TEMA 00   CONCEPTES BÀSICS

1. LES MAGNITUDS FÍSIQUES I LA SEVA MESURA

1.1. Les magnituds físiques.

Una **magnitud física** és una propietat d'un sistema que es pot mesurar. La mesura consisteix en l'assignació d'un valor o nombre a una propietat mitjançant la comparació amb un patró, a què s'anomenarà **unitat de mesura**.

Anomenem **magnituds físiques** totes aquelles propietats dels cossos o fenòmens de l'Univers que es poden mesurar, és a dir, aquelles a les quals podem assignar un nombre o valor; es representen amb un símbol, que sol ser una lletra.

Anomenem **unitat** d'una magnitud física aquella quantitat a la qual, per conveni, s'ha donat el valor 1, i que es pren com a referència per comparar quantitats d'aquesta magnitud física. Les unitats es representen amb símbols, que també solen ser lletres.

El resultat de la mesura d'una magnitud física és generalment un valor numèric seguit d'una unitat o del nom de l'escala emprada.

Magnitud = valor + unitat

Exemple: velocitat = 30 metres per segon $v=30\ ms^{-1}$.

1.2. Sistema d'unitats.

Per mesurar una magnitud física determinada es poden utilitzar diferents unitats. Ara bé, si per a cada magnitud fonamental es decideix utilitzar una única unitat, el conjunt d'unitats així format rep el nom de **sistema d'unitats**.

Al llarg de la història s'han utilitzat diferents unitats de mesura. Encara que per poder comparar les magnituds a tot els llocs de manera semblant s'està arribat a un consens en el sistema d'unitats que s'utilitza. Aquest sistema d'unitats triat s'anomena **sistema internacional d'unitats (SI)**.

1.3. Magnituds físiques fonamentals.

Les magnituds es defineixen o bé per la seva relació amb altres magnituds ja definides o bé mitjançant un sistema de mesures determinat.

En el sistema internacional, les magnituds físiques, que descriuen propietats fonamentals dels fenòmens i dels cossos, es defineixen a partir d'un conjunt de 7 magnituds independents anomenades **magnituds físiques fonamentals**. A aquestes magnituds fonamentals s'hi associa el concepte de **dimensió**, que també es representa amb un símbol que sol ser una lletra majúscula. Els conceptes de *magnitud* i *dimensió* només són coincidents en las magnituds fonamentals.

Magnituds físiques fonamentals			
Magnitud	*Símbol*	*Unitat del SI (símbol)*	*Dimensió*
Longitud	L	Metre (m)	L
Temps	t	Segon (s)	T
Massa	m	Quilogram (kg)	M
Temperatura termodinàmica	T	Kelvin (K)	K
Intensitat de corrent elèctric	I	Ampere (A)	I
Quantitat de substància	n	Mol (mol)	n
Intensitat lluminosa	I_V	Candela (cd)	I_V

Les unitats fonamentals es defineixen amb el valor de constants físiques i de magnitud mesurables (excepte el quilogram). Per exemple el segon està definit com *la durada de 9.192.631.770 períodes de la radiació corresponent a la transició entre dos nivells hiperfins de l'estat fonamental de l'àtom de cesi 133*.

A més de les unitats fonamentals, el SI inclou dues **unitats suplementaries**. Aquestes són: ***el radiant (rad)*** i ***l'esteroradiant (sr)***. Són unitats sense dimensió que mesuren, respectivament, l'angle pla i l'angle sòlid.

1.4. Magnituds derivades.

Totes les magnituds es poden definir a partir de les magnituds fonamentals i suplementàries. Les **magnituds derivades** són aquelles que deriven de les fonamentals i suplementàries fent servir expressions. Aquestes expressions es coneixen com a **equació dimensional.**

Magnituds físiques derivades				
	Magnitud	*Símbol*	*Unitat del SI (símbol)*	*Dimensió*
Cinemàtica	Superfície	S	Metre quadrat (m^2)	L^2
	Volum	V	Metre cúbic (m^3)	L^3
	Velocitat	v	Metre dividit per segon (m/s)	$L \cdot T^{-1}$
	Velocitat angular	ω	Radiant dividit per segon (rad/s)	T^{-1}
	Acceleració	a	Metre dividit per segon al quadrat (m/s^2)	$L \cdot T^{-2}$
	Acceleració angular	α	Radiant dividit per segon al quadrat (rad/s^2)	T^{-2}
Dinàmica	Quantitat de moviment	p	Quilogram per metre dividit per segon (kg·m/s)	$M \cdot L \cdot T^{-1}$
	Força	F	Newton (N) N = $kg \cdot m/s^2$	$M \cdot L \cdot T^{-2}$
	Impuls lineal	I	Newton per segon (N·s)	$M \cdot L \cdot T^{-1}$
	Treball, energia	W, E	Joule (J) J = N·m	$M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$
	Potència	P	Watt (W) W = J/s	$M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$
	Pressió, esforç	p	Pascal (Pa) Pa =N/m^2	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$
	Moment angular, parell	M, Γ, τ	Newton per metre (N·m)	$M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$
Electricitat i Magnetisme	Càrrega elèctrica	Q	Coulomb (C) C = A·s	$I \cdot T$
	Potencial elèctric	V	Volt (V) V = J/C	$M \cdot L^2 \cdot T^{-3} \cdot I^{-1}$
	Resistència elèctrica	R	Ohm (Ω) Ω = V/A	$M \cdot L^2 \cdot T^{-3} \cdot I^{-1}$
	Resistivitat elèctrica	ρ	Ohm per metre (Ω·m)	$M \cdot L^3 \cdot T^{-3} \cdot I^{-1}$
	Capacitat elèctrica	C	Farad (F) F = C/V	
	Inducció magnètica	B	Tesla (T) T = N/A·m	
	Flux magnètic	Φ	Weber (Wb) Wb = $T \cdot m^2$	
	Inductància	L	Henry (H) H = J/A^2	
Ones	Freqüència	f	Hertz (Hz) Hz = s^{-1}	T^{-1}
	Període	T	Segons (s)	T
	Longitud d'ona	λ	Metre (m)	L

Dins d'un sistema d'unitats concret emprem **múltiples** i **submúltiples** per expressar quantitats més grans i més petites d'una unitat determinada. Per determinar aquests múltiples de la unitat se lo col·loca un prefix al nom de la unitat per indicar-lo *exemple: kilo-metre.*

Múltiples i submúltiples del SI					
Múltiples			*Unitat del SI (símbol) Dimensió*		
Prefix	*Símbol*	*Valor numèric*	*Prefix*	*Símbol*	*Valor numèric*
peta-	P	10^{15}	deci-	d	10^{-1}
tera-	T	10^{12}	centi-	c	10^{-2}
giga-	G	10^{9}	mil·li-	m	10^{-3}
mega-	M	10^{6}	micro-	μ	10^{-6}
quilo-	k	10^{3}	nano-	n	10^{-9}
hecto-	h	10^{2}	pico-	p	10^{-12}
deca-	d	10^{1}	femto-	f	10^{-15}

La notació científica ens permet expressar quantitats molt grans i quantitats molt petites de forma compacta. Un nombre escrit en notació científica s'expressa en la forma $a \cdot 10^{k}$,on *a* és un nombre real la part entera del qual és una xifra diferent a 0, com a regla general *a* és un nombre comprés entre 1 i 10. I *k* és un nombre enter.

Exemple: la massa de la Terra és **$5{,}97 \cdot 10^{24}$** kg i la càrrega d'un electró és **$-1{,}6 \cdot 10^{-19}$** C.

Canvi d'unitats.

De vegades, triem algunes unitats perquè són d'ús quotidià i ens resulten més familiars. Així, per a la velocitat utilitzem els km/h en lloc dels m/s. Per canviar d'unitats, n'hi ha prou de substituir les que volem canviar per la seva equivalència. Això es realitza utilitzant els factors de conversió d'unitats. Aquests factors son fraccions on hi ha la relació entre les unitats que es tenen i les unitats a les que volem tenir la mesura.

Exemple: $120\,\frac{km}{h} \cdot \frac{1000m}{1km} \cdot \frac{1h}{3600s} = 33{,}33\,\frac{m}{s}$

1.5. Magnitud escalars i magnituds vectorials.

Anomenem **magnituds escalars** aquelles magnituds que queden completament especificades donant el seu valor numèric, que sempre és un nombre real.

Són exemple de magnituds escalars **la temperatura, el temps** o **la energia**.

No obstant això, certes magnituds necessiten més dades per estar completament caracteritzades. Si diem, per exemple, que un vent bufa a una velocitat de 10 metres per segon, estem ometent una dada bàsica: la direcció en què bufa.

Les magnituds que, a més a més del seu valor, venen determinades per una direcció i un sentit en l'espai són les **magnituds vectorials**.

Són exemples de magnituds vectorials la força, la velocitat, el desplaçament, l'acceleració, etc...

Les magnituds vectorials es representen amb vectors. Un vector és un segment orientat que queda definit per tres característiques:

- El **mòdul**. És la longitud del segment i correspon al valor absolut de la magnitud.
- La **direcció**. És la recta que conté el segment.
- El **sentit**. Està indicat per una punta de fletxa i determina l'orientació dins la línia d'acció.

L'**origen** o **punt d'aplicació** d'un vector és el punt sobre la línia d'acció on actua o se situa el vector. Segons el punt d'aplicació podem classificar els vectors en *fixos, lliscants i lliures.*

Quan dos vectors tenen el mateix mòdul, direcció i sentit s'anomenen **vectors coincidents**.

Si dos vectors tenen el mateix mòdul i direcció, però sentit contrari aquests s'anomenen **vectors oposats**.

Matemàticament, un vector es representa per una terna de nombres. Aquest tres nombres ordenats representen les coordenades del vector posició $\vec{r}$, que és la distància entre el centre de coordenades i el punt P.

Els eixos de coordenades corresponen a tres direccions perpendiculars en l'espai; aquestes direccions, i els seus sentits positius, queden representats per tres vectors unitaris (de mòdul igual a 1), que s'anomenen $\vec{\imath} = (1{,}0{,}0), \vec{\jmath} = (0{,}1{,}0) i\ \vec{k} = (0{,}0{,}1)$.

Per indicar que una magnitud és vectorial se li col·loca una fletxa sobre el símbol de la magnitud. Per exemple: $\vec{F}$ la força.

Per representar esquemàticament un vector o una magnitud vectorial, sempre dibuixarem un segment orientat, i l'escriurem amb el seu símbol corresponent (lletra i fletxa).

1.6. **Projecció d'una magnitud vectorial.**

Molt sovint, d'una magnitud vectorial ens interessa tant ell valor del mòdul com la part d'aquesta magnitud que s'aplica o actua en una direcció determinada. Com hem vis abans, un vector a l'espai queda determinat pel valor dels seus tres components, que es representen sobre tres eixos de coordenades perpendiculars entre si. D'aquesta manera passem d'una magnitud vectorial a tres magnituds escalars.

La **projecció d'un vector** sobre una recta és el component del vector en la direcció de l'espai que determina la recta.

Per trobar la projecció d'un vector $\vec{r}$ sobre una recta *s* cal traçar línies perpendiculars a la recta *s* des de l'origen i l'extrem del vector fina a obtenir els punts de tall de les perpendiculars amb la recta. El segment de recta delimitat per aquests dos punts és la projecció d'$\vec{r}$ sobre *s*.

La trigonometria resulta molt útil a l'hora de trobar el component d'un vector en una direcció determinada. La projecció r_s d'un vector $\vec{r}$ sobre una recta *s* es calcula com el producte del mòdul del vector pel cosinus de l’angle α que formen la direcció del vector $\vec{r}$ i la direcció de la recta *s*.

$$r_s = r \cdot \cos \alpha$$

Moltes vegades ens serà útil obtenir les projeccions d’un vector r sobre els eixos de coordenades cartesianes X i Y. Aquestes projeccions seran r_x i r_y.

2. CINEMÀTICA

2.1. El moviment i els sistemes de referència.

Ja sabem que els cossos ocupen zones de l'espai, és a dir, es troben en determinats punts o posicions de l'espai. Si aquestes zones canvien, diem que els cossos s'han mogut.

El **moviment** és el canvi de la posició d'un cos al llarg del temps.

Per simplificar, suposarem que tota la massa del cos està situada en un punt, anomenat centre de masses. Així ens dedicarem únicament al moviment d'aquest punt en l'espai. Això s'anomena *cinemàtica del mòbil puntual o partícula.*

A més per estudiar el moviment sempre cal prendre una referència. Normalment ens referenciem a cossos que estan en repòs respecte la superfície terrestre.

2.2. Trajectòria i tipus de moviment.

Els moviments es classifiquen segons la trajectòria que descriuen els cossos en moviment.

Anomenem **trajectòria** el conjunt de totes les posicions o punts de l'espai per on passa un cos en moviment.

Fonamentalment, el moviment pot ser de dos tipus, rectilini i circular. Qualsevol altre tipus de trajectòria es pot considerar com una combinació d'aquests moviments.

- **Moviment rectilini**: la trajectòria que segueix el cos é una recta. Es tracta d'un moviment en una dimensió.
- **Moviment circular**: la trajectòria que segueix el cos és una circumferència. Es tracta d'un moviment en dues dimensions.

2.3. Les magnituds cinemàtiques.

Totes les magnituds que permeten estudiar els moviments s'anomenen magnituds cinemàtiques.

A. **Temps.**

Per mesurar el moviment és essencial mesurar el temps, i també utilitzar una referència per poder saber l'origen del temps o instant de temps zero.

Per tenir la durada de qualsevol moviment utilitzarem l'increment del temps o interval de temps. $\Delta t = t_1 - t_0$

El temps és una magnitud escalar i la seva unitat en el SI és el segon (s).

B. Posició.

La **posició** és un punt de l'espai on es troba una partícula en un moment determinat. Es representa en relació a l'origen 0 del sistema de coordenades amb magnitud *r*, anomenada **vector de posició**.

La posició és una magnitud vectorial i la seva unitat en el SI és el metre (m).

Quan la posició de la partícula va variant amb el temps, el valor de $\vec{r}$ (mòdul i/o direcció) també va variant amb el temps. S'expressa amb la funció $\vec{r}$(t) anomenada **equació del moviment**.

C. Desplaçament.

El **desplaçament** és el canvi de posició d'un cos entre dos instants de temps determinats.

El desplaçament es simbolitza per $\Delta\vec{r}$. És una magnitud vectorial i la seva unitat en el SI és el metre (m).

Per calcular el desplaçament entre dos posicions, restem al vector de posició final el vector de posició inicial. $\Delta\vec{r} = \vec{r}_f - \vec{r}_i$.

El desplaçament no necessàriament coincideix amb la trajectòria real de la partícula.

D. Velocitat.

La **velocitat** és una magnitud física que mesura com varia la posició d'un cos en relació al temps.

La velocitat és una magnitud vectorial i la seva unitat en el SI és el metre per segon (m/s).

En funció de com es calculi, podem dividir el desplaçament efectuat pel cos entre la durada de temps en què el fa (increment de temps). Depenent de com sigui aquest increment de temps, podem parlar de velocitat mitjana i de velocitat instantània.

La **velocitat mitjana** és el canvi de la posició d'un mòbil en un interval de temps finit.

Aquesta velocitat depèn de les posicions inicial i final considerades. Això no vol dir que durant tot el recorregut hagi anat a aquesta velocitat.

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

La velocitat mitjana sempre té la direcció del desplaçament.

La **velocitat instantània** és el valor del quocient entre el desplaçament i l'increment de temps quan aquest increment tendeix a zero.

Si volem saber la velocitat en un instant, hem d'analitzar un interval de temps molt i molt petit, de manera que el valor Δt s'apropi a zero. Matemàticament per fer això es fa servir la funció límit.

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

La velocitat instantània és un vector tangent a la trajectòria.

E. Acceleració.

L'**acceleració** és el valor que determina el ritme de canvi de la velocitat en el transcurs del temps.

L’acceleració és una magnitud vectorial i la seva unitat en el Si és el metre per segon al quadrat (m/s^2).

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

2.4. Moviment rectilini uniforme (MRU).

El moviment d’una partícula és **rectilini uniforme** quan la seva velocitat és constant. Per tant, la velocitat mitjana i la velocitat instantània coincideixen.

$$x = x_0 + v(t - t_0)$$

$$x = x_0 + v\,\Delta t$$

2.5. Moviment rectilini uniformement accelerat (MRUA).

El moviment d’una partícula és **rectilini uniformement accelerat** quan la seva acceleració és constant. Per tant, l’acceleració mitjana i l’acceleració instantània coincideixen.

Equació de la velocitat: $v = v_0 + a\,\Delta t$

Equació del moviment: $x = x_0 + v_0\,\Delta t + \frac{1}{2} a\,\Delta t^2$

2.6. Moviment circular uniforme (MCU)

El **moviment circular uniforme** és el moviment en què la partícula descriu arcs i angles iguals en intervals de temps iguals. En aquest moviment la velocitat angular és constant i la velocitat va variant de direcció, però no de mòdul.

En els moviment circulars el desplaçament es calcula a partir de l’angle girat i el radi de gir.

L’angle té com a símbol és φ i la seva unitat en Si és el radiant (rad).

La **velocitat angular mitjana** és calcula per mitjà de la relació entre l’increment d’angle recorregut i l’increment de temps utilitzat.

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

Es mesura en radiants per segon (rad/s) en el SI. També la podem mesurar en rpm (revolucions o voltes pe minut) 1volta = 2π rad.

La **velocitat lineal mitjana** és l’increment de l’arc recorregut pel temps que tarda en recorre’l.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi\, r}{\Delta t} = \omega\, r$$

Es mesura en m/s en el SI.

En general, quan el moviment no és rectilini, existeix una acceleració que reflecteix els canvis en el mòdul de la velocitat, que és precisament **l’acceleració tangencial $\vec{a}_t$**, aquesta acceleració té sempre la direcció de la velocitat.

Quan només varia la direcció de la velocitat sense que hi hagi variació en el seu mòdul. L'acceleració que reflecteix aquest canvi de direcció s'anomena **acceleració normal o centrípeta**, es representa per $\vec{a}_n$ i sempre és un vector perpendicular a la velocitat lineal.

Per calcular el mòdul de l'acceleració normal utilitzem: $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2\, R$

On *v* és la celeritat del cos, i R és el radi de la circumferència que descriu.

> L'**acceleració tangencial** és conseqüència d'una modificació de la celeritat **(**mòdul de la velocitat) i té la mateixa direcció que la velocitat. L'**acceleració normal** és conseqüència de la variació de la direcció de la velocitat i és perpendicular a aquesta velocitat.

Per tant es verifica: $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$$

Equació del moviment: $\varphi = \varphi_0 + \omega\, \Delta t$

Equació de l'arc recorregut: $s = s_0 + v\, \Delta t$

Per tant : $v = \omega\, r$

Una altra manera de caracteritzar el MCU és definint nous conceptes relacionats amb la velocitat angular, com són el *període* i la *freqüència*.

- **Període.** Es designa pel símbol *T* i es defineix com el temps que tarda una partícula a donar una volta completa a la circumferència que descriu; es mesura en segons (s) en el SI.
- **Freqüència.** Es designa pel símbol *f* i es defineix com el nombre de voltes que fa la partícula en un segon. En el Si es mesura en hertz (Hz).

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

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

En el MCU l'acceleració normal equival a $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2\, R$ i l'acceleració tangencial és nul·la, ja que no varia el mòdul de la velocitat.

2.7. Moviment circular uniformement accelerat (MCUA)

> El **moviment circular uniformement accelerat** és el moviment en què la partícula descriu una trajectòria circular amb acceleració angular constant. En aquest moviment, l'acceleració angular mitjana i la instantània coincideixen, i l'acceleració tangencial és constant.

L'**acceleració angular mitjana α_n** és la relació entre l'increment de la velocitat angular instantània i l'interval de temps considerat.

$$\alpha_m = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Podem comprovar que l'acceleració angular està relacionada amb l'acceleració tangencial. Si prenem increments en l'expressió *v=ωr* respecte del temps, teneint en compte que r es manté constant, trobem que:

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

Com $\frac{\Delta v}{\Delta t} = a_t$ i $\alpha_n = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$ aleshores: $a_t = \alpha\, r$

Equació de la velocitat angular: $\omega = \omega_0 + \alpha\, \Delta t$

$v = v_0 + a_t\, \Delta t$

Equació del moviment en funció del angle descrit:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0\, \Delta t + \frac{1}{2}\alpha\, \Delta t^2$$

Equació del moviment en funció de la longitud d'arc recorreguda:

$$s = s_0 + v_0\, \Delta t + \frac{1}{2} a_t\, \Delta t^2$$

L'acceleració centrípeta varia amb el temps i ve donada per l'expressió:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2\, R$$