

# Física: lo que hay que saber en la ESO y Bachillerato

J. F. G. H. (Master of Mystic Equations, Physics and Chemistry)  
Physmatics Arts





The Strange Doctor/Doctor Strange will teach you Physics/Chemistry... And some bits of Mystic Equations (Arts) as well...

# Índice

<b>1. Física</b>	<b>4</b>
1.1. Introducción	4
1.2. Cinemática	4
1.2.1. Movimiento rectilíneo uniforme(MRU)	5
1.2.2. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado(MRUA)	6
1.3. Dinámica	7
1.4. Energía	9
1.5. Calor y energía térmica	11



# 1. Física

La Física es la Ciencia que estudia todo el Universo, y todos los Universos posibles (Multiverso), sus leyes físicas y químicas, y su descripción de forma matemática. Partes de la Física: Cinemática y Dinámica (Mecánica), Electromagnetismo (Electricidad y Magnetismo), Ondas, Acústica, Física Cuántica, Astronomía y Astrofísica, Cosmología, Física de Altas Energías, Física del Estado Sólido, Física de fluidos, Electrónica, Geofísica, Biofísica,...

## 1.1. Introducción

Entendemos como movimiento el cambio de la posición de un objeto (partícula o sistema) con el tiempo. La parte de la Física que estudia las leyes que rigen este movimiento, y las fuerzas que lo originan, se denomina Mecánica. Existe la Mecánica clásica (Cinemática y Dinámica), la Mecánica de fluidos, la Mecánica celeste, la Mecánica cuántica, ...

La Mecánica se considera dividida a su vez en dos partes: Cinemática (estudia solamente la descripción matemática del movimiento), y la Dinámica (estudia la descripción del movimiento atendiendo a sus causas, que son las fuerzas en Mecánica newtoniana clásica).

Las fuerzas son las causas que producen el movimiento, y son generalmente de dos tipos: fuerzas fundamentales (gravitacional, eléctrica, magnética, nuclear) o a distancia, y fuerzas de contacto o derivadas. Las fuerzas fundamentales se deben a un tipo de característica de la materia(energía) de los sistemas o partículas (masa o energía, carga eléctrica, carga débil, carga de color o carga fuerte). Las fuerzas fundamentales a distancia definen los llamados campos de fuerza básicos del Universo (hoy día entendemos existen en el Universo 4 fuerzas fundamentales: la fuerza gravitacional, la fuerza electromagnética, la fuerza nuclear débil y la fuerza nuclear fuerte). A Energías elevadas, el electromagnetismo o fuerza electromagnética y la fuerza nuclear débil están unificados en una única fuerza llamada fuerza electrodébil. Se cree que a elevadas energías, la fuerza fuerza o incluso la gravitacional están unificadas en una única fuerza (hipótesis de la Gran Unificación, GUT, o de la teoría de campo unificada o del todo, TOE).

Ejemplos de fuerzas de contacto: fuerzas de fricción o rozamiento entre sólidos o fluidos, fuerzas de dilatación o contracción térmica, fuerzas viscosas, fuerzas elásticas, tracciones en sólidos,...

## 1.2. Cinemática

La Cinemática estudia el movimiento sin tener en cuenta las causas (las fuerzas). Los movimientos pueden clasificarse según la trayectoria (camino que recorre un móvil en su movimiento):

- Rectilíneos.
- Curvilíneos (circulares, elípticos, parabólicos, hiperbólicos, sinusoidales, lemniscáticos, ...).

Las magnitudes que permiten estudiar el movimiento son las siguientes:

- Velocidad media. Es el cambio de la posición de un móvil en un intervalo de tiempo, matemáticamente

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0} \quad (1)$$

Las unidades de la velocidad son los m/s en el S.I., aunque se pueden usar otras unidades como los *cm/s*, *km/h*, *m.p.h*(millasporhora), etc.

- Aceleración media. Es el cambio de la velocidad de un móvil en un intervalo de tiempo, matemáticamente

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{\Delta}{\Delta t} \left( \frac{\Delta x}{\Delta t} \right) = \frac{\Delta^2 x}{\Delta t^2} \quad (2)$$

Las unidades habituales de la aceleración son los  $m/s^2$ , aunque también se pueden usar otras unidades como los  $cm/s^2$  ( $1cm/s^2=1gal=1galileo$ ),  $km/h^2$ , etc.

Los movimientos, según exista o no una aceleración no nula, se clasifican en movimientos acelerados o no acelerados. Dentro de los movimientos acelerados, distinguimos entre los que poseen aceleración constante (uniformemente acelerados) y los movimientos variados (movimientos con aceleración no uniforme).

### 1.2.1. Movimiento rectilíneo uniforme(MRU)

Es un movimiento de trayectoria rectilínea y velocidad constante, por lo que la aceleración es cero o nula. Matemáticamente, la descripción del movimiento viene dada por las siguientes ecuaciones:

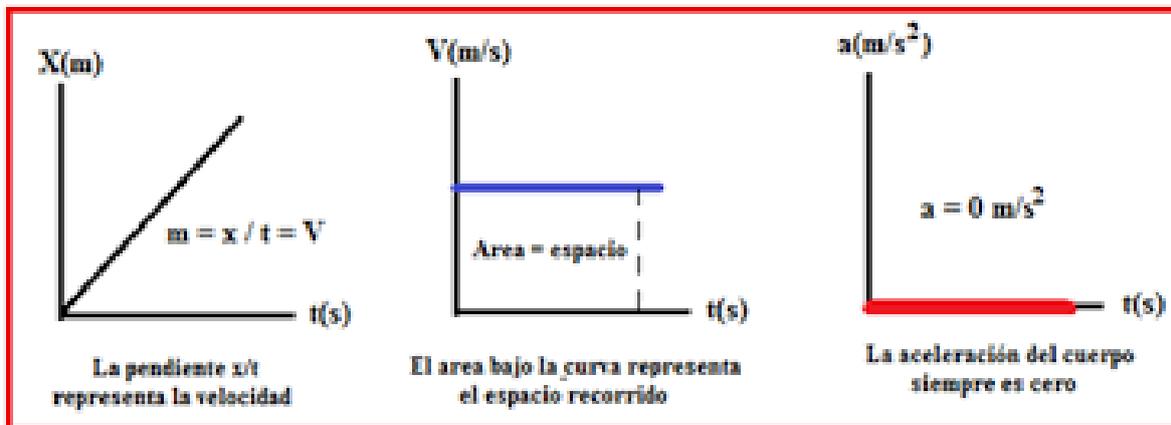
#### MRU

$$a = 0m/s^2 \leftrightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (3)$$

$$v = \text{constante } m/s \quad (4)$$

$$x = x_0 + v(t - t_0) \leftrightarrow \Delta x = v\Delta t \quad (5)$$

Un MRU tiene las siguientes posibles gráficas (no exhaustivas):



### 1.2.2. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado(MRUA)

Es un movimiento con aceleración constante no nula. Matemáticamente, viene descrito por las siguientes ecuaciones:

#### MRUA

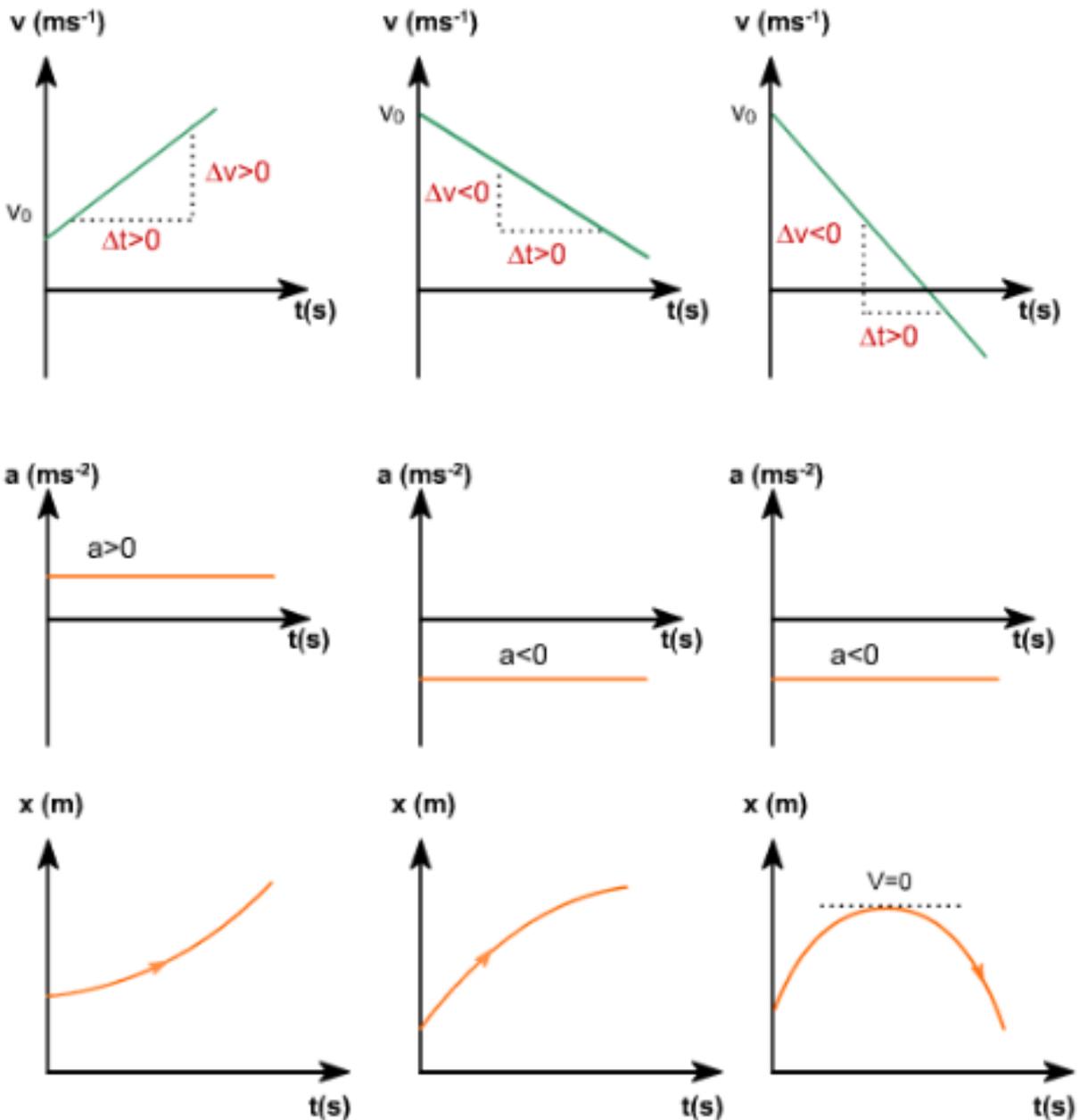
$$a \neq 0, \text{ m/s}^2 \quad a = \text{constante} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (6)$$

$$v = v_0 + a(t - t_0) \leftrightarrow \Delta v = a\Delta t \quad (7)$$

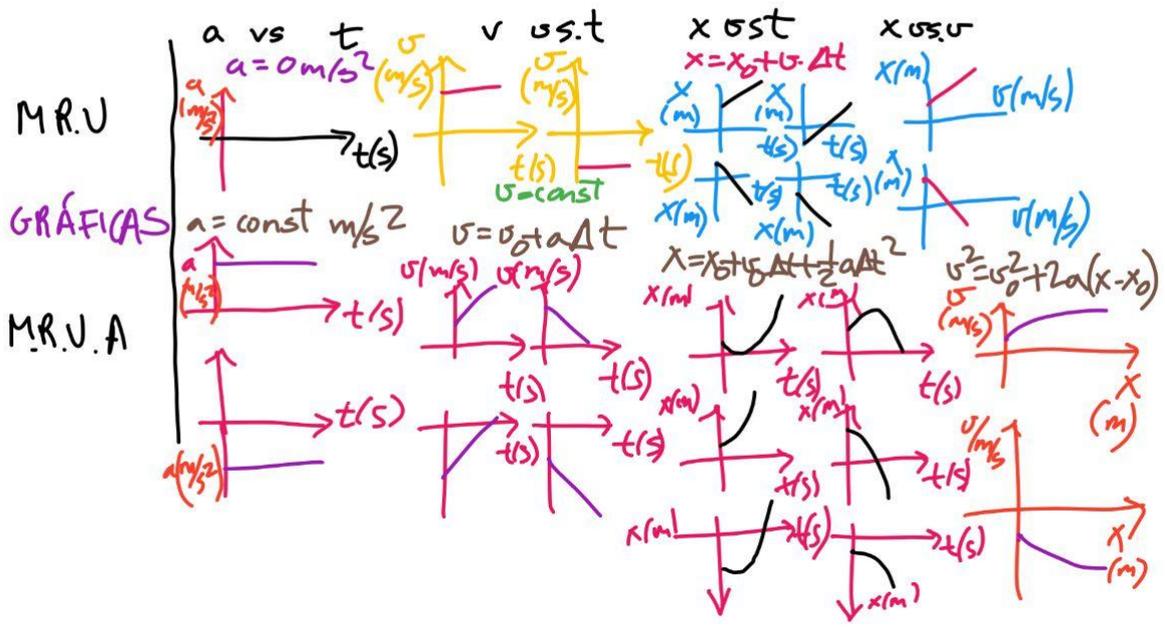
$$x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 \leftrightarrow \Delta x = v_0\Delta t + \frac{1}{2}\Delta t^2 \quad (8)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \leftrightarrow \Delta v^2 = 2a\Delta x \quad (9)$$

Las gráficas del MRUA son las siguientes:



Manuscritas, las gráficas posibles del MRU y MRUA exhaustivas, son las siguientes:



### 1.3. Dinámica

Se llama momento lineal (ímpetu, cantidad de movimiento, impulso) al producto de la masa por la velocidad, matemáticamente

$$p = mv \tag{10}$$

Tiene unidades de  $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = \text{kgm/s}$ . Es una magnitud interesante porque permite definir mejor las fuerzas. La segunda ley de Newton, o ley fundamental de la Dinámica, indica que la suma de fuerzas actuando sobre un objeto (cuerpo, partícula o sistema de partículas) es igual a la variación temporal del impulso, que cuando la masa es constante, equivale al producto de la masa por la aceleración. Matemáticamente:

#### Segunda ley de Newton

$$\sum \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = m\vec{a} \tag{11}$$

Cuando el movimiento es unidimensional, podemos prescindir de la notación de flechas o vectorial, y escribir  $F_t = ma = \Delta p / \Delta t$ .

La flecha indica que es una magnitud vectorial (o dirigida). Una fuerza es una magnitud que no solamente depende de su valor numérico, sino también de la dirección, sentido y punto de aplicación. Estas magnitudes dirigidas se llaman vectores. También son vectores el vector de posición o posición de una partícula  $\vec{r}$ , el desplazamiento  $\Delta \vec{r}$ , la velocidad  $\vec{v}$ , o la aceleración  $\vec{a}$  y el momento  $\vec{p}$ . Las unidades de las fuerzas se llaman newtons en el S.I.. 1 newton equivale a la fuerza que comunicada a una masa de 1 kg, le proporciona una aceleración igual a  $1 \text{ m/s}^2$ .  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Otras unidades de fuerza son las dinas ( $1 \text{ dina} = 1 \text{ g} \cdot 1 \text{ gal} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm/s}^2$ ), o los kilogramos-fuerza (kilopondios):

1kp=9.8N).

Para sumar fuerzas, si son de la misma dirección y sentido se suman sus valores numéricos. Si son de sentidos opuestos se restan, y si son perpendiculares se usa el teorema de Pitágoras. Para un caso que no sea ninguno de estos tres, se usan técnicas de análisis y geometría vectorial. Así:

- $F_t = F_1 + F_2$ , si  $F_1, F_2$  son fuerzas de la misma dirección y sentido.
- $F_t = F_1 - F_2$ , si  $F_1, F_2$  son fuerzas de la misma dirección y sentidos opuestos.
- $F_t = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ , si  $F_1, F_2$  son fuerzas perpendiculares.

Un ejemplo particular importante de fuerza es el peso.

### Peso

Se llama peso a la fuerza con que la Tierra, u otro objeto, atrae los cuerpos a su superficie. Matemáticamente:

$$P = mg \leftrightarrow \vec{P} = m\vec{g} \quad (12)$$

A veces se confunde masa con peso, porque una forma de medir la masa es pesándolo. En la superficie terrestre, supuesta esférica, se tiene que  $g = 9,81m/s^2 \approx 9,8m/s^2 \approx 10m/s^2$  (en el ecuador es  $9.78m/s^2$  y en los polos es  $9.83m/s^2$ ).

El campo gravitacional realmente NO es constante, sino que varía con la distancia a la superficie o al centro de la Tierra. Newton también estableció la llamada ley de gravitación universal:

### Ley de gravitación universal de Newton

Entre 2 masas cualesquiera del Universo, separadas una distancia  $d$ , existe una fuerza atractiva gravitacional universal directamente proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias que separan dichos cuerpos. Matemáticamente:

$$F_N = G_N \frac{Mm}{d^2} \leftrightarrow \vec{F} = -G_N \frac{Mm}{R^2} \vec{u}_r \quad (13)$$

y donde  $G_N = 6,674 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2} = 6,674 \cdot 10^{-11} m^3 \cdot s^{-2} \cdot kg^{-1} (m^3 / (kg \cdot s^2))$ .

Si llamamos campo gravitacional a la fuerza gravitacional newtoniana por unidad de masa, esto produce una definición de campo o aceleración gravitacional:

### Campo gravitacional

Se llama campo gravitacional a la cantidad:

$$\vec{g} = -G_N \frac{M}{R^2} \vec{u}_r \leftrightarrow g = \frac{GM}{R^2} \quad (14)$$

y que tiene unidades de  $N/kg = m/s^2$  (equivalente a una aceleración). Este campo gravitacional, evaluado para la Tierra  $M = M_T = 5,98 \cdot 10^{24} kg$ ,  $R = R_T = 6380 km = 6,38 \cdot 10^6 m$ , produce la aceleración de la gravedad antes mencionada de  $9.8m/s^2$ , aunque es una expresión más general, pues vale para cualquier altura  $R = R_T + h$ .

El hecho de que la masa que aparece en la ley gravitacional, es la misma que la masa que aparece en la segunda ley de Newton es un principio llamado principio de equivalencia. La igualdad de las llamadas masas inerciales y gravitacionales fueron intuitas por Galileo,  $m_i = m_g^A = m_g^P$ , y formalizadas

por Einstein y otros investigadores. La demostración de la equivalencia es un hecho empírico, mientras que su hipótesis es un principio abstracto o axiomático profundo de las leyes físicas del Universo.

Otra ley dinámica es la ley de Coulomb, que versa sobre la fuerza entre cargas puntuales eléctricas:

### Ley de Coulomb

Entre dos cargas eléctricas cualesquiera, separadas una distancia  $d$ , hay una fuerza eléctrica (atractiva o repulsiva según el signo relativo de las cargas) directamente proporcional al producto de cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre cargas. Matemáticamente:

$$\vec{F}_C = K_C \frac{Qq}{R^2} \vec{u}_r \leftrightarrow F_C = K_C \frac{Qq}{d^2} \quad (15)$$

y donde la constante de Coulomb  $K_C = 9 \cdot 10^9 Nm^2 C^{-2}$  se mide experimentalmente. También se puede escribir  $K_C = 1/4\pi\epsilon_0$ , con  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} C^2/Nm^2$ , la permitividad dieléctrica del espacio vacío. El campo eléctrico se define como

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_C}{q} = K_C \frac{Q}{R^2} \vec{u}_r \quad (16)$$

y tiene unidades de  $N/C$

Finalmente, una ley diferente es la llamada ley de Hooke (que también puede modelizar la repulsión cósmica universal) de los cuerpos elásticos:

### Ley de Hooke

Un cuerpo elástico, desplazado una distancia  $\Delta\vec{r}$ , experimenta una fuerza recuperadora igual a

$$\vec{F}_e = -k\Delta\vec{r} \quad (17)$$

donde  $k$  tiene unidades de  $N/m$ . En el caso cósmico el signo es el opuesto, siendo

$$\vec{F}_\Lambda = +\frac{\Lambda M_U c^2}{3} \Delta\vec{R} \quad (18)$$

## 1.4. Energía

El concepto de energía está basado en la noción intuitiva de trabajo, i.e., en la capacidad de una fuerza de desplazar un objeto una determinada distancia. Matemáticamente

### Trabajo y energía

Se llama trabajo a la cantidad

$$W = F\Delta x \quad (19)$$

Las unidades del trabajo son los julios (J) en el S.I.  $1J = 1N \cdot 1m$ . Otras unidades son los ergios  $1erg = 1dina \cdot 1cm$ , los FOE ( $1FOE = 10^{51}erg$ ), los electrón-voltios, los kWh (kilovatios-hora) o las calorías (equivalente térmico del trabajo,  $1cal=4.186J$ ).  $1J = 1kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$ .

La energía asociada al movimiento se llama energía cinética

## Energía cinética

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} \quad (20)$$

donde  $p = mv$ . O bien  $E_c = m(\gamma - 1)c^2$  si la partícula es relativista, con  $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ . La versión no relativista puede obtenerse con un argumento sencillo a partir de la idea de que la energía cinética (o vis viva de Descartes) es la cantidad invariante de un objeto inercial que se mueve según las leyes de Newton:

$$F = ma = 0 \rightarrow m \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = p \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta(p^2/2)}{\Delta t} = 0 \rightarrow \frac{\Delta E_c}{\Delta t} = \frac{\Delta(mv^2/2)}{\Delta t} = 0$$

donde hemos usado que  $\Delta p^2/\Delta t = 2p\Delta p/\Delta t$ . Equivalentemente, se puede demostrar que en general

$$\frac{\Delta E_c}{\Delta t} = \frac{1}{2}2m \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma = F \rightarrow pa = mva = Fv = F \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \mathcal{P}$$

es decir, la variación de la energía cinética respecto del tiempo es la potencia.

Para cuerpos con fuerzas denominadas conservativas, como el peso, o la fuerza eléctrica o la fuerza elástica, cabe definir un concepto denominado energía potencial asociado al cambio de la posición en el campo gravitacional, el campo eléctrico o en el cuerpo elástico. Las energías potenciales gravitacional, eléctrica o elástica son matemáticamente

## Energía potencial gravitacional

$$E_p(g) = -G_N \frac{Mm}{R} \simeq mgh \quad (21)$$

donde la última igualdad supone objetos cercanos a la superficie del objeto.

## Energía potencial eléctrica

$$E_p(el) = K_C \frac{Qq}{R} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} \quad (22)$$

## Energía potencial elástica

$$E_p(e) = \frac{k\Delta x^2}{2} \quad (23)$$

o bien

$$E_p(\lambda) = -\frac{\Lambda M_U c^2 \Delta R^2}{6} \quad (24)$$

Para un sistema con fuerzas conservativas la suma de energías cinéticas y potenciales, llamada energía mecánica, permanece constante.

## Teorema de la energía mecánica

Para un sistema con fuerzas conservativas solamente, la variación de energía mecánica es nula, equivalentemente, la energía mecánica total permanece constante. Matemáticamente:

$$E_m = E_c + E_p = \text{constante} \leftrightarrow \Delta E_m = 0 \leftrightarrow \frac{\Delta E_m}{\Delta t} = 0, \quad (25)$$

Se llama potencia al ritmo de cambio o variación temporal del trabajo o energía por unidad de tiempo:

### Potencia

Se llama potencia a la magnitud:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = Fv \quad (26)$$

Unidades de la potencia: vatios, W, (S.I.).  $1W = 1J/1s$  (1 vatio es 1 julio dividido por 1 segundo).  $1kWh = 3,6MJ$  (1kWh=unidad de energía=kilovatio-hora=3.6megajulios).

## 1.5. Calor y energía térmica

La teoría cinética relaciona temperatura con energía cinética de los constituyentes. Así se define la escala absoluta de temperatura:

$$E_c = \frac{k_B T}{2}$$

por cada grado de libertad, o bien

$$\overline{E_c} = \frac{3k_B T}{2}$$

para 3 grados de libertad en el espacio. Nótese que  $E_c = mv^2/2$  o  $E_c = m(\gamma - 1)c^2$ , según el caso.

Escala de temperatura celsius:  $T(K) = T(^{\circ}C) + 273$ .

Escala de temperatura Fahrenheit:  $\frac{T(^{\circ}C)}{100} = \frac{T(^{\circ}F) - 32}{180}$

La presión de las partículas sobre una superficie es el cociente de la fuerza que ejercen sobre la superficie, matemáticamente:

### Presión

$$P = \frac{F}{S} \quad (27)$$

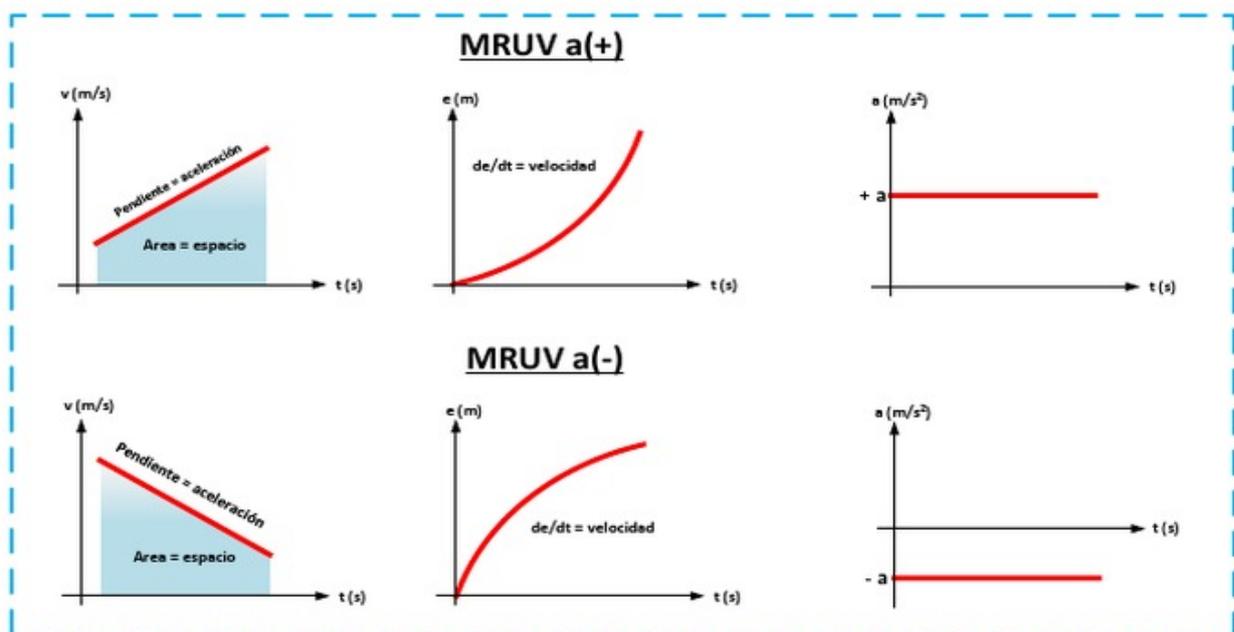
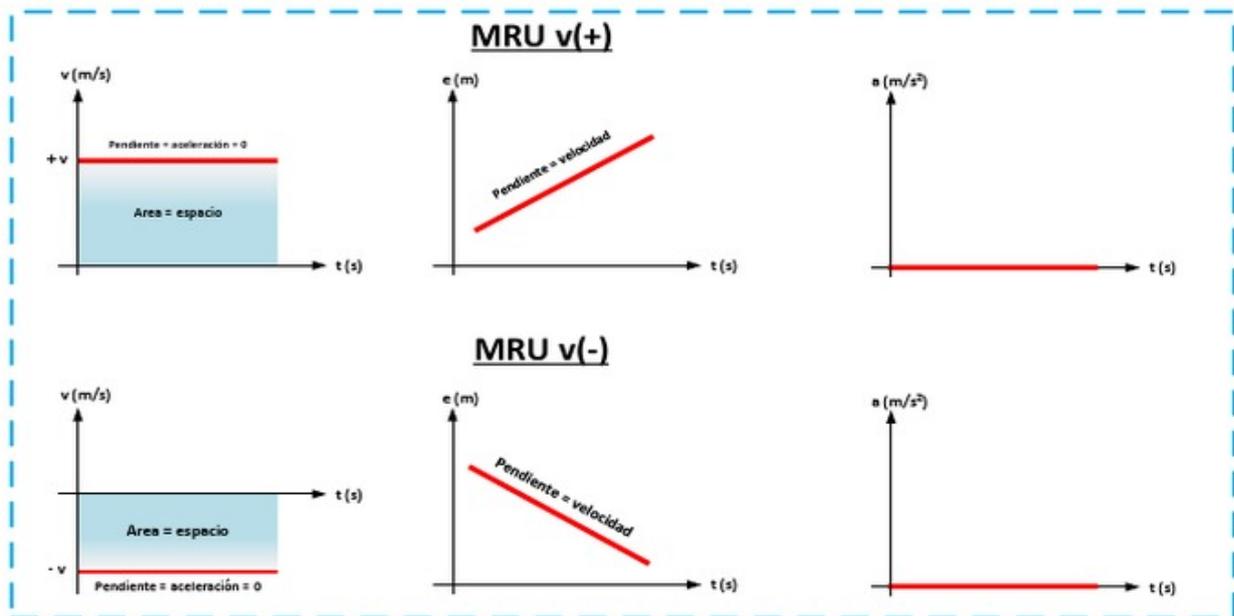
Las unidades de presión en el S.I. son los pascuales(Pa), siendo 1 pascal la presión de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado, i.e.,  $1Pa = 1N/m^2 = 1N \cdot m^{-2}$ . Otras unidades de presión son conocidas: atmósfera (atm), milímetro de mercurio (mmHg), torricellis (torr), bares (bar) o milibares (mb), psi (pounds per squared inch),...

El calor de cambio de estado se llama calor latente:  $\Delta Q = mL$ . El calor de cambio de temperatura define propiedades de objetos llamadas capacidad calorífica  $C$  o calor específico  $c_e$ :  $\Delta Q = C\Delta T = mc_e\Delta T$ .

La temperatura de un sistema, en equilibrio, es la misma para todas sus partes (principio cero de la Termodinámica). El primer principio de la Termodinámica dice que la energía total se conserva (como suma de calor y trabajo sobre el sistema y su entorno). El segundo principio de la Termodinámica señala que la eficiencia de la transformación del calor en trabajo no es nunca 100 % o que, equivalentemente, la entropía de un sistema aislado no puede disminuir nunca  $\Delta S \geq 0$ ,  $\Delta S/\Delta t \geq 0$ . El tercer principio de la Termodinámica indica que el cero absoluto no puede alcanzarse nunca, y así,  $T > 0K$  siempre. Se especula con un cuarto principio (que indicaría la presencia de una máxima temperatura absoluta).

Así, que  $T < T_P = \sqrt{\frac{\hbar c}{G_N k_B^2}} = 10^{32} K$ .

Comparación MRU y MRUV(MRUA):



**MRU**

$$e = v \cdot t$$

**MRUV**

$$a = \frac{v_f - v_o}{t}$$

$$a = \frac{v_f^2 - v_o^2}{2e}$$

$$e = v_o t + \frac{at^2}{2}$$