

## Tema 5: Las fuerzas y el movimiento.



¡¡Vamos a aprender todas estas cosas!!

- 1.- LA MATERIA EN MOVIMIENTO.
- 2.- EL MOVIMIENTO.
- 3.- TIPOS DE MOVIMIENTOS RECTILÍNEOS.
- 4.- LA FUERZA.
- 5.- LA LEY DE LA INERCIA.
- 6.- LA FUERZA DE ROZAMIENTO.
- 7.- LA LEY GRAVITACIONAL UNIVERSAL.

**He descubierto que todo el malestar de los hombres deriva de una sola cosa: no saber permanecer en reposo en una habitación**

**Blaise Pascal**

## 1.- LA MATERIA EN MOVIMIENTO.

Si miras a tu alrededor puedes observar que todo se mueve en la naturaleza. Podemos contemplar el movimiento de los árboles, el movimiento de las olas del mar, el de los seres vivos y de los aparatos construidos por el hombre para desplazarse a gran velocidad. Pero existen otros movimientos de gran importancia que somos incapaces de percibir, como el movimiento de los átomos y las moléculas. Por ejemplo, si observamos un vaso con agua encima de una mesa seguramente diremos que el agua no se mueve, pero sin embargo las moléculas del agua están moviéndose constantemente, pero no sólo eso, el vaso se encuentra en la tierra, y ésta gira sobre sí misma y se traslada alrededor del sol, que también se mueve.



Pues bien, la observación y el estudio de los movimientos ha atraído la atención del hombre desde tiempos remotos, siendo durante siglos una de las principales tareas de la comunidad científica. Así, observaron los movimientos de los cuerpos y especularon sobre sus características, pero sin embargo, el estudio propiamente científico del movimiento se inicia con **Galileo Galilei cuyo trabajo permitió describir de un modo riguroso y con la ayuda de las matemáticas los movimientos producidos por la acción del peso.**

## 2.- EL MOVIMIENTO.

Ya sabemos que constantemente se producen cambios en la naturaleza, pues a todos estos cambios se les conoce como **fenómenos naturales** y el más elemental de todos es el **movimiento**, que se define como el cambio de posición de un cuerpo al transcurrir un tiempo. Al cuerpo material que se mueve lo llamamos **móvil**.

*“La ciencia que se encarga de investigar el movimiento es la Física, y la parte de ésta que lo estudia es la Cinemática.”*

### Sistema de referencia.

Fíjate en esta imagen, el hombre está sentado dentro del automóvil en marcha, pero ¿está en reposo o en movimiento?



El hombre sentado en el coche está circulando y no cambia su posición respecto al asiento del coche, a las puertas...etc. Pero por el contrario, su posición sí que cambia respecto a los árboles. Por tanto, la respuesta correcta a esta pregunta sería **que está en reposo respecto al coche y en movimiento respecto a los árboles.**

Para expresar el movimiento siempre ha de considerarse en relación con algún cuerpo, por ello se dice que **el movimiento y el reposo son relativos**, por lo que para poder describir correctamente cualquier movimiento debemos escoger primero el **sistema de referencia** apropiado.

En el ejemplo anterior, en el que decimos que el hombre no se mueve en relación al coche, estamos tomando el coche como sistema de referencia. Y cuando decíamos que se mueve respecto a los árboles, el sistema de referencia es la carretera.

**Con esto podemos decir que, un cuerpo se mueve cuando cambia su posición con relación a un sistema de referencia.**

## Trayectoria y desplazamiento.

Se denomina **trayectoria** al conjunto de puntos por los que pasa un móvil al realizar un movimiento. Dependiendo del tipo de trayectoria que coja un móvil, los movimientos se pueden clasificar en:

- ⇒ **Rectilíneos**, si su trayectoria es recta. Por ejemplo el tren cuando circula por una vía recta.
- ⇒ **Curvilíneos**, si su trayectoria es una curva. Por ejemplo el movimiento de un CD que gira en el reproductor. Entre los movimientos curvilíneos hay que destacar:
  - El **movimiento circular**, cuya trayectoria es un círculo.
  - El **movimiento parabólico**, cuya trayectoria es una curva llamada parábola.

Ya hemos visto que el movimiento consiste en el cambio de posición respecto a un sistema de referencia, pero además, podemos ir de una posición a otra por diferentes caminos. Fíjate en el gráfico:



Para ir del punto A al punto B hay dos trayectorias posibles, pero un solo **desplazamiento**, ya que a éste se le denomina como la distancia en línea recta que separa la posición inicial de la final del recorrido.

El espacio que el cuerpo recorre del punto A al punto B coincide numéricamente con el desplazamiento únicamente si la trayectoria que recorre el cuerpo es rectilínea y lleva siempre el mismo sentido.

## Magnitudes relacionadas con el movimiento.

⇒ **La Velocidad** en física decimos que la **velocidad** es aquella magnitud física que relaciona el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo. Podemos encontrar dos tipos de velocidades: la velocidad media y la velocidad instantánea.

1. **La Velocidad Media**: es la velocidad que lleva un móvil en su desplazamiento durante un intervalo de tiempo dado.

Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$V = \frac{e}{t} \text{ m/s (Unidad del Sistema Internacional de Medida)}$$

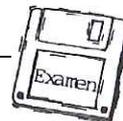
Donde:

- **e**, es el espacio que recorre y se mide en metros.
- **t**, es el tiempo empleado y se mide en segundos.

Veamos un ejemplo:

**Imagina que un móvil se desplaza 20 metros en 10 segundos, entonces decimos que su velocidad media en ese intervalo de tiempo ha sido de:**

$$V = \frac{e}{t} = \frac{20}{10} = 2 \text{ m/s} \quad \text{La velocidad media del móvil es de } 2 \text{ m/s.}$$



Además, la velocidad es una magnitud vectorial, es decir que además de conocer la rapidez en la que se mueve un móvil también nos especifica la dirección y sentido del movimiento.

2. **La velocidad instantánea:** es la velocidad que lleva un móvil en un instante determinado. Es aquella que marca el velocímetro en cada momento y también se denomina rapidez.

Para el cálculo de los problemas de velocidad, es muy importante conocer el cambio de medidas de km/h a m/s y viceversa. Vamos a ver como se hace:

- **Pasar km/h a m/s: Se puede obtener dividiendo por 3,6.**

$$72 \text{ km/h} = \frac{72 \cdot 1000 \text{ m} \cdot 1 \text{ h}}{1 \text{ km} \cdot 3.600 \text{ s}} = \frac{72.000}{3.600} = 20 \text{ m/s} \quad \rightarrow \quad \text{m/s} = \frac{72}{3,6} = 20 \text{ m/s}$$

- **Pasar de m/s a km/h: se puede obtener multiplicando por 3,6.**

$$25 \text{ m/s} = \frac{25 \cdot 1000 \text{ m} \cdot 3.600 \text{ sg}}{1000 \text{ m} \cdot 1 \text{ h}} = \frac{90.000}{1.000} = 90 \text{ km/h} \quad \rightarrow \quad \text{km/h} = 25 \text{ m/s} \cdot 3,6 = 90 \text{ km/h}$$

## Ejercicios

1.- Si hemos tardado 3 horas en recorrer 180 km. ¿Cuál ha sido la velocidad a la que hemos circulado?

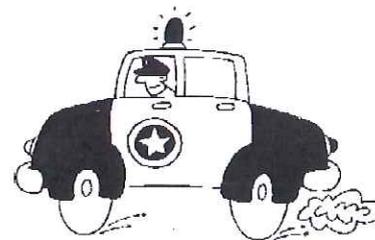
$$v = \frac{e}{t} = \frac{180 \text{ km}}{3 \text{ h}} = 60 \text{ km/h}$$

2.- ¿Cuánto tardaremos en recorrer 72 km a una velocidad de 18 km/h?

$$t = \frac{e}{v} = \frac{72 \text{ km}}{18 \text{ km/h}} = 4 \text{ h}$$

## ⇒ LA ACELERACIÓN

La velocidad de un cuerpo que se está moviendo puede variar más o menos rápido. Para medir esa variación de la velocidad se utiliza una magnitud llamada aceleración que indica cómo cambia la velocidad en una unidad de tiempo. Es decir la **aceleración** es la magnitud física que relaciona los cambios de velocidad con el tiempo empleado.



Puesto que la aceleración relaciona los cambios de la velocidad con el tiempo en el que se producen, también se pueden medir cómo de rápidos son los cambios de velocidad:

1. Una **aceleración grande** significa que la velocidad cambia rápidamente.
2. Una **aceleración pequeña** significa que la velocidad cambia lentamente.
3. Una **aceleración cero** significa que la velocidad no cambia.

La aceleración se expresa con la siguiente fórmula:

$$a = \frac{v_f - v_o}{t} \text{ m/s}^2 \text{ (Unidad del Sistema Internacional de Medida)}$$

Donde:

- $v_f$ , es la velocidad final y se mide en m/s.
- $v_o$ , la velocidad inicial y se mide en m/s.
- $t$ , es el tiempo y se mide en segundos.

### El signo de la aceleración

- Si un móvil en movimiento incrementa su velocidad, decimos que acelera, entonces su aceleración es de signo **positivo**.
- Si un móvil en movimiento disminuye su velocidad, decimos que frena, entonces su aceleración es de signo **negativo**.

Vamos a ver los ejemplos.

### ACELERACIÓN POSITIVA

Calcula la aceleración de un móvil que parte del reposo y alcanza la velocidad de 10m/s en 2 segundos.

$$a = \frac{v_f - v_o}{t} = \frac{10 - 0}{2} = 5 \text{ m/s}^2$$

La aceleración del móvil es de 5 m/s<sup>2</sup>

### ACELERACIÓN NEGATIVA

Calcula la aceleración de un móvil que circula a 20m/s y se detiene en 4 segundos

$$a = \frac{v_f - v_o}{t} = \frac{0 - 20}{4} = -5 \text{ m/s}^2$$

La aceleración del móvil es de -5 m/s<sup>2</sup>

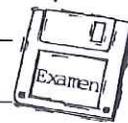
## 3.- TIPOS DE MOVIMIENTOS RECTILÍNEOS.

Dentro de los movimientos rectilíneos y en función de la aceleración podemos clasificarlos en:

- ⇒ **Movimiento Rectilíneo Uniforme (M.R.U):** se llama uniforme porque su velocidad es constante y su trayectoria rectilínea. Esto significa que la velocidad media en un intervalo de tiempo tiene el mismo valor sean cuales sean dichos intervalos de tiempo. Por tanto, la velocidad media coincide con la velocidad instantánea. Como la velocidad no cambia en el intervalo de tiempo eso significa que la aceleración es **cero** y recorre el mismo espacio en el mismo tiempo.

Para calcular la posición de un móvil o su espacio recorrido que lleva un **M.R.U.**, debemos utilizar la siguiente ecuación:

•  $e = e_0 + v \cdot t$  metros (m) (Unidad del Sistema Internacional de Medida)

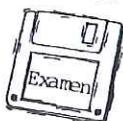


Donde:

- $e$ , es el espacio total y se mide en metros.
- $e_0$ , es el espacio inicial y se mide en metros.
- $V$ , es la velocidad y se mide en m/s.
- $t$ , es el tiempo y se mide en segundos.

A la hora de representar gráficamente este movimiento puede hacerse de dos formas:

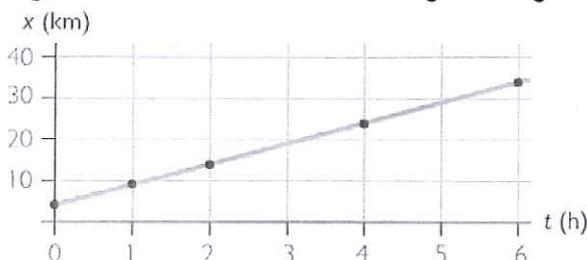
1. **Gráfica Posición-Tiempo:** se representa gráficamente el espacio recorrido en función del tiempo, obteniéndose una línea recta que presentará mayor inclinación cuanto mayor velocidad lleve el móvil. Veamos un ejemplo:



Los siguientes datos pertenecen a una motocicleta que lleva una velocidad de 5 km/h:

|               |   |   |    |    |    |
|---------------|---|---|----|----|----|
| Posición (km) | 4 | 9 | 14 | 24 | 34 |
| Tiempo (h)    | 0 | 1 | 2  | 4  | 6  |

Si los representamos gráficamente obtenemos la siguiente gráfica:



Sabemos que la posición inicial es el kilómetro 4, pues ahora vamos a comprobar que esta velocidad tiene el mismo valor en todos los intervalos de tiempo aplicamos la fórmula del M.R.U. Veamos por ejemplo la hora 1 y 2:

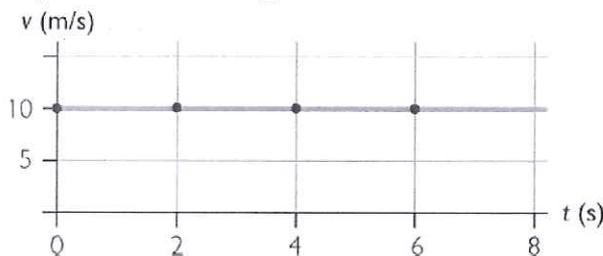
- **Hora 1:**  $9 = 4 + v \cdot 1 = v = 5 \text{ km/h}$
- **Hora 2:**  $14 = 4 + v \cdot 2 = v = \frac{10}{2} = 5 \text{ km/h...ETC.}$

2. **Gráfica Velocidad-Tiempo:** se representa gráficamente la velocidad del móvil en función del tiempo obteniéndose una línea recta horizontal, que indicará que la velocidad es constante.

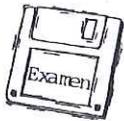
Los siguientes datos pertenecen a una bici que lleva una velocidad de 10 m/s:

|         |    |    |    |    |
|---------|----|----|----|----|
| t (s)   | 0  | 2  | 4  | 6  |
| x (m)   | 10 | 30 | 50 | 70 |
| v (m/s) | 10 | 10 | 10 | 10 |

Al representar los datos quedaría de la siguiente manera:



El resultado es una línea recta horizontal que indica que la velocidad es la misma durante todo el intervalo de tiempo.



⇒ **Movimiento Rectilíneo Uniforme Variado (M.R.U.V):** este se produce cuando un móvil se mueve en una trayectoria rectilínea con una aceleración constante, por lo que la velocidad cambia a lo largo del trayecto. En función del signo de la aceleración podemos encontrarnos con dos tipos de movimientos:

- Si la velocidad del móvil aumenta es decir ( $v_f > v_o$ ), la aceleración es de signo positivo y se trata de un **Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (M.R.U.A)**.
- Si la velocidad del móvil disminuye es decir ( $v_f < v_o$ ), la aceleración es de signo negativo y se trata de un **Movimiento Rectilíneo Uniformemente Retardado. (M.R.U.R)**. También son conocidos en el lenguaje coloquial como movimientos de frenado.

Para calcular el espacio recorrido y la velocidad que lleva un móvil con M.R.U.V debemos utilizar las siguientes ecuaciones y sustituir en ellas los datos:

### VELOCIDAD

$$\bullet \quad v_f = v_o + a \cdot t \quad \text{m/s (Unidad del Sistema Internacional de Medida)}$$

Donde:

- $v_f$ , es la velocidad final y se mide en m/s.
- $v_o$ , es la velocidad inicial y se mide en m/s.
- $a$ , es la aceleración y se mide en  $\text{m/s}^2$ .
- $t$ , es el tiempo y se mide en segundos.



### ESPACIO

$$\bullet \quad e = v_o \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \text{metros (m) (Unidad del Sistema Internacional de Medida)}$$

Donde:

- $v_o$ , es la velocidad inicial y se mide en m/s.
- $a$ , es la aceleración y se mide en  $\text{m/s}^2$ .
- $t$ , es el tiempo y se mide en segundos.



Veamos este ejemplo:

**Calcula la velocidad final y el espacio que recorre un móvil que circula a 90 km/h y toma una aceleración de 12  $\text{m/s}^2$  durante 5 s.**

En primer lugar pasamos la velocidad a m/s. Para ello dividimos por 3,6.

$$v_o = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

Calculamos la velocidad:

$$v_f = v_o + a \cdot t = 25 + 12 \cdot 5 = 85 \text{ m/s}$$

La velocidad del móvil es de 85 m/s

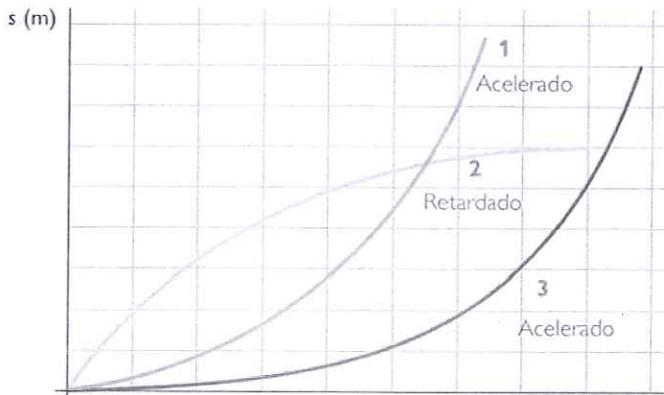
Calculamos el espacio:

$$e = v_o \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 25 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 5^2 = 125 + 150 = 275 \text{ m}$$

El móvil recorre un espacio de 275 metros

A la hora de representar gráficamente este movimiento puede hacerse de dos formas:

- 1. Gráfica Posición-Tiempo:** en estas gráficas representamos el espacio que recorre un móvil que no lleva una velocidad constante, es decir, que no recorre el mismo espacio con el mismo tiempo. No se obtiene una línea recta sino una parábola.



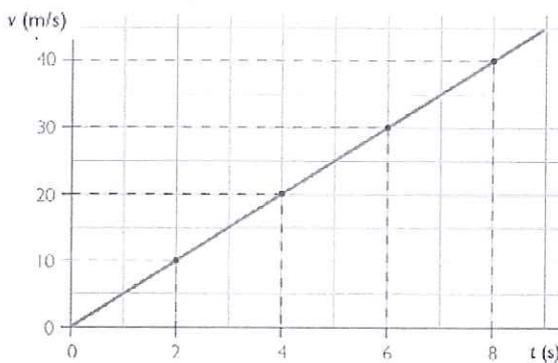
M.R.U.A: tiene  $a > 0 \text{ m/s}^2$

**Parábola ascendente**

M.R.U.R: tiene  $a < 0 \text{ m/s}^2$

**Parábola descendente**

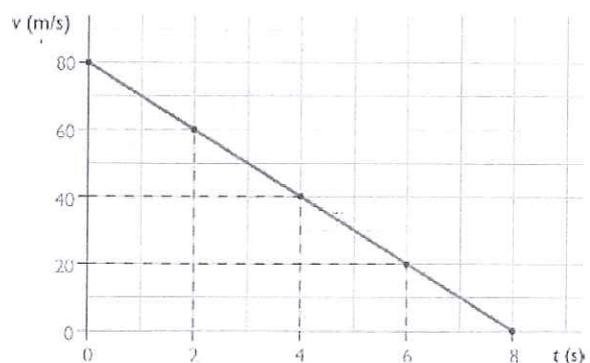
- 2. Gráfica Velocidad-Tiempo:** en estas gráficas representamos la velocidad que lleva un móvil en cada instante, en función del signo de la aceleración y por tanto de mayor o menor velocidad, obtendremos dos tipos de gráficas:



M.R.U.A: tiene  $a > 0 \text{ m/s}^2$

**Línea ascendente**

**Aceleración Positiva**



M.R.U.R: tiene  $a < 0 \text{ m/s}^2$

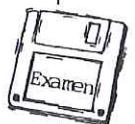
**Línea descendente**

**Aceleración negativa**

Cuanto **mayor pendiente** tenga la recta de la gráfica más aceleración tiene el movimiento.

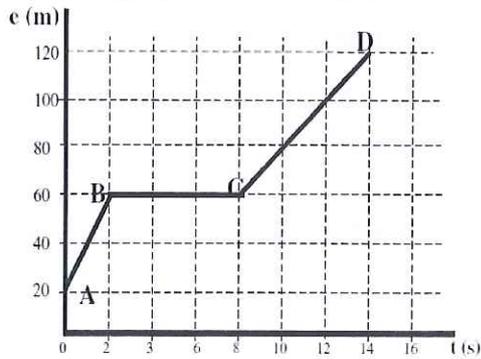
### Ejercicios

- 3.- Un ciclista que circula a una velocidad de 15 m/s para su bicicleta en 5 segundos. ¿Qué espacio habrá recorrido durante la frenada?**



4.- La siguiente gráfica describe el espacio recorrido por un cuerpo a medida que transcurre el tiempo, obsérvala detenidamente y responde a las siguientes preguntas:

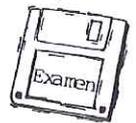
- Calcula la velocidad correspondiente a los tramos AB y CD.
- ¿Qué ocurre en el tramo BC?
- Calcula la velocidad media.



5.- Un coche parte del reposo y acelera hasta alcanzar una velocidad de 72 km/h en 4 segundos.

Averigua:

- La aceleración del vehículo.
- El espacio total recorrido.



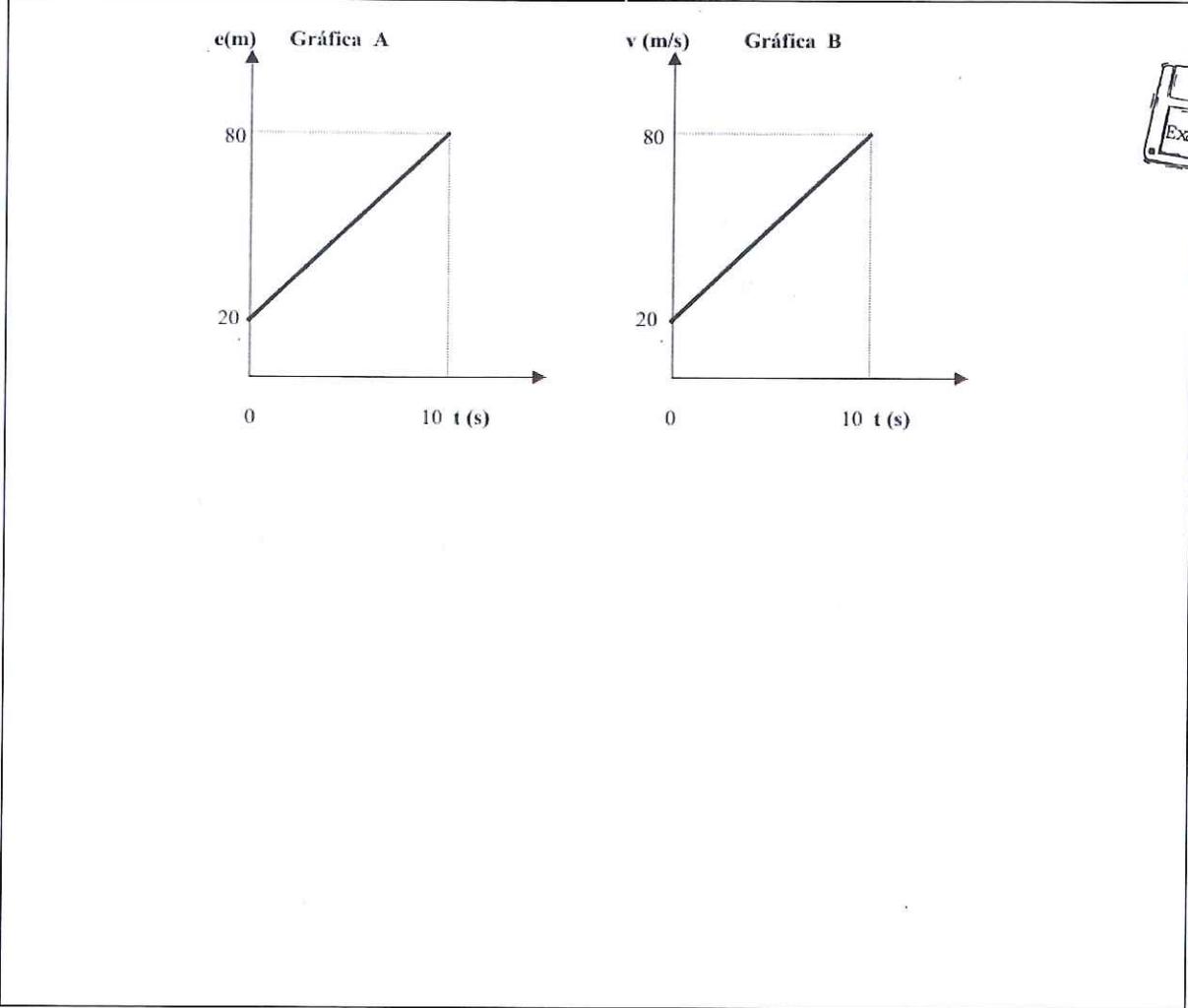
6.- Un motorista que viaja a 20 m/s disminuye su velocidad a razón de 3 m/s cada segundo.

- ¿Cuál es su aceleración?
- ¿Cuántos metros recorre hasta que se para?



7.- A la vista de las siguientes gráficas responde a las preguntas:

- a) Tipo de movimiento en la gráfica A.
- b) Espacio recorrido en la gráfica A.
- Aceleración del movimiento de la gráfica A.
- Tipo de movimiento en la gráfica B.
- Aceleración de la gráfica B.



8.- ¿Quién va más rápido? Razónalo

- a) Una abeja que recorre en línea recta 2 metros en 1 segundo.
- b) Un hombre que recorre 100 metros en 1 minuto

Blank area for the answer to question 8.



## 4.- LA FUERZA.

Como sabemos, los cuerpos que están en reposo, pueden en cualquier momento ponerse en movimiento y los que están en movimiento, pueden detenerse o cambiar de trayectoria. La pregunta para plantearse es, **¿de qué forma se modifica la velocidad de los cuerpos?**



Lo que nos planteamos con esta pregunta es: ¿a que es debido que un cuerpo que esté en reposo se ponga en movimiento y otro cuerpo que este en movimiento se detenga?

La explicación está en la fuerzas que actúan sobre los cuerpos materiales, por ejemplo, si vamos a lanzar un penalti y poner el balón en movimiento es necesario que sobre él actúe una fuerza, que es la que aplica nuestro pie, pero también el portero realiza una fuerza para detener el movimiento de la pelota.

Por tanto, podemos decir que los **efectos de una fuerza** son la producción del movimiento o la interrupción de este.

Imagina ahora un muelle de un bolígrafo, el muelle se trata de de un cuerpo elástico, por tanto, si se le aplica una fuerza el muelle no modifica su velocidad, pero si se produce una deformación en él, que desaparecerá en el momento que no le ejerzamos fuerza.

En resumen, podríamos decir que, en física:

*“La fuerza se define como la causa capaz de deformar un cuerpo o cambiar su estado de reposo o movimiento, y la rama de la física que estudia el movimiento en relación con la causa es la **dinámica**.”*

### Tipos de fuerzas

Las fuerzas pueden clasificarse en función de la forma en que interactúan los cuerpos:

- ⇒ **Fuerza de interacción por contacto:** los cuerpos deben estar en contacto para ejercerlas y para recibir su efecto. Por ejemplo: cuando nos apoyamos en una pared, empujamos un coche en doble fila, escribimos,..etc. Son fuerzas de interacción por contacto: la fuerza normal, empuje, tensión, rozamiento, elástica, etc.
- ⇒ **Fuerza de de interacción a distancia:** los cuerpos no necesariamente deben estar tocándose para ejercer y recibir su efecto. Por ejemplo: cuando cae un cuerpo, un imán atrae a un alfiler, etc. Son fuerzas de interacción a distancia: la fuerza gravitatoria, eléctrica, magnética...

## 5.- LA LEY DE LA INERCIA.

### 1.- Principio de la Inercia (1ª ley de Newton).

Al inicio del tema, hemos estado hablando del movimiento, su trayectoria, velocidad y aceleración, sin ocuparnos de cuáles son las causas que lo producían. Ahora acabamos de ver que el movimiento es uno de los efectos de las fuerzas. A esto hay que añadir que los cuerpos materiales ofrecen una resistencia a que las fuerzas externas les cambien su estado de reposo o de movimiento. Esta resistencia es mayor cuando la masa del cuerpo es más grande y se denomina **Inercia**.

Según el Principio de la Inercia o Primera Ley de Newton:

*“Todo cuerpo permanece en reposo o con velocidad constante, sino existe ninguna fuerza neta que actúe sobre él que le haga variar su estado.”*

Las conclusiones más importantes del Principio de la Inercia Son:

- Para que un cuerpo en reposo se ponga en movimiento hay que aplicar una fuerza.
- Si un cuerpo se desplaza a una velocidad constante continuará haciéndolo indefinidamente a no ser que se le aplique una fuerza.



Por ejemplo, cuando intentamos mover un coche que está en doble fila, tenemos que aplicarle una fuerza que es tanto mayor cuanto mayor sea su masa (*primera conclusión*) y este coche seguiría moviéndose indefinidamente por una superficie horizontal a no ser que se le aplique una fuerza para detenerlo (*segunda conclusión*).

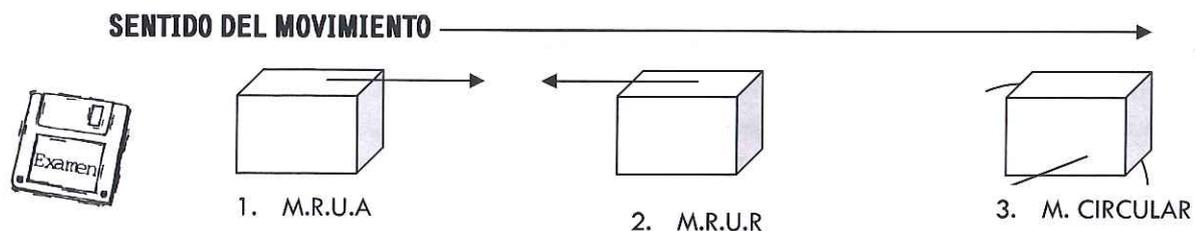
⇒ **Fuerza neta y movimiento:**

Si conocemos la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo rígido podremos predecir el tipo de movimiento que llevará, la trayectoria, la velocidad, la aceleración...etc.,

- Cuando no se ejerce una fuerza neta sobre el cuerpo, la velocidad no cambia, es decir, si está quieto permanece quieto y si se está moviendo continúa con la misma velocidad, es decir lleva un movimiento rectilíneo uniforme.
- Cuando se ejerce una fuerza sobre el cuerpo, cambia la velocidad.

En este segundo caso, en función de la dirección en la que actúe la fuerza podemos encontrar tres tipos de cambios:

1. Si la **fuerza neta actúa en el sentido del movimiento la velocidad aumenta** y por tanto se produce aceleración positiva. Es decir lleva un M.R.U.A.
2. Si la **fuerza neta actúa en sentido contrario al movimiento la velocidad disminuye** y por tanto se produce una aceleración negativa o frenado. Es decir lleva un M.R.U.R.
3. Si la **fuerza neta actúa en dirección perpendicular al movimiento**, tiene lugar un cambio en la dirección de la velocidad, la trayectoria ya no es rectilínea, produciéndose un movimiento circular.



## 2.- Principio Fundamental de la Dinámica (2ª ley de Newton).

De la Ley de la Inercia podemos deducir que si sobre un cuerpo actúa una fuerza, este cambia su velocidad, es decir, adquiere una aceleración y cuanto mayor sea la fuerza que se le aplica al cuerpo más velocidad toma éste y en menos tiempo.

**El Principio Fundamental de la Dinámica:**

“La relación que hay entre la fuerza aplicada y la aceleración que adquiere un cuerpo se”  
expresa mediante la 2ª ley de Newton.

Se expresa matemáticamente:

- $F = m \cdot a$  **Newton (Unidad del Sistema Internacional de Medida)**

Donde:

- $F$ , es la fuerza ejercida sobre el cuerpo y se mide en Newtons.
- $m$ , es la masa del cuerpo y se mide en kg.
- $a$ , es la aceleración y se mide en  $m/s^2$ .

Veamos este ejemplo:

Calcula la fuerza que se le ha aplicado a un móvil para que alcance una aceleración de  $5m/s^2$  si tiene una masa de 12kg.

Hay que calcular la fuerza multiplicando la masa en kilos por la aceleración:

$$F = m \cdot a = 12 \cdot 5 = 60 \text{ N}$$

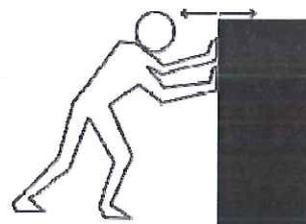
La fuerza que hay que aplicar es de 60 Newtons

### 3.- Principio de Acción y Reacción (3ª ley de Newton).

La 3ra Ley de Newton nos explica que:

“Siempre que ejercemos una fuerza sobre un cuerpo material, éste reacciona ejerciendo una fuerza igual en sentido contrario.”

Por ejemplo cuando caminamos hacia adelante, con los pies hacemos fuerza hacia atrás al dar el paso y cuando saltamos hacia arriba, empujamos en el suelo hacia abajo a la hora de saltar...etc.



### 6.- LA FUERZA DE ROZAMIENTO.

Ya sabemos que un cuerpo, por ejemplo, una pelota, que se mueve a una velocidad constante y sobre la que no actúan fuerzas exteriores no continua indefinidamente en el mismo estado como debería según el principio de la inercia, sino que acaba parándose.

También sabemos que la pelota se para antes si se mueve en un suelo de textura rugosa que si lo hace por el suelo pulido. Esto se debe a un tipo de fuerzas llamadas

**Fuerzas de Rozamiento:**

“Cuando un cuerpo se desplaza sobre otro, las dos superficies en contacto ejercen una fuerza de rozamiento mutua de sentido contrario al de su movimiento respecto del otro”.

Además:

- El rozamiento se produce porque las superficies en contacto no están perfectamente pulidas sino que presentan rugosidades.
- El rozamiento está presente en nuestra vida diaria, por ejemplo, no podríamos caminar sin rozamiento sino resbalaríamos constantemente o los clavos no se mantendrían clavados en la pared.

## 7.- LA LEY GRAVITACIONAL UNIVERSAL.

Las leyes de Newton, publicadas en sus principios se basan en los estudios de científicos y astrónomos como Copérnico, Kepler y sobre todo de Galileo Galilei acerca de los movimientos de los cuerpos celestes.

La aplicación de dichas leyes al movimiento de los planetas le llevo a admitir que están sometidos a cierta fuerza, pues de lo contrario la tierra se movería en línea recta y a velocidad constante.

Igualmente ocurriría con la luna, su trayectoria circular alrededor de la tierra sólo podía explicarse por una fuerza que le produciría aceleración hacia la misma.

Según Newton, entre todos los cuerpos que forman el universo existen unas fuerzas de atracción que se llaman **Fuerzas Gravitatorias** y el estudio de dichas fuerzas le llevó a la elaboración de la **Ley de la Gravitación Universal** que dice:



*“Todos los cuerpos del universo se atraen entre sí con una fuerza que es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa”*

Matemáticamente se expresa:

$$F = G \cdot \frac{m \cdot m}{r^2} \quad 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2 \text{ (Unidad del Sistema Internacional de Medida)}$$

Desde esta Ley Gravitacional también se explica el movimiento de la caída libre de los cuerpos, ya que la fuerza que hace que caigan los cuerpos al suelo no es más que la manifestación de la existencia de la fuerza de gravitación universal, donde las masas que se atraen son las del cuerpo que cae y las de la Tierra.

La fuerza con la que la Tierra atrae a los cuerpos se llama **Peso** y en la mayoría de los casos se puede suponer que tiene un valor constante e igual al producto de la masa ( $m$ ) del cuerpo por la aceleración de la gravedad ( $g$ ), cuyo valor es  $9,8 \text{ m/s}^2$  y está dirigida siempre hacia el suelo.

$$F_p = m \cdot g \text{ Newtons (Unidad del Sistema Internacional de Medida)}$$



Donde:

- $F$ , es la fuerza peso y se mide en Newtons.
- $m$ , es la masa del cuerpo y se mide en kg.
- $a$ , es la aceleración y se mide en  $\text{m/s}^2$

El valor de  $g$  (aceleración de la gravedad) depende de la masa, por eso es menor en la superficie lunar que en la terrestre. En la luna el valor  $g$  es igual a  $1,6 \text{ m/s}^2$  mientras que como hemos visto en la tierra es de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

Por ejemplo:

**¿Cuál es el peso de un cuerpo de 64 kg de masa en la Tierra? ¿Y en la luna?**

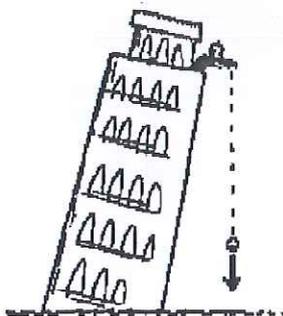
Hay que calcular la fuerza multiplicando la masa en kilos por la gravedad:

$$P_{\text{Tierra}} = m \cdot g = 64 \cdot 9,8 = 627,2 \text{ N}$$

$$P_{\text{Luna}} = m \cdot g = 64 \cdot 1,6 = 102,4 \text{ N}$$



## ¿Qué es la caída libre?



Imagina que estamos a lo alto de la torre de Pisa con un cuerpo material sujeto por la mano, abrimos la mano y lo dejamos caer en libertad. En efecto, el cuerpo empieza a caer con un movimiento que llamamos **Caída Libre**.

Galileo Galilei fue el primero que estudió la caída de los cuerpos desde un punto de vista científico y demostró que la aceleración en la caída es la misma para todos los cuerpos, y que si no hubiera rozamiento, todos los cuerpos, independientemente de su masa, caen igual. Vamos a ver las características:

- ⇒ Es un **M.R.U.A** con velocidad inicial igual a cero.
- ⇒ La **aceleración** que lleva se conoce como gravedad ( $g$ ) y su valor medio en la Tierra es de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .
- ⇒ Las ecuaciones son las mismas que en el **M.R.U.A**, pero cambiando la aceleración por la gravedad y el espacio por la altura. Además hay que quitar la velocidad inicial, puesto que en la caída libre es cero ( $v_0 = 0$ ).

### VELOCIDAD

- $v_f = g \cdot t \text{ m/s}$  (Unidad del Sistema Internacional de Medida)

Donde:

- $v_f$ , es la velocidad final y se mide en m/s.
- $g$ , es la aceleración y se mide en  $\text{m/s}^2$ .
- $t$ , es el tiempo y se mide en segundos.

### ALTURA

- $h = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$  metros (m) (Unidad del Sistema Internacional de Medida)

Donde:

- $h$ , es la altura y se mide en metros.
- $a$ , es la aceleración y se mide en  $\text{m/s}^2$ .
- $t$ , es el tiempo y se mide en segundos.

Por ejemplo:

**¿Qué velocidad y cuántos metros habrá recorrido un objeto en caída libre a los 4 segundos? Cálculo de la velocidad y el espacio a partir del tiempo.**

Recuerda que la gravedad aunque no te la den siempre es de  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Sólo hay que sustituir en las fórmulas:

$$v = g \cdot t = 9,8 \cdot 4 = 39,2 \text{ m/s}$$

La velocidad que lleva el objeto es de  $39,2 \text{ m/s}$

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 4^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 16 = 78,4 \text{ m}$$

El espacio que recorre en la caída libre es de  $78,4 \text{ m}$