

LA FÍSICA, UNA CIENCIA EXPERIMENTAL

El hombre advierte que se están produciendo continuamente cambios a su alrededor; e intenta saber cómo funciona el universo donde vive. Observa el movimiento del agua o la caída de un cuerpo, cómo se producen las sombras o los colores, los efectos del fuego, la formación del hielo, etc. La ciencia es la búsqueda del conocimiento sobre el Universo y su funcionamiento. El camino para descifrar los secretos de la Naturaleza es lento.

Como la ciencia es demasiado amplia para ser estudiada y conocida, está dividida en muchas ramas diferentes. La física, la química, la biología y la geología constituyen lo que llamamos ciencias de la Naturaleza.

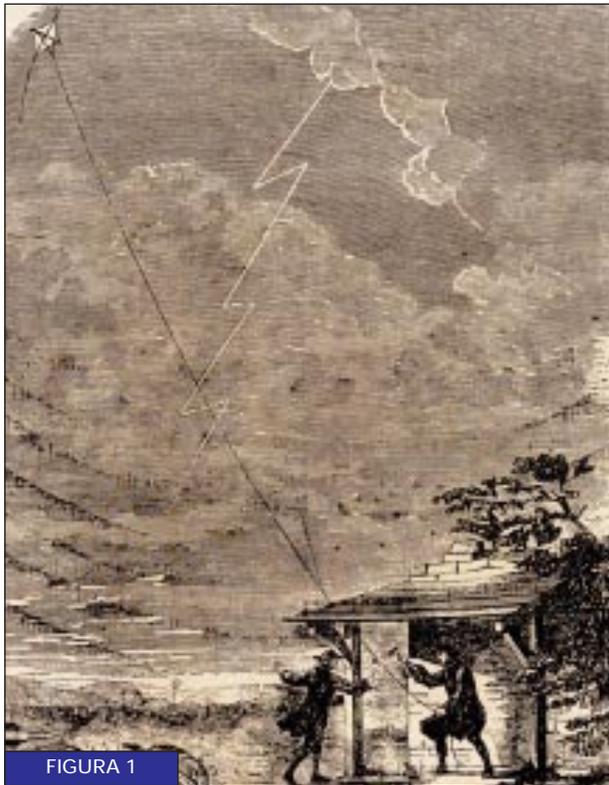


FIGURA 1

OBSERVACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

La física estudia los cambios experimentados por los cuerpos que no afectan a su naturaleza o composición. Para estudiar los fenómenos físicos, los científicos organizan su trabajo de forma ordenada y sistemática. Este procedimiento recibe el nombre de **método científico**.

El método científico tiene las siguientes fases: **observación**, formulación de una **hipótesis**, **experimentación** y formulación de una **ley científica**.

La observación consiste en un examen atento de un fenómeno natural. Puedes observar, por ejemplo, que una pelota aumenta su velocidad a medida que cae hacia el suelo. Puedes tomar notas sobre el tiempo que tarda en caer desde diferentes alturas, o sobre otros detalles que tengan interés. Esta observación puede llevarte a plantear alguna pregunta y a intentar darle una respuesta. Entonces, estás elaborando una hipótesis.

Para comprobar que una hipótesis es cierta, tendrás que pasar a experimentarla. La experimentación consiste en la repetición del fenómeno observado en circunstancias diferentes, analizando y estudiando los resultados, como hizo Benjamin Franklin con la cometa y el rayo (figura 1).

Si la hipótesis es correcta, se transforma en una teoría, que parece ser cierta siempre. Cuando una teoría tiene éxito, se convierte en una ley científica. Dicha ley explica y predice qué pasa siempre que se da un cierto fenómeno. Las leyes de Newton, por ejemplo, explican la caída de la pelota hacia el suelo.

A lo largo de la historia de la ciencia se han revisado, corregido o ampliado alguna de estas leyes, para explicar mejor un nuevo hecho observado. La teoría de la relatividad de Einstein es más precisa que las leyes de Newton, para explicar el movimiento de un objeto que viaja a velocidades muy altas, próximas a la velocidad de la luz.

Las leyes científicas pueden representarse, la mayoría de las veces, por una **fórmula**, que es una ecuación matemática que relaciona numéricamente las variables que intervienen, y que nos permite calcular resultados sin tener que repetir la fase de experimentación.

MAGNITUDES FÍSICAS

Llamamos **magnitud** a una propiedad física que puede ser medida; por ejemplo, la temperatura, el peso, el tiempo, etc. Las magnitudes físicas nos ayudan a describir los fenómenos físicos y las leyes que los rigen. Las clasificaremos en fundamentales y derivadas. Las **magnitudes fundamentales** o básicas representan un número reducido de aquellas magnitudes que, por elección, tienen patrones científicos que las definen con gran precisión. Las **magnitudes derivadas** se definen, mediante fórmulas matemáticas, a partir de las fundamentales. Por ejemplo, la longitud y el tiempo son magnitudes fundamentales; la velocidad se define como el cociente entre la longitud y el tiempo, y es por tanto una magnitud derivada. Para medir una magnitud se compara con otra que se toma como **unidad**. El resultado es una cantidad física, que tiene una parte numérica acompañada de la unidad correspondiente. Son cantidades físicas una longitud de 1,80 metros, una masa de 2 kilogramos, un tiempo de 2 horas, etc.

SISTEMAS DE UNIDADES

El conjunto de unidades elegidas como fundamentales y las unidades derivadas correspondientes recibe el nombre de **sistema de unidades**.

El sistema de unidades adoptado por la mayoría de los países es el **Sistema Internacional (SI)**. Que-
dó establecido en la Conferencia General de Pesos y Medidas celebrada en París el año 1960.

Las magnitudes fundamentales en el SI, para la parte de la física que denominamos mecánica, son la **longitud**, **masa** y **tiempo**, y sus unidades fundamentales, el **metro**, el **kilogramo** y el **segundo**, respectivamente. Además, necesitamos añadir tres magnitudes más para abarcar el estudio del resto de la física. La **intensidad de corriente eléctrica**, con su unidad correspondiente, el **amperio**; la **temperatura**, que mediremos en **grados Kelvin**, y la **intensidad luminosa**, cuya unidad es la **candela** (figura 2).

Hay otros sistemas que debemos conocer, como son el **Sistema Cegesimal (cgs)** y el **Sistema Técnico o Terrestre (ST)**, puesto que a veces la práctica nos obliga a manejar algunas magnitudes que vienen expresadas en unidades de estos sistemas.

Debemos señalar que en el ST las unidades que se toman como fundamentales, en mecánica, son el **metro** de longitud, el **kilopondio** de fuerza y el **segundo** de tiempo (figura 3). Los nombres y símbolos de las distintas unidades tienen que seguir las normas que se han establecido, para evitar posibles confusiones, y que resumimos en la figura 4.

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad eléctrica	amperio	A
Temperatura	kelvin	°K
Intensidad de luz	candela	cd

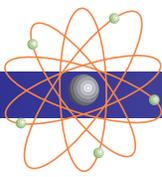
FIGURA 2

FIGURA 3

	Longitud	Masa	Tiempo	Fuerza
Sistema Internacional	m	kg	s	
Sistema Cegesimal	cm	g	s	
Sistema Técnico	m		s	kp

Magnitud	Fórmula	SI	cgs	ST
Longitud	l	m	cm	m
Masa	m	kg	g	utm
Tiempo	t	s	s	s
Superficie	$S = l^2$	1 m^2	1 cm^2	1 m^2
Volumen	$V = l^3$	1 m^3	1 cm^3	1 m^3
Densidad	$d = m/V$	kg/m^3	g/cm^3	utm/m^3
Velocidad	$v = e/t$	m/s	cm/s	m/s
Aceleración	$a = v - v_0/t$	m/s^2	cm/s^2	m/s^2
Fuerza	$F = m \cdot a$	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = \text{newton (N)}$	$\text{g} \cdot \text{cm}/\text{s}^2 = \text{dina (dyn)}$	kilopondio
Presión	$P = F/S$	$\text{N}/\text{m}^2 = \text{pascal (Pa)}$	$\text{dyn}/\text{cm}^2 = \text{baria (ba)}$	kp/m^2
Trabajo o energía	$W = F \cdot e$	$\text{N} \cdot \text{m} = \text{julio (J)}$	$\text{dyn}/\text{cm} = \text{ergio (erg)}$	kilopondímetro (kpm)
Potencia	$P = W/t$	$\text{J}/\text{s} = \text{vatio (W)}$	erg/s	kpm/s

FIGURA 4



Múltiplos			Submúltiplos		
Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
10^{18}	exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	mili	m
10^9	giga	G	10^{-6}	micro	μ
10^6	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^2	hecto	h	10^{-16}	femto	f
10	deca	da	10^{-18}	atto	a

FIGURA 5

Los nombres de las unidades se escriben en minúsculas, excepto las que corresponden a nombres propios, por ejemplo, las unidades que han tomado los nombres de físicos famosos, como Newton, Pascal o Joule, cuyos símbolos son, respectivamente, N, Pa y J.

Cada unidad tiene un símbolo que la caracteriza, y no debe utilizarse otro.

Los símbolos no van seguidos del punto que acompaña a las abreviaturas.

Los múltiplos y submúltiplos de cualquier unidad se forman con los prefijos que figuran en la tabla de la figura 5.

MAGNITUDES ESCALARES Y VECTORIALES

Imagínate que estás en el centro de una plaza y que te piden que te desplaces 5 metros. Vemos rápidamente que hay infinitas formas de hacerlo (figura 6). Pero, si te dicen que te desplaces 5 m en la dirección de la calle AB, y en sentido hacia A, ya no te quedará ninguna duda.

Para conocer con precisión el desplazamiento, además de la longitud recorrida (5 m), hay que añadir la dirección (calle AB) y el sentido (hacia la izquierda).

El desplazamiento es una **magnitud vectorial**. Para determinar una magnitud vectorial se necesitan, además de su valor numérico, su **dirección** y su **sentido**. La velocidad, la aceleración, la fuerza, son magnitudes vectoriales. Se representan gráficamente mediante un **vector** (figura 7).

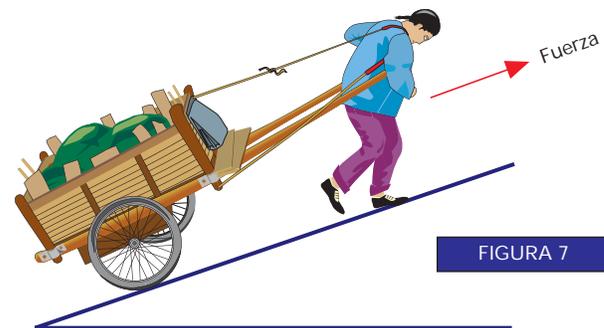
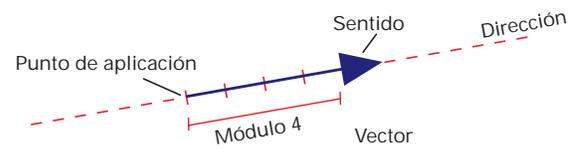
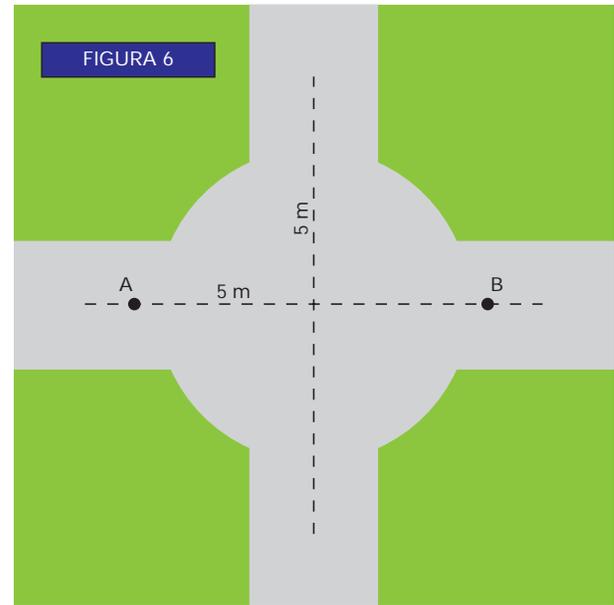


FIGURA 7

En cambio, si te dicen que la masa de un cuerpo es de 20 kg, o que la temperatura del agua es de 15 °C, estas dos magnitudes quedan perfectamente determinadas cuando conocemos su valor numérico. La masa y la temperatura se denominan **magnitudes escalares**.

EJERCICIOS

1. La velocidad de un automóvil es de 90 km/h. Expresar esta velocidad en unidades del Sistema Internacional y del Sistema cgs.

Solución: En el Sistema Internacional la velocidad se expresa en m/s. Utilizando las equivalencias: 1 km = 1.000 m, y 1 h = 3.600 s, efectuaremos los cambios de unidades.

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1.000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} =$$

$$= \frac{90 \cdot 1.000 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

En el Sistema cgs, la velocidad la calculamos en cm/s:

$$90 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{100.000 \text{ cm}}{1 \text{ km}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} =$$

$$= \frac{90 \cdot 100.000 \text{ cm}}{3.600 \text{ s}} = 2.500 \text{ cm/s}$$

2. Si 1 pulgada equivale a 2,54 cm, ¿cuántos centímetros son 19 pulgadas?; y ¿cuántas pulgadas corresponden a 381 cm?

Solución: Necesitamos la igualdad: 1 pulgada = 2,54 cm

$$19 \text{ pulgadas} \cdot \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pulgada}} = 48,26 \text{ cm}$$

Y, para responder a la segunda cuestión:

$$381 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ pulgada}}{2,54 \text{ cm}} = 150 \text{ pulgadas}$$

3. Si la densidad de un cuerpo se obtiene dividiendo su masa por el volumen, expresar 1,5 g/cm³ en kg/m³.

Solución: Recordemos que 1 kg = 1000 g, y 1 m³ = 1.000.000 cm³

Luego:

$$1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ km}}{1.000 \text{ g}} \cdot \frac{1.000.000 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 1.500 \text{ kg/m}^3$$

EL MOVIMIENTO

Observa el vuelo de un pájaro, el agua descendiendo por el lecho de un río, el vaivén de las olas del mar, o un automóvil en una carretera. Todos estos fenómenos tienen en común el movimiento. El movimiento está presente en todo el Universo.

Un objeto en movimiento necesita de una fuerza para variar la velocidad o la dirección, o para frenar y detenerse.

La mecánica es la parte de la física que se ocupa del movimiento de los cuerpos, de las fuerzas que lo producen y del equilibrio de éstas. Este estudio se divide en tres partes: cinemática, estática y dinámica. La cinemática, que es el tema que trataremos aquí, estudia el movimiento de los cuerpos sin tener en cuenta las causas que lo originan.

POSICIÓN. REPOSO O MOVIMIENTO

Un cuerpo se mueve cuando cambia de lugar o posición con el paso del tiempo. No es fácil precisar, a veces, si un cuerpo se está moviendo.

Para conocer la posición de un cuerpo necesitamos unos puntos de referencia que consideramos fijos, y que denominamos **sistema de referencia**.

Si decimos que el libro está encima de la mesa, estamos tomando la mesa como punto de referencia. Si dejas caer una moneda de la mano, observarás que la moneda se aleja de la mano. En este caso es la mano el punto de referencia.

Cuando la posición de un objeto varía respecto al punto u objeto de referencia, decimos que ese objeto está en **movimiento**. Por el contrario, cuando no varía la posición, decimos que está en **reposo**.

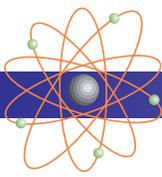
Si reflexionas un poco, verás que no es fácil encontrar ningún punto fijo en el Universo. La Tierra se está moviendo. A pesar de ello, para estudiar el movimiento tenemos que hacerlo respecto a algo (sistema de referencia), prescindiendo de si este «algo» está en reposo o en movimiento. Se dice que todo movimiento es relativo.

En general, a cualquier cuerpo en movimiento lo llamaremos **móvil**.

TRAYECTORIA

Las huellas que produce un esquiador al deslizarse sobre la nieve nos indican el camino recorrido, lo que llamamos **trayectoria**.

En la mayoría de los movimientos, la trayectoria no queda marcada, sino que es una línea imaginaria. Las agujas de un reloj describen una trayectoria que es una circunferencia. La caída de una moneda describe una trayectoria que es una recta.



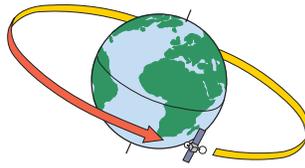
Movimientos rectilíneos



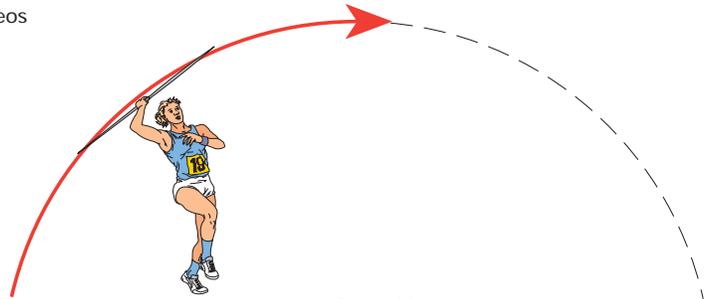
FIGURA 8



Circular



Elíptico



Parabólico

Clasificación

La trayectoria de un móvil puede ser: rectilínea, si el móvil describe en su recorrido una línea recta; o curvilínea, si el móvil se desplaza describiendo una línea curva. Esta curva puede ser, según los casos, una circunferencia, una parábola, una elipse, etc., y hablaremos entonces de movimiento circular, parabólico, elíptico, etc., respectivamente (figura 8).

VELOCIDAD

Para el estudio del movimiento tenemos que considerar dos magnitudes físicas fundamentales: el espacio y el tiempo. El desplazamiento, o espacio recorrido por el móvil, mide la longitud de la trayectoria recorrida.

Si relacionamos las dos magnitudes fundamentales, obtenemos una derivada, llamada velocidad, definida como el cociente entre el espacio recorrido y el tiempo utilizado.

La velocidad es una magnitud vectorial, y por tanto posee un valor numérico, que suele llamarse rapidez; una dirección y un sentido. Por ejemplo, si lanzamos una pelota con una velocidad de 20 m/s en dirección vertical y hacia arriba, conocemos todo lo que hay que saber sobre la velocidad del cuerpo.

Para representar mediante una fórmula la velocidad, utilizaremos la expresión abreviada $v = e/t$,

donde v es el símbolo de la velocidad, e es el espacio recorrido y t representa el tiempo.

La unidad de velocidad en el SI es el metro por segundo (m/s). La velocidad de los vehículos corrientes se expresa en km/h. Podemos transformar, si lo necesitamos, de unas unidades a otras.

Clasificación

Si observamos la aguja del cuentakilómetros de un vehículo, y vemos que durante un intervalo de tiempo señala la misma velocidad, podemos afirmar que el movimiento es uniforme.

Movimiento **uniforme** es aquel en que el valor de la velocidad no varía. Son movimientos uniformes, por ejemplo, la velocidad de propagación de la luz ($v = 300.000$ km/s) y la velocidad del sonido en el aire ($v = 340$ m/s).

Un movimiento **variado** es aquel en que la velocidad sufre alguna variación. El lanzamiento de una pelota, el movimiento de un ascensor, etc. son movimientos variados.

MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME (MRU)

Vamos a realizar un viaje en un automóvil situado en un gran tramo recto de la carretera. Con un cronómetro en la mano, apuntaremos el espacio recorrido cada 50 segundos. Los resultados que obtenemos los anotamos en una tabla como la de la figura 9.

Espacio recorrido	Tiempo utilizado
1.000 m	50 s
2.000 m	100 s
3.000 m	150 s
4.000 m	200 s

FIGURA 9

En la tabla se observa que, cada vez que transcurren 50 segundos, el coche recorre el mismo espacio: 1.000 metros.

El móvil tiene un movimiento uniforme, puesto que recorre en tiempos iguales espacios iguales. Si dividimos el espacio recorrido por el tiempo empleado, obtenemos en todos los casos el mismo valor: 1.000 metros en 50 segundos; 2.000 metros en 100 segundos, etc.

El coche se mueve a una velocidad constante de 20 m/s.

Un móvil se desplaza con movimiento rectilíneo uniforme (MRU) cuando su trayectoria es recta y su velocidad es constante.

Si de un movimiento dado, nos interesa calcular el espacio recorrido, o el tiempo empleado, utilizaremos, respectivamente, las siguientes fórmulas: $e = v \cdot t$, $t = e/v$

Para recordar estas expresiones puedes utilizar el triángulo del movimiento de la figura 10; tapando la magnitud que quieras calcular, leerás el resultado.

Triángulo del movimiento

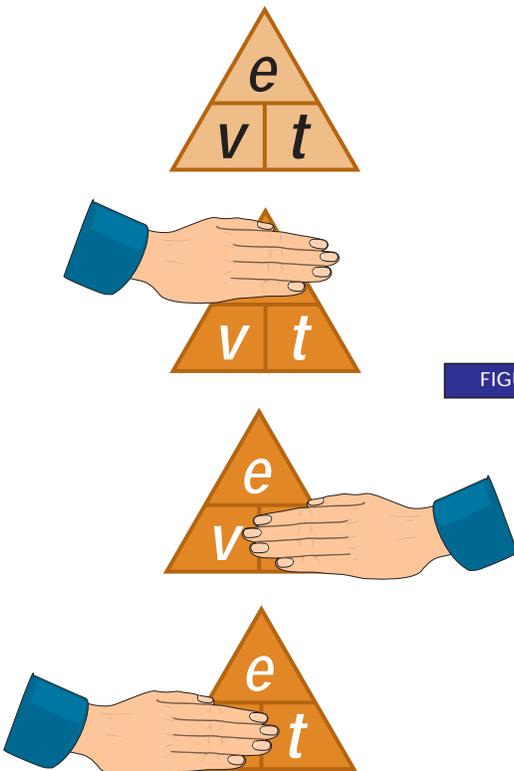


FIGURA 10

Prestaremos mucha atención a las unidades. Hay que expresar espacio y tiempo en las mismas unidades que figuran en la velocidad.

GRÁFICAS DEL MRU

Para construir una gráfica utilizamos unos ejes de coordenadas. El eje horizontal, llamado eje de abscisas, corta al eje vertical o eje de ordenadas en un punto denominado origen de coordenadas. A partir del origen, marcaremos sobre los ejes segmentos iguales consecutivos. Es importante que la longitud de estos segmentos sea la adecuada; si son pequeños, la gráfica puede ser poco precisa, y si son muy grandes, no tendrás espacio suficiente.

Gráfica espacio-tiempo

El primer paso para la construcción de una gráfica consiste en recoger en una tabla de valores las magnitudes que queremos representar. En este caso, en

la figura 11 tenemos los valores de tiempo y espacio para un determinado móvil. Normalmente, se anotan los tiempos en el eje de abscisas y los espacios en el de ordenadas. No olvidaremos especificar las unidades utilizadas en la medida. Cada par de valores de tiempo-espacio nos da un punto: (0, 0), (2, 40) etc. Uniendo todos los puntos obtenemos la gráfica espacio-tiempo (figura 12).

FIGURA 11

Tiempo empleado	Espacio recorrido
0 s	0 m
2 s	40 m
4 s	80 m
6 s	120 m
8 s	160 m

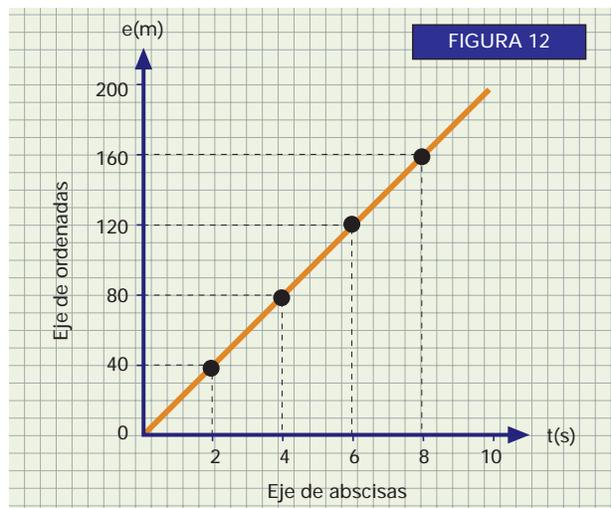
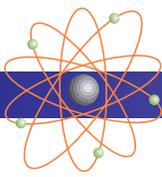


FIGURA 12

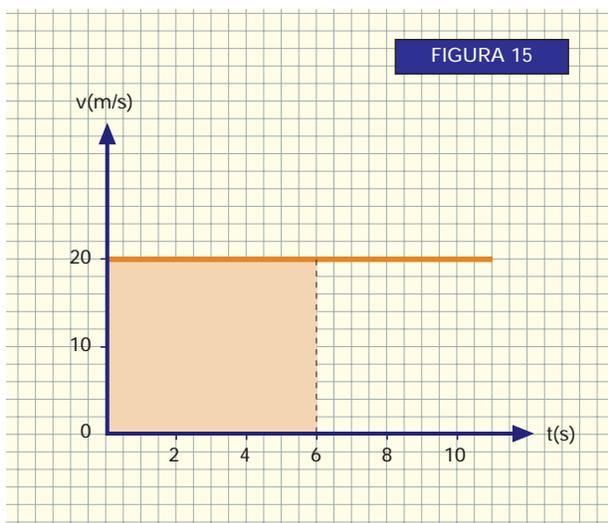
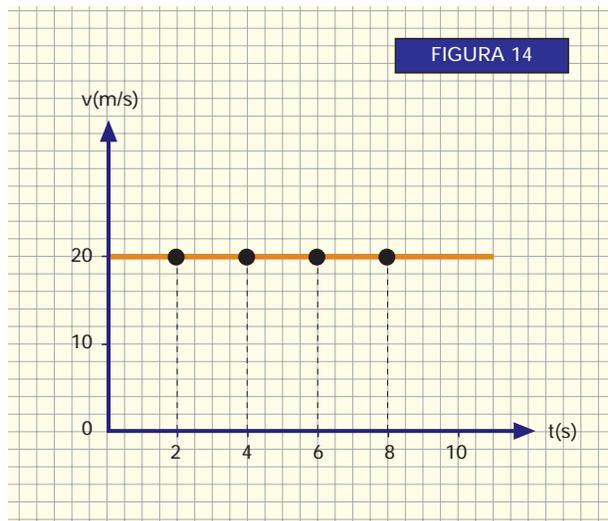


Tiempo empleado	Velocidad
0 s	20 m / s
2 s	20 m / s
4 s	20 m / s
6 s	20 m / s
8 s	20 m / s

FIGURA 13

Gráfica velocidad-tiempo

Si utilizamos el mismo móvil del apartado anterior, los valores que obtenemos al relacionar la velocidad y el tiempo quedan reflejados en la tabla de la figura 13. Observa que la velocidad es constante, por ser un movimiento rectilíneo uniforme. En los ejes de coordenadas



determinaremos los puntos correspondientes (0,20), (2,20) etc. La gráfica es una recta horizontal (figura 14).

Esta gráfica nos permite conocer el espacio recorrido por un móvil en un tiempo determinado

(figura 15). Por ejemplo, para calcular el espacio recorrido por este móvil en 6 segundos, trazamos una línea vertical que pase por el valor 6 y se formará un rectángulo. El área de este rectángulo, $20 \cdot 6 = 120$, coincide con el espacio recorrido, como puedes comprobar en la tabla de espacios.

Esta propiedad de la gráfica velocidad-tiempo es completamente general, y sirve para cualquier tipo de movimiento.

VELOCIDAD MEDIA

Alguna vez habrás oído decir que un automóvil realizó un viaje a una velocidad media de 90 km/h. Esto no significa que la velocidad fuera constante durante todo el trayecto. La **velocidad media** es el resultado de dividir el espacio total recorrido por el tiempo empleado. Si el automóvil ha recorrido 450 km en 5 horas, la velocidad media es de 90 km/h; ahora bien, unas veces la velocidad real habrá sido de 90 km/h y otras, por ejemplo, de 70 km/h, e incluso ha podido detenerse en el trayecto.

Si queremos conocer la velocidad de un móvil en un instante determinado, nos estamos refiriendo a la **velocidad instantánea**. El cuentakilómetros de un vehículo indica en cada instante esta velocidad.

MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO (MRUA)

Ya hemos comentado que en los movimientos más habituales hay variaciones en la velocidad. Imagina que vas situado en la cabina de mandos de un tren, en un tramo de vía recta, provisto de un cronómetro y un bloc de notas, y estás dispuesto a registrar el movimiento. Poco después de arrancar, cuando la velocidad sea de 10 m/s, pones el cronómetro en marcha; a esta velocidad la llamaremos velocidad inicial (v_0). Vamos a controlar la velocidad del tren cada 4 segundos (figura 16). Podemos ahora anotar en una tercera columna la variación de velocidad que ha tenido lugar, calculando la diferencia entre cada velocidad y la inicial v_0 . En la cuarta columna anotaremos el valor del cociente entre la variación de velocidad de la tercera columna y el tiempo transcurrido. Y podremos observar que el cociente tiene el mismo valor en todas las casillas. Estamos calculando la aceleración del tren.

Tiempo	Velocidad	v - v ₀	v-v ₀ / t
0	10	0	-
4	15	5	1,25
8	20	10	1,25
12	25	15	1,25

FIGURA 16

Se define la **aceleración** como la relación entre la variación o cambio de velocidad de un móvil y el tiempo transcurrido en dicho cambio:

$$a = v - v_0 / t$$

donde *a* es la aceleración, *v* la velocidad final, *v*₀ la velocidad inicial y *t* el tiempo.

Las unidades para expresar la aceleración serán unidades de velocidad divididas por unidades de tiempo. En el SI la aceleración se expresa en m/s².

Un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) es aquel que sigue una trayectoria recta y que mantiene una aceleración constante. El movimiento del tren es un ejemplo.

No debes confundir la velocidad con la aceleración, pues son dos conceptos distintos. Acelerar no significa ir muy rápido, sino cambiar de velocidad.

En el ejemplo anterior, vemos cómo el tren aumentaba de velocidad de forma regular, por lo que el valor de la aceleración era positivo. Es el movimiento al que propiamente llamamos **movimiento uniformemente acelerado**. En caso contrario, cuando la velocidad disminuye con regularidad, por ejemplo, en una maniobra de frenado, el valor de la aceleración nos dará un número negativo: es el **movimiento uniformemente retardado** o decelerado.

GRÁFICAS DEL MRUA

De la definición de aceleración podemos obtener la ecuación que nos dará el valor de la velocidad en cualquier instante: $v = v_0 + a \cdot t$.

Si el móvil parte del reposo (*v*₀ = 0), queda $v = a \cdot t$.

Podemos representar la gráfica velocidad-tiempo de un MRUA. Tomemos como ejemplo un móvil que, partiendo del reposo, se mueve con una aceleración constante de 2 m/s². Su comportamiento queda reflejado en la figura 17: llevaremos los valores a los ejes de coordenadas y obtendremos la gráfica velocidad-tiempo. Si el móvil tiene velocidad inicial, la gráfica será la representada con línea discontinua.

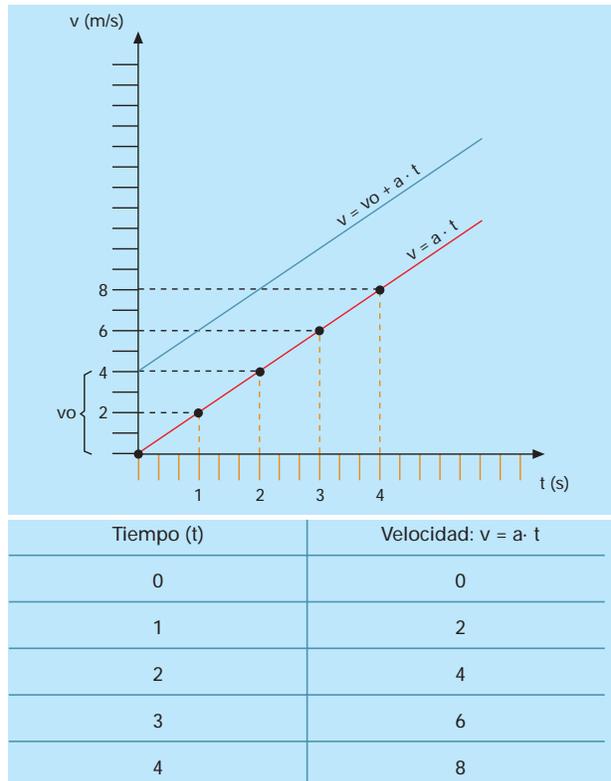


FIGURA 17

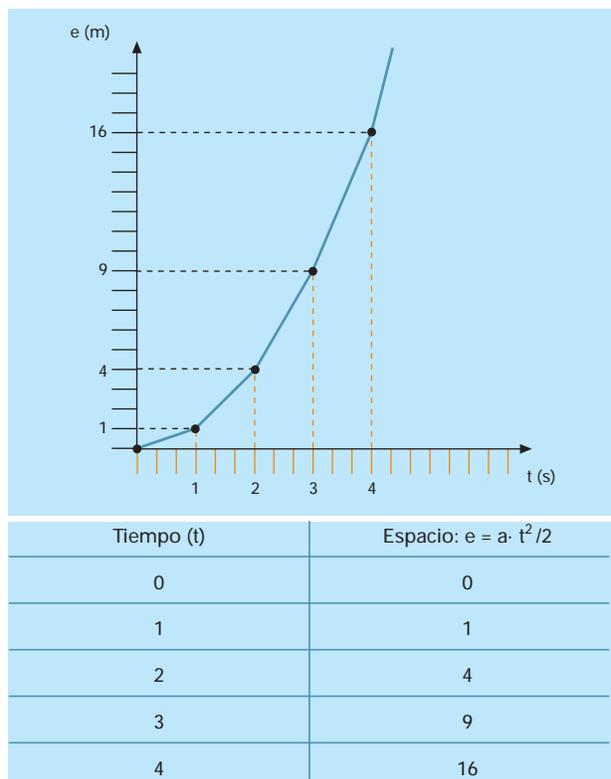
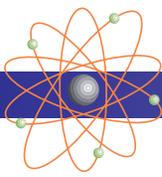


FIGURA 18



Si el móvil pasa de una velocidad inicial v_0 a una final v de manera uniforme, la velocidad media será: $v_m = v_0 + v/2$, y como $v = v_0 + a \cdot t$, tenemos $v_m = v_0 + (v_0 + a \cdot t)/2 = 2 \cdot v_0 + a \cdot t/2 = v_0 + a \cdot t/2$.

El espacio recorrido en un MRUA será: $e = v_m \cdot t$, si sustituimos el valor de v_m : $e = v_0 \cdot t + a \cdot t^2/2$.

Para el mismo móvil del ejemplo anterior, calculando el espacio recorrido en cada tiempo podremos representar la gráfica espacio-tiempo, y obtendremos una parábola (figura 18).

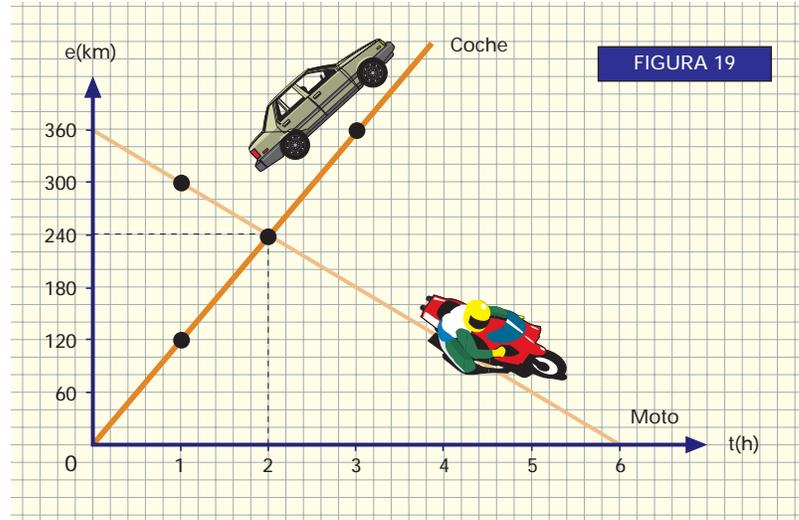


FIGURA 19

CAÍDA LIBRE DE LOS CUERPOS

Fue Galileo quien demostró, al dejar caer dos esferas de igual radio y distinta masa, que todos los cuerpos caen con la misma velocidad independientemente de su peso. Este movimiento de los cuerpos lo denominamos caída libre.

Si dejáramos caer una piedra y una pluma, la piedra llegaría antes, ya que la pluma ofrece mayor resistencia al aire. Si repetimos la experiencia en un tubo de vacío (un cilindro de cristal del que se ha extraído el aire), podremos comprobar que la piedra y la pluma caen simultáneamente.

En caída libre, todos los cuerpos adquieren la misma aceleración, que llamamos **aceleración de la gravedad**. Se representa con la letra g , y tiene un valor medio de $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Las ecuaciones del movimiento de caída libre son las mismas que las del MRUA, teniendo en cuenta que la $v_0 = 0$ y el valor de la aceleración es $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Las fórmulas de la caída libre son: $v = g \cdot t$ y $e = g \cdot t^2/2$.

EJERCICIOS

1. La velocidad de la luz en el vacío es de 300.000 km/s. ¿Cuál es la distancia de la Tierra al Sol, si la luz del Sol tarda en llegar a la Tierra 8 min 20 s?

Solución: Estamos ante un MRU. Primero expresaremos los datos en las unidades adecuadas: $v = 300.000 \text{ km/s}$, $t = 8 \text{ min } 20 \text{ s} = 500 \text{ s}$

La distancia será: $e = v \cdot t = 300.000 \text{ km/s} \cdot 500 \text{ s} = 150.000.000 \text{ km}$.

2. La ciudad A dista 360 km de la ciudad B. Un automóvil se dirige de la ciudad A a la B con una velocidad de 120 km/h, mientras que al mismo tiempo sale de B hacia A una motocicleta con una velocidad de 60 km/h. ¿A qué hora y a qué distancia de la ciudad A se encontrarán?

Solución: Podemos hallar la solución de una forma gráfica, representando los dos movimientos como en la figura 19. La intersección de las gráficas es la solución del problema, es decir, a las 2 horas y a 240 km de la ciudad A.

La solución algebraica la plantearemos con las ecuaciones del MRU:

Espacio recorrido por el coche: $e = 120 \cdot t$.

Espacio recorrido por la moto: $360 - e = 60 \cdot t$.

Resolveremos el sistema de ecuaciones por sustitución: $360 - 120t = 60t$, $360 = 60t + 120t$, $360 = 180t$, por tanto: $t = 360/180 = 2 \text{ h}$, y $e = 120 \cdot 2 = 240 \text{ km}$.

3. Un móvil parte del reposo y en 10 segundos alcanza una velocidad de 90 km/h. Determinar la aceleración del movimiento, y el espacio recorrido en los 10 s.

Solución: Los datos del ejercicio los expresaremos en las mismas unidades: $v_0 = 0$, $v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$, $t = 10 \text{ s}$.

Sustituiremos en las expresiones del MRUA:

$$a = v - v_0/t = 25 \text{ m/s} - 0/10 \text{ s} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$e = v_0 \cdot t + a \cdot t^2/2 = 0 + 2,5 \text{ m/s}^2 \cdot (10 \text{ s})^2/2 = 125 \text{ m}$$

4. Se deja caer una pelota y tarda 8 segundos en llegar al suelo. Determinar la velocidad con que llega al suelo y la altura desde la que ha caído.

Solución: Aplicando la ecuación $v = g \cdot t$ se obtiene: $v = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ s} = 78,4 \text{ m/s}$.

Para calcular la altura utilizaremos la expresión $e = g \cdot t^2/2$: $e = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (8 \text{ s})^2/2 = 313,6 \text{ m}$.

LAS FUERZAS

Proponer una definición de «fuerza» resulta difícil, a pesar de estar familiarizados con la presencia de muchas fuerzas y de diferentes tipos.

Las fuerzas son invisibles, pero sabemos que existen porque observamos sus efectos. Las fuerzas hacen que los objetos se muevan, se detengan o cambien de dirección. También es frecuente que un objeto sobre el que actúa una fuerza se alargue, se doble, se rompa o cambie de forma. Otro efecto que observamos con claridad es el peso de los cuerpos, o sea, la fuerza con que la Tierra los atrae.

CONCEPTO DE FUERZA

Para estirar un muelle, tensar un arco, parar o lanzar una pelota, etc., tiene que actuar una fuerza. La observación de todos los hechos mencionados y otros similares nos permite dar una definición: fuerza es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, o de producir una deformación.

Fuerzas de contacto o fuerzas a distancia

En los ejemplos anteriores, el cuerpo que ejerce la fuerza tiene un punto de contacto con el que sufre la acción de la fuerza. A estas fuerzas las llamamos **fuerzas de contacto**.

Hay otro tipo de fuerzas que actúan a distancia, sin contacto entre los cuerpos. Si acercamos un trozo de hierro a un imán, éste lo atrae. Si soltamos un libro, cae hacia el suelo, porque la Tierra lo atrae. Un bolígrafo de plástico que hemos frotado en un jersey de lana atrae los trocitos de papel. Las fuerzas magnéticas, las gravitatorias y las eléctricas son **fuerzas de acción a distancia**.

ELEMENTOS DE UNA FUERZA Y SU REPRESENTACIÓN

Con una pelota de baloncesto en las manos, intentamos hacer una canasta. Para que el balón atraviese el aro, la fuerza con que debemos lanzarlo deberá tener la intensidad necesaria para

que el balón recorra la distancia que nos separa del tablero, así como también la dirección y el sentido convenientes, y además colocaremos las manos sobre el balón tal y como nos ha enseñado el entrenador.

Las características que definen una fuerza son: el **módulo** o **intensidad**, la **dirección**, el **sentido** y el **punto de aplicación**.

Esto nos permite afirmar que la fuerza es una magnitud vectorial, y que podemos representarla gráficamente, por tanto, mediante un vector (figura 20).

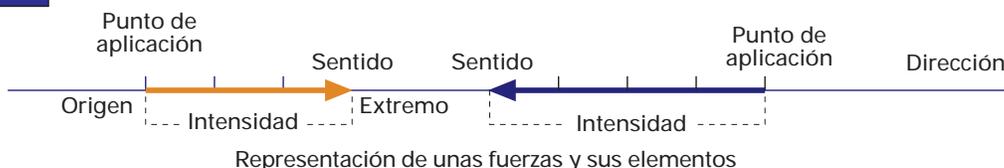
Un vector se representa mediante una flecha, cuya longitud es la intensidad o módulo de la fuerza, la línea sobre la que está situada es la dirección, y el lugar hacia donde apunta es el sentido de esta fuerza. El origen de la flecha es el punto de aplicación.

UNIDADES DE MEDIDA DE LAS FUERZAS

Si tenemos un cuerpo elástico, como un muelle, que se deforma por la acción de una fuerza y recupera su forma anterior cuando aquélla deja de actuar, nos puede servir para medir el valor de la fuerza aplicada. Esta observación la realizó el físico inglés Hooke, que enunció la ley que lleva su nombre: la deformación de los cuerpos elásticos es directamente proporcional a la fuerza aplicada.

Mediremos con una regla la deformación sufrida por el muelle al colocarle cargas cada vez ma-

FIGURA 20



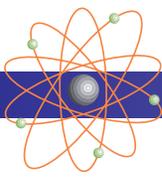
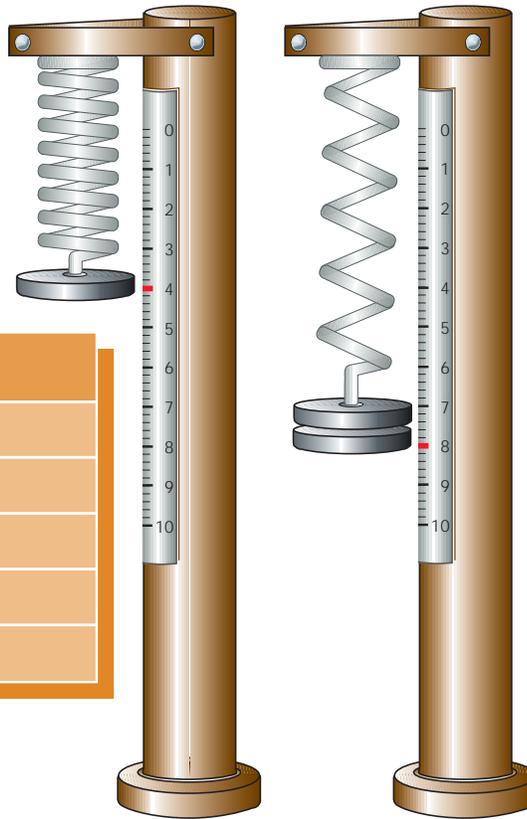


FIGURA 21



Carga	Alargamiento
1	4 cm
2	8 cm
3	12 cm
4	16 cm
5	20 cm

FIGURA 22

yores (figura 21). Y recogeremos los datos obtenidos en la tabla de la figura 22.

Si representamos estos datos o valores obtenidos en unos ejes de coordenadas (figura 23), podremos determinar el valor de una carga desconocida que corresponde a un alargamiento del muelle de 14 cm. La gráfica nos da como solución 3,5 para el valor de la carga.

Este sencillo experimento es la base para construir el aparato que sirve para medir fuerzas: el **dinamómetro** (figura 24).

En el Sistema Internacional la unidad de fuerza es el **newton** (N).

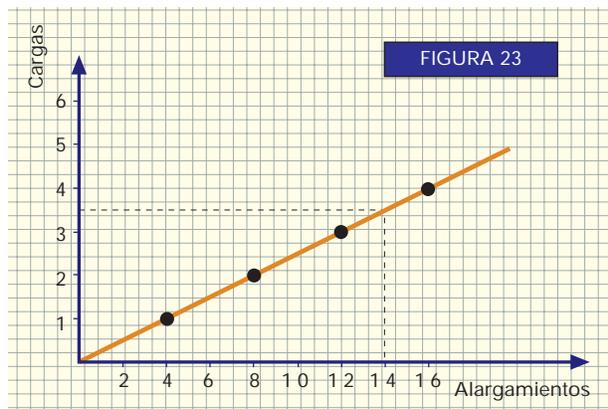


FIGURA 23

Dinamómetro de tracción

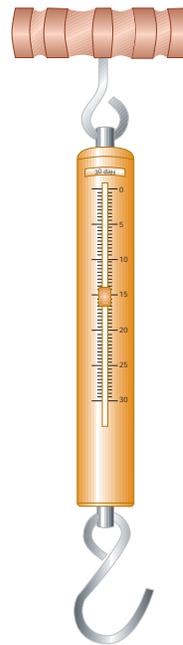


FIGURA 24

Su definición la encontrarás en el tema siguiente. En el lenguaje cotidiano, sobre todo cuando hablamos del peso de los cuerpos, se utiliza también la unidad del Sistema Técnico, el **kilopondio** (kp), también llamado **kilogramo-peso** o **kilogramo-fuerza**.

La equivalencia entre las dos unidades es la siguiente: $1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N}$.

COMPOSICIÓN DE FUERZAS

Cuando sobre un cuerpo actúan varias fuerzas simultáneamente, al conjunto se le denomina **sistema de fuerzas**. Cada una de estas fuerzas se llama **componente del sistema**.

La suma de todas las fuerzas aplicadas a un mismo punto se conoce como **resultante**. Conocidas las componentes de un sistema, podemos realizar una operación, llamada **composición de fuerzas**, que nos permite calcular la resultante del sistema.

Fuerzas de la misma dirección y sentido

Si sobre un cuerpo actúan fuerzas de la misma dirección y sentido, la resultante es otra fuerza de la misma dirección y sentido, cuyo módulo es la suma de los módulos (figura 25).

Fuerzas de la misma dirección y sentido contrario

La resultante es una fuerza de la misma dirección, con el sentido de la mayor. El módulo o intensidad es la diferencia de los módulos de las componentes (figura 26).

FIGURA 25

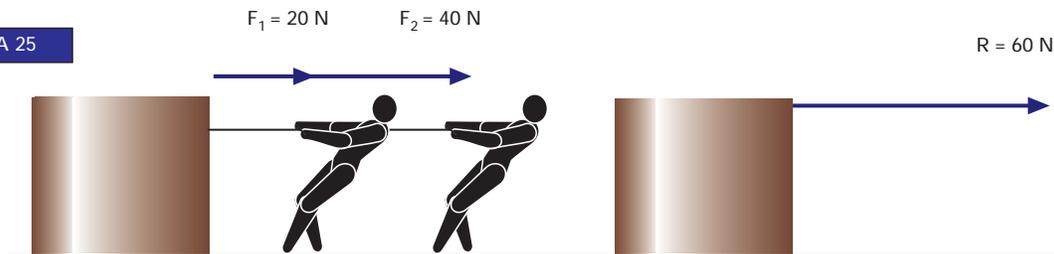
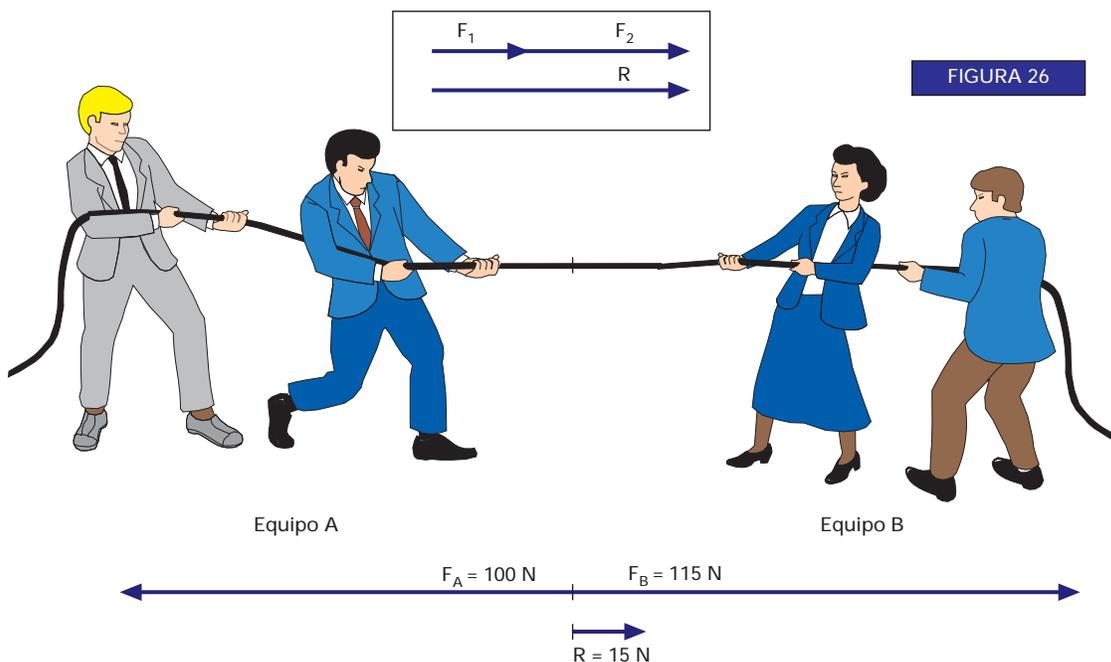


FIGURA 26



Fuerzas de diferente dirección y sentido

El cálculo de la resultante lo haremos mediante uno cualquiera de los métodos que explicamos a continuación.

Método del paralelogramo

Si tenemos que componer dos fuerzas F_1 y F_2 como las de la figura 27, comenzaremos por trazar por el extremo de F_1 una recta paralela a F_2 , y a continuación, por el extremo de F_2 , trazaremos una recta paralela a F_1 , con lo que se habrá formado un paralelogramo. La resultante (R) es la diagonal del paralelogramo que va desde el origen común al extremo opuesto.

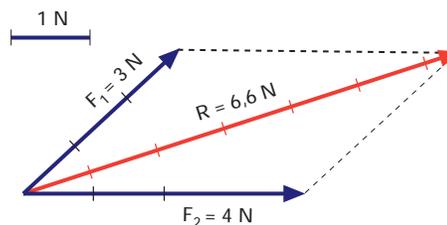


FIGURA 27

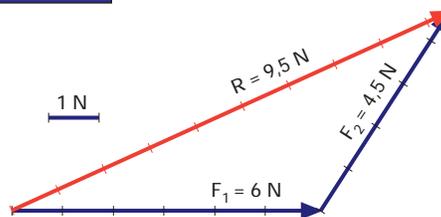


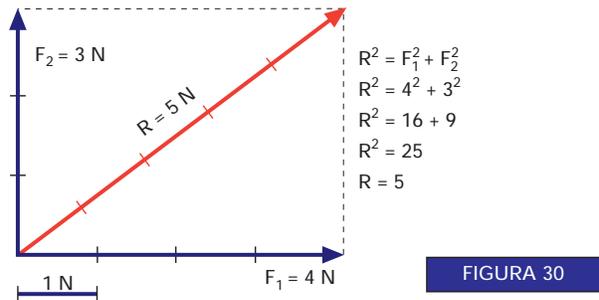
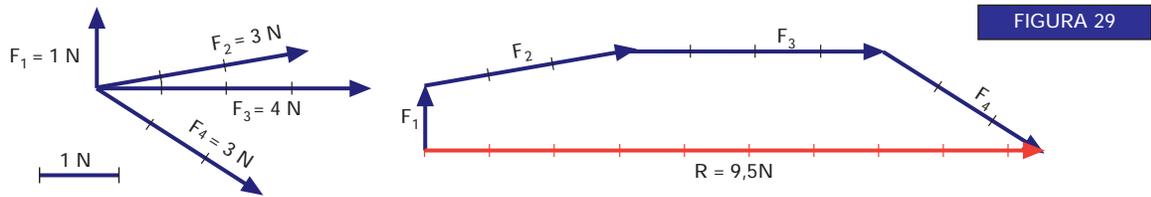
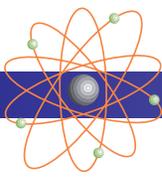
FIGURA 28

Método del polígono

Trazaremos el vector correspondiente a una cualquiera de las fuerzas, F_1 , por ejemplo (figura 28). En el extremo de este vector situaremos el origen de F_2 , representándolo también con su intensidad, dirección y sentido. La resultante (R) es la fuerza que va desde el origen de la primera al extremo de la última.

Este método resulta más rápido cuando se tiene que calcular la resultante de más de dos fuerzas (figura 29).

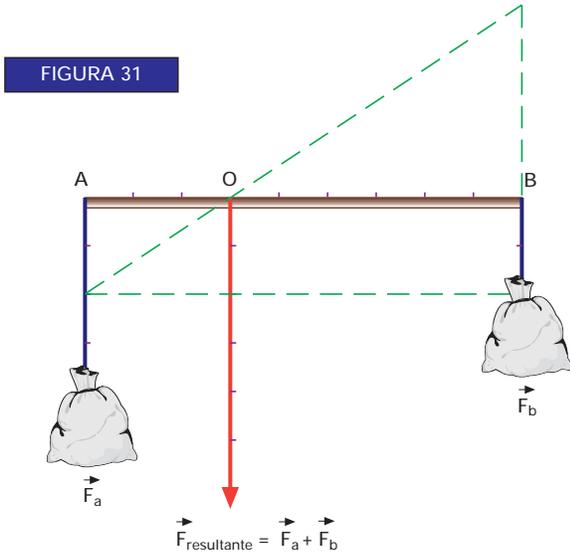
Cuando se trata de fuerzas que tienen direcciones perpendiculares, la resultante es la hipotenusa de un triángulo rectángulo (figura 30). En este caso, podemos calcular el valor numéri-



co de la resultante aplicando el teorema de Pitágoras.

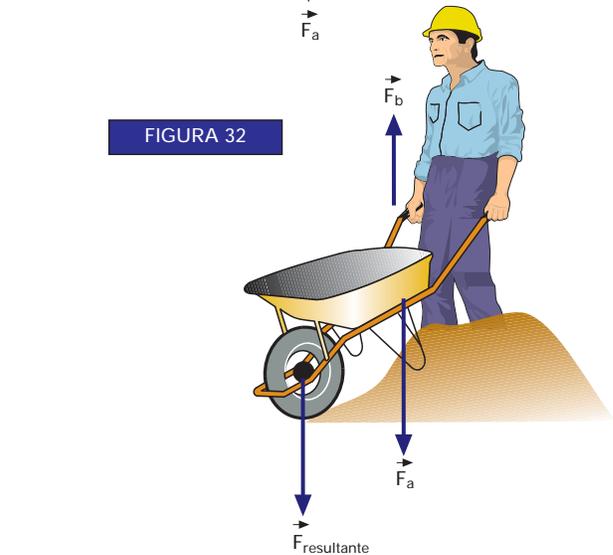
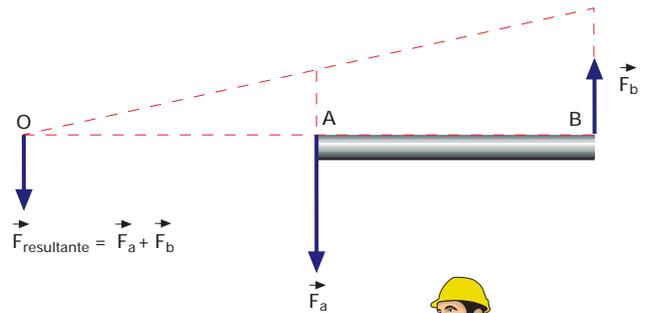
Fuerzas paralelas del mismo sentido

A veces, las direcciones de las fuerzas son paralelas. Pensemos, por ejemplo, en dos sacos de arena suspendidos de los extremos de una barra (figura 31). La resultante es una fuerza paralela a F_a y F_b , y del mismo sentido, cuya intensidad es la suma de las intensidades, y cuya recta de aplicación corta a la barra AB en dos partes que son inversamente proporcionales a las intensidades de las fuerzas. Matemáticamente, podemos expresarlo así: $F_a \cdot AO = F_b \cdot OB$.



Fuerzas paralelas de sentido contrario

En la figura 32 hemos representado un ejemplo de este tipo de fuerzas. La resultante de dos fuer-



zas paralelas de sentido contrario es de dirección paralela a F_a y F_b , de intensidad igual la diferencia de intensidades, y cuya recta de aplicación corta a la recta AB determinando dos segmentos, OA y OB , que son inversamente proporcionales a las fuerzas. Se tiene que cumplir la siguiente igualdad: $F_a \cdot AO = F_b \cdot OB$.

DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Cada partícula de un cuerpo, por pequeña que sea, es atraída por la Tierra, es decir, tiene «peso». Los pesos de todas las partículas que forman un cuerpo constituyen un conjunto de fuerzas que se dirige hacia el centro de la Tierra (figura 33). La resultante de dichas fuerzas paralelas es el peso del cuerpo, y su punto de aplicación se llama centro de gravedad (c.d.g.).

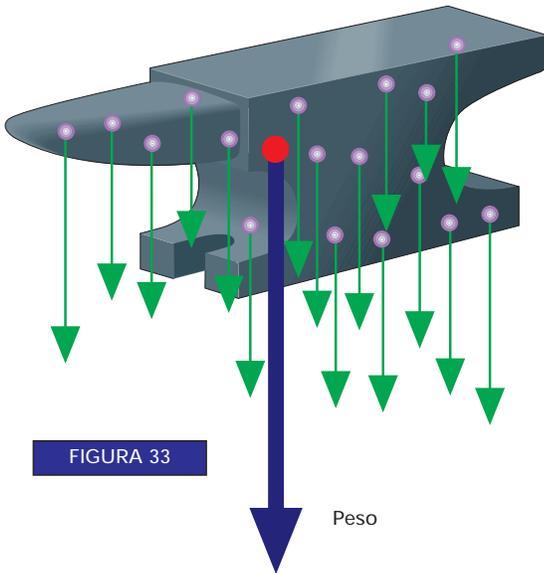


FIGURA 33

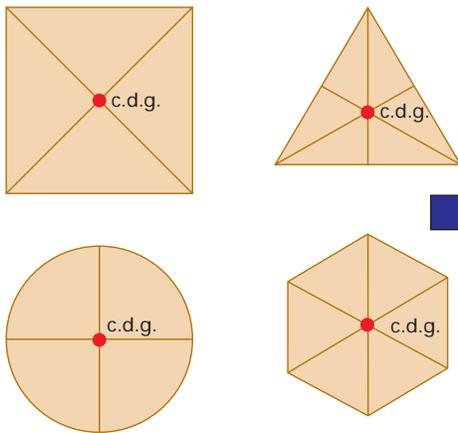


FIGURA 34

El centro de gravedad de los cuerpos simétricos coincide con su centro geométrico (figura 34).

El centro de gravedad de los cuerpos irregulares, como, por ejemplo, el de la figura 35, podemos determinarlo procediendo de la siguiente manera: tomamos el cuerpo en cuestión y lo mantenemos suspendido por el punto A con un clavo o un alfiler, atamos un hilo con una plomada y dibujamos la recta AA'; repetimos luego la operación manteniéndolo suspendido por el punto B y, acto seguido, por el punto C. Las rectas se cortan en el c.d.g. del cuerpo irregular.

EJERCICIOS

1. La resultante de dos fuerzas perpendiculares vale 50 N y una de las componentes vale 30 N. ¿Cuál es el valor de la otra componente? Expresarlo en kp.

Solución: Al ser perpendiculares, podemos aplicar el teorema de Pitágoras. La componente que buscamos es uno de los catetos.

$$30^2 + F^2 = 50^2, F^2 = 2.500 - 900, F^2 = 1.600, F = 40 \text{ N}$$

Expresaremos 40 N en kilopondios, teniendo en cuenta la equivalencia entre las unidades: $1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N}$.

$$40 \text{ N} \cdot 1 \text{ kp} / 9,8 \text{ N} = 4,08 \text{ kp}$$

2. Una persona sostiene horizontalmente una barra de 2 m de longitud, de cuyos extremos

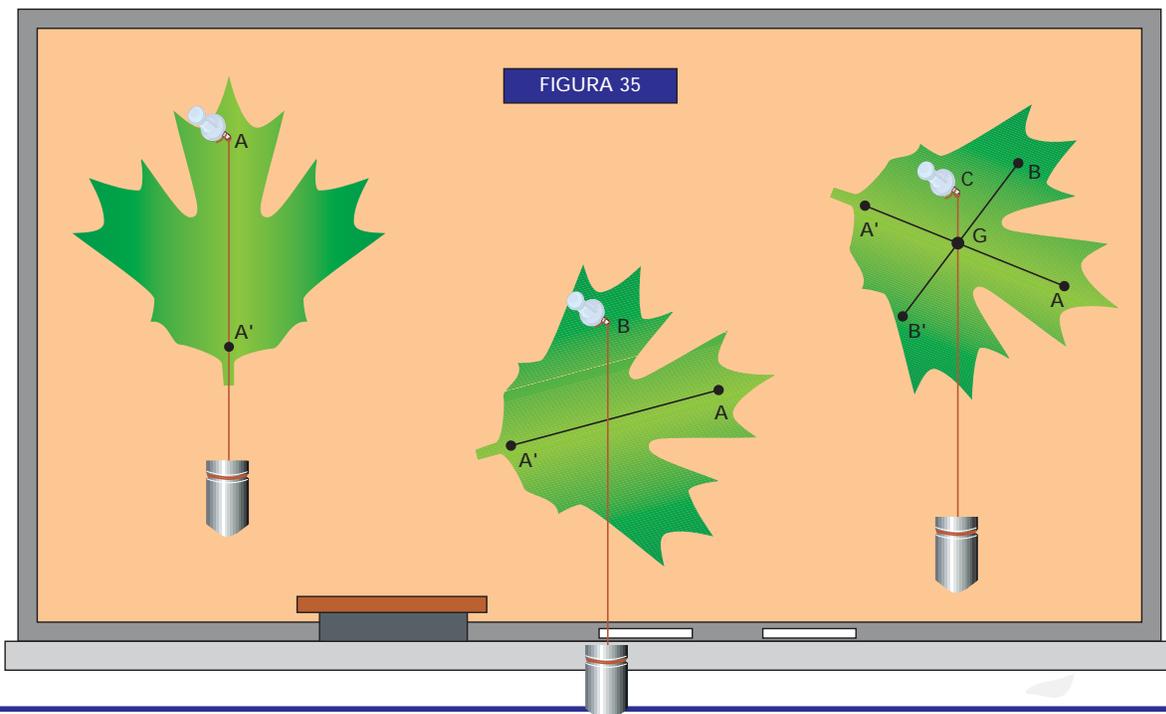


FIGURA 35