

## Unidad 6: LA ENERGÍA Y SU TRANSFERENCIA. TRABAJO Y CALOR.

### EXPLORA TUS IDEAS.

1. Los explosivos empleados para ir abriendo un túnel tienen:
  - a) Mucha energía.
  - b) Mucha fuerza.
  - c) Mucho calor.
2. ¿Cuál de los siguientes comentarios te parece apropiado?
  - a) Los alumnos y alumnas tienen energía por ser seres vivos, pero los libros y las mesas no.
  - b) Todos los objetos tienen energía aunque no siempre la ponen de manifiesto.
  - c) Los objetos tienen energía sólo si se está produciendo un cambio en ellos: se mueven, se queman...
3. Cuando una linterna se enciende, las pilas se van gastando en iluminar la bombilla. ¿Dónde va la energía de la bombilla?
  - a) Se pierde, pues se gasta al iluminar.
  - b) Termina por calentar el aire del ambiente.
  - c) Vuelve a la pila cargándola parcialmente.
4. Para desenroscar las tuercas de la rueda de un coche utilizamos una palanca. ¿Cómo actúa?
  - a) Permite gastar menos energía.
  - b) Permite hacer menos fuerza.
  - c) Se hace la misma fuerza pero más cómodamente.
5. Las centrales hidroeléctricas obtienen la energía eléctrica a partir del agua embalsada. ¿Cómo lo hacen?
  - a) Extrayéndola directamente del agua, ya que ésta contiene electricidad.
  - b) Utilizando el agua para refrigerar el dispositivo que produce la electricidad.
  - c) Utilizando el agua para mover un dispositivo que produce electricidad.
6. Al quemar el butano de la bombona, podemos decir que:
  - a) Hemos gastado energía.
  - b) Hemos gastado combustible, por lo que queda menos energía utilizable.
  - c) Hemos consumido el calor contenido en las moléculas de butano.
7. Un tarro pequeño se llena con hielo, se tapa perfectamente y el exterior se seca con una toalla. Unos minutos después, la parte exterior del tarro está mojada. ¿De dónde viene el agua que hay en el exterior del tarro?
  - a) El hielo se derrite y el agua pasa a través de los poros del vidrio.
  - b) El frío hace que el oxígeno y el hidrógeno del aire formen agua.
  - c) El agua del aire se pega al vidrio frío.
  - d) El frío atraviesa el cristal y se convierte en agua.
8. De las siguientes expresiones, señala la correcta:
  - a) El Sol tiene mucho calor y por eso lo manda a la Tierra.
  - b) EL Sol transfiere energía a la Tierra en forma de calor, porque tiene una temperatura muy superior.
  - c) El Sol transfiere temperatura a la Tierra.
9. Para descongelar el parabrisas de un coche se puede echar un vaso de agua caliente. Indica que afirmación te parece correcta:
  - a) Cuanta más agua echamos, más temperatura aportamos y se descongela el hielo.
  - b) Cuanta más agua echamos, más energía aportamos y se descongela el hielo.
10. Al echar un vaso de agua a 90 °C a una bañera con 100 kg de agua a 30 °C, ocurrirá que:
  - a) Pasará energía del que más tiene, la bañera, al que menos tiene el vaso de agua.
  - b) No habrá intercambio de energías entre ellos.
  - c) Pasará energía del vaso a la bañera por tener mayor temperatura.
11. Si se afirma que la tónica con hielo está más fría que la limonada, lo que se quiere decir es que:
  - a) La tónica tiene menos temperatura que la limonada.
  - b) La tónica tiene menos calor que la limonada.



**Potencia:** Si además del cambio de energía que se ha producido, tenemos en cuenta lo rápido que ha cambiado (el tiempo empleado), llegamos a una magnitud llamada potencia ( $P$ ), que nos indica el incremento de energía por unidad de tiempo (por cada segundo). Así

$$P = \frac{\Delta E}{t}$$

Unidades: En el S.I. :  $\frac{J}{s} = \text{vatio (W)}$

Otras: caballo de vapor (C.V.): 1 C.V. = 735 W.

### Ejercicios

**1.1** ¿Poseen energía los sistemas siguientes? ¿De qué tipo?

- El aire en movimiento.
- Una pila eléctrica.
- El cuaderno de física y química.
- Un muelle comprimido.
- El agua embalsada en una presa.

**1.2** Razonar los cambios de energía que ocurren en las siguientes situaciones.

- a) Una piedra cae en caída libre.
- b) Un trozo de hielo se derrite
- c) Una grúa eléctrica eleva una viga hasta un tercer piso.
- d) Una bola que va rodando termina parándose.
- e) Un coche arranca y acelera.

**1.3** a) Tenemos una bombilla de 60 W. ¿qué significa ese número? Si se mantiene encendida 3 horas ¿cuánta energía habrá consumido?

b) Vemos en la publicidad de un automóvil que tiene 100 caballos. Explicar el significado de dicho número.

## 2. ENERGÍA CINÉTICA, ENERGÍA POTENCIAL, ENERGÍA MECÁNICA.

- ¿Quién tiene mayor energía, un camión o un coche que van a la misma velocidad? ¿Y si se trata del mismo coche, pero primero circula a 60 km/ y luego a 90 km/h?
- Un salto de agua posee una energía que se utiliza para producir electricidad, pero ¿de qué factores va a depender la mayor o menor energía que tiene el salto?

### Energía cinética ( $E_c$ ):

Los cuerpos, por el hecho de estar en movimiento, poseen lo que denominamos **energía cinética**. La energía cinética de un cuerpo depende de su masa,  $m$ , y de la velocidad,  $v$ , que lleve. La ecuación que relaciona estas variables es:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

### Energía potencial gravitatoria ( $E_{pg}$ ):

Los cuerpos almacenan energía (pueden producir cambios) debido a su propio peso, a que sobre ellos actúa la fuerza gravitatoria. Si soltamos una piedra en caída libre, producirá cambios, en primer lugar en sí misma (aumentará su velocidad), y podrá producir cambios en otro cuerpo, si choca con él. Es evidente que, cuanto mayor sea la altura desde la que soltemos la piedra, más intensos son los cambios que podrá producir.

A la energía que almacena un cuerpo por estar sometido a la atracción gravitatoria, se le denomina energía potencial gravitatoria ( $E_{pg}$ ). Depende del peso del cuerpo ( $m \cdot g$ ), y de la posición (altura) del cuerpo.

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h$$

**Energía mecánica ( $E_M$ ):** Suma de las energías cinética y potencial (ya sea gravitatoria, elástica, eléctrica) que posee un cuerpo.  $E_M = E_c + E_p$ . En este curso, la única energía potencial con la que trabajaremos será la gravitatoria, por lo que

$$E_M = E_c + E_{pg} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h$$

**Ejercicios:**

- 2.1.** Un automóvil de 100 kg, arranca desde el reposo, con una aceleración de  $3 \text{ m s}^{-2}$ . ¿Qué energía cinética posee el automóvil al cabo de 5 s? ¿qué transformaciones energéticas han ocurrido?
- 2.2.** a) Una moto de 100 kg, que circula a 72 km/h gana 25000 J de energía al acelerar. ¿Qué velocidad adquiere?  
b) Si posteriormente va frenando hasta detenerse, explicar las transformaciones energéticas que tienen lugar.
- 2.3.** Una grúa levanta una viga de 500 kg de masa desde el suelo hasta un primer piso, a una altura de 4 m, colocándola sobre los pilares.
- Calcular la energía que posee la viga cuando se encuentra sobre los pilares. ¿Ha ganado o ha perdido energía al elevarla?. (*Probar desde distintos puntos de referencia*)
  - ¿Qué energía ha consumido la grúa para elevar la viga? ¿qué transformaciones de energía han ocurrido?
  - ¿Es necesario ejercer fuerza para mantener la viga sobre los pilares? ¿es necesario seguir aportando energía? Razonar.
- 2.4.** Una piedra de 1 kg cae en caída libre desde una altura de 10 m. Despreciando el rozamiento con el aire.
- Calcular la energía potencial y cinética en el instante inicial.
  - Calcular la velocidad con la que llega al suelo y las energías potencial y cinética en ese momento.
  - Explica las transformaciones de energía que han tenido lugar ¿Qué ha sucedido con la energía mecánica de la piedra?
  - ¿Qué ocurriría si hubiera rozamiento con el aire? ¿se mantendría constante la energía mecánica?

**3. CONSERVACIÓN Y DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA:**

Hemos estudiado que en cualquier transformación, un cuerpo pierde energía de algún tipo, y otro (o el mismo cuerpo) gana energía. En total, si tenemos en cuenta todas las transformaciones energéticas, la energía total permanece constante (se conserva).

Por ejemplo, un vaso de agua caliente que se deja al aire, con el tiempo, acabará enfriándose, y quedándose con la misma temperatura que el ambiente. El agua ha perdido energía interna, y el aire del exterior ha ganado la misma cantidad de energía.

Otro ejemplo, un automóvil frena hasta detenerse. Pierde la energía cinética que tenía cuando estaba en movimiento. ¿Qué cuerpos han ganado energía? Pues los discos de freno, el suelo y el aire han ganado energía interna debido al rozamiento. Se dice que han disipado energía.

Otro. Una linterna encendida. Inicialmente la pila almacena energía eléctrica, que se transforma en energía cinética de los electrones que se desplazan por el circuito, y que en la bombilla se transforma en energía luminosa, y, la mayor parte, en energía interna del filamento y del ambiente. En total, la energía no ha desaparecido.

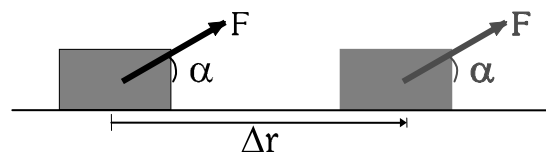
Podríamos poner muchos más ejemplos con diferentes fuentes de energía. Siempre tendremos que la energía total se conserva (no aparece ni desaparece). Ahora bien, todos los procesos anteriores tienen algo en común. Finalmente, la energía acaba pasando al medio ambiente, calentándolo (aumenta su energía interna). En esa forma, ya no es aprovechable (la energía eléctrica almacenada puede aprovecharse en múltiples usos, la energía interna de un combustible también, incluso la energía potencial gravitatoria o la energía cinética). Se dice que la energía ha “perdido calidad”, se ha degradado. La cantidad es la misma, pero no nos es útil. Esta degradación de la energía es un hecho inevitable, y constituye uno de los principios fundamentales de la Física.

**4. TRABAJO (W)**

Hemos visto que el trabajo no es un tipo de energía, sino un proceso de transferencia de energía de un cuerpo a otro. De hecho, podemos definir el trabajo como la transferencia de energía de un cuerpo a otro realizada por la acción de una fuerza mediante un desplazamiento.

Matemáticamente, incluyendo los diferentes factores de los que depende:

$$W = F \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha$$



donde  $F$  es la fuerza que actúa,  $\Delta r$  es el desplazamiento realizado, y  $\alpha$  es el ángulo que forma la fuerza con el desplazamiento.

**Signo del trabajo:** Si  $W > 0 \rightarrow$  la fuerza suministra (da) energía cinética al cuerpo sobre el que se aplica.  
 Si  $W < 0 \rightarrow$  la fuerza disipa (resta) energía cinética al cuerpo sobre el que se aplica.  
 Si  $W = 0 \rightarrow$  la fuerza no aporta ni resta energía al cuerpo

**Trabajo total realizado sobre un cuerpo:** Es la suma de los trabajos realizados por todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo ( $W_{TOT} = \Sigma W$ ). O lo que es lo mismo, será igual al trabajo de la fuerza resultante que actúe sobre el cuerpo.

**Relación potencia-trabajo:** Dado que el trabajo es una transferencia de energía, una máquina (un motor, etc) que realice trabajo, aportará al sistema una cantidad de energía igual al trabajo realizado. Así, podemos expresar

$$\text{la potencia } P = \frac{\Delta E}{t} = \frac{W}{t} \rightarrow P = \frac{W}{t}$$

### Ejercicios.

**4.1.** Con lo discutido en la actividad anterior, hemos introducido el concepto de trabajo (desde un punto de vista físico).

Razona si realizas trabajo en cada uno de estos casos:

- Arrastras un pupitre por el suelo.
- Sostienes un libro muy pesado en tus manos.
- Haces una gran fuerza sobre la pared de tu clase.
- Subes por la escalera desde el patio hasta la clase.
- Estudias este tema.
- Al traer la mochila de casa al instituto.
- Sentado en un coche que se mueve, sostienes la mochila sobre tus rodillas.

**4.2.** Con una fuerza cte de 30 N desplazamos un pupitre 5 m. Determínese el trabajo realizado en cada uno de los siguientes casos:

- a) La fuerza es de la misma dirección y sentido del desplazamiento.
- b) La fuerza forma un ángulo de  $90^\circ$  con el desplazamiento.

**4.3.** Si al viajar en bicicleta por una carretera horizontal se deja de pedalear, acabamos por pararnos ¿Por qué? ¿Qué ángulo formaran la fuerza del aire y de la carretera con el desplazamiento? ¿Cómo será el trabajo que realiza?

**4.4.** Dos máquinas realizan el mismo trabajo. ¿Podemos afirmar que tienen la misma potencia?

## 5. CALOR (Q).

Del calor sabemos hasta ahora que es una transferencia de energía, pero **no** es un tipo de energía. Los cuerpos **no** tienen calor (ni frío).

Cuando ponemos en contacto dos cuerpos que están a diferente temperatura, sabemos que el cuerpo a más temperatura se enfría y el cuerpo a menos temperatura se calienta, hasta que las temperaturas se igualan. Se llega entonces a lo que se conoce como equilibrio térmico.

¿Qué ha ocurrido con la energía? Se ha producido una transferencia desde el cuerpo a mayor temperatura (pierde energía) hasta el cuerpo a menor temperatura (gana energía). Se dice que se ha transferido calor desde el primer cuerpo hasta el segundo. La cantidad de energía intercambiada es el calor transferido.

Debe quedarnos claro que sólo podremos hablar de calor mientras se esté produciendo el intercambio de energía. Los cuerpos no tenían calor antes ni tendrán calor después.

### Signo de Q:

- Si un cuerpo gana energía por intercambio de calor, se dice que el calor es absorbido. Su signo es positivo ( $Q > 0$ ).
- Si un cuerpo pierde energía por intercambio de calor, se dice que el calor es desprendido. Su signo es negativo ( $Q < 0$ ).

**Unidades de calor:** Al ser una transferencia de energía, sus unidades son las mismas que las de cualquier energía (J, cal...)

**Relación calor- incremento de temperatura:**

Al aportar calor a un cuerpo o extraer calor de este, su temperatura cambia. El hecho de que cambie más o menos depende de varios factores:

Calor aportado o extraído:  $Q$

Cantidad de sustancia (masa del cuerpo):  $m$

Tipo de sustancia: esta influencia viene reflejada mediante una constante, llamada calor específico de la sustancia ( $c_e$ ). Se define como la *cantidad de energía que hay que aportar a 1 g de sustancia para que*

*su temperatura aumente en 1 °C*. Se medirá en  $\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}}$ , o  $(\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$  en el S.I.).

La expresión resultante, y que usaremos, es  $Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T \rightarrow Q = m \cdot c_e \cdot (T_f - T_i)$

**Ejercicios:**

- 5.1.** Disponemos de 1000 g de cobre a 25 °C. ¿Cuánto calor habrá que comunicar para pasarlos a 200°C? ¿Cuánto calor se desprenderá si, desde esa temperatura se enfrían hasta 75°C?
- 5.2.** Mezclamos 300 gr de agua a 20°C con medio litro de agua a 60°C. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla?
- 5.3.** Mezclamos medio kg de hierro a 550°C con un litro de agua a 20 °C. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla?

CALOR ESPECÍFICO	cal/g·°C	J/kg·K
Agua (líquida)	1,00	4180
Agua (hielo)	0,5	2090
Acero inoxidable	0,12	510
Aceite de oliva	0,47	2000
Aire	0,24	1010
Aluminio	0,22	900
Alcohol etílico	0,59	2450
Cobre	0,09	376
Granito	0,19	800
Hierro	0,12	450
Madera	0,42	1760
Oro	0,03	130
Plata	0,06	240

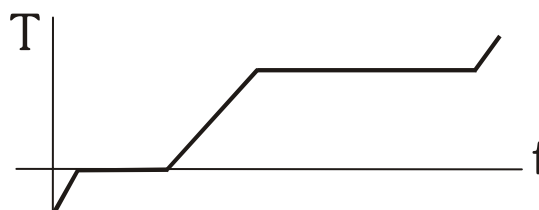
**6. CAMBIOS DE ESTADO: CALOR LATENTE**

Supongamos un trozo de hielo que está, por ejemplo, a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Lo vamos calentando uniformemente. Lógicamente, la temperatura del hielo comenzará a subir, hasta llegar a  $0^{\circ}\text{C}$ . ¿Qué ocurre entonces?

A la presión atmosférica normal (1 atm), el hielo comenzará a fundirse al llegar a  $0^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, mientras cambia de estado, la temperatura no sigue subiendo, permanece constante en  $0^{\circ}\text{C}$ . Una vez que toda la sustancia se ha vuelto líquida, la temperatura volverá a subir de  $0^{\circ}\text{C}$ .

Analizando este proceso de fusión, vemos que hemos estado aportando energía al hielo sin que aumente su temperatura ¿En qué se invierte esta energía? Pues precisamente en el cambio de estado. Las moléculas del hielo están fuertemente unidas, y hay que aportar energía para romper estas uniones y dar libertad de movimiento a las moléculas, con lo que obtendríamos un líquido.

Cuando el líquido llega a su temperatura de ebullición, el proceso es similar. Hay que suministrar energía a las partículas del líquido para que rompan totalmente sus uniones y escapen a la atmósfera. Durante este proceso, la temperatura también se mantiene constante.



**Calor latente de fusión ( $L_f$ ):**

La cantidad de energía (el calor) que hay que aportar a la unidad de masa de una sustancia para que cambie de estado, habiendo alcanzado su T.F, se denomina **calor latente de fusión ( $L_f$ )**. Sus unidades serán  $\frac{J}{kg}$  o  $\frac{cal}{g}$ . Cada sustancia tiene su propio  $L_f$ .

(Naturalmente, aportando energía, calentando, conseguiremos que pase de sólido a líquido. Para el proceso inverso, de líquido a sólido, la cantidad de energía es la misma, pero el calor debe ser extraído, y tendrá signo negativo).

Así, el calor intercambiado en el proceso de fusión será  $Q = m \cdot L_f$  de sólido a líquido

$Q = -m \cdot L_f$  de líquido a sólido

**Calor latente de ebullición ( $L_v$ ):**

El concepto es el mismo que hemos visto para la fusión, pero referido a la ebullición. Se representa por  $L_v$ , se mide en las mismas unidades que  $L_f$  y es propio de cada sustancia (para una misma sustancia  $L_f$  y  $L_v$  no coinciden)

Así, el calor intercambiado en el proceso de ebullición será  $Q = m \cdot L_v$  de líquido a gas

$Q = -m \cdot L_v$  de gas a líquido

Para el agua:  $L_f = 3,36 \cdot 10^5 J/kg$

$L_v = 2,26 \cdot 10^6 J/kg$

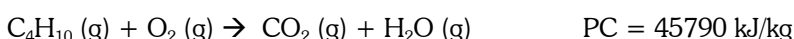
**Ejercicios:**

- 6.1** a) Calcula el calor que es necesario transferir para fundir un bloque de hielo de 500 gr y que se encuentra a 0°C  
 b) Al enfriar el vapor de agua contenido en un recipiente se obtienen 100 g de agua líquida ¿ha ganado o desprendido energía? ¿qué cantidad? Razonar.
- 6.2.** Calcula el calor que es necesario transferir para convertir en vapor de agua a 100°C una masa de hielo a 200 gr que se encuentra a una temperatura de -15°C.

**7. PODER CALORÍFICO DE UN COMBUSTIBLE**

El poder calorífico de un combustible es la energía (en forma de calor) que se desprende en la reacción de combustión de 1 kg (o 1 mol) de combustible.

Por ejemplo, para el butano



*En la tabla de la derecha aparece reflejado el Poder Calorífico Inferior (PCI) que es el que se desprende cuando el agua producida en la combustión está en estado gaseoso. Es lo más habitual, ya que los productos suelen estar a más de 100°C. Si controlamos la temperatura de los gases por debajo de 100°C, el agua se condensa, desprendiendo energía. De esta forma, la energía total desprendida sería mayor. Se habla entonces de Poder Calorífico Superior (PCS).*

<b>Poder calorífico (P.C.) de algunos combustibles (kJ/kg)</b>	
Hidrógeno	120011
Gas natural	39900
Butano	45790
Propano	46350
Alcohol etílico (etanol)	26790
Gasoil	42275
Gasolina	43950
Madera seca	19000
Carbón de madera	31400
Antracita (carbón mineral)	34300

**Ejercicios:**

- 7.1** a) Calcula la energía desprendida en la combustión de 1 mol de butano.  
 b) ¿Qué masa de vapor de agua se produce al quemar 1 kg de butano? ¿Qué volumen ocupa, si se produce a 150°C y 1 atm de presión? (Sol: a) 2656 kJ/mol; b) 1,552 kg agua, ocupa 2990 L)
- 7.2** a) Calcula la masa de CO<sub>2</sub> que se produce al quemar 1 kg de gasolina (compuesta básicamente por octano).  
 b) ¿Qué cantidad de etanol es necesario quemar para obtener la misma energía que con 1 kg de gasolina? ¿Qué masa de CO<sub>2</sub> se producirá en este caso?  
 (Sol: a) 3,088 kg CO<sub>2</sub>, b) 1,640 kg etanol, desprende 3,137 kg CO<sub>2</sub>)