

## Tema 6. Energía

Pocas cosas hay tan divertidas y emocionantes como una buena montaña rusa. Seguro que conoces alguna: cuando están subiendo por primera vez, los vagones están acumulando energía debido a la altura. Esta energía se va a aprovechar en todo el recorrido, generando grandes velocidades y alcanzando otras subidas y bajadas. En este tema vas a estudiar, entre otras cosas, qué tipos de energías se manifiestan en las montañas rusas y cómo se transforman unas en otras.

También analizarás situaciones que ya has resuelto en los temas anteriores, utilizando las ecuaciones del movimiento o las leyes de la dinámica, y verás que el tratamiento energético resulta casi siempre mucho más sencillo de realizar.

Vas a comenzar con un ejemplo sencillo. Piensa en lo que cenaste ayer y en lo que has desayunado esta mañana. Estos alimentos te han "**cargado de energía**" para poder realizar todas las tareas y trabajos de un día ajetreado (venir al Instituto, hablar con tus compañeros, practicar deporte en Educación Física, jugar al baloncesto en los recreos, incluso para realizar los exámenes,...). Todo son cambios o transformaciones que tu cuerpo ha realizado por el hecho de tener energía.



Por eso es muy común la expresión "**estoy bajo de energía**", cuando notamos que estamos débiles y nos cuesta realizar trabajos o tareas.

No solo tú necesitas energía para realizar un trabajo. **Todos los cambios que se observan en la naturaleza necesitan energía**: el encendido de una bombilla, el funcionamiento de una máquina, el calentamiento de un objeto...



Una de las formas de modificar la energía que tiene un objeto es comunicarle **energía en forma de calor**, aumentando su **temperatura**. El calor y la temperatura forman parte de tu vida diaria, pero son conceptos que en pocas ocasiones se utilizan de una forma científicamente correcta.

Ese es el error que se comete, por ejemplo, cuando se afirma que la temperatura "mide el calor que hace", o cuando de una persona que tiene fiebre se dice que "tiene calor".

La confusión entre los términos calor, temperatura y energía térmica hasta da lugar a chistes como éste de Romeu, publicado en un periódico de difusión nacional hace unos años.

## 1. Energía mecánica

Se denomina **energía** a la capacidad que tienen los cuerpos de **interaccionar y producir cambios en su entorno y en ellos mismos**.

Habrás oído hablar de diferentes tipos de energía: la **energía nuclear**, que es la energía que se libera en las reacciones nucleares, la **energía eléctrica**, que suministran las pilas, la **energía térmica**, contenida en los cuerpos que están a temperatura diferente, ...

Como ves, **la energía puede adoptar diferentes formas**, y además **se puede transformar de una forma a otra**. Por ejemplo, la energía eléctrica suministrada a un motor se transforma en energía en movimiento, es decir, energía cinética: cuando el ventilador se conecta a la red eléctrica, las aspas comienzan a girar.



La energía se puede presentar de diferentes formas. En primer lugar vas a ver un tipo de energía, llamada **energía mecánica**, que está relacionada, la mayoría de las veces, con máquinas y movimientos.

Esta energía se puede encontrar de dos formas: la **energía potencial**, relacionada con la posición que ocupan los cuerpos, y la **energía cinética**, que tiene que ver con su velocidad.

### Unidades de energía

En el Sistema Internacional la energía se mide en **julios (J)**. Para cantidades grandes de energía se suele utilizar el **kilojulio, kJ** (1000 J).

Otras unidades de uso frecuente son la **caloría** (1 cal = 4,18 J), la **kilocaloría (kcal)** y el **kilowatio-hora** (1 kWh = 3,6 10<sup>6</sup> J).

### 1.1 Energía potencial

Una piedra que se encuentra a una determinada altura tiene energía. De hecho, si la dejas caer chocará contra el suelo y puede producir una deformación si se encuentra con otro objeto, o con el suelo, si éste es demasiado blando. Esta energía debido a la posición que ocupa, a su altura, recibe el nombre de **energía potencial gravitatoria**.

¿Qué ocurrirá si elevas aún más la piedra y la dejas caer? Pues que has incrementado su energía potencial, y eso lo sabes porque el efecto producido es mayor cuanto mayor es la altura desde la que dejas caer la piedra.

Además, también sabes que el efecto producido por la piedra al caer es mayor al aumentar su masa.

En conjunto, la energía potencial gravitatoria es proporcional a la altura a la que se encuentra el objeto y a su masa, de acuerdo con la expresión  **$E_p = mgh$** , siendo  $g$  la aceleración de la gravedad (y la intensidad del campo gravitatorio, 9,8 N/kg).



Fíjate en la imagen. Si el trapecio está a gran altura, conviene poner una red, porque si las trapecistas caen pueden sufrir lesiones muy importantes.

### Energía potencial gravitatoria

Se denomina energía potencial a la forma de energía que posee un cuerpo asociada a la posición y a los cambios en la misma, y se calcula mediante la expresión:

$$E_p = mgh$$

### Cambiando la energía potencial gravitatoria

Para que un cuerpo adquiera energía potencial, tienes que aportarle energía para llevarlo desde una posición inicial, el suelo por ejemplo, a una posición final a una altura determinada.

Al elevar la piedra estás transfiriéndole tu energía, convirtiéndola en energía potencial que queda "almacenada" en la piedra. ¿Qué pasará si la sueltas? Que la piedra vuelve a su posición inicial, cayendo al suelo. Esto sucede porque **los cuerpos tienden a ocupar la posición de menor energía potencial** posible.

No se suele hablar del valor absoluto de una energía potencial a una determinada altura, sino de diferencias de energía potencial.

Por tanto, el incremento de energía de un cuerpo cuando pasa de una altura inicial  $h_0$  a una altura final  $h$  será:

$$\Delta E_p = E_{p,f} - E_{p,o} = mgh - mgh_0$$

Por convenio se suele tomar el suelo como nivel cero de energía potencial, es decir,  $h_0=0$ , y así queda la expresión todavía más sencilla:

$$\Delta E_p = mgh$$



Fíjate en que si el objeto sube, la variación de energía potencial es positiva, aumentando la cantidad de  $E_p$  que tiene el objeto, mientras que si baja su  $E_p$  disminuye.

### Otros tipos de energía potencial

Existen otros tipos de energía potencial diferentes de la gravitatoria. Seguro que conoces la **elástica**, relacionado con la compresión de los muelles, o la **electrostática**, que tiene que ver con la atracción o repulsión entre cargas. En todos los casos se trata de energía "almacenada".

### 1.2 Energía cinética

Un automóvil moviéndose, una bala recién disparada, una manzana cayendo o un cohete despegando tienen energía cinética. También cuando corres una carrera tienes energía cinética, y cuanto mayor sea tu velocidad, más energía tendrás.



Además, esta energía, como todas las demás formas de energía, puede transferirse y producir cambios o transformaciones en otros cuerpos.

Piensa en una bala disparada a gran velocidad hacia un objeto y en cómo lo dejará tras el impacto. En el vídeo puedes ver los efectos devastadores de una bala sobre un huevo, un vaso de leche, una manzana, un bote de ketchup, una botella de agua y una sandía.

¿Y si la bala se dispara con un cañón? Entonces el proyectil tiene mucha más masa y más energía, así que los efectos producidos son todavía más importantes.

### Energía cinética

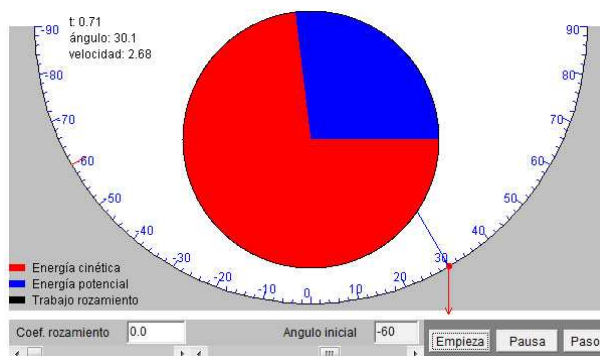
Se denomina energía cinética a la forma de energía asociada a la velocidad de un cuerpo: todos los cuerpos en movimiento tienen energía cinética.

Se calcula como  $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ , siendo **m** la **masa del cuerpo** en kg y **v** su **velocidad** en m/s.

### 1.3 Conservación de la energía mecánica

La energía mecánica,  $E_m$ , es la suma de la energía cinética,  $E_c$ , y de la energía potencial,  $E_p$ , por lo que puedes escribir que  $E_m = E_c + E_p$ .

De esta forma, si no comunicas energía al sistema (empujando al objeto que se mueve) ni se la quitas (frenándolo, por ejemplo) **la energía mecánica de un sistema se conserva**, es decir, **permanece constante**.



Observa la simulación. Corresponde a un cuenco muy pulido (debes fijar rozamiento cero) y a una bolita que se deja caer desde una determinada altura. ¿Cómo se mueve la bolita en el cuenco semiesférico?

Comienza poniendo a cero el coeficiente de rozamiento, y deja la posición inicial en un ángulo de 60°. Pulsa Empieza y observa el movimiento de la bolita: en el punto más alto del recorrido, su energía cinética es cero y toda la energía mecánica está almacenada en forma de energía potencial. Conforme desciende, disminuye la energía potencial y aumenta la energía cinética, al ir adquiriendo progresivamente velocidad. En el punto más bajo de la trayectoria, toda su energía potencial se ha transformado en energía cinética.

Pero continúa su movimiento, ascendiendo por la rampa circular, hasta que llega al punto más alto, en el que instantáneamente se detiene: justo en ese momento, toda la energía cinética se ha vuelto a transformar en potencial, y como no ha perdido nada llega a la misma altura desde la que se dejó caer, 60°. ¡Y ese movimiento continuaría así indefinidamente, ya que la energía mecánica se conserva!

Fíjate en que en cualquier punto del recorrido, **la suma de ambas energías, potencial y cinética, permanece constante.**

¿Qué sucede cuando **hay rozamiento**? La bola debe gastar energía para moverse venciendo el rozamiento con la superficie de apoyo; por tanto, va perdiendo energía y cada vez llega a una altura menor, hasta que acaba deteniéndose. La **energía perdida por rozamiento se transforma en calor**, que en parte absorbe la bola aumentando su temperatura.

Ahora puedes experimentar con diferentes alturas iniciales y con otros coeficientes de rozamiento. ¿Eres capaz de predecir lo que va a suceder en cada caso?

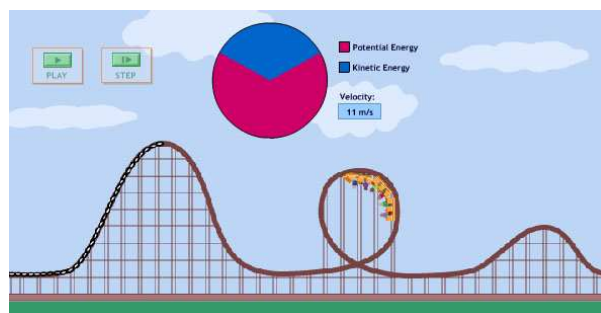
### Ley de conservación de la energía mecánica

En ausencia de rozamiento, la suma de las energías potencial y cinética (energía mecánica) permanece constante.

$$E_m = E_c + E_p = \text{constante}$$

### La montaña rusa

En este simulador de montaña rusa puedes ver cómo varían las energías potencial y cinética conforme las vagonetas se desplazan, atravesando incluso un looping, de forma que su suma es constante.



## 2. Trabajo

En la vida diaria es muy frecuente oír expresiones como "tengo bastante trabajo", "hace falta mucho trabajo para conseguirlo", etc. Se hace referencia a que se necesita esfuerzo para realizar la actividad de que se trate, y, además, durante bastante tiempo.

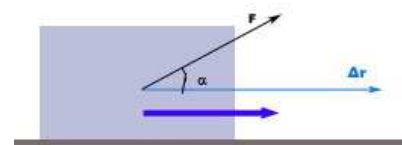
Pero en Física hay una magnitud llamada **trabajo**, que está relacionada con las expresiones anteriores pero que no tiene exactamente el mismo significado.

Imagina que estás hablando con alguien mientras sostienes tu mochila. ¿Estás realizando un trabajo? La respuesta es no. **No debes confundir esfuerzo con trabajo**: en Física se realiza un trabajo cuando la fuerza se aplica en la dirección de desplazamiento del objeto, que modifica su energía por acción de esa fuerza. Por tanto, aunque estés aplicando una fuerza al sujetar la mochila, como la mochila no se desplaza ni modifica su energía, no realizas un trabajo.

### Concepto de trabajo



El trabajo realizado por una fuerza es igual al producto de la fuerza por el desplazamiento durante el cual está actuando y se expresa como:  **$W = F d$**





La fuerza y el desplazamiento deben tener la misma dirección. Pero no siempre ocurre así: fíjate en lo que sucede cuando tiras de una maleta que arrastras por el suelo. En este caso la dirección no es la misma y el trabajo será el producto del desplazamiento por la proyección de la fuerza  $F$  sobre la dirección de dicho desplazamiento ( $F_x$ ):  **$W = F_x d$**

Por tanto, el trabajo de una fuerza puede ser:

- a) **Positivo** si la fuerza y el desplazamiento tienen el mismo sentido. En este caso **se incrementa la energía** del cuerpo.
- b) **Nulo** si la fuerza es perpendicular a la dirección del desplazamiento. La **energía del cuerpo no varía**.
- c) **Negativo** si la fuerza y el desplazamiento tienen sentidos contrarios. En este caso la **energía del cuerpo disminuye**. Es lo que ocurre con **las fuerzas de rozamiento**, que realizan un trabajo negativo sobre el cuerpo.

### Unidades de trabajo

La **unidad del trabajo en el Sistema Internacional es el julio (J)**. Es el trabajo realizado por una fuerza de un newton actuando una distancia de un metro.

Fíjate en que **tiene las mismas unidades que la energía**, ya que **el trabajo es una de las formas de modificar la energía de los cuerpos**.

## 2.1 Cambios de energía

Ya has visto que existe una relación entre el trabajo y la energía. De hecho, **el trabajo es una forma de transferir energía de un cuerpo a otro**.

Así, si realizas un trabajo sobre un cuerpo, por ejemplo al empujar una caja sobre un plano horizontal, ese trabajo se invierte en **augmentar la energía cinética** de la caja, que se mueve a mayor velocidad.

¿Y si subes la caja verticalmente a velocidad constante? Entonces **augmentas su energía potencial**.

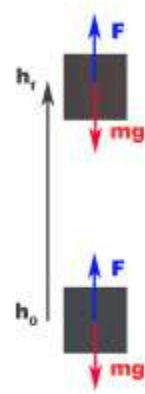
Si es el cuerpo el que realiza el trabajo, está transfiriendo energía a otro cuerpo. Piensa en dos patinadores y en cómo varían su energía cinética cuando chocan: un patinador disminuye su velocidad y el otro la aumenta.

### Trabajo y energía potencial

Si sobre un cuerpo de masa  $m$  aplicas una fuerza igual a su peso dirigida verticalmente hacia arriba entonces lo haces subir a velocidad constante (¡como la fuerza total es nula, la aceleración también lo será!). Si su altura se incrementa en  $h$  metros, desde una altura inicial  $h_0$  a una altura final  $h_f$ , el trabajo realizado será:

$$W = F d = mg\Delta h = mg(h_f - h_0) = mgh_f - mgh_0 = E_{p,f} - E_{p,o} = \Delta E_p$$

Es decir, **el trabajo realizado por una fuerza sobre el cuerpo es igual a la variación de la energía potencial gravitatoria del cuerpo.**



### Trabajo y energía cinética

Pero si la fuerza aplicada sirve solamente para aumentar la velocidad del objeto, entonces estás aumentando su energía cinética. ¿Qué relación hay entre el trabajo realizado por la fuerza y la energía cinética?

Fíjate en la demostración siguiente. Lo realmente importante es la conclusión que se alcanza, pero debes darte de cuenta de que se trata simplemente de relacionar adecuadamente expresiones que ya conoces.



A partir de las ecuaciones de la cinemática

$$v_f = v_o + at \quad x = x_o + v_o t + \frac{1}{2} at^2$$

puedes obtener que  $v_f^2 - v_o^2 = 2ad$  siendo  $d=x-x_o$  el espacio recorrido por el móvil, durante el cual se está aplicando la fuerza  $F$ .

Si tienes en cuenta la ley fundamental de la dinámica,  $F = ma$ , sustituyes la aceleración en la ecuación anterior y despejas el valor de  $F$  resulta que:

$$v_f^2 - v_o^2 = 2 \frac{F}{m} d \Rightarrow F = \frac{m}{2d} (v_f^2 - v_o^2)$$

$$W = Fd = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_o^2) = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_o^2 = E_{c,f} - E_{c,o} = \Delta E_c$$

Por tanto, **el trabajo realizado por la fuerza sobre un cuerpo es igual a la variación de la energía cinética que experimenta ese cuerpo.**

$$W = \Delta E_c$$

### Trabajo de las fuerzas que se oponen al movimiento

Ahora vas a considerar las fuerzas de frenado y las de rozamiento, que se oponen al movimiento y hacen disminuir la velocidad de los móviles y su energía cinética.

¿Qué sucede con la energía perdida? En realidad no se pierde. Frótate las manos, apretándolas con intensidad. Para deslizar una contra otra tienes que vencer la fuerza de rozamiento entre ellas, de forma que el trabajo que realizas para conseguirlo se invierte en aumentar un tipo de energía que está relacionado con la temperatura y que se llama **energía térmica**.



### Trabajo y energía

El trabajo que realiza una fuerza externa que actúa sobre un objeto sirve para aumentar su energía potencial, su energía cinética o ambas.

El trabajo de las fuerzas de rozamiento hace disminuir la energía mecánica del objeto. Esa energía perdida se transfiere en forma de calor entre los cuerpos implicados en el proceso, aumentando su energía térmica y su temperatura.

**El trabajo y el calor son dos formas de transferir energía entre los cuerpos**, modificando su energía.

### Una frase para la historia

*"La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma"*

Es otra forma de explicitar el principio de conservación de la energía: si un cuerpo gana energía es porque otro la pierde, transfiriéndose la energía de uno a otro en forma de trabajo o en forma de calor.

## 3. Potencia

Imagina que un amigo y tú lleváis a su casa dos cajas de 5 kg cada una y os encontráis con que el ascensor no funciona, así que no os queda más remedio que subir los cinco pisos por las escaleras. Tu amigo, que es un poco lento, tarda tres minutos en llegar, pero tú eres más rápido y llegas en sólo dos minutos.

El trabajo que habéis realizado es el mismo: el incremento de energía potencial producido en las cajas es idéntico, pero el tiempo invertido en producirlo ha sido diferente.





Como ves, en la vida cotidiana interesa conocer no sólo el trabajo que se realiza, sino en cuánto tiempo se hace. Por esta razón se necesita el concepto de **potencia**, que mide la **rapidez con la que se realiza el trabajo y se cambia la energía de un objeto**.

Fíjate en la imagen. Para poner en órbita el transbordador espacial se usa un cohete, que debe tener una potencia enorme para hacer ascender el aparato a gran velocidad.

El concepto de potencia es muy importante en el campo de la tecnología, de la industria, del automóvil y de la vida diaria en general: se necesitan máquinas que realicen un trabajo determinado en el menor tiempo posible.

### Unidades de potencia

$$Potencia = \frac{\text{trabajo realizado}}{\text{tiempo invertido}} = \frac{W}{t}$$

La unidad de potencia en el Sistema Internacional es el **vatio (W)**, que corresponde a la realización del trabajo de 1 julio en 1 segundo.

Dado que el vatio es una unidad demasiado pequeña para expresar potencias habituales, se utiliza con frecuencia el **kilovatio (1 kW = 1000 W)** en electrodomésticos y el **megavatio (1 MW = 10<sup>6</sup> W)** en centrales de producción de energía eléctrica.

Otra unidad de uso habitual en motores de automóviles es el **caballo de vapor (CV)**, siendo la equivalencia de 1 CV = 735 W = 0,735 kW.

### Potencia, trabajo y energía

El consumo eléctrico, mostrado en la factura que envía la compañía eléctrica todos los meses, se indica en kilovatios hora (kWh). Fíjate en que tanto el trabajo como la energía transformada por una máquina se miden como potencia por tiempo ( $W = Pt$  y  $E = Pt$ ), porque el julio es una unidad demasiado pequeña para las cantidades de energía que intervienen: cada kWh equivale a 3,6 millones de julios.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W } 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Un error que se comete habitualmente en los medios de comunicación, en los que hay una cultura científica bastante escasa, es referirse a la energía consumida midiéndola en **kW/h, unidad que no tiene ningún significado**.

## 4. Máquinas

Estás rodeado de máquinas (palancas, poleas, planos inclinados, grúas, motores, ...): el ser humano ha ideado a lo largo de su historia infinidad de ellas.

Las máquinas son un conjunto de piezas o elementos fijos y móviles cuyo funcionamiento permite:

- **transformar la energía**, por ejemplo de eléctrica en mecánica en un motor eléctrico
- **realizar un trabajo de una forma más sencilla: se realiza el mismo trabajo aplicando una fuerza menor durante más distancia.**



### El rendimiento de las máquinas

Ya sabes que aunque la energía se conserva, se puede transformar en otros tipos de energía, como sucede en las máquinas, pero **solamente una parte de la energía suministrada a la máquina se aprovecha** (se llama **energía o trabajo útil**), y **el resto se transforma en calor** y no se utiliza.

Piensa, por ejemplo, en una bombilla. Parte de la energía eléctrica se transforma en la luz que te permite ver lo que te rodea, pero si tocas la bombilla notarás como otra parte de la energía se ha transformado en calor, que no tiene ninguna utilidad en este caso. Precisamente por esa razón se fabrican bombillas LED, en las que casi no se pierde energía en forma de calor, y así su rendimiento es mucho mayor.

Ten en cuenta que también se puede perder energía útil debido a las fuerzas de rozamiento entre los diferentes componentes de la máquina, como sucede en las grúas o en el mecanismo de los relojes.

### Rendimiento

Se denomina **rendimiento (r)** de una máquina al cociente entre el trabajo útil que proporciona y la energía ha consumido para producirlo. Suele expresarse en tanto por ciento.

$$r = \frac{\text{trabajo útil}}{\text{energía comunicada}} 100$$

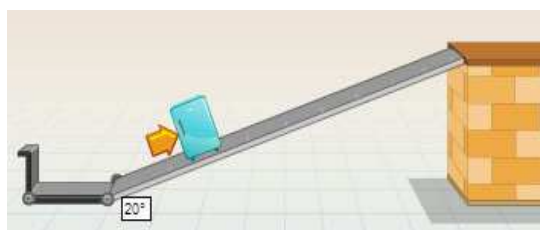
### 4.1 Planos inclinados y poleas

El plano inclinado y la polea son dos tipos de máquinas que se utilizan con mucha frecuencia para elevar objetos.

Recuerda la definición de trabajo como el producto de la fuerza por el desplazamiento. En las máquinas simples se modifica la magnitud de la fuerza aplicada, su dirección, el desplazamiento o una combinación de estos factores.

#### El plano inclinado

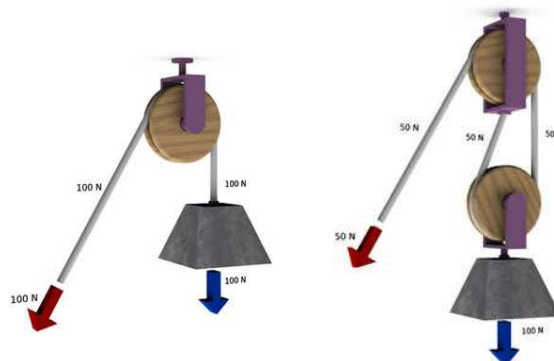
Es una máquina que reduce la fuerza para realizar un trabajo. Así, se hace menos fuerza para subir un objeto pesado por una rampa que si se levanta



verticalmente hasta la misma altura. La variación de energía total (energía potencial) será la misma en ambos casos, pero como la longitud de la rampa es mayor que la distancia vertical, **la fuerza que hay que aplicar es menor.**

### La polea

Es una máquina simple en la que se cambia la dirección de la fuerza que se aplica: la fuerza es hacia abajo para levantar el objeto, e igual al peso que se levanta.



A veces se combinan varias poleas, fijas o móviles, y de esta forma se consigue disminuir la fuerza que se necesita aplicar. Esa **combinación de poleas** se llama **polipasto**. Puedes verla y utilizarla en todos los museos de la ciencia.

Fíjate en que el polipasto de la imagen tiene dos poleas, y que para levantar un objeto que pesa 100 N hay que realizar una fuerza de 50 N, pero tirando de la cuerda el doble de distancia.

## 5. Energía térmica y temperatura

### ¿Frío o caliente?

Cuando tocas un objeto puedes identificarlo como caliente o como frío dependiendo de la sensación que te produce. ¿Es precisa esa sensación? El sentido del tacto no permite determinar lo caliente o frío que está un objeto. El tacto proporciona, por tanto, una sensación relativa, ya que depende de lo caliente que se encuentre el objeto que acabas de tocar. Esto lleva a la necesidad de definir una magnitud que permita medir esa sensación: **la temperatura.**



### Movimiento de las partículas, energía térmica y temperatura

Ya sabes que las partículas que forman la materia no están en reposo aunque el cuerpo que constituyan esté quieto. Las partículas de los **sólidos** vibran continuamente alrededor de su posición de equilibrio, mientras que en los **líquidos** se mueven unas cerca de otras, ocupando un determinado volumen dentro del recipiente que los contiene; y en los **gases** se mueven con total independencia unas de otras, ocupando todo el espacio disponible.

También has visto la energía cinética y la energía potencial, y sabes calcularlas en los objetos sin más que saber su masa, su posición y su velocidad. Por tanto, las partículas que constituyen la materia también tienen una determinada energía cinética por el hecho de moverse a una

velocidad concreta, y la energía que tiene la sustancia por esa razón se llama **energía térmica**. La **temperatura** de un cuerpo está relacionada con el valor promedio de la energía cinética de dichas partículas, de forma que cuanto mayor sea su energía cinética, mayores serán la energía térmica de la sustancia y su temperatura.

A escala de partículas, las cosas no son tan sencillas. Si tienes una sustancia pura gaseosa a una temperatura dada, no todas las partículas, que son iguales, se mueven a la misma velocidad: hay una **distribución de velocidades** alrededor de una velocidad promedio, que lleva la mayor parte de las partículas, mientras que unas pocas se mueven a velocidades mayores o menores.

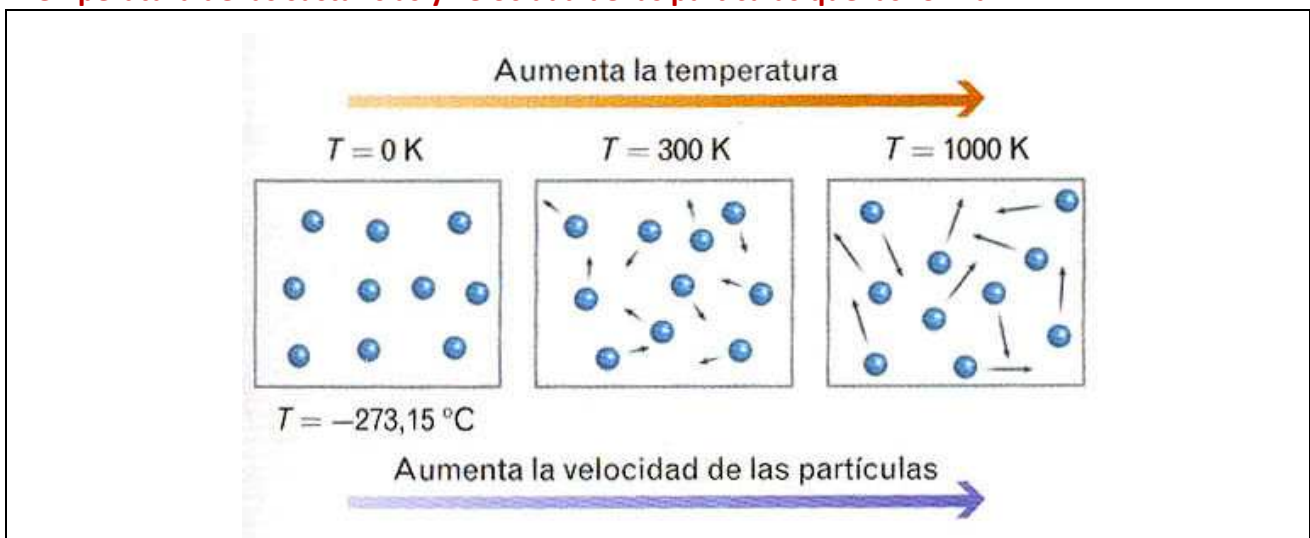
Y si se trata de una mezcla de gases, las partículas de mayor tamaño se mueven más despacio, y las menores más deprisa, de forma que su energía cinética promedio es la misma.

Fíjate en que estás relacionando una propiedad de las partículas (su energía cinética, que depende de la masa y la velocidad de las partículas), que no es observable y no se puede medir directamente, con la temperatura, que es una propiedad macroscópica que puedes medir fácilmente con un termómetro.

**La energía cinética que se pierde se transforma en energía térmica, que sirve para aumentar la temperatura de los cuerpos que por estar en contacto han provocado la pérdida de energía.**



### Temperatura de las sustancias y velocidad de las partículas que las forman



## 5.1 Calor y equilibrio térmico

### ¿Qué es el calor?

Todo el mundo sabe que cuando se ponen en contacto dos objetos que se encuentran a temperaturas diferentes, el que se encuentra a mayor temperatura se enfría y el que está a menor temperatura se calienta. En el primero disminuye la energía térmica y en el segundo aumenta, de forma que la que pierde el primero la gana el segundo.

Cuando **pasa energía del cuerpo que está más caliente al que está más frío lo hace en forma de calor**.

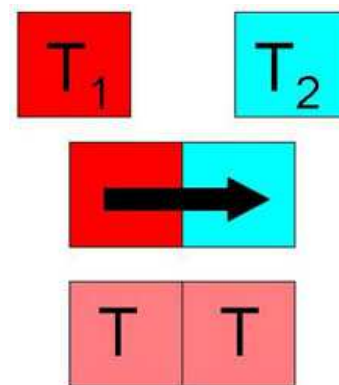
La primera interpretación que se hizo del calor fue considerarlo como un **fluido calorífico** invisible, sin peso y capaz de penetrar en los cuerpos con facilidad, impregnándolos y acumulándose en ellos. Evidentemente, es una idea desechada hoy en día.

### Calor

Ten presente que **el calor es un mecanismo de transferir energía** a los objetos, aumentando o disminuyendo su temperatura, y que **el calor no se acumula en los cuerpos**, que no contienen más o menos calor, sino que **tienen más o menos energía térmica**.

Un cuerpo caliente tiende a aumentar la temperatura de los cuerpos que lo rodean, mientras que un cuerpo frío provoca una disminución de temperatura a su alrededor.

Se puede decir que **cuando dos sustancias a diferentes temperaturas se encuentran próximas, se produce entre ellas un intercambio de energía que tiende a crear el equilibrio térmico, que se produce cuando ambas temperaturas se igualan**.



De acuerdo con el **principio de conservación de la energía**, el intercambio energético neto entre los dos sistemas y el entorno sería cero. Si consideras un caso ideal, puedes decir que **el calor cedido por el sistema caliente al enfriarse es justamente el calor absorbido por el sistema frío al calentarse**.

### Equilibrio térmico

Dos cuerpos que se encuentran en contacto y **tienen la misma temperatura** se dice que **están en equilibrio térmico**.

## 6. Efectos del calor

Cuando un cuerpo absorbe o pierde energía térmica en forma de calor se modifica:

- su **temperatura**, que aumenta o disminuye.
- su **estado físico**, en la secuencia sólido - líquido - gas o al revés.
- su **tamaño**, dilatándose o contrayéndose.



### Aumento de temperatura

El **calor específico** de una sustancia se define como la cantidad de energía en forma de calor que hay que suministrar a un kg de dicha sustancia para aumentar su temperatura un grado; sus unidades son  $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$  en el Sistema Internacional.

El calor específico es una **propiedad característica de las sustancias**, ya que depende de las fuerzas que existen entre sus partículas. Además, para una misma sustancia varía según el estado físico. Observa en la tabla los calores específicos de distintas sustancias. Ten en cuenta que un calor específico alto significa que se necesita mucha energía en forma de calor para incrementar la temperatura de la sustancia.

La relación entre la cantidad de calor (Q) que se comunica a un cuerpo y el cambio de temperatura ( $\Delta T$ ) que alcanza es:

$$Q = mc_e(T_f - T_i) = mc_e\Delta T$$

Ten en cuenta que la variación de temperatura  $\Delta T$  es la misma medida en  $^{\circ}\text{C}$  o en  $K$ .

- Si el cuerpo absorbe energía en forma de calor,  $T_f > T_i$  y  $Q > 0$

- Si el cuerpo desprende energía en forma de calor,  $T_f < T_i$  y  $Q < 0$

Sustancia	Calor específico [ $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]
Agua	4180
Alcohol etílico	2400
Hielo	2090
Vapor de agua	1920
Aceite	1670
Aire	1000
Aluminio	878
Vidrio	812
Arena	800
Hierro	460
Cobre	375

Siempre que dos cuerpos intercambian energía en forma de calor, como consecuencia del principio de conservación de la energía la energía perdida por uno de ellos (negativa) es la misma que la ganada por el otro (positiva).

$$Q_{\text{absorbido}} + Q_{\text{cedido}} = 0$$

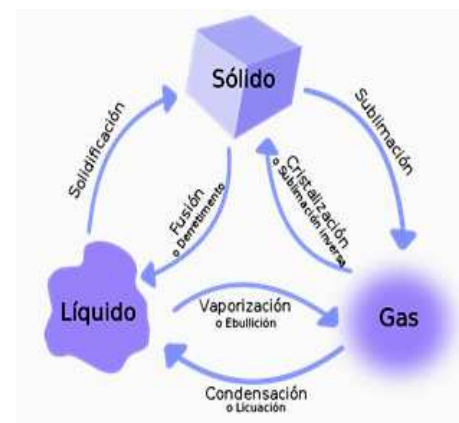
Si pones en contacto dos sustancias a diferente temperatura inicial ( $T_{1i}$  menor que  $T_{2i}$ ), utilizando la expresión en función del calor específico y siendo  $T$  la temperatura de equilibrio, intermedia entre las dos temperaturas iniciales, puedes escribir que:

$$m_1 c_{e1} (T - T_{1i}) + m_2 c_{e2} (T - T_{2i}) = 0$$

Como la sustancia 1 se calienta,  $T - T_{1i}$  es positivo y absorbe energía en forma de calor, mientras que la sustancia 2 la cede y se enfría ( $T - T_{2i}$  es negativo).

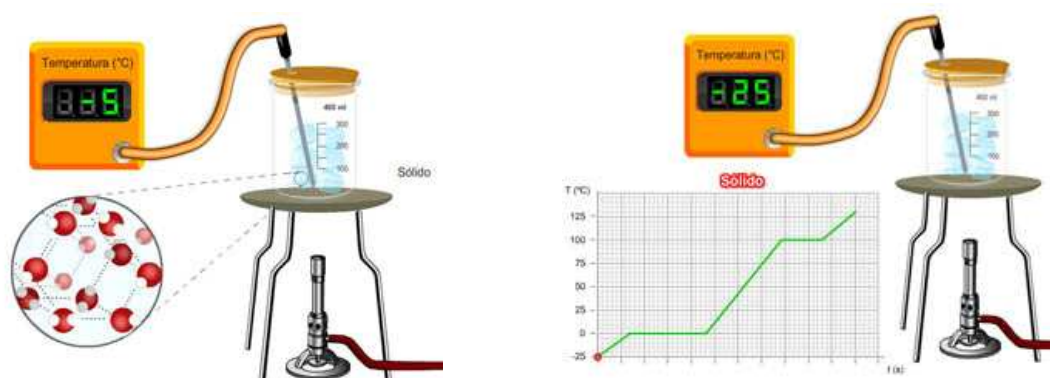
### 6.1 Cambios de estado

Ya sabes que **si comunicas energía en forma de calor** a una sustancia, además de **aumentar su temperatura** puedes llegar a **producir cambios de estado**, cuyos nombres puedes ver en la imagen.



También sabes que los cambios de estado están relacionados con la intensidad de las fuerzas que mantienen unidas las partículas de una sustancia.

En el estado **sólido** las partículas están muy unidas entre sí, lo que les obliga a permanecer en posiciones casi fijas, salvo pequeñas oscilaciones. En el estado **líquido** las fuerzas entre ellas son menores, por lo que se mueven unas con respecto a otras, deslizándose pero manteniendo bastante proximidad entre ellas. Cuando las fuerzas son prácticamente nulas, las partículas se mueven independientemente unas de otras, alejándose y encontrándose la sustancia en estado **gaseoso**.



Observa en las siguientes simulaciones el calentamiento del agua. Fíjate como cuando el agua está cambiando de estado de agregación la temperatura permanece constante, empleándose toda la energía que se comunica en forma de calor en la modificación de las fuerzas que unen las moléculas de agua para pasar a un nuevo estado (de sólido a líquido o gaseoso).

Las características de cada uno de esos estados se deben a la existencia de interacciones diferentes entre las partículas de la sustancia. Cuando hay un cambio de estado se modifican la uniones entre las partículas en lugar de aumentar la temperatura, de manera que la sustancia presenta un estado físico diferente, con las partículas más alejadas al pasar de sólido a líquido o de líquido a gas.

Por este motivo, la cantidad de sustancia que cambia de estado depende de la cantidad de calor que se le comunica y del tipo de sustancia. Fíjate en la expresión siguiente, en la que se recogen ambos factores, siendo **L el calor latente de cambio de estado**, característico de cada sustancia.

Sustancia	Calor latente de fusión [kJ kg <sup>-1</sup> ]
Oro	63
Etanol	109
Cobre	134
Hierro	275
Agua	334
Aluminio	400

$$Q = mL$$

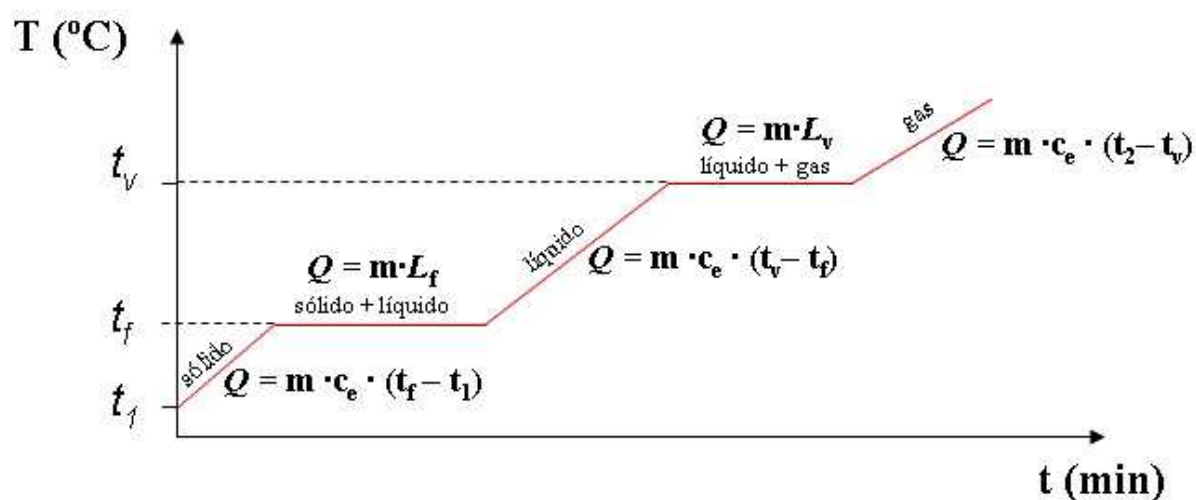
### Cambios de estado y equilibrio térmico

Si tienes que considerar el caso de la búsqueda del equilibrio térmico entre cuerpos en diferente estado físico, debes tener en cuenta los cambios de estado que se produzcan. Este sería, por ejemplo, el caso de un bloque de hielo en un recipiente con agua caliente.

En fenómenos de esta naturaleza tienes que considerar que el calor ganado o perdido no tiene por qué emplearse únicamente en variar de temperatura, sino que también puede haber un cambio de estado de alguna de las sustancias implicadas.

El principio de conservación de la energía seguirá siendo válido, pero al calcular la energía absorbida o perdida por cada cuerpo debes contar con la que se ha empleado en el cambio de estado.

En la imagen puedes ver todos los intercambios energéticos que se pueden producir, junto con el calor implicado en cada caso.



## 6.2 Dilatación

Si viajas en tren o atraviesas un puente en coche, notarás que a veces la vía o la carretera tienen pequeñas interrupciones que aprecias como un ligero salto: son separaciones entre dos tramos que permiten el aumento de tamaño que se produce en épocas de calor.

La explicación se basa en la teoría cinética: las partículas que forman los sólidos y los líquidos tienen un movimiento de vibración que aumenta al incrementarse su temperatura; esto hace que cada vez estén más separadas y, por tanto, aumente el tamaño del cuerpo.

La **dilatación** es el fenómeno por el cual casi todas las **sustancias aumentan su volumen al calentarlas** (disminuye su densidad). El efecto contrario se denomina **contracción**.

### Dilatación de los sólidos

Cuando un cuerpo se dilata, lo hace en sus tres dimensiones, pero si una de ellas es mucho mayor que las otras se habla de esa dilatación. Existen pues, dilatación lineal, superficial y cúbica. La variación del tamaño dependerá del tamaño inicial, de la variación de temperatura que experimenta y del tipo de material que se trate. Según se trate de una dilatación lineal, superficial o cúbica, se utilizan las siguientes expresiones:

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta T$$

$$\Delta S = S_0 \beta \Delta T$$

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T$$

$\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  son los coeficientes de dilatación lineal, superficial y cúbica, respectivamente, y dependen del material que forme el cuerpo. Su valor significa el alargamiento producido en cada metro de sólido al calentarlo 1 °C o 1 K.

En la siguiente tabla tienes los coeficientes de dilatación de materiales usuales.

Sustancia	Coefficiente de dilatación lineal [°C <sup>-1</sup> ]
Madera	3,9 10 <sup>-6</sup>
Vidrio	8,4 10 <sup>-6</sup>
Acero	1,2 10 <sup>-5</sup>
Cobre	1,7 10 <sup>-5</sup>
Cinc	3,1 10 <sup>-5</sup>



¿Te imaginas que pasaría si no estuviera prevista la dilatación de las vías del tren? Pues que con el calor las vías aumentarían su longitud, con lo que se "abombarían", y el tren no podría circular por ellas. Para evitar este problema se ponen unas juntas de dilatación, que son espacios vacíos cada una cierta longitud, que se "rellenan" cuando el material se dilata, con lo que las vías no sufren ninguna deformación.

Esta misma solución se adopta en los puentes. Cuando vas en coche y pasas por un puente, te habrás dado cuenta de que hay unos pequeños baches que cruzan la calzada. Ahí están "escondidas" las juntas de dilatación.

Lo mismo sucede en las pistas deportivas, con juntas de dilatación entre las placas de hormigón.

### Dilatación de los líquidos

En general, los líquidos se dilatan más que los sólidos cuando se someten a un aumento de temperatura. Esto se debe a que las partículas que forman un líquido están menos unidas entre sí que las de un sólido, se separan con más facilidad y por eso su coeficiente de dilatación es mayor. No obstante, esta dilatación es más difícil de medir, ya que los líquidos deben estar contenidos en el interior de un recipiente que también se dilata.

La dilatación lineal del mercurio se ha aprovechado durante mucho tiempo para construir termómetros. Actualmente está prohibido utilizar mercurio, dada su gran toxicidad y capacidad contaminante del medio ambiente, razón por la que se construyen de alcohol o, mejor aún, digitales.



### Dilatación de los gases

El estado gaseoso es el más sencillo de estudiar, ya que las partículas de los gases prácticamente no interaccionan entre ellas. Las leyes de los gases se conocen desde hace siglos: si se calienta hasta una temperatura  $T_f$  un recipiente de volumen  $V_i$  variable que contiene gas a una temperatura  $T_i$ , el volumen final  $V_f$  viene dado por la relación:

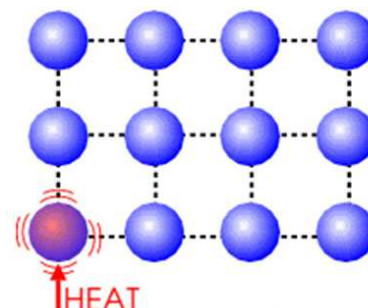
$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$

## 7. Transmisión del calor

La transferencia de energía térmica entre los cuerpos que se encuentran a distinta temperatura puede producirse por tres mecanismos: **conducción**, **convección** y **radiación**.

### Conducción

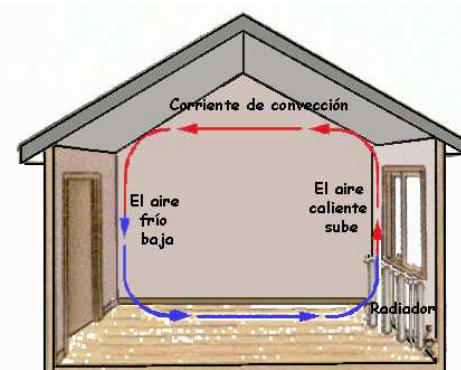
Cuando introduces una cuchara metálica en agua caliente, al poco tiempo acabas notando que el mango de la cuchara se calienta. Esto se debe a que al poner en contacto la cuchara con el agua, las partículas del metal aumentan su energía cinética y su vibración. Cuando estas partículas chocan con las vecinas, les transmiten parte de su energía; este proceso va avanzando poco a poco hasta que llega al otro extremo.



Según su comportamiento en este proceso, los materiales se clasifican en **conductores** y **aislantes térmicos**. Los metales son conductores térmicos excelentes. Materiales aislantes son, por ejemplo, el corcho, los plásticos y la madera. Los líquidos son malos conductores del calor y los gases son los peores conductores térmicos.

### Convección

Si calientas un recipiente con agua, el agua que se encuentra más cerca del fuego estará más caliente será menos densa y sus partículas tendrán más energía, ascendiendo hasta zonas más frías. El hueco que dejan estas partículas de mayor energía lo ocuparán las partículas con menor energía que se encontraban en la parte superior, generando corrientes. Por tanto, durante la convección tiene lugar un movimiento real de la materia a causa de la diferencia de densidad y energía de las partículas. Estas corrientes que se producen en fluidos (líquidos y gases) se llaman **corrientes de convección**.



El radiador de la calefacción calienta el aire que le rodea. La corriente de convección que se produce calienta la habitación.

### Radiación

Es el proceso por el cual se **transmite energía sin contacto** entre la fuente y el receptor. Por ejemplo, sientes el calor del Sol aunque no puedas tocarlo, y lo mismo sucede con el calor procedente de una bombilla. En ambos casos la radiación que llega procede de un foco calorífico.

Los cuerpos emiten continuamente energía desde su superficie en forma de radiación. Esta energía se denomina **energía radiante**, y se transporta mediante ondas electromagnéticas: cuanto mayor es la temperatura de un cuerpo, más calor se disipa por radiación.



Fíjate en la bombilla. ¿Qué sucede si acercas la mano? ¿Y si llegas a tocarla? Una parte muy importante de la energía eléctrica que consume la bombilla se cede al entorno en forma de calor, aumentando la temperatura a su alrededor. Como su función es dar luz y no producir aumentos de temperatura, este tipo de bombilla ya no se fabrica.



## 8. Calor y trabajo

Además de los efectos que has visto, **la energía térmica también es capaz de producir un trabajo mecánico**. Es lo que sucede en los motores de los automóviles, en lo que la energía desprendida en forma de calor al quemar el combustible se transforma en movimiento.

La conversión inversa (conversión de energía mecánica en calor) es aún más frecuente. **Cada vez que se realiza un trabajo mecánico, una parte se transforma en energía térmica**: es la energía que se pierde por rozamiento. Así, aunque en el proceso la energía se conserva, una parte se transfiere en forma de calor, que hace aumentar la temperatura del sistema.

Esa **energía perdida se degrada**, pues ya no se puede aprovechar. Sucede esto, por ejemplo, cuando golpeas repetidamente una pieza metálica con un martillo y observas que acaba por calentarse, o cuando tiras de un cuerpo con una cuerda y tus manos se calientan con el roce: la energía total es la misma, pero es mucho más difícil aprovecharla.



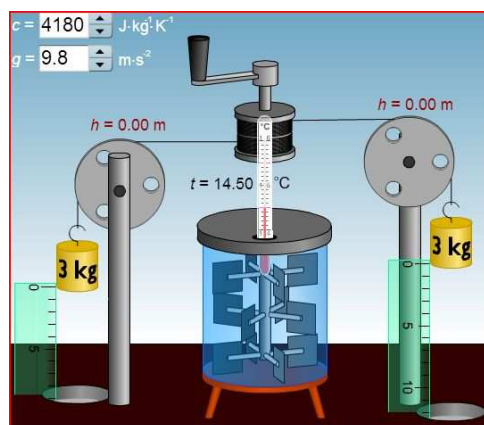
### Equivalente mecánico del calor

En 1845 el físico británico James Prescott Joule realizó un **experimento para determinar la equivalencia entre el calor y el trabajo**. Con un dispositivo similar al de la simulación, Joule midió el aumento de temperatura del agua ( $T_2 - T_1$ ) cuando las pesas descendían una determinada altura.

-El trabajo que realizan los cuerpos es  $W = mgh$

-El calor que recibe el agua debido al rozamiento con las paletas es:  $Q = mc_e(T_2 - T_1)$

Como se trabaja en un sistema aislado, todo el trabajo de las pesas se transforma en el calor que recibe el agua ( $W = Q$ ). Joule encontró que siempre que el agua recibía 1 caloría de calor, las pesas habían realizado un trabajo de 4,18 J.



### El equivalente mecánico del calor

Se denomina equivalente mecánico del calor a la relación entre el trabajo realizado y el calor que puede producir: **1 cal = 4,18 J**; o también **1 J = 0,24 cal**.

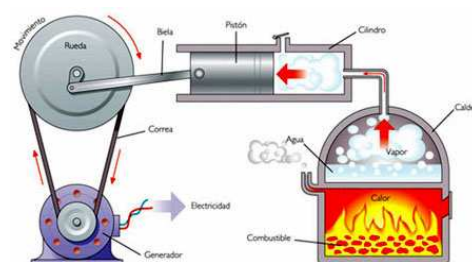
## 8.1 Máquinas térmicas

Las máquinas térmicas son dispositivos que pueden producir trabajo mecánico a partir de energía térmica. La energía térmica se transfiere en forma de calor desde un foco calorífico a otro que está a menor temperatura.

Según como se obtenga la energía hay dos tipos de máquinas térmicas: de **combustión externa** y de **combustión interna**.

### La máquina de vapor

Es un motor de combustión externa. Dispone de una caldera en la que se quema el combustible que está en un elemento distinto de aquél en el que se produce el trabajo mecánico. En las primeras máquinas el combustible era carbón o madera, pero actualmente se utiliza fuel, gas o combustible nuclear en las modernas "máquinas de vapor" que existen en las centrales térmicas o nucleares para producir energía eléctrica; en ellas el vapor producido en una caldera mueve



una turbina que hace girar un generador.



### El motor de explosión

Se trata de un motor de combustión interna, que se realiza en el interior del cilindro en el que se produce el trabajo mecánico. Los coches de gasolina llevan un motor de cuatro tiempos, cuyo esquema de funcionamiento puedes ver en la simulación.

### Rendimiento de las máquinas térmicas

El rendimiento es un dato que **indica el aprovechamiento que hacen las máquinas de la energía que se les suministra.**

Los motores o máquinas térmicas no son muy eficientes, porque gran parte de la energía que consumen se emplea en calentar las piezas y el entorno. Esa energía, en contra de lo deseado, no se aprovecha para producir trabajo.

Por ejemplo, el rendimiento de las primeras máquinas de vapor que se construyeron solamente era del 8%. Esto quiere decir que de cada 100 J de la energía del combustible solo 8 J eran utilizados para producir trabajo y 92 J se perdían, aumentando la temperatura del entorno.

El rendimiento  $r$  de una máquina térmica se mide como la relación en porcentaje entre el trabajo obtenido,  $W$  ( $W=Q_1-Q_2$ ) y la energía suministrada, siendo  $Q_2$  el calor perdido y  $Q_1$  la energía que se comunica:

$$r = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} 100$$

## 9. Producción de energía eléctrica

La energía eléctrica que utilizamos en nuestras casas se produce en las centrales eléctricas y es distribuida por la red eléctrica. Como no se puede almacenar en grandes cantidades, hay que producirla en el mismo momento en que se consume.

La generación de electricidad puede hacerse de varias formas: mediante un alternador, por transformación de energía química en eléctrica en las pilas y baterías o por acción de la luz solar sobre las células fotovoltaicas.

Industrialmente, **la electricidad se genera en centrales eléctricas**, desde las que se transmite por líneas eléctricas a los consumidores a través de redes interconectadas.

Las centrales utilizan combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón), energía nuclear, energía hidráulica, energía eólica, energía solar, energía geotérmica o la biomasa.



Tanto la producción como la distribución crean **problemas medioambientales** que suponen un reto para el futuro, tal y como se observa a simple vista por la emisión de humos en la central térmica de la imagen.

En la producción industrial se utiliza una sola tecnología: un fluido (gas o líquido) hace girar una turbina conectada a un alternador, como puedes ver en la imagen. Las centrales eléctricas se clasifican atendiendo a la fuente de energía primaria que utilizan para disponer del fluido que al moverse a alta velocidad hace girar el alternador. Las más importantes son: **hidroeléctricas, térmicas, nucleares, eólicas y solares**.

## 9.1 Distribución de la electricidad

La distribución de la energía eléctrica desde las centrales hasta los centros de consumo se realiza a través de la red de transporte.

Las **líneas de transporte** de alta tensión están constituidas por los conductores (cables) y los elementos de soporte (torres).

Las líneas de transporte tienen incidencia en el medio ambiente, tanto por su impacto paisajístico (visual) como por los peligros de electrocución, choque de las aves o de los propios campos electromagnéticos que se generan.

Actualmente, la distribución de la energía eléctrica se realiza mediante corriente alterna, que permite la utilización de los transformadores para elevar y reducir el voltaje. A la salida de la central eléctrica se coloca una estación de transformación en la que la tensión de salida de la central (entre 6 y 20 kV) se eleva hasta entre 220 y 400 kV (alta tensión). Mediante una línea de transporte se aproxima a los centros de consumo, donde en subestaciones de transformación se reduce el voltaje para distribuir la energía a las industrias o las ciudades.



## 9.2 El recibo de la luz

La compañía eléctrica nos presenta una factura en la que aparecen distintos conceptos:

1. **Potencia contratada.** Depende de la potencia y la tarifa contratadas. Es lo que pagaríamos si nuestra casa estuviera cerrada. La compañía nos reserva por contrato esa potencia por si la queremos usar. Podemos usarla o no, pero la pagamos siempre. Si conectamos más potencia de la contratada salta el limitador de potencia que hay instalado a la entrada de la vivienda. En todas las facturas es la misma cantidad. Una casa media con calefacción no eléctrica tiene suficiente con 4,4 kW.

2. **Energía consumida.** Es la cantidad de energía realmente consumida. Depende del consumo.

3. **Impuesto sobre la electricidad.** Se aplica a la suma de importes de los dos términos anteriores. Es donde se engloba lo que pagamos por la moratoria nuclear, la gestión de residuos, el plan del carbón y los costes de diversificación (las primas a la eólica, solar, cogeneración,...).

4. **Alquiler del equipo de medida.** Los contadores son de la compañía, y se usan para saber cuánta energía gastamos y cuánto nos tienen que cobrar. También es fijo cada mes.

A todos estos conceptos, una vez sumados, hay que añadirles el porcentaje correspondiente de IVA.

En la factura se añade información del historial de consumo, de la tarifa aplicada y la normativa legal en la que se apoya, de los datos de pago y otras informaciones, además de propaganda de otros servicios de la empresa eléctrica.

