

cuelgan dos cubos de 7 kp y 3 kp. Calcular la fuerza que tiene que hacer para sostenerlo y a qué distancia del primer cuerpo ha de sujetar la barra.

**Solución:** La fuerza resultante del sistema vale:  $7 \text{ kp} + 3 \text{ kp} = 10 \text{ kp}$ , luego la persona debe hacer una fuerza igual a la resultante:  $10 \text{ kp}$ .

Para calcular dónde ha de sujetar la barra, re-

cordemos que debe cumplirse la relación  $F_a \cdot AO = F_b \cdot OB$ .

Si a la distancia  $AO = x$ , la distancia  $OB = 2 - x$   
 $7 \cdot x = 3 \cdot (2 - x)$ ,  $7x = 6 - 3x$ ,  $7x + 3x = 6$ ,  
 $10x = 6$ ,  $x = 6/10 = 0,6$

La distancia  $OA = 0,6 \text{ metros}$ , y la distancia  $OB = 1,4 \text{ metros}$ .

## DINÁMICA

**La dinámica es la parte de la física que estudia el movimiento que adquieren los cuerpos bajo la acción de fuerzas. Del mismo modo que hay muchos tipos de fuerzas, hay también diferentes tipos de movimientos producidos por ellas. La dinámica resuelve dos tipos de problemas. Por un lado, permite calcular qué fuerza se necesita para producir un determinado movimiento y, por otro lado, conociendo la fuerza que actúa, determinar el movimiento que producirá.**

**Fue el físico y matemático inglés Isaac Newton quien formuló, en el siglo XVII, las leyes fundamentales de la dinámica, que se conocen también como leyes de Newton.**

### PRIMERA LEY DE NEWTON O PRINCIPIO DE INERCIA

Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, si no actúa sobre él ninguna fuerza que modifique dicho estado.

La primera parte de este enunciado es fácil de entender. La propia experiencia nos dice que si un cuerpo está en reposo y sobre él no actúa ninguna fuerza, permanecerá de este modo indefinidamente. Si dejamos un libro encima de la mesa, y nada o nadie lo desplaza, continuará de este modo.

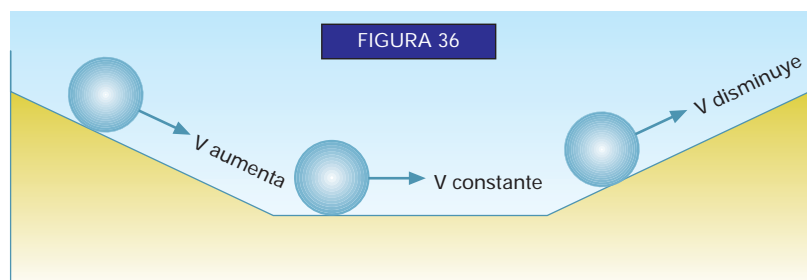
Para explicar la segunda parte, el físico y astrónomo italiano Galileo Galilei (1564-1642) razonaba del siguiente modo: cuando un cuerpo desciende por un plano inclinado, comprobamos que su velocidad aumenta; si, por el contrario, asciende por el plano, su velocidad va disminuyendo; y si el plano es horizontal, la velocidad no aumentará ni disminuirá, se mantendrá constante (figura 36).

Todos sabemos que un cuerpo moviéndose sobre un plano horizontal acaba parándose, porque siempre existen fuerzas de rozamiento entre el cuerpo y la superficie que lo frenan. Pero, si pudiéramos conseguir una superficie perfectamente lisa, sin el más mínimo rozamiento, el cuerpo se movería indefinidamente con la misma velocidad.

La primera ley de Newton se conoce también como principio de inercia. Definimos la inercia como la resistencia de un cuerpo a los cambios en su movimiento. Cuando viajamos en autobús y el vehículo frena, la inercia de nuestro cuerpo nos impulsa hacia adelante, ya que el cuerpo tiende a seguir en movimiento. La inercia depende de la masa; un objeto de masa grande tiene mucha inercia.

### SEGUNDA LEY DE NEWTON O PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA DINÁMICA

Siempre que sobre un cuerpo actúe una fuerza, se producirá una aceleración en la misma dirección y sentido que la fuerza. El valor de la aceleración es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa del cuerpo.



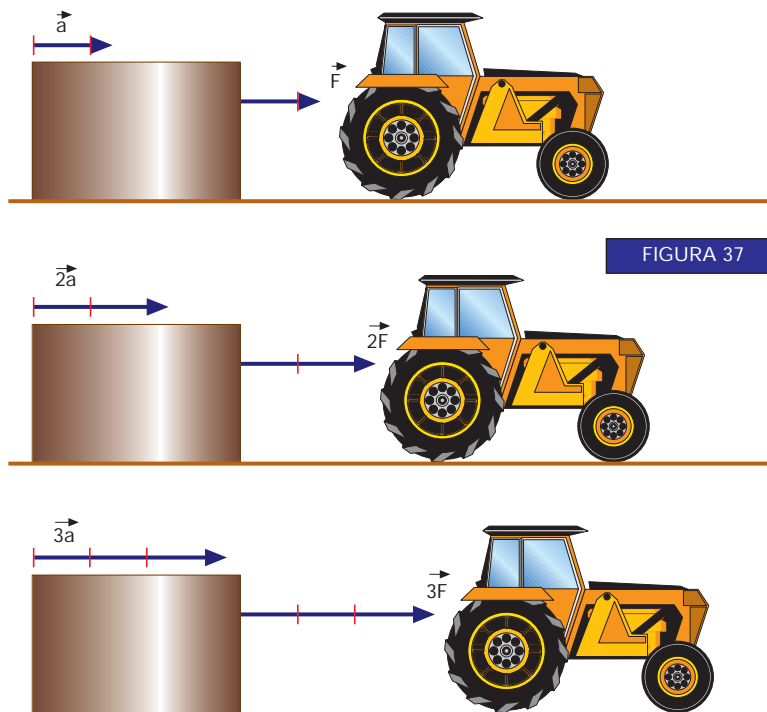


FIGURA 37

Si aplicamos a un cuerpo de masa  $m$  (figura 37) una fuerza  $F$ , el cuerpo se moverá con una aceleración  $a$ ; si la fuerza es  $2F$ , la aceleración tendrá un valor  $2a$ ; a  $3F$  le corresponderá aceleración  $3a$ , etc. Comprobamos que hay una relación constante entre la fuerza y la aceleración, que es precisamente el valor de la masa  $m$  del cuerpo:  $F/a = m$ .

Esta expresión, que escribiremos normalmente como  $F = m \cdot a$ , es la fórmula matemática de la segunda ley.

### Unidades de fuerza

Ya sabemos que la unidad de fuerza en el SI es el newton (N). La segunda ley de Newton nos ayudará ahora a definirla. Si tenemos en cuenta que en el SI la masa se mide en kg, y la aceleración en  $m/s^2$ , la unidad de fuerza se obtendrá aplicando la ecuación  $F = m \cdot a$ , es decir,  $1 N = 1 kg \cdot 1 m/s^2$ .

Un newton es la fuerza que aplicada a una masa de 1 kg le produce una aceleración de  $1 m/s^2$ .

Otra unidad habitual para medir fuerzas es la del ST, llamada kilopondio (kp). Vamos a encontrar la relación entre las dos. Si un cuerpo de 1 kg cae, la fuerza que le hace caer es su peso, 1 kp, y adquiere una aceleración que es la de la gravedad  $g = 9,8 m/s^2$ . Como las fuerzas y las aceleraciones son proporcionales, tendremos que:  $1 kp/1 N = 9,8 m/s^2/1 m/s^2$ , y por tanto:  $1 kp = 9,8 N$ .

En el sistema cgs, la unidad de fuerza se llama dina (dyn), y se define como la fuerza que

aplicada a un cuerpo de 1 g produce una aceleración de  $1 cm/s^2$ , o sea:  $1 dyn = 1 g \cdot 1 cm/s^2$ .

La equivalencia entre las unidades del SI y del cgs, si tenemos en cuenta su definición, es la siguiente:  $1 N = 100.000 dyn$ .

### Peso de un cuerpo

Se define el peso de un cuerpo como la fuerza con que la Tierra lo atrae. Podemos calcular esta fuerza como  $F = m \cdot a$ . Pero, ya sabemos que en ausencia de aire, todos los cuerpos caen atraídos por la Tierra con la misma aceleración:  $g = 9,8 m/s^2$ ; por consiguiente, podemos calcular el peso de un cuerpo utilizando la ecuación fundamental de la dinámica, transformándola de la siguiente manera:  $p = m \cdot g$ .

Las unidades en las que expresaremos el peso son las mismas que las unidades de fuerza.

### TERCERA LEY DE NEWTON O PRINCIPIO DE ACCIÓN Y REACCIÓN

Si un cuerpo ejerce una fuerza (acción) sobre otro, el segundo ejerce simultáneamente sobre el primero otra fuerza (reacción) igual y de sentido contrario. Podemos expresarlo con la siguiente igualdad:  $F_{acción} = -F_{reacción}$ .

Si saltas desde una barca a la orilla, la barca y tú os movéis en sentido contrario (figura 38).

Según este principio, las fuerzas siempre aparecen por pares, iguales y de sentido contrario. No se anulan porque actúan sobre cuerpos distintos, y por tanto producen una aceleración en cada uno de ellos.

En ocasiones, el efecto de alguna de las fuerzas no se aprecia, porque la aceleración que produce, si el

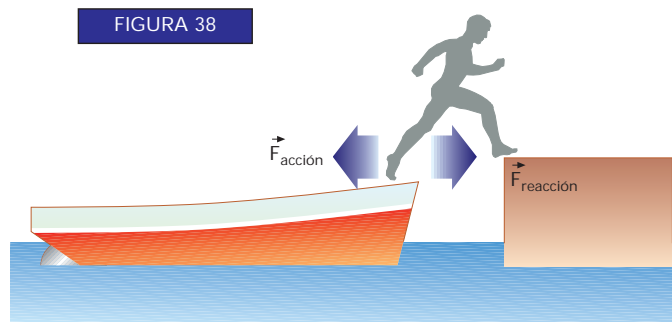
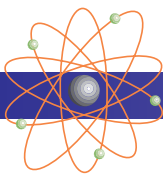


FIGURA 38



cuerpo tiene una masa muy grande, es despreciable. Si en lugar de saltar desde una barca lo hicieses desde un gran barco, no apreciarías su desplazamiento.

## FUERZAS DE ROZAMIENTO

Cuando dos cuerpos están en contacto y se intenta desplazar uno sobre otro, aparecen siempre las llamadas fuerzas de rozamiento (figura 39).

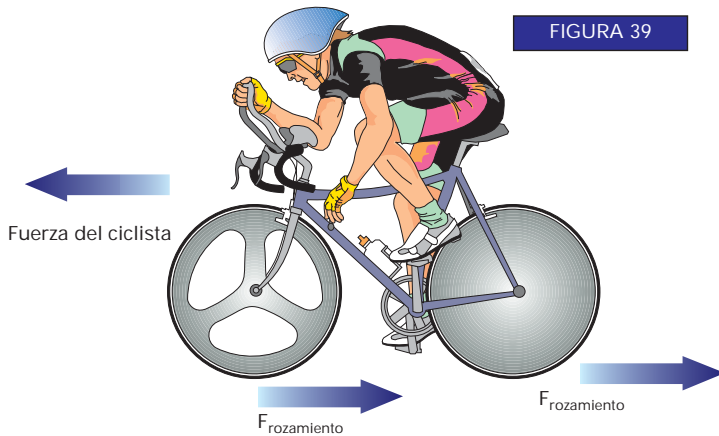


FIGURA 39

En algunos casos, los efectos de las fuerzas de rozamiento son beneficiosos. No nos podríamos desplazar por el suelo si entre éste y nuestros pies no hubiera rozamiento. Hemos comprobado todos que si el rozamiento es pequeño, por ejemplo, en el hielo, podemos resbalar y caer.

En otros casos, en cambio, tratamos de anular los efectos de las fuerzas de rozamiento porque no convienen a nuestros fines. Las piezas en movimiento de un motor se engrasan con aceite o con otra sustancia lubricante para que el rozamiento sea menor.

No calcularemos aquí el valor de las fuerzas de rozamiento porque es un cálculo complejo. Sólo necesi-

tamos saber que se oponen al movimiento. Las representamos, gráficamente, paralelas a las superficies de desplazamiento y en sentido contrario al movimiento.

## EJERCICIOS

1. Durante la maniobra de arranque, los motores de un barco ejercen sobre éste una fuerza de 50.000 kp. Calcular la aceleración que adquiere el barco si su masa es de 80.000 kg.

**Solución:** Es aconsejable utilizar las unidades del SI para las magnitudes:  $F = 50.000 \text{ kp} = 50.000 \text{ kp} \cdot 9,8 \text{ N/1 kp} = 490.000 \text{ N}$ ,  $m = 80.000 \text{ kg}$

Si  $F = m \cdot a$ , el valor de  $a$  será  $a = F/m$ , y sustituyendo los valores:  $a = 490.000 \text{ N}/80.000 \text{ kg} = 6,13 \text{ m/s}^2$ .

2. Un coche de 500 kg circula a una velocidad de 90 km/h. Calcular la fuerza necesaria para detenerlo en 20 s.

**Solución:** Expresaremos los datos en unidades del SI:  $m = 500 \text{ kg}$ ,  $v_0 = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$ ,  $v = 0$ ,  $t = 20 \text{ s}$ .

Calcularemos la aceleración de frenado:  $a = v - v_0/t$   
 $a = 0 - 25 \text{ m/s}/20 \text{ s} = -1,25 \text{ m/s}^2$   
 (es negativa por ser de frenado)

El valor de  $F = m \cdot a = 500 \text{ kg} \cdot (-1,25 \text{ m/s}^2) = -625 \text{ N}$ .

El signo negativo nos indica que el sentido de aplicación de la fuerza de frenado es contrario al del movimiento.

3. Un patinador de 60 kg empuja a otro de 80 kg con una fuerza de 30 N. Si están sobre una superficie sin rozamiento, calcular la aceleración que adquiere cada uno de ellos.

**Solución:** Aplicaremos la tercera ley de Newton:

$$F_{\text{acción}} = -F_{\text{reacción}} = 30 \text{ N}$$

$$F_{\text{acción}} = m_2 \cdot a_2; \quad 30 \text{ N} = 80 \text{ kg} \cdot a_2$$

$$F_{\text{reacción}} = m_1 \cdot a_1; \quad -30 \text{ N} = 60 \text{ kg} \cdot a_1$$

$$a_2 = 30 \text{ N}/80 \text{ kg} = 0,38 \text{ m/s}^2$$

$$a_1 = -30 \text{ N}/60 \text{ kg} = -0,5 \text{ m/s}^2$$

# ESTÁTICA DE FLUIDOS

**La materia se presenta en tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Los sólidos tienen forma fija, no se deforman. Los líquidos y los gases son deformables, no presentan resistencia a la deformación. Los líquidos y los gases se llaman fluidos porque carecen de forma propia y adoptan la forma del recipiente que los contiene.**

## DENSIDAD

La densidad es una de las propiedades más características de cada sustancia. Se define como la

masa de la unidad de volumen, es decir, es el cociente entre la masa de la sustancia y el volumen que ocupa:  $d = m/V$ , siendo  $d$  la densidad,  $m$  la masa y  $V$  el volumen.

En los sólidos y líquidos, la densidad tiene un valor constante para cada sustancia, porque para el mismo valor de masa ocupan un volumen fijo. Sin embargo, los gases no tienen volumen fijo, sino que ocupan todo el recipiente que los contiene, y por tanto, su densidad varía. Así, los valores para la densidad de los gases se expresan siempre especificando las condiciones en las que se han medido. El aparato que mide densidades se llama **densímetro**.

Tabla de densidades ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

FIGURA 40

|           |          |
|-----------|----------|
| Agua      | 1        |
| Alcohol   | 0,79     |
| Mercurio  | 13,6     |
| Aluminio  | 2,7      |
| Cobre     | 8,9      |
| Estaño    | 7,3      |
| Oro       | 19,3     |
| Hielo     | 0,91     |
| Hidrógeno | 0,000089 |
| Aire      | 0,00129  |

## Unidades

En el SI, la unidad de masa es el kg y la de volumen el  $\text{m}^3$ . Por tanto, la unidad de densidad será  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

También es muy utilizada la unidad del Sistema Cegesimal: la masa en g y el volumen en  $\text{cm}^3$ , nos da la unidad de densidad:  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

La tabla de la figura 40 recoge los valores de la densidad de distintas sustancias sólidas, líquidas y gaseosas.

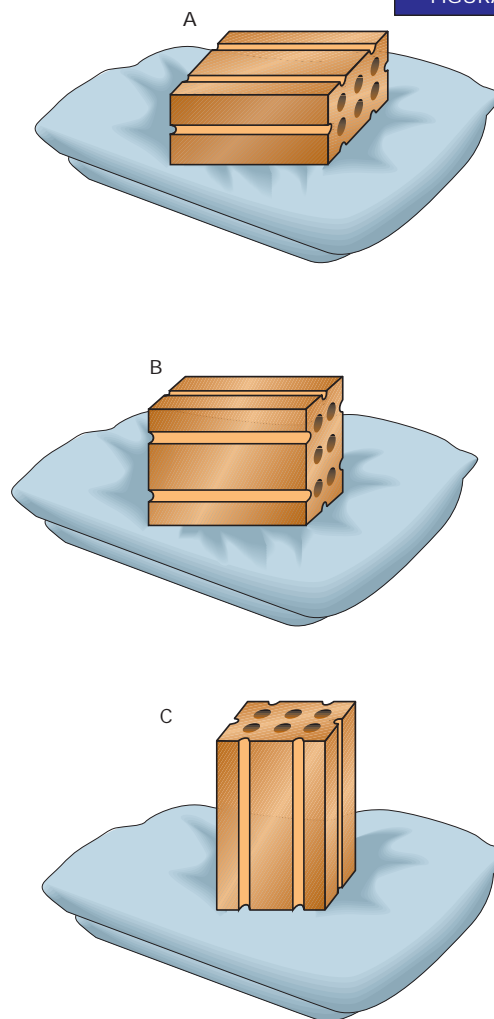
## PRESIÓN

Una persona cuando anda por la nieve se hunde; sin embargo, no se hundirá si se coloca unos esquís o unas raquetas en los pies. En ambos casos, la fuerza ejercida (el peso) es la misma, pero no lo es la superficie de apoyo.

Del mismo modo, un ladrillo colocado encima de un bloque de arcilla tierna no se hunde igual

cuando se apoya sucesivamente sobre cada una de las tres caras (figura 41).

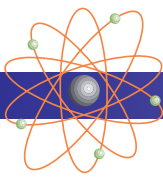
FIGURA 41



Si piensas en estos ejemplos, llegarás a la conclusión de que, además de la fuerza ejercida, hay que tener en cuenta la superficie sobre la que se ejerce para comparar sus efectos.

Se llama presión la relación entre la fuerza y la superficie sobre la cual se aplica. La expresión matemática que las relaciona es:  $P = F/S$ , siendo  $P$  la presión,  $F$  la fuerza y  $S$  la superficie.

En la vida corriente aplicamos con frecuencia el concepto de presión, bien para disminuirla, como en el primer ejemplo citado, o bien para aumentarla. El filo de un cuchillo, o la punta de una aguja o de un clavo, tienen una forma que hace la superficie lo más pequeña posible, y de esta manera una misma fuerza produce una presión grande.



## Unidades

En el SI la unidad de fuerza es el newton (N), y la de superficie el  $m^2$ . La unidad de presión, por tanto, es:  $1 \text{ N}/1 \text{ m}^2 = 1 \text{ pascal (Pa)}$ .

El **pascal (Pa)**, por consiguiente, será la presión ejercida por una fuerza de 1 N aplicada sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$ .

De la misma manera obtendremos la unidad de presión en el ST:  $1 \text{ kp}/1 \text{ m}^2$ . En el Sistema Cegesimal, la unidad de presión es  $1 \text{ dyn}/\text{cm}^2 = 1 \text{ baria (ba)}$ .

Un múltiplo de la **baria** es la megabaría, que equivale a 1.000.000 de barias. En los partes meteorológicos se suele dar la presión en **milibares** (1 milibar = 1.000 barias).

## PRESIÓN HIDROSTÁTICA

Un objeto sumergido en el interior de un líquido está sometido al peso de éste que soporta encima. Este peso, distribuido por toda la superficie del objeto, da lugar a una presión que llamaremos presión hidrostática.

Para calcular el valor de la presión hidrostática, tomaremos un recipiente con un líquido de densidad  $d$  (figura 42), y en su interior introduciremos horizontalmente una plancha de una superficie  $S$ . La plancha soportará el peso de todas las partículas líquidas situadas encima de ella. El valor del peso soportado será  $p = m \cdot g$ . Si tenemos en cuenta que conocemos la densidad del líquido,

do,  $d = m/V$ , el valor de  $m$  vendrá dado por la expresión  $m = d \cdot V$ .

Luego, el valor de la presión lo podemos expresar como:

$$P = F/S = m \cdot g/S = d \cdot V \cdot g/S$$

El volumen que contiene las partículas situadas encima de la plancha tiene una altura  $h$ , la que va desde la plancha hasta la superficie del líquido. Este volumen será  $V = S \cdot h$ . Sustituyendo este valor en la expresión de la presión hidrostática, quedará:

$$P = d \cdot S \cdot h \cdot g/S = d \cdot h \cdot g$$

Esta expresión nos permite calcular la presión que soporta un cuerpo sumergido a una profundidad  $h$ . Hay que tener en cuenta que, a mayor profundidad, mayor presión. Efectivamente, basta recordar que un submarinista no puede descender a grandes profundidades, aunque lleve botellas de aire para respirar, porque no soportaría la presión del agua.

Es muy conocida la experiencia que realizó Blaise Pascal, matemático, físico y filósofo francés (1623-1662). Ajustó un tubo vertical, largo y delgado, en la parte superior de un tonel de madera lleno de agua (figura 43), y demostró que, al alcanzar el agua una gran altura en el tubo, la presión aumenta tanto que el tonel no puede soportarla y revienta.

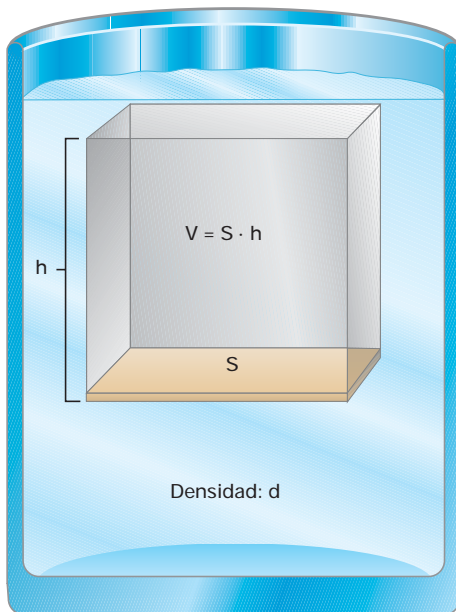


FIGURA 42

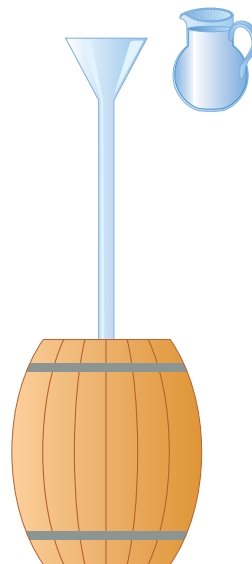
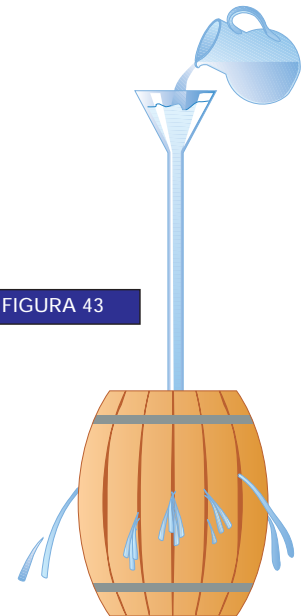


FIGURA 43





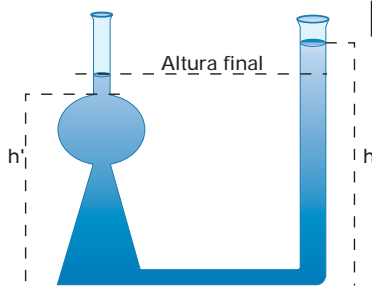


FIGURA 44

Una consecuencia de la presión hidrostática la podemos observar en los vasos comunicantes (figura 44). Cuando dos o más recipientes se comunican por la parte inferior (vasos comunicantes), pueden considerarse como una sola vasija, y al verter un líquido en uno de ellos, el líquido pasa a los demás alcanzando en todos el mismo nivel.

### PRINCIPIO DE PASCAL

Para entender este principio, vamos a considerar la siguiente experiencia: tomamos una serie de recipientes de distinta forma llenos de líquido y hacemos unos orificios en distintos sitios, del mismo tamaño (figura 45); podremos comprobar que en todos los casos la dirección de salida es perpendicular a la pared del recipiente.

Esto nos demuestra que la fuerza ejercida por un líquido se transmite por igual en todos los puntos del líquido y, por tanto, a los de las paredes del recipiente.

Los resultados de esta experiencia son los que explica el principio de Pascal: la presión ejercida sobre un líquido encerrado en un recipiente se

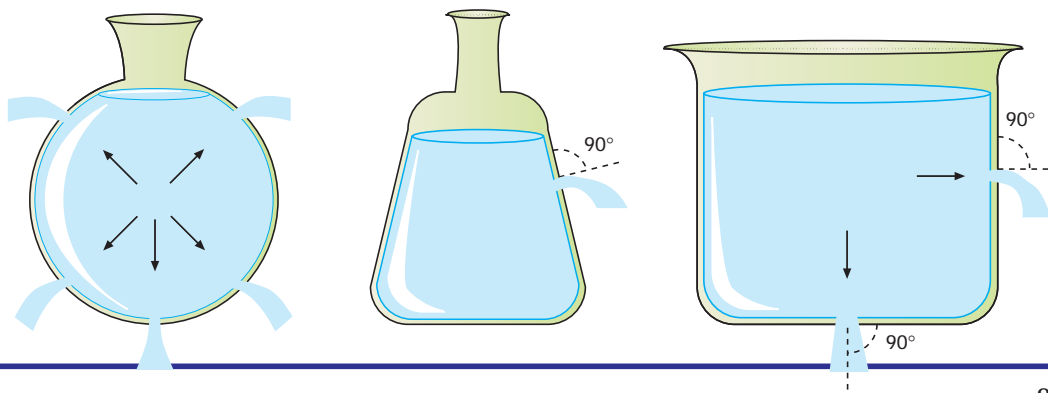


FIGURA 45

transmite íntegramente a todas las superficies en contacto con el líquido.

Este es el fundamento de la prensa hidráulica (figura 46). La presión ejercida en el cilindro 1,  $P = F_1/S_1$ , se transmite íntegramente al cilindro 2,  $P = F_2/S_2$ . Aplicando una pequeña fuerza  $F_1$  en el cilindro de superficie  $S_1$ , podemos obtener en el cilindro mayor una fuerza  $F_2$  también mayor, que permite comprimir un cuerpo colocado en su superficie.

### PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

La experiencia nos enseña que, si colocamos un trozo de madera en una vasija vacía, la madera queda en el fondo, pero sabemos también que, si añadimos agua, la madera sube. Hay que pensar, pues, en una fuerza que la empuja hacia arriba.

Del mismo modo, si tenemos una pelota en la mano y entramos en la piscina, parece que dentro del agua la pelota pesa menos. ¿Cómo explicamos estas observaciones?

Fue Arquímedes, en el siglo III a.C., quien descubrió la explicación a estos hechos. Según el princi-

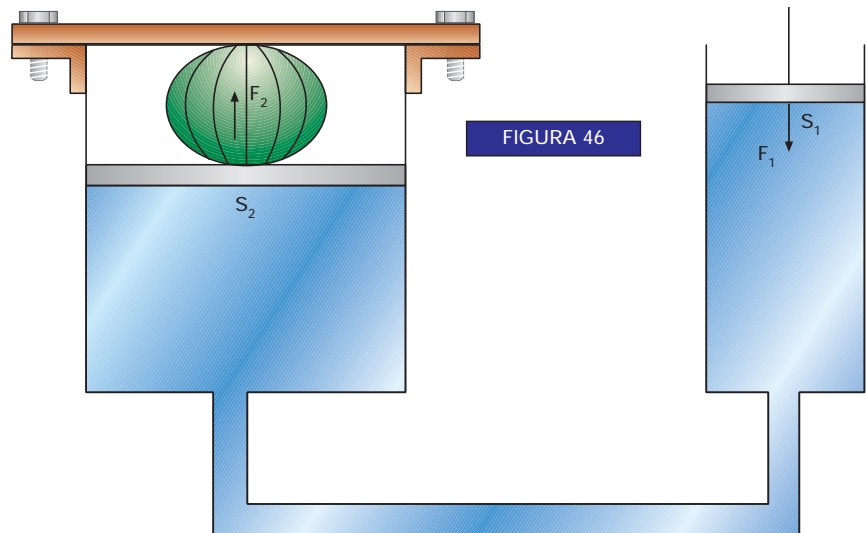
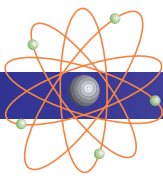


FIGURA 46



pio que lleva su nombre: todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del líquido desalojado.

La expresión matemática de este principio es  $E = d \cdot g \cdot V$ , donde  $E$  es el empuje,  $d$  la densidad del líquido y  $V$  el volumen del cuerpo sumergido.

Este principio nos permite explicar el comportamiento de los cuerpos sumergidos en líquidos. Todo cuerpo sumergido está sometido a dos fuerzas verticales de sentido contrario, el peso del cuerpo y el empuje del líquido (figura 47). Según el valor de la resultante de estas dos fuerzas, tendremos distintas respuestas: si el peso es superior al empuje, el cuerpo se hundirá; en cambio, permanecerá en equilibrio en el interior del líquido, si el peso es igual al empuje, y flotará en la superficie, si el peso es inferior al empuje.

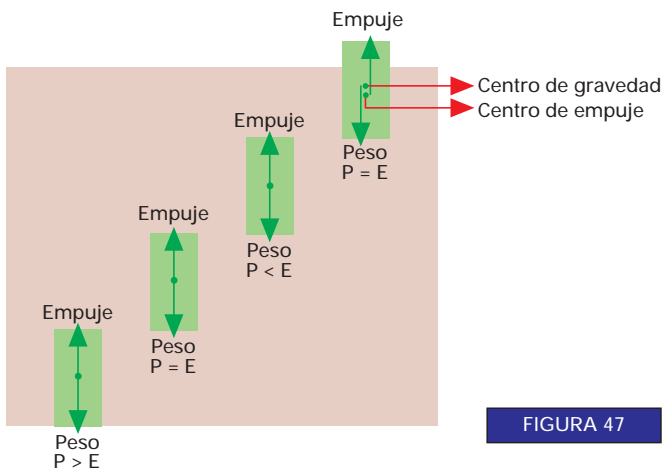


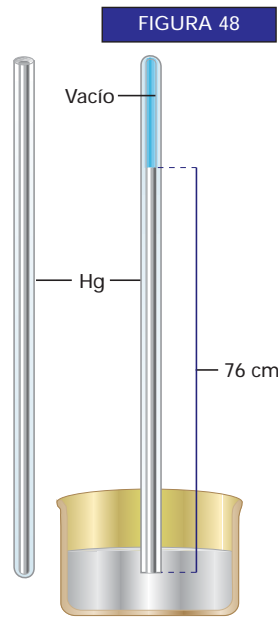
FIGURA 47

## PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Aunque el aire es muy ligero, tiene sin embargo un peso, y por tanto ejerce una fuerza sobre todas las cosas que se encuentran sobre la Tierra. Hemos de tener en cuenta que hay sobre cada uno de nosotros una columna de aire de poca densidad, pero de unos 400 km de altura.

Si calculamos la fuerza ejercida por el aire por unidad de superficie, obtendremos el valor de una presión. A esta presión la denominaremos presión atmosférica.

El matemático, físico e inventor italiano Torricelli, nacido en 1608, encontró el medio para hallar el valor de la presión atmosférica: llenó completamente de mercurio un tubo de cristal de 1 m de longitud, cerrado por uno de sus extremos (figura 48); tapó con el dedo el extremo superior del tubo y lo invirtió, introduciéndolo en una cu-



beta con mercurio; el mercurio del tubo fue descendiendo, pero no hasta el nivel de la cubeta, sino que quedó estabilizado a una altura de 76 cm, y en la parte superior del tubo quedó el vacío. La explicación de esta experiencia es la siguiente: la presión que la atmósfera ejercía sobre el mercurio de la cubeta se equilibraba con la presión ejercida por el peso de la columna de mercurio. El valor de esta presión se puede calcular, como ya hemos visto, con la expresión  $P = d \cdot g \cdot h$ . Teniendo en cuenta que la densidad del mercurio es de  $13,6 \text{ g/cm}^3 = 13.600 \text{ kg/m}^3$ , en el SI tendrá un valor:

$$P = 13.600 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,76 \text{ m} = 101.300 \text{ Pa.}$$

Se define la unidad de presión que llamamos **atmósfera** (atm) como la presión que ejerce una columna de mercurio de 0,76 m de altura a 0 °C y al nivel del mar. Así:  $1 \text{ atm} = 0,76 \text{ m de mercurio}$ .

Los aparatos destinados a medir la presión atmosférica se llaman **barómetros**. Hay diferentes tipos de barómetros (figura 49).

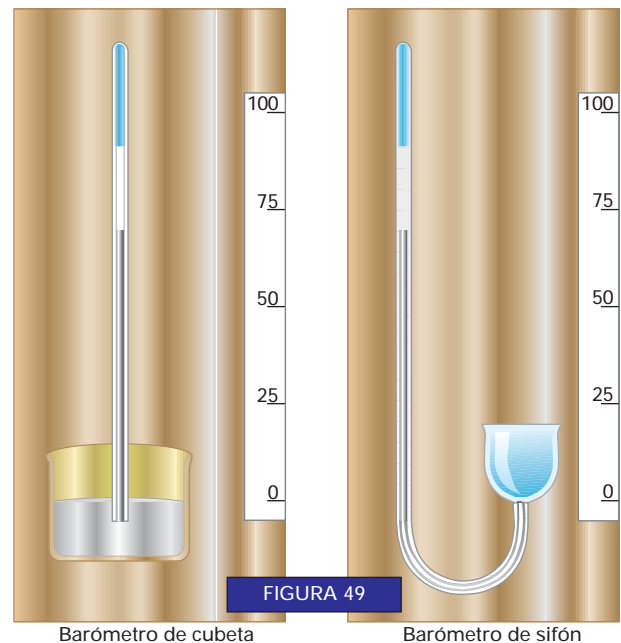


FIGURA 49

## EJERCICIOS

1. En una prensa hidráulica, el émbolo mayor tiene una sección de  $200 \text{ cm}^2$ , y el menor de  $10 \text{ cm}^2$ . Si se aplica una fuerza de  $150 \text{ N}$ , ¿cuál es la fuerza que se ejerce en el émbolo mayor?

*Solución:* Según el principio de Pascal, la pre-

sión del émbolo 1 es igual a la presión del émbolo 2, de donde  $F_1/S_1 = F_2/S_2$ , y por consiguiente:  
 $F_2 = F_1 \cdot S_2/S_1$ .

Sustituiremos los datos y de este modo tendremos:  
 $F_2 = 150 \text{ N} \cdot 200 \text{ cm}^2/10 \text{ cm}^2 = 3.000 \text{ N}$

En el resultado podemos observar que se obtiene una fuerza mucho mayor.

# TRABAJO, POTENCIA Y ENERGÍA

*Todos los cuerpos modifican continuamente sus características. Unas veces cambian de posición o de forma, otras veces alteran su temperatura o modifican su composición, etc.*

*Todos estos cambios requieren energía.*

*A menudo, utilizamos la palabra energía aplicada a un hombre, a un motor, a un salto de agua o a una central nuclear. En general, aplicamos esta palabra a todo aquello que es capaz de realizar un trabajo.*

*En física, el trabajo tiene un significado muy preciso que no coincide con el que le damos en la vida cotidiana.*

## TRABAJO

Si sostenemos un peso en una mano, realizamos un esfuerzo, que puede producirnos cansancio, pero desde el punto de vista de la física no hemos hecho ningún trabajo, sino simplemente una fuerza.

Para que haya «trabajo» físico es necesario que la fuerza que se realiza desplace su punto de aplicación a una distancia determinada.

En física, definimos el «trabajo» como el producto de la fuerza aplicada a un cuerpo por el espacio o distancia que éste ha recorrido en la misma dirección de la fuerza (figura 50). La fórmula que lo expresa es  $W = F \cdot e$ , donde  $W$  designa el trabajo (del inglés *work*),  $F$  la fuerza y  $e$  el espacio o distancia.

Si la dirección de la fuerza es distinta de la del desplazamiento (figura 51), la expresión para calcular el trabajo es más compleja matemáticamente. Necesitamos calcular el valor de la componente de la fuerza que realiza el trabajo. Esta expresión es:  $W = F \cdot e \cdot \cos \alpha$ , siendo  $\cos \alpha$  el coseno del ángulo que forman la fuerza  $F$  y la dirección del desplazamiento.

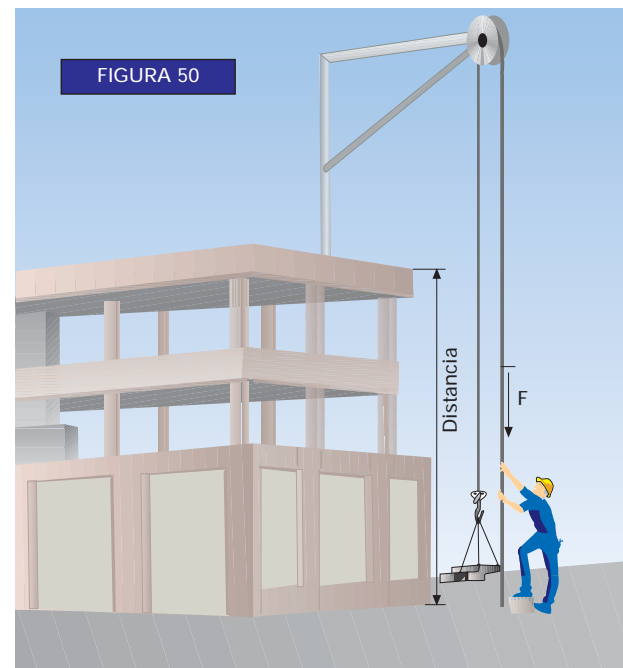


FIGURA 50

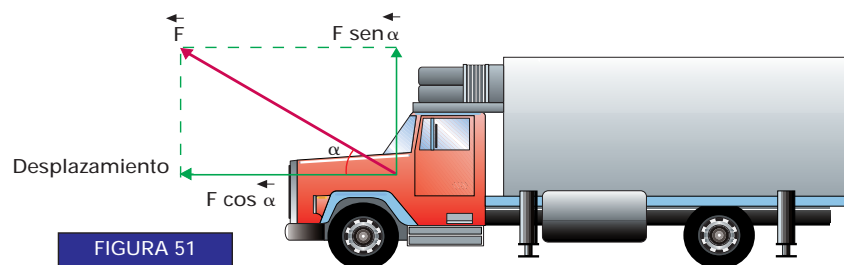
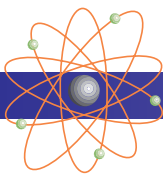


FIGURA 51





## Unidades de trabajo

Las unidades para expresar el trabajo se obtendrán al multiplicar las unidades correspondientes de fuerza y espacio.

En el Sistema Internacional la unidad de trabajo es el **julio (J)**, que se define como el trabajo efectuado por una fuerza de 1 newton cuando se desplaza 1 metro en su propia dirección:  $1 J = 1 N \cdot 1 m$ .

El Sistema Cegesimal tiene como unidad el **ergio (erg)**, que es el trabajo realizado por una fuerza de 1 dina cuando produce un desplazamiento de 1 centímetro en la misma dirección:  $1 erg = 1 dyn \cdot 1 cm$ .

La unidad de trabajo en el Sistema Técnico es el **kilopondímetro (kpm)**, que es el trabajo realizado por una fuerza de 1 kilopondio que recorre una distancia de 1 metro:  $1 kpm = 1 kp \cdot 1 m$ .

Teniendo en cuenta las equivalencias ya estudiadas entre las unidades de fuerza y las del espacio, obtendremos:  $1 kpm = 9,8 J$ ; y  $1 J = 10^7 erg$ .

## POTENCIA

Al realizar un trabajo determinado, hay un factor importante que es el tiempo que se emplea en realizarlo. Es evidente que un mismo trabajo puede efectuarse en tiempos distintos según los medios empleados. Si hay que subir una carga a un piso, se puede subir a mano, tirando de una cuerda colocada en una polea, con el montacargas o con el ascensor. Cualquiera que sea el método empleado, el trabajo realizado siempre será el mismo, puesto que trasladaremos el mismo peso a una determinada altura, pero en cambio el tiempo empleado será probablemente distinto. Como el ascensor utiliza menos tiempo, diremos que tiene más potencia,

En física, se define la potencia como el trabajo realizado en cada unidad de tiempo. La fórmula de la potencia será, por tanto, la siguiente:  $P = W/t$ .

En un aparato eléctrico, un vehículo, etc., el valor de la potencia es un dato imprescindible, ya que nos indica la relación entre el trabajo que es capaz de realizar y el tiempo utilizado en hacerlo.

## Unidades de potencia

En el Sistema Internacional, si el trabajo lo medimos en julios y el tiempo en segundos, la potencia se medirá en julios por segundo (J/s). Esta unidad recibe el nombre de **vatio (W)**. Un vatio es la potencia de un mecanismo que realiza un trabajo de 1 julio en 1 segundo:  $1 W = 1 J/s$ .

En la práctica, utilizamos sin embargo el **kilovatio (kW)** que equivale a 1000 W.

En los Sistemas Cegesimal y Técnico, las correspondientes unidades de potencia serán, respectivamente, erg/s y kpm/s.

Una unidad de potencia que no pertenece a ningún sistema, pero que en cambio es también muy usada, sobre todo al hablar de la potencia de los motores, es el **caballo de vapor (CV)**. Es conveniente saber las equivalencias más utilizadas del caballo de vapor:  $1 CV = 75 kpm/s = 736 W$ .

## ENERGÍA

Si una persona es muy activa y no se cansa después de muchas horas de trabajo, decimos que está llena de energía. Por el contrario, cuando alguien se muestra agotado, decimos que ha perdido o gastado muchas energías.

Esta asociación entre la energía, el esfuerzo y el trabajo es la que se utiliza en física para definirla: la energía es la capacidad para realizar un trabajo.

La propiedad más importante de la energía consiste en que se puede transformar en otras formas diferentes de energía, pero no es posible crear energía de la nada. Así, por ejemplo, la energía eléctrica puede emplearse para encender una lámpara (energía luminosa), para hacer funcionar una cocina (energía calorífica) o para poner en movimiento un ventilador (energía de movimiento).

## Unidades de energía

Las unidades en las que expresaremos la energía serán las mismas que las que utilizamos para calcular el trabajo: el julio (J), el ergio (erg) y el kilopondímetro (kpm).

Por razones históricas o prácticas, en ocasiones se utilizan otras unidades de energía. La energía calorífica se suele medir en **calorías (cal)**. Su equivalencia a unidades del SI es:  $1 cal = 4,18 J$ . En el caso de la energía eléctrica, el **kilovatio-hora (kWh)** es la unidad de medida habitualmente empleada en los aparatos destinados a medir su consumo, ya que miden el trabajo como el producto de la potencia del aparato eléctrico en kW por el tiempo de utilización en horas. Su equivalencia en el SI es  $1 kWh = 1.000 W \cdot 3.600 s = 3.600.000 J$ .

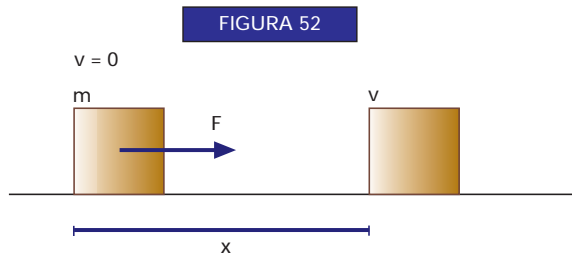
## ENERGÍA MECÁNICA

De todas las formas en las que se presenta la energía, estudiaremos la llamada energía mecánica, que es aquella capaz de producir cambios de posición, de velocidad o de forma en los cuerpos.

### Energía cinética

Es la que poseen los cuerpos en movimiento. Un molino de viento utiliza la energía cinética del viento; el martillo que clava un clavo vence la resistencia de la madera gracias a su energía cinética; etc.

Vamos a expresar la energía cinética ( $E_c$ ) utilizando un cuerpo de masa  $m$  en reposo ( $v = 0$ ), al que aplicamos una fuerza  $F$  durante un tiempo  $t$  (figura 52). El cuerpo se ha desplazado una distancia  $x$ , y por tanto se ha realizado un trabajo. Observamos que el cuerpo ha adquirido una velocidad  $v$ , es decir, el trabajo realizado ha servido para que el cuerpo adquiera energía cinética.



Calcularemos el valor del trabajo según la fórmula correspondiente,  $W = F \cdot e$ , y nos dará el valor de la energía cinética. Recordemos que  $F = m \cdot a$ , y que en un MRUA el valor del desplazamiento es  $e = a \cdot t^2/2$ . Sustituiremos estos valores y tendremos:  $E_c = m \cdot a \cdot at^2/2 = m \cdot (at)^2/2$ . Recordarás que  $v = a \cdot t$ , por lo que la ecuación anterior quedará finalmente reducida así:  $E_c = m \cdot v^2/2$ .

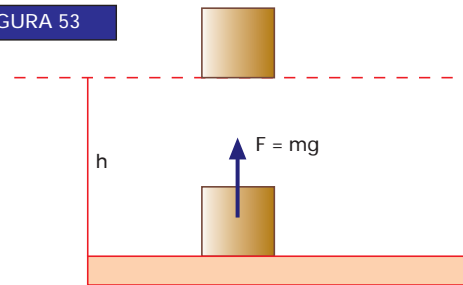
La energía cinética de un cuerpo sólo depende de su masa y de la velocidad a que se desplaza.

### Energía potencial

El agua mantenida a un nivel elevado por una presa, lo mismo que un muelle comprimido, poseen una energía latente, o en potencia, que llamaremos energía potencial.

Si un cuerpo se encuentra a una cierta altura del suelo, posee una energía potencial que llamaremos **energía potencial gravitatoria**, porque depende de su posición en el campo gravitatorio terrestre. Calcularemos su valor mediante el trabajo necesario para elevar un cuerpo de masa  $m$  a una

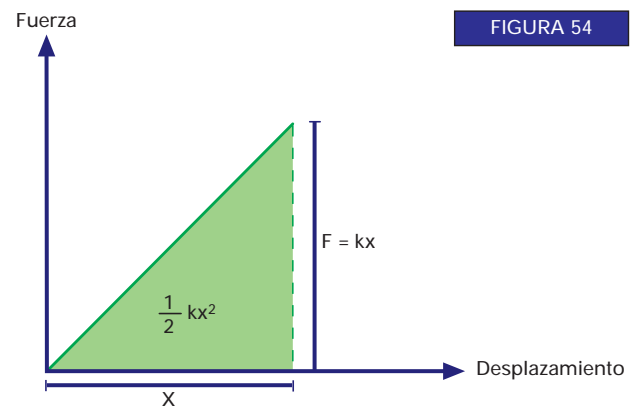
FIGURA 53



altura  $h$  (figura 53). La fuerza necesaria será igual al peso del cuerpo  $p = m \cdot g$ , y el trabajo tiene un valor  $W = F \cdot e = m \cdot g \cdot h$ .

Este trabajo queda almacenado en forma de energía potencial gravitatoria:  $E_{pg} = m \cdot g \cdot h$ .

Si comprimimos un muelle con una fuerza  $F$ , realizamos sobre él un trabajo que queda almacenado en forma de **energía potencial elástica** ( $E_{pe}$ ). Como la fuerza  $F = k \cdot x$  tiene un valor variable, el valor del trabajo se calcula como el área encerrada en la gráfica de la figura 54. Su valor es:  $E_{pe} = k \cdot x^2/2$ .



## TEOREMA DE LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

La propiedad más importante de la energía es que su cantidad total no varía. En efecto, la energía no se crea ni se destruye, aunque con frecuencia varía su forma. Así se expresa la **ley de la conservación de la energía**. Veamos un ejemplo de conservación de la energía mecánica en un atleta que realiza un salto de pértiga (figura 55). En la pista, el atleta posee una energía cinética, y cuando abandona el suelo, esta energía cinética se ha transformado en energía potencial gravitatoria, mientras que la pértiga se dobla almacenando energía potencial elástica; en el punto más alto,

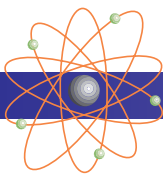
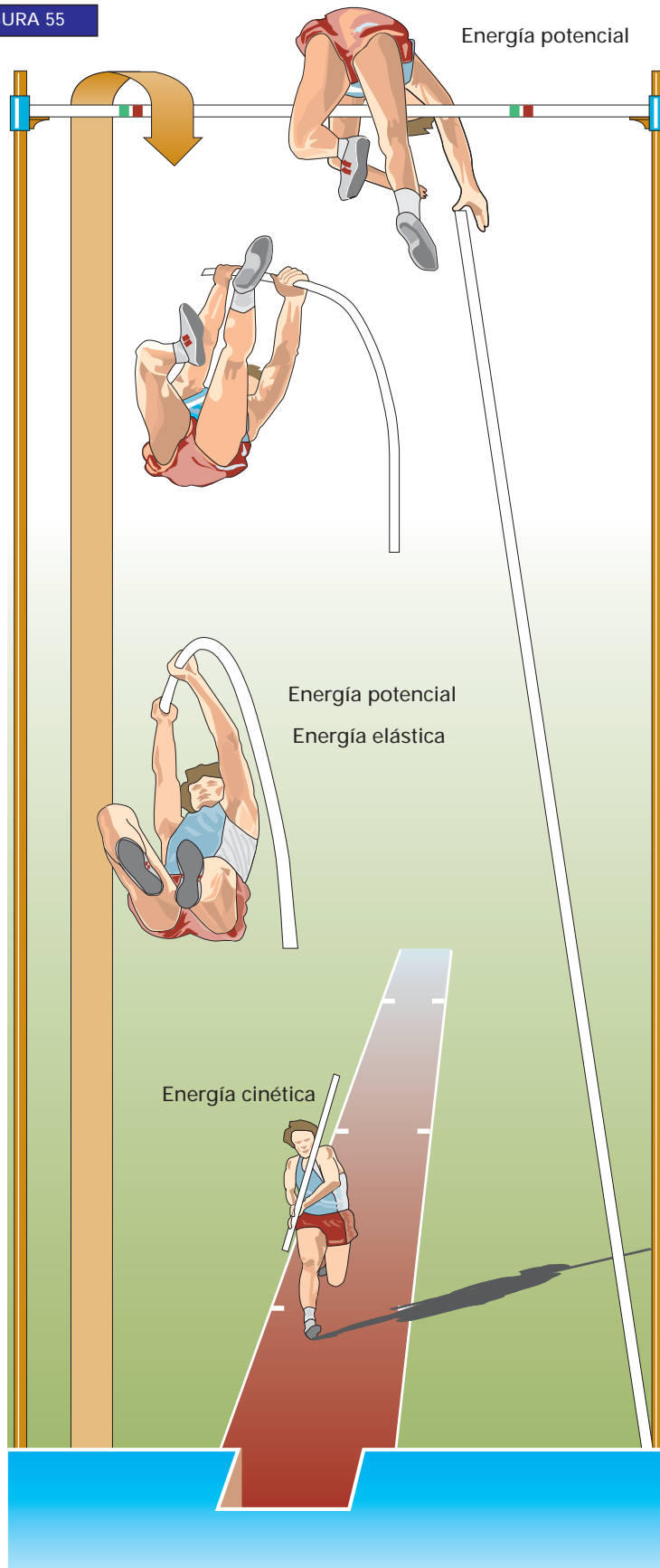


FIGURA 55



toda la energía se ha transformado en energía potencial gravitatoria; y una vez superado el listón, toda la energía potencial gravitatoria se convierte en cinética en la caída.

## EJERCICIOS

1. Un trabajador ha elevado un peso de 500 N a 5 m de altura. Para hacerlo, ha tenido que aplicar una fuerza de 500 N. ¿Qué trabajo ha desarrollado? Y, si en lugar de subirlo él, utilizara un motor, ¿qué trabajo desarrollaría el motor? El trabajador emplea en elevar el peso 50 segundos, y el motor 10 segundos. ¿Cuál es la potencia que desarrollan el trabajador y el motor?

**Solución:** El trabajo desarrollado por el trabajador es  $W = F \cdot e = 500 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} = 2.500 \text{ J}$ .

El trabajo desarrollado por el motor es  $W = 500 \text{ N} \cdot 5 \text{ m} = 2.500 \text{ J}$ , es decir, ambos realizan el mismo trabajo.

La potencia del trabajador es  $P = 2.500 \text{ J} / 50 \text{ s} = 50 \text{ W}$

La potencia del motor es  $P = 2.500 \text{ J} / 10 \text{ s} = 250 \text{ W}$

2. Calcular la energía cinética de un automóvil cuya masa es de 2.000 kg, al desplazarse a una velocidad de 90 km/h. Calcular a qué altura tendríamos que elevarlo sobre el plano horizontal en que se encuentra, para que tuviera la misma energía potencial.

**Soluciones:** Realizaremos los cambios de unidades para utilizar el SI, por lo que:  $m = 2.000 \text{ kg}$ , y  $v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$ .

El valor de la energía cinética es:  $E_c = mv^2/2 = 2.000 \text{ kg} \cdot (25 \text{ m/s})^2/2 = 625.000 \text{ J}$

Si la energía potencial es  $E_p = m \cdot g \cdot h$ , el valor de  $h = E_p/m \cdot g$ , y sustituyendo los datos:  $h = 625.000 \text{ J} / 2.000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 31,9 \text{ m}$ .

# ENERGÍA TÉRMICA. TEMPERATURA

*Una de las formas más importantes en que se presenta la energía es el calor; y su fuente principal la constituye el Sol. El calor fue la primera forma de energía que el hombre utilizó. Le sirvió para calentarse, para cocinar y para defenderse de las fieras.*

*Todo cuerpo que posee calor es, por consiguiente, capaz de realizar un trabajo y transformarlo así en otras formas de energía. En un automóvil se quema combustible, y el calor obtenido produce el trabajo para desplazarlo; también se quema combustible en una central térmica, pero en este caso para producir energía eléctrica, etc. El hombre moderno sigue dependiendo de la energía calorífica.*

## CALOR Y TEMPERATURA

Con frecuencia se confunde el concepto de calor con el de temperatura, pero aunque muchas veces están relacionados, son esencialmente distintos. Veamos algunos ejemplos que puedan aclarar estos conceptos.

Comparemos una cerilla encendida y el agua de una piscina: ¿cuál tiene más calor, y cuál más temperatura? La cerilla está a más temperatura, pero el agua de la piscina ha almacenado calor suficiente para mantener el agua a una temperatura agradable, que es inferior lógicamente a la alcanzada en la cerilla.

Hagamos otra comprobación. Si colocamos sobre la llama de un mechero de gas un vaso lleno de agua fría, la temperatura del agua aumenta. El mechero cede calor al agua. Parece lógico suponer que siempre que hay cesión de calor hay aumento de temperatura. Pero esto no es así, puesto que cuando el agua alcanza una temperatura de 100 °C, aunque la mantengamos sobre la llama del mechero observaremos que la temperatura no aumenta. Por consiguiente, no siempre que un cuerpo recibe calor aumenta su temperatura.

La primera explicación del calor la daremos teniendo en cuenta que la materia está formada por un número infinitamente grande de moléculas que se mueven, y por tanto tienen energía cinética. Esta energía del interior de los cuerpos se llama **energía interna**. Cuando un cuerpo está caliente, sus moléculas se mueven muy deprisa, y cuando está frío se mueven más despacio.

El calor, también llamado **energía térmica**, depende, por una parte, del número de moléculas, o sea, de la masa del cuerpo, y depende también,

por otra parte, de la intensidad de los movimientos internos, es decir, de la temperatura. Esto explica por qué la piscina, con mucha cantidad de agua, es capaz de almacenar una gran cantidad de calor, aunque su temperatura no sea muy elevada, y por qué en la cerilla se alcanza una temperatura elevada, pero no se almacena una cantidad considerable de calor.

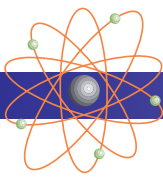
¿Qué sucede cuando se ponen en contacto dos cuerpos que están a distinta temperatura? Observamos que el calor se transfiere del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura, hasta que los dos la igualan y entonces cesa la transmisión de calor. Decimos que se ha alcanzado el **equilibrio térmico**.

## Unidades de calor

El calor se puede medir en unidades de energía. En la práctica, la unidad clásica que se utiliza para expresar el calor es la **caloría** (cal), que se define como la cantidad de calor que necesita 1 gramo de agua para aumentar 1 °C su temperatura. Las equivalencias entre la caloría y la unidad del Sistema Internacional (julio) son las siguientes: 1 J = 0,24 cal, o bien 1 cal = 4,18 J. Las demás unidades de energía no se utilizan para la medida de calor.

## MEDIDA DE LA TEMPERATURA. TERMÓMETROS

Los termómetros son los instrumentos utilizados para medir la temperatura. Su funcionamiento se basa en la propiedad física que presentan los cuerpos de aumentar su volumen con el aumento

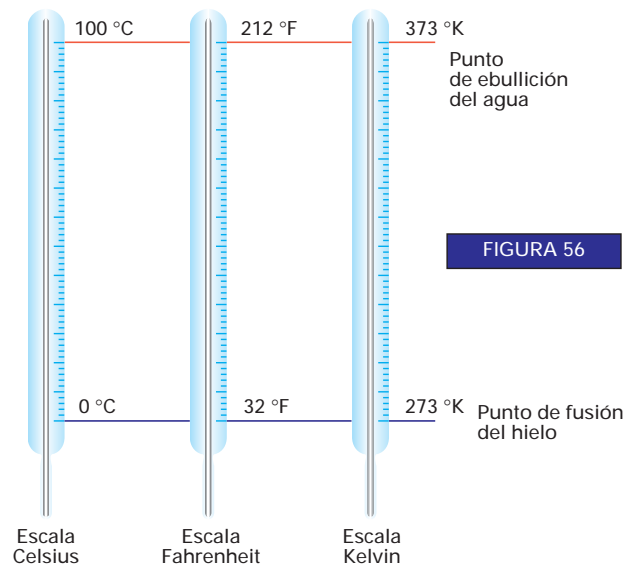


de la temperatura. Las sustancias más empleadas en los termómetros son líquidos como el mercurio y el alcohol coloreado, llamados **líquidos termométricos**.

En general, los termómetros constan de un depósito de vidrio que contiene el líquido termométrico, unido a un tubo muy estrecho, llamado **capilar**, por el que asciende o baja el líquido al variar su volumen por efecto de un cambio de temperatura.

Todos los termómetros van provistos de una **escala graduada**. Esta graduación se efectúa tomando dos puntos fijos, que corresponden, respectivamente, a la temperatura de congelación y a la temperatura de ebullición del agua. El intervalo de temperaturas existente entre ambos se divide en un número de partes que se denominan **grados**.

En función de los valores elegidos para estos puntos fijos, se establece una **escala termométrica** (figura 56).



La **escala Celsius** o centígrada asigna los valores 0 y 100 a los puntos de congelación y ebullición del agua, respectivamente. El intervalo se divide en 100 partes iguales, llamadas **grados Celsius** o **grados centígrados** (°C).

La **escala Fahrenheit** asigna el valor 32 al punto de congelación y 212 al punto de ebullición, dividiendo por 180 el intervalo entre las dos temperaturas. Cada una de las partes es un **grado Fahrenheit** (°F).

La **escala absoluta Kelvin**, que se emplea básicamente en la notación científica, asigna el valor 273 al punto de congelación y 373 al punto de

ebullición, y divide el intervalo en 100 partes, cada una de las cuales constituye un **grado Kelvin** (°K). El cero absoluto (0 °K) corresponde a -273 °C y es la temperatura más baja posible, inalcanzable con los métodos actualmente conocidos.

Las equivalencias entre las distintas escalas son:

$$^{\circ}\text{C}/100 = ^{\circ}\text{F} - 32/180 = ^{\circ}\text{K} - 273/100$$

## EFFECTOS DEL INTERCAMBIO DE CALOR

Cuando tiene lugar una transferencia de calor entre dos cuerpos, pueden producirse diversos efectos. Los más frecuentes son que el cuerpo cambie de temperatura, que experimente un cambio de longitud, superficie o volumen, o bien que se produzca un cambio de estado. Estudiaremos más detalladamente cada uno de estos fenómenos.

### Calor absorbido o cedido por un cuerpo

El efecto más inmediato del intercambio de calor entre cuerpos es el cambio de temperatura. Se calienta el cuerpo que recibe calor, y se enfría el que lo cede.

El calor absorbido o cedido depende de tres factores: 1) de la variación de temperatura: se puede comprobar fácilmente que el calor necesario para elevar 50 °C la temperatura de un cuerpo será mayor que la que necesitamos para elevarla en 10 °C. 2) de la masa: si tenemos dos cuerpos a la misma temperatura, uno de 500 gramos de masa y otro de 10 gramos, necesitará más calor el de mayor masa; y 3) de la naturaleza de la sustancia: observamos que masas iguales de distintas sustancias necesitan cantidades diferentes de calor para que se produzca la misma variación de temperatura.

La dependencia de estos tres factores se recoge en la expresión matemática siguiente:  $Q = m \cdot c_e \cdot (t_2 - t_1)$ , siendo  $Q$  la cantidad de calor absorbida o cedida,  $m$  la masa del cuerpo,  $c_e$  una constante que depende de la naturaleza del cuerpo, y  $t_2 - t_1$  la diferencia entre la temperatura mayor  $t_2$  y la menor  $t_1$ .

La constante  $c_e$  se denomina **calor específico**, y se define como la cantidad de calor necesaria para elevar 1 °C la temperatura de 1 gramo de una sustancia cualquiera.

El calor específico de distintas sustancias aparece en la tabla de la figura 57.



| Tabla de colores específicos |                      |          |
|------------------------------|----------------------|----------|
|                              | J/Kg·K               | cal/g·°C |
| <b>Gases</b>                 |                      |          |
| Hidrógeno                    | $1,42 \cdot 10^{-2}$ | 3,4      |
| Aire                         | $1 \cdot 10^{-3}$    | 1,25     |
| Vapor de agua                | $1,92 \cdot 10^{-3}$ | 0,46     |
| <b>Líquidos</b>              |                      |          |
| Agua                         | $4,2 \cdot 10^{-3}$  | 1        |
| Alcohol                      | $2,5 \cdot 10^{-3}$  | 0,59     |
| Glicerina                    | $2,4 \cdot 10^{-3}$  | 0,58     |
| Mercurio                     | $1,2 \cdot 10^{-4}$  | 0,03     |
| <b>Sólidos</b>               |                      |          |
| Hielo                        | $2,1 \cdot 10^{-3}$  | 0,5      |
| Aluminio                     | $8,7 \cdot 10^{-4}$  | 0,21     |
| Hierro                       | $4,5 \cdot 10^{-4}$  | 0,11     |
| Plomo                        | $1,2 \cdot 10^{-4}$  | 0,03     |

FIGURA 57

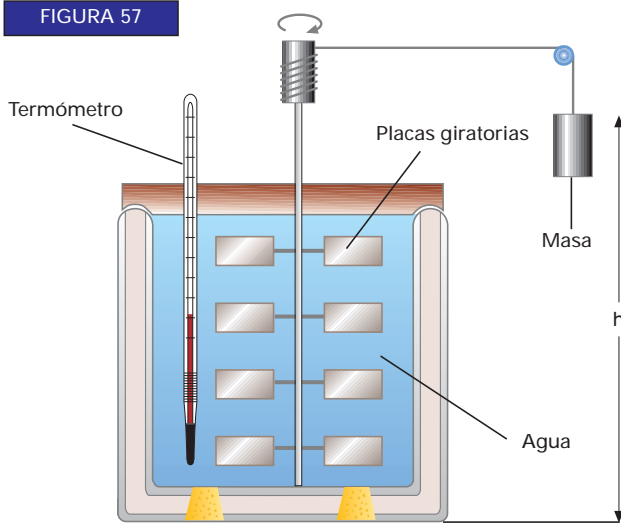
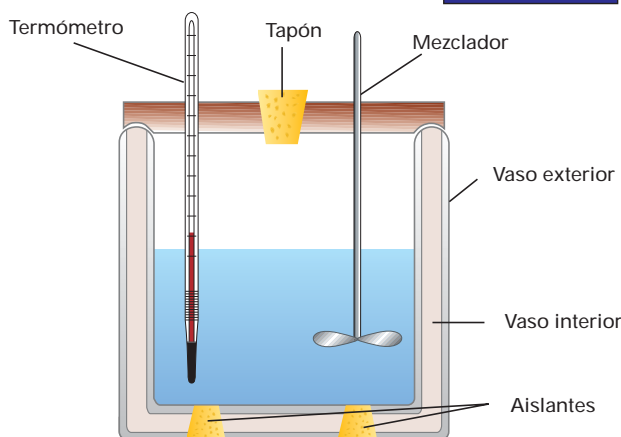


FIGURA 58



Recordemos que al poner en contacto cuerpos a distintas temperaturas se produce una transferencia de calor entre éstos hasta que alcanzan la misma temperatura, llegando al equilibrio térmico. En este punto debe cumplirse que el calor absorbido por el cuerpo frío es igual al cedido por el cuerpo caliente. Por ejemplo, un cuerpo caliente de masa  $m_1$ , calor específico  $c_1$  y temperatura  $t_1$  se pone en contacto con un cuerpo frío de masa  $m_2$ , calor específico  $c_2$  y temperatura  $t_2$ . Al cabo de un tiempo, ambos habrán alcanzado la temperatura de equilibrio  $t$ . Podemos expresar numéricamente que:  $m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)$ .

Para realizar experiencias que permitan medir correctamente intercambios de calor se utiliza el **calorímetro** (figura 58). Un calorímetro consiste en un recipiente aislado térmicamente mediante unos soportes de corcho, e introducido en otro recipiente o vaso exterior; la tapadera tiene dos agujeros, uno para el termómetro y otro para un agitador, que distribuye uniformemente el calor absorbido por el líquido.

### Dilatación

Cuando un cuerpo recibe calor, sus moléculas se mueven con mayor intensidad, por lo que la separación entre ellas aumenta. Es decir, aumenta por consiguiente la longitud, la superficie o el volumen del cuerpo. A este efecto se le denomina **dilatación**. En líquidos y gases, como es evidente, sólo se produce una dilatación de volumen.

Esta propiedad se aprovecha para la fabricación de los termómetros, como ya se ha explicado. También se tiene en cuenta en otros casos. En la construcción de puentes metálicos, o en los tendidos de raíles de ferrocarril, por ejemplo, se procura dejar entre las vigas y entre los rieles espacios libres que permitan la dilatación de las piezas.

### Cambios de estado

Pensemos en el agua, sustancia que nos resulta familiar en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Una sustancia puede pasar de un estado a otro, y a este fenómeno lo llamamos **cambio de estado**.

Para que el agua pase de estado sólido a líquido, o de líquido a gaseoso, es necesaria la absorción de calor. Estos cambios se denominan **progresivos** o **directos**. Los fenómenos contrarios se producen con pérdida de calor. A éstos los denominamos **regresi-**

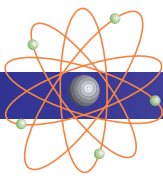
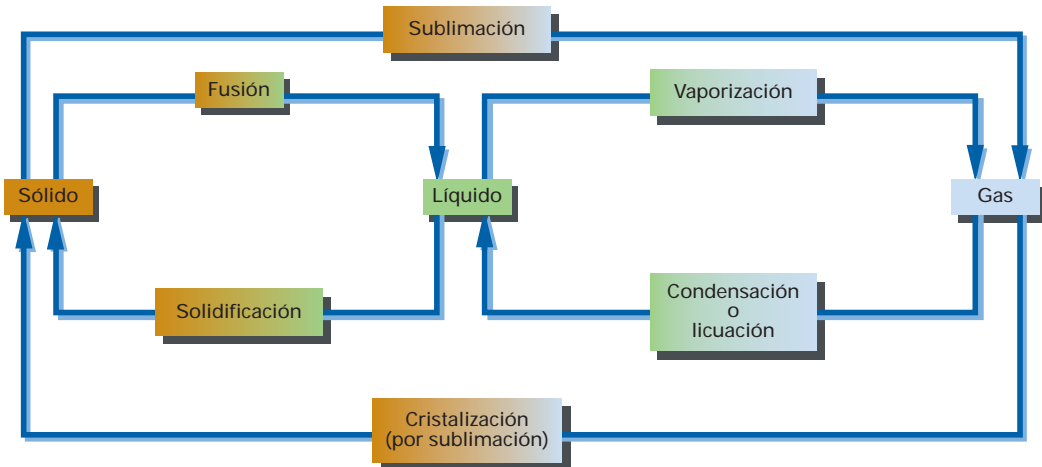


FIGURA 59



| Sustancia | Sólido<br>(a temperaturas por debajo de, en °C) | Líquido<br>(a temperaturas entre, en °C) | Gas<br>(a temperaturas por encima de, en °C) |
|-----------|---|--|--|
| Oxígeno   | - 219   | - 219 y - 183                            | - 183  |
| Nitrógeno | - 210   | - 210 y - 196                            | - 196  |
| Alcohol   | - 117   | - 117 y 78                               | 78   |
| Amoníaco  | - 78  | - 78 y - 33                              | - 33   |
| Mercurio  | - 39  | - 39 y 357                               | 357  |
| Agua      | 0   | 0 y 100                                  | 100  |
| Fósforo   | 44  | 44 y 281                                 | 281  |
| Estaño    | 232   | 232 y 2.362                              | 2.362  |

FIGURA 60

**Soluciones:** Teniendo en cuenta la relación:  $^{\circ}\text{C}/100 = ^{\circ}\text{F} - 32/180$ , despejaremos el valor  $^{\circ}\text{F} = 180 \cdot ^{\circ}\text{C}/100 + 32$ , de donde:  $^{\circ}\text{F} = 180 \cdot 35/100 + 32 = 95^{\circ}\text{F}$ .

Para calcular el valor en grados Kelvin:  $^{\circ}\text{C}/100 = ^{\circ}\text{K} - 273/100$ , por tanto  $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$ ; y sustituyendo los valores,  $^{\circ}\text{K} = 35 + 273 = 308^{\circ}\text{K}$ .

2. En un calorímetro que contiene 1 kg de agua a  $20^{\circ}\text{C}$  se introduce cierta sustancia cuya masa es de 150 gramos y que se encuentra a  $90^{\circ}\text{C}$ . Establecido el equilibrio,

vos o inversos. Cada cambio de estado recibe un nombre concreto. En la figura 59 tienes todos los nombres de todos los cambios de estado posibles.

Experimentalmente, se ha llegado a las siguientes conclusiones: cada sustancia cambia de estado a una temperatura determinada (figura 60). Mientras dura un cambio de estado, la temperatura permanece constante. Al calor necesario para que una sustancia cambie de estado sin variar su temperatura se le denomina **calor de transformación** o **calor latente**.

## EJERCICIOS

1. Una tarde de verano, la temperatura es de  $35^{\circ}\text{C}$ . Expresar esta temperatura en grados Fahrenheit y en grados Kelvin.

el termómetro del calorímetro marca  $27^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es el calor específico de dicha sustancia?

En el punto de equilibrio el calor cedido por la sustancia es igual al absorbido por el agua:

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2).$$

Para la sustancia:

$$m_1 = 150 \text{ g}, c_1 = x, t_1 = 90^{\circ}\text{C}.$$

Para el agua:

$$m_2 = 1000 \text{ g}, c_2 = 1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}, t_2 = 20^{\circ}\text{C}.$$

Siendo la temperatura de equilibrio:  $t = 27^{\circ}\text{C}$ , sustituimos valores:  $150 \cdot x \cdot (90 - 27) = 1000 \cdot 1 \cdot (27 - 20)$ ;  $9450 x = 7000$ ;  $x = 7000/9450 = 0,74$ .

El calor específico de la sustancia desconocida es  $0,74 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ .

# ELECTROSTÁTICA

*Hace unos 2500 años, un sabio griego llamado Tales de Mileto comprobó que el ámbar, una resina de color amarillo, frotado con un trozo de lana, es capaz de atraer cuerpos ligeros, como papelitos, plumas, etc. El ámbar, llamado «elektron» en griego, había adquirido al frotarlo algo que se llamó «electricidad». Muchos siglos más tarde, se comprobó que otras muchas sustancias se comportan como el ámbar, es decir, se electrizan al ser frotadas.*

*La electricidad presente en estos cuerpos se llama electricidad estática. La parte de la física que estudia estos fenómenos se denomina electrostática.*

## NATURALEZA DE LA ELECTRICIDAD

El fenómeno citado anteriormente habrás podido observarlo en diferentes ocasiones. Un bolígrafo de plástico frotado en un jersey atrae trocitos de papel. Cuando te peinas con un peine de plástico, al pasarlo varias veces por el pelo, el peine y los cabellos se electrizan.

Para explicar estos fenómenos, hemos de saber que la materia está formada por partículas pequeñas llamadas **átomos**. La estructura del átomo nos explica la naturaleza de la electricidad. Recordemos que un átomo consta de un **núcleo**, donde hay **protones**, con carga positiva, y **neutrones**, sin carga, y de una **corteza** con **electrones**, que tienen carga negativa y que giran alrededor del núcleo. En estado normal, el número de protones es igual al de electrones.

Al frotar dos cuerpos de materiales diferentes, se arrebatan electrones del uno al otro, por lo que uno queda con carga eléctrica positiva, porque ha perdido electrones, y el otro queda cargado negativamente, porque gana electrones.

Vamos a comprobar que hay dos tipos de electrificación (figura 61). Al frotar con un trozo de lana una barra de vidrio, ésta es capaz de ceder electrones a la lana y se carga positivamente. Si

cambiamos la barra y utilizamos una de ebonita (una materia sólida de color negro obtenida del caucho), es la lana la que cede electrones, y la barra queda cargada negativamente.

De esta manera se clasifican los materiales: los que se comportan como el vidrio, decimos que quedan cargados positivamente, y los que se comportan como la ebonita, que quedan cargados negativamente.

Si utilizamos una barra metálica, no conseguiremos atraer trocitos de papel. Los metales también se electrizan, pero su estructura permite que los electrones circulen fácilmente a través del metal y no quedan localizados en una zona concreta.

Las sustancias que se comportan como los metales se llaman **conductores**. El cuerpo humano o la tierra son conductores. Las sustancias como el

FIGURA 61

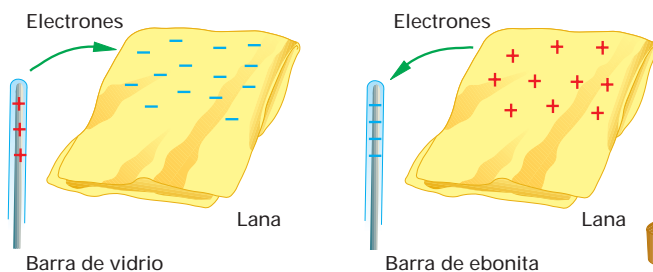


FIGURA 62

