



FÍSICA

1ª Edició:

febrer, 2024

Coordinació

Cristina Cabezas Martín

Redacció

Nick Gutiérrez

Revisió

Pau Montané

Disseny

Ainara García Miguel

Si t'agrada aquest manual,
aprèn a memoritzar-lo a



Formació Ninja dona suport a la protecció de drets d'autor.

El *copyright* estimula la creativitat, defensa la diversitat en l'àmbit de les idees i el coneixement, promou la lliure expressió i afavoreix una cultura viva. Gràcies per subscriure't a Formació Ninja i per respectar les lleis de Dret d'Autor i *copyright*. En fer-ho, estàs donant suport a aquest projecte i permetent que Formació Ninja continuï donant classes i publicant aquest manual per a tots els opositors a bombers d'Espanya.

Formació Ninja, 2024
La nova escola de les oposicions a bomber



2402016819672



Física

1	Introducció	4
2	Sistema internacional de mesures	
	2.1 Sistema Internacional d'Unitats (SI)	5
3	Cinemàtica. Velocitat i acceleració	
	3.1 Cinemàtica	12
4	Dinàmica. Força i pes. Acció i reacció	
	4.1 Dinàmica	21
	4.2 Lleis de Newton	21
	4.3 Força	23
5	Vectors	
	5.1 Magnituds vectorials	28
	5.2 Suma i resta de vectors	29
6	Moment d'una força	30
7	Treball, potència i energia (Energia potencial. Energia cinètica). Principi de conservació de l'energia	
	7.1 Treball, energia i potència	32
8	Annex	35



Introducció

El terme *física* prové del grec *physis*, que significa *realitat* o *naturalesa*. La física estudia les **propietats** de la naturalesa i els components fonamentals de l'univers: energia, matèria, espai i temps, i els vincles entre ells.

Es tracta d'una ciència bàsica, estretament relacionada amb les matemàtiques i la lògica. No solament elabora teories, sinó que les seves troballes es poden comprovar mitjançant experimentació. Les teories que planteja permeten fer previsions sobre futurs experiments.

Es tracta d'una ciència fonamental en el desenvolupament de la Humanitat, i s'ha estudiat en totes les civilitzacions. Alguns dels noms de persones que han atribuït a desenvolupar la física com a disciplina són Galileu Galilei, Isaac Newton, Albert Einstein o el nostre coetani Stephen Hawking, citant solament exemples del món occidental.

La Física pot explicar tant la composició de les partícules més petites com el naixement d'una estrella.

Empèdocles, filòsof i físic grec, va demostrar l'existència de l'aire mitjançant un aparell anomenat *clepsidra*. Es tractava d'una esfera de coure que s'omplia d'aigua quan se submergia en ella, a través d'uns orificis que tenia en el fons. En la part superior tenia un coll obert. Quan extreia la clesidra de l'aigua sense tapar l'obertura de la part superior, l'aigua queia. En canvi, si tapava aquesta obertura, el líquid romaní a l'interior, malgrat els orificis del fons. La seva conclusió va ser que l'aigua no sortia perquè l'aire ho impedia.

2

Sistema internacional de mesures

Els sistemes d'unitats consisteix en l'elecció de diferents maneres de classificar les magnituds físiques dels objectes i conceptes. En essència, són diferents maneres de classificar i mesurar conceptes o magnituds com l'espai o el pes, amb la particularitat que mai hi ha més d'una unitat associada a una mateixa magnitud.

Actualment, el més reconegut és el Sistema Internacional d'Unitats (SI).

2.1 Sistema Internacional d'Unitats (SI)

Per a facilitar i unificar l'ús de les unitats per a diferents tipus de magnituds, agilitant així la comunicació i la manipulació de dades, es va decidir crear un Sistema Internacional d'Unitats (SI), partint del sistema MKS (metre, quilogram i segon). En aquest, es van posar en comú les **set magnituds fonamentals**, cadascuna amb una unitat bàsica associada i la combinació de la qual va donar lloc també a unitats derivades.

El conjunt d'unitats SI, per tant, està format per:

- Unitats SI bàsiques o fonamentals
- Unitats SI derivades, que es poden catalogar com:
 - Unitats derivades
 - Unitats derivades amb nom propi

També és important saber que les diferents unitats SI poden **classificarse en prefixos**, principis dels seus noms que expressen la quantitat del número i que també poden expressar-se amb el seu propi símbol. D'aquesta manera, els múltiples i submúltiples del **metre (m)** podrien tenir diversos noms (per exemple: quilo-metre (km), deca-metre (dona), centi-metre (cm)).

En el cas dels números molt grans o molt petits, l'expressió numèrica se simplifica usant el que es coneix com a **notacions científiques**. Aquestes s'expressen a través de potències (10^6 , 10^{-12} , etc.), com veurem en la següent taula on es poden veure algunes expressions fins a l'exponent 24 positiu (10^{24}) i negatiu (10^{-24}):

Prefix	Símbol	Factor
deca	dona	10
hecto	h	100
quilo	k	1000
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}
peta	P	10^{15}
exa	E	10^{18}
zelta	Z	10^{21}
yotta	Y	10^{24}

Prefix	Símbol	Factor
deci	d	0,1
centi	c	0,01
mili	m	1
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yocto	y	10^{-24}

2.1.1 Unitats fonamentals

A manera de resum, aquí tindríem una taula amb les unitats bàsiques o fonamentals del Sistema Internacional (SI):

Magnitud fonamental	
Nom	Símbol
Longitud	l, x, r, etc.
Massa	m
Temps, durada	t
Corrent elèctrica	I, i
Temperatura termodinàmica	T
Quantitat de substància	N
Intensitat lluminosa	Iv

Unitat bàsica SI	
Nom	Símbol
metre	m
quilogram	kg
segon	s
ampere	A
kelvin	k
mol	mol
candela	cd

A partir del 20 de maig de 2019 va entrar en vigor una revisió del SI, que definia cada unitat de la forma més homogènia possible, fent-la més comparable davant qualsevol altre sistema d'unitats. Aportant a més, en cada cas, el valor de la constan numèrica de la qual provenen, com a patró. Aquí estan aquestes definicions:

Longitud

La unitat fonamental en el SI de longitud és el **metre (m)**.

Segons el patró o definició de la constant numèrica, és la longitud del **trajecte recorregut per la llum en el buit durant un interval de temps de 1/299.792.458 segons**.

Més concretament, es defineix en fixar el valor numèric de la velocitat de la llum en el buit, c , en 299.792.458, quan s'expressa en la unitat $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, on el segon es defineix en funció de la freqüència del Cesi 30. La fórmula seria aquesta:

$$1 \text{ m} = \left(\frac{c}{299\,792\,458} \right) \text{s} = \frac{9\,192\,631\,770}{299\,792\,458} \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}} \approx 30,663\,319 \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$

Massa

La unitat fonamental en el SI de massa és el **quilogram** (kg).

S'utilitza el concepte de massa com una cosa equivalent al pes d'un objecte en la Terra. En el seu moment, es va definir el kg usant un cilindre de platí-iridi com a patró.

No obstant això, a partir de 2019 es va reformular la definició de la massa segons el patró de la **constant de Planck** h , en $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$, quan s'expressa en la unitat $\text{J} \times \text{s}$, igual a $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, on el metre i el segon es defineixen en funció de c i $\Delta\nu_{\text{Cs}}$. La fórmula seria com segueix:

$$1 \text{ kg} = \left(\frac{h}{6,626\,07015 \times 10^{-34}} \right) \text{m}^2\text{s}$$

Temps

La unitat fonamental en el SI de temps és el **segon** (s).

Antigament, aquesta mesura es definia en funció de la rotació de la Terra, però es va descobrir que era molt més constant i eficient definir-ho en funció d'una **freqüència associada amb l'àtom de cesi**.

Després d'absorbir energia, l'àtom emet llum amb una longitud d'ona i freqüència característica del cesi, que sempre és constant. D'aquesta manera, el segon està definit per la freqüència de la llum emesa en 9.192.631.770 cicles per segon ($\Delta\nu_{\text{Cs}}$), quan s'expressa en la unitat Hz, igual a s^{-1} , concretament en la transició hiperfina de l'estat fonamental no pertorbat de l'àtom de cesi 133. Per tant, la fórmula seria la següent:

$$1 \text{ s} = \frac{9\,192\,631\,770}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$

Corrent elèctric

La unitat fonamental en el SI de corrent elèctric és l'**ampere** (A). L'ampere correspon al corrent elèctric de $1/(1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}) = 6,241\ 509\ 074 \times 10^{18}$ càrregues elementals per segon.

Més concretament, està definit segons el patró aconseguït en fixar el valor numèric de la càrrega elemental (e) en $1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$, quan s'expressa en la unitat C (Coulomb), igual a $A \cdot s$, on el segon es defineix en funció de Δv_{Cs} . Per tant, per a obtenir la unitat **ampere** es requereix a les constants e i Δv_{Cs} , tal com es pot veure en la següent fórmula:

$$1\ A = \left(\frac{e}{1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}} \right) s^{-1}$$

Temperatura termodinàmica

La unitat fonamental en el SI de temperatura termodinàmica és el **kelvin** (K). El kelvin és equivalent a la variació de temperatura termodinàmica que donaria lloc a una variació d'energia tèrmica kT , expressada en $1,380649 \times 10^{-23}$ J.

Més concretament, s'utilitzaria la constant de Boltzmann, k , com a patró per a definir la unitat del kelvin. D'aquesta manera, k en $1,380649 \times 10^{-23}$, expressat en la unitat $J \cdot K^{-1}$, igual a $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$, on el quilogram, el metre i el segon estan definits en funció d' h , c i Δv_{Cs} . La fórmula seria la següent:

$$1\ K = \frac{1,380\ 649 \times 10^{-23}}{(6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34})(9\ 192\ 631\ 770)} \frac{\Delta v_{Cs}\ h}{k} \approx 2,266\ 6653 \frac{\Delta v_{Cs}\ h}{k}$$

Cal anotar que l'escala Celsius estaria definida a partir de l'escala Kelvin. El punt triple de l'aigua, que és quan la forma sòlida, líquida i gasosa es troben en equilibri equival a 0,01 °C en Celsius i 273,16 K en Kelvin.

Quantitat de substància

La unitat fonamental en el SI de quantitat de substància és el **mol** (mol).

Des de 1971, el patró amb el qual s'ha definit al mol ha estat equivalent a la quantitat de substància existent en un sistema amb tantes entitats elementals com àtoms hi ha en 0,012 kg de carboni 12. Aquest patró de quantitat d'entitats elementals es coneix actualment com a número de Avogadro i és de $6,022 \times 10^{23}$.

$$1\ mol = \left(\frac{6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}}{N_A} \right)$$

Intensitat lluminosa

La unitat fonamental en el SI d'intensitat lluminosa és la **candela** (cd). La candela es defineix com una intensitat lluminosa d'una font que emet radiació monocromàtica de freqüència 540×10^{12} Hz i té una intensitat radiant en aquesta direcció de $(1/683)$ W/Sr.

Dit d'una altra forma, s'utilitza la radiació monocromàtica de freqüència 540×10^{12} Hz K^{cd} , en 683, com a patró i s'expressa en la unitat $lm \cdot W^{-1}$, igual a $cd \cdot sr \cdot W^{-1}$.

$$1 \text{ cd} = \left(\frac{K_{ed}}{683} \right) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \text{ sr}^{-1}$$

També pot expressar-se a través de $cd \cdot sr \cdot kg^{-1} \cdot m^{-2} \cdot s^3$, on el quilogram, el metre i el segon es defineixen en funció d' h , c i $\Delta\nu_{Cs}$

$$1 \text{ cd} = \frac{1}{(6,626 \ 070 \ 15 \times 10^{-34})(9 \ 192 \ 631 \ 770)^2 \ 683} (\Delta\nu_{Cs})^2 h K_{ed} \approx 2,614830 \times 10^{10} (\Delta\nu_{Cs})^2 h K_{ed}$$

Unitats derivades

A partir d'aquestes unitats bàsiques, a través del SI, es van definir el que es coneix com a unitats derivades.

Les **unitats derivades** són el resultat de potències a partir d'**operacions matemàtiques entre les unitats fonamentals** descrites anteriorment.

Un bon exemple d'aquesta combinació d'unitats són:

- El metre quadrat (m^2) per a l'àrea
- El metre cúbic per al volum (m^3)
- El metre per segon (m/s) per a la velocitat
- El quilogram per metre cúbic (kg/m^3) per a la densitat.

També hi ha una nomenclatura més, adoptada a partir de 1995, coneguda com la **unitat derivada amb nom propi**. Significa una nova manera (no exclouent) de classificar les unitats derivades.

Unitats derivades amb nom propi

Les **unitats derivades amb nom propi** reben un nom i un símbol propi per a simplificar la seva expressió, fent-les més fàcils de gestionar i manipular per les persones que les utilitzen. Això pot haver sorgit a partir de l'ús habitual de la unitat, o per motius històrics.

Aquí tens una taula amb unitats d'aquest tipus:

Magnitud	Unitat	Magnitud	Unitat	Magnitud	Unitat
Superfície	m ²	Freqüència	1/s = Hz (Hertz)	Capacitat elèctrica	A·s/V = F (Farad)
Volume	m ³	Pressió	N/m ² = Pa (Pascal)	Inductància	V·s/A = H (Henrio)
Velocitat	m/s	Velocitat angular	rad/s	Angle pla	rad
Acceleració	m/s ²	Acceleració angular	rad/s ²	Angle sòlid	rad ² = sr (Esterorradián)
Força	Kg·m/s ² = N (Newton)	Energia/ Trebball	Kg·m ² /s ² = J (Joule)	Il·luminació	cd·sr/m ² = Lx (lux)
Parell	N·m	Potència	J/s = W (Watt)	Flux lluminós	cd·Sr = lm (Lumen)
Resistència elèctrica	m ² ·Kg / s ³ ·A ² = V/A = Ω (Ohmio)	Càrrega elèctrica	A·s = C (Culombio)	Flux magnètic	V·s = Wb (Weber)
Conductància elèctrica	s ³ ·A ² /kg·m ² = S (Siemens)	Inducció magnètica	V·s/m ² = kg/s ² ·A = T (Tesla)	Voltage	J/C = V (Voltio)
Radioactivitat	1/s = Bq (Becquerel)	Radiació ionitzant	Kg ² ·m ² /s ² = J·Kg= Sv (Sievert)	Densitat de flux magnètic	kg·s ⁻² ·A ⁻¹ = T (Tesla)
Temperatura celsius	K = °C (Grado celsius)	Dosi absorbida	m ² ·s ⁻² = Gy (Gray)	Activitat catalítica	s ⁻¹ ·mol = kat (Katal)

Hi hauria dues unitats derivades purament geomètriques en el Sistema Internacional, aquestes són l'**angle pla** (radian) i l'**angle sòlid** (estereoradián).

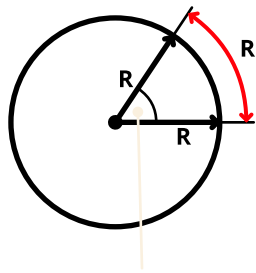
El **radian**, de símbol *rad*, equival a un angle de dues dimensions que té la seva vertex en el centre d'una circumferència i li correspon un arc de longitud igual al radi d'aquest objecte. La circumferència completa expressaria un angle pla 2π rad.

La fórmula del radian seria $\alpha(\text{rad}) = L/R$, on *L* és la longitud de l'arc i *R* és el radi.

L'**estereoradian**, de símbol *sr*, seria l'equivalent tridimensional al radian. En comptes de tractar-se d'una circumferència, estaríem parlant de la superfície d'una esfera. Aquesta superfície seria equivalent al quadrat del radi de l'esfera. D'aquesta manera, l'esfera completa d'un angle sòlid seria representada com 4π sr.

La fórmula de l'estereoradian seria $\Omega(\text{sr}) = S/R^2$, on *S* és la superfície de l'esfera.

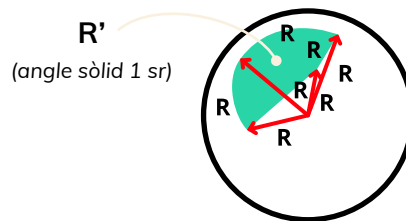
Radian (rad)



$$1 \text{ rad} = 57^\circ 17' 44'',80625$$

$$2 \pi \text{ rad} = 360^\circ$$

Estereoradián (sr)



Esfera completa 4π sr

A part del Sistema Internacional d'unitats de mesura (SI) hi ha altres formes de classificar les unitats. Encara que són menys utilitzats, sí que són interessants i útils en alguns casos:

- El sistema mètric decimal
- El sistema mètric anglosaxó
- Altres sistemes d'unitats de mesura

Si t'agrada aquest manual,
apren a memoritzar-lo a

.ninJA

3

Cinemàtica. Velocitat i acceleració

3.1 Cinemàtica

Aquesta branca de la física descriu el moviment dels objectes sòlids sense tenir en compte les causes (forces) que l'originen.

Estudia principalment la trajectòria en funció del temps.

El moviment és el canvi de posició d'un cos al llarg del temps, respecte a un sistema de referència (per exemple: un viatger que camina sobre el sòl d'un tren i es desplaça, té un moviment respecte al sòl, però aquest moviment no es mou des del punt de vista del tren).

Hi ha 3 tipus de moviments bàsics:

- **Rectilini:** Trajectòria recta, hi ha els següents tipus:
 - **MRU:** Moviment Rectilini Uniforme, de velocitat constant. Moviment d'un cos en el qual la suma de totes les forces que actuen sobre ell és igual a zero.

$$v = x / t$$

v = velocitat

x = espai

t = temps

v

- **MRUA:** Moviment Rectilini Uniformement Accelerat, d'acceleració constant i velocitat variable. Moviment en el qual la suma de les forces valen un valor diferent de zero, fent que el cos vagi guanyant o perdent velocitat.

$$d = (v_0 + v_F / 2) \cdot t$$

$$x = 1/2 \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0$$

$$v_F^2 = (v_0^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

$$a = v_F - v_0 / t$$

- d =** distància
- v₀ / v_F =** velocitat inicial i final (m/s)
- t =** interval de temps (s)
- a =** acceleració del cos
- x₀ / x =** posició del cos inicial i actual

- **Circular:** Trajectòria en forma de cercle, de radi constant. Inclou els següents moviments:
 - **MCU:** Moviment Circular Uniforme, amb velocitat angular constant. Igual que en l'MRU, la suma de totes les forces que actuen sobre el cos val zero.
 - **MCUA:** Moviment Circular Uniformement Accelerat, d'acceleració angular constant i velocitat variable. La suma de les totes les forces té un valor diferent de zero.
- **Parabòlic:** Descriu una paràbola, és la suma d'MRU i MRUA. Moviment resultat de tirar un objecte amb un cert angle respecte el sòl. Es pot separar en 2 moviments:
 - **Eix horitzontal:** MRU
 - **Eix vertical:** MRUA (acceleració de la gravetat)

Per a aconseguir el màxim abast, cal fer el llançament a *45º del sòl. En qual-sevol altre cas, l'objecte no arribarà tan lluny.

3.1.1 Velocitat

Velocitat mitjana

La velocitat mitjana d'una partícula es defineix com el quocient del desplaçament Δx (increment de x) i l'interval de temps $\Delta t = t_f - t_i$

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

El desplaçament i la velocitat mitjana poden tenir valors positius o negatius. Si el valor és positiu, indica un desplaçament en la direcció x positiva.

La velocitat mitjana es mesura en el SI en m/s.

Exemple:

Si el baluern d'un tro se sent en un punt 3 segons després que es produeix el llamp, i suposant-li al so una velocitat de 330 m/s, quina distància hi ha des d'on es produeix el llamp fins al punt on s'ha sentit el tro?

$$\Delta s = (v_m) (\Delta t)$$

Substituint:

$$\Delta s = \left(330 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) (3\text{s}) = 990\text{m}$$

Concepte de límit

Límit en un punt finit

El límit de $f(x)$ quan x tendeix al punt a és L si la funció pren valors cada vegada més pròxims a L quan x pren valors cada vegada més pròxims al punt a . S'expressa mitjançant:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$$

Exemple:

Considerant la funció $f(x) = x^2$. Per a calcular el seu límit en el punt $x = 2$, donem a x valors pròxims a 2 per la seva esquerra i per la seva dreta.

Per l'esquerra:

$$\begin{aligned} f(1,9) &= 3,61 \\ f(1,95) &= 3,8025 \\ f(1,99) &= 3,9601 \\ f(1,999) &= 3,996001 \end{aligned}$$

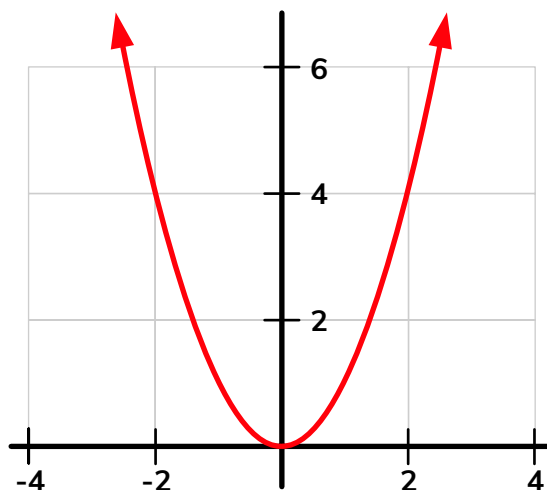
Per dreta:

$$\begin{aligned} f(2,2) &= 4,84 \\ f(2,1) &= 4,41 \\ f(2,05) &= 4,2025 \\ f(2,01) &= 4,0401 \\ f(2,001) &= 4,004001 \end{aligned}$$

S'observa que la funció tendeix a 4 per tots dos costats de 2.

Per tant, el seu límit és 4:

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow 2} x^2 &= 4 \end{aligned}$$



Velocitat instantània

Coneixent el concepte de valor límit al qual tendeix una velocitat mitjana, es pot mesurar la velocitat instantània quan el valor de temps és 0. S'expressa de la següent manera:

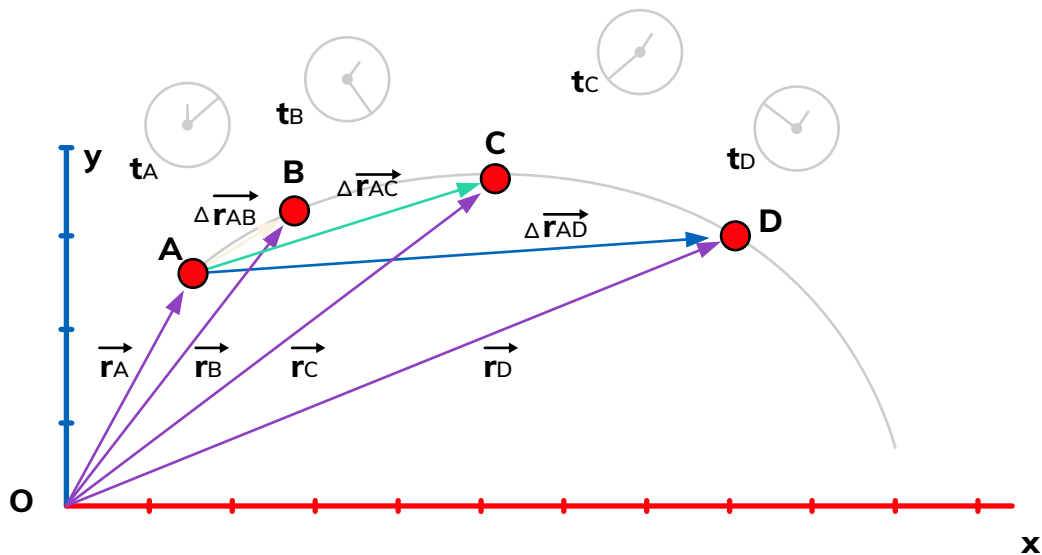
$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

\vec{v} = Vector velocitat instantània. La seva unitat de mesura en el Sistema Internacional és el metre per segon (m/s)

\vec{v}_m = Vector velocitat mitjana. La seva unitat de mesura en el Sistema Internacional és el metre per segon (m/s)

Δr = Vector desplaçament. La seva unitat de mesura en el Sistema Internacional és el metre (m)

Δt = Interval de temps que tendeix a 0, és a dir, un interval *infinitament petit. La seva unitat de mesura en el Sistema Internacional és el segon (s)



Velocitat relativa

Per a especificar la velocitat d'una partícula ha de tenir-se en compte el sistema de referència que s'usa, ja que quant a la velocitat absoluta no és el mateix caminar dins d'un avió en moviment que en repòs.

$$\mathbf{v}_{BA} = \mathbf{v}_B - \mathbf{v}_A$$

3.1.2 Acceleració

El moviment d'una partícula en acceleració constant és comuna en la naturalesa. L'acceleració es pot interpretar com **la taxa de canvi de la velocitat instantània amb les dimensions d'una longitud dividida pel temps al quadrat** (m/s^2). Si l'acceleració és 0, significa que la velocitat és constant. Hi ha dos tipus d'acceleració:

- **Acceleració mitjana:** Acceleració en un interval concret de temps.

$$\vec{\mathbf{a}}_m = \frac{\vec{\mathbf{v}}_2 - \vec{\mathbf{v}}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{\mathbf{v}}}{\Delta t}$$

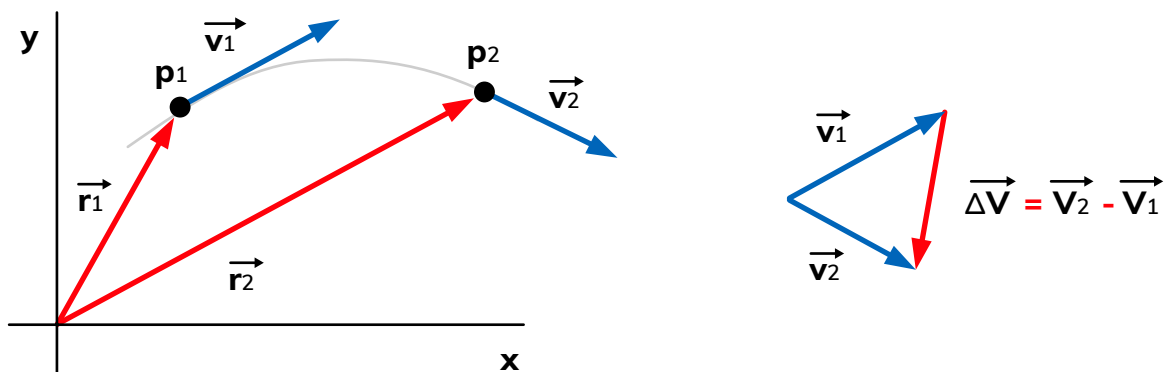
$\vec{\mathbf{a}}_m =$ És l'**acceleració mitjana** del punt material

$\vec{\mathbf{v}}_1, \vec{\mathbf{v}}_2 =$ Vectors velocitat en els punts P_1 i P_2 respectivament

$t_1, t_2 =$ Instants de temps inicial i final respectivament

$\Delta \vec{\mathbf{v}} =$ **Variació de la velocitat** entre els punts inicial i final P_1 i P_2

$\Delta t =$ Temps invertit a realitzar el moviment entre P_1 y P_2



vector variació de velocitat

$$\Delta \vec{\mathbf{V}} = \vec{\mathbf{V}}_2 - \vec{\mathbf{V}}_1$$

- **Acceleració instantània:** Límit quocient de la velocitat mitjana quan el temps tendeix a 0.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

\vec{a} = És l'acceleració del cos

\vec{a}_m = Vector acceleració mitjana

$\Delta \vec{v}$ = Vector variació de la velocitat

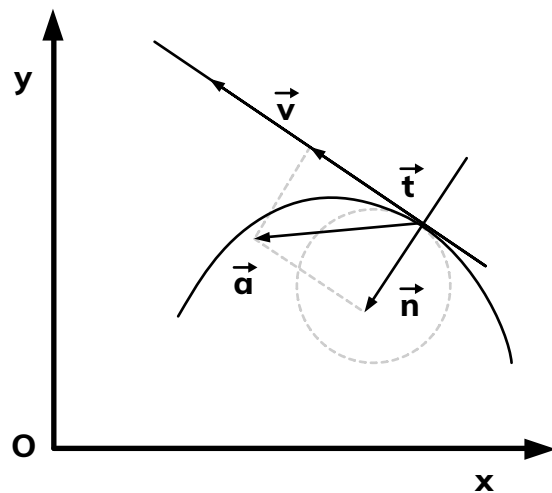
Δt = Interval de temps que tendeix a 0, és a dir, un interval infinitament petit

En el moviment pla curvilini de l'acceleració també hi ha direccions característiques en cada punt de la trajectòria:

- **Acceleració normal (a_n):** Canvi de direcció del moviment, anul·lat en moviment rectilini.
- **Acceleració tangencial (a_t):** Variació del mòdul de la velocitat, anul·lat si la velocitat és constant.

$$\vec{a} = a_t \vec{T} + \frac{v^2}{\rho} \vec{\eta}$$

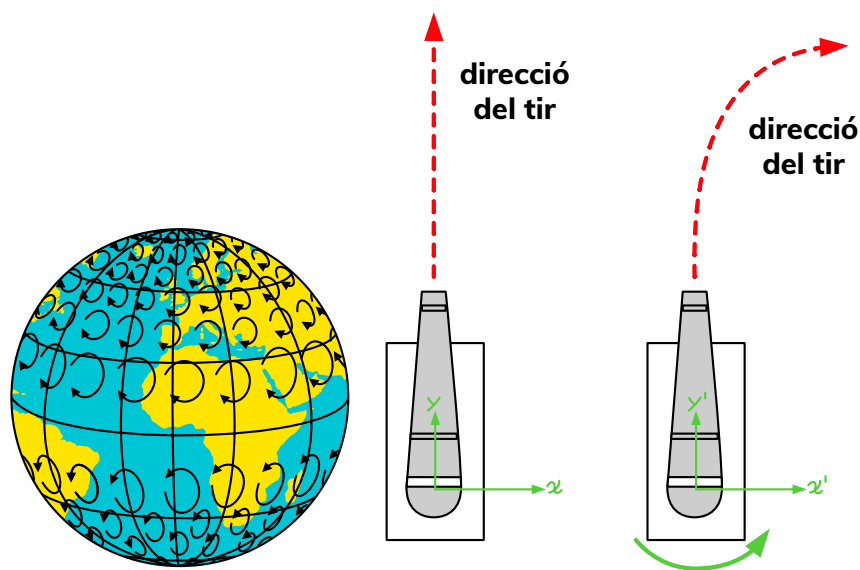
$$a_t = \frac{dv}{dt} \quad a_n = \frac{v^2}{\rho}$$



Acceleració coriolis

L'efecte Coriolis és un fenomen que es genera en la Terra a causa de la seva rotació i és responsable que els vents del planeta tinguin un sentit contrari en l'hemisferi sud. La Terra seria el sistema de referència en el qual estem, per la qual cosa de la mateixa forma que ocorria amb la velocitat relativa, també pot donar-se una **acceleració relativa**, perpendicular a l'eix de rotació del sistema, així com als seus components radial i tangencial.

Si l'objecte es mou sobre l'eix del radi d'un disc en rotació, tendeix a accelerar-se segons si s'acosta o allunya de l'eix de gir, això crea una **força inercial** o **força de Coriolis**, que accelera l'objecte des del punt de vista de l'observador en rotació.



3.1.3 Cinemàtica angular

Moviment curvilini pla, de trajectòria circular, que dona voltes a un centre de radi fix R , amb magnituds escalars:

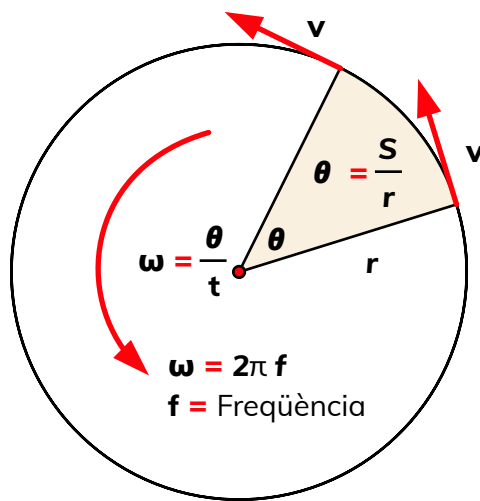
- **Angle o distància angular (θ):** Angle des de l'origen de referència, mesurat en **rad** en el SI.
- **Velocidad angular (ω):** Espai angular recorregut en un cert temps, mesurat en **rad/s** en el SI.
- **Aceleración angular (α):** Variació de velocitat angular en el temps, mesurat en **rad/s²** en el SI.

La cinemàtica angular també té magnituds periòdiques, que mesuren cada cicle o volta del moviment:

- **Període:** Temps que triga a completar-se un cicle, mesurat en **s** en el SI.
- **Freqüència:** Nombre de cicles que ocorren per unitat de temps, mesurat en **Hz** en el SI.

$$f = \frac{1}{T}$$

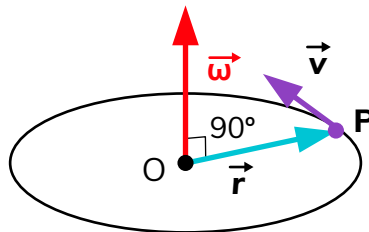
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$



$$\omega = \frac{v}{r}$$

ω = Velocitat angular

v = Velocitat Lineal



$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_1 - \omega_0}{t_1 - t_0}$$

Sent ω_0 la velocitat angular en l'instant inicial t_0 i ω_1 la velocitat angular en l'instant final t_1

4

Dinàmica. Força i pes. Acció i reacció

4.1 Dinàmica

La dinàmica **descriu l'evolució d'un sistema físic en el temps**, relacionat amb les causes que canvien l'estat físic o de moviment del cos. També descriu els factors que puguin produir alteracions a un sistema físic, així com quantificar-los i plantejar **equacions de moviment**. En els casos més senzills s'usen equacions de la mecànica newtoniana.

4.2 Lleis de Newton

1ª llei de Newton: Tots els cossos mantenen la **inèrcia** de la força que se'ls ha aplicat. Per tant, si no actua cap força, o la suma de forces aplicades val zero, el cos manté el seu estat.

Per tant, tot cos en repòs, seguirà en repòs fins que se li apliqui una força externa, així com tot cos en moviment, continuarà movent-se a velocitat constant tret que actui sobre ell una força externa. Si s'aplica més força, la velocitat serà major.

2ª llei de Newton: Principi fonamental de la **dinàmica**, en el qual es parla sobre l'acceleració que sofreix un cos, que és en la direcció i en proporció a la suma de la intensitat de totes les forces que se li apliquen, tenint en compte la massa del cos.

La força neta que actua sobre el cos, també coneguda com a *força resultant*, és el vector que suma totes les forces que actuen sobre ell:

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_{\text{neta}} &= \sum \mathbf{F} \\ \sum \mathbf{F} &= m \cdot \mathbf{a} \end{aligned}$$

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} \rightarrow \mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

3ª llei de Newton: Principi que tracta sobre l'**acció-reacció** dels cossos, en la qual es diu que les forces sempre actuen per parells iguals i oposats. D'aquesta manera, sempre que un cos exerceixi una força sobre un altre, aquest al seu torn exercirà una força igual en el sentit contrari.

$$\mathbf{F}_{B,A} = -\mathbf{F}_{A,B}$$

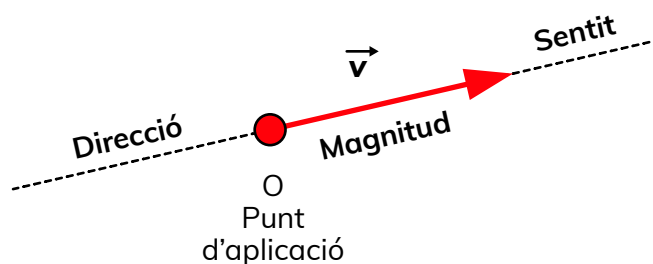
Si t'agrada aquest manual,
aprèn a memoritzar-lo a

.ninJA

4.3 Força

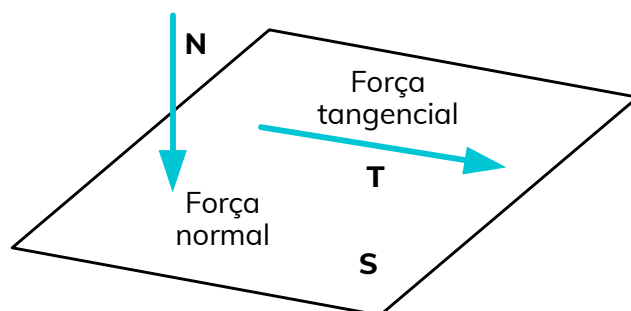
La força, mesura en el SI en **newtons (N)**, és com es coneix qualsevol acció o influència capaç de **modificar l'estat d'un cos** (en repòs o en moviment).

Aquesta modificació s'aconseguirà mitjançant la influència de l'acceleració que la força provoca sobre el cos. Aquesta força tindrà una representació com a magnitud vectorial, ja que tindrà un punt d'aplicació i s'aplicarà en una direcció, un sentit i amb una intensitat determinats. Quan la força estigui distribuïda sobre una superfície, aquesta es diu tensió o esforç.



Una força pot actuar sobre una superfície (S) de dues maneres:

- **Força normal (N)**: Actua de manera perpendicular a la superfície.
- **Força tangencial (T)**: Quan la superfície conté a la força.

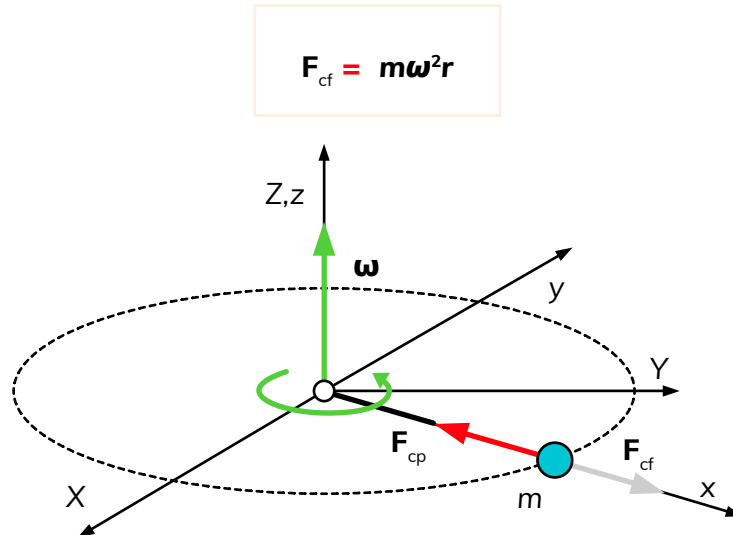


Hi ha diferents tipus més de força a tenir en compte:

- **Força de fregament (F_f)** o fricció entre dues superfícies, que impedeix el desplaçament dels cossos. Aquesta pot ser estàtica (F_e) o dinàmica (F_d).
- **Força centrípeta (F_{ep})**, produïda en tot moviment de trajectòria corba, de ràdio r a una velocitat v . També es coneix com a força real.

$$F_{ep} = m \frac{v^2}{r}$$

- **Força centrífuga (F_{cf})**, produïda des d'un sistema de referència no inercial, quan el cos es mou a causa de la força centrípeta, que és l'oposat a la centrífuga, però en la mateixa direcció i intensitat.



Altres conceptes importants relacionats amb la força:

La tensió en cables és el resultat de la **tracció**, produïda per les forces en un sòlid quan actuen en sentit contrari però mateixa direcció, separant les seves fibres o allargant-ho. Quan un cable està suportant un pes, està sotmès a la mateixa força en tota la seva extensió. Per a reduir la càrrega del pes, aquest es pot repartir entre diversos cables.

Massa puntual

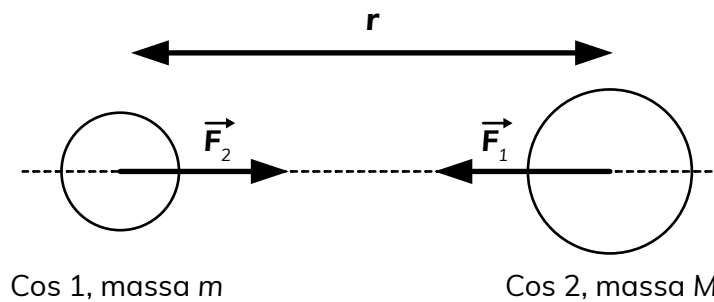
La suma vectorial de totes les forces aplicades sobre la massa és zero, tal com s'esmenta en la segona llei de Newton. Això pot donar-se en dues condicions:

- **Equilibri estàtic:** La massa es queda en repòs. Pot haver-hi equilibri estàtic traslacional i rotacional.
- **Equilibri dinàmic:** La massa es mou a una velocitat constant.

$$\sum F_i = 0$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- F** = força
G = constant gravitacional
m₁ = massa de l'objecte 1
m₂ = massa de l'objecte 2
r = distància entre els centres de les masse



Altres conceptes relacionats amb la força i la gravetat:

- **Acceleració de la gravetat:** Representada com g_n , té un valor de $9,81 \text{ m/s}^2$, arrodonit a $9,8 \text{ m/s}^2$ o 10 m/s^2 .
- **Força pes o pes (P):** Força en direcció al radi terrestre amb la qual és atreta un cos.

$$P = mg$$

- **Força gravitacional (g):** Força amb la qual la Terra atreu als cossos pròxims a la seva superfície. Sent M_T la massa de la Terra, r_T el seu radi i m la massa dels cossos que atreu.

$$g = G \frac{M_T}{r_T^2}$$



Vectors

En aquest curs treballarem amb magnituds escalars i amb magnituds vectorials.

- **Magnitud escalar:** Està completament determinada amb un número i les seves unitats.
- **Magnitud vectorial:** A més d'un valor numèric i les seves unitats (mòdul), s'ha d'especificar la seva adreça i sentit.

L'ús de l'una o l'altra dependrà de la naturalesa d'allò que volem mesurar: la temperatura d'un cos, la densitat d'un cos o la seva massa, es representaran amb un número. En canvi, magnituds com ara força, velocitat, acceleració, camp elèctric requeriran vectors per a la seva representació.

Un vector és tridimensional i es defineix mitjançant tres números, anomenats **components** o **coordenades del vector**.

En funció del sistema de coordenades que utilitzem, els components d'un vector poden variar, però sempre es relacionaran entre ells de manera sistemàtica.

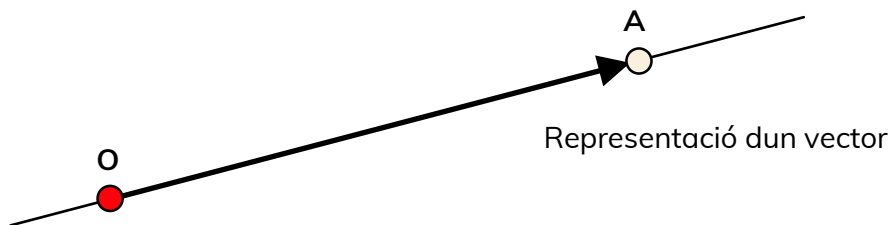
Si t'agrada aquest manual,
aprèn a memoritzar-lo a



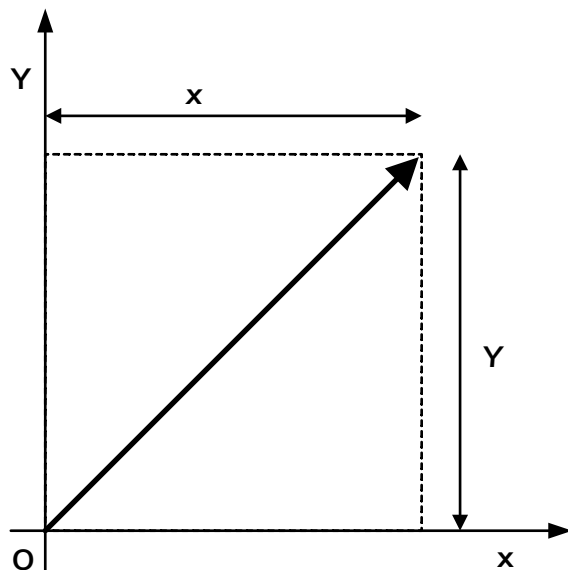
5.1 Magnituds vectorials

Magnitud definida per un vector, representada per una línia recta, en la qual s'indiquen:

- **Adreça:** L'orientació o direcció del vector queda representada mitjançant la mateixa línia.
- **Sentit:** En un dels dos costats de la línia hi ha dibuixada una fletxa, que indica el sentit del vector.
- **Mòdul:** Valor o amplitud de la magnitud, representada per la longitud del segment de recta, amb la seva pròpia unitat de mesura. Segons el teorema de Pitàgores, aquest és el mateix que el de les coordenades.
- **Punt d'aplicació:** Lloc en el qual s'aplica la força.



$$\text{Mòdul} = \sqrt{x^2 + y^2}$$



La magnitud física vectorial pot representar-se de dues maneres, usant com a exemple el vector de la velocitat:

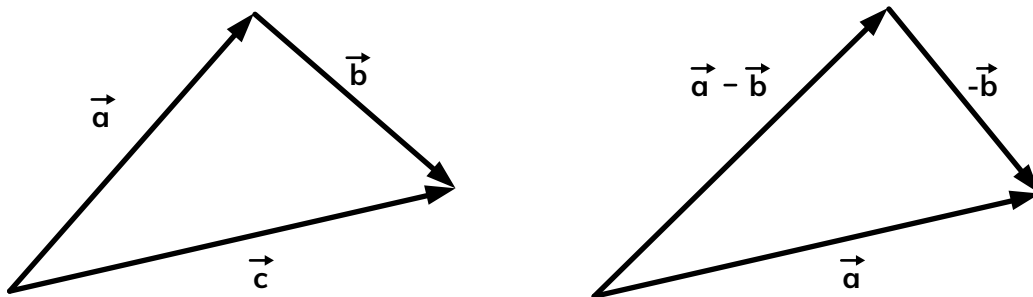
- Fletxa damunt del símbol: \vec{v}
- En lletra negreta: \mathbf{v}

Per a referir-nos al mòdul s'usa el mateix símbol sense negreta ni fletxes o el símbol amb fletxa entre dues barres verticals és a dir: v o \vec{v}

5.2 Suma i resta de vectors

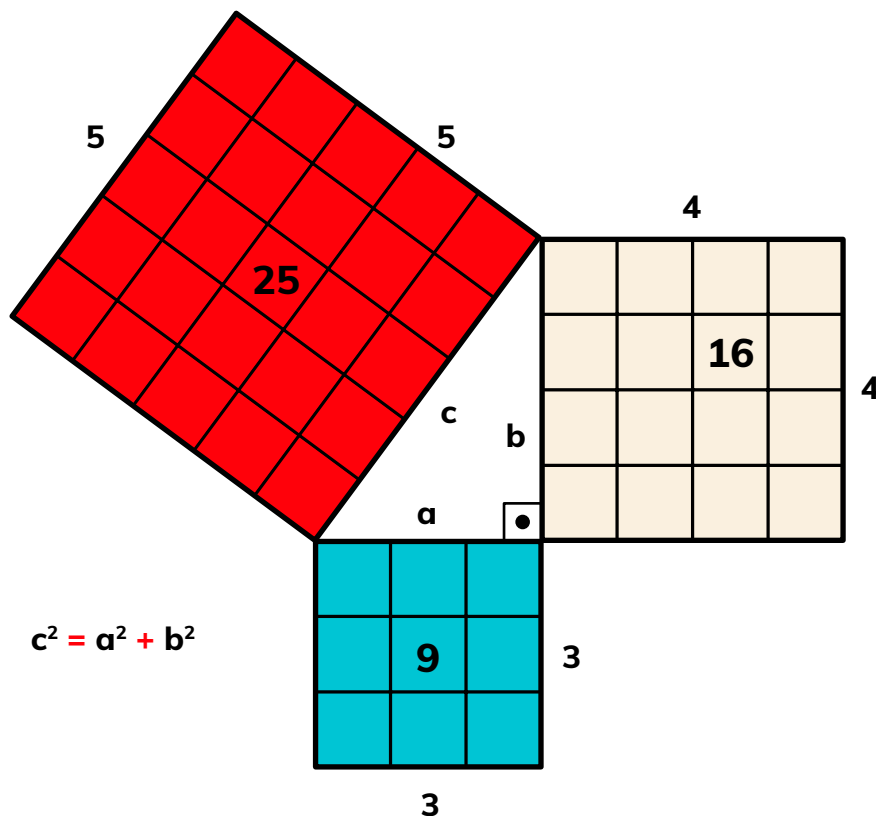
Com qualsevol altre element matemàtic, els vectors també es poden sumar i restar, de dues maneres:

Geomètricament



Algebraicament

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b} \left\{ \begin{array}{l} \vec{a} = (x_a \cdot y_a) \\ \vec{b} = (x_b \cdot y_b) \end{array} \right. \longrightarrow \vec{c} = (x_a + x_b \cdot y_a + y_b)$$



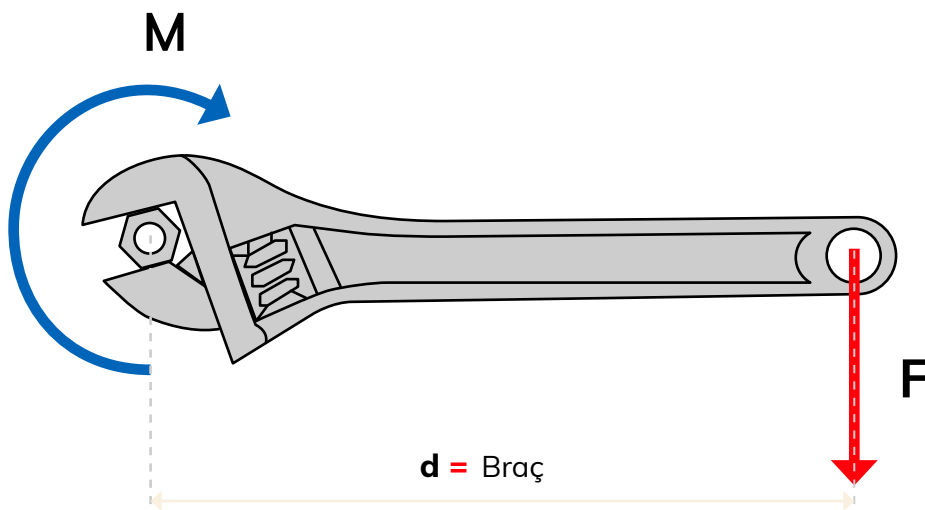
6

Moment d'una força

6.1 Moment d'una força

El moment d'una força (M) és el **producte vectorial entre la força i una distància**. En altres paraules, indica la capacitat de la força per provocar un gir o rotació en un punt.

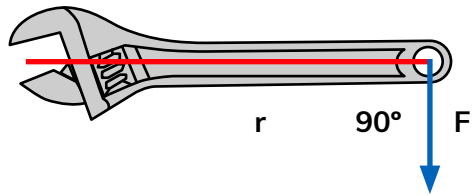
Per calcular M , es multiplica la força aplicada (F) per la distància respecte al punt d'aplicació o braç (d):



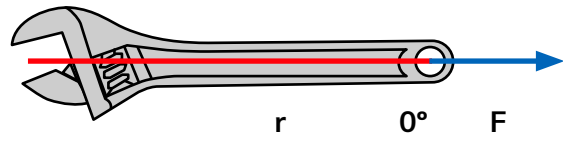
$$M = F \cdot d$$

- M = Moment (N.m.)
- F = Força aplicada (N)
- d = Braç (m)

Moment màxim



Moment nul



7

Treball, potència i energia (Energia potencial. Energia cinètica). Principi de conservació de l'energia

7.1 Treball, energia i potència

En aplicar la força sobre els cossos es poden aconseguir diferents efectes, que es podrien resumir en treball, energia cinètica i energia potencial.

Treball

Ja hem parlat sobre la unitat de treball (J) en el nostre manual sobre Unitats de Mesura, però en relació amb una força s'entén com a treball si aquesta provoca un desplaçament.

$$W = \text{Força} \times \text{distància} = F \cdot s$$

Energia

Perquè un cos pugui desplaçar-se, necessita convertir el treball rebut en energia. Hi ha diversos tipus d'energia:

- **Energia cinètica (E_c):** Energia que rep un cos per estar en moviment.

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

- **Energia potencial (E_p):** Energia que té un cos segons la seva posició dins d'un camp de forces, en espera de ser utilitzada. Hi ha tres tipus d'energia potencial:

- **Energia potencial gravitatòria:** Causada per l'acceleració de la gravetat combinada amb l'altura respecte al sòl. Està associada a la força de la llei de gravitació universal (F_g).

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

- **Energia potencial electroestàtica:** Energia associada a la força electroestàtica de la llei de Coulomb.

$$E_p = K \frac{Q \cdot Q'}{r}$$

- **Energia potencial elàstica:** Energia associada a la força de deformació elàstica de la llei de Hooke.

- **Energia mecànica (E_m):** Energia que és la suma de E_c y E_p .

$$E_{epe} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (\Delta x)^2$$

Principi de conservació de l'energia

El principi de la conservació de l'energia defineix diversos conceptes més relacionats amb el treball i l'energia. En primer lloc, estableix dos tipus de forces:

| Forces conservatives

Forces en les quals el treball no depèn del camí, sinó de la **posició inicial** i la **posició final**.

- La força conservativa és 0 quan el punt inicial i el final coincideixen.
- Mai es perd el treball, ni en forma de calor, ni en fricció. La E_m es conserva i no canvia.
- El treball serà el mateix d'un punt a un altre, tant si hi ha corbes com si és recte.

| Forces no conservatives

Forces en les quals el treball **depèn del camí** realitzat per a anar de la posició inicial a la posició final.

- El treball es perd, es dissipa, transformant la E_m en calor.
- El treball d'energia cinètica s'aplica a les forces no conservatives.

Hi ha diversos punts clau més a tenir en compte sobre aquest principi:

- L'energia no es crea ni es destrueix, només es transforma.
- L'energia total d'un sistema és constant.
- L'energia mecànica (E_m), sense fregaments ni accions externes, es conserva.
- Quan en un sistema només actuen forces conservatives, la E_m es conserva.
- Quan actuen forces no conservatives, no es conserva la E_m , però l'energia total sí.

Potència

La potència, que es mesura en W en el SI, és igual a l'energia o treball per unitat de temps. Indica com de ràpid es fa un treball, transformant aquest en energia en un temps menor.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$$

8

Annex

Unitats bàsiques

Magnitud física fonamental	Unitat bàsica o fonamental	Símbol	Definició
Longitud	metre	m	El metre és la longitud de trajecte recorregut en el buit per la llum durant un temps de $1/299.792.458$ de segon.
Massa	quilogram	kg	El quilogram es defineix com el valor numèric de la constant de Planck h , en $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$, quan s'expressa en la unitat $J \times s$, igual a $kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$, on el metre i el segon es defineixen en funció de c i $\Delta\nu_{Cs}$.
Temps	segon	s	El segon (s) és la durada de $9.192.631.770$ períodes de la radiació corresponent a la transició entre els dos nivells hiperfins de l'estat fonamental de l'àtom de cesi 133.
Intensitat de corrent elèctric	ampere o ampere	A	A l'ampere correspon al corrent elèctric de $1/(1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}) = 6,241\ 509\ 074 \times 10^{18}$ càrregues elementals per segon.
Temperatura	kelvin	K	El kelvin és equivalent a la variació de temperatura termodinàmica que donaria lloc a una variació d'energia tèrmica kT , expressada en $1,380649 \times 10^{-23}$ J. Més concretament, s'utilitzaria la constant de Boltzmann, k , com a patró per a definir la unitat del kelvin. D'aquesta forma, k en $1,380649 \times 10^{-23}$, expressat en la unitat $J \cdot K^{-1}$, igual a $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$, on el quilogram, el metre i el segon estan definits en funció d' h , c i $\Delta\nu_{Cs}$.
Quantitat de substància	mol	mol	El mol és l'equivalent a la quantitat de substància existent en un sistema amb tantes entitats elementals com àtoms hi ha en $0,012$ kg de carboni 12. Aquest patró de quantitat d'entitats elementals es coneix actualment com a número de Avogadro i és de $6,022 \times 10^{23}$.
Intensitat lluminosa	candela	cd	La unitat fonamental en el SI d'intensitat lluminosa és la candela (cd). La candela es defineix com una intensitat lluminosa d'una font que emet radiació monocromàtica de freqüència 540×10^{12} Hz i té una intensitat radiant en aquesta direcció de $(1/683)$ W/Sr. Dit d'una altra forma, s'utilitza la radiació monocromàtica de freqüència 540×10^{12} Hz Kcd, en 683, com a patró i s'expressa en la unitat $lm \cdot W^{-1}$, igual a $cd \cdot sr \cdot W^{-1}$.

**Unitats derivades expressades a partir
d'unitats bàsiques i suplementàries**

Magnitud	Nom	Símbol
Superfície	metre quadrat	m ²
Volume	metre cúbic	m ³
Velocitat	metre per segon	m/s
Acceleració	metre per segon quadrat	ms ²
Massa en volum	quilogram per metre cúbic	kg/m ³
Velocitat angular	radiant per segon	rad/s
Acceleració angular	radiant per segon quadrat	rad/s ²

**Unitats fora del Sistema Internacional
en ús amb el Sistema Internacional**

Nom	Símbol	Valor en unitat SI
minut	min	1 min = 60 s
hora	h	1 h = 60 min = 3.600 s
dia	d	1 d = 24 h = 86.400 s
grau	°	1° = (π/180) rad
minut	'	1' = (1/60)° = (π/10.800) rad
segon	"	1" = (1/60)' = (π/648.000) rad
litre	l, L	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
tona	t	1 t = 10 ³ kg
bel	B	1 B = (1/2) ln 10 (Np)
neper	Np	1 Np = 1

Unitats SI derivades amb noms i símbols especials

Magnitud	Nom	Símbol	Expressió en altres unitats SI	Expressió en unitats SI bàsiques
Freqüència	hertz	Hz		s^{-1}
Força	newton	N		$m\ kg\ s^{-2}$
Pressió	pascal	Pa	Nm^{-2}	$m^{-1}\ kg\ s^{-2}$
Energia, treball, quantitat de calor	joule	J	$N\ m$	$m^2\ kg\ s^{-2}$
Potència	watt	W	$J\ s^{-1}$	$m^2\ kg\ s^{-3}$
Quantitat d'electricitat carrega elèctrica	coulomb	C		$s\ A$
Potencial elèctric força electromotriu	volt	V	$W\ A^{-1}$	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
Resistència elèctrica	ohm	Ω	$V\ A^{-1}$	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
Capacitat elèctrica	farad	F	$C\ V^{-1}$	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
Flux magnètic	weber	Wb	$V\ s$	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
Inducció magnètica	tesla	T	$Wb\ m^{-2}$	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
Inductància	henry	H	$Wb\ A^{-1}$	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$

Unitats suplementàries del sistema internacional (SI)

Magnitud	Nom	Símbol
Angle pla	radiant	rad
Angle sòlid	estereoradiant	sr

Definicions per a algunes unitats derivades

Unitat de velocitat	Un metre per segon (m/s o $m s^{-1}$) és la velocitat de un cos que, amb moviment uniforme, recorre, una longitud d'un metre en 1 segon.
Unitat d'acceleració	Un metre per segon quadrat (m/s^2 o $m s^{-2}$) és l'acceleració d'un cos, animat de moviment uniformement variat, la velocitat del qual varia cada segon, 1 m/s.
Unitat de velocitat angular	Un radiant per segon (rad/s o $rad s^{-1}$) és la velocitat d'un cos que, amb una trencadació uniforme al voltant d'un eix fix, gira en 1 segon, 1 radiant.
Unitat d'acceleració angular	Un radiant per segon quadrat (rad/s^2 o $ad s^{-2}$) és l'acceleració angular d'un cos animat d'una rotació uniformement variada al voltant d'un eix fix, la velocitat angular del qual, varia 1 radiant per segon, en 1 segon.

Definicions per a algunes unitats derivades

Unitat de freqüència	Un hertz (Hz) és la freqüència d'un fenomen periòdic el període del qual és 1 segon.
Unitat de força	Un newton (N) és la força que, aplicada a un cos que té una massa d'1 quilogram, li comunica una acceleració d'1 metre per segon al quadrat.
Unitat de pressió	Un pascal (Pa) és la pressió uniforme que, actuant sobre una superfície plana d'1 metre quadrat, exerceix perpendicularment a aquesta superfície una força total d'1 newton.
Unitat d'energia, treball, quantitat de calor	Un joule (J) és el treball produït per una força d'1 newton, el punt d'aplicació del qual es desplaça 1 metre en la direcció de la força.
Unitat de potència, flux radiant	Un watt (W) és la potència que dona lloc a una producció d'energia igual a 1 joule per segon.
Unitat de quantitat d'electricitat, càrrega elèctrica	Un coulomb (C) és la quantitat d'electricitat transportada en 1 segon per un corrent d'intensitat 1 ampere.
Unitat de potencial elèctric, força electromotriu	Un volt (V) és la diferència de potencial elèctric que existeix entre dos punt d'un fil conductor que transporta un corrent d'intensitat constant d'1 ampere quan la potència dissipada entre aquests punts és igual a 1 watt.
Unitat de resistència elèctrica	Un ohm (Ω) és la resistència elèctrica que existeix entre dos punts d'un conductor quan una diferència de potencial constant d'1 volt aplicada entre aquests dos punts produeix, en aquest conductor, un corrent d'intensitat 1 ampere, quan no hi hagi força electromotriu en el conductor.
Unitat de capacitat elèctrica	Un farad (F) és la capacitat d'un condensador elèctric que entre les seves armadures apareix una diferència de potencial elèctric d'1 volt, quan està carregat amb una quantitat d'electricitat igual a 1 coulomb.
Unitat de flux magnètic	Un weber (Wb) és el flux magnètic que, en travessar un circuit d'una sola espira produeix en la mateixa una força electromotriu d'1 volt si s'anul·la aquest flux en un segon per decaïment uniforme.
Unitat d'inducció magnètica	Una tesla (T) és la inducció magnètica uniforme que, repartida normalment sobre una superfície d'1 metre quadrat, produeix a través d'aquesta superfície un flux magnètic total d'1 weber.
Unitat d'inductància	Un henry (H) és la inductància elèctrica d'un circuit tancat en el qual es produeix una força electromotriu d'1 volt, quan el corrent elèctric que recorre el circuit varia uniformement a raó d'un ampere per segon.

MESURES DE LONGITUD			
Unitat METRE (m.)			
Múltiples		Submúltiples	
Decàmetre	10 m.	1 m.	10 decímetres
Hectòmetre	100 m.	1 m.	100 centímetres
Quilòmetre	1.000 m.	1 m.	1.000 mil·límetres
Miriàmetre	10.000 m.		

MESURES DE SUPERFÍCIE			
Unitat METRO QUADRAT (m ² .)			
Múltiples		Submúltiples	
Dam ²	100 m ² .	1 m ² .	10 dm ²
Hm ²	10.000 m ² .	1 m ² .	10.000 cm ²
Km ²	1.000.000 m ² .	1 m ² .	1.000.000 mm ²
Mm ²	100.000.000 m ² .		

MESURES DE VOLUM			
Unitat METRO CÚBIC (m ³ .)			
Múltiples		Submúltiples	
Dam ³	1.000 m ³ .	1 m ³ .	1.000 dm ³
Hm ³	1.000 Dm ³ .	1 m ³ .	1.000.000 cm ³
Km ³	1.000 Hm ³ .	1 m ³ .	1.000.000.000 mm ³
Mm ³	1.000 Km ³ .		

MESURES DE VOLUM			
Unitat litre (l) que correspon a 1 dm ³			
Múltiples		Submúltiples	
Decalitre (Dl)	10 l	1 l	10 decilitres (dl)
Hectolitre (Hl)	100 l	1 l	100 centilitres (cl)
Kilolitre (Kl)	1.000 l	1 l	1.000 mil·lilitres (ml)
Mirialito (Ml)	10.000 l		

Quadre dunitats del S.I.

Unitats elementals			
Magnitud	Unitat	Dimensions	Símbol
Longitud	metro	----	m
Massa	quilogram	----	kg
Temps	segon	----	s
Corrent elèctrica	ampere	----	A
Temperatura	Kelvin	----	K
Intensitat lumínica	candela	----	cd
Angle Pla	radiant	----	rad
Angle sòlid	estereoradiant	----	sr

Si t'agrada aquest manual,
aprèn a memoritzar-lo a



Unitats derivades

Magnitud	Unitat	Dimensions	Símbolo
Aceleració	metre/segon al quadrat	----	ms^2
Àrea	metre quadrat	----	m^2
Capacitancia	farad	As/v	F
Càrrega	culombio	As	C
Densitat	quilogram/metre cúbic	kg/m^3	----
Intensitat de Camp elèctric	volt/metre	V/m	----
Energia o treball	juliol	Nm	J
Força	newton	kg m/s^2	N
Freqüència	hertz	s^{-1}	Hz
Il·luminació	lux	lm/m^2	lx
Inductància	henry	Vs/A	H
Viscositat cinemàtica	metre quadrat/segon	m^2/s	----
Luminància	candela/metre quadrat	cd/m^2	----
Flux Iluminós	lumen	cd sr	lm
Intensitat de Camp elèctric	ampere/metre	A/m	----
Flux magnètic	weber	Vs	Wb
Densitat de flux magnètic	tesla	Wb/m^2	T
Potència	watt	J/s	W
Pressió	pascal	N/m^2	Pa
Resistència	ohm	V/A	Ω
Tensió	Newton/metre quadrat	N/m^2	----
Velocitat	metre/segon	m/s	----
Viscositat	newton segon/ metre quadra	Ns/m^2	----
Voltatge	volt	W/A	V
Volum	metre cúbic	----	m^3

Magnitud	Nom	Símbol	Expressió
Angle pla	Radiant	rad	$m/m= 1$
Angle sòlid	Estereoradiant	sr	$m^2/m^2= 1$
Freqüència	Hertz	Hz	s^{-1}
Força	Newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Pressió, tensió	Pascal	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energia, treball, quantitat de calor	Julio	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Potència, flux energètic	Watt	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Càrrega elèctrica, quantitat d'electricitat	Coulomb	C	$s \cdot A$
Diferència de potencial elèctric, força electromotriu	Volt	V	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Resistència elèctrica	Ohm	Ω	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Conductància elèctrica	Siemens	S	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Capacitat elèctrica	Farad	F	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Flux magnètic	Weber	Wb	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Densitat de flux magnètic	Tesla	T	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Inductància	Henrio	H	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Temperatura celsius	Grau celsius	$^{\circ}C$	K
Flux lluminós	Lumen	lm	cd
Iluminància	Lux	lx	$m^{-2} \cdot cd$
Activitat d'un radionucleïdo	Becquerel	Bq	s^{-1}
Dosi absorbida, energia màssica (comunicada), kerma	Gray	Gy	$m^2 \cdot s^{-2}$
Dosi equivalent, dosi equivalent ambiental, dosi equivalent direccional, dosi equivalent individual	Sievert	Sv	$m^2 \cdot s^{-2}$
Activitat catalítica	Katal	kat	$s^{-1} \cdot mol$



Bibliografía

- **Acerca de las notificaciones.** Consultat el 15/02/2022, a <https://www.interpol.int/es/Como-trabajamos/Notificaciones/Acerca-de-las-notificaciones>
- **Juan Miguel Suay Belenguer.** Conceptos básicos de física y química para bomberos. Primera edición. Impreso y encuadernado por www.lulu.com. Alicante, 1aed., Abril 2009.
- **Boj, Pablo J. et al.** Fundamentos para Bomberos. Ed. Pedro D. Pacheco Mora, Málaga. 4a ed., 2018.
- **Paul Allen Tipler / Gene Mosca.** Física para la ciencia y la tecnología I 6ta Edición. Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica. Editorial Reverté, Enero, 2010.

WEBS

- www.fisicalab.com
- www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/cinematica/curvilineo/curvatura.html