

SEMINARI DE FÍSICA I QUÍMICA	MATÈRIA: CIÈNCIES DE LA NATURALES
NIVELL: 2n d'ESO. FÍSICA I QUÍMICA	CURS 2013-2014

ÍNDEX

1	MESURES PER INVESTIGAR	1
1.1	LA MATÈRIA I ELS MATERIALS	1
2	DIMENSIONS DE LA MATÈRIA	1
2.1	MAGNITUD I UNITAT DE MESURA	1
2.2	MAGNITUDS FÍSiques FONAMENTALS DEL SI	2
2.3	MAGNITUDS FÍSiques SUPLEMENTÀRIES	2
2.4	MAGNITUDS FÍSiques DERIVADES	2
2.4.1	UNITATS AMB NOMS I SÍMBOLS ESPECIALS.....	3
2.4.2	UNITATS AMB NOMS QUE NO FORMEN PART DEL SI	3
2.5	MÚLTIPLES I SUBMÚLTIPLES	4
2.6	REGLES ORTOGRÀFIQUES I TIPOGRÀFIQUES	4
2.7	MAGNITUDS ESCALARS, MAGNITUDS VECTORIALS I MAGNITUDS TENSORIALS.....	5
3	FACTORS DE CONVERSIÓ	6
4	LA NOTACIÓ CIENTÍFICA	7
5	ELS ESTATS FÍSICS DE LA MATÈRIA	8
5.1	CANVIS D'ESTAT	9
6	PROPIETATS DE LES SUBSTÀNCIES.....	9
6.1	PROPIETATS GENERALS.....	9
6.2	CARÀCTERS ORGANOLÈPTICS	9
6.3	PROPIETATS CARACTERÍSTIQUES.....	10
6.3.1	LA DENSITAT.....	10
6.3.2	TEMPERATURES CARACTERÍSTIQUES.....	12
6.4	PROPIETATS MECÀNIQUES DELS MATERIALS SÒLIDS.....	12
	ANNEX 1. HISTÒRIA DEL SI.....	14
	ANNEX 2. MAGNITUDS VECTORIALS	15
	ANNEX 3. MESURA I ERRORS.....	16

1 MESURES PER INVESTIGAR

1.1 LA MATÈRIA I ELS MATERIALS

Matèria és tot allò que ocupa un lloc en l'espai.

Un **material** és un tipus de matèria (un element químic, un compost químic o una combinació d'ells) amb alguna **propietat útil**, sigui mecànica, elèctrica, òptica, tèrmica o magnètica, que permeti a l'ésser humà construir o fabricar objectes diversos.

La matèria es pot trobar, normalment, en 3 **estats físics d'agregació**: sòlid, líquid i gasós.

2 DIMENSIONS DE LA MATÈRIA

L'ésser humà percep un espai tridimensional i els objectes (o elements d'aquest espai) que observem en aquest espai –**món físic**– són també tridimensionals, és a dir, tenen una **amplada**, una **alçada** (o **altura**) i una **profunditat** (o **gruix**). Així, **la matèria** que observem **és tridimensional**, és a dir, la matèria té un **volum**.

No obstant això, a vegades ens interessa només conèixer una d'aquestes dimensions (per exemple, l'alçada d'un seient) o dues d'elles (la superfície d'una taula). En tot cas, tant el seient com la taula són objectes tridimensionals, no ens hem d'oblidar d'això. Realment no existeixen espais bidimensionals (plans) o unidimensionals (rectes), són unes abstraccions del nostre enteniment que, sovint, utilitzem per simplificar problemes més complexos, reals, és a dir, problemes tridimensionals.

Aquestes tres dimensions són dimensions **espacials**, però també hi ha una altra dimensió, una dimensió **temporal**: el **temps**.

Dimensió prové del mot llatí *dimensio*, que significa “mesura”. I, efectivament, per conèixer aquestes dimensions, hem de **mesurar**.

Però, a més, la matèria no només disposa d'aquestes **propietats dimensionals**, sinó que també disposa d'altres propietats mesurables, com ja veurem més endavant.

Però què mesurem realment? Les propietats que mesurem són **magnituds físiques**, a les que ens referim al següent punt.

2.1 MAGNITUD I UNITAT DE MESURA

Anomenem **magnituds físiques** totes aquelles propietats del 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 i *els seus noms s'escriuen en minúscula*.

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 quan la mesurem. Les unitats es representen per **símbols**, que també solen ser lletres. Aquests símbols, si provenen d'un nom propi (per exemple, **Ampère**, **Volta**, **Kelvin**, etc.) s'escriuen en majúscula.

Així podríem representar un mòdul de la magnitud física velocitat com¹: $v = 108 \text{ km/h}$.

2.2 MAGNITUDS FÍSQUES FONAMENTALS DEL SI

Les **magnituds físiques fonamentals** *no depenen d'altres magnituds físiques*. Les seves unitats es defineixen en relació amb el valor de constants físiques i de magnituds mesurables (excepte el quilogram que, de moment, es defineix com la massa del cilindre de platí-iridi guardat al Museu de Peses i Mesures de Sèvres).

Són *set* les magnituds físiques fonamentals independents: longitud (L), temps (t), massa (m), temperatura termodinàmica (T), intensitat de corrent elèctric (I), quantitat de substància (n) i intensitat lluminosa (I_v). Les unitats corresponents a aquestes magnituds són considerades **unitats bàsiques del SI**.

Magnituds físiques fonamentals		
Magnitud	Símbol	Nom de la unitat del SI (símbol)
longitud	L	metre (m)
temps	t	segon (s)
massa	m	quilogram (kg)
temperatura termodinàmica	T	kelvin (K)
intensitat de corrent elèctric	I, i	ampere (A)
quantitat de substància	n	mol (mol)
intensitat lluminosa	I_v	candela (cd)

2.3 MAGNITUDS FÍSQUES SUPLEMENTÀRIES

A més hi ha 2 **magnituds físiques suplementàries**: *l'angle pla* i *l'angle sòlid*, que tenen com a unitats el radiant (rad) i l'estereoradiant (sr), respectivament –ambdues sense dimensió–. Aquestes dues *unitats auxiliars* esdevindrien *unitats derivades* el 1995 a la 20a CGPM, com ja hem vist abans.

2.4 MAGNITUDS FÍSQUES DERIVADES

Totes les magnituds físiques derivades es poden definir a partir de les magnituds fonamentals i de les magnituds suplementàries. Les unitats corresponents a aquestes magnituds són considerades **unitats derivades**.

El nombre de magnituds en la ciència no té límits, i no és possible proporcionar una llista completa de les magnituds derivades i de les unitats derivades corresponents.

¹ És molt important que mai us oblideu de posar les unitats en els problemes que resolgueu. No té sentit físic que digueu “el cotxe du una velocitat de 108”; podrien ser 108 micròmetres dividit per segon ($\mu\text{m/s}$) o 108 megàmetres dividit per hora (Mm/h). I el més important: baixa la puntuació de l'exercici.

2.4.1 UNITATS AMB NOMS I SÍMBOLS ESPECIALS

En alguns casos, les unitats de les magnitud físiques derivades tenen una unitat amb nom i símbol propis, com podeu veure en els exemples a continuació:

Magnitud	Símbol	Nom de la unitat	Símbol
freqüència	ν	hertz	Hz (s^{-1})
força	F	newton	N ($kg \cdot m/s^2$)
pressió, tensió	p o P, τ	pascal	Pa (N/m^2)
energia, treball, calor	E, W, Q	joule	J ($N \cdot m$)
potència	P	watt	W (J/s)
càrrega elèctrica, quantitat d'electricitat	q o Q	coulomb	C (A·s)
potencial elèctric, tensió elèctrica, fem	V	volt	V (J/C)
resistència elèctrica	R	ohm	Ω (V/A)
conductància elèctrica	G	siemens	S (A/V)
capacitat	C	farad	F (C/V)
flux magnètic, flux d'inducció magnètica	Φ_m	weber	Wb ($V \cdot s$)
densitat de flux magnètic, inducció magnètica	B	tesla	T ($V \cdot s/m^2$)
inductància	L	henry	H ($V \cdot s/A$)
flux lluminós	F	lumen	lm ($cd \cdot sr$)
luminància	L_v	lux	lx ($cd \cdot sr/m^2$)

Nota: A més de la **temperatura termodinàmica**, T , s'utilitza també la **temperatura Celsius**, t , definida per l'equació $t = T - T_0$ on $T_0 = 273,15$ K. La temperatura Celsius s'expressa en graus Celsius, °C. La unitat grau Celsius és igual a la unitat kelvin i un interval o una diferència de temperatura té el mateix valor numèric en ambdues unitats:

$$\begin{aligned}
 t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C} &\longrightarrow T_1 = 20 + 273,15 = 293,15\text{ K} \\
 t_2 = 100\text{ }^{\circ}\text{C} &\longrightarrow T_2 = 100 + 273,15 = 373,15\text{ K} \\
 \Delta t = t_2 - t_1 &= 100\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C} = 80\text{ }^{\circ}\text{C} \\
 \Delta T = T_2 - T_1 &= 373,15\text{ K} - 293,15\text{ K} = 80\text{ K}
 \end{aligned}$$

2.4.2 UNITATS AMB NOMS QUE NO FORMEN PART DEL SI

Hi ha algunes magnituds, les unitats de les quals no formen part del SI, però que es permet seguir fent-ne ús, per raons històriques o pràctiques, com per exemple:

Magnitud (símbol)	Nom de la unitat	Símbol
volum (V)	litre	L o l
massa (m)	tona	t
temps (t)	hora	h
	minut	min
	dia	d
angle pla (α , θ , ...)	grau d'angle	°
	minut d'angle	'
	segon d'angle	''
pressió d'un fluid (p, P)	bar	bar
superfície, àrea (S)	hectàrea	ha

2.5 MÚLTIPLES I SUBMÚLTIPLES

De vegades, la magnitud que volem mesurar és *massa gran* o *massa petita* com per utilitzar les unitats; en aquest casos es fan servir els *múltiples* o *submúltiples* de les unitats, respectivament.

Per formar els noms i els símbols dels múltiples i submúltiples decimals s'utilitzen els prefixos de la taula següent:

TAULA DE MÚLTIPLES I SUBMÚLTIPLES							
MÚLTIPLES	Factor	Prefix	Símbol	SUBMÚLTIPLES	Factor	Prefix	Símbol
	10^{24}	yotta	Y		10^{-1}	deci	d
	10^{21}	zetta	Z		10^{-2}	centi	c
	10^{18}	exa	E		10^{-3}	mil·li	m
	10^{15}	peta	P		10^{-6}	micro	μ
	10^{12}	tera	T		10^{-9}	nano	n
	10^9	giga	G		10^{-12}	pico	p
	10^6	mega	M		10^{-15}	femto	f
	10^3	quilo	k		10^{-18}	atto	a
	10^2	hecto	h		10^{-21}	zepto	z
	10^1	deca	da		10^{-24}	yocto	y

Per raons històriques, *el quilogram (kg) és l'única unitat que inclou un prefix al nom i al símbol*. Els múltiples i submúltiples de la unitat de massa es formen afegint els prefixos al gram (g), quan la unitat de base és el quilogram.

2.6 REGLES ORTOGRÀFIQUES I TIPOGRÀFIQUES

El nom de les unitats és un substantiu, fins i tot si la unitat es deriva d'un nom propi, per tant, *la primera lletra del nom d'una unitat és sempre una minúscula*. Així escriurem: ampere, segon i grau Celsius (el nom de la unitat, grau, s'escriu amb minúscula, Celsius és un modificador que s'escriu amb majúscula perquè és un nom propi). A més, *per formar els noms de diverses unitats, amb múltiples o submúltiples*, simplement *s'afegeix un prefix* (volt (V) → mil·livolt (mV), gigavolt (GV)). Finalment, en el cas del producte d'unitats utilitzarem un guió o un espai en el nom de la unitat derivada. Per tant, l'ortografia correcta de la unitat de símbol kWh seria quilowatt–hora o quilowatt hora. D'altra banda, no és permès d'afegir més d'un prefix a una unitat, tenim nanòmetre i no *mil·limicròmetre*.

Per als símbols que representen les unitats es té en consideració *si el nom de la unitat deriva d'un nom propi*, en aquest cas *la primera lletra del símbol s'haurà d'escriure en majúscula*. A la resta dels casos s'utilitzarà una minúscula. Així tenim els símbols del kelvin (K) o del pascal (Pa) en majúscules atès que deriven de Lord Kelvin i Blaise Pascal respectivament, en canvi tenim només en minúscules el segon (s) o l'estereoradiant (sr). L'única *excepció a aquesta regla afecta al litre* i va ser introduïda el 1979 a la 16a CGPM, es va decidir la utilització tant de la l minúscula com la L majúscula per evitar

confusions entre la l i el nombre 1, amb la indicació de què en un futur només hauria de restar un des dos símbols, però la dualitat encara és vigent.

Una altra norma indica que **els símbols de les unitats han de ser escrits en tipografia romana**, sigui quina sigui la tipografia del text on s'hi troben. Els símbols són entitats matemàtiques i no abreviatures, haurien d'escriure 10 cm i no "10 cm." o "10 cms". Tampoc seria vàlid "10 c m" –no es poden posar aïllats els prefixes–. De la mateixa manera són rebutjades les abreviacions dels noms de les unitats o dels seus símbols, és incorrecte escriure "seg" per segon (s), "cc" per centímetre cúbic (cm³) o "mps" per metre per segon. Tampoc no és permès de barrejar els símbols, que són considerats entitats matemàtiques, i els noms de les unitats, per tant sempre s'ha d'escriure "coulomb per quilogram", en cap cas seria admès "coulomb per kg".

A les unitats derivades on intervé la multiplicació o la divisió s'han de seguir les regles algebraiques aplicables.

La multiplicació s'ha de representar amb un espai en blanc (m s) o amb un punt volat (m·s) per tal d'evitar la confusió amb d'altres unitats: si escrivim ms podríem confondre el "metre segon" amb el "mil·lisegon". **La divisió** es pot representar amb una línia horitzontal entre el dividend i el divisor: $\frac{m}{s}$ ("metre per segon"), amb una barra obliqua: m/s , o amb exponents negatius: $m \cdot s^{-1}$.

Quan a una expressió es combinen diferents elements que incorporen la divisió s'ha d'anar amb cura per evitar ambigüitats, utilitzant parèntesis per separar els termes que podrien induir a la confusió o exponents negatius; en cap cas no és permesa la utilització de més d'una línia obliqua a una expressió, podem escriure:

$m \cdot kg / (s^3 \cdot A)$ o també $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$, però en cap cas: $m \cdot kg / s^{-3} / A$ ni tampoc: $m \cdot kg / s^3 \cdot A$.

2.7 MAGNITUDS ESCALARS, MAGNITUDS VECTORIALS I MAGNITUDS TENSORIALS

Si us fixeu, hem fet ja una *classificació* de les magnituds, atenent a la independència o dependència de les magnituds respecte de les altres magnituds, i les hem classificat com a **magnituds fonamentals** i **magnituds derivades**, respectivament. També hem vist les **magnituds suplementàries**, que ajuden a formar magnituds derivades. Ara veurem una altra classificació de les magnituds, diguem que *més matemàtica, més formal*.

Les magnituds físiques poden ser **escalars** (com la massa) , **vectorials** (com una força) o **tensorials** (com el camp electromagnètic a la relativitat especial d'Einstein).

En aquest nivell, només farem servir magnituds escalars i una petita introducció a les magnituds vectorials.

Una **magnitud escalar** és aquella que queda completament especificada donant un valor, que és un nombre real, i una unitat. Exemples: $m = 3 \text{ kg}$; $T = 300 \text{ K}$; $V = 5 \text{ m}^3$.

Una **magnitud vectorial** és aquella que, per tal que quedi completament determinada, necessita, a més d'un valor i una unitat, una **direcció** i un **sentit** en el espai.

3 FACTORS DE CONVERSIÓ

Un factor de conversió no és més que una relació entre iguals, un quocient que dóna un valor d'1, la unitat.

El factor de conversió o de canvis d'unitats és una fracció en la qual el numerador i el denominador són mesures iguals expressades en unitats diferents, de tal manera, que aquesta fracció val la unitat.

És un mètode efectiu per a canvis d'unitats i resolució d'exercicis senzills, deixant d'utilitzar la regla de tres.

Per exemple, tots sabem que 1000 metres *equivalen* a 1 quilòmetre. Per tant, tenim aquestes relacions:

$$1000 \text{ metres} = 1 \text{ quilòmetre}$$

$$1 \text{ quilòmetre} = 1000 \text{ metres}$$

Podem expressar, aquestes relacions com a quocients i, fins i tot, podem utilitzar els símbols de les unitats vistos fins ara:

$$\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 1$$

$$\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 1$$

Doncs bé, aquestes dues relacions són el mateix factor de conversió. Unes vegades ens interessarà utilitzar una forma, altres vegades ens interessarà utilitzar l'altra.

Us heu de familiaritzar amb aquest mètode per canviar d'unitats, ja que la seva aplicació serà exhaustiva en aquest curs i en cursos futurs, sobre tot, per a aquells alumnes que desitgin seguir un itinerari científic–tecnològic.

Veiem alguns exemples:

Volem passar una longitud expressada en km a cm: $37 \text{ km} \rightarrow \text{cm}$?

Primer hem de posar la dada que volem canviar d'unitat: 37 km. Després hem de buscar factors de conversió que ens relacionin els quilòmetres (km) amb els (cm), utilitzant la taula de múltiples i submúltiples, si la necessitem:

$$37 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 3700000 \text{ cm}$$

Aquest és un exemple molt senzill.

Analitzem el que hem fet. Com que tenim la unitat km al numerador (podem pensar que sota 37 km hi ha un denominador igual a 1), al primer factor de conversió haurem de posar com a denominador aquesta mateixa unitat, km, per a que es cancel·lin totes dues. Ara hem de buscar una relació entre km i m. Sabem que 1 km = 1000 m, per tant, hem de posar un 1 al denominador, acompanyant al km, i al numerador hem de posar 1000 m. Però nosaltres busquem centímetres (cm), no metres (m); per tant, hem de posar tants factors de conversió com necessitem per tal d'arribar a la unitat desitjada. Bé, sabem que 1m = 100 cm, així, al següent factor de conversió haurem de posar com a denominador 1m i com a numerador 100 cm. Ja està! Ara només calen fer les operacions amb els nombres que tenim, multiplicant tots els que apareixen en el numerador, per una banda i, per l'altra, tots els que apareixen als denominadors i efectuar la divisió corresponent, mantenint la unitat que no ha estat cancel·lada. Vist amb més deteniment:

$$37 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = \frac{37 \times 1000 \times 100 \text{ cm}}{1 \times 1} = \frac{3700000 \text{ cm}}{1} = 3700000 \text{ cm}$$

També podríem utilitzar altres factors, utilitzant ara els valors de la taula de múltiples i submúltiples i arribaríem al mateix resultat:

$$37 \text{ km} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ cm}}{10^{-2} \text{ m}} = \frac{37 \times 1000 \text{ cm}}{1 \times 0,01} = \frac{37000 \text{ cm}}{0,01} = 3700000 \text{ cm}$$

Altre exemple: 72 km/h → m/s?

Aquest és més complicat, ja que hem de canviar dues unitats alhora. Per una banda, hem de passar de quilòmetres (km) a metres (m) i, per l'altra, hem de passar de hores (h) a segons (s), però el procediment és el mateix, primer amb una unitat i després amb l'altra. Hauríem de saber, a aquestes alçades, que: 1 km = 1000 m, 1h = 60 min i que 1 min = 60 s. Per tant:

$$\frac{72 \text{ km}}{1 \text{ h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{72 \times 1000 \times 1 \times 1 \text{ m}}{1 \times 1 \times 60 \times 60 \text{ s}} = \frac{72000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4 LA NOTACIÓ CIENTÍFICA

A l'estudi de les ciències es fan servir a vegades nombres molt grans (com en les mesures de distàncies astronòmiques) o nombres molt petits (com les de les dimensions de les partícules atòmiques o subatòmiques). No és còmode treballar amb aquests nombres; a més augmenta la possibilitat de cometre errors en fer càlculs amb aquests nombres en copiar-los al paper o a la calculadora i operar amb ells... Per tant,

els científics han decidit crear i utilitzar una notació més còmode i més “segura”, per tal de minimitzar els errors de càlcul que es poguessin derivar d’una manipulació incorrecte de dades: **la notació científica**.

Un nombre escrit en notació científica consta de **la part entera** escrita amb **una sola xifra**, seguida de la part decimal i **d’una potència de deu**, positiva o negativa, segons que expressi llocs a la dreta o a l’esquerra de la coma (o el punt) decimal, respectivament.

Per exemple, podríem expressar en notació científica una longitud de 3700000 cm:

$$L = 3700000 \text{ cm} = 3,7 \cdot 10^6 \text{ cm}$$

Si volguessin expressar en notació científica la següent mesura: $L = 0,000000015 \text{ cm}$:

$$L = 0,000000015 \text{ cm} = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

5 ELS ESTATS FÍSICS DE LA MATÈRIA

La matèria, normalment², es pot trobar en 3 estats físics (o d’agregació): **sòlid**, **líquid** i **gasós**.

Els **sòlids** tenen **forma pròpia** i el seu volum gairebé no canvia en estar sotmesos a pressió, és a dir, són pràcticament **incompressibles**. Poden patir deformacions.

Els **líquids** no tenen forma pròpia, sinó que **adopten la forma del recipient que els conté**. També són pràcticament **incompressibles** –encara que menys que els sòlids–.

Els **gasos** no tenen forma pròpia, sinó que **adopten la forma del recipient que els conté**. Però a diferència dels anteriors, **sí són compressibles**, ja que **tendeixen a ocupar tot el volum del recipient que els conté (expansibilitat)**, per la qual cosa, si exercim una forta pressió sobre el recipient contenidor, disminuiran de volum –**però augmentarà molt la pressió dins del recipient**–.

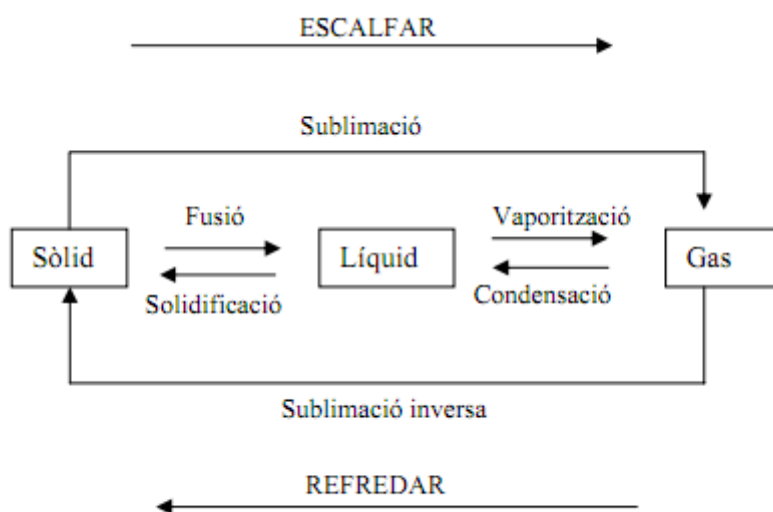
Els **fluids** són aquelles substàncies que poden lliscar sobre sí mateixes (i, evidentment, sobre una superfície), és a dir, la posició relativa de les molècules (o àtoms) que els formen poden variar abruptament. Les substàncies líquides i gasoses són fluids.

² Existeix un quart estat de la matèria, anomenat **estat de plasma**, en el qual els components dels àtoms (protons, neutrons i electrons) es troben separats. Aquest fenomen té lloc a la superfície de les estrelles (del Sol, per exemple), on s’arriba a temperatures de l’ordre de 10^8 °C .

5.1 CANVIS D'ESTAT

El canvi d'estat és un procés físic, la matèria no deixa de ser la mateixa matèria després del canvi d'estat (per exemple, l'aigua quan passa de l'estat sòlid al líquid no deixa de ser aigua).

Si la substància és pura, la temperatura a què té lloc el procés de canvi d'estat, roman constant, a pressió constant (1 atm).



Canvis d'estat de la matèria

Hem de tenir en compte que el procés de **vaporització** (pas de l'estat líquid al gasós) d'una substància pura, es pot produir per *dos mecanismes diferents*:

- **Evaporació**: la vaporització s'efectua a la superfície del líquid, a qualsevol temperatura (és a dir, a temperatura variable) i és un procés lent.
- **Ebullició**: la vaporització té lloc en el si del líquid (a tota la massa del líquid), a una temperatura constant (la temperatura d'ebullició o **punt** d'ebullició) i és un procés ràpid.

6 PROPIETATS DE LES SUBSTÀNCIES

6.1 PROPIETATS GENERALS

Les propietats generals de les substàncies són propietats que es poden mesurar, però no serveixen per identificar-les. Són la **massa**, el **volum** i la **temperatura** (mentre no canviïn d'estat).

6.2 CARÀCTERS ORGANOLÈPTICS

Hi ha unes altres propietats o, millor dir, caràcters, que són comuns a tots tipus de substàncies però que, generalment, no serveixen per a identificar-les, més bé ens

serveixen per a descartar-les front altres. Aquests caràcters són captats pels nostres sentits, són **els caràcters organolèptics: color, sabor, olor, textura**. L'observació d'aquests caràcters s'ha de fer amb cura: **mai tastarem, ni tocarem ni olorarem directament cap substància desconeguda al laboratori (ni a la vida quotidiana)**.

6.3 PROPIETATS CARACTERÍSTIQUES

Hauríem d'aclarir, en primer lloc, que **només les substàncies pures**³ (és a dir, les substàncies simples i els compostos) **presenten** unes propietats, anomenades **propietats característiques**, que no depenen de la quantitat de substància i sempre mostren el mateix valor –un **valor constant**–, si són mesurades en les mateixes condicions de pressió i de temperatura⁴. Aquestes propietats ens serveixen per a *identificar-les*. Exemples d'aquestes propietats característiques podrien ser: la **densitat**, el **punt** (o temperatura) **de fusió**, el **punt** (o temperatura) **d'ebullició**, la **conductivitat tèrmica**, la **conductivitat elèctrica**, etc.

En canvi, si les substàncies no són pures, és a dir, si són **mescles**, aquestes propietats no existeixen, no són característiques, ja que **depenen de la quantitat relativa de cada component a la mescla**. En aquest cas, es parla, per exemple, de **densitat de mescla** o de **densitat aparent**, $\bar{\rho}$, el **valor** de la qual serà **variable**.

6.3.1 LA DENSITAT

La densitat d'una substància és la relació que existeix entre la seva massa i el seu volum. En altres paraules, és la quantitat de matèria que hi ha per unitat de volum.

Se simbolitza per la lletra grega **ro** (en anglès, “rho”): ρ

Les unitats en què es mesura la densitat, al SI, són: $\frac{kg}{m^3}$

Matemàticament, l'expressem així:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

La densitat **és una propietat característica de les substàncies pures**, és a dir, cada substància pura tindrà un valor determinat (constant, sempre que es mesuri en les mateixes condicions de pressió i de temperatura) de densitat i, per tant, ens servirà per a identificar-les.

No podem dir el mateix si la substància, de la qual volem mesurar la seva densitat, és una **mescla**.

³ Són aquelles constituïdes per un únic tipus de substància.

⁴ Normalment, a 1 atm de pressió i a 0 °C –**condicions normals**–, o a 1 atm de pressió i 25 °C –**condicions estàndard**–.

Per exemple, l'aire, que és una mescla de diferents gasos (oxigen, nitrogen, argó, diòxid de carboni, vapor d'aigua,...) té una **densitat aparent** o una **densitat de mescla**⁵ de 0.0013 g/cm³. Però la *composició* de l'aire (és a dir, *la quantitat relativa de cada component a la mescla*) pot variar d'un lloc a un altre, per tant, la seva densitat pot variar, no és constant (encara que sigui mesurada en les mateixes condicions de pressió i de temperatura).

En general, els valors de densitat són majors pels sòlids, seguits dels líquids i, finalment, els gasos:

$$\rho_{\text{sòlids}} > \rho_{\text{líquids}} \gg \rho_{\text{gasos}}$$

6.3.1.1 CÀLCULS DE DENSITAT, MASSA I VOLUM

De la definició matemàtica de densitat, podem determinar la densitat, la massa o el volum si coneixem els valors de 2 d'aquestes 3 propietats:

- Si coneixem la *massa* i el *volum*, podem obtenir la **densitat** així:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- Si coneixem la *densitat* i el *volum*, podem obtenir la **massa** així:

$$m = \rho \cdot V$$

- Si coneixem la *densitat* i la *massa*, podem calcular el **volum** així:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Si us fixeu, és una única equació, però reescrita de diferents formes.

Al laboratori s'acostuma a treballar amb quantitats petites (masses de l'ordre del gram i volums de l'ordre del mL –o cm³, que és el mateix–). En aquest cas, ens interessa més treballar la densitat amb unitats de g/cm³ que amb unitats de kg/m³, per tant, si les dades de densitat que tenim venen expressades en el SI (kg/m³), haurem d'utilitzar els **factors de conversió** per obtenir la mateixa densitat, però expressada en g/cm³.

Per exemple, la densitat del mercuri líquid, Hg, és de 13600 kg/m³. Quina és la seva densitat expressada en g/cm³?

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Hg}} &= \frac{13600 \cancel{\text{kg}}}{\cancel{\text{m}^3}} \cdot \frac{10^3 \text{ g}}{1 \cancel{\text{kg}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{m}^3}}{10^3 \cancel{\text{dm}^3}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{dm}^3}}{10^3 \text{ cm}^3} = \frac{13600 \cdot \cancel{10^3} \text{ g}}{\cancel{10^3} \cdot 10^3 \text{ cm}^3} = \frac{13600 \text{ g}}{10^3 \text{ cm}^3} \\ &= 13.6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \end{aligned}$$

⁵ També, en alguns textos apareix el nom de **densitat mitjana**.

6.3.1.2 QUINS MATERIALS SUREN EN UN LÍQUID?

Hem de distingir si són sòlids o líquids, en primer lloc. En qualsevol cas, ***qui tingui una densitat menor surarà en un líquid de densitat major***. Però, en el cas del líquids, aquests han de ser immiscibles, és a dir, que no es poden mesclar.

Així, qualsevol sòlid massís que tingui una densitat major que la del líquid on s'introdueix, s'enfonsarà; en canvi, si en té una de menor, surarà.

El mateix passa amb els líquids però, a més, els líquids han de ser ***immiscibles*** entre sí, no es poden mesclar (com, per exemple, el tetraclorur de carboni, CCl_4 , –líquid apolar– i l'aigua, H_2O , –líquid polar–).

6.3.2 TEMPERATURES CARACTERÍSTIQUES

A la natura trobem les substàncies en tres estats diferents: estat sòlid, estat líquid i estat gasós.

Com hem pogut comprovar tots alguna vegada, l'aigua la hem vista sòlida quan neva o traiem gel del congelador, per exemple; líquida quan plou o en obrir una aixeta o, gasosa quan traiem la tapa d'una olla on s'està fent brou o ens dutxem. És obvi que l'estat de la matèria depèn de la temperatura a la qual s'hi trobi.

La temperatura de canvi d'estat (o de canvi de fase) d'una **substància pura** és una propietat característica d'aquesta i, a més, es manté constant al llarg del canvi de fase. Les mescles de substàncies no mantenen la temperatura fixa mentre dura aquest canvi de fase i, en conseqüència, no té sentit parlar del punt de fusió o del punt d'ebullició o del punt de sublimació (o dels seus inversos) d'una mescla.

La temperatura en què un sòlid passa a l'estat líquid, a *pressió constant* d'una *atmosfera*, l'anomenarem **temperatura de fusió** i a la del pas de líquid a sòlid, en les mateixes condicions, **temperatura de solidificació**. Les substàncies pures tenen temperatures característiques idèntiques a les dels passos inversos, és a dir, la temperatura de fusió d'una substància pura serà idèntica a la temperatura de solidificació de l'esmentada substància.

6.4 PROPIETATS MECÀNIQUES DELS MATERIALS SÒLIDS

La **duresa** és la **resistència que un material oposa a ser penetrat o ratllat per un altre**. Si un material no oposa gaire resistència a ser penetrat o ratllat, direm que es **tou**.

La **tenacitat** és la **resistència que presenta un material a ser deformat o trencat**. Si es trenca fàcilment, el material és **fràgil**.

L'**elasticitat** és la **propietat que mostra un material capaç de patir deformacions reversibles quan estan sota l'acció de forces exteriors i de recuperar la forma original si aquestes forces deixen d'actuar** . Hi ha un límit de la força exterior aplicada, para cada material, anomenat **límit d'elasticitat**, sobrepassat el qual, el material no

recupera la seva forma original. Sobrepassat aquest punt, direm que el material assolirà un ***comportament plàstic***.

La ***mal·leabilitat*** és la ***propietat que mostra un material capaç de ser deformat en làmines primes, sense trencar-se***.

La ***ductilitat*** és la ***propietat que mostra un material capaç de ser deformat en fils***.

ANNEX 1. HISTÒRIA DEL SI

Els fonaments del sistema mètric, el precedent de l'actual SI, van ser posats per un grup de científics, entre els que havia Antoine Laurent Lavoisier, que havien estat comissionats per Lluís XVI de França amb l'encàrrec de **crear un sistema de mesures unificat i racional**. La idea original fou la de crear una unitat de massa, que va rebre el nom de *grave* i va ser definida com la massa d'un litre d'aigua al punt de congelació. Aquesta definició prendria la forma d'un prototip físic. Després de la Revolució Francesa el nou govern adoptaria la idea del nou sistema mètric però al llarg del temps introduiria alguns canvis importants, com ara que la unitat de massa havia de ser el *gram* però, ateses les dificultats per utilitzar aquesta unitat, es va decidir que la definició prendria la forma física d'un prototip de 1000 grams, un quilogram.

El 1793 la Convenció Nacional va adoptar el *metre* (definit com la deu mil·lionèssima part d'un quart de meridià terrestre) i va definir les unitats de volum i massa, creant el sistema mètric decimal. Amb aquest sistema, basat en el nombre 10, es facilitava la tasca de passar d'una unitat als seus múltiples i submúltiples atès que per fer-ho havia prou amb desplaçar la coma.

El 1795 s'adopta el nom de gram i quilogram. El sistema mètric rebia llavors el nom de *MkpS*, les sigles de les seves unitats: metre, kilogram—pes i segon. El 1799 els prototips del metre i del kilogram són dipositats al Arxius Nacionals (*Archives nationales*) de França i el sistema mètric és adoptat definitivament.

Es sistema mètric va anar variant al llarg dels anys al temps que de mica en mica es difonia arreu del món i anava desplaçant els sistemes tradicionals de mesura. Després de la Segona Guerra mundial encara persistia la utilització de molts sistemes diferents, alguns eren variacions del sistema mètric i d'altres de tradicionals. El 1948 a la 9a **Conferència General de Pesos i Mesures (CGPM)**, abreujadament) es va decidir encarregar al **Comitè Internacional de Pesos i Mesures (CIPM)**, abreujadament) l'estudi de les necessitats de mesura de les comunitats científica, tècnica i educativa.

En base a l'estudi elaborat pel CIPM, el 1954 la 10a Conferència General de Pesos i Mesures va decidir que un sistema internacional d'unitats havia de basar-se en sis unitats fonamentals. Aquelles sis unitats recomanades foren el metre, el quilogram, el segon, l'ampere, el kelvin (llavors anomenat *grau kelvin*) i la candela. El 1956 el CIPM va decidir adoptar el nom de *Système International d'Unités*. El 1960, a la 11a CGPM es va confirmar l'adopció del nom (**Sistema Internacional d'Unitats**) i l'abreviatura (**SI**), també es van confirmar les sis unitats de base, els noms dels prefixes des de tera fins a pico i es van adoptar dues unitats auxiliars: el radiant (símbol: rad), com a unitat d'angle pla; i l'estereoradiant (símbol: sr), com a unitat d'angle sòlid. Aquestes dues unitats auxiliars esdevindrien unitats derivades el 1995 a la 20a CGPM. La setena unitat base del sistema, el mol, seria adoptada el 1971 a la 14a CGPM.

Avui dia la utilització del SI és pràcticament universal i gairebé cap estat manté definicions oficials d'altres unitats. Només hi ha 3 excepcions: els EUA (Estats Units d'Amèrica), Libèria i Myanmar (tradicionalment anomenada Birmània).

ANNEX 2. MAGNITUDS VECTORIALS

A. NOTACIÓ D'UNA MAGNITUD VECTORIAL

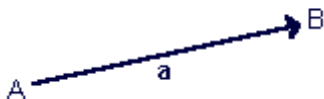
Per mostrar que la magnitud a la que es referim és una magnitud vectorial, li posarem una **fletxeta a sobre** si l'escrivim a mà (textos manuscrits), o bé, si utilitzem un editor de textos a l'ordinador, l'escriurem **en negreta**, com hem vist que ens mostren els llibres de texts (textos impresos). Exemples: $\mathbf{F} = 3\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$ (N); $\mathbf{a} = 30$ (-j) (m/s²); $\mathbf{p} = 20\mathbf{i}$ (kg·m/s).

En qualsevol cas, **mai ens hem d'oblidar de posar les unitats corresponents**.

Les magnituds vectorials la representem mitjançant **vectors**, per tant, hem de conèixer què són i quines propietats tenen.

B. VECTORS

Un **vector** és un segment orientat -té un punt *origen* (P) i un punt *extrem* (Q)- que queda definit per tres característiques:



- El **mòdul**: és la longitud del segment i correspon al valor absolut de la magnitud (sempre és un valor positiu). Es calcula de la següent manera:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

on a_x , a_y i a_z són les **components cartesianes del vector $\vec{a}$** , el qual es pot escriure d'aquestes tres formes:

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k} = (a_x, a_y, a_z) = (a, \alpha)$$

En realitat, la primera forma (la forma cartesiana) i la segona (parell ordenat) són equivalents. La tercera forma és la forma polar, en la qual es dona el mòdul de vector i l'argument (l'angle α que forma amb el semieix X positiu)

- La **direcció o línia d'acció**: és la recta que conté el segment.
- El **sentit**: determina l'orientació del segment dins la línia d'acció. S'indica per una punta de fletxa a l'extrem del vector.

ANNEX 3. MESURA I ERRORS

A. MESURA I INCERTESA

Mesurar consisteix a comparar una magnitud amb una altra que utilitzem com a patró (unitat). Aquest procés porta sempre implícit una **indeterminació** o **incertesa**, és a dir, sempre que mesurem, per raons molt diverses i, en general, difícils d'evitar, correm el risc de no “encertar” amb el **valor exacte** de la magnitud que volem conèixer, és a dir, cometem un error. Unes vegades això és a causa de la imperfecció dels nostres instruments o del nostres sentits, o al disseny del procés de mesura, o a factors ambientals, etc. De manera que, quan expresseu el valor “mesurat” d'una magnitud, sempre hem de fer una *estimació del grau de confiança* amb el qual hem realitzat la mesura.

B. EXACTITUD I PRECISIÓ

Es denomina **exactitud** a la capacitat d'un instrument de mesurar un valor proper al valor de la magnitud real (**valor exacte**).

L'exactitud es refereix a com de prop del valor real es troba el valor mesurat. Quan expresseu l'exactitud d'un resultat s'expressa mitjançant l'error absolut que és la diferència entre el valor experimental i el valor real.

Es denomina **precisió** a la capacitat d'un instrument de donar el mateix resultat en mesuraments diferents realitzats en les mateixes condicions.

La precisió es refereix a la dispersió del conjunt de valors obtinguts de mesuraments repetits d'una magnitud. Com menor és la dispersió major la precisió. Una mesura comuna de la variabilitat és la **desviació estàndard**⁶ dels mesuraments –tranquils, no us demanaré aquesta fórmula– i la precisió es pot estimar com una funció d'aquesta.

C. MESURES DIRECTES I INDIRECTES

Per mesurar magnituds físiques hem de fer servir aparells, normalment. **Si l'aparell dona el valor de la magnitud que desitgem, direm que hem efectuat una mesura directa** (per exemple, mesurem una longitud amb cinta mètrica o amb un regle). **Si per mesurar una magnitud, hem de realitzar diferents mesures amb diferents aparells i, a més, hem de realitzar càlculs matemàtics per obtenir el seu valor, direm que hem efectuat una mesura indirecta** (per exemple, mesurem un volum de líquid amb una proveta o amb una pipeta i una massa de líquid utilitzant una balança, per tal de conèixer, dividint la mesura de la massa entre la mesura del volum, la densitat d'aquest líquid).

⁶ $S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$; on n = número de mesures i $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$, és el valor mitjà

D. TIPUS FONAMENTALS D'ERROR

I. ERRORS SISTEMÀTICS O DETERMINATS

Són els deguts a la presència d'un factor no considerat en el muntatge experimental o al mal coneixement d'algun altre. Com a conseqüència, el valor mesurat està sempre per damunt o per sota del valor real o exacte.

Poden tenir el seu origen en deficiències dels aparells (l'aparell està mal calibrat, per exemple), en deficiències del nostres sentits (deficiències visuals, per exemple), en una mala praxis a l'hora de realitzar l'experiment (mesurem un volum d'un líquid en una proveta, observant per sobre o per sota el seu nivell respecte la graduació (escala) de l'aparell –aquest error és anomenat **error de paral·laxi**–, per exemple), en el descontrol de variables a controlar (pressió, temperatura, etc.), etc. En resum, podríem dir que tindríem 3 tipus de **errors sistemàtics**, segons el seu origen: **errors instrumentals**, **errors personals** (humans) o **errors de mètode**.

La seva existència és difícil de detectar però són els més fàcils de corregir doncs només requereixen de l'adequat calibratge de l'aparell, de la correcció dels defectes sensitius de l'observador (o, del cavi d'observador, si es precís) i d'una correcció en la pràctica de l'ús de l'aparell i de les variables a controlar, seguint els exemples anteriors.

II. ERRORS ACCIDENTALS, INDETERMINATS O ALEATORIS

Són els resultants de la contribució de nombroses fonts incontrolables que desplacen el valor mesurat per damunt i per sota del valor real. Idealment pot considerar-se que la seva contribució a l'error de la mesura és absolutament **a l'atzar**, de manera que encara que **són impossibles d'eliminar totalment**, poden ser estimats i d'aquesta forma obtenir el grau de confiança amb el qual hem realitzat la mesura.

Per tal de minimitzar els errors accidentals, cal realitzar la mesura de la magnitud les vegades que calguin, com a mínim seran 3 vegades.