



**1** batxillerat

# Física i Química

Salvador Lorente  
Juan Quílez  
Eloy Enciso  
Fernando Sendra

# Física i Química

## 1 batxillerat

©ÉS PROPIETAT

Salvador Lorente  
Juan Quilez  
Eloy Enciso  
Fernando Sendra  
Editorial ECIR, S.A.

Disseny d'interior: Disseny gràfic ECIR  
Edició: Editorial ECIR  
Impressió: Indústries Gràfiques Ecir (IGE)

Il·lustracions: Disseny gràfic ECIR  
Disseny i il·lustració coberta: Valverde i Iborra / Disseny gràfic ECIR  
Fotografia: Arxiu ECIR / Godofoto

Reservats tots els drets. Ni la totalitat, ni part d'aquest llibre pot ser reproduït o transmès mitjançant procediments electrònics o mecànics de fotocòpia, enregistrament, informació o qualsevol altre sistema, sense el permís escrit de l'editor.

Dipòsit legal: V-2760-2008  
I.S.B.N.: 978-84-9826-396-1



Vila de Madrid, 60 - 46988 - P. I. Font del Gerro - PATERNA (València)  
Tels: 96 132 36 25 - 96 132 36 55 - Mòbil: 677 431 115 - Fax: 96 132 36 05  
E-mail: [ecir@ecir.com](mailto:ecir@ecir.com) - <http://www.ecir.com>

La **Física** i la **Química** en el Batxillerat té dos objectius bàsics:

- a) que adquirisques els coneixements i les estratègies científiques bàsiques que et permeten resoldre situacions quotidianes, com per exemple explicar el com i el perquè es mouen els cossos o comprendre la importància de les transformacions químiques, valorant-ne tant els avantatges com els possibles inconvenients. D'aquesta forma podràs ampliar la dimensió cultural de la Física i la Química adquirida en cursos precedents, dins de la vostra formació integral com a ciutadans responsables en la nostra societat.
- b) que, d'acord amb l'objectiu anterior, desenvolupes una base científica sòlida que t'ajude a avançar en l'estudi de nous coneixements o que et possibiliti ampliar els ja estudiats en aquest curs en uns altres de nivell superior.

Per a tot això cal que disposes d'un llibre de treball que t'ajude, de forma efectiva, a assimilar els sabers desenvolupats en l'assignatura de Física i Química. Amb aquest propòsit hem elaborat aquest llibre de text, sobre la base de la nostra experiència didàctica i els resultats i propostes que sorgeixen de diferents investigacions educatives. Com a resultat final esperem que adquirisques les habilitats i capacitats necessàries per a un aprenentatge significatiu i integral dels continguts que prescriu la legislació vigent. En concret, hem introduït en el text una varietat de recursos didàctics, com:

- **Activitats d'aprenentatge**, inserides en cadascun dels temes, que orienten el teu treball i que et permeten comprendre el significat dels conceptes. Per això, algunes vegades les activitats propicien la reflexió sobre les teues idees prèvies, per a contrastar-les amb els conceptes estudiats, i altres vegades, pretenen analitzar o consolidar determinats aspectes rellevants.
- **Exemples desenvolupats** com a elements que et permeten elaborar estratègies de resolució per a

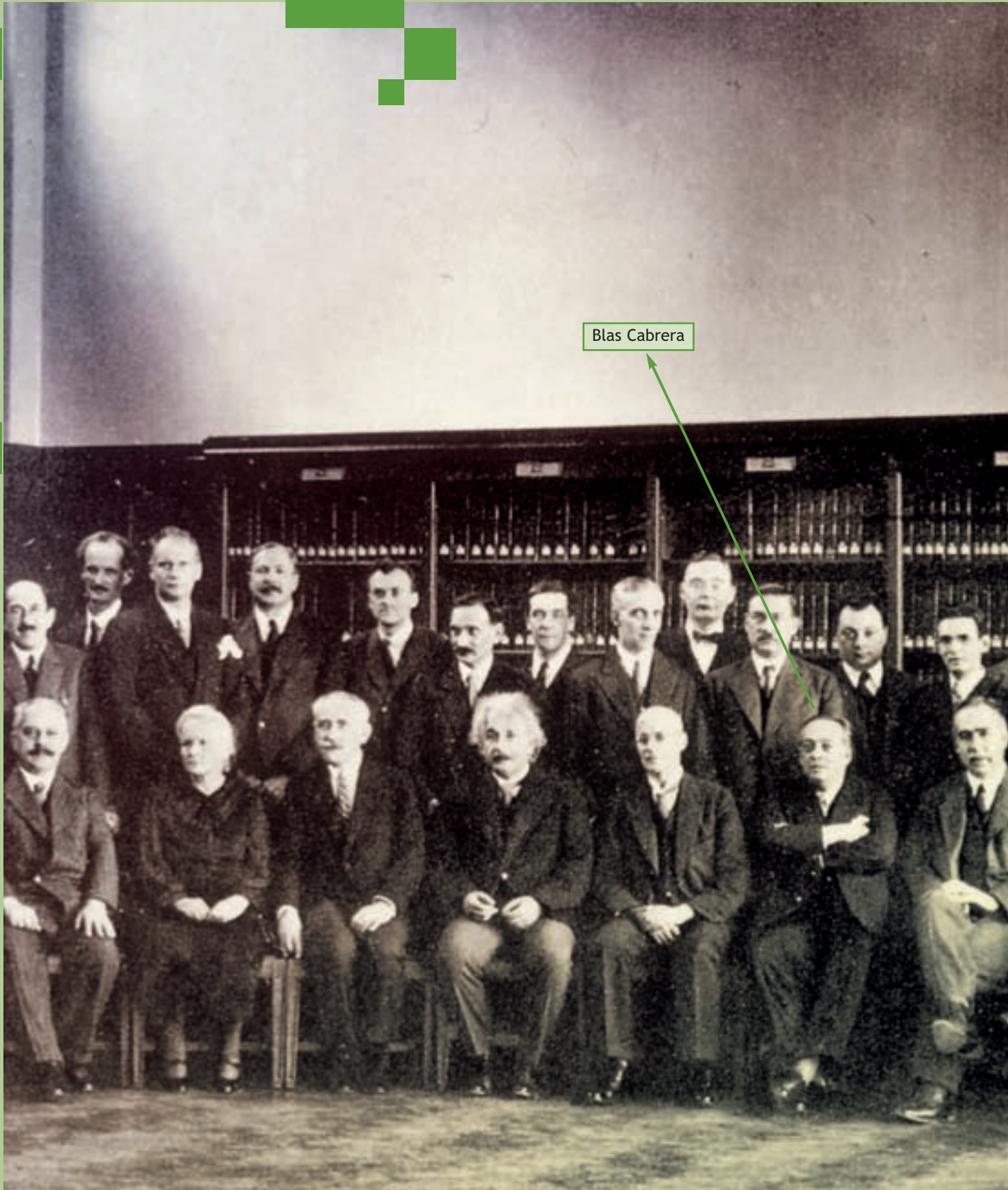
identificar els diferents tipus de problemes, i amb això establir pautes que eviten el pur operativisme mecànic, sense significat.

- **Mapes conceptuals**, que possibiliten explicitar les relacions entre els conceptes analitzats durant el desenvolupament del tema, a fi d'afavorir un aprenentatge estructurat i organitzat.
- **Lectures històriques** que t'ajuden a comprendre l'origen i evolució de les idees científiques, a fi de facilitar-ne la comprensió, així com **complements**, al final d'alguns temes, que amplien l'estudi o que realitzen anàlisis que relacionen la ciència, la tècnica i el medi ambient.
- Referències a **Internet**, inserides en el tema, on pots ampliar i comprovar els teus coneixements.
- Propostes d'**experiments** que intenten acostar-nos a la forma de treballar dels científics i que faciliten un aprenentatge actiu.
- Una **col·lecció extensa i variada d'exercicis**, amb les respostes al final del llibre, perquè pugues aplicar i practicar les estratègies i conceptes desenvolupats.
- Propostes d'**autoavaluació**, al final de cada tema, on s'assenyalen les capacitats específiques que has d'adquirir en cadascun d'ells. I per a avaluar el nivell d'assimilació assolit se'n proposen un conjunt d'activitats coherents.

No obstant això, tenim la convicció que aquestos i altres recursos didàctics (figures explicatives, etc.) presents en aquest llibre, per si sols, no són suficients sense el teu treball, interès i esforç personals, que sempre han d'estar acompanyats de les orientacions i explicacions de la professora o el professor. Esperem que, en qualsevol cas, amb la participació de tots desenvolupes unes bases científiques que et permeten contribuir, com a ciutadans, a resoldre els reptes presents i futurs de la Ciència per a millorar el medi natural i social del qual formem part.

<b>TEMA 1. INTRODUCCIÓ A L'ESTUDI DE LA FÍSICA I LA QUÍMICA</b> .....	<b>6</b>	3. Energia cinètica i la seua relació amb el treball ....	122
1. Alguns aspectes de la ciència .....	8	4. Energia potencial .....	124
2. El treball científic .....	13	5. Processos de transformació de l'energia mecànica .....	130
3. Les magnituds físiques i les seues unitats .....	15	6. La calor, un procés de transferència d'energia .....	134
4. Les imprecisions i els errors experimentals .....	20	7. Primer principi de la termodinàmica .....	140
5. La comunicació en la ciència .....	22	8. Un enunciat útil del principi de conservació de l'energia .....	142
<b>TEMA 2. CINEMÀTICA</b> .....	<b>26</b>	9. Degradació de l'energia .....	146
1. Es pot saber d'una forma absoluta si un cos es troba en repòs o en moviment? .....	28	10. Obtenció i consum de recursos energètics: present i futur .....	148
2. Magnituds necessàries en l'estudi del moviment.....	29	<b>TEMA 5. CÀRREGA I CAMPS ELÈCTRICS</b> .....	<b>158</b>
3. Moviment rectilini uniforme .....	34	1. Experiments sobre l'electrització: models explicatius .....	160
4. Moviment rectilini uniformement accelerat.....	35	2. Forces entre càrregues: Llei de Coulomb .....	165
5. Les aportacions de Galileu al desenvolupament de la cinemàtica .....	42	3. Altra descripció de la interacció entre càrregues: El camp elèctric .....	170
6. Moviment en dos o tres dimensions.....	48	4. Energia potencial elèctrica .....	176
7. Moviment circular .....	57	<b>TEMA 6. CORRENT ELÈCTRIC</b> .....	<b>186</b>
<b>TEMA 3. DINÀMICA</b> .....	<b>68</b>	1. El circuit elèctric .....	188
1. Què és la força? .....	70	2. El corrent elèctric. Mecanisme de conducció i intensitat .....	189
2. Com calcular el valor de les forces?.....	72	3. Relació entre la diferència de potencial i la intensitat: Llei d'Ohm .....	192
3. Com caracteritzar l'estat de moviment dels cossos? Quantitat de moviment.....	74	4. Les resistències .....	194
4. Els principis de la dinàmica: Lleis de Newton .....	75	5. Generadors de tensió: característiques .....	200
5. La interacció gravitatòria. La força pes .....	82	6. Transformacions energètiques en un circuit simple .....	202
6. La tensió .....	85	7. Receptors actius i l'aplicació del principi de conservació d'energia en els circuits elèctrics .....	206
7. La força de fregament entre sòlids per lliscament .....	86	8. L'energia elèctrica en la societat actual: generació, consum i repercussions de la seua utilització .....	210
8. Aplicació de les lleis de Newton a situacions dinàmiques .....	91	<b>TEMA 7. LA TEORIA CINÈTICO-MOLECULAR DE LA MATÈRIA</b> .....	<b>220</b>
9. Forces en moviments circulars. La força centrípeta .....	95	1. Estudi experimental dels gasos: la llei dels gasos ideals. Explicació corpuscular i cinètica .....	222
10. Acció de forces durant un interval de temps: impuls mecànic.....	98	2. El model cinètic és extensible a tots els estats de la matèria .....	226
11. Conservació de la quantitat de moviment.....	99	3. Classificació dels sistemes materials .....	228
<b>TEMA 4. L'ENERGIA I LA SEUA TRANSFERÈNCIA</b> .....	<b>110</b>		
1. L'energia i la seua transferència .....	112		
2. El treball en els fenòmens mecànics .....	116		

4. La transformació química de la matèria i les seues lleis .....	230	8. El sistema periòdic dels elements químics .....	357
5. Teoria atòmica de Dalton .....	233	9. Propietats periòdiques dels elements químics .....	364
6. Els gasos i les seues lleis de combinació en les transformacions químiques. La molècula .....	236	<b>TEMA 11. ENLLAÇ QUÍMIC .....</b>	<b>374</b>
7. L'element químic .....	238	1. Per què es combinen els àtoms? .....	376
8. Masses atòmiques i moleculars .....	240	2. Enllaç iònic. Substàncies iòniques .....	378
9. La fórmula química i el seu significat .....	242	3. Enllaç covalent .....	384
10. La quantitat de substància i la seua unitat: el mol ..	245	4. Enllaços intermoleculars .....	389
11. Les dissolucions i la seua concentració .....	253	5. Substàncies formades per enllaços covalents: tipus de sòlids .....	391
12. Preparació de dissolucions .....	257	6. Enllaç metàl·lic .....	393
<b>TEMA 8. LA REACCIÓ QUÍMICA: ESTEQUIOMETRIA .....</b>	<b>270</b>	<b>ANNEX: FORMULACIÓ I NOMECLANTURA EN QUÍMICA INORGÀNICA .....</b>	<b>404</b>
1. Importància del coneixement i estudi de les transformacions químiques .....	272	1. Compostos iònics .....	406
2. Interpretació (submicroscòpica) d'una reacció química. L'equació química .....	275	2. Compostos covalents .....	409
3. Càlculs amb equacions químiques .....	281	3. Sals iòniques poliatòmiques .....	413
4. Factors que condicionen els càlculs estequiomètrics .....	288	<b>TEMA 12. LA QUÍMICA DEL CARBONI .....</b>	<b>416</b>
5. Química, indústria i medi ambient .....	292	1. Orígens de la química del carboni: breu revisió històrica .....	418
<b>TEMA 9. CINÈTICA QUÍMICA .....</b>	<b>306</b>	2. Introducció a l'estructura i als enllaços del carboni .....	420
1. Velocitat de reacció .....	308	3. Compostos de carboni i hidrogen: hidrocarburs .....	423
2. Factors que afecten la velocitat de reacció .....	312	4. Propietats físiques generals dels hidrocarburs .....	432
3. Un model de reacció química. Teoria de les col·lisions .....	319	5. Reaccions químiques dels hidrocarburs .....	433
4. Ordre de reacció, mecanisme de reacció i molecularitat .....	324	6. Compostos de carboni amb l'oxigen: grups funcionals .....	439
<b>TEMA 10. L'ESTRUCTURA ATÒMICA I EL SISTEMA PERIÒDIC .....</b>	<b>334</b>	7. Compostos de carboni amb nitrogen: amines, amides i nitrils .....	448
1. L'àtom és divisible: caracterització de les partícules constituents de l'àtom .....	336	8. Origen natural dels hidrocarburs: el petroli .....	451
2. A la recerca de models interpretatius de l'estructura de l'àtom: models de Thomson i Rutherford .....	338	<b>ANNEX .....</b>	<b>460</b>
3. El concepte d'element químic i d'isòtop .....	342	· Solucions als exercicis finals .....	460
4. Els espectres atòmics i la seua importància .....	344	· Unitats .....	478
5. El model de Bohr de l'àtom d'hidrogen .....	347	· Sistema periòdic actual .....	479
6. El model actual de l'àtom: orbitals i nombres quàntics .....	351		
7. La distribució electrònica en l'àtom .....	354		



Blas Cabrera

# INTRODUCCIÓ A L'ESTUDI DE LA FÍSICA I LA QUÍMICA

La comunitat científica té la necessitat de reunir-se per a comunicar, discutir i establir interpretacions consensuades de les seues investigacions.

A principis del segle XX, subvencionades pel químic Ernest Solvay, es van realitzar una sèrie de congressos que reunien els físics més eminents de l'època per a discutir un determinat tema. En la foto apareixen els físics que van participar en el congrés celebrat a l'octubre de l'any 1930. Si observes la foto amb atenció, hi pots apreciar que només hi ha una dona (Mme. Curie). Aquesta foto en l'actualitat, tindria el mateix nombre de dones?; com pots interpretar aquest fet?

En aquest congrés va participar el físic espanyol Blas Cabrera, segon home assegut des de la dreta; saps qui era Blas Cabrera? Quants científics espanyols coneixes?

El nostre objectiu en aquest tema és ajudar-te a trobar una resposta a la pregunta: com treballen les persones que desenvolupen el treball científic?

1. **Alguns aspectes de la ciència.**
2. **El treball científic.**
3. **Les magnituds físiques i les seues unitats.**
4. **Les imprecisions i els errors experimentals.**
5. **La comunicació en la ciència.**

# 1 Alguns aspectes de la ciència



Fig. 1.1. La imatge del científic aïllat i obsesionat presentada en el cinema en algunes de les seues produccions, és un estereotip.

Donar una explicació clara i senzilla de la natura de la ciència és una tasca complexa per estar condicionada pels aspectes econòmics, polítics i socials del moment, la qual cosa ha provocat i encara provoca grans polèmiques en la comunitat científica. Nosaltres pretenem oferir la visió més acceptada i desvinculada de les imatges distorsionades i superficials que se'n té.

A causa de la concurrència de tants factors dividirem l'explicació en diferents apartats.

## ● Quina és la nostra concepció sobre l'activitat científica?

Som conscients que vivim en una societat en la qual la ciència i les seues aplicacions estan presents constantment al nostre entorn. És difícil no escoltar cada dia una notícia relacionada amb nous descobriments científics i les seues aplicacions, sobre les conseqüències que determinats productes tenen sobre els ecosistemes, sobre els grans avenços tecnològics i la seua posada en pràctica, etc. Totes aquestes activitats les desenvolupen persones que reben el qualificatiu de científiques. Però, quina és la nostra idea de les persones que investiguen?



Indica algunes característiques bàsiques que han de tindre les persones per a realitzar investigacions científiques.

Hem d'evitar valoracions superficials que oferisquen una imatge del científic o científica prototip com el d'una persona que treballa sola, aliena a la societat, tancada al seu laboratori i centrada únicament en el seu treball. Al contrari, l'activitat científica actual es realitza entre grups coordinats de persones especialitzades en diferents àrees científiques.

D'altra banda, *no hem de valorar les investigacions científiques només per la seua utilitat immediata*. L'absència d'aplicacions pràctiques, a curt termini, dels assoliments científics ha fet desestimar el treball de la ciència, sobretot en èpoques d'instabilitat econòmica. Totes les investigacions obrin nous camins cap al futur, moltes vegades no coneguts per endavant i en altres de manera imprevista.



## Utilitat immediata de la ciència?

M. Faraday (1791-1867) no només es va dedicar a l'experimentació i a la docència, sinó que també li agradava divulgar la ciència al públic en general. Conten que després d'unes demostracions sobre electromagnetisme una dona li va preguntar per a què servia tot allò i ell va respondre: "Senyora, per a què serveix un nounat?" Una anècdota semblant es conta de Franklin. Però per a Faraday hi ha altra versió. Un parlamentari li va preguntar també per la utilitat dels seus experiments, i Faraday li va dir: "Estic segur que els seus successors cobraran impostos per això".

Efectivament, els seus treballs van permetre una revolució tecnològica i l'energia elèctrica es va fer abundant i barata. Però tant la dona com el parlamentari mostraven una preocupació freqüent: la utilitat immediata de l'experimentació científica. Mai no se sap a on ens durà un descobriment. En el cas de Faraday tant la inducció electromagnètica com la noció de camp han arribat més lluny del que ningú no podia imaginar-se en aquells temps.





Fig. 1.2. Grans grups de científics han estudiat l'acció de certes substàncies que contenen oxigen superactiu i l'han incorporat al detergent "COTE".



Fig. 1.3. Representació d'una possible situació a un supermercat.



Analitza les vinyetes i indica:

- a) Quina imatge de la ciència s'usa en l'anunci del detergent per a prestigiar el producte?; b) quina és ara la imatge de la ciència que tenen els clients del supermercat?

Altre aspecte a considerar és que l'activitat científica es realitza en un *determinat àmbit temporal i social*, de manera que la visió cultural de la realitat per part de la societat també determina per diferents motius l'avenç de la ciència (**interacció ciència-societat-tècnica**).



Fins a finals del s. XIX no hi ha dones rellevants en el desenvolupament de la ciència. Opina per què creus que ha ocorregut aquesta situació. Es repeteix aquest fet en el s. XX i en el present? Assenyala alguns noms de científiques premis Nobel en diferents camps de les ciències.

Per a avaluar el paper de les dones en el desenvolupament de la ciència hem de tindre en compte la societat i la cultura de la qual procedim. En unes èpoques s'ha imposat uns rols injusts en els quals s'han diferenciat les tasques dels homes i de les dones que compartien un context social i històric. Però malgrat les dificultats socials i econòmiques algunes dones han aconseguit grans assoliments científics.



Investiga sobre la vida, i respon les preguntes plantejades, i sobre l'activitat d'aquestes tres importants científiques, la tasca de les quals va ser recompensada amb el premi Nobel (màxim guardó científic mundial).

**Irène Curie**  
(1897 - 1956)

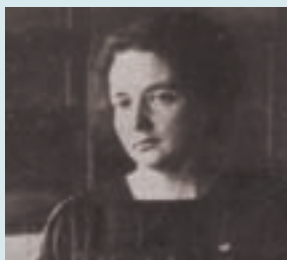


Fig. 1.4.

- De qui era filla Irène?
- Per què eren importants els seus pares?
- Quins estudis va realitzar?
- Què era l'Institut del Radium?
- Amb qui es va casar?
- Per què va obtenir el Premi Nobel de Química? Amb qui comparteix aquest Premi Nobel?
- Any i motiu de la seua mort.

**Marie Goeppert-Mayer**  
(1906 - 1972)



Fig. 1.5.

- Any i lloc de naixement.
- Estudis acabats i lloc on els va realitzar.
- Per què no va tindre un treball remunerat a la Universitat fins l'any 1960?
- Per quin motiu va obtenir el Premi Nobel de Física?
- Amb qui va compartir aquest descobriment?
- Any i motiu de la seua mort.

**Rosalyn Sussman**  
(1921 - 1976)



Fig. 1.6.

- Any i lloc de naixement.
- Estudis acabats i lloc on els va realitzar.
- Quins van ser els seus principals descobriments?
- Per quin motiu va obtenir el Premi Nobel de Medicina?
- Any i motiu de la seua mort.



Per a la investigació pots consultar les següents pàgines web d'Internet:

<http://usuarios.lycos.es/mujeresenlaciencia/index.html>

<http://www.cientec.or.cr/equidad.html>

[http://www.quimicaweb.net/mujeres\\_fyq/index.htm](http://www.quimicaweb.net/mujeres_fyq/index.htm)



Irène Curie era una persona preocupada pel progrés social i conscienciada de la problemàtica de la dona en la seua època. Irène afirmava: "La dona ha de reclamar que el treball femení es desenvolupe lliurement en totes les professions". No obstant això, la pròpia Irène, igual que la seua mare Marie Curie, no van ser acceptades per l'Académie des Sciences de París malgrat la seua inqüestionable tasca científica.

Quins creus que van ser els possibles motius per a impedir que per primera vegada una dona accedira a l'Académie des Sciences? Creus que el treball de la dona en la ciència ha estat exercit lliurement?

Una vegada posada de manifest i reformulada la concepció que sobre la ciència i les persones que hi treballen es té habitualment, intentarem explicar dos aspectes bàsics relacionats amb l'activitat científica: els objectius i els procediments.

## ● L'objectiu de l'activitat científica

L'ésser humà s'ha plantejat conèixer les causes i els mecanismes dels canvis del món que l'envolta. Ara bé, segons l'època, les preguntes han evolucionat des de les més generals i immediates a les més complexes i subtils, en funció de determinats interessos.

Per a comprendre i explicar els fenòmens naturals que integren el nostre univers, les persones que desenvolupen activitats científiques proposen explicacions que reben el nom de teories científiques.

**Les teories científiques** utilitzen **models** explicatius que permeten comprendre una sèrie de fets coneguts i predir-ne d'altres nous. Un model presenta una visió esquemàtica i simplificada dels fenòmens amb la intenció de comprendre'ls a través d'analogies i imatges mentals. Tot model té les limitacions pròpies de la ment humana. Per exemple, el model de l'àtom és la representació mental que tenim per a justificar les propietats de la matèria, però no garanteix que siga tal com ho imaginem. En aquest sentit, és fonamental diferenciar el model de la realitat complexa que intenta representar.



### Les teories, els mapes del coneixement científic

El coneixement científic no és només la suma de totes les observacions, experiments, hipòtesis, etc., que la comunitat científica acumula. Tot i que un conglomerat semblant és contrastable i reproducible, seria incompreensible sense uns principis adequats que relacionaren i interpretaren els continguts; aquestos principis són les **teories científiques**.

Amb l'objectiu de comprendre la importància de les teories en el coneixement, podem establir una analogia entre una teoria i un mapa. El **mapa** representa la informació topogràfica d'una extensió de terreny, informació incompleta i sempre subjecta a canvis. De la mateixa manera, una **teoria** és un intent de quadrar l'evidència experimental, incompleta i imperfecta. Els mapes poden realitzar-se a diverses escales, que abasten regions més o menys grans, centrant-se en més o menys detalls locals. Les teories científiques representen el nostre coneixement en diversos nivells de generalitat: àmplia com la teoria corpuscular o minuciosa com la teoria quàntica. D'un mapa es pot extraure més informació de la que va caldre per a fer-lo. També, una teoria és una font il·limitada de prediccions fiables.

## ● El procés evolutiu de la ciència

Totes les teories acceptades per la comunitat científica en cada època ho són per la seua *utilitat en les explicacions i prediccions* que ofereixen per a entendre una realitat complexa. A més, estan sotmeses a un constant procés de revisió, i només se'n substitueixen per d'altres quan les noves proporcionen més i millors explicacions.

Per això, més que un procés de creixement lineal dels coneixements científics hem de parlar d'un **procés evolutiu** amb replantejaments, destacant les èpoques de canvi i establiment de noves concepcions científiques (anomenats canvis de paradigmes científics).

L'objectiu inicial de la ciència és elaborar teories consensuades que expliquen de forma racional el comportament de la natura de la qual formem part.

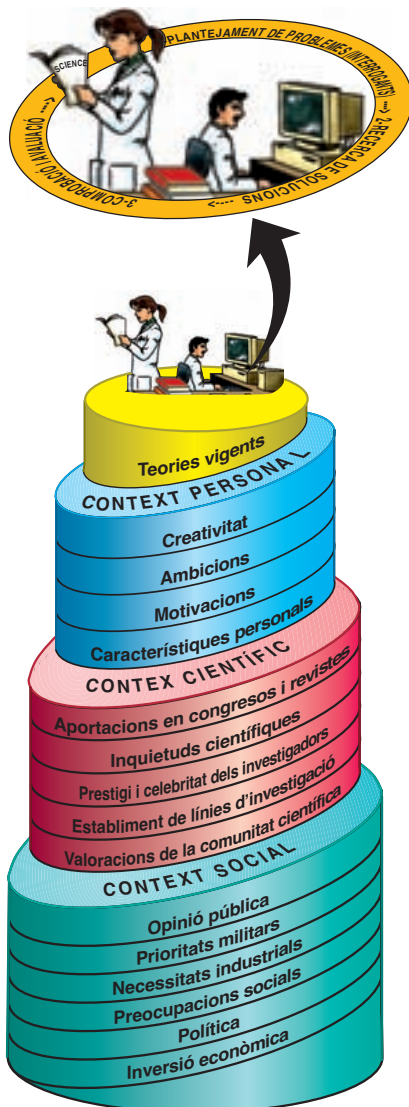


Fig. 1.7. Representació simbòlica dels factors que influeixen en l'activitat científica.

## ● Els procediments de l'activitat científica

La ciència recorre a un conjunt de *procediments d'investigació* molt diversos per a intentar resoldre els problemes mitjançant explicacions i solucions el més coherents possibles.

Tanmateix, tot i que les estratègies utilitzades en les investigacions són distintes, totes posseeixen característiques comunes que duen a poder afirmar que, en general, hi ha una **metodologia científica**, com veurem en l'apartat següent.

## ● La finalitat de les investigacions

El procés que duu a establir els problemes a investigar és molt complex, ja que hi incideixen tant aspectes socioeconòmics com culturals. I per altra banda, no hem d'oblidar que les investigacions es plantegen des de situacions ideals, en les quals establim un nombre concret de variables. En conseqüència, hem d'*establir els límits de tota investigació* i avaluar-ne les conclusions en funció del seu camp de validesa.

Les investigacions moltes vegades responen a interessos prou concrets de les grans empreses globalitzades o de potents grups internacionals, ja que estan condicionades per la necessitat d'obtenir recursos econòmics que permeten desenvolupar-les. Per això, els organismes nacionals i internacionals han de fomentar investigacions que cerquen solucions coordinades a problemes generals que afecten tots els éssers vius que compartim, i compartiran, el nostre planeta; per exemple, els problemes ambientals que actualment es plantegen des de diferents associacions i fòrums internacionals.

Hem de tindre en compte que la ciència realitza una interpretació cultural de la realitat i per tant influïda per múltiples interessos. I precisament, *aquest entorn social, polític i cultural condiciona l'activitat científica*.



Amb l'objectiu que valores les possibles repercussions de l'activitat científica analitza la reflexió de l'insigne científic espanyol Miguel Catalán: "Moltes persones fan responsables als físics atòmics de les terribles catàstrofes que l'energia nuclear pot produir. Aquesta acusació és, però, injusta. En el fons aquesta responsabilitat és igual que la responsabilitat que se'n derive de l'ús de qualsevol altre mitjà que la natura pose a les nostres mans. No és veritat que l'home empra la paraula tant per a la veritat com per a la mentida? En aquest diferent ús estriba la responsabilitat. L'energia nuclear poden usar-la els homes per al seu benefici o per a la seua perdició".

La ciència és bona o dolenta? Quina creus que és la nostra obligació com a ciutadans?

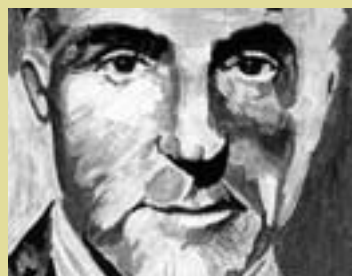


Fig. 1.8. Miguel Catalán va ser un dels científics espanyols més importants de principis de segle XX. Però, per què va ser important Miguel Catalán? Quants científics reconeguts espanyols eres capaç de citar?

## 2 El treball científic

Les persones generen coneixements científics tot i que no apliquen conscientment un mètode rigorós. Aquest procés d'elaboració implica tres activitats bàsiques:

- El plantejament del problema a resoldre.
- La recerca de solucions segons els coneixements previs (emissió d'hipòtesis).
- La comprovació i anàlisi de les solucions proposades.

Tot seguit explicarem algunes característiques bàsiques de tot procés d'investigació.

### ● El plantejament del problema

Tot procés d'investigació s'inicia i té com a finalitat resoldre algun problema. Els problemes són interrogants oberts la solució dels quals requereix el poder delimitar-los i concretar-los adequadament. En paraules d'Irène Curie, 1897-1956, (filla de la primera persona que ha rebut dos premis Nobel en Ciències, Marie Sklodowska-Curie): “Les preguntes són claus per a obrir nous camps, des dels quals es dibuixen l'interés i l'esforç de cadascú”.

### Com sorgeixen els problemes científics?

El reconeixement i la identificació dels problemes a investigar depenen dels coneixements de les persones que els van a analitzar. Per altra banda, el factor sociopolític en el qual viu l'investigador i les teories vigents determinen el desenvolupament de les diferents línies d'investigació.

### ● La recerca de possibles solucions. Emissió d'hipòtesis

Una de les fases més creatives del procés d'investigació és la recerca de possibles solucions al problema plantejat. Aquesta tasca comença amb un **treball bibliogràfic** de recopilació i anàlisi d'informació sobre el problema a investigar, que ens ajuda a esbrinar-ne els aspectes coneguts i a formular hipòtesis.

Les **hipòtesis** són **suposicions explicatives** d'un determinat problema, que han de poder comprovar-se.

Les **condicions exigides** per a la formulació de les hipòtesis són:

- Han de posseir una certa **lògica interna** (sense aparents contradiccions) i explicar el problema per al qual van ser plantejades.
- Han de poder verificar-se (**contrastar-se**).

Per a avaluar les hipòtesis formulades els científics dissenyen i realitzen experiments coherents amb les mateixes.

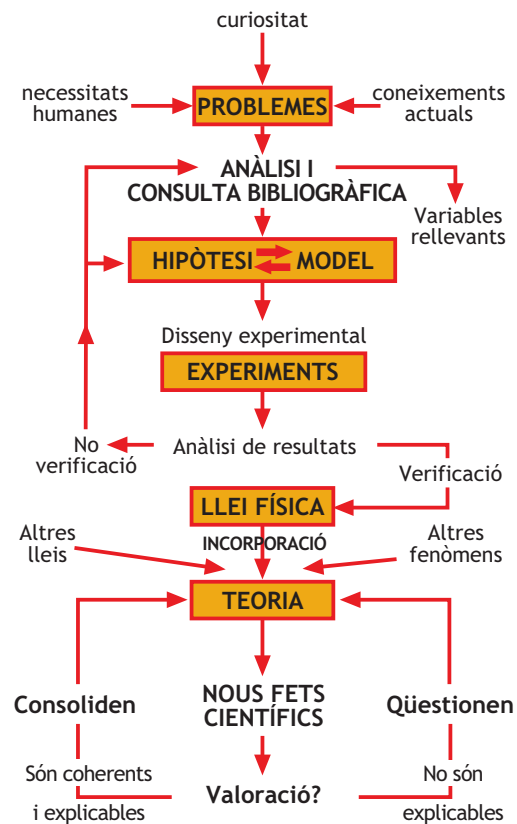
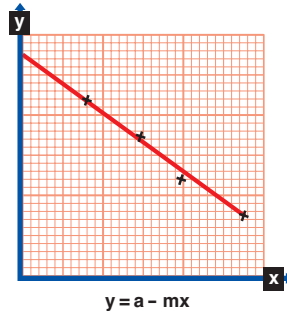
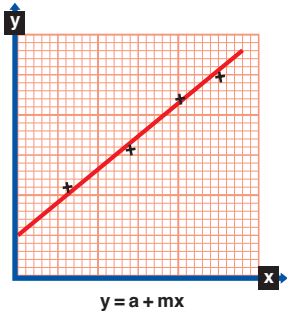
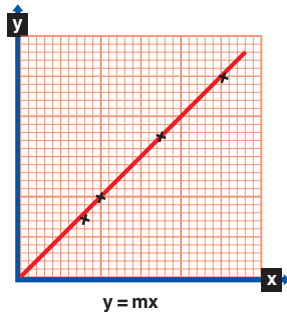


Fig. 2.1. Esquema orientatiu del procés general d'una investigació científica.



Penses que un procés d'investigació s'inicia a partir de pacients i curoses observacions, sense considerar els aspectes personals o subjectius?



**Fig. 2.2.** Tres possibles tipus de gràfics lineals. L'equació general és:  $y = a + m \cdot x$  on "a" és l'ordenada en l'origen (valor de y quan  $x = 0$ ) i "m" és el pendent, que es determina a partir de l'equació:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}; x_2 > x_1$$

## Què entenem per experiments?

Un **experiment científic** és una observació quantitativa (se n'obtenen dades), realitzada en **condicions preestablides i controlades** amb l'objectiu de comprovar les hipòtesis, i que ha de poder repetir-lo qualsevol altra persona en les mateixes condicions (**reproducible**).

Pràcticament mai es produeix un descobriment científic de cop i volta o per casualitat. Els experiments destinats a descobrir i establir noves lleis han estat sempre dissenyats amb summa cura per a comprovar les idees de qui els realitzen.

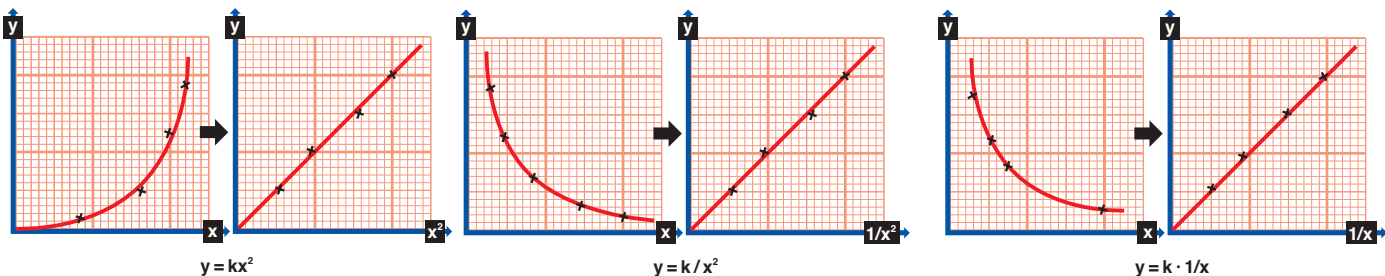
Per a fer un experiment cal identificar les variables (magnituds o factors) que influeixen en el fenomen a estudiar (**variables rellevants**).

Els experiments generalment es realitzen mitjançant el mètode denominat **control de variables**. Aquest mètode consisteix en la modificació d'una variable (variable **independent**), comprovant la seua influència en altra (variable **dependent**), mentre les restants variables romanen constants (variables de **control**).

## Tractament gràfic dels resultats

La millor forma de comprovar la relació que hi ha entre les variables analitzades en un experiment és una **representació gràfica**. La variable independent es representa en l'eix X i la dependent en l'eix Y generalment; si la gràfica és una recta, la relació matemàtica cercada (**lleï física**) és immediata, com es mostra a la figura 2.2.

Si la línia no és una recta, realitzant els canvis de variable adequats, es pot aconseguir que la gràfica final siga una recta. La figura 2.3 mostra tres exemples molt freqüents de linealització.



**Fig. 2.3.** Linealització de tres gràfics freqüents.

# 3 Les magnituds físiques i les seues unitats

En tot experiment es precisa mesurar magnituds físiques (propietats quantificables) mitjançant l'ús d'aparells apropiats.

Una **mesura** s'expressa amb un nombre i la seua unitat corresponent. Així per exemple, si diem que la massa (magnitud física) d'un objecte és de 300 g,  $m = 300 \text{ g}$ , indiquem que en la mesura de la massa d'aquest objecte hem pres de referència la unitat gram i que la seua massa és 300 vegades més gran que la massa que li correspon a un gram.

## ● Sistema d'unitats internacional (SI)

Ara bé, des de temps remots ha estat necessari **establir unitats** per a mesurar, intercanviar o vendre els productes; cada lloc usava les seues pròpies unitats que, amb el transcurs del temps, es van anar estenent a zones cada vegada més grans. Conseqüència d'això va ser la proliferació d'unitats relacionades amb la mateixa magnitud. Per exemple, la longitud a Catalunya es mesurava en pams, quarts i canyes; mentre a Castella ho feien en vares, peus, polzades...; així mateix una mateixa denominació implicava un valor distint segons el país o la regió.



*Creus que és convenient adoptar un sistema d'unitats internacional? Per què? Quines condicions ha de reunir aquest sistema?*

La necessitat d'unificar el sistema d'unitats utilitzat en les mesures de magnituds va donar lloc que el 20 de maig del 1875 els representants de 17 Estats signaren una Convenció i fundaren el Bureau Internacional de Pesos i Mesures amb l'objectiu d'establir un *sistema d'unitats* perfectament definit i comú per a tots els Estats (en l'actualitat en són 41 els països que pertanyen a la Convenció). El fruit de la seua tasca va ser l'elaboració l'any 1960 del **Sistema Internacional d'Unitats**, l'abreviatura del qual és **SI**.

Aquest sistema és l'oficial a l'Estat espanyol (Reial decret 1317/1987).

El SI és àmpliament acceptat per la comunitat científica internacional com un sistema unificat d'unitats físiques, i es basa en set magnituds, i les seues unitats corresponents, preses com a **fonamentals**.

**Fig. 3.1.** El quilogram patró. Massa prototip de platí i iridi.

Anomenem **magnitud física** a totes les característiques d'un sistema que puguem mesurar, per a així conèixer-les de forma quantitativa.

**Mesurar una magnitud és comparar-la** amb un valor concret d'aquesta mateixa magnitud pres com a referència. El valor concret de la magnitud de referència s'anomena **unitat**.



Magnitud	Unitat	Definició	Símbol
Longitud	metre	El metre és la longitud del trajecte recorregut en el buit per la llum durant un temps 1/299 792 458 de segon.	m
Massa	quilogram	Un quilogram és la massa del prototip de platí i iridi que es conserva a l'oficina de Pesos i Mesures de París.	kg
Temps	segon	El segon és la durada de 9 192 631 770 períodes de radiació corresponent a la transició entre els dos nivells hiperfins de l'estat fonamental de l'àtom de cesi -133.	s
Intensitat de corrent elèctric	amper	L'amper és la intensitat d'un corrent constant que, mantenint-se en dos conductors paral·lels, rectilinis, de longitud infinita, de secció circular menyspreable i situats a una distància d'1 metre un de l'altre, en el buit, produiria entre aquests dos conductors una força de $2 \cdot 10^{-7}$ N per metre de longitud.	A
Temperatura	kelvin	El kelvin, unitat de temperatura termodinàmica, és la fracció 1/273,16 de la temperatura termodinàmica del punt triple de l'aigua.	K
Quantitat de substància	mol	El mol és la quantitat de substància d'un sistema que conté tantes entitats elementals com àtoms hi ha en 0,012 kg de carboni -12.	mol
Intensitat lluminosa	candela	La candela és la intensitat lluminosa, en una direcció donada, d'una font que emet una radiació monocromàtica de freqüència $540 \cdot 10^{12}$ hertz i d'intensitat energètica en aquesta direcció de 1/163 watts per estereoradian.	cd

Símbol	Nom	Valor
E	exa	$10^{18}$
P	peta	$10^{15}$
T	tera	$10^{12}$
G	giga	$10^9$
M	mega	$10^6$
k	quilo	$10^3$
↓	↓	↓
c	centi	$10^{-2}$
m	mil·li	$10^{-3}$
μ	micro	$10^{-6}$
n	nano	$10^{-9}$
p	pico	$10^{-12}$
f	femto	$10^{-15}$
a	atto	$10^{-18}$
Acceptats però no recomanats		
h	hecto	$10^2$
da	deca	$10^1$
d	deci	$10^{-1}$

Fig. 3.2. Múltiples i submúltiples recomanats pel SI.

Les set magnituds fonamentals anteriors es complementen amb les dues següents unitats suplementàries: angle pla amb la seua unitat el radian, i l'angle sòlid i la seua unitat l'estereoradian.

Unitats SI bàsiques o fonamentals		
MAGNITUD	NOM	SÍMBOL
Longitud	metre	m
Massa	quilogram	kg
Temps	segon	s
Intensitat de corrent elèctric	amper	A
Temperatura termodinàmica	kelvin	K
Quantitat de substància	mol	mol
Intensitat lluminosa	candela	cd

## Múltiples i submúltiples

Si les quantitats mesurades són molt menudes en comparació amb la unitat del SI, hauríem d'usar **submúltiples** o potències de deu amb exponent negatiu com a factor de conversió. Si per contra les quantitats mesurades són molt grans en comparança a la unitat del SI, usarem **múltiples** o potències de deu amb exponent positiu com a factor. En la taula de la figura 3.2 es mostren els prefixos relatius als múltiples i submúltiples recomanats pel SI, així com els factors de conversió.



## Magnituds derivades

A partir de les set unitats fonamentals del SI i usant relacions senzilles entre les magnituds físiques podem definir la resta d'unitats. Algunes d'aquestes unitats es nomenen a partir de les unitats fonamentals ( $m^2$ ,  $m^3$ ,  $m/s\dots$ ), mentre que altres unitats tenen noms propis, com per exemple els de la taula adjunta.

Magnitud derivada	Unitat	Definició i relació usada	Símbol
Força	newton	Un newton és la força que aplicada a un cos que té una massa d'1 quilogram, li comunica una acceleració d'1 metre per segon quadrat. $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$	N
Treball - Energia	joule	Un joule és el treball efectuat (o l'energia transferida) per una força d'1 N, el punt d'aplicació de la qual es desplaça un metre en la direcció de la força. $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$	J
Potència	watt	Un watt és la potència que desenvolupa un joule d'energia per segon. $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$	W
Pressió	pascal	Un pascal és la pressió uniforme que, actuant sobre una superfície d'1 $m^2$ , hi exerceix una força perpendicular d'1 N. $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$	Pa

## Conversió d'unitats

Si la magnitud física s'expressa en unitats diferents a les del SI, hauríem d'efectuar la conversió d'unitats tenint en compte l'equivalència entre elles. En la següent taula s'exposen les equivalències entre les unitats més freqüents i la unitat del SI corresponent.



Un estruç assoleix una rapidesa de 55 km/h, un lleopard de 1200 m/min i un lleó de 17 m/s. Quin dels animals esmentats és més ràpid?

Magnitud	Longitud	Temps	Massa	Volum	Força	Energia	Potència
Unitat SI	m	s	kg	$m^3$	N	J	W
Equivalència amb altres unitats	1 cm = $10^{-2}$ m 1 mm = $10^{-3}$ m 1 km = $10^3$ m	1 min = 60 s 1 h = 3600 s 1 d = 86400 s	1 t = $10^3$ kg 1 g = $10^{-3}$ kg	1 L = 1 $dm^3$ 1 $dm^3 = 10^{-3} m^3$ 1 $cm^3 = 10^{-6} m^3$	1 kgf = 9,8 N	1 cal = 4,184 J 1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J	1 CV = 735,5 W 1 HP = 745,8 W

### EXEMPLE

1

Realitza la conversió de les següents quantitats expressades en unitats arbitràries a unitats del SI.

Quantitat (unitat arbitrària)	Conversió d'unitats al SI	Quantitat (SI)
$230 \frac{\text{km}}{\text{h}}$	$230 \frac{\cancel{\text{km}}}{\cancel{\text{h}}} \cdot \frac{10^3 \text{ m}}{1 \cancel{\text{km}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3600 \text{ s}} = \frac{230 \cdot 10^3}{3600} \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$63,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$2,3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	$2,3 \frac{\cancel{\text{kgf}}}{\cancel{\text{cm}^2}} \cdot \frac{9,8 \text{ N}}{1 \cancel{\text{kgf}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{cm}^2}}{10^{-4} \text{ m}^2} = \frac{2,3 \cdot 9,8}{10^{-4}} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	$2,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
$6 \frac{\text{cal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$	$6 \frac{\cancel{\text{cal}}}{\cancel{\text{m}^2} \cdot \cancel{\text{h}}} \cdot \frac{4,184 \text{ J}}{1 \cancel{\text{cal}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3600 \text{ s}} = \frac{6 \cdot 4,184}{3600} \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ s}}$	$6,97 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ s}}$



Pots ampliar informació sobre les magnituds, les seues unitats i la seua mesura en la pàgina web:

<http://newton.cnice.mec.es/1bach/medida/index.htm>

## ● Introducció al càlcul dimensional

Com ja saps, el sistema de magnituds físiques es divideix en dos grups: un conjunt de magnituds físiques **fonamentals** i altre de magnituds **derivades** de les anteriors; a cada magnitud fonamental se li assigna una dimensió indicada entre claudàtors. Així per exemple, en el SI a les magnituds bàsiques en Mecànica, que per a aquest curs en tenim prou amb quatre, se'ls assigna les dimensions representades per les lletres majúscules següents: longitud [L], massa [M], temps [T] i intensitat de corrent [I].

Totes les magnituds derivades s'expressen en funció de les dimensions de les fonamentals, mitjançant la denominada **fórmula dimensional**. Aquesta fórmula és una expressió del tipus

$$[\text{magnitud}] = L^a M^b T^c I^d$$

on a, b, c i d són nombres racionals (enters o fraccionaris, positius o negatius) que indiquen la dependència de la magnitud derivada amb la fonamental.

Per a conèixer la fórmula dimensional d'una magnitud derivada hem d'*expressar-la* en funció de les magnituds fonamentals de les quals depèn, però tenint en compte que els nombres manquen de dimensió. La taula de la figura mostra les fórmules dimensionals d'algunes magnituds derivades.

Magnitud derivada	Rapidesa	Acceleració	Força	Treball	Càrrega elèctrica
Relació amb la fonamental	$[V] = \frac{[\Delta x]}{[\Delta t]} = \frac{L}{T}$	$[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{LT^{-1}}{T}$	$[F] = [m] \cdot [a] = MLT^{-2}$	$[W] = [F][\Delta x] = MLT^{-2} \cdot L$	$[\Delta Q] = [I] \cdot [\Delta t] = I \cdot T$
Fórmula dimensional	$LT^{-1}$	$LT^{-2}$	$MLT^{-2}$	$ML^2T^{-2}$	$IT$

## ● Per què és útil el càlcul dimensional?

El càlcul dimensional és una *ferramenta* de la física que permet comprovar la correcció d'una equació física. Tota equació física ha de ser *homogènia*, és a dir ha de tindre les mateixes dimensions en els dos membres de l'equació. Així per exemple, l'equació  $F = m v$  és inadmissible físicament, ja que dimensionalment és incorrecta:  $[F] \neq [m v] \rightarrow MLT^{-2} \neq MLT^{-1}$ .

En canvi, l'equació  $v = v_0 + a t$ , sí és correcta perquè el producte  $a \cdot t$  té dimensions de velocitat:  $LT^{-2} T = LT^{-1} = [v]$ .

L'homogeneïtat dimensional és una condició necessària que ha de complir tota fórmula física; però no és suficient per a garantir-ne la validesa, ja que ha de verificar-se experimentalment.



9 Estableix les fórmules dimensionals de la densitat, la potència, la quantitat de moviment i la pressió.



10 Verifica la correcció dimensional de les següents fórmules:

- a)  $a = \frac{v^2}{r}$  ; b)  $x = v t + \frac{1}{2} a t^2$   
 c)  $v = 2 a x$ ; d)  $F t = p$ .

L'homogeneïtat de les equacions físiques permet deduir el tipus de relacions possibles entre les diferents magnituds físiques, tot i que no és possible determinar els valors numèrics existents en aquestes relacions.

A fi d'explicar el mecanisme de deducció de possibles equacions físiques usant el càlcul dimensional, realitzem un exemple demostratiu, l'anàlisi del qual permet establir el procediment a seguir.

## EXEMPLE 2

Un grup d'alumnes vol estudiar els factors que influeixen en el període d'oscil·lació (temps que tarda a realitzar una oscil·lació completa,  $T$ ) d'un pèndol simple. Els alumnes suposen que el període depèn de la longitud del fil ( $\ell$ ), de la massa del cos que oscil·la ( $m$ ) i del valor de la gravetat ( $g$ ). Utilitza el càlcul dimensional per a estimar si les variables esmentades són correctes, i estableix-ne el tipus de relació amb el període.

**Solució:** En principi podem suposar que el tipus de relació general entre les variables indicades i el període és de la forma:  $T = \text{constant} \cdot \ell^a \cdot m^b \cdot g^c$ , on  $a$ ,  $b$  i  $c$  són els exponents numèrics que ens indiquen la relació existent entre les variables. El nostre objectiu és usar el càlcul dimensional per a determinar els valors dels exponents. Per això, realitzarem els següents passos:

1. Obtindre la fórmula dimensional de les magnituds implicades:

$$[T] = T; [\ell] = L; [m] = M; [g] = [\text{acceleració}] = LT^{-2}$$

2. Establir la condició d'homogeneïtat dimensional de l'equació suposada:

$$[T] = [\text{constant} \cdot \ell^a m^b g^c] \rightarrow T = L^a M^b (LT^{-2})^c \rightarrow T = L^{a+c} M^b T^{-2c}$$

3. Desenvolupar la condició d'homogeneïtat dimensional:

Com que tota equació física ha de ser dimensionalment homogènia, l'equació  $T = L^{a+c} M^b T^{-2c}$  ha de verificar el següent sistema d'equacions:

$$0 = a + c; 0 = b; 1 = -2c$$

Resolent el sistema d'equacions podem establir el valor dels exponents:

$$c = -1/2; a = 1/2; b = 0$$

Aquests resultats signifiquen que el període del pèndol és independent de la massa del cos que oscil·la (atès que  $b = 0$ ), i depèn de la longitud i del valor de la gravetat. Per tant, podem establir la relació:

$$T = \text{constant} \cdot \ell^{1/2} m^0 g^{-1/2} \rightarrow T = \text{constant} \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

El càlcul realitzat permet establir que la relació anterior és correcta dimensionalment, però no obstant això no podem calcular el valor de la constant ni saber si és vàlida, ja que és possible no haver considerat alguna variable rellevant. Per això, la relació anterior ha de comprovar-se experimentalment.



La freqüència de vibració ( $f$ ) d'una massa penjada d'una molla té de dimensió  $T^{-1}$ . Experimentalment s'ha comprovat que la freqüència de vibració depèn de la massa del cos penjat  $m$ , ( $[m] = M$ ) i de la constant de rigidesa de la molla  $k$ , ( $[k] = MT^{-2}$ ). Estableix, usant el càlcul dimensional, la relació existent entre aquestes variables.

# 4 Les imprecisions i els errors experimentals

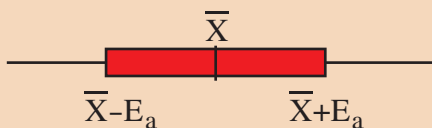
## MESURES DIRECTES I INDIRECTES

**Mesures directes:** Són aquelles mesures que s'obtenen en comparar directament la magnitud amb l'instrument adequat de mesura.

La mesura de la distància recorreguda ( $\Delta s$ ) és una mesura directa en obtenir-la determinant la distància entre dos punts, seguint la trajectòria del mòbil, directament amb un metre.

**Mesures indirectes:** Són aquelles que s'obtenen aplicant una fórmula de càlcul a partir de valors que prèviament s'han mesurat.

La rapidesa ( $v$ ) d'un mòbil és un exemple de mesura indirecta, ja que s'obté a partir de les mesures directes,  $\Delta s$  i  $\Delta t$ , i l'aplicació d'una relació entre elles:  $v = \Delta s / \Delta t$ .



Tot i que el veritable valor de la magnitud mesurada és desconegut, el seu valor estarà comprès entre  $\bar{X} - E_a$  i  $\bar{X} + E_a$ .

La imprecisió absoluta ha d'expressar-se amb una sola xifra significativa.

En la realització dels experiments hem de tindre present els possibles motius pels quals la mesura s'allunya o no coincideix amb "el valor real" o "valor esperat".

El primer motiu és la **imprecisió** del propi aparell de mesura. Així, per exemple, si mesurem la longitud d'un bolígraf amb un regle mil·limetrat i obtenim  $L = 135$  mm, com que el regle aprecia com a màxim 1 mm, es diu que la **imprecisió absoluta** de la mesura és  $\pm 1$  mm, i el valor de la mesura s'expressa:

$$L = 135 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$$

ja que aquest regle no pot mesurar quantitats inferiors a 1 mm.

El segon motiu d'imprecisions en la mesura es deu a l'ús inadequat d'aparells de mesures o a la utilització de tècniques incorrectes (**errors experimentals**).

## ● Com expressar el resultat d'una sèrie de mesures?

Una sola mesura serà insuficient per a estar-ne segurs de la validesa; per tant hauríem de repetir el procés de mesura obtenint un conjunt de valors (el nombre de mesures necessàries dependrà de la dispersió en el valor dels resultats). Si admetem el caràcter aleatori dels possibles errors accidentals, cadascuna de les mesures realitzades donarà lloc a resultats que seran afectats unes vegades d'un error per excés i altres d'un error per defecte, i per tal motiu el valor representatiu del conjunt de mesures serà la **mitjana aritmètica** dels mateixos:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n}$$

A la determinació del valor representatiu li ha de seguir el càlcul de la imprecisió absoluta ( $E_a$ ) que correspon a a la mesura, amb l'objectiu de determinar-ne la fiabilitat.

Considerarem com a **imprecisió absoluta** del valor representatiu el més gran entre la sensibilitat de l'aparell de mesura i la mitjana aritmètica dels valors absoluts de les diferències dels resultats individuals respecte al valor representatiu (imprecisió mitjana).

La **imprecisió mitjana** es calcula aplicant l'expressió:

$$\Delta X = \frac{|X_1 - \bar{X}| + |X_2 - \bar{X}| + \dots + |X_n - \bar{X}|}{n}$$

Hem de prendre els valors absoluts de les diferències, ja que els errors no es compensen sinó que s'acumulen.

El resultat final d'una mesura s'indica amb la seua imprecisió absoluta de la forma:

$$X = \bar{X} \pm E_a$$

### EXEMPLE 3

Suposem que es mesura el que dura una oscil·lació d'un pèndol format per una esfereta lligada a un fil de longitud aproximada 1 m.

Quatre alumnes han obtingut aquestos resultats:

$$t_1 = 1,85 \text{ s} \quad t_2 = 1,92 \text{ s} \quad t_3 = 1,90 \text{ s} \quad t_4 = 2,08 \text{ s}$$

que correctament expressats serien:

$$t_1 = (1,85 \pm 0,01) \text{ s} \quad t_2 = (1,92 \pm 0,01) \text{ s} \quad t_3 = (1,90 \pm 0,01) \text{ s} \quad t_4 = (2,08 \pm 0,01) \text{ s}$$

Què podríem dir de les mesures? És molt probable que la quarta siga errònia (el mediador ha estat "lent"); per això, l'eliminem per als càlculs posteriors.

Per a obtindre el resultat, trobarem el *valor mitjà* o *valor representatiu*:

$$\bar{t} = (t_1 + t_2 + t_3) / 3 = 1,89 \text{ s}$$

Finalment, calcularem la imprecisió mitjana:

$$\Delta\bar{t} = \frac{|\Delta\bar{t}_1| + |\Delta\bar{t}_2| + |\Delta\bar{t}_3|}{3} = \frac{|-0,04| + |0,03| + |0,01|}{3} = 0,03 \text{ s} \quad (\text{arrodonint per a ser coherent amb la sensibilitat de l'aparell})$$

Atès que la mitjana de les desviacions individuals és més gran que la sensibilitat de l'aparell de mesura (0,01 s), el resultat és:

$$t = \bar{t} \pm \Delta\bar{t} = (1,89 \pm 0,03) \text{ s}$$

## Imprecisió relativa

La simple consideració de la imprecisió absoluta d'un determinat resultat no és un bon índex de la qualitat de la mesura realitzada. És evident que no és el mateix cometre un error d'un mil·límetre en la mesura d'un quilòmetre que en la mesura d'un centímetre.

Amb l'objectiu de valorar la qualitat de la mesura realitzada, es defineix la **imprecisió relativa** ( $E_r$ ) com la relació (quocient) entre la imprecisió absoluta ( $E_a$ ) i el valor representatiu de la mesura ( $X$ ) expressat en tant per cent:

$$E_r (\%) = \frac{E_a}{X} \cdot 100$$

Com menor és la imprecisió relativa més gran és la qualitat de la mesura.



1

Mesura el volum d'aigua que contenen provetes de diferent capacitat màxima (500 mL, 250 mL, 100 mL i 10 mL) que et proporcionarà el teu professor o professora.

Expressa les corresponents mesures amb la imprecisió absoluta i indica quina d'elles és la més precisa.

### ERRORS EN MESURES INDIRECTES

El procediment més senzill per a calcular els errors en mesures indirectes consisteix a aplicar les següents regles:

- L'error absolut d'una suma o diferència és igual a la suma dels errors absoluts:

$$\Delta(A \pm B) = \Delta A + \Delta B$$

- L'error relatiu d'un producte o quocient és igual a la suma dels errors relatius:

$$\frac{\Delta(A/B)}{(A/B)} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$$

- Els nombres enters i fraccionaris de resultat exacte manquen d'error.

# 5 La comunicació en la ciència

L'avenç tan espectacular de la ciència durant els últims segles ha estat possible per l'intercanvi i compartició d'informació, lluny de les èpoques en què els coneixements eren ocultats i restringits. Les persones que investiguen són conscients de la importància de la informació en el desenvolupament de les seues investigacions, ja que els permet conèixer aspectes relacionats amb les mateixes, valorar nous aspectes útils i verificar els seus descobriments, per a la qual cosa realitzen congressos, reunions, publiquen els treballs en revistes especialitzades i fins i tot utilitzen els últims avenços tecnològics (videoconferència, internet, etc.).

## ● Com realitzar un informe científic?

L'**informe científic** és un document en el qual s'exposen, contrasten i discuteixen els resultats d'una investigació per a la seua valoració i verificació, que com hem comentat anteriorment és fonamental en el treball científic.

Tot informe ha de respondre les següents preguntes: Per què es va realitzar la investigació? Com se'n va efectuar? Quins resultats se n'han obtingut? Quin n'és el significat dels resultats? Quines conclusions podem establir-ne?

Les respostes a cadascuna d'aquestes qüestions han de ser l'estructura de l'informe que, per a la seua millor lectura, es divideix en diferents apartats.

APARTATS D'UN POSSIBLE INFORME CIENTÍFIC		
Apartat	OBJECTIU	ELEMENTS
<b>Introducció. Plantejament del problema.</b>	Respondre la pregunta "Per què es va realitzar la investigació?", tot indicant l'origen del problema i la seua relació amb els coneixements existents. Hem de detectar i analitzar les variables rellevants.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Explicació de l'origen del problema i la seua definició.</li><li>• Relació del problema amb els nostres coneixements.</li><li>• Anàlisi de les variables rellevants del problema.</li><li>• Exposició de les simplificacions necessàries per a abordar el problema.</li></ul>
<b>Emissió d'hipòtesis</b>	Explicar les nostres possibles solucions al problema plantejat.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Emissió d'hipòtesis, tot indicant la relació prevista entre les variables rellevants (estudi qualitatiu).</li></ul>
<b>Disseny experimental</b>	Explicar com es van comprovar les hipòtesis formulades, proporcionant informació suficient perquè es puga comprendre i valorar el procediment emprat.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Indicar el material emprat.</li><li>• Explicar el procediment utilitzat, les precaucions preses i les limitacions del mateix.</li></ul>
<b>Resultats</b>	Exposar els resultats obtinguts en els experiments.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presentar les dades experimentals realitzant taules amb un encapçalament explicatiu.</li><li>• Diferenciar les diferents taules de resultats en funció de la hipòtesi.</li><li>• Indicar limitacions (imprecisions) dels resultats.</li><li>• Realitzar gràfiques dels resultats.</li></ul>
<b>Anàlisi dels resultats i conclusions</b>	Explicar el significat dels resultats comprovant les hipòtesis formulades i plantejant nous problemes a investigar.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analitzar els resultats obtinguts.</li><li>• Comprovar les hipòtesis.</li><li>• Establir lleis empíriques.</li><li>• Estimar el camp de validesa de les nostres conclusions.</li><li>• Plantejar nous problemes sorgits de la investigació realitzada.</li></ul>



## Un exemple del mètode de control de variables: El període del pèndol simple



**Fig. 6.1.** El pèndol físic. Les primeres investigacions sobre les seues característiques físiques s'atribueixen a Galileu.

**Fig. 6.2.** Quadre dels possibles experiments a realitzar per a estudiar el període d'un pèndol.

- **Objectiu de l'experiment:** Un pèndol simple consisteix en un cos suspès d'un fil inextensible que està subjecte a un punt fix i que, en desplaçar-lo del seu punt d'equilibri, oscil·la per acció del seu pes al voltant del mateix. El moviment d'oscil·lació pot considerar-se periòdic, és a dir, que es repeteix a intervals iguals de temps. El nostre objectiu és comprovar aquest moviment i establir de quins factors depèn el temps que tarda a realitzar una oscil·lació completa, període ( $T$ ).

- **Identificació de les variables:** Un estudi qualitatiu del moviment del pèndol ens duu a establir que el seu període ( $T$ ) pot dependre de les següents variables: longitud del pèndol ( $\ell$ ), massa del cos ( $m$ ) i angle de desviació ( $\theta$ ).

- **Procediment de control de variables:** Per a estudiar la influència d'una variable independent sobre la variable dependent hem de mantindre constant la resta de variables (per això es denominen de control) i comprovar com influeix la variació de la independent amb la dependent.

Així, per exemple, si volem comprovar la influència de la longitud ( $\ell$ ) sobre el període ( $T$ ), hem de dissenyar i realitzar un experiment en el qual variem la longitud del pèndol, mantenint constants la massa i la desviació (variables de control), i comprovar la influència de la longitud en el període,  $T$ ; de la mateixa forma es procedeix amb les altres variables, com s'indica en la taula de la figura 6.2.

EXPERIMENT	VARIABLE INDEPENDENT	VARIABLE DE CONTROL	VARIABLE DEPENDENT
A	$\ell$	$m, \theta$	$T$
B	$m$	$\ell, \theta$	$T$
C	$\theta$	$\ell, m$	$T$

### REALITZACIÓ DE L'EXPERIMENT

a) Influeix l'angle del pèndol en el valor del període? Mesura amb cura la durada de 10 oscil·lacions quan l'angle que forma el fil amb la vertical és:  $20^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $5^\circ$ . Quina conclusió n'obtens?

b) Influeix la massa del pèndol en el valor del període? Munta dos esferetes metàl·liques d'igual grandària, una d'acer i altra d'alumini en fils d'1 m de longitud aproximadament. Mesura amb cura, repetint la mesura, la durada de 10 oscil·lacions per a un angle fix, per exemple  $10^\circ$ , dels dos pèndols. Quina conclusió n'obtens?

c) Dependència entre la variable independent  $\ell$  i la variable dependent  $T$ . És evident que el període d'un pèndol depèn de la longitud del fil. Per a obtenir dades que relacionen el període ( $T$ ) d'oscil·lació del pèndol amb la seua longitud ( $\ell$ ), mesura el període de pèndols de diferent longitud.

A continuació per a poder interpretar la relació representa el període  $T$  (eix Y) en funció de la longitud ( $\ell$ ). En analitzar la gràfica comprovaràs que aquesta relació no és lineal, però per a linealitzar-la et proposem que representes el quadrat del període  $T^2$  en funció de la longitud ( $\ell$ ). Finalment podem comprovar que amb la nova proposta obtenim una gràfica lineal que correspon a l'equació  $T^2 = k \cdot \ell$ , on  $k$  és el pendent.

Es pot demostrar que per a angles menuts el període d'un pèndol obeeix la llei física següent:

$T = 2\pi \sqrt{\ell/g}$ . Compara aquesta equació amb l'anteriorment citada. Quin valor pots assignar-li a l'acceleració de la gravetat,  $g$ ?

## METODOLOGIA CIENTÍFICA

- 1 Explica de manera clara la diferència entre una observació i un experiment científic.
- 2 Explica la importància de les teories en el coneixement científic.
- 3 Analitza i comenta en la classe les següents afirmacions:
  - a) Quan les investigacions científiques es fan correctament, el coneixement que els científics descobreixen no pot canviar en el futur.
  - b) Molts models científics (per exemple el model de l'àtom o de la molècula d'ADN) són còpies exactes de la realitat, i per això són immutables.
  - c) Els sentiments personals i els valors morals no influeixen en les decisions dels científics, però si ho fan les dades experimentals.
- 4 Fes una valoració de la següent definició del coneixement científic: "El coneixement científic és un conjunt de lleis, dades experimentals, hipòtesis... estructurats en teories que contínuament s'estan fent i refent, per tant, sempre provisionals i subjectes a revisió, construïdes per persones, i per això, influenciades per elements personals i socials, propis de la condició humana".

## MAGNITUDS I UNITATS. LA CONVERSIÓ D'UNITATS

- 5 Indica les unitats de les magnituds següents: velocitat, superfície, volum, massa, distància recorreguda i treball.
- 6 Inventa una unitat per a mesurar longituds. Quins avantatges i inconvenients presenta? Quines condicions imposaries a les unitats perquè el seu ús fóra útil?
- 7 Una taula rectangular té de dimensions:  $a = (160,0 \pm 0,1) \text{ cm}$  i  $b = (80,0 \pm 0,1) \text{ cm}$ .  
Calcula la seua superfície, expressada en unitats del Sistema Internacional.
- 8 Expressa les següents quantitats en unitats del Sistema Internacional:
  - a) 120 km/h    b) 100 kgf/cm<sup>2</sup>    c) 20 kcal/min
  - d) 50 000 L/h    e) 5 hm/(min)<sup>2</sup>    f) 22,7 · 10<sup>3</sup> km/d

## CÀLCUL DIMENSIONAL

- 9 Sabem que el treball i l'energia tenen les mateixes dimensions; si l'energia cinètica s'expressa per  $E_c = \frac{1}{2} mv^2$ , indica si aquesta expressió és correcta en les seues dimensions.
- 10 Analitza si aquestes dues expressions de la potència són correctes:  $P = \frac{W}{\Delta t}$  i  $P = F v$ .

## CÀLCUL D'IMPRECISIONS

- 11 Pesem en una balança una proveta buida i obtenim 98,0 g; després hi afegim 40 cm<sup>3</sup> d'un cert líquid i la nova pesada ens dona 137,2 g. Quina és la densitat del líquid, expressada en unitats del SI?
- 12 Quina mesura posseeix major qualitat: la d'un químic que pesa 0,200 g amb una balança que aprecia el mil·ligram o la d'un botiguer que pesa 2 kg de taronges amb una balança que aprecia el gram?
- 13 Amb quantes xifres decimals hem de prendre el nombre  $\pi$  perquè la seua imprecisió relativa siga menor del 1%?
- 14 Determina el valor representatiu i la imprecisió absoluta de la següent sèrie de mesures:
  - a) 3,22 s; b) 3,24 s; c) 3,22 s; d) 3,23 s; e) 3,25 s.

## GRÀFIQUES I LA SEUA INTERPRETACIÓ

- 15 S'han mesurat masses i volums de trossos de marbre i s'han obtingut els següents valors:

m/g	9	14	22	29	41
V/cm <sup>3</sup>	3,1	4,8	7,6	10,0	14,1

Quina relació pots establir entre ambdues variables?

- 16 Representa i dibuixa la gràfica que relaciona la pressió exercida pel gas en funció del volum que ocupa.

P/atm	25	12,5	8,3	6,3	4,2	3,6	2,5
V/cm <sup>3</sup>	1	2	3	4	6	7	10



**UNA VEGADA ACABAT EL DESENVOLUPAMENT DEL TEMA, HAS DE SER CAPAÇ DE:**

- Comprendre el procés d'elaboració del coneixement científic.
- Explicar les característiques de la metodologia científica.
- Analitzar els factors que incideixen en el desenvolupament de l'activitat científica, amb la finalitat de tindre una visió global del desenvolupament de la Física i la Química i del seu paper social.
- Valorar el coneixement científic, els seus descobriments i repercussions des de diferents perspectives.
- Comprendre la necessitat d'adoptar un Sistema d'Unitats Internacional.
- Conèixer les magnituds i unitats del Sistema Internacional d'Unitats.
- Realitzar correctament la conversió d'unitats al Sistema Internacional.
- Expressar correctament el valor d'una mesura a partir d'un conjunt de dades experimentals.
- Calcular la imprecisió absoluta i relativa de les mesures.
- Utilitzar la imprecisió relativa com a factor de qualitat d'una mesura.
- Saber elaborar gràfiques a partir de taules de dades experimentals.
- Analitzar gràfiques experimentals i establir la relació entre les magnituds representades.
- Elaborar informes científics sobre experiments.

**PER A PODER VALORAR LES TEUES CAPACITATS ET PROPOSEM LES SEGÜENTS ACTIVITATS:**

**1** Explica què és una teoria científica, les seues característiques i importància en el coneixement científic. Què succeeix quan un determinat fet contradiu una teoria científica?

**2** Realitza la conversió d'unitats de les següents magnituds al Sistema Internacional:

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| a) $v = 36 \text{ km/h}$          | b) $\Delta t = 2 \text{ h } 35 \text{ min}$ |
| c) $m = 4 \text{ } 358 \text{ g}$ | d) $x = 38,5 \text{ hm}$                    |
| e) $\rho = 35 \text{ g/L}$        |   |

**3** Mesurem diverses vegades el temps que tarda en buidar-se una bureta, amb un cronòmetre que aprecia la desena de segon, obtenint els següents valors:  
 18,5 s; 19,2 s; 18,8 s; 19,0 s; 18,6 s; 19,3 s.  
 Expressa correctament la mesura.

**4** Quina mesura de la massa posseeix major qualitat?:  
 a)  $m_A = (13,4 \pm 0,05) \text{ g}$                       b)  $m_B = (2,289 \pm 0,001) \text{ g}$

**5** En un experiment físic destinat a relacionar dues variables, A i B, se n'han obtingut les següents dades experimentals:

<b>A/UI</b>	4,3	8,2	27,0	38,5	45,0
<b>B/UI</b>	91,4	83,6	46,0	23,0	10,0

- a) Representa la variable B en funció de la variable A.
- b) Analitza la gràfica i estableix la relació que hi ha entre les dues variables.