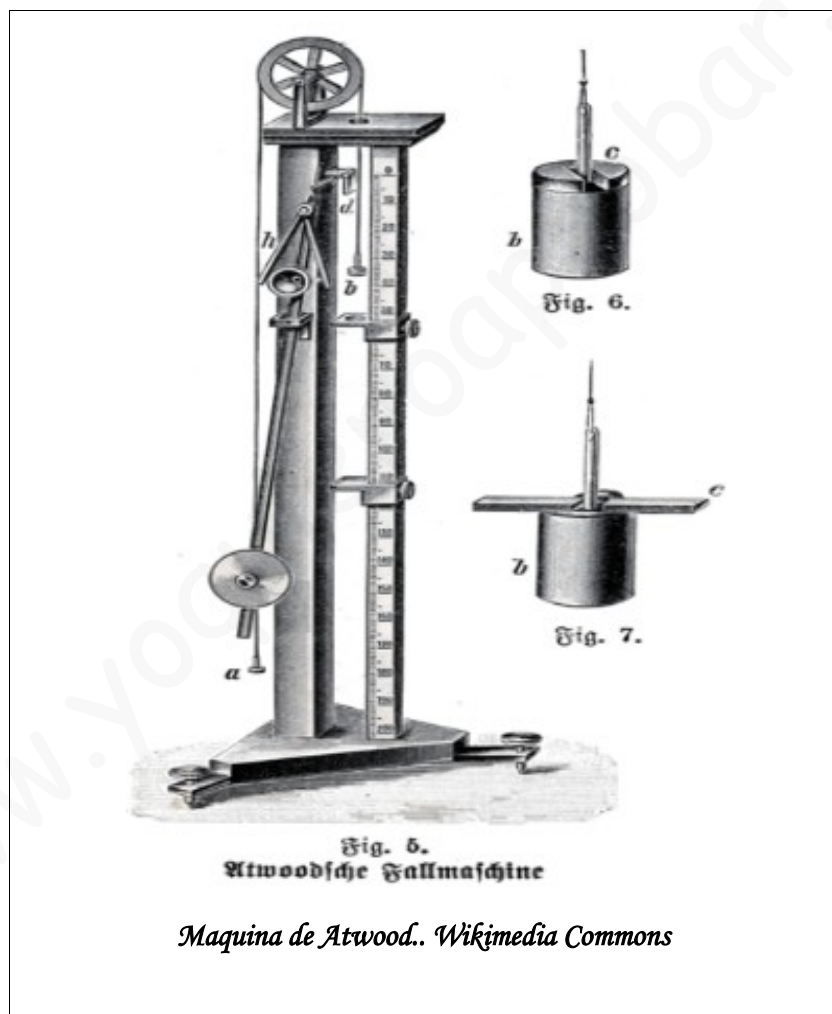


# Tema 7: Las fuerzas y sus aplicaciones.

por José A. Collado.

## Índice de contenido

1. <i>Las fuerzas y sus efectos</i> .....	2
2. <i>Fuerzas de especial interés</i> .....	6
2.1. <i>Fuerza gravitatoria</i> .....	6
2.2. <i>Principio de Arquímedes. Empuje</i> .....	8



**Fuerza** es la magnitud física que representa la interacción entre dos cuerpos. Los efectos que producen pueden ser: modificar el estado de movimiento, deformaciones y permitir la situación de equilibrio de un cuerpo o sistema material.

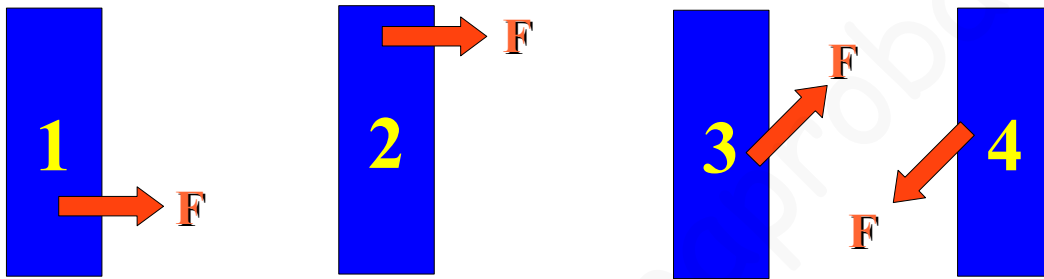
# 1. Las fuerzas y sus efectos

La **fuerza** es una *magnitud física vectorial* que condiciona el estado de movimiento o la forma de los sistemas materiales sobre los que sea aplicada. Si queremos estudiar el efecto de una fuerza sobre un sistema material u objeto tendremos que considerar, no sólo su **módulo**, sino también el **punto de aplicación**, **dirección** y **sentido**.

## LA FUERZA ES UNA MAGNITUD VECTORIAL.

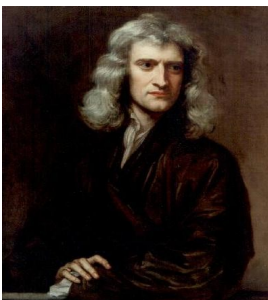
*4 fuerzas con el mismo módulo pueden tener efectos muy diferentes, según:*

- *Punto de aplicación: el bloque 2 es más fácil que se caiga que el 1.*
- *Dirección y sentido: los bloques 3 y 4 están sometidos a fuerzas en la misma dirección y sentidos opuestos. Si el objetivo es mover el bloque, el bloque 3 estará en mejores condiciones de hacerlo.*



*Esquema cedido por Collado.*

La unidad de fuerza en el Sistema Internacional de unidades (en adelante, SI) es el **Newton**, que se representa **N**, en honor al ilustre Sir Isaac Newton.



*Isaac Newton (1643-1727) físico, filósofo, teólogo, inventor, alquimista y matemático inglés, autor de los *Philosophiae naturalis principia mathematica*, más conocidos como los Principia, donde describió la ley de la gravitación universal y estableció las bases de la mecánica clásica mediante las leyes que llevan su nombre. Por WIKIPEDIA.*

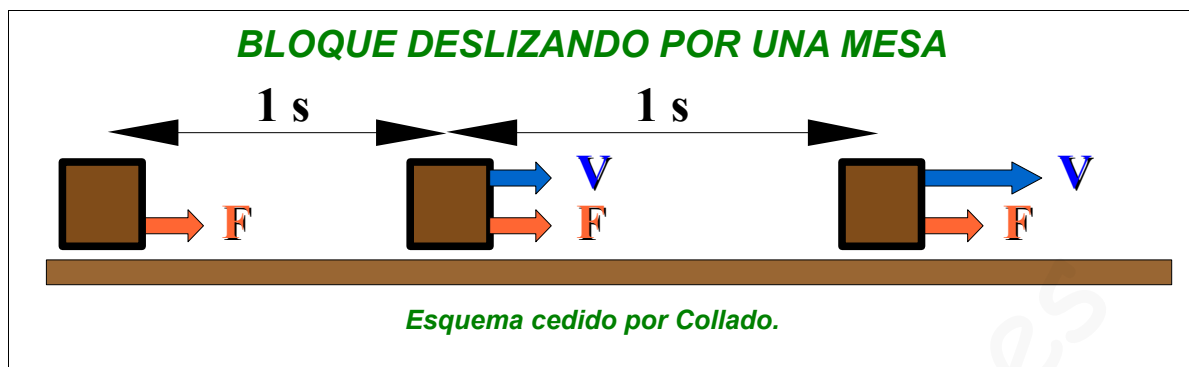
*Isaac Newton en 1702 por Geoffrey Kneller.*

Para entender mejor esta unidad de medida habría que referirse a la **segunda ley de Newton** o también llamada, **Ley Fundamental**. Según esta ley, **1 N** es la fuerza que hay que aplicar a un cuerpo cuya masa es de **1 Kg** para que su aceleración fuese **1 m/s<sup>2</sup>**, es decir, su velocidad variase en **1 m/s** cada **segundo**.

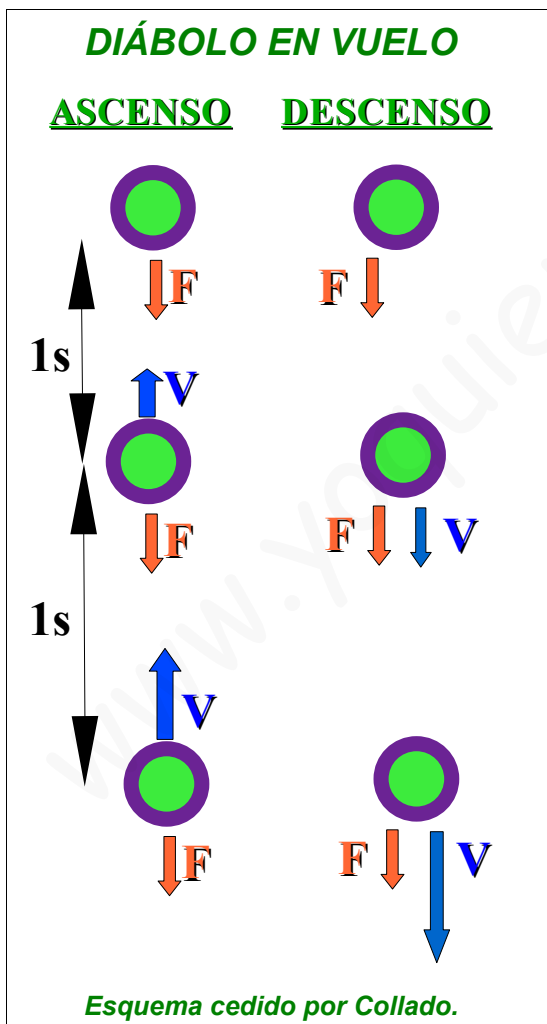
## 1.1. Las fuerzas y el movimiento

*Ejemplo 1. Si sobre un bloque de madera de 1 Kg de masa, que descansa sobre la mesa, se aplica una fuerza de 1 N, el bloque comenzaría a moverse y su velocidad iría aumentando a medida que transcurriese el tiempo. Si la superficie de contacto con la mesa estuviese suficientemente pulida, como para despreciar el rozamiento entre el conjunto bloque-mesa, entonces apreciaríamos como la velocidad del bloque sería de 1 m/s después de aplicar la*

fuerza durante 1 s. De 2 m/s un segundo después, 3 m/s después del tercer segundo y así sucesivamente.



Ejemplo 2. Cualquier cuerpo de 1 Kg de masa, lanzado verticalmente hacia arriba, es atraído por la acción de la gravedad terrestre con una fuerza de casi 10 N, es decir, la velocidad del cuerpo disminuye en 10 m/s cada segundo.



Si el cuerpo fuese un diábolo con esa masa (1 Kg) y dejase de ser impulsado cuando su velocidad de ascenso fuese de 25 m/s (90 Km/h), su velocidad sería de 15 m/s (54 Km/h) después de 1 segundo, de 5 m/s (18 Km/h) al pasar 2 segundos y medio segundo después el diábolo estaría en reposo. Como el objeto sigue estando sometido a la acción de la gravedad su velocidad va a incrementarse en la misma proporción pero esta vez en su descenso y, por tanto, con la misma dirección pero en sentido contrario.

Como puede observarse en los ejemplos las fuerzas pueden ser de dos tipos: por contacto o a distancia.

- **Fuerzas por contacto:** Son aquellas, como su nombre indica, en que la interacción entre los cuerpos se da por medio de contacto físico entre ellos.

Para que el bloque de madera del ejemplo 1 deslice sobre la mesa tendríamos que empujarlo o tirar de él a través de una cuerda.

- **Fuerzas a distancia:** En este caso la interacción entre los cuerpos se da sin que haya contacto físico.

En el segundo ejemplo, el diábolo, sufre los efectos de la fuerza gravitatoria terrestre aunque, en ningún momento, haya contacto físico con la Tierra.

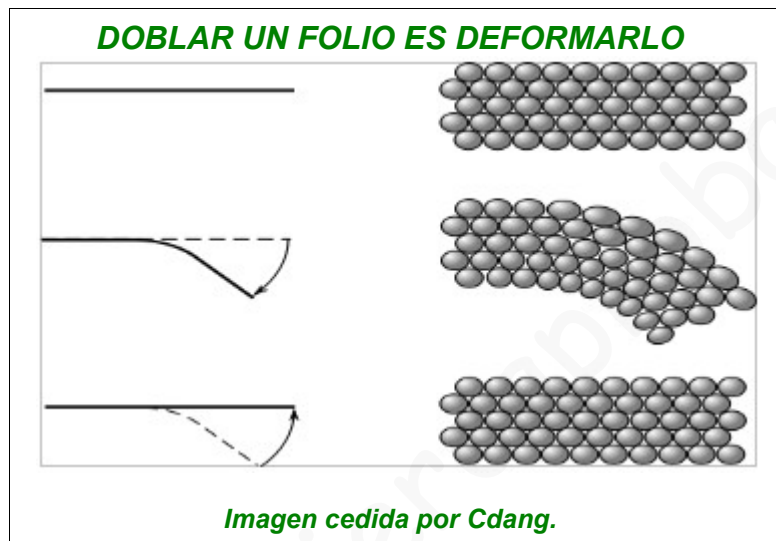
En estos dos ejemplos se está considerando el efecto de las fuerzas sobre el movimiento de los cuerpos. Podemos observar que una fuerza modifica el estado de movimiento de los cuerpos: los acelera, los frena o los cambia de dirección. En cursos posteriores se ve que este resultado deriva directamente de la **primera ley de Newton** de la dinámica (**Ley de inercia**),

que asegura que un cuerpo sólo puede mantener su estado de movimiento (o de reposo) cuando **no** esté sometido a **fuerza neta** alguna.

## 1.2. Otros efectos de las fuerzas

Otros efectos que pueden producir las fuerzas sobre los sistemas materiales son: *deformaciones y equilibrio*.

- **Deformación:** si el efecto que produce la acción de la fuerza sobre el sistema material es la modificación de su forma o tamaño. A nivel microscópico se considera que se ha modificado la posición relativa de las partículas constituyentes del sistema material.



Según sean las características del sistema material que esté sometido a deformación y de la naturaleza e intensidad de la fuerza que la genere, podemos diferenciar dos tipos de deformaciones: *elástica y plástica*.

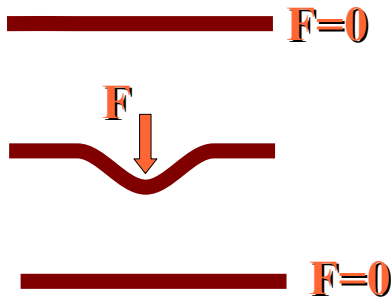
- **Elástica, reversible o no permanente:** el cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que provoca la deformación.

El comportamiento elástico de un material tiene un límite, denominado límite elástico, y corresponde con la máxima fuerza que puede sufrir dicho material para no perder sus propiedades elásticas. Cuando un material elástico ha superado su límite elástico la deformación que sufre será plástica.

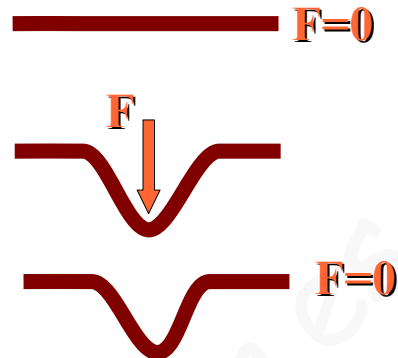
- **Plástica, irreversible o permanente:** el sistema material **no** regresa a su forma original al retirar la fuerza aplicada.

### COMPORTAMIENTO DE UN MATERIAL ELÁSTICO ANTE UNA DEFORMACIÓN

#### SIN SUPERAR LÍMITE ELÁSTICO



#### SUPERANDO LÍMITE ELÁSTICO



Esquema cedido por Collado

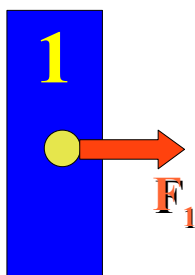
- **Equilibrio:**

Es un concepto muy genérico dentro de la ciencia y en particular de la física. Si nos centramos en el estudio del comportamiento de los sistemas materiales, y más en concreto, en el estudio del movimiento de los mismos, es decir de su mecánica, el *equilibrio de un cuerpo es sólo posible si la fuerza neta a la que está sometida es nula*. Como se comentó anteriormente, esta es la condición que se debe cumplir, según la primera ley de Newton, para que un cuerpo mantenga su estado de movimiento. Es decir, si estaba en reposo, se mantendrá sin movimiento y, si se movía con cierta velocidad constante, esta seguirá invariable.

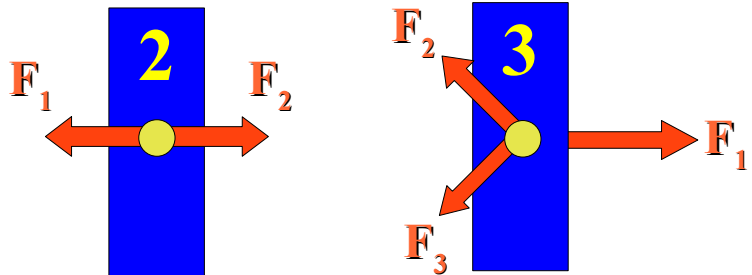
La situación de equilibrio parece no depender, precisamente, de la fuerzas a la que está sometida el cuerpo, puesto que la ausencia total de fuerzas cumple la condición necesaria para que se dé el equilibrio. Esto es cierto, pero el concepto de **fuerza neta nula** no se limita a la situación en la que no haya fuerzas aplicadas sobre el cuerpo, también puede darse en la situación en la que un sistema material esté sometido a un conjunto de fuerzas (siempre más de una) en la que los efectos de unas contrarresten los efectos de las otras, es decir, que estén compensadas las unas con las otras, o, valga la redundancia, estén equilibradas.

### UNA FUERZA ÚNICA NO PUEDE ESTAR COMPENSADA

#### FUERZA NO COMPENSADA



#### CONJUNTO DE FUERZAS COMPENSADAS



Esquema cedido por Collado.

Hemos considerado que las fuerzas a las que está sometido el cuerpo estén aplicadas sobre el centro geométrico del mismo para evitar efectos más complejos que pueden provocar un conjunto de fuerzas sobre un cuerpo.

El concepto de equilibrio es más amplio y la condición considerada es sólo suficiente en el caso muy concreto en el que es cuerpo bajo estudio sea un *sólido rígido*, es decir, que las fuerzas a las que esté sometida no sean lo suficientemente grandes como para que sufra deformaciones. Además, consideramos que puede desplazarse pero no rotar, ya que un cuerpo sometido a fuerzas, dependiendo el punto de aplicación de las mismas, puede hacerle girar.

La situación de equilibrio de un cuerpo puede ser de dos formas, *estable* o *inestable*.

- **Equilibrio estable:** Cuando el cuerpo tiende a volver a la posición de equilibrio aunque se le separe de ella.
- **Equilibrio inestable:** Cuando el cuerpo sufre un desplazamiento de su posición de equilibrio, por pequeño que este sea, entonces se alejará más y más de él.



## 2. Fuerzas de especial interés

Vamos a estudiar dos tipos de fuerza de especial interés por poder sentir sus efectos en la vida cotidiana y darse de forma continua en la experiencia de interactuar con la materia que nos rodea.

### 2.1. Fuerza gravitatoria

Cualquier cuerpo o sistema material posee gravedad debido a que, por estar compuesto por materia, tienen masa y esto hace que en sus proximidades ejerza fuerzas gravitatorias sobre cualquier otro sistema material o cuerpo con masa.

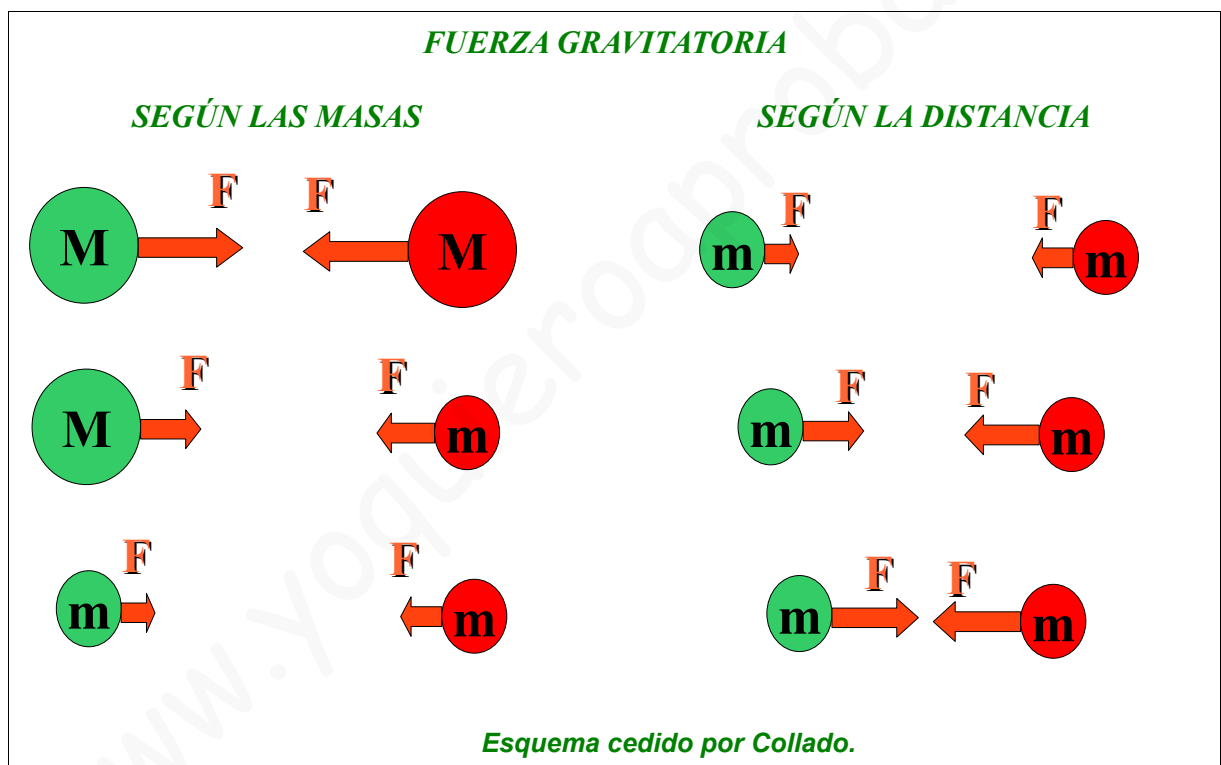
La fuerza gravitatoria es, por tanto, la fuerza con la que se atraen los sistemas materiales cuando están próximos.

- Es una fuerza **atractiva**, es decir, que tiende a acercar los cuerpos que la sienten.
- Es **proporcional a las masas** de dichos cuerpos. Por tanto, si dos cuerpos que están a cierta distancia tienen masas grandes la fuerza que sienten cada uno de ellos debido a la presencia del otro será mayor que si sus masas son pequeñas.
- Es **inversamente proporcional a la distancia** que los separa. Cuando los dos cuerpos con cierta masa están próximos, es decir, la distancia entre ellos es pequeña, la fuerza

gravitatoria que sufren será mayor que si están alejados, es decir, a una distancia más grande.

- Es una fuerza de *baja intensidad* salvo que las masas que interaccionen sean muy grandes y la distancia entre ellas sea pequeña. Por este motivo generalmente se hace referencia a las fuerzas gravitatorias ejercidas por planetas, estrellas, galaxias, etc.. sobre otros cuerpos.

Cuando dos cuerpos próximos sufren la fuerza gravitatoria debido a la presencia del otro, la magnitud de dicha fuerza depende de las características de ambos: las masas de cada uno de ellos y la distancia que los separa, por lo que ambos están sometidos a la misma fuerza. Este resultado se desprende directamente de la **tercera ley de Newton**, llamada **ley de acción-reacción** y que dice que cuando dos cuerpos interaccionan ambos sufren una fuerza de igual magnitud, dirección y sentido contrario. Aunque estén sometidos a una fuerza igual en magnitud no debe interpretarse como que los efectos que sufren son los mismos, ya que estos dependerán de la naturaleza de cada uno de ellos.



La fuerza gravitatoria terrestre es un ejemplo de especial interés ya que notamos sus efectos continuamente y nos permite entender la diferencia entre dos conceptos muy diferentes que no suelen distinguirse en el lenguaje cotidiano y sí se hace en física: **masa** y **peso**.

La **masa** es una de las propiedades fundamentales de la materia y, por tanto, la masa de un cuerpo, al ser la cantidad de materia de la que está constituida, es la misma indistintamente de donde se encuentre el cuerpo.

También se refiere a la masa, o cantidad cantidad de materia de un cuerpo, otro término: la **inercia**, que en el lenguaje cotidiano se usa en otro contexto diferente al que definió Newton en el siglo XVII, en el que se refería a la inercia de un cuerpo cuando estudiaba el movimiento del mismo y lo consideraba como la resistencia que éste oponía a modificar su estado de movimiento.

*“No es lo mismo detener una mosca que se vuela a 10 Km/h que un camión que se*

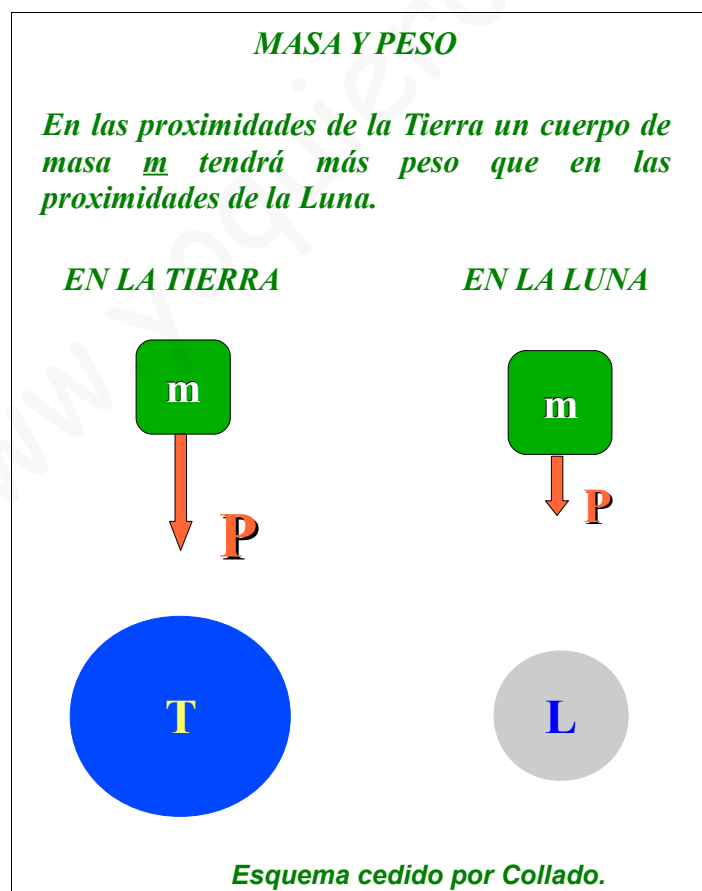
*desplaza a la misma velocidad. Decimos por tanto que el camión tiene mucha más inercia que la mosca y es razonable cuando al referirnos a su inercia nos basamos en la cantidad de materia de cada uno de ellos”.*

El término de inercia es el que define la **primera ley de newton**, también llamada **Ley de Inercia**, ya que como se comentó en el apartado de equilibrios como uno de los posibles efectos de las fuerzas, si no hay fuerza neta aplicada sobre un cuerpo, este mantiene su estado de movimiento o de reposo.

*“Esta relación es la causante de que, en el lenguaje cotidiano se emplee erróneamente el concepto de inercia asociado al movimiento de los cuerpos y no a que este movimiento se modifica dependiendo de la naturaleza del propio cuerpo, su inercia, su masa”.*

El **peso** se define, en física, como la fuerza con que es atraído un cuerpo por la gravedad de otro próximo. Por supuesto, como la fuerza gravitatoria depende de las masas de los cuerpos que interaccionan, el peso de un cuerpo es proporcional a su masa y a la masa del cuerpo que lo atrae. Por este motivo el peso no puede considerarse una propiedad propia del cuerpo ya que también depende del cuerpo que le está sometiendo a atracción gravitatoria.

*“Todo cuerpo que esté en las proximidades de la Tierra notará los efectos gravitatorios de la misma. Por tanto, el peso de un cuerpo, en la Tierra, es la fuerza con que ésta le atrae. Y será mayor que si el mismo cuerpo se encuentra en las proximidades de un astro con menor masa que la Tierra, como la Luna. Como además la fuerza gravitatoria es inversamente proporcional a la distancia, el mismo cuerpo tendrá menos peso en la superficie de la Tierra que si se encuentra a cierta altura en un paracaidas”.*





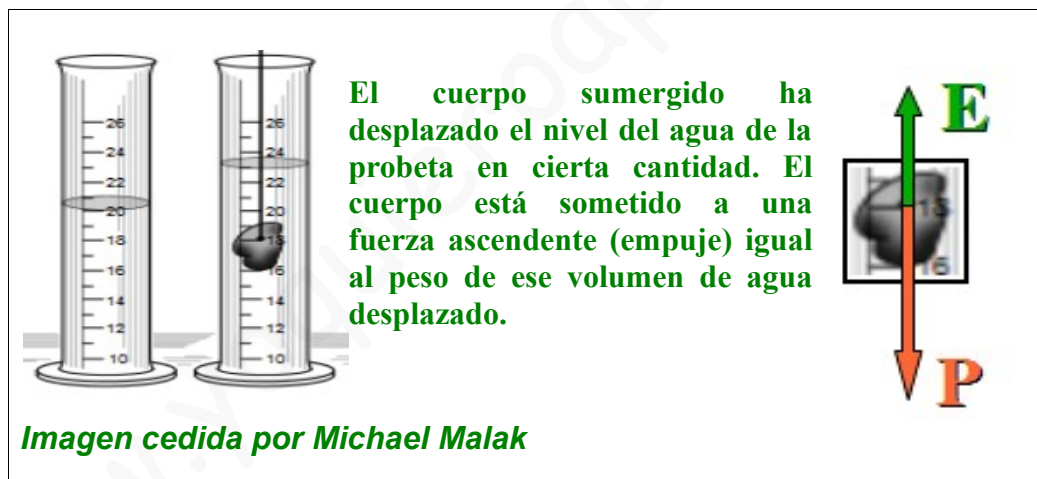
## 2.2. Principio de Arquímedes. Empuje



**Arquímedes de Siracusa** (Sicilia) vivió desde el 287 a. C. hasta 212 a.C. Fue un matemático, físico, ingeniero, inventor y astrónomo griego. Aunque se conocen pocos detalles de su vida, es considerado uno de los científicos más importantes de la antigüedad clásica. Entre sus avances en diferentes disciplinas de física, como estática y la explicación del principio de la palanca, se encuentran sus fundamentos en hidrostática y en particular el denominado Principio de Arquímedes.

**Arquímedes pensativo. Óleo sobre tela del pintor Domenico Fetti (1620). Imagen de dominio público**

El Principio de Arquímedes es un principio físico que afirma que: «Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe una fuerza de abajo hacia arriba (ascendente) igual al peso del volumen del fluido que desaloja». Esta fuerza recibe el nombre de **empuje** hidrostático o de Arquímedes.



Como se observa en la imagen anterior, el cuerpo que se sumerge en el agua de la probeta está sometido, por un lado, a la fuerza de atracción gravitatoria terrestre, es decir, su peso, y por otro lado está sometido a la fuerza que ejerce el peso de agua que ha desalojado al sumergirse en ella, el **empuje**, como se desprende del Principio de Arquímedes.

## Arquímedes y la corona de Hierón

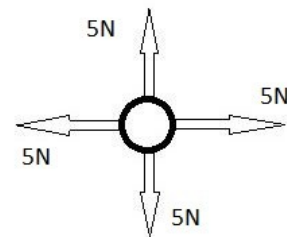
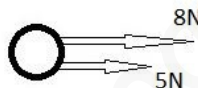
Hierón II ordenó la fabricación de una nueva corona con forma de corona triunfal, y le pidió a Arquímedes determinar si la corona estaba hecha solo de oro o si, por el contrario, un orfebre deshonesto le había agregado plata en su realización. Mientras tomaba un baño, Arquímedes notó que el nivel de agua subía en la bañera cuando entraba, y así se dio cuenta de que ese efecto podría ser usado para determinar el volumen de la corona. Debido a que el agua no se puede comprimir, la corona, al ser sumergida, desplazaría una cantidad de agua igual a su propio volumen. Al dividir el peso de la corona por el volumen de agua desplazada se podría obtener la densidad de la corona. La densidad de la corona sería menor que la densidad del oro si otros metales menos densos le hubieran sido añadidos. Cuando Arquímedes, durante el baño, se dio cuenta del descubrimiento, se dice que salió corriendo desnudo por las calles, y que estaba tan emocionado por su hallazgo que olvidó vestirse. Según el relato, en la calle gritaba "**Eureka!**" (en griego antiguo: "εὕρηκα" que significa "¡Lo he encontrado!")

Sin embargo, la historia de la corona dorada no aparece en los trabajos conocidos de Arquímedes. Además, se ha dudado que el método que describe la historia fuera factible, debido a que habría requerido un nivel de exactitud extremo para medir el volumen de agua desplazada. (fuente: Wikipedia)

### 3.Actividades

#### FUERZA

1. Define fuerza, los tipos de fuerza y su unidad en el Sistema Internacional.
2. ¿Qué efectos pueden producir las fuerzas?
3. ¿Qué diferencia hay entre un material elástico y uno plástico? Clasifica los siguientes materiales según sean de un tipo u otro:  
Plastilina, goma, folio, chicle, muelle, esponja, arcilla.
4. ¿Qué dice la primera ley de Newton?
5. ¿Cuándo decimos que un cuerpo está en equilibrio?
6. En los siguientes esquemas, ¿qué efectos producirá la resultante de las fuerzas?



7. ¿Cuándo decimos que un cuerpo tiene una situación de equilibrio estable o inestable? Pon ejemplos.
8. Como hemos visto, según la 2ª Ley de Newton:

$$F = m \cdot a$$

Trata de resolver los siguientes problemas.

- a) Si un cuerpo de 500g tiene una aceleración de  $7\text{m/s}^2$  ¿qué fuerza se aplicó?
  - b) Sobre un cuerpo de masa 10 kg se aplica una fuerza de 20N ¿Qué aceleración adquiere?
  - c) A un cuerpo que se le ha aplicado una fuerza de 400N ha adquirido una aceleración de  $2\text{m/s}^2$  ¿Qué masa tiene dicho cuerpo?
9. Explica qué es el peso. Qué relación existe entre la masa, el peso y la gravedad. Cómo se mide el peso y cuál es su unidad en el Sistema Internacional.
  10. Una persona que tiene una masa de 60 kg, ¿qué peso en N tendrá en la Tierra,

en la Luna y en Marte?

$$(Tierra g = 9.8 \text{ m/s}^2 \quad Luna g = 1,67 \text{ m/s}^2 \quad Marte g = 3,72 \text{ m/s}^2)$$

11. Un astronauta pesa en Marte 298N. ¿Cuál es su masa?

12. Un cuerpo tiene una masa de 502g. ¿Cuál será su peso en N y en kp?

### PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

1. Escribe el principio de Arquímedes.
2. ¿Qué entendemos por empuje hidrostático?
3. En la fórmula del empuje, ¿con qué magnitudes se corresponde cada letra?

$$E = V \cdot d_l \cdot g$$

4. Sumergimos en agua un cuerpo de  $1,5 \text{ dm}^3$  de volumen. ¿Qué empuje experimenta?

5. Intenta explicar por qué unos cuerpos flotan en un líquido y otros no relacionando el peso y el empuje.

6. Piensa en un barco que navega por un río y pasa al mar por la desembocadura. ¿Qué crees que le ocurre a su línea de flotación? Justifica tu respuesta.

### INVESTIGACIÓN

1. Averigua cómo se llama el aparato que se utiliza para medir fuerzas y en qué consiste.

2. Las básculas son dinamómetros adaptados que nos dan nuestro peso en kilopondios (kp), que coincide con el valor de nuestra masa en kg. Trata de establecer una relación entre N y kp.

3. Busca información sobre Isaac Newton y su contribución a la Física.

## **4. Enlaces de interés**

---

- [Fuerzas](#). Vídeo de 3 minutos que repasa los aspectos fundamentales del tema.
- [Cómo actúan las fuerzas físicas](#). Otra visión diferente.
- [Caída de los cuerpos](#) (Luna). Un astronauta deja caer al mismo tiempo un martillo y una pluma en la luna. ¿Qué crees que ocurrirá?
- [Caída de los cuerpos](#) (Tierra). El mismo fenómeno pero en la Tierra. Eso sí, eliminando el efecto del aire. Si quieres ampliar tus conocimientos puedes ver algún episodio de [El Universo Mecánico](#) (“2. [Caída de los cuerpos](#)” o “8. [La manzana y la Luna](#)”), aunque seguramente resultarán muy complicados para ti, por ahora.
- [¿Por qué flota un barco? Principio de Arquímedes](#).