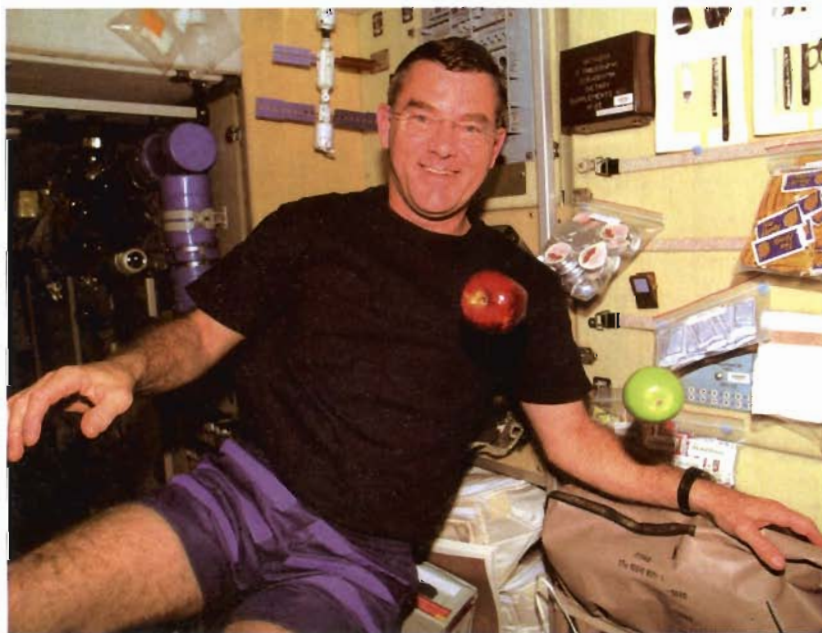


Las tres leyes de la dinámica

La dinámica es la parte de la física que estudia la relación entre las fuerzas que actúan sobre un objeto y su movimiento. La relación causa-efecto de las fuerzas fue definida por Newton por medio de tres leyes o principios. El primer principio de Newton señala que los cuerpos aislados de la acción de cualquier otro cuerpo mantienen indefinidamente su velocidad. Esta propiedad se conoce con el nombre de inercia.

El segundo principio afirma que para cambiar la velocidad de un cuerpo es necesario que la resultante de todas las fuerzas (\vec{F}_R) que sobre él actúan no sea nula, consiguiéndose así una aceleración que viene dada por la relación $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$, donde m es la masa del cuerpo y \vec{a} la aceleración con que se mueve.

El tercer principio establece que si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, éste reacciona realizando a su vez sobre el primero una fuerza del mismo módulo y dirección, pero de sentido opuesto.



Los objetos lanzados en una situación de ingravidez mantienen un movimiento rectilíneo uniforme, lo que demuestra la primera ley de la dinámica.

La inercia

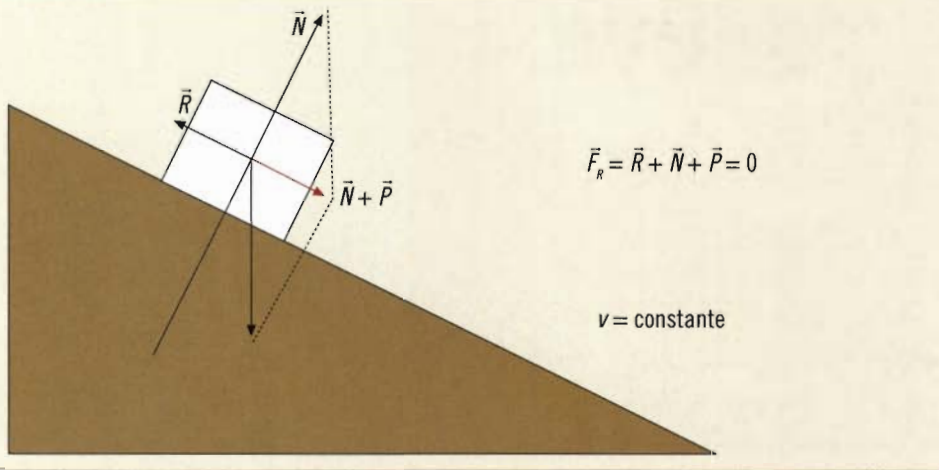
¿Qué ocurre cuando sobre un objeto no actúa ninguna fuerza, o la resultante de todas las fuerzas es nula? A esta cuestión Aristóteles, en el siglo IV a.J.C., respondió que se quedaría quieto. Debido a la autoridad científica de Aristóteles, esta opinión prevaleció hasta el siglo XVII cuando Newton modificó esta idea afirmando que cuando un cuerpo está aislado o la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre él es nula, está quieto o se mueve con un movimiento rectilíneo uniforme. Un inconveniente para poder aceptar este principio radica en la dificultad de trabajar con objetos aislados; hoy en día, gracias a los reportajes de astronautas que lanzan objetos en la ingravidez de sus naves, se ha podido observar cómo se mueven en línea recta y con velocidad constante, pero en épocas pasadas eso no era posible. Otro inconveniente es poder interpretar todas las fuerzas que actúan sobre un objeto; así, cuando un bloque de madera se desliza sobre un plano inclinado (figura 1) se puede interpretar como una consecuencia sólo de su peso, pero un análisis detallado obliga a considerar dos fuerzas más: la fuerza que hace el plano inclinado para sostener el bloque sin modificar el plano y la fuerza de rozamiento entre las dos superficies. Sólo cuando la resultante sea nula podrá caer con velocidad constante. El caso de un coche que se mueve con velocidad constante en una carretera recta se consigue manteniendo en el punto justo el pedal del acelerador para equilibrar las fuerzas internas del motor con el rozamiento; en el momento en que se aumente la presión sobre el pedal aumentará la velocidad, y en caso contrario, disminuirá.

La oposición que presenta cualquier objeto a cambiar su velocidad es lo que se denomina inercia, por ello el primer principio se denomina de inercia. Una interpretación incorrecta de este principio ha dado lugar a la utilización de fuerzas ficticias denominadas fuerzas de inercia. Estas fuerzas son inexistentes, están ligadas a una elección convenientemente errónea del sistema de referencia. La correcta aplicación de las leyes de Newton está relacionada con la elección de sistemas de referencia inerciales.

¿Quién empuja el bloque?

Al representar todas las fuerzas que se ejercen sobre un bloque (figura 2) que cae con una aceleración por un plano inclinado se obtiene: el peso \vec{P} ; la fuerza que sustenta el bloque sobre la pendiente, \vec{N} , que siempre se ejerce perpendicularmente al plano y que no se puede suponer opuesta al peso, ya que el bloque se acelera a lo largo del plano; y finalmente, la fuerza de rozamiento que se opone al movimiento,

Figura 1



La resultante de las fuerzas, \vec{F}_R , es la que determina la aceleración del bloque pendiente abajo. Ninguna de las fuerzas que actúan sobre él lo hace en la dirección y sentido del movimiento; únicamente la resultante de todas las fuerzas se ejerce en esta misma dirección y sentido.

La situación analizada ejemplifica un principio general: la fuerza que acelera un cuerpo no es una de las que actúan sobre él sino la resultante de todas. Esto es lo que se pretende indicar cuando se escribe la segunda ley de Newton del modo:

$$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

¿Quién nos sujeta al sentarnos?

Cuando una persona está sentada en una silla (figura 3a) no sufre ninguna aceleración, ya que no cambia su velocidad. Sin embargo, se sabe que la Tierra ejerce sobre ella una fuerza, el peso, dirigida hacia el centro del planeta. Una forma de poner de acuerdo ambos hechos es suponer que sobre la persona actúa otra fuerza que anula el peso, resultando de este modo una aceleración nula.

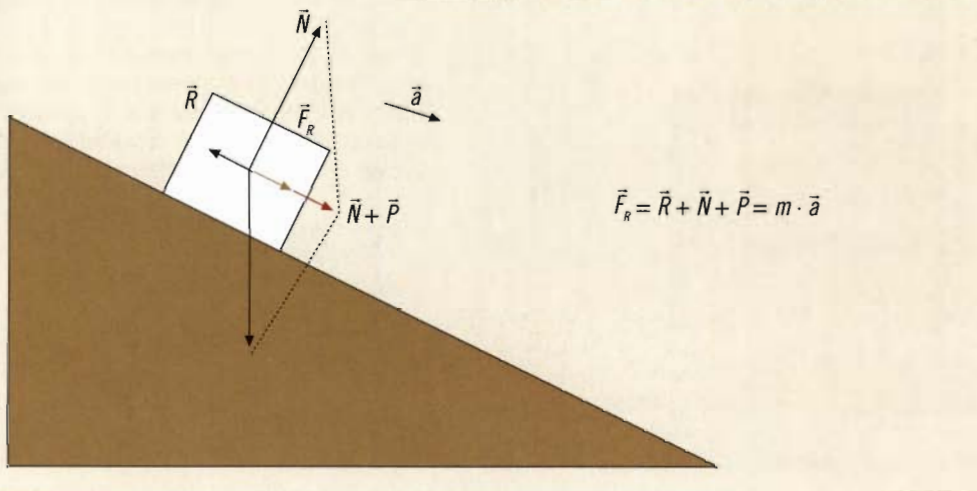
Así pues, puede admitirse que la silla realiza sobre la persona una fuerza igual al peso y que ambos, peso y fuerza de la silla, se anulan entre sí. Es posible presuponer que ocurre lo siguiente: la Tierra, ejerciendo el peso \vec{P} , atrae a la persona que, al iniciar su



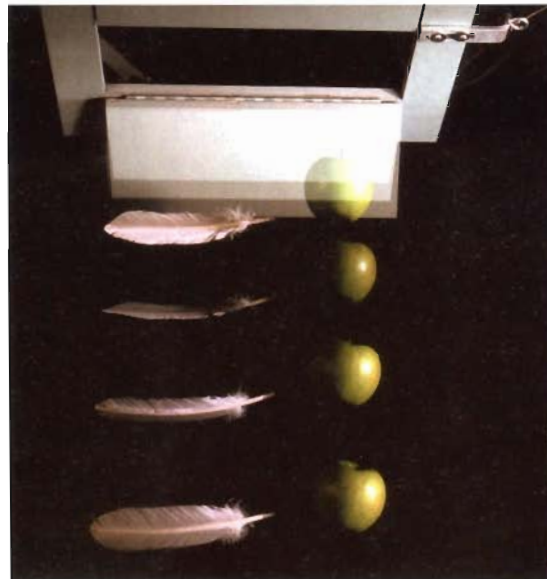
Isaac Newton (1642-1727) definió la relación causa-efecto de las fuerzas mediante tres leyes, conocidas como principios de Newton.

movimiento, se encuentra con un obstáculo, la silla, y la empuja intentando apartarla de su camino con una fuerza \vec{F} , igual en todo a la del peso excepto en el punto de aplicación, ya que ahora no está en la persona misma sino en el asiento de la silla, por lo que son dos vectores diferentes, aunque equivalentes. A esta acción, la silla responde ejerciendo una fuerza \vec{N} igual en todo a la \vec{F} excepto en el sentido y en el

Figura 2



Dentro de una cámara de vacío, una manzana y una pluma caen de la misma manera. Este experimento demuestra la validez de las teorías de Newton sobre la gravedad y la inercia.



punto de aplicación, que ahora está en la persona. Si se le llama a al módulo del peso, se tiene que: $\vec{P} = -a\vec{j}$; $\vec{F} = -a\vec{j}$ y $\vec{N} = a\vec{j}$. Si se examinan las fuerzas que actúan sobre la persona resulta que:

$$\vec{P} + \vec{N} = -a\vec{j} + a\vec{j} = \vec{0}$$

lo que da una explicación a las observaciones realizadas.

La fuerza de los cables y las cuerdas

De forma semejante puede tratarse el caso de lámpara colgada de un cable (figura 3b). Sobre e la Tierra ejerce la fuerza peso: $\vec{P} = -a\vec{j}$. En su inter de obedecer a esta fuerza de atracción, la lámpa sujeta por el cable, ejerce a su vez sobre éste u fuerza $\vec{F} = -a\vec{j}$ para obligarle a acompañarla en caída. Entonces aparece la fuerza de reacción del cable o tensión $\vec{T}_1 = a\vec{j}$. Es ésta la fuerza que, al actu sobre el mismo cuerpo, se suma al peso dando u resultante nula.

Ahora bien, el cable, al sufrir la fuerza \vec{F} de la lámpara, debería moverse aceleradamente hacia abajo pero al estar fijado al techo repite la misma acción que la lámpara hizo sobre él: realiza una fuerza $\vec{T}_2 = -a\vec{j}$ sobre el techo que a su vez responde con otra de reacción $\vec{N} = a\vec{j}$. Al hallar la fuerza resultante sobre el cable se tiene:

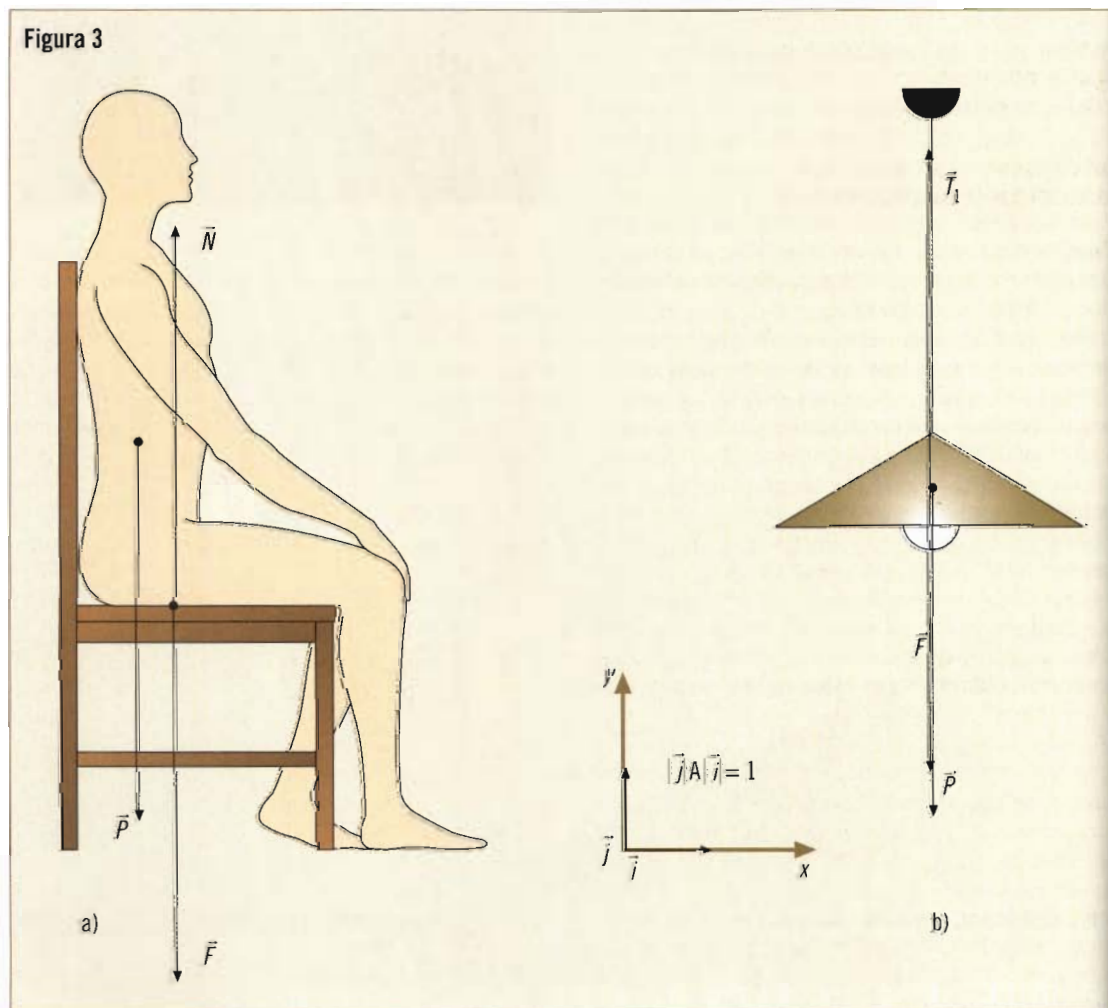
$$\vec{F} + \vec{N} = -a\vec{j} + a\vec{j} = \vec{0}$$

Así pues, la razón por la cual no se acelera el cable es análoga a la del caso de la lámpara.

Las fuerzas van de dos en dos

La necesidad de admitir la existencia de fuerzas de reacción para explicar situaciones como las anteriores fue enunciada por Newton como un principio

Figura 3





El contacto entre las ruedas de las vagonetas y los railes genera fuerzas de rozamiento.

general de la física: cualquier fuerza que un cuerpo ejerza sobre otro siempre trae aparejada una fuerza de reacción realizada por el segundo cuerpo sobre el primero. Según lo anterior, es importante señalar que, además de la acción de la Tierra sobre la persona o sobre la lámpara, mediante la fuerza peso, existe la reacción de estas últimas fuerzas sobre la propia Tierra, a la que atraen a su vez con una fuerza de sentido contrario al peso del cuerpo considerado y con punto de aplicación en el planeta.

Interpretación de la acción y la reacción

Cuando se aplica la ley de acción y reacción existe la posibilidad de confundir los efectos de ambas fuerzas; el principio dice que cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre un segundo objeto (fuerza de acción), de forma simultánea aparece una fuerza de reacción sobre el primero de igual módulo y dirección pero de sentido contrario. Se ha de resaltar que ambas fuerzas actúan sobre objetos diferentes y en ningún caso sus efectos se anulan. Volviendo a los ejemplos de fuerzas utilizados anteriormente, se pueden diferenciar dos tipos: las que actúan a distancia, y las fuerzas de contacto. La fuerza de atracción de la Tierra sobre un objeto no necesita contacto, su efecto se nota aunque no esté en el suelo; en este caso las fuerzas de acción y de reacción claramente actúan sobre objetos diferentes y es evidente que no es posible plantearse que se anulen (figura 4).

Es necesario el contacto entre dos objetos para que aparezcan las fuerzas de rozamiento (figura 5). Si dos bloques se encuentran uno encima del otro, puede parecer que las dos fuerzas de rozamiento, \vec{R} y \vec{R}' , actúan sobre el mismo punto de aplicación, pero realmente una actúa sobre el bloque superior y la otra sobre el inferior, por tanto sus efectos no se pueden anular. Si se tira hacia adelante el bloque superior, \vec{R} frenará el bloque superior y \vec{R}' empujará hacia delante el bloque inferior.

Figura 4

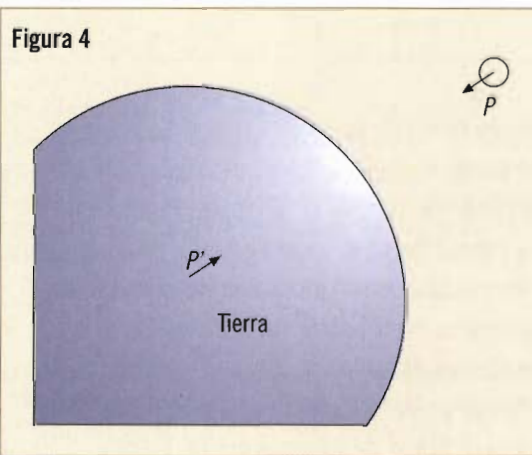
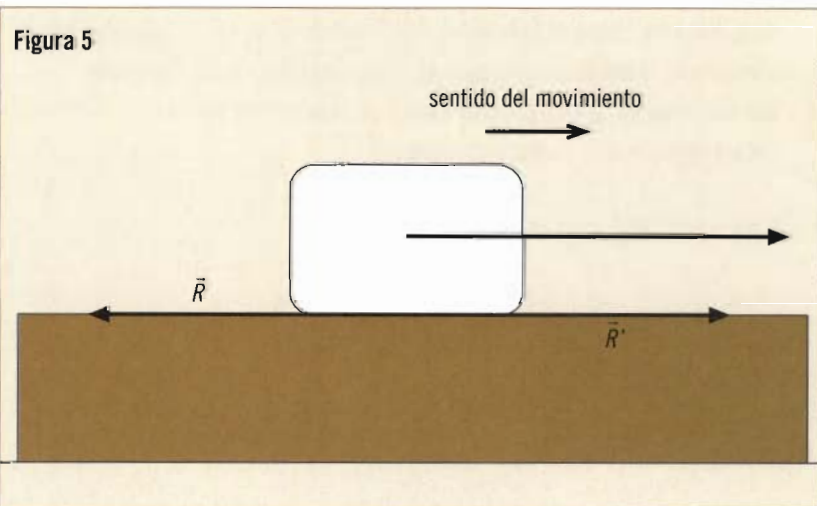


Figura 5



Véase también	Medida y magnitud.....	6	Clasificación y características de las ondas	72
	Cinemática o el estudio del movimiento.....	14	Geometría del plano (vol. 8)	36