	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	1(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

1 ENERGÍA INTERNA

La materia está formada por átomos, moléculas o iones que se encuentran animados de un movimiento continuo. Este movimiento es lo que se denomina movimiento térmico, y su existencia es el fundamento de la **teoría cinética de la materia**.

Las partículas que forman la materia tienen energía cinética, debido a su movimiento térmico, y energía potencial, debida a las interacciones entre las partículas. La suma de estas energías de todas las partículas es la **energía interna, U**.

La energía interna depende de los siguientes factores:

- La cantidad de materia.
- El tipo de materia.
- La temperatura.

Es imposible determinar la energía interna de un cuerpo en unas condiciones determinadas. Solamente podemos conocer sus variaciones, ΔU , la energía ganada o perdida por un cuerpo.

2 TEMPERATURA Y PRESIÓN

Al transferir energía a un gas encerrado en un recipiente, se produce un aumento de la energía cinética de las partículas. Este aumento de la energía cinética hace que también aumente el número de choques de las partículas que forman el gas con las paredes del recipiente. Estos choques producen una fuerza contra las paredes del recipiente que son las responsables de la presión ejercida por el gas. Por tanto, al calentar el recipiente, se produce un aumento de la temperatura y de la presión.

La temperatura de un cuerpo es una magnitud relacionada con la **agitación térmica** de las partículas que lo forman. Cuanto mayor sea la agitación térmica de las partículas, mayor será la temperatura del cuerpo. La temperatura no depende de la cantidad de materia.

La temperatura, T , de un cuerpo es directamente proporcional a la energía cinética media de sus partículas: $T = K \overline{Ec}$


Podemos extraer las siguientes conclusiones:

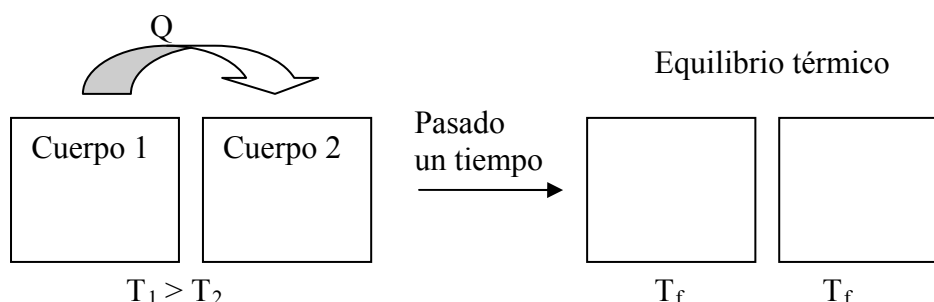
- Desde el punto de vista físico no tiene sentido hablar de temperaturas negativas ya que la energía cinética no puede ser negativa.
- Existe un límite inferior de las temperaturas. En efecto, cuando las partículas que constituyen el cuerpo están en reposo absoluto, la energía cinética media es 0 y, por tanto, la temperatura también será la mínima posible. No es posible enfriar más. Esta temperatura mínima, - **273,15 °C**, recibe el nombre de **cero absoluto**.

3 CALOR Y EQUILIBRIO TÉRMICO

Cuando dos cuerpos 1 y 2 que están a distinta temperatura ($T_1 > T_2$) se ponen en contacto, se produce una transferencia de energía del cuerpo que está a mayor temperatura (el cuerpo 1) al cuerpo que está a menor temperatura (el 2).

El **calor**, que se representa por **Q**, es la energía en tránsito que pasa de un cuerpo a otro. El proceso dura un cierto tiempo, al cabo del cual las temperaturas de los dos cuerpos se igualan y cesa la transferencia de energía. Se dice que los cuerpos al alcanzado el **equilibrio térmico**.

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	2(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	



Por conservación de la energía, la variación de la energía interna es la misma en los dos cuerpos, pero mientras que uno disminuye su energía interna, el cuerpo 1, el otro aumenta su energía interna, el 2.

Para el cuerpo 1: $Q_{\text{cedido}} = \Delta U_1 < 0$ (cede energía al cuerpo 2)

Para el cuerpo 2: $Q_{\text{absorbido}} = \Delta U_2 > 0$ (recibe energía del cuerpo 1)

Si los cuerpos están aislados del exterior, el calor cedido por el cuerpo 1 es igual al calor ganado por el cuerpo 2: $Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{absorbido}} = 0$

Por lo tanto, según nuestro criterio de signos, consideraremos positivo el calor absorbido por un cuerpo y negativo el calor cedido.

4 TERMÓMETROS Y ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Los termómetros son los instrumentos que miden la temperatura del equilibrio térmico de los cuerpos con los que se ponen en contacto.

Los termómetros miden la temperatura de manera indirecta. Utilizan propiedades de los cuerpos que varíen proporcionalmente con la temperatura. Las más utilizadas en los termómetros corrientes son:

- La dilatación de ciertas sustancias. Los termómetros de mercurio tienen un pequeño depósito de mercurio que se dilata con el aumento de la temperatura.
- La resistencia eléctrica de un material. En la actualidad existen materiales semiconductores cuya resistencia eléctrica es extremadamente sensible a las variaciones de temperatura. Los termómetros basados en esta tecnología muestran la medida digitalmente, tiene la ventaja de alcanzar el equilibrio térmico con mayor rapidez y son más precisos

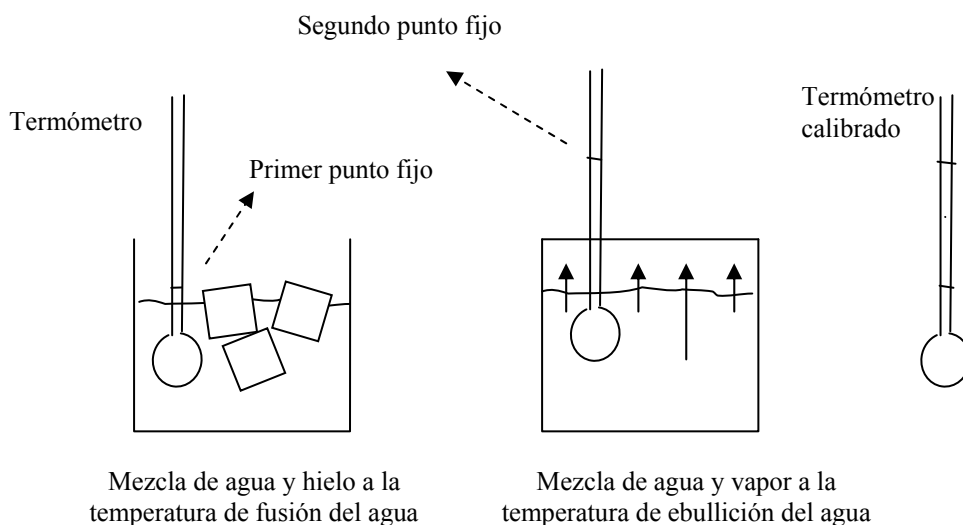
4.1 Construcción de un termómetro

Para calibrar un termómetro necesitamos **dos puntos fijos** que siempre se producen a la misma temperatura. Una vez medidos, se divide la distancia entre estos en función de la escala que se desee obtener. Por acuerdo, se toman como puntos fijos las temperaturas de fusión y de ebullición del agua a una atmósfera de presión.

Por ejemplo, veamos la construcción de un **termómetro de mercurio**.

Un termómetro de mercurio consta de un pequeño depósito con mercurio unido a un tubo de vidrio fino. Al aumentar la temperatura el mercurio se dilata y asciende por el tubo de vidrio.

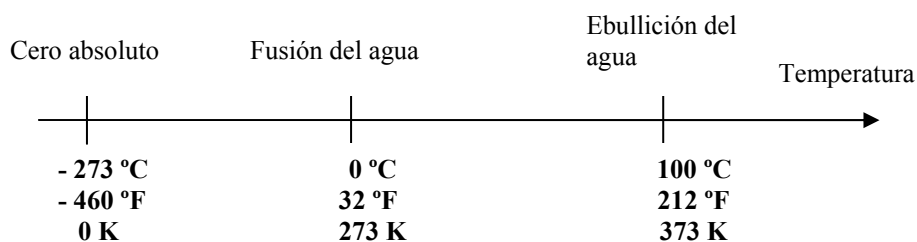
Para calibrar el termómetro de mercurio en primer lugar se introduce en un recipiente que contenga una mezcla de agua y hielo a la temperatura de fusión del agua. De esta forma se determina sobre el tubo de vidrio el primer punto fijo. Para determinar el segundo punto fijo se introduce el termómetro en un recipiente que contenga una mezcla de agua y vapor de agua a la temperatura de ebullición del agua.



4.2 Escalas Termométricas

En la actualidad se usan tres escalas:


- **Escala Fahrenheit.** Usó dos puntos fijos correspondientes a una mezcla de sal y agua para 0°F y la temperatura del cuerpo humano para 96°F . Son dos puntos fijos muy arbitrarios. En esta escala la temperatura de fusión del agua es de 32°F y la temperatura de ebullición es de 212°F .
- **Escala Celsius.** Marcó como 0°C la temperatura de fusión del hielo y como 100°C la temperatura de ebullición del agua.
- **Escala Kelvin o absoluta.** Esta escala se confeccionó a partir de medidas realizadas con un termómetro de gas. Se pudo estimar por extrapolación que la presión de los gases se anulaba a -273.15°C . A este suceso se le dio el valor 0 K y el resto de la escala se calibró según la escala Celsius, de modo que para la fusión del agua la temperatura es 273 K y para la temperatura de ebullición 373 K . En la escala Kelvin no existen las temperaturas negativas.



Las escalas Celsius y Kelvin son centígradas por que dividen el intervalo entre los puntos fijos en 100 partes.

Para transformar la temperatura en grados Celsius en Kelvin se puede usar la siguiente fórmula:

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$$

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	4(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

5 CALOR ESPECÍFICO

Si se le suministra calor a un cuerpo, el incremento de temperatura depende del tipo de sustancia, del estado en que se encuentre y de la cantidad de materia. Este hecho se describe mediante una propiedad física, característica de cada sustancia y de cada estado, que se denomina **calor específico: Ce**.

$$Q = m.Ce.\Delta T$$

El calor específico representa la cantidad de calor necesaria para que la unidad de masa aumente su temperatura un grado. La unidad del calor específico, en el sistema internacional, es el **J/KgK** o bien **J/Kg°C**

Sustancia	Calor específico (J/KgK)
Agua líquida	4180
Hielo	2100
Vapor de agua	1940
Alcohol	2450
Hierro	500
Cobre	1100
Plomo	125
Vidrio	840

También es muy frecuente usar la unidad **cal/g°C**. La **caloría** se define como la energía necesaria para que un gramo de agua eleve su temperatura un grado.

Significado del calor específico

Si despejamos el incremento de temperatura de la expresión anterior: $\Delta T = Q/m.Ce$

Un cuerpo que tenga un calor específico elevado necesita absorber mucha energía para lograr incrementar su temperatura (por ejemplo el agua). Por el contrario, un cuerpo que tenga un calor específico pequeño, no necesita absorber tanta energía (por ejemplo el hierro)

Ejemplo 1 Calcula el incremento de temperatura que se logra al suministrar 22000 J a un 1 kg de agua líquida. Compara el resultado anterior con el incremento de temperatura que se logra al suministrar la misma energía a un kilogramo de hierro.


Ejemplo 2 Se desea elevar la temperatura de un trozo de hierro de 200 gramos de 20 a 1000 °C. Calcula la energía que tiene que absorber el trozo de hierro.

Ejemplo 3 Un horno es capaz en 4 minutos de elevar la temperatura de 3 litros de agua de 20 °C a 100 °C. ¿Cuántos KJ proporcionará el horno cada minuto, suponiendo que sólo se aprovecha el 65 % de calor suministrado?

Ejercicio 1 Se transfieren $4 \cdot 10^5$ J de en forma de calor a un recipiente que contiene agua. Suponiendo despreciable la energía absorbida por el recipiente, calcula la cantidad de agua sabiendo que la temperatura aumentó de 20 a 24 °C. Dato: $C_e = 4180$ J/kg °C.

Ejercicio 2 ¿Qué temperatura inicial tenía una pieza de plomo de 250 gramos si después de comunicarle 6000 cal tiene una temperatura de 250 °C? Dato: C_e (plomo) = 0'03 cal/g.°C

Ejercicio 3 Un recipiente que contiene 12000 litros de agua alcanza los 50 °C después de suministrarle 9000 J. Calcula la temperatura inicial del agua. Dato: $C_e = 4180$ J/kg °C.

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	5(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

Ejercicio 4 Un trozo de hielo que se encuentra a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ alcanza una temperatura final de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ después de suministrarle 30 KJ. Calcula la masa de hielo. $C_e = 2100\text{ J/kg }^{\circ}\text{C}$.

Problemas de equilibrio térmico

En un proceso de mezcla de dos sustancias a distinta temperatura sin que se produzca cambio de estado y de forma que no se produzcan intercambios de materia ni de energía con el exterior (sistema aislado), la cantidad de calor que cede el cuerpo que se encuentra a mayor temperatura (cuerpo 1) es la misma que la cantidad de calor que absorbe el cuerpo frío (cuerpo 2):

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{absorbido}} &= 0 \\
 m_1 C_{e1} \Delta T_1 + m_2 C_{e2} \Delta T_2 &= 0 \\
 m_1 C_{e1} (T_e - T_1) + m_2 C_{e2} (T_e - T_2) &= 0
 \end{aligned}$$

Siendo “ T_e ” la temperatura en el equilibrio térmico.

Ejemplo 4 Se mezclan 200 g de agua a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ con 400 g de agua a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula la temperatura en el equilibrio térmico. Dato: $C_e(\text{agua}) = 4180\text{ J/KgK}$

Ejemplo 5 Se mezclan 800 gramos de agua a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ con 500 gramos de aceite a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula la temperatura en el equilibrio térmico.

Dato: $C_e(\text{agua}) = 4180\text{ J/KgK}$; $C_e(\text{aceite}) = 2450\text{ J/KgK}$

Ejemplo 6 Se deja caer una pieza de metal de 45 gramos a $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ en un recipiente que contiene medio litro de agua a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si la temperatura final en el equilibrio térmico es $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, determina el calor específico del metal

Ejemplo 7 En un recipiente que contiene 10 litros de agua a la temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ se deja caer una pieza de hierro de 600 g a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula la temperatura en el equilibrio térmico.

Dato: $C_e(\text{agua}) = 4180$ y $C_e(\text{hierro}) = 500\text{ J/KgK}$

Ejercicio 5 A 500 gramos de agua a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se le añaden 250 gramos de agua a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula:

- La temperatura en el equilibrio térmico.
- El calor cedido y absorbido en cada caso.

Ejercicio 6 En 2 litros de agua pura a la temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ introducimos un trozo de hierro de 600 g que está a la temperatura de $95\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Qué temperatura adquirirá el conjunto? Datos: $C_e(\text{agua líquida}) = 1\text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$; $C_e(\text{hierro}) = 0,117\text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$


Ejercicio 7 Se mezclan 450 gramos de aceite a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ con 780 gramos de aceite a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Cuál es la temperatura final de la mezcla?

Ejercicio 8 En un recipiente que contiene 12 litros de agua a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ sumergimos una bola de metal de 340 gramos de masa que se encuentra a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura en el equilibrio térmico es $96,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Cuál será el calor específico del metal sumergido?

Ejercicio 9 Se añaden 20 gramos de hielo a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ a un recipiente que contiene 350 gramos de hielo a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula:

- La temperatura en el equilibrio térmico.
- La energía cedida y absorbida en cada caso.

Ejercicio 10 Razona la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones: a) El calor específico se puede medir en cal/Kg.K , b) no existen temperaturas negativas en la escala kelvin y c) para lograr el equilibrio térmico los dos cuerpos aumentan su energía interna.

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	6(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

6 CAMBIOS DE ESTADO

La materia se puede encontrar en tres estados: **sólido, líquido y gaseoso**

Al transferir energía a un cuerpo mediante calor pueden suceder dos cosas:

- Si la temperatura del cuerpo no se corresponde con la temperatura de cambio de estado, se produce un incremento de la temperatura del cuerpo.
- Si la temperatura del cuerpo corresponde a la temperatura de cambio de estado, no se produce un aumento de temperatura, es decir, la energía suministrada no se emplea en aumentar la energía cinética de las partículas. En lugar del incremento de temperatura, se produce un cambio de estado. La energía transferida se emplea en modificar la estructura interna de la sustancia.

Toda sustancia tiene dos temperaturas de cambio de estado: **la temperatura de fusión, T_f** , que corresponde al cambio de estado de sólido a líquido (o de líquido a sólido) y **la temperatura de ebullición, T_e** , que corresponde al cambio de estado de líquido a vapor (o de vapor a líquido) Por ejemplo, para el agua la temperatura de fusión vale $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura de ebullición vale $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El calor que se absorbe o se cede por unidad de masa en un cambio de estado es una constante para cada sustancia y para cada cambio de estado que se conoce con el nombre de **calor latente** de cambio de estado, **L**. La cantidad de calor puesta en juego en un cambio de estado es:

$$Q = \pm m.L$$

El signo “+” si se absorbe energía, por ejemplo al fundirse el hielo en agua líquida, y el signo “-” si se desprende energía, por ejemplo al condensarse el vapor de agua en agua líquida. La unidad para el calor latente en el SI es J/Kg.

Para cada sustancia existen dos calores latentes, uno para el cambio de estado de sólido a líquido, **calor latente de fusión, L_f** , y otro para el cambio de estado de líquido a vapor, **calor latente de ebullición, L_e**

Sustancia	$T_f\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$T_e\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	$L_f\text{ (KJ/Kg)}$	$L_e\text{ (KJ/Kg)}$
Agua	0	100	334'4	2257
Hierro	1540	2800	275	6291
Alcohol	-117'3	78	108'9	840
Plomo	327		23	

Supongamos que tenemos un recipiente cerrado que contiene 500 gramos de hielo a la temperatura $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Veamos que sucede si calentamos dicho recipiente utilizando una fuente de calor cuyo suministro sea constante.

Al calentar el recipiente observamos que la temperatura aumenta desde los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ iniciales hasta los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, la temperatura de fusión del agua. Podemos calcular la energía que absorbe el hielo en esta primera etapa:

$$Q_1 = mC_e \Delta T = 0'5 \cdot 2100 \cdot (0 - (-20)) = 21000\text{ J}$$

Al alcanzar la temperatura de fusión del agua, los cubitos de hielo empiezan a fundirse y aparece el agua líquida. Se está produciendo el cambio de estado. Durante todo el tiempo que dura el cambio de estado la temperatura permanece constante. Podemos calcular la energía absorbida durante el cambio de estado:

$$Q_2 = m.L_f = 0'5 \cdot 334'4 = 167,2\text{ KJ} = 167200\text{ J}$$

Cuando todo el hielo se transforma en agua líquida termina el cambio de estado. A partir de ese momento la temperatura vuelve a aumentar hasta alcanzar los $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, la temperatura de ebullición del agua. Podemos calcular la energía absorbida por el agua en la tercera etapa:



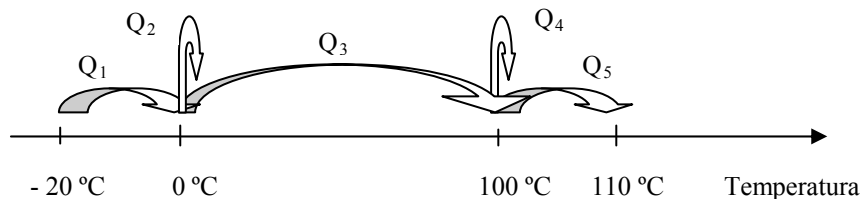
$$Q_3 = mCe \Delta T = 0'5 \cdot 4180 \cdot (100 - 0) = 209000 \text{ J}$$

Al alcanzar los 100 °C se produce el cambio de estado de agua líquida a vapor. Durante todo el tiempo que dura el cambio de estado la temperatura permanece constante. Podemos calcular la energía absorbida durante el cambio de estado:

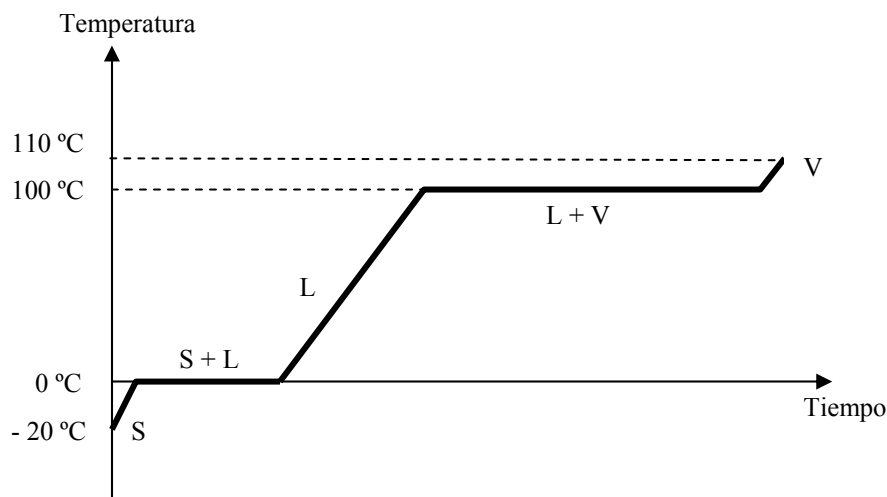
$$Q_4 = m \cdot L_f = 0'5 \cdot 2257 = 1128'5 \text{ KJ} = 1128500 \text{ J}$$

Al concluir el cambio de estado de líquido a vapor, si continuamos calentando el recipiente, la temperatura aumentará por encima de los 100 °C. Supongamos que calentamos hasta que el termómetro marca 110 °C. Podemos calcular la energía absorbida en la última etapa:

$$Q_5 = mCe \Delta T = 0'5 \cdot 1940 \cdot (110 - 100) = 9700 \text{ J}$$




Podemos representar el proceso anterior en una gráfica temperatura tiempo (teniendo presente que el tiempo que dura cada etapa es proporcional a la cantidad de energía absorbida)



Ejemplo 8 ¿Qué masa de hielo a 0 °C se puede fundir si se le suministra $5 \cdot 10^5 \text{ J}$? L_f (agua) = 334'4 KJ/Kg

Ejemplo 9 El aluminio funde a 660 °C. ¿Qué cantidad de energía hay que transferir a 2 kg de aluminio a 20 °C para que funda completamente? Representa el proceso en un diagrama temperatura-tiempo
Datos: C_e (aluminio) = 896 J/KgK; L_f (aluminio) = 396'6 KJ/Kg

Ejercicio 11 ¿Cuántas Kcal absorben 2 litros de agua a 100 °C al evaporarse? L_v (agua) = 537 cal/g

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	8(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

Ejercicio 12 Un recipiente contiene 450 gramos de vapor de agua a 110 °C. Enfriamos el recipiente hasta lograr una temperatura de 20 °C.

- Calcula el calor cedido por el agua en cada etapa del proceso.
- Representa el proceso en una gráfica Temperatura-Tiempo

Ejercicio 13 Una lámpara que radia $2 \cdot 10^4$ calorías/minuto está completamente rodeada de hielo a 0 °C. ¿Cuánto hielo fundirá en una hora?

Ejercicio 14 Tenemos una pieza de cobre de 2'5 kg a la temperatura de 18 °C.

- Calcula la energía necesaria para fundir la pieza.
- Representa el proceso en un diagrama Temperatura -Tiempo

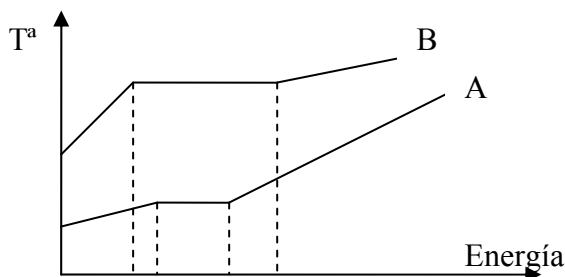
Datos: T_f (cobre) = 1083 °C; L_f (cobre) = 205656 J/kg. C_e (cobre) = 383 J/kg°C.

Ejercicio 15 ¿Qué calor se desprende al convertir 2 litros de agua a 20 °C en hielo a - 18 °C? Datos: C_e (agua líquida) = 1 cal/g.°C; C_e (hielo) = 0'55 cal/g.°C; L_f (hielo) = 80 cal/g

Ejercicio 16 Tenemos una pieza de aluminio de 250 gramos a 20 °C ¿Qué energía necesita absorber el bloque de aluminio para aumentar su temperatura hasta los 500 °C? ¿Se producirá un cambio de estado?

Datos: T_f (aluminio) = 657 °C; C_e (aluminio) = 896 J/KgK;

Ejercicio 17 Al calentar 250 gramos de dos sustancias sólidas desconocidas "A" e "B" se obtiene la gráfica de la figura: a) ¿Qué sustancia tiene el mayor calor específico en estado sólido? ¿Y en estado líquido? b) ¿Qué sustancia tiene el mayor calor latente de fusión? c) ¿Qué sustancia tiene mayor temperatura de fusión?



7 MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DEL CALOR

- **Conducción**

Es el mecanismo de transferencia del calor en sólidos. La propagación de energía se produce sin que exista desplazamiento de materia. Las partículas transmiten, mediante choques, energía cinética a las partículas adyacentes.

El comportamiento de los materiales con respecto a la transmisión del calor por conducción permite hacer una clasificación en: **conductores**, de propagación rápida como los metales, y en **aislantes**, de propagación muy lenta como los plásticos, la madera y el corcho.

- **Convección**

Es el mecanismo de transferencia de energía en líquidos y gases. La propagación de la energía se produce por desplazamiento de materia. Las zonas de mayor temperatura aumentan su volumen, disminuye su densidad y ascienden. Por el contrario, las zonas de menor temperatura descienden. Se obtiene un movimiento ascendente y descendente de la materia que constituye las **corrientes de convección**

- **Radiación**

Un cuerpo a mayor temperatura que el entorno que lo rodea emite energía en forma de ondas electromagnéticas. De este tipo es la energía que nos llega del sol a través del espacio vacío. Estas ondas transportan energía sin transportar materia y sin necesidad de un medio material para su propagación

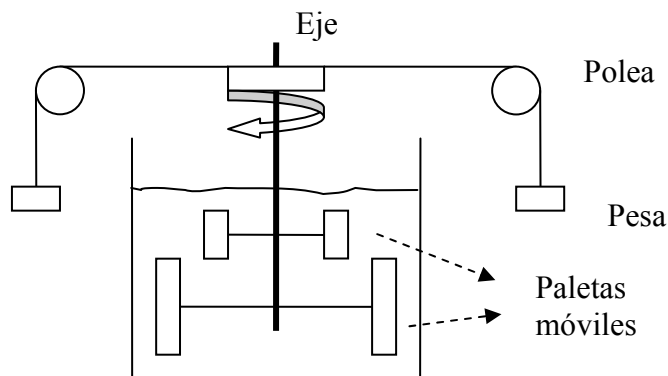
8 TRABAJO Y CALOR



El trabajo y el calor son energía en tránsito. Si el tránsito se debe a una diferencia de temperatura se denomina calor; si el tránsito se debe al desplazamiento por acción de una fuerza se denomina trabajo.

Por experiencia sabemos que para que un cuerpo aumente su temperatura no es imprescindible suministrarle energía en forma de calor. Basta frotar repetidamente dos cuerpos, es decir, hacer un trabajo mecánico, para elevar la temperatura.

Hacia 1843 el físico inglés **Joule** demostró experimentalmente que una misma cantidad de energía mecánica siempre produce la misma cantidad de calor.



Para ello empleó un recipiente con una cierta cantidad de agua. La caída de unas pesas de masa conocida provocaba el movimiento de rotación de unas paletas que hace que se caliente el agua por fricción. La energía mecánica se transforma en calor.

Tras muchos experimentos, Joule demostró cuantitativamente que hay una relación constante entre el trabajo mecánico realizado por las paletas, que es igual a la energía potencial que pierden las pesas al caer, y el calor absorbido por el agua. Estableció la relación entre la Caloría y el Julio: **1 cal = 4'18 J**

8.1 Principio de conservación de la energía

Trabajo y calor son dos formas de modificar la energía interna de un sistema. Podemos establecer matemáticamente el enunciado anterior de la siguiente manera:

$$\Delta U = Q + W$$

Si un sistema está **aislado** del exterior, de manera que no puede realizar intercambios de energía, su energía interna permanece constante: $\Delta U = 0$

El Universo en su totalidad es un sistema aislado, por lo que podemos establecer que la energía del Universo permanece constante.

Ejemplo 10 Un sistema aumenta su energía interna en 5000 J. Si realiza un trabajo de 2000 J, ¿qué energía transfiere en forma de calor?

Ejemplo 11 Un sistema realiza un trabajo de 750 J, sin variar su temperatura ni cambiar de estado. ¿Cuál ha sido la variación de su energía interna?

Ejemplo 12 Para determinar el calor específico de un metal se dispara horizontalmente un proyectil de 80 gramos de masa, con una velocidad de 300 m/s, contra un obstáculo de 500 gramos. El proyectil y el obstáculo están fabricados con el mismo metal y se supone que tienen la misma temperatura. Al chocar el proyectil con el obstáculo queda incrustado en su interior, produciéndose un incremento de temperatura



del conjunto pieza-proyectil de 4'5 °C. Suponiendo que toda la energía del proyectil se transforma en calor por fricción, determina el calor específico del metal.

Ejercicio 18 Un sistema intercambia $2 \cdot 10^5$ J de calor y $8 \cdot 10^5$ J de trabajo con el exterior. Calcula la variación de su energía interna, en los siguientes casos.

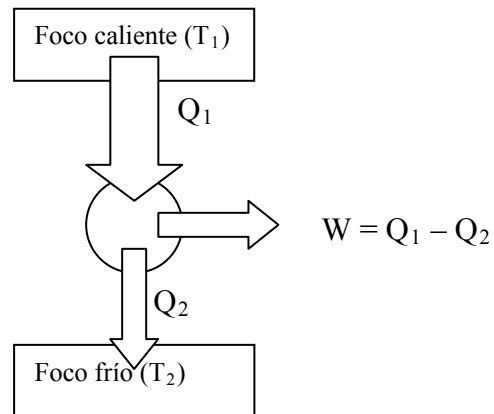
- El sistema recibe calor y realiza trabajo.
- El sistema recibe calor y se realiza trabajo sobre él.
- El sistema cede calor y realiza trabajo.
- El sistema cede calor y se realiza trabajo sobre él.

8.2 Máquinas térmicas y rendimiento

Las máquinas térmicas son dispositivos mecánicos que aprovechan una fuente de calor para realizar un trabajo mecánico. La experiencia establece que no es posible transformar íntegramente el calor en trabajo mecánico: una parte de la energía se transfiere en forma de calor.

El siguiente esquema corresponde a una máquina térmica:

La máquina toma calor de un foco caliente (Q_1), realiza un trabajo mecánico (W) y cede calor (Q_2) a un foco frío. El trabajo realizado es la diferencia entre el calor tomado del foco caliente y el cedido al foco frío.



Los **motores de explosión** de los coches constituyen un buen ejemplo de máquinas térmicas. Al quemar la gasolina se obtiene energía para mover un pistón y producir el trabajo mecánico para desplazar el coche.

Otro ejemplo es la **máquina de vapor** que permitió mecanizar el trabajo en las fábricas y supuso la primera revolución industrial en el siglo XIX. En la máquina de vapor se quema un combustible para obtener energía que se emplea en calentar agua para convertirla en vapor. El vapor desplaza un émbolo y produce el trabajo mecánico.

Rendimiento de las máquinas térmicas

Las máquinas térmicas son unos dispositivos que no producen mucho trabajo mecánico, la mayor parte de la energía se desperdicia en calentar las piezas de la propia máquina. El rendimiento de la máquina es el cociente entre el trabajo mecánico realizado por la máquina y la energía tomada del foco caliente:


$$R = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

El rendimiento de un motor de explosión no llega al 40%.

El rendimiento se puede expresar en función de las temperaturas de los focos: $R = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

Ejemplo 13 Se aportan 400 KJ por minuto a una máquina térmica que ofrece un rendimiento del 30%. Calcula: a) El trabajo mecánico realizado por minuto, b) la energía desperdiciada en 24 horas.

Ejercicio 19 Una máquina térmica toma 40000 J de un foco caliente y realiza un trabajo de 16000 J. a) Dibuja un esquema de la máquina térmica, b) calcula el rendimiento

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	11(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

Ejercicio 20 Tomando como modelo el esquema de una máquina térmica dibuja un esquema que represente el funcionamiento de un frigorífico.

Ejercicio 21 Se aportan 340 KJ por minuto a una máquina térmica que ofrece un rendimiento del 28%. Calcula: a) El trabajo mecánico realizado por minuto, b) la energía desperdiciada por minuto, c) la potencia de la máquina (en KW)

9 DILATACIÓN DE LOS CUERPOS

Los cuerpos experimentan variación de volumen al aumentar su temperatura. A este fenómeno se le denomina dilatación.

Aunque un sólido se dilata siempre en las tres dimensiones, cuando se trata de varillas, vigas, raíles, etc. la dilatación longitudinal es mucho más apreciable y, en muchos casos, sólo se tiene en cuenta esta dimensión.

Aunque el aumento de longitud sea apenas apreciable, sus repercusiones en ingeniería y arquitectura son muy importantes. Para evitar deformaciones peligrosas en las construcciones se dejan las llamadas **juntas de dilatación**, que son pequeños huecos de separación intercalados, por ejemplo, entre dos raíles del tren.

Para estudiar el aumento de longitud (ΔL) de un material con el incremento de temperatura (ΔT) podemos emplear la siguiente expresión:

$$\Delta L = L_0 \cdot \lambda \cdot \Delta T$$

Donde " L_0 " es la longitud inicial y " λ " el **coeficiente de dilatación lineal**, una propiedad de cada sustancia.

Sustancia	Coeficiente de dilatación (1/°C)
Hierro	$1'2 \cdot 10^{-5}$
Aluminio	$2'4 \cdot 10^{-5}$
Vidrio	$9 \cdot 10^{-6}$

Ejemplo 14 Calcula la dilatación de una viga de hierro de 8 metros cuando sufre un incremento de temperatura de 20 °C

Ejercicio 22 La longitud de una varilla de aluminio a 0 °C es de 65 cm. ¿Qué longitud tendrá cuando la temperatura sea de 48 °C?


Ejercicio 23 Una tubería de cobre tiene una longitud de 1'4 metros a 10 °C. Calcula la longitud a 37 °C. Datos: Coeficiente de dilatación lineal ($1'7 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$)

Ejercicios para trabajar en casa

Calor específico

Ejercicio 1 Un kilogramo de agua y un kilogramo de mercurio se enfrían desde la temperatura de 80 °C hasta la de 0 °C ¿Cuál de los desprenderá más calor?
 Datos: $C_e(\text{agua líquida}) = 1 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{°C}$; $C_e(\text{mercurio}) = 0'03 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{°C}$

Ejercicio 2 En 3 litros de agua pura a la temperatura de 10 °C introducimos un trozo de hierro de 400 g que está a la temperatura de 150 °C. ¿Qué temperatura adquirirá el conjunto?
 Datos: $C_e(\text{agua líquida}) = 1 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{°C}$; $C_e(\text{hierro}) = 0'117 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{°C}$

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	12(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

Ejercicio 3 Calcula la energía que hay que transferir en forma de calor a 0'5 litros de aceite para que aumente su temperatura de 20 °C a 150 °C.

Datos: Densidad del aceite (900 Kg/m³) y calor específico del aceite (2508 J/Kg°C)

Ejercicio 4 Se ha puesto cierta cantidad de agua en una cazuela y se le han transferido 167200 J de energía en forma de calor para que eleve su temperatura en 80 °C ¿Cuántos litros de agua se han empleado? Dato: C_e = 4180 J/kg °C.

Ejercicio 5 ¿Qué temperatura inicial tenía un bloque de 3 Kg de plomo si después de comunicarle 5 Kcal tiene una temperatura de 65 °C? Dato: C_e (plomo) = 0'03 Kcal/Kg.°C

Ejercicio 6 Una cocina de gas es capaz en 10 minutos de elevar la temperatura de 5 Kg de agua de 20 °C a 80 °C. ¿Cuántas Kcal proporcionará la cocina cada minuto, suponiendo que sólo se aprovecha el 75 % de calor suministrado?

Equilibrio térmico

Ejercicio 7 Se mezclan 5 litros de agua a 20 °C con 3,5 litros de agua a 55 °C. ¿Cuál es la temperatura final de la mezcla? Dato: C_e del agua = 4180 J/kg °C.

Ejercicio 8 Si queremos obtener 140 litros de agua pura a 38 °C, mezclando agua a 18 °C con agua a 88 °C, ¿Qué cantidad de agua de cada una de estas temperaturas habrá que mezclar?

Ejercicio 9 Un recipiente contiene 800 gramos de agua a 7 °C. Si sumergimos una bola de metal de 500 gramos de masa que se encuentra a 100 °C, la temperatura final del agua es de 11'9 °C. ¿Cuál será el calor específico del metal sumergido?

Ejercicio 10 Un objeto metálico de 1,5 kg de masa a 60 °C se introduce en 10 litros de agua a 20 °C. Cuando se alcanza el equilibrio térmico, la temperatura es 20'54 °C. ¿Cuál es el calor específico del objeto metálico? El sistema está perfectamente aislado y la energía disipada es despreciable. Dato: Calor específico del agua (4180 J/kg °C)

Ejercicio 11 En cierta cantidad de agua a 15 °C se introduce un bloque de cobre de 2 kg a 500 °C. Suponiendo que el sistema está perfectamente aislado y no hay disipación de energía, ¿cuántos litros de agua serán necesarios, si la temperatura en el equilibrio térmico que se quiere alcanzar es 20 °C? Datos: C_e del cobre = 383 J/kg°C y C_e del agua = 4 180 J/kg°C

Ejercicio 12 Para elevar la temperatura de un cubo de plomo de 2 kg en 40 °C, se necesitan 10400 J. Y, para elevar en 50 °C la temperatura de un cubo de cobre de 0,5 kg, se necesitan 9625 J. ¿Cuál tiene mayor calor específico?

Ejercicio 13 ¿Cuántas calorías se deberá suministrar al aire de una habitación de 7 m de longitud, 5 m de anchura y 4 metros de altura para elevar su temperatura de 10 °C a 23 °C?


Datos: C_e(aire) = 0'24 Kcal/Kg.°C; densidad (aire) = 1'293.10⁻³ Kg/l

Cambios de estado

Ejercicio 14 ¿Cuántas Kcal absorben 570 gramos de agua a 100 °C al evaporarse? L_v (agua) = 537 Kcal/Kg

Ejercicio 15 Medio kilogramos de vapor de agua a 100 °C se condensa primero y luego se enfría a 50 °C. ¿Cuánto calor desprende? Datos: L_v (agua) = 537 Kcal/Kg; C_e(agua líquida) = 1 Kcal/Kg.°C

Ejercicio 16 Una lámpara que radia 150 calorías/segundo está completamente rodeada de hielo a 0 °C. ¿Cuánto hielo fundirá en un minuto? Datos: L_f(hielo) = 80 Kcal/Kg

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	13(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

Ejercicio 17 ¿Qué calor se requiere para convertir 1 gramo de hielo a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en vapor a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?
 Datos: $C_e(\text{agua líquida}) = 1\text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$; $C_e(\text{hielo}) = 0\text{'55 cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$; $L_v(\text{agua}) = 540\text{ cal/g}$; $L_f(\text{hielo}) = 80\text{ cal/g}$

Ejercicio 18 Calcula la energía que hay que transferir en forma de calor a una barra de hielo de 10 kg de masa a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ para que se transforme en vapor de agua a $115\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 Datos: Calor latente de fusión = $334,4\text{ kJ/kg}$, calor latente de vaporización = 2257 kJ/kg , calor específico (hielo) = $2090\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$, calor específico (vapor de agua) = $1881\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 19 ¿Qué energía es necesario transferir a un bloque de cobre de 5 kg de masa que se encuentra a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para que se funda? Datos: $T_f = 1083\text{ }^{\circ}\text{C}$; $L_f = 205656\text{ J/kg}$. $C_e = 383\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$.

Ejercicio 20 ¿Cuántos litros de agua a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ es necesario mezclar con un bloque de 2 kg de hielo a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para que la temperatura de la mezcla sea $10\text{ }^{\circ}\text{C}$? El sistema está perfectamente aislado.
 Datos: $C_e(\text{hielo}) = 2090\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$; $L_f = 334\text{ 400 J/kg}$. $C_e(\text{agua}) = 4180\text{ J/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 21 Un bloque de hierro de 2 Kg se saca de un horno donde su temperatura es de $650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se coloca sobre un bloque de hielo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suponiendo que todo el calor cedido por el hierro se utiliza para fundir hielo, ¿cuánto hielo se fundirá? Datos: $L_f(\text{hielo}) = 80\text{ cal/g}$; $C_e(\text{hierro}) = 0\text{'113 cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$

Ejercicio 22 ¿Qué calor se requiere para convertir 2 gramos de hielo a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en vapor a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?
 Datos: $C_e(\text{agua líquida}) = 1\text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$; $C_e(\text{hielo}) = 0\text{'55 cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$; $L_v(\text{agua}) = 540\text{ cal/g}$; $L_f(\text{hielo}) = 80\text{ cal/g}$

Ejercicio 23 ¿Qué calor se desprende al convertir 100 gramos de agua líquida a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ en hielo a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$? Datos: $C_e(\text{agua líquida}) = 1\text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$; $C_e(\text{hielo}) = 0\text{'55 cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$; $L_f(\text{hielo}) = 80\text{ cal/g}$

Ejercicio 24 Tenemos 200 gramos de un compuesto X a la temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula la cantidad de calor necesaria para:

- Aumentar la temperatura a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Disminuir la temperatura a $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Datos:

	$T_f(^{\circ}\text{C})$	$T_e(^{\circ}\text{C})$	$C_e(\text{Kcal/Kg}\cdot^{\circ}\text{C})$	$L_f(\text{Kcal/Kg})$	$L_e(\text{Kcal/Kg})$
X	- 74	- 28	0'15 (sólido) 0'5 (líquido) 0'2 (gas)	90	256

Ejercicio 25 Tenemos 600 gramos de un compuesto Y a la temperatura de $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcula la cantidad de calor necesaria para:

- Aumentar la temperatura a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Disminuir la temperatura a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Datos:


	$T_f(^{\circ}\text{C})$	$T_e(^{\circ}\text{C})$	$C_e(\text{Kcal/Kg}\cdot^{\circ}\text{C})$	$L_f(\text{Kcal/Kg})$	$L_e(\text{Kcal/Kg})$
X	- 20	12	0'11 (sólido) 0'3 (líquido) 0'1 (gas)	110	187

Ejercicio 26 ¿Qué cantidad de energía hay que transferirle a 450 gramos de oro a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para fundirlos completamente? Representa el proceso en un diagrama temperatura - tiempo.

Dato: $C_e(\text{oro}) = 126\text{ J/Kg}\cdot\text{K}$; $L_f(\text{oro}) = 62\text{'8 KJ/Kg}$; $T_f(\text{oro}) = 1065\text{ }^{\circ}\text{C}$

Trabajo, calor y máquinas térmicas

Ejercicio 27 Un sistema aumenta su energía interna en 4000 J y realiza un trabajo de 12000 J. Calcula la energía ganada o perdida en forma de calor.

	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	14(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

Ejercicio 28 Un sistema realiza un trabajo de 400 J, sin variar su temperatura ni cambiar de estado. ¿Cuál ha sido la variación de su energía interna?

Ejercicio 29 Un sistema aumenta su energía interna en 4500 J. Si realiza un trabajo de 2000 J, ¿qué energía transfiere en forma de calor?

Ejercicio 30 Un sistema intercambia 500 J de calor y 600 J de trabajo con el exterior. Calcula la variación de su energía interna, en los siguientes casos.

- El sistema recibe calor y realiza trabajo.
- El sistema recibe calor y se realiza trabajo sobre él.
- El sistema cede calor y realiza trabajo.
- El sistema cede calor y se realiza trabajo sobre él.

Ejercicio 31 Una máquina térmica toma 50000 J de un foco caliente y realiza un trabajo de 20000 J. Calcula el rendimiento de la máquina y el calor cedido al foco frío.

Ejercicio 32 Se aportan 320 KJ por minuto a una máquina térmica que ofrece un rendimiento del 18%. Calcula el trabajo mecánico realizado en una hora.

Ejercicio 33 Una máquina térmica que trabaja entre 240 °C y 60 °C toma 600 KJ por hora del foco caliente. Calcula: a) El rendimiento de la máquina, b) La energía cedida al foco frío y c) la potencia

Dilatación

Ejercicio 34 La longitud de una viga de hierro a 0 °C es de 200 m. ¿Qué longitud tendrá cuando la temperatura sea de 80 °C? ¿Cuál ha sido la variación de su longitud?

Dato: El coeficiente de dilatación lineal del hierro es $117 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

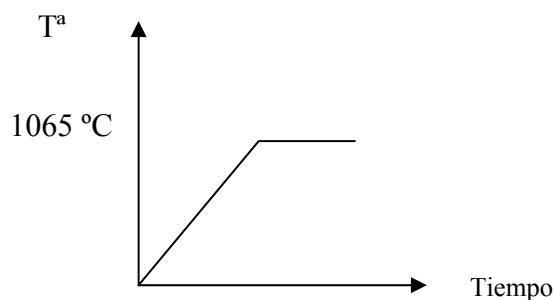
Ejercicio 35 Halla el coeficiente de dilatación lineal del hierro, sabiendo que una viga de 50 metros a 20 °C aumenta su longitud en 3,5 cm cuando está a 80 °C.


Ejercicio 36 La masa de un cilindro de cobre es 2 Kg estando a 20 °C. ¿Qué masa tendrá y que volumen ocupará a 400 °C? Datos: Coeficiente de dilatación lineal ($17 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$); Densidad a 20 °C (8900 Kg/m^3)

Ejercicio 37 A un objeto de 500 gramos de aluminio se le transfiere energía para elevar su temperatura a 100 °C. ¿Cuánto valdrá su densidad a dicha temperatura si la densidad del aluminio a 20 °C es 2700 Kg/m^3 ? Datos: Coeficiente de dilatación lineal del aluminio ($23 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

Soluciones de los ejercicios para trabajar en casa

Solución 1 El agua ($Q = - 80 \text{ Kcal}$); **Solución 2** $12 \cdot 15 \text{ } ^\circ\text{C}$; **Solución 3** 146718 J; **Solución 4** 0,5 litros de agua; **Solución 5** $9 \cdot 4 \text{ } ^\circ\text{C}$; **Solución 6** 40 Kcal/minuto; **Solución 7** $34 \cdot 41 \text{ } ^\circ\text{C}$; **Solución 8** 40 Kg de agua a $88 \text{ } ^\circ\text{C}$ y 100 Kg de agua a $18 \text{ } ^\circ\text{C}$; **Solución 9** $0 \cdot 089 \text{ Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$; **Solución 10** $382 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$; **Solución 11** $17 \cdot 6$ litros de agua; **Solución 12** El cobre; **Solución 13** $564 \cdot 7 \text{ Kcal}$; **Solución 14** $306 \cdot 1 \text{ Kcal}$; **Solución 15** $- 293 \cdot 5 \text{ Kcal}$; **Solución 16** $0 \cdot 11 \text{ Kg}$; **Solución 17** $725 \cdot 5 \text{ cal}$; **Solución 18** $30660 \cdot 65 \text{ KJ}$; **Solución 19** $3063 \cdot 9 \text{ KJ}$; **Solución 20** $18 \cdot 5$ litros; **Solución 21** $1836 \cdot 25$ gramos; **Solución 22** 1462 cal; **Solución 23** $- 18660 \text{ cal}$; **Solución 24** a) $2 \cdot 8 \text{ Kcal}$; b) $- 77 \text{ Kcal}$; **Solución 25** a) 114 Kcal ; b) $- 71 \cdot 37 \text{ Kcal}$; **Solución 26** $87624 \cdot 9 \text{ J}$



	FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO Apuntes: Energía Térmica y Calor	15(15)
	Autor: Manuel Díaz Escalera (http://www.fgdiazescalera.com) Colegio Sagrado Corazón, Sevilla (España)	

Solución 27 Gana 16000 J; **Solución 28** - 400 J; **Solución 29** Recibe 6500 J; **Solución 30** a) - 100 J; b) 1100 J; c) - 1100 J; d) 100 J; **Solución 31** 40% y 3000 J; **Solución 32** $3'45 \cdot 10^6$ J; **Solución 33** a) 35%, b) $1'1 \cdot 10^6$ J, c) 600 KW; **Solución 34** 200'187 m; 18'7 cm; **Solución 35** $1'17 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; **Solución 36** La masa será la misma y el volumen 229 cm^3 ; **Solución 37** $2685'18 \text{ Kg/m}^3$