

# LAS LEYES DE NEWTON

## Primera ley de Newton: ley de la inercia

---

Empujemos un trozo de hielo sobre una mesa: desliza y luego se para. Si la mesa está húmeda, el hielo recorre un espacio mayor antes de pararse. Si se trata de un trozo de hielo seco (dióxido de carbono congelado) sobre un colchón de vapor de dióxido de carbono, el deslizamiento es mucho mayor y el cambio de velocidad es muy pequeño. Antes de Galileo se creía que una fuerza, tal como un empuje o un tirón, era siempre necesaria para mantener un cuerpo en movimiento con velocidad constante. Galileo, y posteriormente Newton, reconocieron que si los cuerpos se detenían en su movimiento en las experiencias diarias era debido al rozamiento (o fricción). Si éste se reduce, el cambio de velocidad se reduce. Una capa de agua o un colchón de gas son especialmente efectivos para reducir el rozamiento, permitiendo que el objeto se deslice a gran distancia con un pequeño cambio en su velocidad. Si se eliminan todas las fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo —razonaba Galileo— su velocidad no cambiará, una propiedad de la materia que él describía como su **inercia**. Esta conclusión restablecida por Newton como su primera ley, se llama también **ley de la inercia**.

### DEFINICIÓN DE SISTEMA DE REFERENCIA INERCIAL

Tanto el avión, cuando se mueve a velocidad constante, como el suelo, son una buena aproximación de sistemas de referencia inerciales. Cualquier sistema de referencia que se mueve a velocidad constante con respecto a un sistema de referencia inercial también es un sistema de referencia inercial.

Un sistema de referencia ligado a la superficie de la Tierra no es totalmente un sistema de referencia inercial por la pequeña aceleración de la superficie de la Tierra debida a la rotación terrestre y a la pequeña aceleración de la propia Tierra debido a su revolución alrededor del Sol. Sin embargo, como estas aceleraciones son del orden de  $0,01 \text{ m/s}^2$  (o menos), podemos considerar que aproximadamente un sistema de referencia ligado a la superficie de la Tierra es un sistema de referencia inercial.

El concepto de sistema de referencia inercial es crucial porque *las leyes primera, segunda y tercera de Newton son únicamente válidas en sistemas de referencia inerciales*.

## Fuerza, masa y segunda ley de Newton

---

La primera y segunda ley de Newton nos permiten definir el concepto de fuerza. Una **fuerza** es una influencia externa sobre un cuerpo que causa su aceleración respecto a un sistema de referencia inercial. (Se supone que no actúan otras fuerzas.) La dirección de la fuerza coincide con la dirección de la aceleración causada. El módulo de la fuerza es el producto de la masa del cuerpo por el módulo de su aceleración. Esta definición se muestra en la ecuación 4.1.

Se puede comparar fuerzas, por ejemplo, estirando gomas elásticas. Si estiramos la misma magnitud gomas elásticas idénticas, ejercerán fuerzas iguales.

Los objetos se resisten intrínsecamente a ser acelerados. Imaginemos que damos una patada a una pelota de fútbol o a una bola en la bolera. Ésta última se resiste mucho más a ser acelerada que la pelota de fútbol, lo cual se manifiesta inmediatamente en la diferente sensación que notan los dedos de nuestros pies al dar el golpe sobre ambos objetos. Esta propiedad intrínseca de un cuerpo es la **masa**. Es una medida de la inercia del cuerpo. La relación de dos masas se define cuantitativamente aplicando la misma fuerza y comparando sus aceleraciones. Si la fuerza  $F$  produce la aceleración  $a_1$  cuando se aplica a un cuerpo de masa  $m_1$  y la misma fuerza produce la aceleración  $a_2$  cuando se aplica a un objeto de masa  $m_2$ , la relación entre las masas se define por

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{a_1}{a_2}$$

Esta definición está de acuerdo con nuestra idea intuitiva de masa. Si la misma fuerza se aplica a dos objetos, el objeto de más masa es el que acelera menos. Experimentalmente se deduce que la relación  $a_1/a_2$ , obtenida cuando fuerzas de idéntica magnitud actúan sobre dos objetos, es independiente del módulo, dirección o tipo de fuerza utilizada. La masa de un cuerpo es una propiedad intrínseca del mismo y, por lo tanto, no depende de la localización del cuerpo. Es decir, la masa de un cuerpo continúa siendo la misma si el cuerpo está sobre la Tierra, sobre la Luna o el espacio exterior.

Si una comparación directa muestra que  $m_2/m_1 = 2$  y  $m_3/m_1 = 4$ , entonces  $m_3$  será doble que  $m_2$ , cuando se comparen entre sí directamente. Por lo tanto, podemos establecer una escala de masas eligiendo un cuerpo patrón y asignándole la masa de 1 unidad. Como ya vimos en el capítulo 1, el cuerpo elegido como patrón internacional de masa es un cilindro de una aleación de platino-iridio que se conserva cuidadosamente en la Oficina Internacional

## La tercera ley de Newton

Cuando dos cuerpos interactúan mutuamente se ejercen fuerzas entre sí. La tercera ley de Newton establece que estas fuerzas son iguales en módulo y van en direcciones opuestas. Es decir, si un objeto A ejerce una fuerza sobre un objeto B, el objeto B ejerce una fuerza sobre el objeto A que es igual en módulo y opuesta en dirección. Así las fuerzas se dan en pares. Es común referirse a estas fuerzas como acción y reacción, sin embargo esta terminología es desafortunada porque parece como si una fuerza reaccionara a la otra, lo cual no es cierto, ya que ambas fuerzas actúan simultáneamente. **Cada una de ellas puede denominarse acción o bien reacción.** Si cuando una fuerza externa actúa sobre un objeto particular la llamamos fuerza de acción, la correspondiente fuerza de reacción debe actuar sobre un objeto diferente. Así en ningún caso dos fuerzas externas que actúan sobre un único objeto constituyen un par acción-reacción.

En la figura 4.19 se ve una caja que descansa encima de una mesa. La fuerza hacia abajo que actúa sobre la caja es el peso  $w$  debido a la atracción de la Tierra. El bloque ejerce sobre la Tierra una fuerza igual y de signo contrario  $w' = -w$ . Estas fuerzas forman pues un par acción-reacción. Si fueran las únicas fuerzas presentes, el bloque se aceleraría hacia abajo y la Tierra se aceleraría hacia arriba. Sin embargo, la mesa ejerce sobre la caja una fuerza hacia arriba  $F_n$  que compensa el peso. La caja también ejerce una fuerza sobre la mesa  $F'_n = -F_n$  hacia abajo. Las fuerzas  $F_n$  y  $F'_n$  forman un par acción-reacción.

## Las fuerzas fundamentales

Todas las distintas fuerzas que se observan en la naturaleza pueden explicarse en función de cuatro interacciones básicas que ocurren entre partículas elementales (ver figura 4.2):

1. La fuerza gravitatoria. La fuerza de atracción mutua entre los objetos
2. La fuerza electromagnética. La fuerza entre las cargas eléctricas
3. La fuerza nuclear fuerte. La fuerza entre las partículas subatómicas
4. La fuerza nuclear débil. La fuerza entre las partículas subatómicas durante algunos procesos de decaimiento radiactivos

Las fuerzas cotidianas que observamos entre cuerpos macroscópicos se deben a la fuerza gravitatoria o a la fuerza electromagnética.

