

# 1. Dinámica

“Desde la antigüedad se estimó la ciencia de la mecánica como la de mayor importancia para la investigación de los fenómenos naturales, y los modernos despreciando la forma sustancial y cualidades ocultas, se han empeñado en sujetar los fenómenos de la Naturaleza a las leyes de la matemática, pero yo he utilizado en este tratado las matemáticas en tanto en cuanto se relacionan con la filosofía (actualmente la “física”)... pues el objeto de la filosofía (física) debe consistir en esto: a partir de los fenómenos del movimiento, investigar (por inducción) las fuerzas de la Naturaleza y, a partir de ellas, demostrar (por deducción) los otros fenómenos...

Issac Newton.

Para iniciar el estudio de la dinámica partiremos de ciertos conceptos cuyo significado debe captarse primero intuitivamente, para más tarde definirlos operacionalmente.

## Fuerza (relación entre aceleración y fuerza)

Las fuerzas son magnitudes vectoriales, consecuentemente para describir una fuerza es necesario dar tanto su magnitud (que es la cantidad que describe que “tan grande” es el “empujón” o el “jalón” que ejerce la fuerza) como la dirección en la cual actúa.

Cuando dos o más fuerzas  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$  actúan sobre un mismo cuerpo, encontramos experimentalmente que el efecto es el mismo al de una sola fuerza igual al vector suma o resultante de las fuerzas originales

$$\vec{R} = \sum_{j=1}^n \vec{F}_j$$
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Este principio es muy importante y recibe el nombre de **superposición de fuerzas**.

El hecho de que las fuerzas se combinen de acuerdo a la suma de vectores, es de especial relevancia y se utilizará en múltiples ocasiones a través del estudio de la física. En particular nos permite representar a las fuerzas por medio de sus **componentes**, lo cual permitirá en muchas ocasiones simplificar el trabajo.

## Primera ley de Newton

El aspecto fundamental que caracteriza a una fuerza, es su capacidad de cambiar el estado de movimiento del cuerpo sobre el cual la fuerza actúa. (Por estado de movimiento de un cuerpo entendemos dos posibilidades: el reposo o el movimiento con velocidad constante).

Como en otros conceptos de la física la palabra clave es “cambiar”. Traduciendo del latín la primera ley de Newton del movimiento:

**Cada cuerpo se mantiene en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que se le obligue a cambiar dicho estado por fuerzas que actúen sobre él.**

Es claro que si no hay una fuerza neta actuando sobre un cuerpo, el cuerpo permanecerá en reposo o en movimiento con velocidad constante. Una vez que un cuerpo se encuentra en movimiento, no es necesaria una fuerza neta para mantenerlo en movimiento. Dicho de otra forma, *si sobre un cuerpo no actúa una fuerza neta este se moverá con velocidad constante (la cual puede ser cero).*

## Segunda ley de Newton

Ya sabemos que ocurre cuando no actúa una fuerza neta sobre un cuerpo, ¿pero qué pasa cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo no es cero?. Experimentalmente observamos que si el cuerpo está inicialmente en reposo, comienza a moverse. Si ya estaba en movimiento, la fuerza puede incrementar su rapidez, frenarlo, o cambiar la dirección de su velocidad. En cada uno de estos casos el cuerpo ha recibido una **aceleración**. Ahora bien, ¿cuál es la relación entre la aceleración y la fuerza?

Para responder esta última pregunta podemos realizar un experimento muy sencillo: Consideremos un pequeño cuerpo moviéndose en una superficie plana, horizontal y sin fricción (riel de aire). Si le aplicamos una fuerza horizontal por medio de una pesa, un hilo y una polea, observaremos que mientras la fuerza está actuando la velocidad del cuerpo varía en forma constante, esto es, el cuerpo se mueve con aceleración constante.

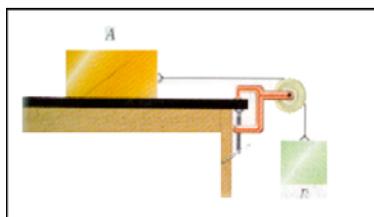


Figura 1. Desplazamiento de un cuerpo “A” a lo largo de un riel de aire.

Si cambiamos la magnitud de la fuerza (cambiando la pesa) la aceleración cambiará en la misma proporción. Si duplicamos la fuerza la aceleración se duplica, si la reducimos a la mitad la aceleración también se reducirá a la mitad. Concluimos que para un cuerpo determinado la aceleración es directamente proporcional a la fuerza que actúa sobre él.

Podemos sintetizar todas estas relaciones y resultados experimentales en una sencilla expresión la cual es conocida comúnmente como la segunda ley de Newton del movimiento.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

**Esta es una relación básica entre la fuerza resultante y el movimiento.**

Comúnmente se establece la segunda ley de Newton como:

**La fuerza neta que esté actuando sobre un objeto le produce una aceleración que es inversamente proporcional a su masa y directamente proporcional a la magnitud de dicha fuerza.**

*Por ejemplo, si sobre un cuerpo de masa  $m$  se le aplica una fuerza neta  $F$  ésta le producirá una aceleración  $a$ . Pero si la masa se duplicase la aceleración producida se reduciría a la mitad.*

La ecuación presentada es una ecuación vectorial y normalmente se usará en términos de sus componentes:

$$\sum F_x = ma_x, \quad \sum F_y = ma_y, \quad \sum F_z = ma_z$$

En el caso de una dimensión y considerando la *masa constante* utilizaremos la expresión:

$$F = ma = m \frac{dv}{dt} = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

Puede verse de la anterior expresión que las unidades de fuerza serán el producto de las unidades de masa multiplicadas por las unidades de aceleración. En el sistema internacional este producto se denomina *Newton*.

$$1 \text{ Newton} = 1 \text{ kg} \cdot 1\text{m/s}^2$$

### **Comentarios:**

Podríamos señalar que si:

$$\vec{a} = 0, \quad \frac{d\vec{v}}{dt} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{v} = \text{cte.}$$

*De tal manera que la primera ley, podría verse como un corolario de la segunda. Por otro lado, esta segunda ley es en el fondo una relación causa-efecto, como muchas otras en la naturaleza.*

**También es importante recalcar que el producto “ $m\vec{a}$ ” NO es una fuerza, sino una posible manifestación de la acción de una fuerza.**

## Tercera ley de Newton

Una fuerza que actúa sobre un cuerpo siempre es el resultado de su interacción con otro cuerpo, así que las fuerzas generalmente aparecen en pares (fuerzas centrales).

Experimentalmente encontramos que cuando dos cuerpos interactúan, las fuerzas que ellos ejercen entre sí son iguales en magnitud y opuestas en dirección. A este hecho se le conoce como la *tercera ley de Newton*.

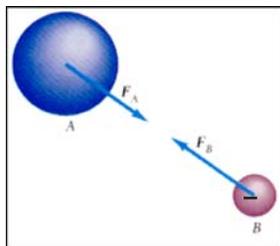


Figura 2. Relación de acción y reacción.

Sea  $\vec{F}_A$  la fuerza aplicada a un cuerpo A por un cuerpo B, y  $\vec{F}_B$  la fuerza aplicada a B por A.

En este caso las direcciones de las fuerzas corresponden a una interacción atractiva (gravitacional o eléctrica). Entonces:

$$\vec{F}_B = -\vec{F}_A$$
$$\therefore \vec{F}_A + \vec{F}_B = 0$$

Newton estableció esta relación como:

**A cada fuerza de acción se le opone siempre una reacción igual: o bien, las acciones mutuas de dos cuerpos, uno sobre el otro, son siempre iguales y dirigidas a direcciones opuestas.**

Generalmente esto se sintetiza en:

- A toda fuerza de acción corresponde una reacción de la misma magnitud que actúa en sentido opuesto.
- La fuerza que A ejerce sobre B es igual y opuesta a la fuerza que B ejerce sobre A.

Además habrá que tener especial cuidado con un hecho importante:

**Estas fuerzas no se ejercen sobre el mismo cuerpo.**

Por otro lado sería conveniente mencionar que específicamente esta ley **no se cumple** en el caso de fuerzas no centrales, por lo que una generalización absoluta de esta ley no es correcta.

Desde una perspectiva muy amplia es posible establecer diferentes formas de clasificación de las fuerzas. Meramente con fines didácticos, dado que estos términos aparecen con frecuencia en la literatura de temas relacionados con la física, se presentan a continuación algunas de esas formas.

## **Clasificación de las fuerzas**

### • **Fuerzas de contacto y de acción a distancia**

El empujar un auto, golpear una pelota con un bate, son ejemplos clásicos de las llamadas fuerzas de contacto, en tanto que el peso de los cuerpos, el movimiento de los planetas, la atracción de un clavo por un imán o pequeños pedazos de papel por un peine de plástico previamente frotado en el pelo, serían ejemplos de fuerzas cuya acción se manifiesta a distancia.

#### ***Para discutir:***

*De acuerdo con lo anterior ¿cómo clasificaríamos a las fuerzas que:*

- a) Impulsan a un auto?*
- b) Impulsan a un jet?*
- c) Mantienen unidas las partes de un sólido?*

### • **Fuerzas internas y externas**

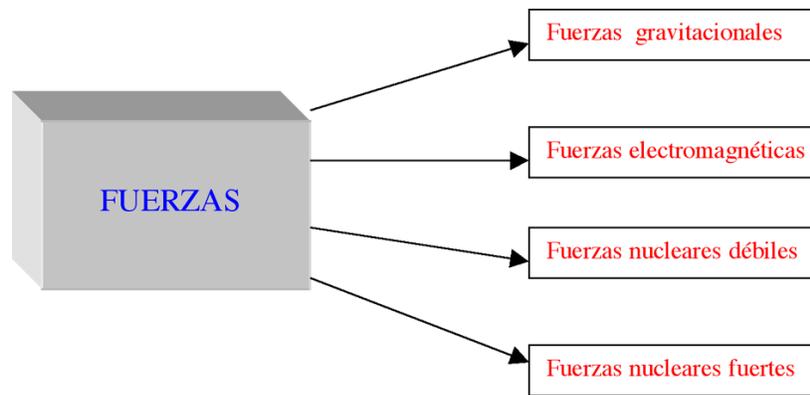
Cuando consideramos las fuerzas que permiten mantener unidas la enorme cantidad de partículas que constituyen a un sólido, caemos fácilmente en la idea de ciertas fuerzas “internas” de un sistema que aunque no implican un movimiento visible del mismo, son necesarias para mantener su forma y características; por otro lado si a este sistema le aplicamos una fuerza “externa” no equilibrada, esta última provocaría un cambio en el estado de movimiento del sólido.

*Normalmente las fuerzas “internas” de un sistema mantienen un equilibrio entre sí, de tal manera que no hay una fuerza neta resultante que modifique el estado de movimiento del sistema.*

### • **Fuerzas fundamentales**

En la actualidad se considera que **todas** las fuerzas que aparecen en la naturaleza pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- a) Fuerzas gravitacionales
- b) Fuerzas electromagnéticas
- c) Fuerzas nucleares débiles
- d) Fuerzas nucleares fuertes



**Figura 3. Clasificación de las fuerzas fundamentales**

Los dos primeros tipos de fuerzas podríamos denominarlos fuerzas “comunes” ya que son las responsables de prácticamente todos los fenómenos dinámicos que observamos en el terreno macroscópico, en tanto que los tipos de fuerzas c) y d) solamente aparecen a nivel atómico, específicamente en el núcleo del átomo, de tal manera que es común denominar a estas fuerzas como “invisibles”, además:

- **Actúan a distancias muy pequeñas del orden de  $10^{-13}$  cm.**
- **A niveles atómicos no se satisface la física clásica.**