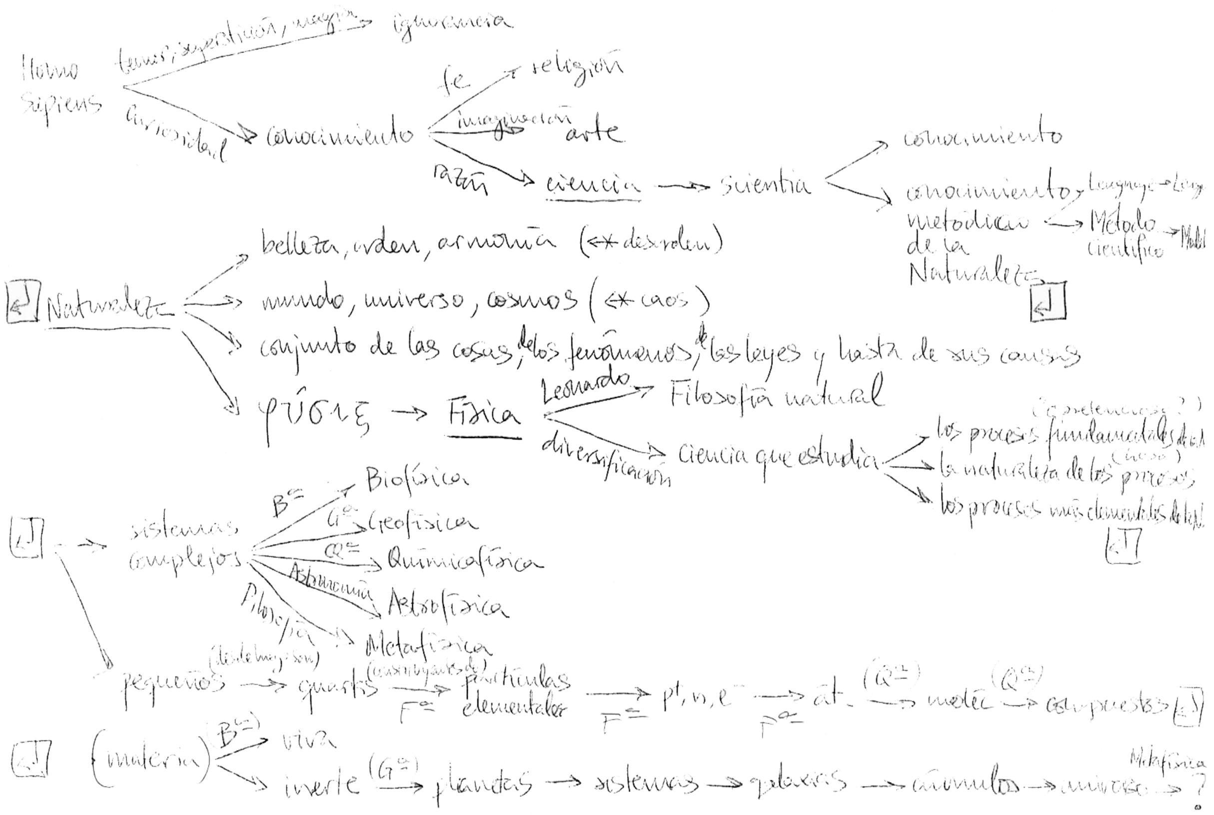
La Física: La ciencia fundamental del espacio, el tiempo y la materia que forman el Universo. Es la aventura más grandiosa del intelecto humano en toda la historia. Es la ciencia de las ciencias sobre la cual deben descansar los principios últimos de la materia, la vida y el cosmos. Forma parte de los fundamentos de las Ingenierías, la Química, la Astronomía, la Biología y la Medicina. Es la ciencia que ha exigido y facilitado los avances más profundos de las matemáticas, cuyos resultados utiliza en la investigación del mundo. Es la búsqueda milenaria de la ley primera de la naturaleza motivada por la curiosidad del hombre.

La exploración de la naturaleza con el propósito de comprender los procesos que en ella observamos, la búsqueda científica de las leyes fundamentales de la naturaleza, su entendimiento mediante la razón y los logros alcanzados, el conjunto de conocimientos sobre el Universo, son verdaderos tesoros de la cultura mundial.



¿Qué hace que se unan los distintos elementos para formar esta grandiosa estructura?
- Las otras ciencias dan algunas respuestas pero la Física sugiere, es la base de todas las respuestas.
- La Física armoniza esa grandiosa estructura, siendo fiel a la antigua definición de orden, armonía y belleza

<u>Ciencia</u>:
Estudio metódico de la Naturaleza.

<u>Física</u>:
Ciencia que estudia los procesos más elementales (= básicos, sencillos) de la Naturaleza.

Ramas de la Física:
Mecánica, Termología, Electromagnetismo, Electrónica, Óptica…
Geofísica, Biofísica, Química física...
Cuántica, Nuclear, Relatividad, Partículas, Cosmología, Astrofísica…

<u>Mecánica</u>:
Estudio del movimiento…

<u>Cinemática</u>:	… sin tener en cuenta sus causas
<u>Dinámica</u>:	… teniendo en cuenta sus causas
<u>Energética</u>:	… usando el concepto de energía

Cinemática

Movimiento:
Cambio de posición de un cuerpo (móvil) con respecto a un sistema de referencia.

Sistema de referencia:
El más usual es el Sistema de coordenadas cartesianas. Espacio (x,y,z); plano (x,y); recta (x)

Partícula o punto material:
Cuerpo con dimensiones despreciables frente a las del movimiento. Es un modelo.

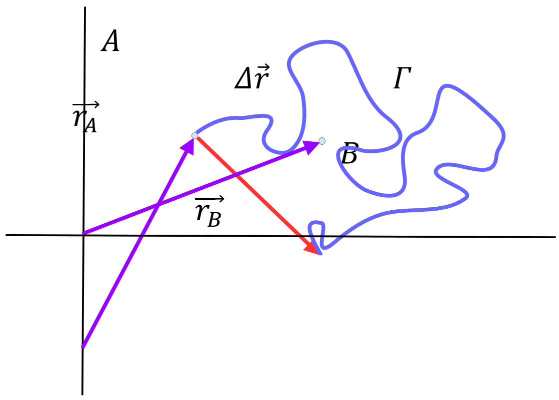
Posición de una partícula ($\vec{r}$):
Vector con origen en el origen del sistema de referencia y extremo en la partícula.

Desplazamiento ($\Delta\vec{r}$):
Vector con origen en el punto inicial y extremo en el punto final.
Se calcula restando la posición final menos la inicial:

Distancia entre A y B (d):
Es "lo que mide el desplazamiento".
Se calcula hallando módulo del vector desplazamiento: $d = |\Delta\vec{r}|$

Trayectoria (Γ):
Es el conjunto de puntos que describe el móvil.

Espacio recorrido (e):
Es la longitud de la trayectoria.
Coincide con la distancia cuando la trayectoria es recta y se recorre solo una vez.



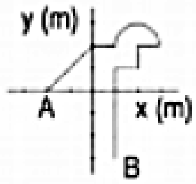
Clasificación de los movimientos (según la trayectoria):
- Movimiento rectilíneo. (MR) Trayectoria: recta, semirrecta, segmento
- Movimiento curvilíneo.
  - Movimiento circular. (MC) Trayectoria: circunferencia, arco
  - Movimiento parabólico. (MP) Trayectoria: parábola
  - Otros.

Física: Ciencia que estudia los procesos más elementales (básicos, sencillos) de la Naturaleza.

Mecánica (Rama de la Física que estudia el movimiento) $\left\{\begin{array}{l}\text{Cinemática (sin considerar las causas que lo producen)}\\ \text{Dinámica (considerando las causas que lo producen)}\\ \text{Energía}\end{array}\right.$

Movimiento: Cambio de posición de un cuerpo (móvil) con respecto a un sistema de referencia. Carácter relativo.
Sistema de referencia: El más usual es el *Sistema de coordenadas cartesianas*. Espacio (x,y,z); plano (x,y); recta (x)
Posición ($\vec{r}$) de una partícula: Vector con origen en el origen del sistema de referencia y extremo en la partícula.
Partícula o punto material: Cuerpo con dimensiones despreciables frente a las del movimiento. Es un modelo.
Desplazamiento ($\Delta\vec{r}$): Vector con origen en el punto inicial y extremo en el final. $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$
Distancia: Módulo del vector desplazamiento.
Trayectoria: Conjunto de puntos que describe un móvil.
Espacio recorrido: Longitud de la trayectoria. Es la distancia cuando la trayectoria es recta y se recorre sólo una vez.

Tipos de movimiento según la trayectoria $\left\{\begin{array}{l}\text{Rectilíneo: La trayectoria es un segmento.}\\ \text{Curvilíneo: La trayectoria es una curva} \left\{\begin{array}{l}\text{Circular}\\ \text{Parabólico}\\ \text{Otros}\end{array}\right.\end{array}\right.$



Ejercicio 1: Calcula de forma gráfica y numérica, si es posible, para el movimiento entre A y B: Posición, desplazamiento, distancia, trayectoria y espacio recorrido.

Velocidad: Vector que indica el cambio de la posición con el tiempo. Se mide en *m/s, km/h, mph, nudos, mach*...

Velocidad media: $\vec{v}_m = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \dfrac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$ Velocidad instantánea: $\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt}$ (Δt pequeño $\Rightarrow$ derivada)

$\vec{v}$ es tangente a la trayectoria y $\vec{v}_m$ tiene la misma dirección y sentido que el desplazamiento.

Ejercicio 2: En el instante $t_A = 1s$, $\vec{r}_A = (-2,0)$ m y en $t_B = 3$ s , $\vec{r}_B = (1,-3)$ m, calcula y dibuja la velocidad media.

Aceleración: Vector que indica el cambio de la velocidad con el tiempo. Se mide en *m/s²*

Aceleración media: $\vec{a}_m = \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \dfrac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$ Aceleración instantánea: $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$ (Δt pequeño $\Rightarrow$ derivada)

Ejercicio 3: En esos instantes medimos $\vec{v}_A = (-3,2)$ m/s y $\vec{v}_B = (4,-1)$ m/s calcula y dibuja la aceleración media.

Tipos de movimiento según la velocidad

Movimiento	Rectilíneo	Circular
Uniforme $\lvert\vec{v}\rvert = cte$	$\vec{v} = cte$ $\vec{a} = 0$	$\vec{v} \neq cte$ ($\lvert\vec{v}\rvert = cte$; dirección y sentido variables) $\vec{a} = cte \neq 0$
Uniformemente acelerado $\lvert\vec{v}\rvert \neq cte$	$\vec{v} \neq cte$ $\vec{a} = cte \neq 0$	$\vec{v} \neq cte$ ($\lvert\vec{v}\rvert \neq cte$; dirección y sentido variables) $\vec{a} \neq cte$

Movimiento rectilíneo: Fijada la dirección (x ó y); $\vec{r}$, $\vec{v}$ y $\vec{a}$ se expresan con un nº real. El signo es el sentido. Criterio:

Magnitud	Signo	
x ó y	+ si el móvil está a la derecha o encima del origen	- si el móvil está a la izquierda o debajo del origen
v	+ si se mueve hacia la derecha o hacia arriba	- si se mueve hacia la izquierda o hacia abajo
a	El mismo que $\vec{v}$ si el móvil acelera	El contrario de $\vec{v}$ si el móvil frena

Ecuaciones del movimiento: $x - x_0 = \dfrac{1}{2}at^2 + v_0 t$ (igual con y) $v - v_0 = at$ Obtener: $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

Ejercicio 4: Calcula la altura alcanzada y la velocidad al llegar al suelo de una pelota que se lanza hacia arriba con una velocidad de 90 km/h desde una ventana situada a 16 m de altura.

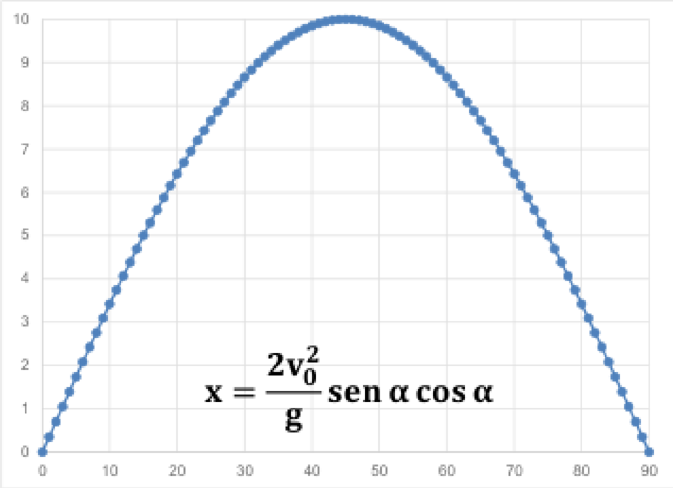
Movimiento circular (radio R): Se utilizan magnitudes angulares. $\phi(rad) = x/R$ $\omega(rad/s) = v/R$ $\alpha(rad/s^2) = a/R$

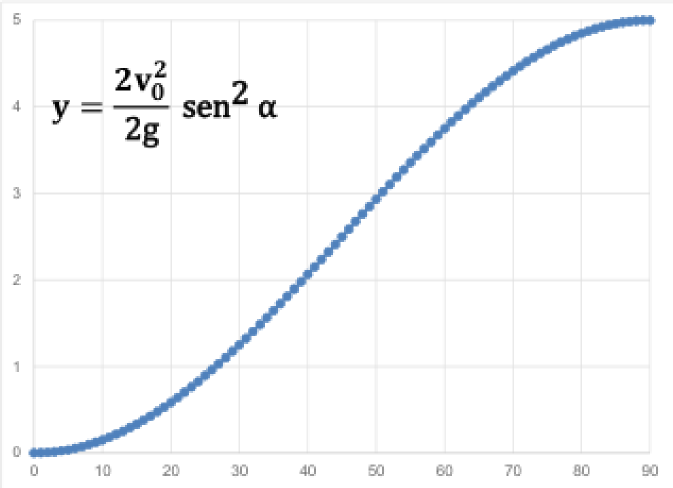
Ecuaciones del movimiento: Obtener: $\phi - \phi_0 = \dfrac{1}{2}\alpha t^2 + \omega_0 t$ $\omega - \omega_0 = \alpha t$ $\omega^2 - \omega_0^2 = 2\alpha(\phi - \phi_0)$

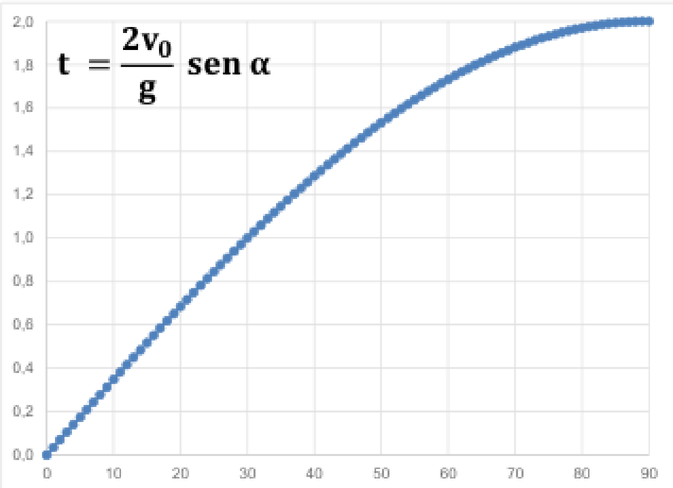
Ejercicio 5: Calcula posición (al cabo de 1 h), velocidad y aceleración angulares de las 3 manecillas de un reloj.

Movimiento parabólico:

v_0 (m/s)	α (°)	α (rad)	sen α	cos α	x (m)	y (m)	t(s)
10	0	0,00	0,00	1,00	0	0,00	0,00
10	1	0,02	0,02	1,00	0	0,00	0,03
10	2	0,03	0,03	1,00	1	0,01	0,07
10	3	0,05	0,05	1,00	1	0,01	0,10
10	4	0,07	0,07	1,00	1	0,02	0,14
10	5	0,09	0,09	1,00	2	0,04	0,17
10	6	0,10	0,10	0,99	2	0,05	0,21
10	7	0,12	0,12	0,99	2	0,07	0,24
10	8	0,14	0,14	0,99	3	0,10	0,28
10	9	0,16	0,16	0,99	3	0,12	0,31
10	10	0,17	0,17	0,98	3	0,15	0,35
10	11	0,19	0,19	0,98	4	0,18	0,38
10	12	0,21	0,21	0,98	4	0,22	0,42
10	13	0,23	0,22	0,97	4	0,25	0,45
10	14	0,24	0,24	0,97	5	0,29	0,48
10	15	0,26	0,26	0,97	5	0,33	0,52
10	16	0,28	0,28	0,96	5	0,38	0,55
10	17	0,30	0,29	0,96	6	0,43	0,58
10	18	0,31	0,31	0,95	6	0,48	0,62
10	19	0,33	0,33	0,95	6	0,53	0,65
10	20	0,35	0,34	0,94	6	0,58	0,68
10	21	0,37	0,36	0,93	7	0,64	0,72
10	22	0,38	0,37	0,93	7	0,70	0,75
10	23	0,40	0,39	0,92	7	0,76	0,78
10	24	0,42	0,41	0,91	7	0,83	0,81
10	25	0,44	0,42	0,91	8	0,89	0,85
10	26	0,45	0,44	0,90	8	0,96	0,88
10	27	0,47	0,45	0,89	8	1,03	0,91
10	28	0,49	0,47	0,88	8	1,10	0,94
10	29	0,51	0,48	0,87	8	1,18	0,97
10	30	0,52	0,50	0,87	9	1,25	1,00
10	31	0,54	0,52	0,86	9	1,33	1,03
10	32	0,56	0,53	0,85	9	1,40	1,06
10	33	0,58	0,54	0,84	9	1,48	1,09
10	34	0,59	0,56	0,83	9	1,56	1,12
10	35	0,61	0,57	0,82	9	1,64	1,15
10	36	0,63	0,59	0,81	10	1,73	1,18
10	37	0,65	0,60	0,80	10	1,81	1,20
10	38	0,66	0,62	0,79	10	1,90	1,23
10	39	0,68	0,63	0,78	10	1,98	1,26
10	40	0,70	0,64	0,77	10	2,07	1,29
10	41	0,72	0,66	0,75	10	2,15	1,31
10	42	0,73	0,67	0,74	10	2,24	1,34
10	43	0,75	0,68	0,73	10	2,33	1,36
10	44	0,77	0,69	0,72	10	2,41	1,39
10	45	0,79	0,71	0,71	10	2,50	1,41
10	46	0,80	0,72	0,69	10	2,59	1,44
10	47	0,82	0,73	0,68	10	2,67	1,46
10	48	0,84	0,74	0,67	10	2,76	1,49
10	49	0,86	0,75	0,66	10	2,85	1,51
10	50	0,87	0,77	0,64	10	2,93	1,53
10	51	0,89	0,78	0,63	10	3,02	1,55
10	52	0,91	0,79	0,62	10	3,10	1,58
10	53	0,93	0,80	0,60	10	3,19	1,60
10	54	0,94	0,81	0,59	10	3,27	1,62
10	55	0,96	0,82	0,57	9	3,36	1,64
10	56	0,98	0,83	0,56	9	3,44	1,66
10	57	0,99	0,84	0,54	9	3,52	1,68
10	58	1,01	0,85	0,53	9	3,60	1,70
10	59	1,03	0,86	0,52	9	3,67	1,71
10	60	1,05	0,87	0,50	9	3,75	1,73
10	61	1,06	0,87	0,48	8	3,82	1,75
10	62	1,08	0,88	0,47	8	3,90	1,77
10	63	1,10	0,89	0,45	8	3,97	1,78
10	64	1,12	0,90	0,44	8	4,04	1,80
10	65	1,13	0,91	0,42	8	4,11	1,81
10	66	1,15	0,91	0,41	7	4,17	1,83
10	67	1,17	0,92	0,39	7	4,24	1,84
10	68	1,19	0,93	0,37	7	4,30	1,85
10	69	1,20	0,93	0,36	7	4,36	1,87
10	70	1,22	0,94	0,34	6	4,42	1,88
10	71	1,24	0,95	0,33	6	4,47	1,89
10	72	1,26	0,95	0,31	6	4,52	1,90
10	73	1,27	0,96	0,29	6	4,57	1,91
10	74	1,29	0,96	0,28	5	4,62	1,92
10	75	1,31	0,97	0,26	5	4,67	1,93
10	76	1,33	0,97	0,24	5	4,71	1,94
10	77	1,34	0,97	0,22	4	4,75	1,95
10	78	1,36	0,98	0,21	4	4,78	1,96
10	79	1,38	0,98	0,19	4	4,82	1,96
10	80	1,40	0,98	0,17	3	4,85	1,97
10	81	1,41	0,99	0,16	3	4,88	1,98
10	82	1,43	0,99	0,14	3	4,90	1,98
10	83	1,45	0,99	0,12	2	4,93	1,99
10	84	1,47	0,99	0,10	2	4,95	1,99
10	85	1,48	1,00	0,09	2	4,96	1,99
10	86	1,50	1,00	0,07	1	4,98	2,00
10	87	1,52	1,00	0,05	1	4,99	2,00
10	88	1,54	1,00	0,03	1	4,99	2,00
10	89	1,55	1,00	0,02	0	5,00	2,00
10	90	1,57	1,00	0,00	0	5,00	2,00

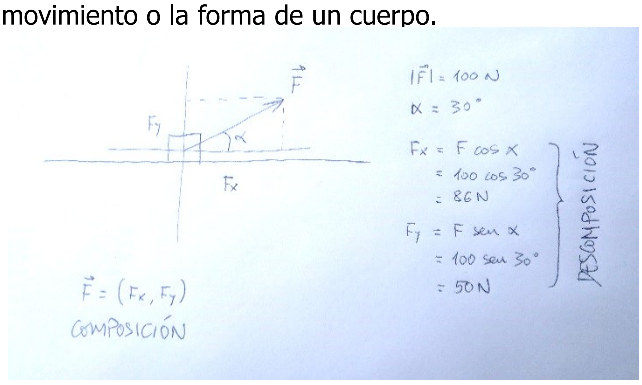






Dinámica

<u>Fuerza</u>: Es toda causa capaz de cambiar el estado de movimiento o la forma de un cuerpo.
Unidad: N (newton) en el S.I.
Aparato de medida: Dinamómetro



<u>Composición de fuerzas</u>: Suma vectorial.
La fuerza obtenida se llama resultante

<u>Descomposición de una fuerza</u>:
Cálculo a partir de F y αde:

$$F_x = Fcos\alpha$$
$$F_y = Fsen\alpha$$

<u>Leyes de Newton</u>

<u>1ª ley (ley de la inercia)</u>:
"**Un cuerpo en equilibrio conserva su estado de movimiento**"
Equilibrio: La suma de las fuerzas sobre el cuerpo es nula. La fuerza neta es cero.
Estado de movimiento: vector velocidad.
Conserva estado de movimiento: el vector velocidad es constante.
Inercia: Tendencia a mantener el estado de movimiento.

<u>2ª ley (ley de la proporcionalidad entre fuerza y aceleración)</u>:
"**La suma de fuerzas sobre un cuerpo es igual a su masa por la aceleración producida**"

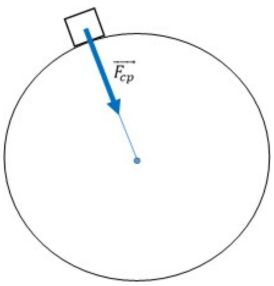
$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$$

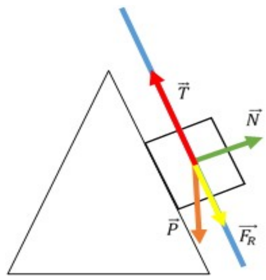
Ejemplo: m = 1 kg, F = 1 kg · 9,8 m/s^2 = 9,8 N

<u>3ª ley (ley de acción-reacción)</u>:
"**Cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, el segundo ejerce simultáneamente la misma fuerza sobre el primero igual pero en sentido opuesto**"
Observaciones:
1.- El número de fuerzas en el universo es par.
2.- Aunque las fuerzas existan por pares, no se anulan siempre las que actúan sobre un cuerpo porque las que ejerce un cuerpo no se pueden sumar con las que se ejercen sobre este.
Al estudiar el conjunto de fuerzas que actúan sobre un cuerpo sumaremos estas pero no las que este cuerpo ejerce sobre otros.
Ejemplos: Andar, nadar, volar...

Fuerzas de especial interés

FUERZA		DEFINICIÓN	MÓDULO	DIRECCIÓN	SENTIDO
Centrípeta	$\overrightarrow{F_{CP}}$	La que produce un movimiento circular (radio R)	ma_n $a_n = \frac{v^2}{R}$ aceleración normal	La de un radio	Hacia el centro
Gravitatoria	$\vec{F_g}$	La que un cuerpo ejerce sobre otro debido a sus masas (M, m: masas) (r: distancia entre los centros)	$G\frac{Mm}{r^2}$ Ley de gravitación universal $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\, Nm^2/kg^2$ Constante de gravitación universal	La de la recta que une los centros de los cuerpos	Atractivo
Peso	$\vec{P}$	La que un planeta ejerce sobre un cuerpo	$\overrightarrow{F_{CP}}$ $g = G\frac{M}{r^2}$ $g = 9{,}8\, m/s^2$ en la superficie de la *Tierra*	Vertical	Hacia abajo
Normal	$\vec{N}$	La que ejerce una superficie sobre un cuerpo apoyado en ésta	Se calcula con la 2ª ley de Newton	Perpendicular a la superficie	Hacia afuera
Rozamiento con una superficie	$\vec{F_R}$	La que ejerce una superficie sobre un cuerpo apoyado en ésta	μN μ: coef. de rozamiento $\mu_{estático} > \mu_{dinámico}$	Paralela a la superficie	En contra del movimiento
Rozamiento con un fluido (aerodinámico, hidrodinámico)	$\vec{F_R}$	La que ejerce un fluido sobre un cuerpo que se mueve en éste	Se calcula con la 2ª ley de Newton	Paralela al movimiento	En contra del movimiento
Elástica	$\vec{F_e}$	La de recuperación de un cuerpo elástico que se deforma	Kx Ley de *Hooke* K: constante elástica $x$deformación	La de la deformación	Opuesta a la deformación
Tensión (mecánica)	$\vec{T}$	La que transmite una cuerda, alambre…	Se calcula con la 2ª ley de Newton	La de la cuerda	Hacia la cuerda
Electrostática	$\vec{F_e}$	La que se ejerce entre dos cargas eléctricas (Q, q: masas) (r: distancia entre los centros)	$K\frac{Qq}{r^2}$ Ley de *Coulomb* $K = 9 \cdot 10^9\, Nm^2/C^2$ (vacío o aire) Constante de *Coulomb*	La de la recta que une los cuerpos	Repulsivo para cargas de igual signo Atractivo para cargas de signo opuesto





Fuerzas de inercia

Son términos adicionales que se añaden a las fuerzas reales para corregir la no inercialidad (aceleración) de los sistemas de referencia y poder aplicar la ecuación fund. de la Dinámica.

Para un observador inercial las fuerzas de inercia no existen, son ficticias

Para un observador no inercial las fuerzas de inercia aparecen misteriosamente

Están dirigidas en sentido contrario al de la aceleración del sistema ($\vec{a_0}$)

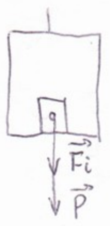
Movimiento rectilíneo

Pa : Peso aparente

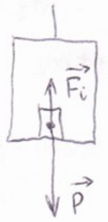
$P = mg$

$F_i = ma_0$

Ascenso (↑)		Descenso (↓)	
Acelerado	Decelerado	Acelerado	Decelerado
$a_0 > 0$ (↑)	$a_0 < 0$ (↓)	$a_0 > 0$ (↓)	$a_0 < 0$ (↑)

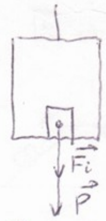


$Pa = P + F_i$



$Pa = P - F_i$

$Pa = P - F_i$

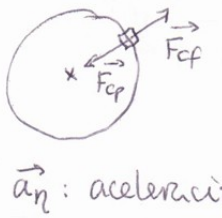


$Pa = P + F_i$

[Desde un punto de vista inercial : ($|\vec{Pa}| = |\vec{N}|$)

$N - P = ma_0$ $\quad$ $N - P = -ma_0$ $\quad$ $P - N = ma_0$ $\quad$ $P - N = -ma_0$]

Movimiento circular



Fuerza centrípeta : $\vec{F_{cp}} = m\vec{a_n}$

Fuerza centrífuga : $\vec{F_{cf}} = -m\vec{a_n}$
(de inercia o ficticia)

($\vec{a_n}$: aceleración normal o centrípeta. $\quad a_n = \dfrac{v^2}{R}$)

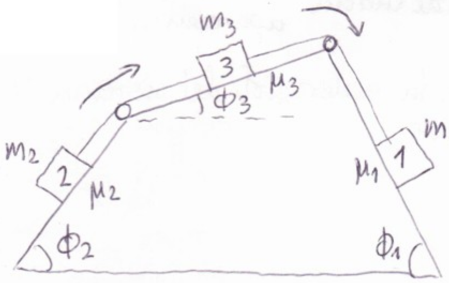
Mvto.	Magnitud		Definición	U.S.I.	Relación	Principio de conservación
Lineal	$\vec{F}$	Fuerza	-	N $kg \cdot m \cdot s^{-2}$	$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ (Principio fundamental de la Dinámica) La fuerza cambia el estado de movimiento	$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{p} = cte$ Principio de conservación del momento lineal
	$\vec{p}$	Momento lineal o cantidad de movimiento	$\vec{p} \equiv m\vec{v}$	$kg \cdot m \cdot s^{-1}$		
	$\vec{I}$	Impulso o impulsión	$\vec{I} \equiv \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$	$kg \cdot m \cdot s^{-1}$	$\vec{I} = \Delta\vec{p}$	-
Angular	$\vec{M}$	Momento de una fuerza	$\vec{M} \equiv \vec{r} \wedge \vec{F}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$	$\sum \vec{M} = \frac{d\vec{l}}{dt}$ El momento de una fuerza produce un giro	$\sum \vec{M} = 0 \Rightarrow \vec{l} = cte$ Principio de conservación del momento angular
	$\vec{l}$	Momento angular o momento cinético	$\vec{l} \equiv \vec{r} \wedge \vec{p}$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$		
	$\vec{M}$	Impulso angular o impulsión angular	$\vec{M} \equiv \int_{t_1}^{t_2} \vec{M} dt$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$	$\vec{M} = \Delta\vec{l}$	-

Física

Cuerpos, planos y poleas

1º BTO

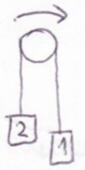
23/10/95



$$F_{t1}-F_{r1}-F_{t2}-F_{r2}-F_{t3}-F_{r3}=(m_1+m_2+m_3)\,a$$

$$a=\frac{m_1(\operatorname{sen}\phi_1-\mu_1\cos\phi_1)-\sum_{i=2}^{3} m_i(\operatorname{sen}\phi_i+\mu_i\cos\phi_i)}{\sum_{i=1}^{3} m_i}\,g$$

Casos particulares:

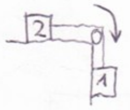


$\phi_1=90°$

$\phi_2=90°$

$m_3=0$

$$a=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\,g$$

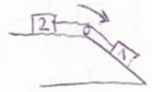


$\phi_1=90°$

$\phi_2=0°$

$m_3=0$

$$a=\frac{m_1-\mu_2 m_2}{m_1+m_2}\,g$$

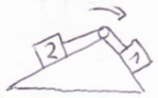


—

$\phi_2=0°$

$m_3=0$

$$a=\frac{m_1(\operatorname{sen}\phi_1-\mu_1\cos\phi_1)-\mu_2 m_2}{m_1+m_2}\,g$$



—

—

$m_3=0$

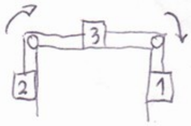
$$a=\frac{m_1(\operatorname{sen}\phi_1-\mu_1\cos\phi_1)-m_2(\operatorname{sen}\phi_2+\mu_2\cos\phi_2)}{m_1+m_2}\,g$$

$\phi_1=90°$

—

$m_3=0$

$$a=\frac{m_1-m_2(\operatorname{sen}\phi_2+\mu_2\cos\phi_2)}{m_1+m_2}\,g$$



$\phi_1=90°$

$\phi_2=90°$

$\phi_3=0°$

$$a=\frac{m_1-m_2-\mu_3 m_3}{m_1+m_2+m_3}\,g$$

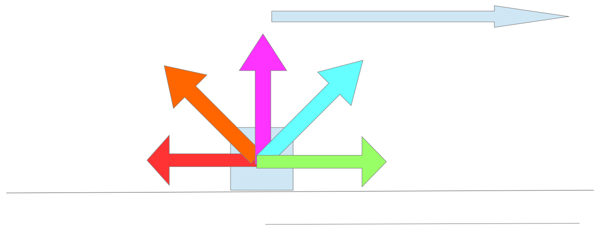
Energía

Es la capacidad para producir cambios, en forma de trabajo o calor.
Se mide en el S.I. en J (julio o joule). Se suele usar para energía mecánica.
También se mide en cal (caloría). 1 cal = 4,18 J. Se suele usar para energía calórica/térmica.
También se mide en kWh (kilovatio hora). 1 kWh = 3600000 J = $3{,}6 \cdot 10^6$ J. Para energía eléctrica.

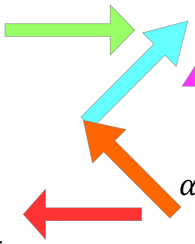
Trabajo (mecánico) realizado por una fuerza entre dos puntos A y B: $T_A^B(\vec{F}) \equiv \int \vec{F} \cdot \overrightarrow{dr}$
El trabajo, en general, depende de la fuerza, de los puntos A y B y de la trayectoria.

<u>Caso particular</u>
Si la fuerza no depende de $\vec{r}$ (la posición) entonces el trabajo se puede expresar de la siguiente forma:
$T_A^B = \vec{F} \cdot \int \overrightarrow{dr} = \vec{F} \cdot \overrightarrow{\Delta r} = |\vec{F}||\overrightarrow{\Delta r}| cos\alpha$ (fuerza por desplazamiento)
$T_A^B = Fdcos\alpha$
El trabajo depende de la fuerza, de la distancia que se aplica y de la dirección de la fuerza.

Ejemplo: El trabajo que realizo al mover un mueble depende de la fuerza que aplique, de la distancia que recorra el mueble y de hacia dónde empuje.



d



$$\alpha = 0; cos\alpha = 1 \quad T_A^B = Fd > 0 (máximo)$$
$$0º < \alpha < 90º; cos\alpha > 0 \quad T_A^B > 0$$
$$\alpha = 90º; cos\alpha = 0 \quad T_A^B = 0$$
$$90º < \alpha < 180º; cos\alpha < 0 \quad T_A^B < 0$$
$$\alpha = 180º; cos\alpha = -1 \quad T_A^B = -Fd < 0 (mínimo)$$

Es positivo si va a favor.
Es negativo si va en contra.
El trabajo es cero cuando:
- La fuerza es nula.
- La distancia es cero.
- La fuerza es perpendicular a la trayectoria.

Conclusión:
Hay trabajo mecánico sobre un cuerpo cuando se desplaza (o se deforma) debido a la acción de una fuerza. Es mayor a medida que la fuerza vaya más a favor del movimiento.

Energía cinética (E_C): La que depende de la masa y sobre todo de la velocidad del cuerpo.
$E_C = \frac{1}{2}mv^2$Es siempre positiva (porque v está al cuadrado).

Energía potencial (E_P): La que depende de las características y la situación del cuerpo.
Las fuerzas conservativas tienen una energía potencial asociada.
Las fuerzas disipativas NO tienen una energía potencial asociada.

Casos más usuales (hay infinitas):
$\overrightarrow{F_g} = \vec{P}$es CONSERVATIVA. Su$E_P$asociada es: $E_{Pg} = mgh$($E_P$gravitatoria)
$\overrightarrow{F_e}$es CONSERVATIVA. Su$E_P$asociada es: $E_{Pe} = \frac{1}{2}Kx^2$($E_P$elástica)
$\overrightarrow{F_R}$es DISIPATIVA (disipa energía en forma de calor). No tiene $E_P$asociada.

Energía mecánica (E_M):
$E_M = E_C + E_P$

Principio de conservación de la energía mecánica:
La energía mecánica se conserva cuando no hay fuerzas disipativas (rozamiento).

$$E_M(A) = E_M(B)$$

Observación: *Einstein* demostró con la fórmula$E = mc^2$que la energía se puede convertir en masa y la masa en energía. Ocurre son en reacciones nucleares (estrellas, reactores, bombas...)

Ejercicio: El *Dragón Khan* es una montaña rusa con ocho loopings. Si se deja caer un vagón desde el punto más alto (45,1 m), ¿cuál es su velocidad en el punto más bajo (1,4 m). Despreciamos el rozamiento.

Si no hay fuerzas disipativas se aplica el Principio de conservación de la energía mecánica:

$$E_M(A) = E_M(B) E_C(A) + E_P(A) = E_C(B) + E_P(B)$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B 0 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

$$gh_A = \frac{1}{2}v_B^2 + gh_B g(h_A - h_B) = \frac{1}{2}v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{2g(h_A - h_B)} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8(45{,}1 - 1{,}4)} \simeq 29\,m/s \simeq 110\,km/h$$

Campos

Física
Interacciones y campos

C.O.U.
11/11/97

Campos Modelos que permiten describir fácilmente, entre otras cosas, las interacc.

Campo: Función vectorial que asocia una magnitud física a cada punto del espacio, en cada instante de tiempo. $f(\vec{r},t)$

Si la magnitud física asociada es escalar (U) / vectorial $(\vec{V})$ se habla de campo escalar. $f(\vec{r},t) = U$ / vectorial. $f(\vec{r},t) = \vec{V}$

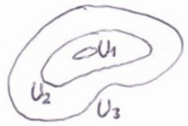
Si el campo no depende de $\vec{r}$ (posición) se llama campo uniforme. $f \neq f(\vec{r})$
Si el campo no depende de t (tiempo) se llama campo estacionario. $f \neq f(t)$
Ejemplos: $\vec{r}$ ni de t se llama campo constante

CAMPO ESCALAR

Ejemplos: U	Campo de
ρ	densidad
T	temperatura
P	presión

Rep. gráfica:

Superficie de nivel: Conjunto de puntos en que U tiene el mismo valor.
Ej: Isobaras



Operaciones: Gradiente de un escalar:

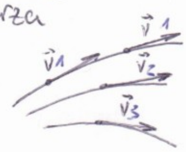
$$\vec{\nabla} U \equiv \left(\frac{\partial U}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial U}{\partial y}\hat{\jmath} + \frac{\partial U}{\partial z}\hat{k}\right) \equiv \frac{dU}{d\vec{r}}$$

Vector perpendicular a las superf. de nivel

CAMPO VECTORIAL

Ejemplos: $\vec{V}$	Campo de
$\vec{v}$	velocidad
$\vec{g}$	gravedad
$\vec{F}$	fuerza

Línea de campo: Línea tangente en cada punto a $\vec{V}$.
Ej: Pintura en el agua



Circulación de un vector:

$$C_A^B \equiv \int_A^B \vec{V} \cdot d\vec{r}$$

Escalar que en general depende de la línea que une A y B, (camino de integración)

Un campo vectorial $\vec{V}$ es conservativo

$\vec{V}$ tiene un potencial asociado U $\Leftrightarrow$ circulación independiente del camino de integración

$\vec{V} = -\vec{\nabla} U$

$\oint \vec{V} \cdot d\vec{r} = 0$

($\vec{V}$ deriva de un potencial U)

(Circulación a lo largo de una línea cerrada $= 0$)

$C_A^B = -\Delta U$

Interacciones fundamentales

El problema central de la *Mecánica Clásica* es conocer el movimiento de una partícula con unas características (masa, carga, ...) que se coloca en un cierto entorno del que tenemos una descripción completa.

Las leyes de la *Dinámica* definen la fuerza en función del efecto resultante sobre la partícula (variación de la cantidad de movimiento). Pero necesitamos conocer la fuerza como causante de la interacción y en función de las características de la partícula y de las de su entorno *(**leyes de fuerzas**).* Estas expresiones nos permiten calcular la fuerza que actuará sobre una partícula con unas características dadas al colocarla en entorno determinado. Una vez conocidas, el problema se reduce a estudiar su movimiento subsiguiente a través de las leyes de la *Dinámica*.

Nos falta pues investigar las leyes que rigen las interacciones y que nos permiten establecer las expresiones de la fuerza en cada caso para tener una comprensión más completa de la Naturaleza. Pero será imposible realizar un estudio detallado de todas las leyes de fuerza existentes, así que nos limitaremos a 4 tipos de fuerzas fundamentales, a partir de las cuales se pueden explicar todas las fuerzas observadas en la Naturaleza.

En la experiencia cotidiana encontramos una gran variedad de fuerzas que relacionamos con diversos agentes. Así, hablamos de la fuerza muscular que ejercemos al empujar un armario, de la de rozamiento que el piso ejerce sobre el armario, de la elástica de un muelle estirado, de la que la Tierra ejerce sobre la Luna, de la de origen eléctrico que pone en marcha el motor de un coche, de la hidráulica que acciona sus frenos, o de la mecánica que lo detiene si tenemos la desgracia de estrellarnos contra una farola...

Pero en definitiva las fuerzas fundamentales que gobiernan el comportamiento de los cuerpos son las ***fuerzas gravitatorias*** y las ***fuerzas electromagnéticas*** (gran escala) y las ***fuerzas nucleares*** (pequeña escala). Todas las otras fuerzas, aparentemente diferentes, son manifestaciones macroscópicas de éstas. Así, las llamadas fuerzas de contacto o fuerzas de rozamiento entre dos cuerpos, en último análisis son realmente de carácter electromagnético y representan la suma de un número enorme de interacciones entre moléculas muy próximas entre sí.

Normalmente resulta poco práctico obtener la ley de fuerza a la que obedece una fuerza macroscópica en función de las fuerzas fundamentales entre partículas submicroscópicas (moléculas, átomos, partículas elementales). Por tanto, las expresiones de dichas leyes de fuerzas habrá que suponerlas como hipótesis de trabajo u obtenerlas experimentalmente. Esto es lo que ocurre cuando se dice que la fuerza de rozamiento es aproximadamente proporcional a la fuerza normal que ejerce un bloque sobre un plano, o que la fuerza elástica de un muelle es aproximadamente proporcional a la deformación que posee, o que una esfera que cae en un fluido viscoso está sometida a una fuerza viscosa que se opone a su movimiento y que es aproximadamente proporcional a su velocidad. Todas estas leyes de fuerza son, por tanto, aproximadas y no son leyes fundamentales de la Naturaleza.

Las interacciones fundamentales de la Naturaleza son:

Gravitatoria:

Se produce entre los cuerpos con masa (todos).
Responsable de los movimientos planetarios, de que estemos unidos a la Tierra, de la presión atmosférica...
Sentido: Siempre atractiva.
Alcance: Largo.
Intensidad: Muy débil.

Electromagnética:

Se produce entre los cuerpos con carga eléctrica.
Responsable de la estructura atómica, molecular y de la materia, de las fuerzas de contacto y de rozamiento.
Controla la mayoría de los procesos de nuestro alrededor, incluidos los procesos vitales.
Sentido: Atractiva o repulsiva.
Alcance: Largo.
Intensidad: Fuerte.$F \approx \frac{C}{r^2} e^{-15r}$

Nuclear fuerte:

Se produce entre los nucleones.
Responsable de la unión de los nucleones (nunca cargas de distinto signo) en el núcleo. Su energía se manifiesta en las bombas y reactores nucleares.
Sentido: Siempre atractiva.
Alcance: Muy corto.
Intensidad: Muy fuerte.

Nuclear Débil: (Actualmente unificada con la electromagnética)

Se produce entre las partículas elementales.
Responsable de la existencia de núcleos radiactivos que se desintegran emitiendo electrones y neutrinos (radiación ß).
Sentido: Atractiva o repulsiva.
Alcance: Corto.
Intensidad: Muy Débil.

En general, en cada problema físico existirá una interacción dominante, la única que será preciso considerar.

En resumen:

Conocida la *ley de fuerza* (fuerza en función de las características de una partícula y de su entorno) podemos conocer el movimiento (sustituyéndola en la ley fundamental de la *Dinámica*) de una partícula cuando se coloca en un cierto entorno.

En la práctica se usarán expresiones aproximadas de leyes de fuerza. Pero todas las fuerzas observadas son manifestaciones de interacciones fundamentales: *gravitatoria* y *electromagnética* (de largo alcance) y *nuclear* (de corto alcance). En cada problema se considera la interacción dominante.

Campos gravitatorio y eléctrico

Introducción { $\vec{F}$ contacto ⇒ Newton
Inter. a distancia ⇒ campo. Ejs.
Campo vect. de $\vec{F}$. En concreto gr. y el.

- Si ∃ m/q se produce un campo de influencia sobre otras m/q
- ∃ campo $\begin{smallmatrix}\text{gr.}\\ \text{el.}\end{smallmatrix}$ en una región si una $\begin{smallmatrix}m\\ q\end{smallmatrix}$ colocada en esa región experimenta una fuerza $\begin{smallmatrix}\text{grav.}\\ \text{elec.}\end{smallmatrix}$

Estudio comparativo del cg y ce

Analogías

- $F = \frac{c}{r^2}\hat{e}_r$
- centrales
- conservativos

Diferencias

- Atractivo - repulsivo
- c.g. todos cuerpos y c.e. sólo cargas
- c.g. no dep. del medio (universal) y el c.e sí.
- $\frac{K}{G} \simeq 10^{20}$ ⇒ En el estudio del c.e., el c.g. es desprec.
- $\frac{m}{q}$ en movto crea un $\begin{smallmatrix}\text{c.g.}\\ \text{c.e.}\end{smallmatrix}$ y un c.m. (c.e.m.) $\nparallel$ c. electrostát.
- ∄ dieléctricos en c.g.
- m no cuantizada

Física

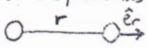
- Campos gravitatorio y electrostático

C.O.U. B

9/1/98

Reseña histórica.

Fuerza de interacción entre 2 partículas



$\vec{F} = \frac{C}{r^2}\hat{e}_r$ $\left(\hat{e}_r = \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}\right)$ (Fuerza central)

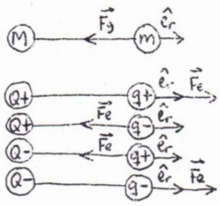
$C = -GMm$
$G = 6{,}67\cdot 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$
(En cualquier medio)

$\boxed{\vec{F_g} = -G\frac{Mm}{r^2}\hat{e}_r}$ (N)

$C = KQq$
$K = 9\cdot 10^{9}\ Nm^2/C^2$
(En el vacío o el aire)

$\boxed{\vec{F_e} = K\frac{Qq}{r^2}\hat{e}_r}$ (N)

Unidad de carga: 1C Definición



Gravedad: $\vec{F_g} = -mg\hat{e}_r$

En la superficie: $\boxed{g = G\frac{M}{R^2}}$ (m/s^2) $\cancel{m}g = G\frac{M\cancel{m}}{R^2}$

A una altura h: $\boxed{g_h = g\frac{R^2}{(R+h)^2}}$ (m/s^2) $\cancel{m}g_h = G\frac{M\cancel{m}}{(R+h)^2}$ $gR^2 = g_h(R+h)^2$

A una profundidad p: $\boxed{g_p = g\frac{R-p}{R}}$ (m/s^2) $\cancel{m}g_p = G\frac{M'\cancel{m}}{(R-p)^2}$ $\frac{gR^2}{M} = \frac{g_p(R-p)^2}{M'}$ $M = \rho V = \rho\frac{4}{3}\pi R^3$

$M' = \rho V' = \rho\frac{4}{3}\pi(R-p)^3$

Intensidad de campo creado por una partícula

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{m \acute{o}\ q} = \vec{F}\left(\begin{matrix} m=1 \\ q=1\end{matrix}\right)$ $\begin{cases} \boxed{\vec{E_g} = -G\frac{M}{r^2}\hat{e}_r}\ (N/kg) \\ \boxed{\vec{E_e} = K\frac{Q}{r^2}\hat{e}_r}\ (N/C)\end{cases}$

Es la fuerza realizada sobre la unidad de masa o carga.

Líneas de campo:

(Trayectoria que seguiría la unidad de masa o carga)

Energía potencial (campos conservativos):

$\left[T \gtrless 0 \Rightarrow \text{Se realiza trabajo } \begin{matrix}\text{a favor}\\ \text{en contra}\end{matrix} \text{ del movimiento}\right]$

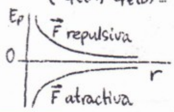
$T_A^B = -\Delta E_p = -(E_p(B) - E_p(A)) = E_p(A) - E_p(B)$

$T_A^B = \int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_A^B \frac{C}{r^2}\hat{e}_r\cdot d\vec{r} = C\int_A^B \frac{1}{r^2}dr = C\left[-\frac{1}{r}\right]_A^B = C\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$

$E_p(A) - E_p(B) = C\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$ $\begin{cases} E_{pg}(A) - E_{pg}(B) = -GMm\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right) \\ E_{pe}(A) - E_{pe}(B) = KQq\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)\end{cases}$

$r_A \equiv r$; $E_p(A) \equiv E_p(r)$
$r_B \equiv \infty$; $E_p(B) \equiv 0$

(Origen en el infinito) $E_p = \frac{C}{r}$ $\begin{cases} \boxed{E_{pg} = -G\frac{Mm}{r}}\ (J) \\ \boxed{E_{pe} = K\frac{Qq}{r}}\ (J)\end{cases}$



Es el trabajo que realiza la fuerza para desplazar la partícula hasta el ∞

Relación entre $\vec{F}$ y E_p: $\int_A^B \vec{F}\cdot d\vec{r} = -\Delta E_p$; $F = -\frac{dE_p}{dr}$; $\vec{F} = -\hat{e}_r\frac{dE_p}{dr}$; $\boxed{\vec{F} = -\vec{\nabla}E_p}$ $\left(\vec{\nabla} = \hat{e}_r\frac{d}{dr}\right)$

Satélites:

Velocidad de escape: Velocidad que hay que comunicar a un cuerpo para que escape de la interacción gravitatoria.

$\Delta E_m = 0$; $\Delta E_c + \Delta E_p = 0$; $\left(0 - \frac{1}{2}mv^2\right) + \left(-GMm\left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{R+h}\right)\right) = 0$; $\frac{1}{2}\cancel{m}v^2 = G\frac{M\cancel{m}}{R+h}$; $\boxed{v = \sqrt{2g\boxed{R+h}}}$ (m/s) $v_{eT} \simeq 11$ Km/s Sup.

Período de revolución: Tiempo que tarda en describir una órbita.

$e = vt$; $2\pi(R+h) = vT$; $\boxed{T = 2\pi\frac{R+h}{v}}$ (s)

Velocidad orbital: Velocidad con la que se mueve el satélite.

$F_g = F_{cp}$; $G\frac{Mm}{(R+h)^2} = m\frac{v^2}{R+h}$; $\boxed{v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}}$ (m/s)

Energía orbital: Energía mecánica que posee un satélite que se mueve en una órbita circular estacionaria

$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{Mm}{R+h} = \frac{1}{2}G\frac{Mm}{R+h} - G\frac{Mm}{R+h}$ $\boxed{E_m = -\frac{1}{2}G\frac{Mm}{R+h}}$ (J) (Energía de enlace $= -E_m$)

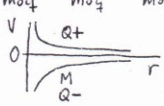
Potencial (campos conservativos o que derivan de un potencial):

El campo puede caracterizarse por una magnitud vectorial $\vec{E}$ (intensidad de campo) y por una escalar V (potencial)

$V = \frac{E_p}{m \acute{o}\ q} = E_p\left(\begin{matrix} m=1 \\ q=1\end{matrix}\right)$ Es la energía potencial de la unidad de masa o carga

$V_A - V_B = \frac{E_{pA}}{m \acute{o}\ q} - \frac{E_{pB}}{m \acute{o}\ q} = \frac{E_{pA} - E_{pB}}{m \acute{o}\ q} = \frac{C}{m \acute{o}\ q}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$

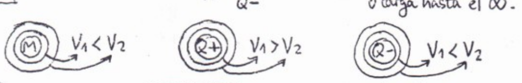
(Origen en el infinito) $V = \frac{C}{m \acute{o}\ q}\frac{1}{r}$ $\begin{cases} \boxed{V_g = -G\frac{M}{r}}\ (J/kg) \\ \boxed{V_e = K\frac{Q}{r}}\ (J/C = V \text{ (voltios)})\end{cases}$



También es el trabajo que realiza la fuerza para desplazar la unidad de masa o carga hasta el ∞.

Superficies de nivel (equipotenciales):

V varía con r =>



Relación entre $\vec{E}$ y V: $\vec{F} = -\vec{\nabla}E_p$; $\frac{\vec{F}}{m \acute{o}\ q} = -\vec{\nabla}\frac{E_p}{m \acute{o}\ q}$; $\boxed{\vec{E} = -\vec{\nabla}V}$ $-q\Delta V = \Delta E_c$

$\vec{E}$ y $\vec{\nabla}V$ (gradiente del potencial) tienen la dirección de máxima variación de V: perpendiculares a las superficies equipot.

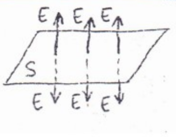
$\vec{\nabla}V$ tiene el sentido del potencial creciente y $\vec{E}$ el del potencial decreciente.

En un conductor eléctrico, si hay diferencia de potencial entre 2 puntos (tensión eléctrica) existirá un movimiento de cargas (corriente) hasta que se equilibre el potencial.

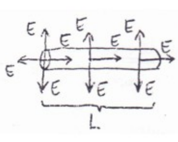
Principio de superposición: $\vec{F}, \vec{E}, E_p, V$ debido a varias cuerpos son iguales a la suma de los creados por las cuerpos por separado

Campo eléctrico estático creado por cuerpos cargados uniformemente (carga total Q>0)

Esfera
$|\vec{E}| = K\frac{Q}{r^2}$



Plano
$|\vec{E}| = 2\pi K\frac{Q}{S}$



Hilo
$|\vec{E}| = 2K\frac{Q}{Lr}$