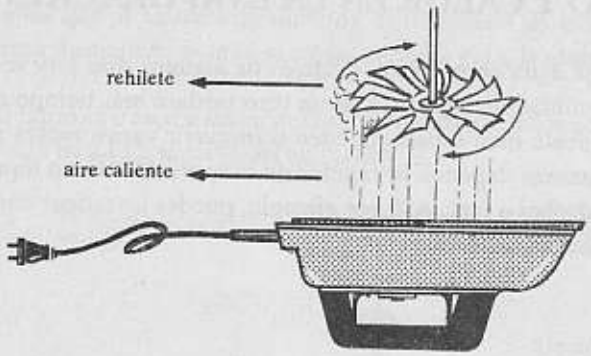


Figura 19.

También puedes comprobar este fenómeno si observas una cafetera eléctrica de vaso transparente que te permite ver el líquido en ebullición, como se muestra en la figura 20.

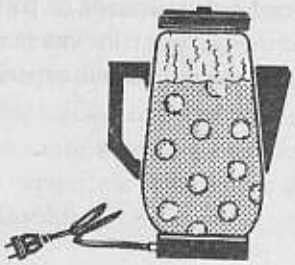


Figura 20.

ACTIVIDAD

Consulta el libro *Fénomenos atmosféricos* (Colección Científica de Time), México, 1966, pp. 57-98, donde encontrarás una detallada descripción de los fenómenos atmosféricos producidos por corrientes de convección en la atmósfera.

DESEQUILIBRIO TÉRMICO Y CALOR EN LA EVAPORACIÓN

Seguramente has observado que si se deja agua en un plato, después de algunos días ésta se ha evaporado sin que nadie la caliente, pero si la misma cantidad de agua está en un vaso tardará más tiempo en evaporarse. Sin embargo, si dejas un líquido en un recipiente bien tapado pueden transcurrir varios meses y el líquido allí se mantiene. Para que investigues de qué factores depende la rapidez de evaporación de un líquido conviene usar líquidos más volátiles que el agua como alcohol o éter. Así, por ejemplo, puedes investigar cómo afectan a la rapidez de evaporación del alcohol los siguientes factores:

- Cantidad de alcohol empleado.
- Tipo de recipiente (metálico o de unicel).
- Área del líquido en contacto con el aire.
- Temperatura ambiente.
- Corrientes de aire en la superficie del líquido.

EVAPORACIÓN Y ENFRIAMIENTO

Quizá has observado que al aumentar el área de contacto entre el líquido y el aire, la rapidez de evaporación aumenta. Si esparces alcohol en tu mano y soplas tendrás la sensación de frío, pero, ¿realmente el alcohol se enfría al evaporarse? (Recuerda que los metales parecen estar más fríos que la madera cuando en realidad no es así.) Para salir de dudas mide la temperatura del alcohol con el siguiente experimento.

Material

1 soporte universal
1 termómetro
1 tapa con orificio (para el frasco)
alcohol etílico
gasa
frasco

Procedimiento

Arma un dispositivo como se muestra en la figura 21.

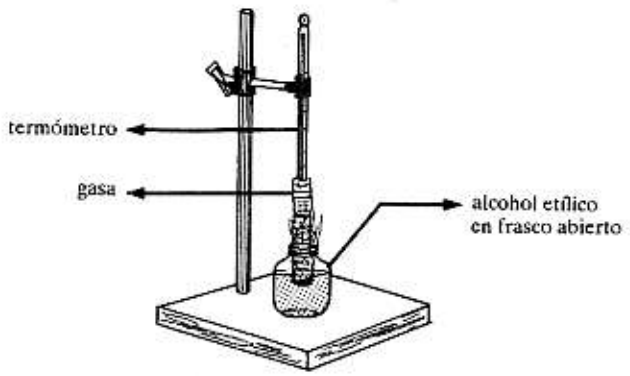


Figura 21.

El área de la gasa es muy grande (extiéndela para que lo observes); humedecida con alcohol y en contacto con el aire (recuerda que el frasco está tapado), el fenómeno de evaporación aumenta su rapidez y, por otra parte, la temperatura disminuye; es más, si soplas sobre la gasa, la temperatura disminuye más todavía.

Sin embargo, si tapas el frasco e introduces un termómetro, haciendo un orificio en la tapa, observarás que la temperatura aumenta hasta alcanzar la del ambiente.

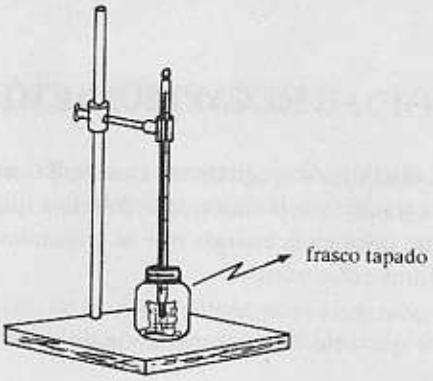


Figura 22.

Lo anterior se explica porque la evaporación cesa cuando sobre el líquido existe cierta cantidad de vapor de alcohol; se dice entonces que tenemos vapor saturado. Esto también sucede cuando sudamos: al evaporarse el sudor, baja la temperatura de nuestro cuerpo; sin embargo, en un baño de vapor el sudor no se evapora. Algo similar ocurre en los climas cálidos y húmedos.

RECAPITULACIÓN

Como has podido comprobar, el calor sólo se presenta en aquellas situaciones en las que por lo menos entre dos sistemas en contacto se da una transferencia de energía debido a que entre ambos existe una diferencia de temperaturas y energías, por lo que calor es la energía que se transmite de un cuerpo a otro, en virtud únicamente de una diferencia de temperaturas entre ellos.

Resumiendo podemos decir que sólo habrá transmisión de calor cuando entre dos cuerpos o sistemas exista diferencia en sus temperaturas.

Dos sistemas o cuerpos que están a igual temperatura (equilibrio térmico) pueden presentar variación en su energía interna, por lo tanto, no olvidemos que calor, energía interna y temperatura son tres conceptos totalmente diferentes.

Cuando ponemos en contacto dos o más cuerpos con la misma temperatura no existirá intercambio de energía calorífica entre ellos, no importando que uno sea de mayor masa que el otro.

Aunque cien litros de agua a 70 °C y un litro de agua a 70 °C, tienen la misma temperatura, los cien litros contienen cien veces más energía que el litro de agua. Esto nos permite recordar que la temperatura y la energía interna son dos propiedades distintas.

La transmisión de energía en forma de calor ocurre de distinta forma en sólidos, líquidos y gases; en los dos últimos (fluidos) se transmite por corriente de convección; los movimientos de masas de aire, al llevar corriente de calor de un lugar o otro, favorecen el cambio de clima en el planeta.

ACTIVIDADES DE CONSOLIDACIÓN

1. En la vida diaria, cuando tenemos frío nos ponemos un suéter; por otro lado, en el laboratorio has comprobado que la temperatura de un objeto de madera es la misma que la de uno de metal. Entonces, ¿a qué se debe que el súeter te "quite el frío"?

2. A continuación encontrarás cinco preguntas de opción múltiple; marca con una x la respuesta correcta.

a) Asociamos la existencia de calor:

i) A cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor. ( )
ii) Sólo con aquellos cuerpos que están "calientes". ( )
iii) A situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía. ( )

b) Calor es:

i) Energía cinética de las moléculas. ( )
ii) Energía transmitida sólo por una diferencia de temperaturas. ( )
iii) Energía contenida en un cuerpo. ( )

c) Si colocamos un cubito de hielo a 0 °C en un recipiente con agua también a 0 °C:

i) El agua cede calor al hielo. ( )
ii) Tanto el agua como el hielo están desprovistos de calor porque están a 0 °C. ( )
iii) Ninguno puede ceder calor al otro. ( )

d) La energía interna de un cuerpo puede estar asociada con:

i) Calor. ( )
ii) Energía cinética de átomos y moléculas. ( )
iii) Energías potenciales de átomos y moléculas. ( )

e) Cuando un buen conductor se pone en contacto con otro cuerpo cuya temperatura es más alta, el conductor transfiere energía:

i) Sin modificar su temperatura. ( )
ii) Después de modificar su temperatura. ( )
iii) Después de modificar su energía interna. ( )

3. Como recordarás, el problema para calcular la $\Delta E_i = (\ )\, m(\text{kg})\ \Delta T(\ ^{\circ}\text{C})$ del recipiente vacío de un kilogramo de masa que colocaste en la estufa quedó sin resolver. Puesto que ahora ya cuentas con datos acerca de la capacidad térmica específica de diferentes metales, calcula su energía interna para los siguientes casos:

i) Si el recipiente es de cobre.
ii) Si el recipiente es de aluminio.

LINEAMIENTO DE AUTOEVALUACIÓN

1. El ser humano disipa calor de adentro hacia el medio y puesto que el suéter es mal conductor de calor entre el cuerpo y el medio, funciona como un aislante para la disipación de calor.

2.

a) Recuerda que sólo se habla de calor cuando hay transferencia de energía entre dos sistemas, en virtud de sus diferencias de temperatura.

b) Para responder esta pregunta considera de nueva cuenta la respuesta del inciso *a*).

c) En este caso no existe una diferencia de temperaturas, por lo que se puede decir que están en equilibrio térmico y no hay transmisión de energía en forma de calor.

d) Recuerda que la energía interna de un cuerpo está relacionada con dos características: el movimiento de sus moléculas y su posición (altura).

e) No olvides que lo primero que ocurre es la tendencia a igualar sus temperaturas.

3. Los datos son:

masa del recipiente = 1 kg
cambio de temperatura = 40 °C

i) *CTE* = 0.398 kJ

ii) *CTE* = 0.900 kJ.