

# **FÍSICA I QUÍMICA**

**3r ESO. LOMCE**

**Autors d'aquest llibre:**

JAIME CARRASCOSA ALÍS  
SALVADOR MARTÍNEZ SALA  
JOSÉ APARICIO SANMARTÍN  
CONSUELO DOMÍNGUEZ SALES  
JUAN JOSÉ RUÍZ RUÍZ

Revisat a València, juny- 07- 2016

## NOTA PRÈVIA

*Els continguts d'aquesta obra es poden reproduir total o parcialment de forma lliure i gratuïta. Els autors no només ho autoritzem expressament sinó que ens congratulem d'això. Tan sols demanem que s'indique la font i que, per favor, sempre que siga possible, es col·labore en la seua difusió donant-los a conèixer a altres persones a les que també poqueren resultar útils.*

*El nostre objectiu és contribuir, en el que puguem, a la millora de l'ensenyament i aprenentatge de la Física i Química.*



© 2016

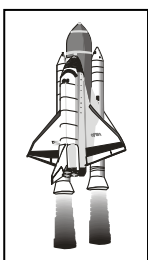
Generalitat Valenciana  
València  
España

PERMESA LA REPRODUCCIÓ TOTAL O PARCIAL D'AQUEST LLIBRE,  
CITANT SEMPRE AUTORS I FONT

[didactica fisica quimica.es](http://didactica fisica quimica.es)

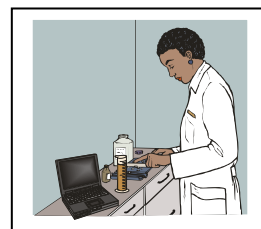
# PRESENTACIÓ

En el present curs aneu a tindre un primer contacte amb la Química i la Física. Tant una com l'altra són **ciències que s'ocupen de l'estudi de la matèria i els canvis que ocorren en ella**. La Física es centra principalment en aquells canvis en els que no s'altera l'estructura "íntima" de la matèria (el moviment dels cossos, el corrent elèctric, les ones, etc.). La Química s'ocupa més dels canvis que afecten les substàncies per dins, així com de les transformacions d'unes substàncies en altres diferents (reaccions químiques) i de molts aspectes relacionats amb les mateixes (la quantitat de producte que es pot obtenir, l'energia implicada, la rapidesa amb què es produeix la transformació, etc.).



*En estudiar el moviment d'un coet propulsor podem estar interessats en conèixer: la posició, la velocitat, la trajectòria que ressegueix, el temps que tardarà en abastar l'objectiu, l'energia associada al moviment, etc.; però també en altres com el tipus de combustible utilitzat, les substàncies que es formen quan aquest es crema, l'energia associada a la combustió, la rapidesa amb què es consumeix el combustible, etc. Assenyaleu quin dels dos grups anteriors correspondria fonamentalment a la Física i quin a la Química.*

Les persones que es dediquen a investigar en Física i en Química són científics formats en eixes disciplines. Cap preguntar-se com ho fan, és a dir, què característiques especials té el treball científic (si les té) que el distingisca d'altres treballs, què fan els científics quan investiguen, com va construint-se la ciència. En definitiva: **Com és el treball científic?**



En el treball científic, la realització d'experiències té una gran importància. Quan els científics porten a terme experiments han de mesurar diferents magnituds (longituds, temps, concentracions, masses, forces, etc.), anotar les dades obtingudes i efectuar diversos càlculs numèrics. Per portar-los a terme, utilitzen aparells variats i tècniques diverses per interpretar els resultats obtinguts. Per tant, després d'analitzar com és el treball científic, caldrà que ens plantejem: Què és mesurar? Què coses es mesuren? Com s'expressen els resultats d'una mesura? Què fer amb les dades obtingudes? Com s'interpreten els resultats d'una experiència? En resum: **Com és i com es realitza el procés de mesura?**

Si analitzem alguns materials<sup>1</sup> com plàstics, fustes, metalls, vidre, etc., dels que estan fets molts objectes quotidians (joguets, vehicles, mobles, etc.), veurem que les propietats que diferencien uns d'altres poden ser molt diferents. El mateix ocorre amb l'aire, aigua, marbre, algeps, diòxid de carboni, gasolina, amiant, etc. Uns es troben habitualment en estat sòlid, altres líquid i altres en estat gasós; uns condueixen el corrent elèctric i altres no; uns es cremen fàcilment i altres no; n'hi ha de lleugers, pesats, durs, molls, més o menys fràgils... Front a tantes diferències, podem plantejar-nos: ¿La diversitat de propietats es deu a què les substàncies que formen els diferents sistemes materials són essencialment distintes o, pel contrari, per davall de tanta diversitat, existeix una estructura íntima comú a totes elles i capaç d'explicar, no sols les similituds que hi puguen haver sinó també les diferències? És a dir: **Com és la matèria per dins?**

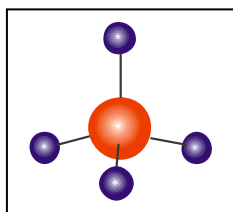
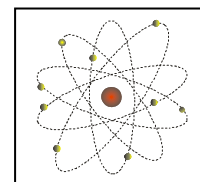
---

<sup>1</sup> Per material o sistema material, entenem qualsevol tros de matèria, independentment de l'estat físic en què es trobe. Un sistema material pot estar format per una sola substància (per exemple un tros de ferro o una certa quantitat d'aigua) o per varies (per exemple una dissolució de sal en aigua o un tros de granit).

Si entre tanta diversitat de propietats existira una estructura bàsica comú per a tota la matèria, haurien d'existir també algunes propietats comunes a totes les substàncies. Aquesta idea ens portarà a estudiar propietats com la massa, el pes, el volum i la densitat i a comprovar que afecten tota la matèria ordinària (incloent els gasos). Finalment ens plantejarem: ¿com hauria d'ésser la matèria per dins per poder explicar les propietats observades? Aquesta qüestió ens conduirà a l'establiment d'un **Model corpuscular de la matèria**.

Una vegada elaborat el model corpuscular de la matèria ens podem plantejar com són les partícules diminutes de què estan formades totes les substàncies. Per esbrinar-ho, en primer lloc, veurem com es presenta habitualment la matèria ordinària (mescles, substàncies simples, compostos i dissolucions) i, en segon lloc, el comportament i propietats dels gasos. Tot això ens portarà a la **Teoria atòmica i molecular de la matèria**. Estudiarem en què consisteix aquesta teoria i veurem com ens permet explicar tots els problemes plantejats.

Una vegada establert que tota la matèria ordinària està composta per àtoms, podem preguntar-nos com són. Què diferència uns àtoms d'altres? ¿Es tracta de partícules elementals o, pel contrari, tenen alguna estructura interna? Aquestes qüestions ens porten a plantejar-nos: **Com són els àtoms per dins?**

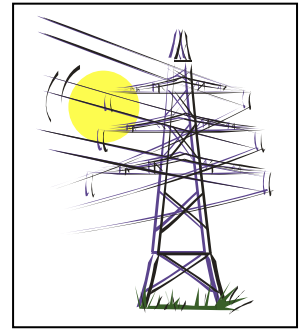


Donar resposta a l'anterior pregunta és fonamental per entendre com poden unir-se uns àtoms amb altres per formar la immensitat de substàncies existents. Al propi temps ens permetrà entendre perquè les substàncies tenen diferents propietats (unes es dissolen en aigua i altres no, unes són dures i altres molles, unes condueixen el corrent elèctric i altres no, etc.). Aquests raonaments ens portaran a l'estudi de **L'enllaç químic**.

Arribats a aquest punt, estarem en condicions de plantejar el problema de com explicar que a partir d'unes substàncies determinades, puguem obtenir altres substàncies distintes amb propietats molt diferents a les de les substàncies inicials. Avançar en aquest problema suposa elaborar un model de reacció química, coherent amb el que hem estudiat fins ara, i posar a prova aquest model analitzant si és capaç d'explicar tot un seguit de fets experimentals i resoldre també nous problemes com, per exemple: es pot afavorir una reacció química i fer que transcórrega més de pressa?, podem predir la quantitat de producte que s'obtindrà abans de fer una reacció química? Tot això conforma el tema de **Reaccions químiques**.

A continuació ens plantejarem l'estudi d'un tipus de canvi en el qual, a diferència del que pot ocórrer en els canvis químics, no s'altera l'estructura íntima dels objectes materials que interveuen, ens referim als canvis de posició i de velocitat de cossos que, per a simplificar, es consideren com si foren masses puntuals. Es tracta del tema **El moviment i les forces**, en el qual, entre d'altres coses, ens preguntarem: Com podem dir on es troba un cos? Com calcular el ràpid que es mou? Com mesurar els canvis de la rapidesa? De quina forma podem canviar la velocitat? Com és el moviment dels planetes al voltant del Sol? Quins efectes poden produir les forces?

Per produir la majoria dels canvis materials que ens interessin, hem de disposar d'energia. Una forma d'aconseguir-ne és mitjançant certes reaccions químiques (per exemple productes explosius). Altra, molt habitual és a partir de l'electricitat. L'electricitat està basada en altra propietat general de la matèria (en la que encara no ens hem detingut). Es tracta de la càrrega elèctrica (associada a l'existència d'electrons i protons als àtoms). Per finalitzar, doncs, aquest curs d'introducció a la física i química, realitzarem una primera aproximació a **L'electricitat**.



Entre d'altres coses ens plantejarem: Com es poden carregar elèctricament distints objectes i com és possible que eixa càrrega es moga d'uns a uns altres? A més, estudiarem també l'impacte que causen sobre el medi ambient les centrals elèctriques, en les que es produeix la major part de l'electricitat que abasteix els nostres llars.

D'acord amb els problemes anterior, l'índex detallat del curs és el següent:

**1. Introducció a la metodologia científica** ..... 7

1. Què és eixa cosa anomenada ciència?
  - 1.1. Algunes idees simplistes al voltant de la ciència i el treball científic
  - 1.2. Estudi d'alguns aspectes essencials de la metodologia científica
2. El mode de creixement de les ciències
3. Ciència, tecnologia, societat i medi ambient: unes relacions controvertides

**2. Les magnituds i la seua mesura** ..... 21

1. Magnitud, unitat i valor
2. Sistema internacional d'unitats
3. Altres unitats diferents a les del sistema internacional
4. Canvis d'unitats
5. És possible conèixer el valor exacte d'una magnitud?
6. Nombre de xifres decimals amb els que expressar un resultat
7. Criteris per a arrodonir el valor mitjà d'una sèrie de mesures
8. Imprecisió absoluta d'una sèrie de mesures
9. Nombre de vegades que convé repetir una mateixa mesura
10. Construcció i interpretació de gràfics
11. Anàlisi dels resultats obtinguts

Annex: Normes per a la construcció de gràfiques

**3. Estructura corpuscular de la matèria** ..... 37

1. Algunes propietats comunes a sòlids i líquids
  - 1.1. Què és la massa i com es mesura?
  - 1.2. Què és el pes i com es mesura?
  - 1.3. Què és el volum i com es mesura?
2. Una propietat per distingir unes substàncies d'altres: la densitat
  - 2.1. Què és la densitat? Com es medeix?
  - 2.2. Importància pràctica d'un metall de baixa densitat: l'alumini
3. Naturalesa i comportament dels gasos
  - 3.1. Ocupen volum els gasos?
  - 3.2. Pesen els gasos?

- 3.3. Els gasos es poden comprimir i expandir fàcilment
- 3.4. Els gasos canvien de volum o de pressió quan s'escalfen o es refreden
- 3.5. Els gasos es difonen i mesclen uns amb altres amb molta facilitat
- 4. Un únic model de gas que expliqui totes les propietats
- 5. El model és extensible a líquids i sòlids?
  - 5.1. Algunes propietats de líquids i sòlids semblants a les dels gasos
  - 5.2. Extensió del model corpuscular a líquids i sòlids

#### **4. Teoria atòmica i molecular de la matèria. . . . . 65**

- 1. Mescles, substàncies, substàncies simples i compostos
- 2. Dissolucions
  - 2.1. Concentració d'una dissolució
  - 2.2. La concentració d'una dissolució pot ser tan gran com vulguem? Concepte de solubilitat
- 3. La teoria atòmico-molecular de la matèria
  - 3.1. Teoria atòmica de Dalton
  - 3.2. Com explicar les reaccions químiques?
  - 3.3. Els canvis materials als processos químics: Llei de conservació de la massa i Llei de les proporcions constants
  - 3.4. Massa atòmica i massa molecular
- 4. Un èxit de la teoria atòmico-molecular: el sistema periòdic dels elements
- 5. Separació de les substàncies components d'una mescla
  - 5.1. Separació dels components d'una mescla heterogènia
  - 5.2. Separació dels components d'una mescla homogènia

#### **5. Primeres idees sobre la estructura dels àtoms . . . . . 89**

- 1. El descobriment de l'electró
- 2. Els primers model atòmics
  - 2.1. El model atòmic de Thomson
  - 2.2. Intents de contrastació del model de Thomson: El model nuclear de Rutherford
  - 2.3. Els àtoms d'un element han de ser absolutament idèntics o pot haver-hi diferències? Concepte d'isòtop
  - 2.4. Crisi del model atòmic de Rutherford
- 3. Organització dels electrons a l'àtom

#### **6. L'enllaç químic . . . . . 103**

- 1. Classificació de les substàncies d'acord a les propietats
- 2. L'enllaç com a conseqüència de la tendència a l'estabilitat
- 3. L'enllaç iònic
- 4. L'enllaç covalent
  - 4.1. Què ocorre quan hi ha més d'un electró a compartir?
  - 4.2. Què ocorre quan els àtoms que s'enllacen no són iguals?
- 5. L'enllaç metàl·lic
- 6. Com poden unir-se les molècules entre elles?

#### **Annex: Iniciació a la formulació i nomenclatura en química inorgànica . . . . . 125**

#### **7. Els canvis químics. . . . . 137**

- 1. Quin interès pot tindre estudiar els canvis químics
- 2. Realització i observació d'algunes reaccions químiques
- 3. Distinció entre canvi físic i canvi químic

4. Un model elemental per a les reaccions químiques
5. Comprovació del model de reacció química elaborat
  - 5.1. Reversibilitat d'algunes reaccions químiques
  - 5.2. Com afavorir una reacció química fent que transcórrega més ràpidament?
    - 5.2.1. Influència del grau de divisió dels reaccionants
    - 5.2.2. Influència de la temperatura
    - 5.2.3. Influència de la concentració
  - 5.3. Com predir la massa d'una substància que podríem obtenir en una reacció?
  - 5.4. Què ocorrerà amb l'energia? Canvis energètics en les reaccions químiques: Reaccions exotèrmiques i endotèrmiques
    - 5.4.1. Reaccions exotèrmiques
    - 5.4.2. Reaccions endotèrmiques
  - 5.5. Introducció elemental al concepte d'energia d'activació. Paper dels catalitzadors
6. Càlculs energètics en algunes reaccions químiques. Reaccions de combustió

Annex: El problema de l'augment de l'efecte hivernacle ..... 161

## **8. Moviments, canvis de moviment i forces ..... 173**

1. Invenció de magnituds útils per a descriure moviments
  - 1.1. Com podem indicar on es troba un cos en un instant donat?
  - 1.2. Com podem mesurar el canvi de posició d'un cos?
  - 1.3. Com mesurar la rapidesa amb què un cos canvia de posició?
  - 1.4. Si canvia la rapidesa, com calcular el de pressa que s'ha produït aquest canvi? Concepte d'acceleració sobre la trajectòria
2. Possibles tipus de moviment segons el valor de l'acceleració sobre la trajectòria
3. Gràfics del moviment uniforme
4. Estudi experimental del moviment uniforme
5. Gràfics del moviment uniformement accelerat
6. Concepte de velocitat
7. Com aconseguir que un cos canvie de velocitat?
8. La força gravitatòria en l'univers
9. Efecte deformador de les forces. Mesura experimental del pes d'un cos
10. La força de fregament per lliscament i els seus efectes

## **9. Electricitat ..... 211**

1. Anàlisi del comportament elèctric de la matèria
2. Explicació del comportament elèctric de la matèria
3. El problema de la producció del corrent elèctric
4. El generador de corrent
5. Mesura del corrent elèctric: Intensitat de corrent
6. Instruments de mesura
7. Llei d'Ohm per a un fil conductor
8. Factors de que depèn la resistència d'un fil conductor
9. Representació esquemàtica d'un circuit de corrent continu
10. Associació de resistències
  - 10.1. Resistència equivalent a diverses resistències en sèrie
  - 10.2. Resistència equivalent a diverses resistències en paral·lel
11. Balanç energètic d'un circuit elemental. Efecte Joule
12. Impacte mediambiental de l'energia elèctrica

1. Fenomenologia del magnetisme
2. El magnetisme terrestre
3. Relació entre fenòmens magnètics i elèctrics
  - 3.1. Efectes magnètics del corrent elèctric (amperímetres, voltímetres i electroimants)
  - 3.2. Aprofitament de les forces entre imants i corrents: El motor elèctric
  - 3.3. Explicació del magnetisme natural
  - 3.4. Producció de corrent elèctric mitjançant imants (alternadors i dinamos)
  - 3.5. El transport del corrent elèctric des d'on es genera fins on s'utilitza
4. Impacte mediambiental de l'energia elèctrica

Alguns comentaris per al professor:

Els temes anteriors estan desenvolupats amb detall (però sense complicació) en el llibre de text. Cada tema té al final un seguit d'exercicis que tenen el propòsit de servir com activitats de reforç. El llibre ve acompanyat d'un quadern de fitxes. Cada tema té les corresponents fitxes, que l'alumne ha d'anar fent. S'ha deixat l'espai necessari per escriure en el propi quadern. Les fitxes cobreixen ordenadament tots els continguts del tema. De fet, moltes d'elles són, justament, activitats proposades al mateix.

Els autors som conscients de l'**escàs temps** atorgat a les ciències en l'ensenyament secundari i, molt en particular, en 3r d'ESO. Abans de començar el curs, convé que el o la professora analitzi els continguts que presentem i **prengui decisions** quan als continguts que va a desenvolupar amb els grups a classe.

El text i les fitxes **es presten a distintes metodologies de treball**. El grau de dificultat de les fitxes és divers (tractant d'adaptar-se a la diversitat de nivells de coneixement i interès per la matèria que pot haver-hi entre l'alumnat), encara que sempre dins d'allò que és raonable demanar a alumnes de 14 a 15 anys. Així, en les fitxes es demana, des de fer un dibuix fins aconseguir el domini de potències de 10 o de conceptes com el de densitat, la interpretació de gràfiques, etc.

Creguem que la realització de les tasques que es demanen en les fitxes pot ser una bona forma de treball per als alumnes, que hauran d'anar realitzant-les, dirigits pel professor, tant en casa com a classe, al llarg del curs.

L'únic material necessari per treballar a l'aula serà una llibreta. La part fonamental, però, serà el propi treball de classe de cada alumne i la realització de les fitxes. Moltes vegades, per realitzar-les únicament caldrà passar a net i clarificar activitats que s'han fet a classe. Per la importància que té com organitzador i clarificador, convé insistir en que el quadern de fitxes estiga al dia i presentable.

Insistim finalment en què els continguts que hem elaborat **no es poden desenvolupar en la totalitat**. No es poden estudiar tots els apartats de cada tema, ni totes les activitats de reforç ni totes les fitxes. Per poder fer-ho (i més amb una metodologia activa i participativa, realització d'abundants treballs pràctics, atenció a la diversitat, etc), caldria disposar del doble de temps del que es disposa oficialment.

Malgrat això, abans de donar una visió fragmentada i parcial, ens hem inclinat per una opció més global i coherent, deixant a la decisió de cada professor la selecció dels continguts a tractar, segons estime convenient, d'acord a les característiques del seu alumnat.

**És fonamental que tant el professorat com l'alumnat preste especial atenció als productes químics que s'utilitzen al laboratori i que prenguen decisions, no només per evitar possibles accidents, sinó també per minimitzar l'impacte sobre la natura (utilitzant quantitats mínimes de reactius, no vessant als desaigües restes tòxiques, reciclant...).**



# 1. INTRODUCCIÓ A LA METODOLOGIA CIENTÍFICA

## Què es la ciència? Com s'elabora?

Un dels objectius fonamentals en qualsevol curs general de ciències és tractar de comprendre què és la ciència, quins són els seus mètodes de treball i quines relacions manté amb la tecnologia, el medi ambient i la societat. Per això convé començar amb una primera aproximació a aquests aspectes bàsics, que hauran d'ésser desenvolupats i concretats en la resta dels temes i en cursos successius.

### 1. QUÈ ES EIXA COSA ANOMENADA CIÈNCIA?

*A.1. Elaboreu un llistat amb les activitats pròpies o característiques del treball científic que vos semblen més importants.*

En principi, podem pensar que els científics **observen** detingudament les coses, **arrepleguen dades** anotant-ho tot amb cura i **realitzen experiments**. A més d'açò, és necessari tractar d'anar més enllà i tindre en compte que, junt amb les anteriors, hi ha altres activitats igualment importants, que no podem oblidar, com són:

- ✓ **El plantejament de problemes** o interrogants d'interès per als que, de moment, no es disposa d'explicacions acceptables.
- ✓ Recopilar i consultar allò que ja se sap respecte de cada problema plantejat (**consulta de la bibliografia**).
- ✓ **L'elaboració d'hipòtesis** com possibles explicacions, conjectures o intents de resposta als problemes plantejats.
- ✓ **El disseny d'experiments** amb els que, d'alguna forma, es puga comprovar la validesa o no de les hipòtesis elaborades.
- ✓ **La interpretació i anàlisi dels resultats** obtinguts mitjançant els experiments.
- ✓ **La recerca de coherència i unitat**, tractant d'integrar els nous coneixements científics dins de la ciència ja existent i comprovant que funcionen correctament; construint lleis i relacions que es puguin aplicar a l'estudi de la major part possible de fenòmens; buscant connexions o punts entre distints camps científics, etc.

Per poder portar a terme les activitats anteriors, els científics han de treballar en equip i posar en joc no sols els coneixements que posseeixen, sinó també qualitats com la **capacitat crítica**, la **imaginació** i la **creativitat**.

#### 1.1. Algunes idees deformades sobre la ciència i el treball científic

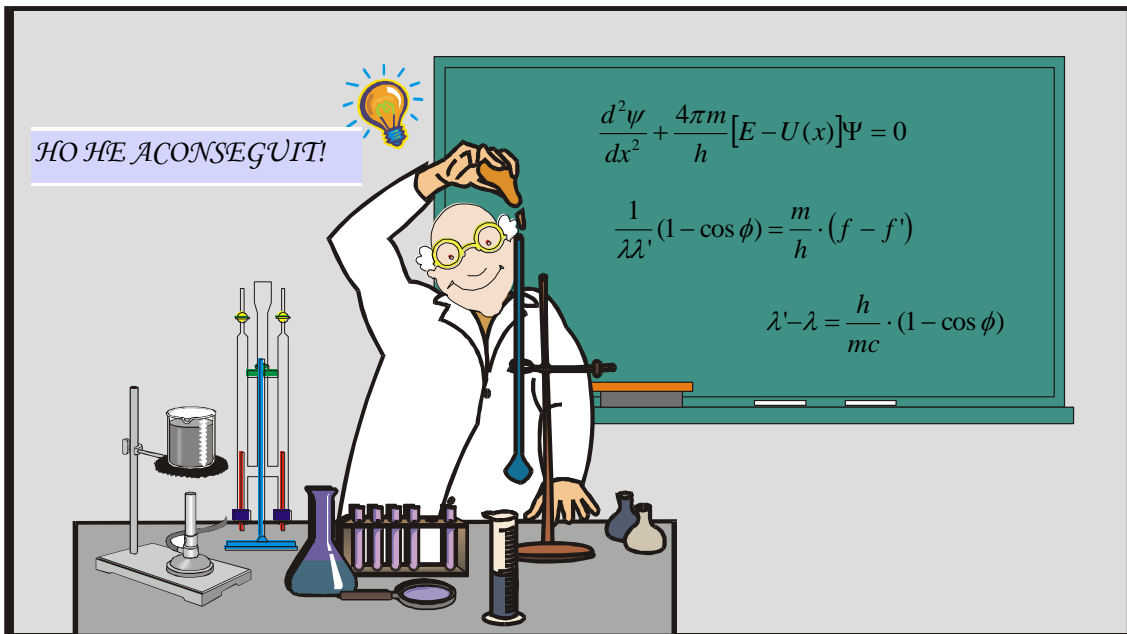
*A.2. Algunes persones tenen certes idees massa simples sobre els científics i el seu treball. L'existència d'eixes idees és un greu inconvenient, perquè donen una imatge de la ciència que no es correspon amb la realitat. De vegades, aquestes idees es veuen reflectides en pel·lícules en les que ix algun científic. Tracteu d'enumerar algunes d'eixes idees simplistes.*

Sovint, quan es pensa en una persona que es dedica a la investigació científica, la gent s'imagina un home sol, calb (o amb el pèl desordenat), major, portant ulleres, bata blanca i aïllat del món, dins d'un laboratori en el que es troba envoltat d'estranyes aparells i papers amb fórmules i càlculs molt complicats, que sols ell i uns pocs com ell, poden entendre. També es pensa que els científics solen ésser persones amb **una intel·ligència fora de lo comú**,

## 1. Introducció a la metodologia científica

**gent rara, despistats**, que passen la major part del seu temps investigant al laboratori, sense que els interesse allò que ocorre fora (fins i tot, alguns són éssers malvats que busquen dominar la humanitat amb els seus descobriments). Finalment, existeix també la idea que **molts descobriments científics es produeixen per casualitat**, que, de sobte, al científic se li “encén una pereta” dins del cap i... eureka! ja té la solució, o bé que li cauen al terra els reactius que estava manejant i, en mesclar-se,... ja té el producte miraculós que buscava!

*A.3. La figura mostra el dibuix fet per un estudiant quan li demanaren que representara una situació en la que s'estiguera realitzant una investigació científica. Analitzeu-la i enumereu totes les idees simplistes que hi observeu respecte dels científics i el seu treball .*



La realitat no es pareix en res a la figura anterior. En primer lloc, també hi ha **dones** (cada vegada més) que es dediquen a la ciència i, ni ells ni elles treballen en solitari sinó que, habitualment, formen part d'**equips d'investigació**. Fins i tot, és corrent el treball conjunt entre distints equips. No té, doncs, massa sentit la idea d'un geni solitari al que “de sobte” se li “encén una llum” i fa un gran descobriment. A més, **el científic és una persona com la resta** i, per tant: tan calb, roí, rar, despistat, etc., com ho puguem ser els demés.

D'altra banda, **el treball que realitzen els científics està interaccionant contínuament amb el medi ambient i la societat**. Pensem, per exemple, en les aplicacions pràctiques de l'electricitat o de l'energia nuclear, en la construcció de màquines, en l'obtenció de medicaments, la manipulació genètica... i també en la fabricació d'armes, la contaminació ambiental, etc. El seu treball no es realitza al marge de la societat, sinó tot el contrari. De fet, moltes investigacions científiques es veuen impulsades, dificultades, estancades o, fins i tot... prohibides, a causa de l'existència de diversos interessos: polítics, econòmics, militars, religiosos, etc.

També sol pensar-se que la ciència és una cosa molt complicada, amb fórmules incomprensibles a l'abast sol d'unes quantes ments privilegiades. És ben cert que, per desenvolupar una activitat científica, calen tot un seguit de requeriments específics, però això també ocorre quan es desenvolupa qualsevol altra activitat, com la de mecànic, pilot, arquitecte, professor, etc.

### 1.2. Estudi d'alguns aspectes essencials de la metodologia científica

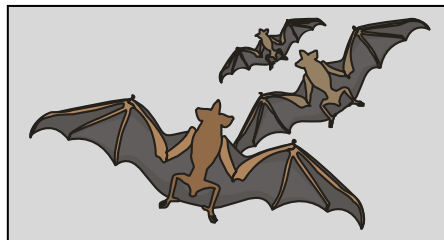
#### A.4. Quina pot considerar-se la primera etapa d'una investigació científica?

No existeix el Mètode Científic, si per tal entenem una seqüència de regles a aplicar mecànicament i vàlid per a qualsevol domini científic: cada tipus de problema exigeix uns mètodes propis o tècniques específiques. El **mètode científic** és qualsevol cosa menys una recepta amb un seguit de passes a seguir de forma rigorosa i en un ordre predeterminat. Normalment, des del començament d'una investigació fins que acaba, cal superar dubtes, replantejaments i, fins i tot, endarreriments. Tot això qüestiona la idea simplista del científic com una espècie de mag que disposa d'un llibre ple de receptes amb les que es poden aconseguir resultats sorprenents si se sap seguir les instruccions al peu de la lletra.

Sí que podem, en canvi, referir-nos a algunes característiques generals, vàlides per a qualsevol tipus d'investigació. En aquest sentit podem dir que tota investigació científica comença sempre amb el **plantejament d'un problema d'interès**, l'origen del qual pot estar tant en l'observació d'un fet que, per alguna raó, ens crida l'atenció, com en una necessitat de tipus tècnic, social, etc.

El factor més important no és saber allò que ha originat el problema a investigar, sinó reconèixer que una situació es presenta com problemàtica, sempre a la llum dels coneixements científics vigents en el moment. En realitat, cap investigació científica parteix de zero perquè, fins i tot les observacions més elementals requereixen disposar d'uns coneixements previs adequats per poder ésser interpretades. Així, per exemple, quan un metge i un pacient observen una mateixa radiografia, és habitual que, on el metge veu una lesió determinada, el pacient no veja més que una taca com la resta.

#### A.5. Per què les ratapenades poden volar en la foscor més completa sense ensopegar amb els obstacles?



L'observació que les ratapenades poden volar en l'obscuritat sense ensopegar resultà problemàtica en un moment determinat de la història de la ciència (quan es pensava que eixos animals podien orientar-se sol amb els ulls) però ara ja no ho és, perquè ja se sap que alguns animals disposen d'altres formes de guiar-se. Concretament les ratapenades emeten ultrasons que, en ésser reflectits pels obstacles, els donen informació respecte d'on s'hi troben.

Així doncs, qualsevol investigació científica es veu afectada de principi a fi per allò que s'anomena **cos teòric de coneixements vigent**, el qual influeix no sols en els problemes que poden plantejar-se, sinó també en el desenvolupament de tota la investigació i en l'acceptació o no dels resultats.

A més, es necessari que el problema de partida es formule de manera precisa, delimitant en quines condicions concretes en que s'abordarà. Aquesta delimitació, d'altra banda, es fa tenint en compte la necessitat de descompondre un fenomen complex en parts més fàcilment abordables, procés al que es denomina habitualment com **anàlisi** del problema. En la pràctica, açò sol

## 1. Introducció a la metodologia científica

suposar la identificació de totes aquelles **variables** que pensem que poden influir en el problema, així com la necessitat de fixar algunes per poder estudiar millor l'efecte de les altres.

Per conèixer què es el que ja se sap respecte d'un determinat problema, abans de començar a tractar de resoldre'l, es recorre a localitzar i estudiar la **bibliografia** existent. La recerca bibliogràfica és una de las tasques més típiques del treball científic, fent patent la importància de l'aspecte acumulatiu de tota ciència. Aquest aspecte fa precisament de la ciència un producte col·lectiu, els resultats de la qual es deuen al treball de generacions d'investigadores anteriors i d'altres grups de científics que estiguen treballant sobre el mateix problema o sobre temes relacionats amb ell.

Habitualment la formulació d'un problema sol acompanyar-se explícita o implícitament d'alguna suposició o conjectura explicativa sobre el mateix, que, en el llenguatge científic s'anomena **hipòtesi**.

*A.6. Exposeu les idees que teniu sobre el concepte d'hipòtesi científica, assenyalant quines podrien ésser les característiques essencials.*

Per **hipòtesi científica** s'entén una conjectura versemblant (és a dir, sense contradiccions evidents), que es puga contrastar experimentalment. Aquest requisit de versemblança posa l'accent en el fet que les hipòtesis s'elaboren a partir d'un determinat cos de coneixements generalment acceptat i al que cal referir-se explícitament per fonamentar la hipòtesi. No obstant això, és més important el que la hipòtesi es puga contrastar que el que sigui versemblant. De fet, molts grans avanços de la ciència s'han produït gràcies a hipòtesis que en el seu moment es van considerar molt atrevides o poc probables.

Formular una hipòtesi contrastable implica la introducció de conceptes que siguin operatius, és a dir, que d'alguna manera (experimentació, operacions matemàtiques, etc.) es puga obtenir el seu valor (quantificar-los), com és el cas de la velocitat, massa, càrrega elèctrica, etc. Als esmentats conceptes se'ls anomena **magnituds**.

La sòlida preparació científica, la pròpia pràctica de la investigació, el coneixement profund del problema..., afavoreix la proposta de bones hipòtesis. Quan la contrastació directa d'una hipòtesi no és possible, es recorre a la deducció de conseqüències lògiques que sí es pugen contrastar. Altre dels aspectes específics del treball científic és la utilització del llenguatge rigorós de les matemàtiques.

La contrastació experimental d'una hipòtesi exigeix el disseny de muntatges adequats, sobre els que cal detindre's. A aquest respecte, els **dissenys d'abordament múltiple**, que permeten la contrastació d'una mateixa hipòtesi per diferents camins, juguen un paper molt important en la contrastació, perquè contrastar una mateixa hipòtesi per diferents vies augmenta la fiabilitat de les conclusions a què done lloc.

*A.7. Assenyaleu alguns dels requisits que ha d'acomplir un experiment per a ser considerat com científic.*

El caràcter d'observació quantitativa, el control rigorós de les condicions de l'experiment i la possibilitat d'ésser reproduït són aspectes que caracteritzen l'experiment científic. Un experiment científic no és més que un acte d'observació, però en condicions preestablertes i controlades amb cura, que poden ser reproduïdes posteriorment, condició sense la qual els resultats no podrien ésser acceptats per altres investigadors.

En general es tracta, a més, d'una observació quantitativa traduïble a resultats numèrics (dades) que cal comparar amb els que prediu la hipòtesi. Aquest doble aspecte -condicions controlades i caràcter quantitatiu de l'observació- és el que diferencia fonamentalment l'experiment de l'observació ordinària. El control de les condicions es fa tenint en compte la necessitat de descompondre els fenòmens complexos en parts més fàcilment abordables (anàlisi), com ja veïem en parlar del plantejament del problema. Açò fa que l'experiment es realitzi amb freqüència en condicions especials que no es donen a la naturalesa (factor que afectarà al camp de validesa dels resultats obtinguts).

En el plantejament d'experiments es dona també un indiscutible aspecte creatiu, tant en el disseny dels muntatges experimentals adequats com en la superació de totes les dificultats que apareixen en la pràctica. També juguen un paper essencial l'ús de la tecnologia, la capacitat d'organització, etc., convertint així la investigació en un procés en el que es posen en joc necessàriament tota una multiplicitat de facetes de l'activitat humana, tant en l'aspecte individual com en el col·lectiu.

*A.8. Què ocorre quan els resultats d'un experiment científic contradiuen les bases d'una teoria científica ben establerta?*

Existeix una idea simplista segons la qual caldria rebutjar immediatament eixa teoria. Afortunadament, no es així: Per a que una teoria científica siga eliminada cal una ampla i rigorosa evidència experimental reiterada en contra i, a més, que existisca una nova teoria capaç de suplir-la amb avantatge, és a dir, que explique tot el que explicava l'anterior i també els nous resultats experimentals. A més la nova teoria ha de ser examinada i acceptada per la majoria de la comunitat científica.

*A.9. Exposeu algunes de les tècniques que considereu adequades per a la interpretació dels resultats d'un experiment.*

Les dades i resultats obtinguts en una investigació científica solen arreplegar-se en taules. També es busca confirmar les hipòtesis analitzant les possibles relacions entre distintes magnituds. Aquests anàlisis requereixen sovint, la construcció i interpretació de gràfiques. Altre aspecte fonamental és la determinació de la fiabilitat dels resultats abastats, que exigeix la repetició de l'experiment i un tractament matemàtic dels mateixos (conegut com determinació del valor representatiu i càlcul de la imprecisió). Tot això podrà estudiar-se amb cert detall al tema següent.

*A.10. Què ocorre amb els resultats d'una investigació científica, una vegada aquesta finalitza?*

Quan es realitza una investigació científica és habitual que l'equip que està treballant en ella done a conèixer a la resta de la comunitat científica els resultats que van obtenint, participant en congressos, trobades amb altres equips que treballen en el mateix tema o en altres relacionats, i publicant articles en revistes especialitzades.

Els resultats d'un treball científic solen ésser replicats per altres investigadors, situació que habitualment condueix a l'acceptació o el rebuig per la resta de la comunitat científica. Normalment els resultats s'integren en els cossos de coneixements ja establerts augmentant-los, malgrat que, de vegades, obliguen a realitzar algunes modificacions. També pot succeir (molt més rarament) que obliguen a qüestionar les pròpies bases d'alguna teoria científica vigent i que això porte a una crisi. Açò ha ocorregut algunes vegades en la història de la ciència com, per exemple, amb la crisi de la física clàssica i el sorgiment de la física moderna.

## 1. Introducció a la metodologia científica

En general, les bones investigacions donen resposta a determinats problemes però, a causa dels resultats obtinguts en elles, també contribueixen a la generació de nous problemes que, abans, difícilment podien plantejar-se.

Els resultats d'algunes investigacions també poden afectar la societat de moltes formes. No sols per les possibles aplicacions pràctiques o els efectes sobre el medi ambient, sinó també perquè, de vegades, afecten fins i tot a idees molt arrelades i a creences religioses. Penseu, per exemple, en els treballs de Darwin sobre l'evolució de les espècies o en les actuals investigacions sobre genètica, reproducció assistida, treballs amb "cèl·lules mare", clonació, etc.

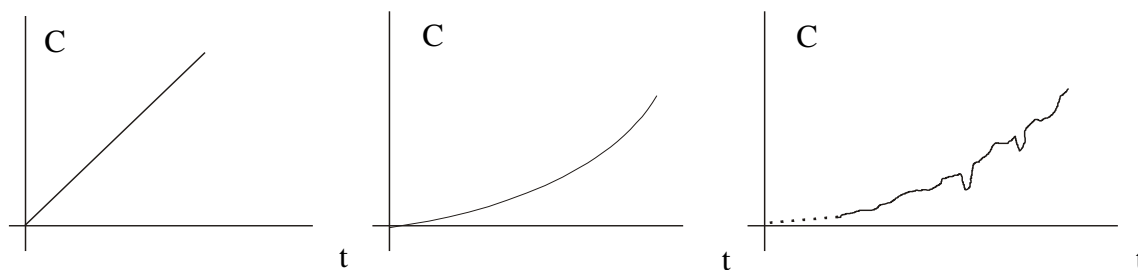
*A.II. Exposeu les idees que posseïu sobre el que s'entén que són les lleis i les teories científiques.*

De vegades, al llenguatge quotidià s'utilitza teoria o teòric com sinònim d'hipòtesi o hipotètic (d'una cosa que falta comprovar); però en el llenguatge científic, una teoria no és una hipòtesi sinó un gran cos coherent de coneixements en el que hi ha conceptes, hipòtesis, lleis, relacions entre distintes magnituds, models, etc. Una teoria científica és un sistema que té una gran coherència interna. Es parla així de la teoria de la relativitat, la teoria electromagnètica, la teoria atòmica i molecular de la matèria, etc. De vegades, les hipòtesis confirmades poden ser expressades mitjançant relacions matemàtiques més o menys complicades, que funcionen bé per resoldre molts problemes. En aquest cas, s'anomenen **lleis**. Per exemple, les lleis de conservació de la massa, de l'energia i de la quantitat de moviment.

## 2. COM CREIXEN LES CIÈNCIES

Sabem que els coneixements científics en un camp determinat van desenvolupant-se al llarg del temps. Una qüestió important és analitzar com es produeix aquest creixement.

*A.I2. Suposant que s'ha definit una magnitud  $C$  que determina, de forma aproximada, el nivell científic d'una època en un domini concret (com física o química), analitzeu les següents gràfiques en les que es mostren possibles evolucions de  $C$  respecte del temps i assenyalau quina d'elles s'ajusta més, segons la vostra opinió, a la realitat.*



La primera dona a entendre un creixement regular, lineal, en el que els nous coneixements venen simplement a sumar-se als anteriors, engrandint així l'edifici original. Açò és erroni, a més de ser també una idea deformada sobre la ciència. La segona, conté la idea, en part encertada, d'un creixement exponencial (en un mateix interval de temps, es produeixen cada vegada més coneixements), i la tercera pressuposa un desenvolupament no regular, amb pujades, baixades i períodes d'estancament, però també amb grans bots endavant i un creixement cada vegada major. L'última incorpora també la idea d'un inici confús en el que no sabem molt be quan comença a desenvolupar-se històricament una ciència com, per exemple, la Física o la Química, raó per la qual és la que més s'ajusta a la realitat.

### 3. CIÈNCIA, TECNOLOGIA, SOCIETAT I MEDI AMBIENT: UNES RELACIONS CONTROVERTIDES

#### A.13. Exposeu les relacions que considereu que existeixen entre la ciència i la tecnologia

De vegades es distingeix entre la ciència “pura”, en la que s’investiga simplement per conèixer més i millor la naturalesa, i la tecnologia, que estaria destinada més bé a la resolució de problemes pràctics. Des d’aquest punt de vista, la tecnologia es podria considerar com l’aplicació pràctica que pot derivar-se dels coneixements científics. Però, la relació entre ciència i tecnologia és molt més complexa que això, de forma que és pràcticament impossible una distinció neta entre ambdues: En primer lloc, moltes investigacions han tingut l’origen en problemes d’ordre tècnic (l’estudi de la composició de moviments realitzat per Galileu, per exemple, és solidari de la pràctica de llançament de projectils pels artillers). A més, l’avanç tècnic determina amb freqüència la mateixa possibilitat del treball científic. ¿Serien concebibles, per exemple, els progressos en astronomia sense els telescopis o els avanços en el coneixement del genoma humà sense els ordenadors?

Aquesta interdependència és cada vegada més marcada, de forma que ha portat a molts autors a rebutjar la distinció entre ciència pura i ciència aplicada. En aquest sentit, es parla d’una revolució científico-tecnològica, caracteritzada, entre d’altres, per l’eliminació de les tasques més simples (mitjançant l’automatització i les computadores) i per grans avanços en diferents camps de la ciència i la indústria. En contraposició a aquests avanços, més de 1500 milions d’éssers humans malviuen actualment en la pobresa més absoluta, al temps que els indicadors de la salut del medi ambient resulten cada vegada més negatius (augment de l’efecte hivernacle, esgotament dels recursos naturals, contaminació en totes les formes, desertització, deforestació, etc.)

Hi ha qui responsabilitza a la ciència i la tecnologia dels greus efectes que amenacen la humanitat. També és una idea simplista. En efecte: no podem ignorar que aquests problemes són estudiats per científics i tecnòlegs, que posen a punt possibles solucions, produint també, al temps, per exemple, armes químiques i compostos que destrueixen la capa d’ozó. Però no podem oblidar que ho fan juntament amb economistes, empresaris, polítics i treballadors. Per tant, les crítiques no han d’anar cap al desenvolupament científic i tecnològic sinó cap a on enfoquem eixe desenvolupament i quin ús fem del mateix. La responsabilitat d’usar la ciència i la tecnologia per contribuir a un desenvolupament sostenible, respetuós amb el medi ambient i que no comprometa les necessitats de les futures generacions és de tots i totes, incloent-nos nosaltres mateixa, els “simples” consumidors.



## 1. Introducció a la metodologia científica

### RECAPITULACIÓ

Al llarg del tema hem tingut ocasió d'acostar-nos a la ciència i la metodologia científica, criticant algunes de les idees simplistes que existeixen al respecte i analitzant les relacions que es donen entre ciència, tecnologia i societat.

Al tema següent ens detindrem per estudiar amb més detall un dels aspectes que ja hem mencionat en aquest. Ens referim a l'important paper que tenen en la ciència les magnituds, de què forma poden mesurar-se i com poden donar-se els resultats de les mesures.

Per finalitzar, a mena de resum del que hem vist fins aquí, vos proposem la següent activitat:

*A.14. Construiu un diagrama representatiu d'una investigació científica en el que es recullen i connecten entre ells els aspectes principals de la metodologia científica, des del plantejament del problema a la interpretació dels resultats, l'acceptació, etc.*

La realització de l'activitat anterior porta a pensar en primer lloc en aspectes fonamentals en qualsevol investigació científica, com són: el plantejament d'un problema, anàlisi del mateix, estudi de la bibliografia, emissió d'hipòtesis, elaboració de possibles dissenys per contrastar-les (d'alguna forma), realització d'experiments, mesures, replegada de dades en taules, tractament i anàlisi de resultats per veure si confirmen o no les hipòtesis, plantejament de nous problemes sorgits a partir de la investigació realitzada, etc.

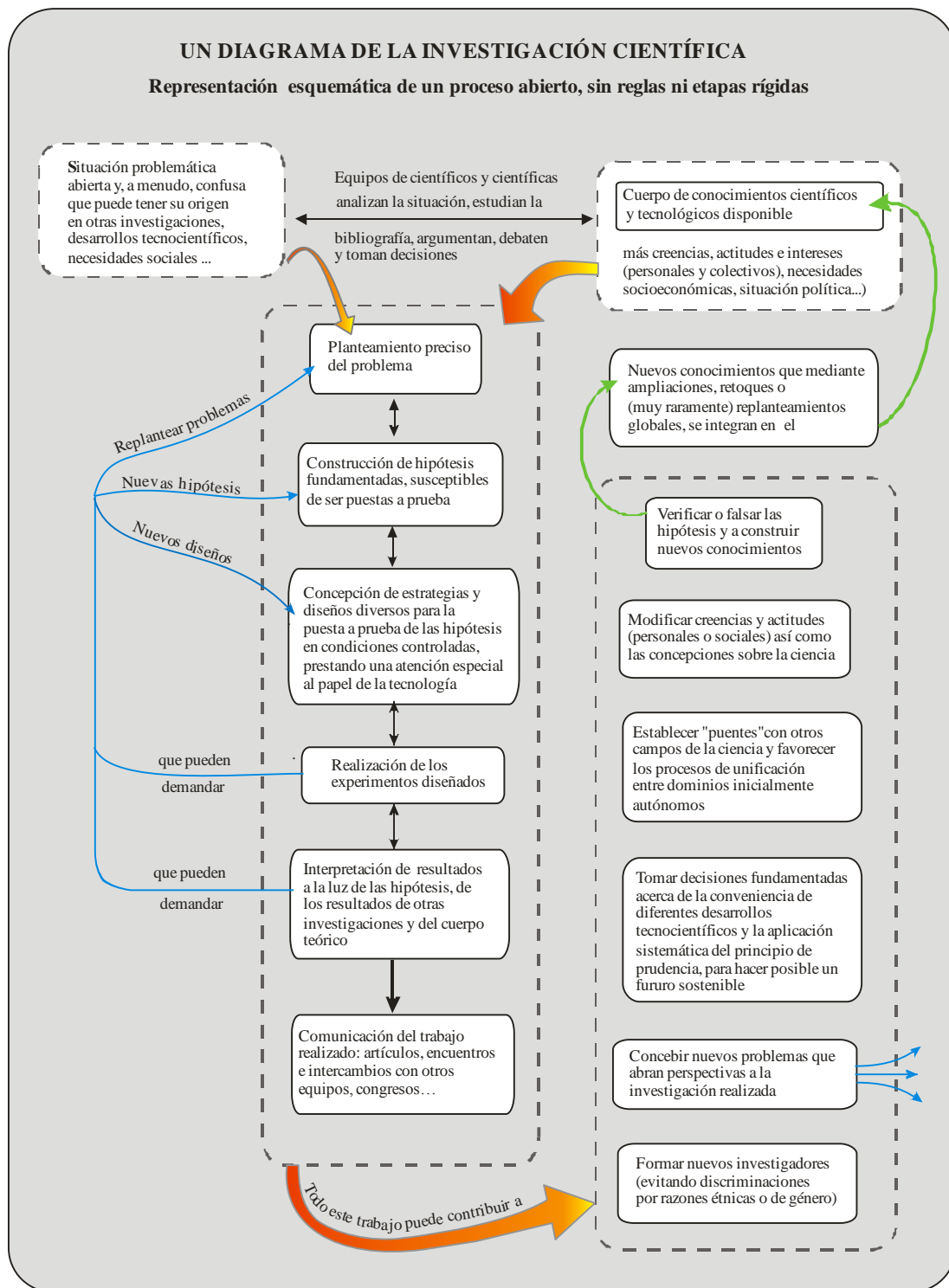
A més, cal interconnectar els aspectes anteriors, tenint en compte altres com: el caràcter col·lectiu del treball científic (sense oblidar que els equips estan formats per homes i dones), les interaccions entre ciència, tecnologia, societat i medi ambient, la idea que existeixen dubtes, equivocacions, endarreriments, etc.

Finalment, convé tindre presents les idees simplistes o equivocades sobre la ciència i el treball científic a què ens hem referit en el tema i tractar de no cometre-les o fins i tot criticar-les, en el diagrama que s'elabore.

Tenint en compte les consideracions anteriors, és possible elaborar un diagrama similar al que s'exposa a la pàgina següent.

En ell s'han intentat evitar algunes idees simplistes sobre la ciència i el treball científic. Així, per exemple, podem veure com se n'ix al pas d'una imatge masculina de la ciència en descriure científics i científiques; anàlogament es qüestiona la visió individualista (equips de científics, congressos, articles, etc.). Al propi temps es transmet una imatge dinàmica, no tancada, de la ciència (generar nous problemes) i es ressalten aspectes essencials de l'activitat científica (emissió d'hipòtesis, disseny experimental, recerca de globalitat i coherència, els nous coneixements s'integren en el cos de coneixements de partida...). D'altra banda, les dobles fletxes emfasitzen que durant una investigació científica solen haver-hi retocs, replantejaments, etc., és a dir, que no es tracta de seguir una mena de "recepta" on totes les passes ja estan predeterminades.



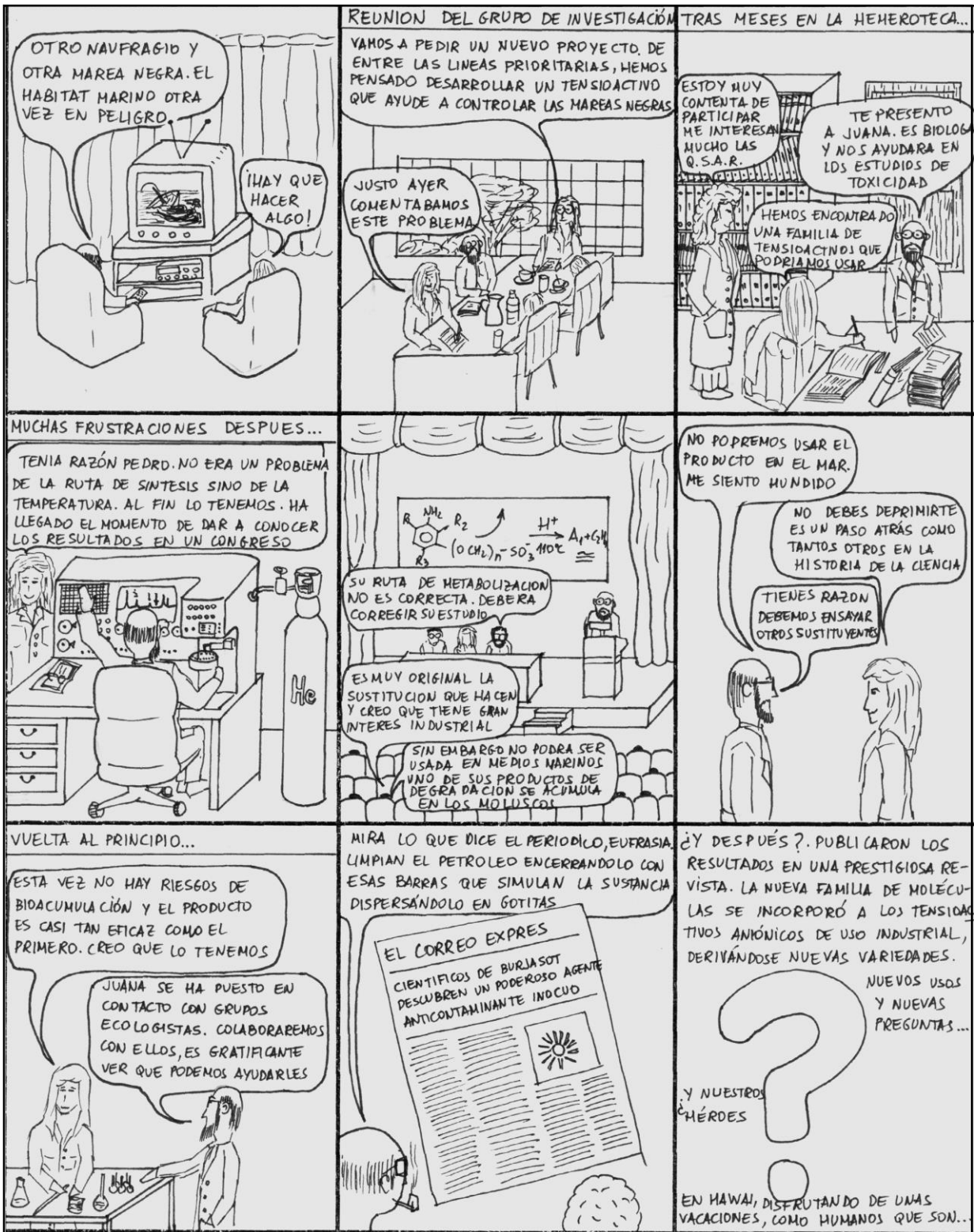


**A.15.** Analitzeu el diagrama anterior, tractant d'identificar els aspectes essencials del treball científic reflectits en el mateix, així com les idees simplistes que es qüestionen.

En una vinyeta a l'inici del tema es representava un científic investigant. En ella hi havia presents determinades idees simplistes sobre la ciència i el treball científic i, pel contrari, certs aspectes essencials com l'emissió d'hipòtesis, el caràcter de treball col·lectiu, etc., estaven absents. La veritat és que, en una sola vinyeta resulta impossible reflectir la riquesa i complexitat del treball científic. Per aproximar-se a ell és molt millor elaborar un còmic, una historieta en la que s'intente arrearplegar la majoria de les característiques essencials de la ciència i el treball científic.

# 1. Introducció a la metodologia científica

A.16. Analitzeu el següent còmic, tractant d'identificar algunes de les característiques essencials de la metodologia científica a les que ens hem vingut referint, així com les idees simplistes sobre la ciència i el treball científic que es qüestionen. Indiqueu les vinyetes pertinents.



**1. METODOLOGIA CIENTÍFICA. ACTIVITATS DE REFORÇ**

1. Elaboreu un llistat amb totes les idees simplistes que s’han tractat en el tema sobre la ciència, els científics i el treball científic.
2. Suggeriu algunes mesures que haurien de prendre els governs per aconseguir un desenvolupament sostenible, respectuós amb els éssers vius i el medi ambient i del que pogueren participar tots els éssers humans.
3. Què és una hipòtesi científica? Què és més important en una hipòtesi científica, que siga versemblant o que es pugui contrastar experimentalment?
4. Enumereu algunes diferències entre el treball científic i el treball quotidià.
5. Què condicions s’han de donar per que una teoria científica siga rebutjada?
6. Expliqueu les diferències existents entre hipòtesi, llei i teoria científica.
7. Ompliu la taula següent (afegint les files necessàries) distribuint adequadament en cada columna els termes i proposicions que s’enumeren a continuació. (Poden sobrar alguns).

Aspectes essencials de la metodologia científica	Idees simplistes sobre la ciència, els científics i el seu treball	Qualitats importants per fer investigació científica

Plantejament de problemes d’interès, religiositat, emissió d’hipòtesis, la ciència és cosa d’homes, treballar en equip, anàlisi de resultats, imaginació, creativitat, la ciència és una cosa tan difícil que està reservada sols a uns quants genis, recerca de coherència i de globalitat, molts descobriments científics ocorren per casualitat, moralitat, despiste, desordre, elaboració de dissenys experimentals, castedat, dogmatisme, seguir al peu de la lletra un mètode, capacitat crítica.

8. Dibuixeu un còmic inventant una història sobre una investigació científica (no importa que no siga real) que reflectisca la major part possible de les característiques essencials de la metodologia científica que hem comentat en el tema i, al temps, isca al pas d’idees simplistes sobre la ciència i/o el treball científic.

9. A continuació es descriu de forma qualitativa una investigació portada a terme pel doctor **Semmelweis** entre 1844 i 1848. Assenyaleu les hipòtesis emeses, els dissenys experimentals que es portaren a terme per comprovar-les i quins foren els resultats obtinguts.

Com membre de l’equip metge de l’hospital general de Viena, Semmelweis estava angoixat en veure que, una gran proporció de dones que havien donat a llum en el departament **A** de l’esmentat hospital, contreien una seria i, amb freqüència, fatal malaltia coneguda com “febre puerperal” o febre posterior al part. Així, en 1844, d’un total de 3.157 mares del departament A, 260 (un 8’2 %) moriren d’eixa malaltia. En 1845 l’índex de morts era del 6’8 % i, en 1846, de l’ 11’4%. Aquestes xifres eren summament alarmants perquè, en el departament de maternitat **B**, del mateix hospital (que es trobava just al costat de l’A), el percentatge de morts per febre puerperal era molt més baix: 2’3%; 2’0% i 2’7% en els mateixos anys.

## 1. Introducció a la metodologia científica

Una opinió acceptada majoritàriament a l'època atribuïa les onades de febre puerperal a "influències epidèmiques" que es descrivien vagament com canvis "atmosfèrics, còsmics i tel·lúrics".

Però a Semmelweis li resultava difícil comprendre que eixes influències manifestaren preferència pel departament A en detriment del B. Una epidèmia de debò, com per exemple el còlera, no seria tan selectiva. D'altra banda es donava el fet que, algunes dones que vivien lluny i donaven a llum al carrer, anant de camí cap a l'hospital, malgrat ésser internades al departament A, no solien contraure la malaltia.

Segons altra opinió, la causa de l'elevada mortaldat per febre puerperal era l'amuntegament i l'alimentació deficient. Semmelweis assenyalà al respecte que l'amuntegament era major al departament B que a l'A (en part a conseqüència dels desesperats esforços de les pacients per evitar que les ingressaren al malauradament famós departament A). En teoria, aquest factor hauria de provocar més morts en aquell departament, però, pel contrari, el fenomen era justament a l'inrevés. D'altra banda, l'alimentació era la mateixa en ambdós departaments.

L'any 1846 una comissió creada per investigar l'assumpte, atribuï l'elevada freqüència de la malaltia en el departament A als reconeixements, realitzats amb poca cura, a què les pacients eren sotmeses pels estudiants de medicina que realitzaven les pràctiques d'obstetrícia a l'esmentat hospital.

Malgrat això, a Semmelweis tampoc el convenia massa aquesta explicació, perquè els danys i lesions que es produeixen de forma natural durant el procés del part són molt majors que els que podien causar els estudiants de medicina menys hàbils. A més, es donava el fet que, en el departament B, les dones eren reconegudes per matrones que utilitzaven les mateixes tècniques i procediments que els estudiants del departament A.

S'acudí aleshores a explicacions psicològiques. Una d'elles feia notar que el departament A estava situat de forma que, quan un sacerdot anava cap a la infermeria d'eixe departament a portar els últims sagraments a les moribundes, havia de passar per totes les sales. Pel contrari, per entrar a la infermeria del departament B, no havia de travessar cap sala, perquè aquesta tenia altre accés més directe. Se sostenia que era precisament l'aparició de la negra figura del sacerdot, precedida per un escolà fent sonar una campaneta, la que produïa un efecte terrorífic i debilitava les pacients de les sales, que així esdevenien més propícies a contraure la malaltia.

Per contrastar aquesta possibilitat, es facilità al sacerdot altre accés a la infermeria del departament A, que evitava passar per davant de les pacients. Malgrat els intents, no es produí cap variació notable en la incidència de la malaltia i seguiren morint més pacients al departament A què al B.

Finalment, en 1847, un metge del mateix hospital rebé una ferida penetrant en un dit, produïda per l'escalpel d'un estudiant amb el qual estava realitzant una autòpsia. El metge morí poc després de patir una agonia durant la qual mostrà els mateixos símptomes que s'havien observat en les dones víctimes de febre puerperal.

Per a Semmelweis no passà desapercibuda aquesta observació i, malgrat que en aquella època encara no s'havia descobert el paper dels microorganismes en aquest tipus d'infeccions, pensà que l'escalpel de l'estudiant havia introduït "matèria cadavèrica" en el corrent sanguini del professor i això havia estat la causa de la mort. Igualment, les dones que morien per febre puerperal, patien un enverinament en la sang del mateix tipus: tant ell mateix com els col·legues i els estudiants de medicina que feien les pràctiques, havien estat els portadors de la matèria infecciosa, perquè tots solien arribar a reconèixer a les

pacients del departament A, poc després d'haver realitzat disseccions en la sala d'autòpsies i reconeixien a les parteres després d'haver-se rentat les mans d'una forma tan superficial que, sovint, conservaven un característic olor a brutícia. Un fet que recolzava aquest raonament era que, en la preparació professional de les matrones que reconeixien a les pacients del departament B, no s'inclouïa la realització de pràctiques de dissecció. Aquesta idea també explicava que la mortaldat fora menor en els casos de part al carrer, perquè les dones que arribaven amb el seu fill als braços, quasi mai eren sotmeses a reconeixement després de l'ingrés.

Per posar a prova aquesta nova possibilitat, Semmelweis pensà en previndre la febre puerperal destruint químicament el material infecciosos adherit a les mans mitjançant una dissolució de cal clorurada, que s'utilitzaria per rentar-se les mans prèviament a qualsevol reconeixement de parteres.

Es dictà una ordre per la que, tant professors com estudiants de medicina o matrones, havien de rentar-se amb profunditat les mans amb l'esmentada solució abans de reconèixer a cap malalta i es posà immediatament en pràctica.

A poc de posar-se en vigència aquelles normes, la mortalitat puerperal començà a decreïxer i, en l'any 1848 descendí fins l' 1,27% en el departament A i l' 1,33% en el B.

**10.** A continuació es descriu de forma qualitativa una investigació portada a terme pel doctor **Claude Bernard** (1814–1878). Assenyaleu tots els aspectes del treball científic que es veuen reflectits en ella, des del plantejament del problema fins a noves perspectives obertes.

En el decurs d'unes investigacions sobre les causes de l'enverinament per monòxid de carboni (CO), C. Bernard enverinà un gos fent-li respirar CO i procedí immediatament a obrir el seu cos, observant l'estat de la sang.

La primera cosa que li cridà l'atenció fou **el color roig viu de la sang de les venes**, un color típic de la sang arterial.

Repetí l'experiència amb altres animals, trobant sempre el mateix resultat: la sang venosa enverinada tenia idèntic aspecte vermell que la sang arterial.

Reflexionant sobre aquest fet, C. Bernard escriví:

*"El color vermell, em vaig dir, és característic de la sang arterial i està en relació amb la presència d'una proporció important d'oxigen, mentre la coloració negra, característica de la sang venosa, es podria deure a la desaparició de l'oxigen i a una major presència de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>). En conseqüència vaig pensar que, tal vegada, en fer persistir el vermell en la sang venosa, el CO havia impedit que l'oxigen passara a CO<sub>2</sub> als capil·lars. Malgrat això, em semblava difícil comprendre quina relació podia tindre açò en la causa de la mort..."*

*... però si els meus raonaments eren correctes, si agafara sang de les venes dels animals enverinats per CO, aquesta hauria de contindre oxigen, com ocorre en la sang arterial."*

Aleshores, C. Bernard feu passar hidrogen per la sang venosa d'un animal enverinat per CO, esperant que, igual que ocorre en la sang arterial, l'hidrogen s'unira a l'oxigen, posant d'esta forma en evidència l'existència d'aquest últim en la sang venosa enverinada.

## 1. Introducció a la metodologia científica

El resultat de l'experiment fou negatiu. Però açò li va suggerir noves idees:

“Atés que no hi havia oxigen a la sang venosa enverinada, ni tampoc havia tingut lloc el procés normal de pas d'oxigen a  $\text{CO}_2$ , tal vegada era el CO el que havia desplaçat a l'oxigen de la sang”.

Per provar la seua hipòtesi, a continuació mesclà CO amb sang arterial d'un animal sa dins d'un recipient tancat i, després d'un temps, analitzà el gas contingut al recipient, constatant que s'havia enriquit notablement en oxigen, al temps que havia disminuït la quantitat de CO inicialment present.

*“Aquestes experiències repetides en les mateixes condicions, m'ensenyaren que s'havia produït un simple intercanvi, volum a volum, entre el CO i l'O<sub>2</sub> de la sang. Però el CO quedava fixe en la sang sense que poguera ja ésser desplaçat ni per l'O<sub>2</sub> ni per altres gasos”.*

Més endavant es comprovà que el CO es combina fortament amb l'hematoglobulina de la sang, fent que els glòbuls sanguinis queden com mineralitzats, perdent així les propietats vitals i produint-se la mort. Com resultat d'aquests estudis, C. Bernard no sols explicà la causa de l'enverinament per CO, sinó que posa a punt un nou mètode d'anàlisi de gasos de la sang, que es va generalitzar ràpidament i obrí perspectives sobre el mecanisme de determinades anèmies.

**11. Mary Montagu** va ser una brillant escriptora britànica i lluitadora pels drets de la dona. El 1716 van nomenar ambaixador al seu espòs i el matrimoni va viatjar a Turquia. A continuació es descriuen els seus intents per difondre al Regne Unit un tractament contra la verola. Llegiu el text següent amb atenció i després expliqueu quin problema intentava resoldre Mary Montagu i quines hipòtesis intentava posar a prova.

Ja en el segle XI a l'Índia i Xina els metges manipulaven el sistema immunitari. Al bufar pols de crostes d'un malalt de verola en els orificis nasals dels seus pacients, solien provocar una malaltia lleu que evitava un contagi posterior més greu.

Este tractament i altres similars van ser difosos i modificats per tot Orient. Quan Mary Montagu va viatjar a Turquia el 1717, es va adonar que mentre que a Europa la verola era una malaltia terrible i letal, a Orient solia ser lleu perquè allà els metges esgarrapaven la pell d'una persona jove i sana per després infectar la ferida amb una mica de pus d'un malalt de verola. La persona es posava malalta, en la majoria dels casos de forma lleu, i després quedava protegida davant d'aquesta infecció.

Estava tan convençuda de la seguretat d'aquestes inoculacions que durant la seva estada a Turquia va demanar que inoculen el seu fill i, quan va tornar a Anglaterra va decidir mostrar l'eficàcia d'aquest tractament. Per a això va aconseguir que un prestigiós doctor inoculara a la seva filla sota l'atenta mirada de diversos membres de la Reial Societat de Medicina de Londres.

Tot i l'eficàcia dels resultats en els seus fills i als bons informes que portava sobre els bons resultats d'aquesta pràctica a Turquia, Montagu no va aconseguir el seu propòsit de difondre aquest tractament al seu país, a causa fonamentalment a l'obstinació i prejudicis de metges conservadors i clergues.

En 1796, setanta anys més tard, el doctor Edward Jenner va conèixer els treballs de Mary i va perfeccionar les tècniques, passant a la història com el descobridor de la vacuna contra la verola.

(Text extret del treball de recerca d'Isabel Mira, 2011. Les Competències Bàsiques en ciència i tecnologia com a evidència de l'alfabetització científica i tecnològica).

## 2. LES MAGNITUDS I LA SEUA MESURA

Què és i com es mesura una magnitud? Com s'expressen i interpreten els resultats?

En el treball científic, la realització de mesures (temperatures, temps, concentracions, longituds, etc.) per obtenir dades quantitatives, té gran importància. Per exemple, sabem que fenòmens calorífics com la fusió o la dilatació eren coneguts des de l'antiguitat, però no fou fins els darrers anys del segle XVIII quan va ser possible començar un estudi científic sobre la calor, gràcies a la invenció d'instruments com el termòmetre. No és estrany, doncs, que un científic com B. Thompson ressaltara la importància del procés de mesura, afirmant que:

“... sols quan és possible mesurar i expressar de forma numèrica allò del que parlem, es pot dir que se sap alguna cosa al respecte...”

Al llarg d'aquest curs realitzarem alguns treballs experimentals en els que tindreu ocasió d'utilitzar diferents aparells de mesura. Convé, doncs, que abans ens plantegem algunes preguntes relacionades amb el procés de mesura:

- ❑ Què es mesurar?
- ❑ És possible conèixer el valor exacte d'una mesura?
- ❑ Com podem obtenir informació respecte de la fiabilitat d'un resultat?
- ❑ Com s'expressa correctament el resultat d'una mesura?
- ❑ Què tècniques es poden utilitzar per replegar les dades de les mesures i interpretar-les?

### 1. MAGNITUD, UNITAT I VALOR

*A.I. Amb objecte d'establir en què consisteix el procés de mesura, procediu a mesurar, d'alguna forma, l'amplària de la taula de treball i, a continuació, indiqueu quina magnitud heu mesurat, quina unitat de mesura s'ha utilitzat i especifiqueu quin valor s'ha obtingut.*



Una **magnitud** pot considerar-se, en principi, com una cosa que es pot mesurar. En l'activitat proposta, la magnitud mesurada és una longitud. A més de la longitud existeixen moltes altres magnituds com, per exemple: el pes, el volum, la càrrega elèctrica, la força, la concentració d'una dissolució, etc. Totes elles es poden mesurar. En canvi, el dolor, el plaer o la por, no són (almenys pel moment) magnituds perquè, tot i què es tracta de sensacions que una persona pot experimentar, amb major o menor intensitat, no existeix forma de saber si, per exemple, un cert dolor és doble o triple que altre.

Mesurar una magnitud consisteix en comparar una determinada quantitat de la mateixa (per exemple, la longitud que té l'ample de la taula) amb altra quantitat, de la mateixa magnitud, que es pren com **unitat** (per exemple, el centímetre). El nombre de vegades que està continguda la quantitat que prenem com unitat, en la quantitat que desitgem mesurar, constitueix el **valor** de la mesura. En conseqüència, ens cal tindre en compte que:

El resultat d'una mesura no pot donar-se indicant sols el valor numèric, sinó que ha d'anar acompanyat de la unitat de mesura empleada. Així per una longitud de quaranta centímetres escriurem:  $l = 40 \text{ cm}$ .

## 2. Les magnituds i la seua mesura

A.2. Constrúiu una taula de dues columnes (magnituds, unitats) i distribuïu en ella convenientment aparellats els següents termes: velocitat, metre, longitud, temps, superfície, grau centígrad,  $g/cm^3$ , newton,  $m^2$ , quilogram, volum, m/s, segon, litre, massa, densitat, pes, amper, temperatura.

### 2. SISTEMA INTERNACIONAL D'UNITATS

En setembre de 1999, la NASA perdé una sonda espacial no tripulada que havia d'haver col·locat en òrbita al planeta Mart. Segons els mitjans de comunicació, aquest desafortunat succés es degué a que, en realitzar els càlculs, es mesclaren mesures fetes en unitats diferents (polzades i centímetres).

Per evitar confusions com l'anterior i facilitar la comparació i comprensió dels resultats de les mesures, fa temps que els científics arribaren a uns acords internacionals sobre les unitats de mesura a utilitzar (amb els corresponents múltiples i divisors) per a cada magnitud. D'aquesta forma s'elaborà el **Sistema Internacional d'Unitats** (S.I.), que és el que usarem en la major part dels casos. (En ocasions, utilitzarem unitats que, malgrat no pertànyer al sistema internacional, són molt conegudes perquè s'utilitzen molt en la vida quotidiana, com el litre, el km/h, el gram, etc.).

A la taula següent es donen algunes magnituds, el símbol i la unitat internacional

Magnitud	Símbol internacional	Unitat internacional
Longitud	<i>l</i>	metre (m)
Massa	<i>m</i>	quilogram (kg)
Temps	<i>t</i>	segon (s)
Superfície	<i>S</i>	metre quadrat ( $m^2$ )
Volum	<i>V</i>	metre cúbic ( $m^3$ )
Densitat	$\rho$	$kg/m^3$
Acceleració	<i>a</i>	$m/s^2$
Força	<i>F</i>	newton (N)
Treball	<i>W</i>	joule (J)
Calor	<i>Q</i>	joule (J)
Temperatura	<i>T</i>	kelvin (K)
Intensitat de corrent elèctric	<i>I</i>	amper (A)
Resistència elèctrica	<i>R</i>	ohm ( $\Omega$ )
Freqüència	<i>f</i>	hertz (Hz)
Càrrega elèctrica	<i>q</i>	coulomb (C)
Quantitat de substància	<i>n</i>	mol (mol)

Es consideren magnituds **fonamentals** la longitud, massa i temps, perquè no s'han definit a partir d'altres. La resta, que es defineixen a partir de les fonamentals, es consideren magnituds **derivades**. Per exemple, la superfície i el volum s'han definit a partir de la longitud, la velocitat a partir de longitud i el temps, la densitat a partir de la massa i el volum, etc.,

A.3. Expliqueu el significat de l'expressió: una superfície d'  $1 m^2$  i un volum d'  $1 m^3$ .



### 3. ALTRES UNITATS DIFERENTS A LES DEL SISTEMA INTERNACIONAL

Malgrat que sempre que siga possible, és convenient utilitzar el Sistema Internacional, hi ha moltes situacions en les que s'utilitzen múltiples i submúltiples.

El múltiple o el submúltiple es forma anteposant un prefix a la unitat del Sistema Internacional. Per exemple centí-metre significa la centèsima part del metre i el símbol que el representa és **cm** on **c** és el prefix (centèsima) i **m** és la unitat internacional (metre).

Convé recordar el significat dels següents prefixes:

Prefix	Símbol	Significat
<b>giga</b> (mil milions)	G	1000 000 000 = $10^9$
<b>mega</b> (un milió)	M	1 000 000 = $10^6$
<b>quilo</b> (mil)	k	1000 = $10^3$
<b>hecto</b> (cent)	h	100 = $10^2$
<b>deca</b> (deu)	da	10
<b>deci</b> (dècima part)	d	$1/10 = 0,1 = 10^{-1}$
<b>centi</b> (centèsima part)	c	$1/100 = 0,01 = 10^{-2}$
<b>mili</b> (mil·lèsima part)	m	$1/1000 = 0,001 = 10^{-3}$
<b>micro</b> (milionèsima part)	$\mu$	$1/1\ 000\ 000 = 0,000001 = 10^{-6}$
<b>nano</b> (una mil·lèsima part de la milionèsima part)	n	$1/1000\ 000\ 000 = 0,000000001 = 10^{-9}$

D'acord amb el que acabem de dir, una freqüència de, per exemple 1000 MHz, suposa una freqüència de 1000 milions d'hertz (Hz), és a dir: d' 1 gigahertz = 1 GHz.

En el cas particular de la unitat de temps, solen utilitzar-se múltiples que no es formen amb un prefix sinó amb un nom diferent. Així:

1 minut = 1 min = 60 s; 1 hora = 1 h = 3600 s; 1 dia = 86 400 s; etc.

**A.4.** *Expresseu en unitats internacionals, utilitzant potències de 10, les següents quantitats:*

a) 85 km; b) 2,5 GHz; c) 250 MHz; d) 0,7 km; e) 26 hm; f) 690 dam; g) 125 anys.

**A.5.** *Expresseu en unitats internacionals les següents quantitats. Utilitzeu potències de 10.*

a) 85mm; b) 7 cm; c) 3 mm; d) 250 g; e) 8 $\mu$ m; f) 0,005 g; g) 250 m $\ell$ ; h) 600 nm

Naturalment, utilitzar una unitat de mesura o altra depèn d'allò que anem a mesurar. Per exemple: no té sentit mesurar la longitud d'una carretera en mm ni la massa d'un camió en g, com tampoc ho té mesurar la grossària del full d'un llibre en km, ni la massa d'un diamant en kg.

## 2. Les magnituds i la seua mesura

A.6. Expliqueu quina unitat de longitud sol utilitzar-se per a mesurar:

- El diàmetre d'una moneda xicoteta.
- L'amplària de la taula de treball.
- La longitud de l'aula.
- La distància entre València i Madrid.



La resposta a l'activitat anterior permet comprendre la necessitat de conèixer com passar d'unes unitats de mesura a altres. Però, abans és convenient que revisem el significat d'algunes de les unitats de mesura que s'utilitzen amb més freqüència.

A.7. Assenyalau un objecte concret que, aproximadament, tinga:

- Una longitud de: 1 mm, 1 cm, 1 m, 1 km.
- Una superfície de: 1mm<sup>2</sup>, 1cm<sup>2</sup>, 1dm<sup>2</sup>, 1m<sup>2</sup>.
- Un volum de: 1cm<sup>3</sup>, 1dm<sup>3</sup> = 1 ℓ, 1 m<sup>3</sup>.
- Una massa de: 1 g, 1 kg, 1 t (t = tona = 1000 kg).

A.8. Procediu a mesurar aproximadament (en la unitat més convenient) els següents objectes:

- El grossor i el diàmetre d'una moneda d'un cèntim; l'amplària i longitud de la taula de treball; la longitud, amplària i altura de l'aula.
- La superfície de la taula de treball, la superfície de l'aula.
- El volum d'un dau de jugar al parxís, el volum d'una caixa de llet, el volum de l'aula.
- La massa d'una moneda d'un euro, la massa d'un litre d'aigua.

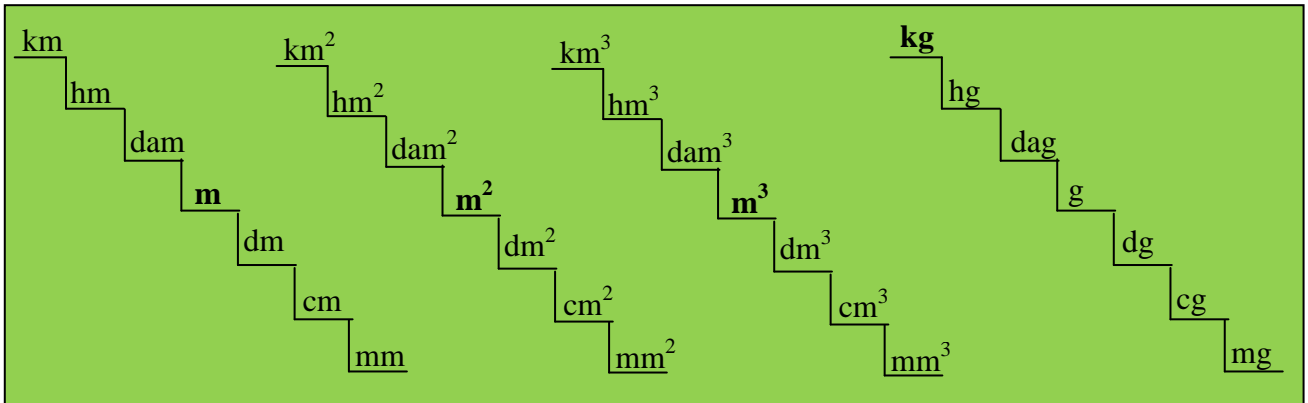
La realització de les dues activitats anteriors permet familiaritzar-se amb algunes unitats de mesura utilitzades habitualment. La important qüestió que sorgeix és com transformar el resultat de la mesura d'una certa magnitud en altres unitats distintes (però també de la mateixa magnitud) de les que ve expressat. Per exemple: Quants mil·límetres de longitud té el diàmetre d'una moneda d'1,5 cm d'ampla? o bé, a quants m/s equival una rapidesa de 72 km/h? **Saber fer açò és fonamental quan volen comparar-se dades d'una magnitud donada que estan expressats en distintes unitats.** Per exemple: quina rapidesa és major, una de 40 m/s o altra de 108 km/h?

A continuació estudiarem com es fan alguns canvis d'unitats, però abans convé saber un parell de coses:

- ✓ Després de fer un canvi d'unitats cal analitzar el resultat per veure si és lògic o no. Per exemple: Si un estudiant calcula que 1 cm<sup>3</sup> equival a 1000 ℓ, quant analitze aquest resultat ha d'adonar-se que és absurd, perquè això equival a dir (aproximadament) que dins d'un dau de jugar al parxís cabrien 1000 litres d'aigua.
- ✓ No poden comparar-se unitats de distintes magnituds. Preguntar per exemple a quants segons equivalen 3 m, sumar 5 kg + 8 m, voler passar 5 metres a metres quadrats (m<sup>2</sup>), etc., son coses tan absurdes com preguntar, per exemple, quant dóna 5 peres més 8 taules.

#### 4. CANVIS D'UNITATS

Per canviar unitats de longitud, superfície, volum i massa, és útil recordar els següents esquemes (en què s'han ressaltat en negreta les unitats del sistema internacional):



En l'escala de la longitud, cada graó es 10 vegades major que el graó immediat inferior.

En l'escala de la superfície, cada graó es 100 vegades ( $10^2$ ) el graó immediat inferior.

En l'escala del volum, cada graó es 1000 vegades ( $10^3$ ) el graó immediat inferior.

En l'escala de la massa, cada graó es 10 vegades el graó immediat inferior.

La raó de l' "amplitud" dels graons anteriors radica en el significat (que ja hem vist abans) dels prefixes com potències de 10. Així, per exemple:

1 **km** equival a  $10^3$  m, perquè 1 **quilo** = 1 **k** = 1000 =  $10^3$ .

1 **cm** equival a  $(1/100)$  m =  $0,01$  m =  $10^{-2}$  m, perquè 1 **centi** = 1 **c** =  $1/100$  =  $0,01$  =  $10^{-2}$

1 **hm**<sup>2</sup> equival a  $10\,000$  m<sup>2</sup> =  $10^4$  m<sup>2</sup>, perquè 1 (**hecto**)<sup>2</sup> = **h**<sup>2</sup> es  $(100)^2$  =  $10\,000$  =  $10^4$

1 **hm**<sup>3</sup> equival a  $1\,000\,000$  m<sup>3</sup> =  $10^6$  m<sup>3</sup>, perquè **h**<sup>3</sup> es  $(100)^3$  =  $1\,000\,000$  =  $10^6$

1 **cm**<sup>3</sup> equival a  $(1/1\,000\,000)$  m<sup>3</sup> =  $0,000001$  m<sup>3</sup> =  $10^{-6}$  m<sup>3</sup>, perquè **c**<sup>3</sup> =  $(0,01)^3$  =  $(10^{-2})^3$  =  $10^{-6}$

**A.9.** Calculeu: a) A quants m equival una longitud de 180 cm. b) Quants kg són 2'5 g  
c) Quants hm<sup>3</sup> són 1000 litres. d) Quants mm hi ha en 5 km.

**a)** Com cada cm són  $10^{-2}$  m, sols haurem de multiplicar els cm que ens donen (180) per  $10^{-2}$ , amb la qual cosa:

$$\ell = 180 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 18 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

Al mateix resultat arribarem si dividim els cm que tenim (180) entre els cm que té 1 m (100), així sabrem quants grups de 100 cm podem formar, és a dir, quants metres hi ha en els 180 cm.

$$\ell = 180/100 = 1,8 \text{ m}$$

**b)** Com cada g són  $10^{-3}$  kg, bastarà multiplicar els g (2'5) per  $10^{-3}$ , amb la qual cosa:

$$m = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Al mateix resultat es pot arribar si dividim els g que tenim (2'5) entre els g que té 1 kg (1000), així sabrem quants grups de 1000 g podem formar, és a dir, quants kg hi ha en els 2'5 g.

$$m = 2,5/1000 = 0,0025 \text{ kg} \text{ (que és el mateix que } 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg)}$$

## 2. Les magnituds i la seua mesura

c) Com cada litre ( $\text{dm}^3$ ) són  $10^{-9} \text{ hm}^3$ , sols caldrà multiplicar els litres que ens donen ( $10^3$ ) per  $10^{-9}$ , amb la qual cosa:

$$V = 10^3 \cdot 10^{-9} \text{ hm}^3 = 10^{-6} \text{ hm}^3$$

Al mateix resultat podem arribar si dividim els litres que tenim ( $10^3$ ) entre els litres que té  $1 \text{ hm}^3$  ( $10^9$ ), així sabrem quants grups de  $10^9 \ell$  podem formar, és a dir, quants  $\text{hm}^3$  hi ha en els  $1000 \ell$ .

$$V = 10^3/10^9 = 10^{-6} \text{ hm}^3$$

d) Com cada km són  $10^6 \text{ mm}$ , sols haurem de multiplicar els km que ens donen (5) per  $10^3$ , amb la qual cosa:

$$\ell = 5 \cdot 10^6 \text{ mm}$$

**A.10.** Procediu a completar la següent taula:

50 km	m	8 mm	m	20 m	km
0'5 m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	48 dm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
1 ℓ	cm <sup>3</sup>	250 cm <sup>3</sup>	ℓ	1 hm <sup>3</sup>	ℓ
500 g	kg	60 kg	g	30 g	mg

**A.11.** Calculeu:

a) A quants segons equivalen 1'5 hores

b) A quantes hores equival 1 s

c) Quants segons hi ha en un dia.

Fins ara hem estat manejant principalment magnituds fonamentals però, naturalment, les magnituds derivades també solen canviar d'unitats, com veurem a continuació:

**A.12.** Un vehicle es mou amb una rapidesa de  $72 \text{ km/h}$ . Quina és la rapidesa expressada en  $\text{m/s}$ ?

Per realitzar el que ens demana l'enunciat sols hem d'escriure la rapidesa que ens donen i canviar cadascuna de les unitats corresponents:

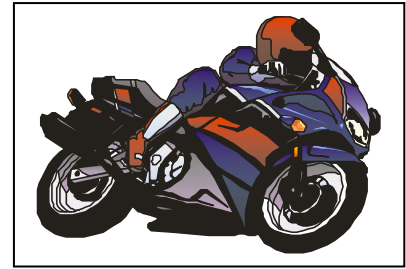
$$v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \cdot \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = 72 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{72000}{3600} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

També és usual que ens plantegen el problema invers i hàgem de canviar d'unes unitats menors a altres majors. El procediment és el mateix que anteriorment, però recordant que, per passar d'una unitat menor a altra major cal dividir.



A.13. Una moto circula a 50 m/s. Quina rapidesa porta, en km/h?

$$v = 50 \frac{m}{s} = 50 \cdot \frac{1m}{1s} = 50 \cdot \frac{\left(\frac{1}{1000}\right)km}{\left(\frac{1}{3600}\right)h} = \frac{50 \cdot 3600}{1000} \cdot \frac{km}{h} = 180 \frac{km}{h}$$



A.14. Completeu la següent taula:

50 km/h	m/s	30 m/s	km/h	2km/min	km/h
13'6 g/cm <sup>3</sup>	g/l	1600 g/l	g/cm <sup>3</sup>	6 g/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>

A.15. A continuació es reproduïxen uns canvis d'unitats. En tots ells hi ha errors. Identifiqueu-los i, quan siga possible, corregiu-los:

- a) 250 cm<sup>3</sup> = 250 000 ℓ
- b) 4 hm<sup>2</sup> = 400 m
- c) 0'05 cm = 5 m
- d) 20 m/s = 1'2 km/h
- e) 20 ℓ = 20 kg

Ara que ja coneguem algunes magnituds importants, així com les unitats corresponents, podem plantejar-nos com es mesura una magnitud i com s'expressa el resultat, però abans convé clarificar si té sentit o no parlar del valor exacte quant es mesura una magnitud.

### 5. ÉS POSSIBLE CONÈIXER EL VALOR EXACTE D'UNA MAGNITUD?

Si volem conèixer, per exemple, la longitud d'una barra metàl·lica, podem repetir varies vegades la mesura i ens podem trobar amb dues situacions: que tots els valors obtinguts siguen els mateixos, o que no ho siguen.

A.16. Amb una cinta mètrica o regles, mesureu l'amplària d'un full DIN A4. Quan tots hi hàgeu realitzat la mesura, s'escriuran els resultats obtinguts a la pissarra (per usar-los després).

El que ocorre habitualment en realitzar l'activitat anterior és que els resultats no coincideixen, sinó que s'obtenen diferents valors. Malgrat això, es podria donar el cas (estrany) que tots els resultats foren coincidents. L'activitat proposada pot realitzar-se ràpidament si el professor s'assegura prèviament que tots els alumnes disposen d'aquest tipus de fulls de grandària estàndard.

A.17. Supposem que l'amplària obtinguda en tots els casos fóra de 210 mm. Açò vol dir que el full mesura exactament 210 mm?

Evidentment la resposta a la qüestió anterior és negativa. Si tots han mesurat el millor possible, podem pensar que tots han jutjat que el bordell del full estava en mig de la divisió corresponent al mil·límetre 210 o molt pròxim a ell (tant per excés com per defecte). Podem, doncs, estar segurs que l'amplària del full és major de 209 mm i menor de

## 2. Les magnituds i la seua mesura

211 mm, però no que amida exactament 210 mm, perquè ningú pot garantir que el bordell del full coincideix **exactament** amb la meitat just de la ratlla corresponent al mil·límetre 210. Pot ser que li falte o que li'n sobre un poc, però no ho podem veure amb exactitud perquè la cinta mètrica utilitzada (o les regles) sols aprecien fins els mm. La mateixa situació es repetiria amb un instrument que apreciara dècimes de mm, centèsimes de mm, etc. Així doncs:

Si tots els valors obtinguts en mesurar una magnitud són iguals, l'esmentat valor es prendrà com el més representatiu de la mesura i estarà afectat per un marge d'imprecisió que es correspondrà amb el valor de la menor de les divisions de l'instrument de mesura (coneguda com **sensibilitat**). Per exemple, si l'instrument era una cinta mètrica calibrada en mm, la mesura serà precisa fins el mm (no sabem, per exemple, quantes dècimes de mm pot tindre).

Per escriure el resultat indicariem:  $\ell = 210 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  o bé:  $\ell = 21,0 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}$  o en unitats internacionals:  $\ell = 0,210 \text{ m} \pm 0,001 \text{ m}$ . Amb aquesta notació volem indicar que la mesura és precisa fins el mil·límetre, però més enllà no sabem què segueix (quantes dècimes de mil·límetre, quantes centèsimes de mil·límetre, etc.). Tanmateix, estem prou segurs que l'amplària del full està compresa entre els 209 mm i els 210 mm.

*A.18. Un alumne puja a una bàscula (calibrada en kg) i, després de mirar bé, ens diu que la seua massa és de 72 kg. Expressen el valor representatiu de la mesura, acompanyat de la imprecisió.*

Si algú ens diu que té una massa de 72 kg, obtinguda en una bàscula, la sensibilitat de la qual és d'1 kg, no podem saber si a l'agulla de la balança li faltava un poc per arribar a la divisió núm. 72 o bé es passava un poc de la mateixa. D'allò que podem estar prou segurs és que la massa està compresa entre 71 kg i 73 kg. És per això que escrivim:  $72 \text{ kg} \pm 1 \text{ kg}$

*A.19. Uns alumnes mesuren el temps que tarda una bola en baixar rodant per un plànol inclinat, però els cronòmetres de què disposen sols aprecien segons i, malgrat repetir la mesura moltes vegades, sempre obtenen un temps de 3 s. Expressen el resultat de la mesura.*

En aquest cas el resultat serà:  $t = 3 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$

Si els valors obtinguts en realitzar varies vegades la mateixa mesura (per exemple, la longitud d'una barra) no són iguals, haurem de pensar que hi ha circumstàncies externes que estan afectant els resultats obtinguts (tal vegada ha influït una variació en la temperatura, o un observador ha mesurat mal, etc.). Açò no s'ha d'interpretar com que seria igualment probable qualsevol valor per a la longitud de la barra. Pel contrari, podem comprovar com, en molts casos, la majoria dels valors obtinguts s'agrupen al voltant d'un valor central i que, aquells valors experimentals que estan més lluny d'eixe valor central són els que menys vegades apareixen (si cap s'allunya massa, cal descartar-lo). Quan el procés de mesura s'ha realitzat bé i es disposa de molts valors, el valor central coincideix amb el que més vegades es repeteix i també amb el valor mig o mitjana aritmètica de tots els valors de la sèrie de mesures realitzades. D'ací endavant, doncs, designarem a la **mitjana** d'una sèrie com el **valor representatiu** de la mesura realitzada.

En conclusió: no té sentit parlar del valor "exacte" o "vertader" d'una magnitud, sinó més bé del valor representatiu.

*A.20. Calculeu el valor representatiu de la sèrie de valors obtinguts en mesurar l'amplària d'un full DIN A4 (activitat A.16).*

En l'activitat anterior és possible que el valor més representatiu haja eixit amb moltes xifres decimals, fet que planteja el problema d'esbrinar amb quantes xifres decimals s'ha d'expressar el resultat d'una mesura.

### 6. NOMBRE DE XIFRES DECIMALS AMB QUÈ EXPRESSAR UN RESULTAT

*A.21. En mesurar la longitud d'una taula amb una cinta de sastre (que aprecia sols fins els centímetres), un alumne ha escrit el següent resultat: 39'8 cm. Què ha fet mal?*

Acabem de veure que, quan es procedeix a mesurar una magnitud ens hem de limitar sempre a allò que aprecia l'instrument de mesura utilitzat (**sensibilitat**) i no podem fer estimacions "a ull" per molt que ens fiem dels nostres sentits. Si l'alumne veu que el cantó de la taula quasi arriba a la divisió número 40 de la cinta, no ha d'escriure 39'8 cm sinó 40 cm. Anàlogament ocorreria si el cantó de la taula sobrepassara sols lleugerament a la divisió número 39 de la cinta (sense arribar a la meitat). En aquest cas, tampoc hauria d'escriure, per exemple: 39'1 cm, sinó simplement 39 cm.

Altra qüestió que haurem d'abordar serà la imprecisió del resultat. Si realitzem una sola mesura (o si totes són coincidents) sabem que la **imprecisió absoluta** es de l'ordre del centímetre i escriurem el resultat (per exemple, per una longitud de taula que sobrepassara lleugerament els 39 cm) com:

Longitud de la taula:  $\ell = 39 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$  o, en unitats internacionals:  $\ell = 0'39 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$

Ara bé, ¿què ocorre en aquells casos en els que una mateixa magnitud es mesura varies vegades i les dades obtingudes no són coincidents? Com s'expressa aleshores el valor representatiu? I la imprecisió absoluta? En la part de capítol que ens queda, donarem resposta a aquestes qüestions.

*A.22. Un equip de tres estudiants ha mesurat el temps utilitzat per una bola d'acer en baixar per un plànol inclinat. El cronòmetre que utilitzaren apreciava centèsimes de segon. Els resultats obtinguts foren: 2'19 s; 2'25 s; 2'27 s. Com podem obtindre el valor representatiu del temps de baixada empleat per la bola<sup>1</sup>?*

Una possibilitat és calcular el valor mitjà de la sèrie i, després, tractar de compensar els errors per excés (els d'aquells que han parat el cronòmetre un poc després d'arribar la bola al final del plànol) amb els errors per defecte (els que l'han parat un poc abans), ambdós igualment probables.

$$t_m = \frac{2'19 + 2'25 + 2'27}{3} = 2'236666667 \text{ s}$$

Immediatament sorgeix la qüestió de *decidir amb quantes xifres decimals hem d'expressar el resultat anterior*.

Sembla evident que el valor mitjà o valor més representatiu de la sèrie no podrà expressar-se amb més xifres decimals que les que determine la pròpia sensibilitat de l'instrument de mesura utilitzat. És a dir, si el cronòmetre pot apreciar fins a les centèsimes de segon, resulta absurd un resultat amb mil·lèsimes de segon. Per tant:

---

<sup>1</sup> Convé que, si és possible, els propis alumnes porten a terme l'experiència a què fa referència l'activitat.

## 2. Les magnituds i la seua mesura

L'última xifra decimal del valor mitjà ha de ser, lògicament, del mateix ordre que indique la sensibilitat de l'aparell de mesura utilitzat.

Quan, en calcular el valor mitjà d'una sèrie de mesures, el resultat ens ix amb més xifres decimals de les que pot apreciar l'aparell de mesura, cal "arrodonir-lo", raó per la qual a continuació, ens detindrem a veure com s'arrodoneix una xifra.

### 7. CRITERIS PER ARRODONIR EL VALOR MITJÀ D'UNA SÈRIE DE MESURES

Els criteris que cal seguir es coneixen com "regla del cinc" i són els següents:

a) Una vegada coneguda la sensibilitat de l'instrument de mesura, l'última xifra decimal amb què escriurem el resultat final (valor mitjà) haurà d'ésser del mateix ordre que la sensibilitat.

b) Si el valor mitjà obtingut té més xifres decimals, ens fixarem en la d'ordre (menor) que segueix a l'última possible (determinada per la sensibilitat de l'instrument). Per exemple, si l'instrument aprecia centèsimes, ens fixarem en la xifra del valor mitjà corresponent a les mil·lèsimes, com s'exposa a l'exemple següent:

Sensibilitat de l'instrument: 0'01    valor mitjà: 2'28461    ens fixem en el 4 (mil·lèsimes)

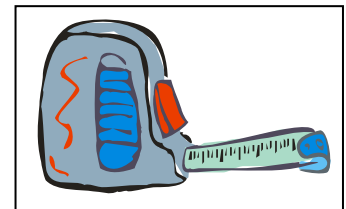
c) Si l'esmentada xifra és inferior a 5 es desestima ella i totes les que la segueixen.

Com en l'exemple anterior, 4 és menor que 5, escriurem com valor mitjà: 2'28

d) Si la xifra fóra 5 o major de 5, s'augmenta en una unitat la immediata anterior

És a dir, si el valor mitjà hagués estat 2'28561 o, per exemple, 2'28761 escriuríem 2'29

*A.23. Un estudiant ha utilitzat una cinta mètrica dividida en mil·límetres per a mesurar la longitud d'una barra, repetint la mesura varies vegades. El valor mitjà obtingut ha estat: 1'5629 m. Com sap que l'ordre decimal del valor mitjà ha d'ésser igual que allò que aprecia l'instrument de mesura, ha escrit com longitud de la barra 1'562 m. Què ha fet mal?*



### 8. IMPRECISIÓ ABSOLUTA D'UNA SÈRIE DE MESURES

Hem vist que, quan sols es realitza una mesura directa o bé es realitzen varies però tots els valors obtinguts coincideixen, prendrem el valor obtingut com el més representatiu i la imprecisió absoluta coincidirà amb la sensibilitat de l'instrument.

*A.24. Com haurem de procedir per determinar la imprecisió absoluta que afectarà al valor mitjà d'una sèrie de valors, no tots coincidents?*

En aquest cas calcularem en primer lloc la desviació de cada mesura respecte del valor mitjà (en valor absolut). Tot seguit, obtindrem el valor mitjà de les desviacions obtingudes. Per últim, compararem el valor mitjà obtingut amb la sensibilitat de l'instrument i prendrem com imprecisió absoluta el que resulte major dels dos.



## 2. Les magnituds i la seua mesura

Com norma general expressarem sempre la imprecisió absoluta amb una sola xifra significativa (és a dir, distinta de 0), utilitzant, si és necessari, la regla del 5 per arrodonir.

**A.25.** En una qüestió anterior (A.22), s'havia plantejat la mesura del temps de baixada d'una bola per un plànol inclinat, amb ajuda d'un cronòmetre que apreciava fins a les centèsimes de segon. Els valors obtinguts havien estat 2'22 s; 2'25 s i 2'27 s, i el valor mitjà fou de 2'246666667 s. Expressau l'esmentat valor mitjà amb el nombre adequat de xifres decimals i obteniu el valor corresponent de la imprecisió absoluta.

Com el cronòmetre aprecia centèsimes de segon, el valor mitjà no podrà tindre més de dues xifres decimals. Com que la tercera és major de 5 (és un 6), augmentarem en una unitat la immediata anterior, amb la qual cosa ens quedarà un temps mitjà de 2'24 s com valor més representatiu de la sèrie de mesures realitzada.

Les desviacions (en valor absolut) seran:

$$2'25 - 2'22 = 0'03 \text{ s}$$

$$2'25 - 2'25 = 0 \text{ s}$$

$$2'27 - 2'25 = 0'02 \text{ s}$$

D'acord amb les dades anteriors, la desviació mitjana serà:  $\frac{0'03 + 0 + 0'02}{3} = 0'0166666666 \text{ s}$

Seguint amb la norma general d'expressar la imprecisió sols amb una xifra distinta de 0, arrodonirem el valor anterior a 0'02 s

Com 0'02 s és major que la sensibilitat del cronòmetre (0'01 s), prendrem 0'02 s com la imprecisió absoluta de la sèrie de mesures realitzades i expressarem el resultat com:

$$t_m = 2'25 \text{ s} \pm 0'02 \text{ s}$$

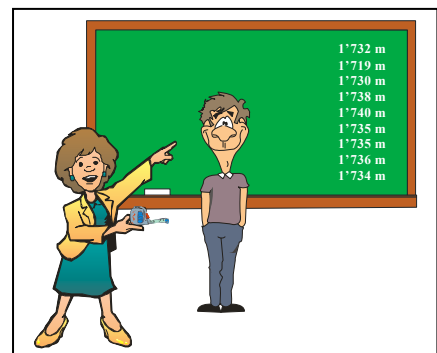
El resultat anterior s'interpreta dient que, és prou segur que el temps utilitzat per la bola en descendir pel plànol, estiga comprès entre 2'23 s i 2'27 s

**A.26.** Tenint en compte que, en tots els resultats següents, la imprecisió està correctament calculada (i és superior a la sensibilitat de l'instrument de mesura utilitzat en cada cas), corregiu allò que estimeu necessari.

a)  $(16,347 \pm 0,1) \text{ m}$ ;    b)  $(8,4 \pm 0,08) \text{ s}$ ;    c)  $(729 \pm 0,5) \text{ N}$ ;    d)  $(0,9 \pm 1) \text{ g}$

**A.27.** En mesurar l'alçada d'un alumne per part de diferents companys, utilitzant una cinta mètrica que apreciava fins als mm, es van obtenir els següents valors (tots ells expressats en m): 1'732; 1'719, 1'730; 1'738, 1'740, 1'735, 1'735, 1'736; 1'734. Escriviu correctament l'alçada d'aquest alumne.

$$Mn. h = 1'733 \text{ m} \pm 0'004 \text{ m}$$



## 2. Les magnituds i la seua mesura

### 9. NOMBRE DE VEGADES QUE CONVÉ REPETIR UNA MATEIXA MESURA

És evident que, si en realitzar varies vegades una mateixa mesura, obtenim el mateix valor, no serà necessari repetir-la moltes voltes (en ocasions estem tan segurs, que és prou en mesurar una sola vegada) i el valor més representatiu serà precisament aquell que s'ha mesurat.

Malgrat això, quan hi ha valors dispersos, com norma general direm que, com més dispersos siguen, més vegades haurem de repetir la mesura abans d'obtindre el valor mitjà. Existeixen procediments per determinar la quantitat de mesures necessària en cada cas (que s'estudiaran en cursos superiors). Enguany, si hi ha dispersió, ens limitarem a repetir tres vegades (com mínim) cada mesura, sempre que els valors obtinguts no siguen molt diferents.

A aquestes altures del curs ja hem fet una introducció elemental a la metodologia científica. Justament un aspecte essencial del treball científic és la realització d'experiments per contrastar les hipòtesis i, en eixes experiències, cal realitzar mesures de diverses magnituds. És per això que també ens hem detingut en la forma de mesurar les magnituds.

Ara bé, una vegada hem realitzat les mesures i disposem dels resultats, hem d'analitzar-los per comprovar si confirmen, o no, les hipòtesis de partida. En el treball científic, una de les formes més habituals d'analitzar resultats és la construcció i interpretació de gràfiques.

### 10. CONSTRUCCIÓ I INTERPRETACIÓ DE GRÀFIQUES

*A.28. Donades les següents relacions entre magnituds distintes: 1<sup>a</sup>)  $A = 3 \cdot B$ ; 2<sup>a</sup>)  $C = 2 \cdot B^2$   
3<sup>a</sup>)  $D \cdot E = 12$ . Es demana:*

- Interpreteu-les físicament, de manera qualitativa, explicant què li ocorre al valor d'una magnitud quan augmenta o disminueix el valor de l'altra.*
- Seguint les indicacions del professor construïu, a partir d'elles, les taules i gràfiques corresponents.*

L'activitat anterior ha d'haver servit per familiaritzar-vos amb algunes de les relacions més bàsiques entre distintes magnituds. Els casos més senzills són aquells que, en representar-los sobre uns eixos de coordenades donen lloc a una línia recta (relació lineal), a una paràbola (relació exponencial) o a una hipèrbola. Per a la construcció de gràfiques, seguiu els criteris que es donen al respecte al final del tema.

### 11. ANÀLISI DELS RESULTATS OBTINGUTS

Per realitzar una primera aproximació al procés d'anàlisi dels resultats, partirem d'una xicoteta investigació, com la que s'exposa a continuació.

*Ens proposem investigar la relació que existeix entre el pes  $F$  d'un cable i la longitud  $L$ .*

El pes  $F$  del cable dependrà de: La longitud  $L$ , el grossor  $S$  i el tipus de material de què estiga fet. Si volem investigar com varia el pes del cable amb la longitud, hem de mantenir constants els altres factors i utilitzar sempre cables del mateix material i grossor. Açò s'anomena: **control de variables**.

*A.29. En les condicions anteriors ¿quina relació cap esperar entre  $F$  i  $L$ ?*

## 2. Les magnituds i la seua mesura

En principi, podem suposar que el pes  $F$  del cable serà major com major siga la longitud  $L$ . Es més, podem aventurar que, si  $L$  es fa doble,  $F$  també es farà doble. Si això s'acompleix, es diu que  $F$  i  $L$  són directament proporcionals. En eixe cas la relació que els lligaria serà:  $F/L = k$  on  $k$  seria una constant (sempre el mateix valor). Tot aquest conjunt d'idees s'anomena **hipòtesi**.

Així, per exemple, si  $k = 3 \text{ N/m}$  i  $L = 6 \text{ m}$ ,  $F$  ha de valdre  $18 \text{ N}$ . Si ara dupliquem la longitud ( $L = 12 \text{ m}$ ), per que el quocient continue valent  $3 \text{ N/m}$  el pes s'haurà elevat a  $36 \text{ N}$  (què és just el doble de  $18$ ).

L'expressió anterior també es pot escriure com:  $F = k \cdot L$

**A.30.** Amb l'objectiu de contrastar la hipòtesi anterior, uns estudiants han procedit a determinar la força pes i la longitud de diferents trossos de cable (tots ells fets del mateix material i amb el mateix grossor), i han arreglat les dades en la següent taula:

$(L \pm 0,01) \text{ m}$	0'40	1'21	2'05	2'81	3'50	4'00
$(F \pm 1) \text{ N}$	25	79	125	182	227	260

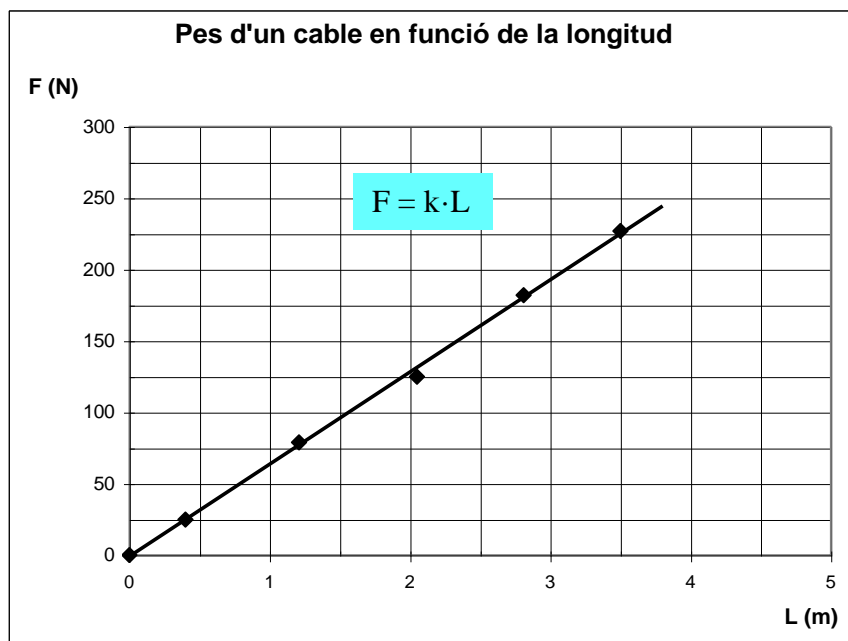
Analitzeu els resultats de la taula anterior i decidiu si confirmen o no la hipòtesi.

En principi, podem pensar en dividir cada valor de  $F$  entre la longitud  $L$  corresponent i veure si sempre ix el mateix resultat o no. Si ho fem així, obtenim:

$$25/0'40 = 62'5; \quad 79/1'21 = 65'3; \quad 125/2'05 = 60'1; \quad 182/2'81 = 64'8; \quad 227/3'50 = 64'9; \quad 260/4'00 = 65'0$$

Els resultats són prou pareguts entre ells (factor que confirma la hipòtesi), però no són iguals. Açò és degut a les imprecisions que, inevitablement, afecten qualsevol mesura experimental.

Una forma més correcta d'analitzar els resultats és la representació gràfica dels mateixos. Per efectuar-la, es col·loca la variable dependent (en aquest cas  $F$ ) a l'eix d'ordenades i la variable independent (en aquest cas  $L$ ) al d'abscisses. En representar gràficament les dades experimentals de la taula, hauríeu d'haver obtingut una gràfica com la següent:



## 2. Les magnituds i la seua mesura

Com podem veure, s'obté una línia recta que passa per l'origen. La gràfica permet visualitzar ràpidament la relació existent entre ambdues variables. Sempre que isca una línia recta amb un cert pendent, la relació és de proporcionalitat directa. En efecte, si analitzem la línia veiem fàcilment que, segons augmenta  $L$  ho va fent també la  $F$ , de forma que, a un mateix augment de  $L$  sempre li correspon un mateix augment de  $F$ .

L'equació de la línia recta anterior és:  $F = k \cdot L$  amb la qual cosa podem concloure que els resultats obtinguts estan d'acord amb la hipòtesi de partida.

De la mateixa gràfica, si ens fixem en qualsevol punt de la recta, obtenim fàcilment que  $k = 65 \text{ N} / \text{m}$  i per tant que:  $F = 65 \cdot L$ . Aquesta relació matemàtica permet conèixer el pes de qualsevol tros de cable sense necessitat de mesurar-lo:

**A.31.** *¿Què pesaria un tros del cable anterior que tinga 7'5 m de longitud?*

Sols caldrà aplicar l'equació, substituint  $L$  per 7'5 per obtenir:  $F = 65 \cdot 7'5 = 487'5 \text{ N}$

**A.32.** *Quina longitud del cable anterior tindrà un pes de 1170 N? Sol: 18 m*

**A.33.** *Els científics afirmen que perquè no es produïsquen canvis climàtics irreversibles les emissions de  $\text{CO}_2$  s'haurien de reduir fins que el 2050 siguin la meitat del que s'emetien el 2010. A la taula següent es donen algunes dades d'emissions globals d'aquest gas (per l'ús de combustibles fòssils) a nivell mundial en giga tones. Construu una gràfica apropiada i argumenteu si, si continua la tendència, es pot aconseguir aquest objectiu.*

Año	1971	1990	1997	2001	2005	2007	2010	2011	2012
$\text{CO}_2$ (Gt)	14'8	20'9	22'5	24'7	26'3	29'0	30'6		

## RECAPITULACIÓ

Hem dedicat aquest capítol a l'estudi del procés de mesura per a la qual cosa hem començat clarificant els conceptes de magnitud, unitat i valor. Tot seguit, hem estudiat el sistema internacional d'unitats.

En aquest text s'utilitzen, fonamentalment, unitats del sistema internacional però, donat que també existeixen i s'utilitzen altres, ens hem detingut a practicar els canvis d'unes unitats a d'altres (procés necessari quan, per exemple, volem comparar resultats expressats en diferents unitats).

Al capítol s'estudia també el problema que suposa pensar que existeixen mesures exactes, intentant mostrar que no és possible conèixer el valor exacte de les coses com, per exemple, la longitud d'una taula, la temperatura d'un objecte o qualsevol altra mesura que fem. Més concretament, no té sentit parlar de valors exactes, sinó més be de valors representatius i de la imprecisió amb què expressem el resultat d'una mesura. Altre aspecte important és el nombre de xifres amb què donem el resultat d'una mesura i els criteris sobre el nombre de xifres decimals amb què expressar-lo.

Finalment, ens hem detingut en un aspecte essencial del treball científic: l'anàlisi dels resultats i la utilització d'un instrument adequat (la construcció i interpretació de gràfiques).

## ANNEX: NORMES PER A LA CONSTRUCCIÓ DE GRÀFIQUES

Quan es tracta de fer una representació gràfica per interpretar la possible relació existent entre dues magnituds físiques, existeixen un seguit de normes que convé tindre en compte. A continuació veurem algunes d'elles:

- ✓ Utilitzar paper mil·limetrat (o, si no es disposa, quadriculat).
- ✓ La gràfica ha de portar un títol clar a la part superior. Sobre ambdós eixos i a l'extrem dels mateixos, també s'ha d'indicar la magnitud representada acompanyada de la unitat utilitzada per a mesurar-la.
- ✓ La variable independent s'ha de situar a l'eix d'abscisses i la dependent al d'ordenades.
- ✓ Les escales sobre ambdós eixos han d'ésser fàcilment subdivisibles per permetre una lectura ràpida i senzilla. Així, per exemple, si considerem que cada 7 quadradets és una unitat, estarem fent realment difícil la ubicació de molts valors. En canvi, fa més fàcil la identificació si la quantitat de quadradets o mil·límetres que comprega cada unitat de l'escala, siguen 1, 2, 5, 10, 20, 50, etc., segons convinga.
- ✓ Una vegada fixada l'escala, les unitats en un eix han d'ésser iguals entre elles (no és correcte que una unitat comprega, per exemple, 5 mil·límetres i la següent 10 o que tinguen valor diferent en la part positiva i negativa de l'eix).
- ✓ Les escales utilitzades en cada eix no han de ser necessàriament iguals, però cal tindre cura i evitar utilitzar escales inadequades que facen que la gràfica isca descentrada, p.e. massa "pegada" a un dels eixos. Així, si els valors d'una de les magnituds són molt baixos, podem prendre l'escala de l'eix en què es representen de forma que, per exemple, cada 20 quadradets equivalguen a una unitat. Pel contrari, si hem de representar valors molt grans, podem fer que, per exemple, cada 10 quadradets equivalguen a 1000 unitats.
- ✓ Els valors experimentals no s'escriuen sobre els eixos, excepte els que casualment coincidisquen amb les divisions de les escales.
- ✓ En cadascun dels eixos s'indiquen valors enters corresponents a cadascuna de les escales i sols els necessaris per facilitar una lectura còmoda i ràpida. Els esmentats valors han de quedar uniformement espaiats i sense amuntegar-se massa (per exemple, en lloc de 1,2,3,4,5, ..., es pot escriure sols 2, 4, 6 ...).
- ✓ Les escales a utilitzar han de projectar-se tenint en compte (a més què siguen fàcilment subdivisibles) l'interval de valors de què es disposa, al qual han d'abastar totalment (encara que, per aconseguir-ho, de vegades no es pose el zero de l'escala en l'origen de coordenades). D'altra banda, l'escala ha d'ésser la major possible en relació a la grandària que ha de tindre la gràfica, de forma que no se'ns queden massa eixos "sobrants".
- ✓ És millor dibuixar primer la gràfica a llapis i fent un traç suau. Les línies han de ser "fines" i "contínues", mai trencades, tractant de passar el més a prop possible de la major part dels punts experimentals obtinguts, sense haver de passar necessàriament per tots ells. També hem d'eliminar els traços dibuixats per situar els punts.
- ✓ Coneguda la relació entre les dues magnituds, s'enunciarà en forma d'equació a la part superior de la gràfica.

Convé que els alumnes practiquen primer la construcció de gràfiques manualment (utilitzant calculadora, llapis, paper i regles) i després procedisquen a utilitzar programes informàtics com Excel, però sempre tractant d'interpretar les gràfiques que obtinguen.

## 2. Les magnituds i la seua mesura

### 2. LES MAGNITUDS I LA SEUA MESURA. ACTIVITATS DE REFORÇ

1. Indiqueu cinc magnituds fonamentals del Sistema Internacional (SI) i cinc derivades.

2. Escriviu les següents quantitats al SI d'unitats:

27 cm; 31 mm; 2'4 hm; 4'16 g; 4 Gs; 7'3 Mm; 6'5 dg; 9 ns; 4'6 dam.

3. Quina d'aquestes quantitats és major?: a) 12 500 cm<sup>2</sup> o 2m<sup>2</sup>; b) 3 hm<sup>3</sup> o 6105 m<sup>3</sup>; c) 2h o 7150 s.

4. Expresseu en el SI d'unitats: a) 144 km/h; b) 21'4 g/dm<sup>2</sup>; c) 32 g/cm<sup>3</sup>; d) 289 cm/s.

5. Ordeneu de major a menor les següents densitats : a) 15'4 g/cm<sup>3</sup> b) 9600 kg/m<sup>3</sup> c) 10 g/ℓ

6. Arrodoniu les següents quantitats a les centèsimes:

a) 24'31742 g ; b) 0'2586 m; c) 3174'20009 s; d) 0'299143 ℓ

7. Efectueu les següents operacions, donant la resposta amb el nombre correcte de xifres significatives:

a) 57'441 kg + 3'22 kg      b) 6'17 dm - 4'1 cm

8. Per mesurar la massa d'un cilindre s'utilitza una balança que aprecia cg, obtenint-se les quatre mesures següents (totes en grams): m<sub>1</sub> = 115'43; m<sub>2</sub> = 115'41; m<sub>3</sub> = 115'44; m<sub>4</sub> = 115'40. Expresseu correctament la massa del cilindre.

9. S'ha mesurat la rapidesa (v) d'una motocicleta a intervals de dos segons, arreplegant les dades obtingudes a la taula següent:

t (s)	0	2	4	6	8	10
v (m/s)	0	4'9	9'7	14'6	19'4	24'5

a) Representeu gràficament v-t. b) Quina rapidesa portarà la motocicleta als 14 s si no canvia de moviment?

10. La posició (e) d'un cotxe respecte al punt de partida a intervals d'un segon ve arreplegada a la següent taula:

t (s)	0	1	2	3	4	5
e (m)	0	3'0	12'1	26'8	47'9	74'0

a) Representeu gràficament la posició (e) front al temps (t).

b) A partir de la gràfica e-t deduiu la relació que existeix entre la posició (e) i el temps (t).

### 3. ESTRUCTURA CORPUSCULAR DE LA MATÈRIA

#### Com és la matèria per dins?

Si totes les substàncies existents (ferro, diamant, plom, aigua, diòxid de carboni, algeps, mercuri, etc.), tingueren una estructura interna bàsicament igual, malgrat la gran diversitat de propietats existents (unes condueixen el corrent i altres no, unes són dures i altres molles, etc.), haurien d'existir també propietats comuns a totes elles. Açò serà, doncs, la primera cosa que estudiarem en aquest tema.

Després de constatar que existeixen propietats comuns, independentment del tipus de material de què estiga fet un cos i de que aquest se'ns presente, a temperatura ambient, com un sòlid o un líquid, ens plantejarem si els gasos també tenen eixes mateixes propietats i, a continuació, com podrien estar fets els gasos per explicar el seu comportament especial.

Tot açò ens permetrà elaborar un model per als gasos, que explique com són, és a dir, com és la seua estructura interna i, finalment, analitzar fins a quin punt aquest model és aplicable també als sòlids i líquids.

#### 1. ALGUNES PROPIETATS COMUNES A SÒLIDS I A LÍQUIDS

Mirant al nostre voltant, podem veure líquids com l'aigua, la gasolina, l'oli, l'alcohol, el vi, etc., i també sòlids com el ferro, l'alumini, el marbre, etc.

*A.1. Esmenteu propietats que siguen comunes als sòlids i als líquids.*

Sabem que una mostra d'un líquid o un sòlid té una quantitat de matèria determinada (diem que té massa), que pesa i que ocupa un "espai" (té volum). La massa, el pes i el volum són propietats de qualsevol sòlid i de qualsevol líquid. A continuació estudiarem aquestes propietats i, després, ens plantejarem si també les presenten els gasos.

##### 1.1. Què és la massa i com es mesura

Suposem que disposem d'un tros de ferro. Podem escalfar-lo, trencar-lo, deformar-lo, triturar-lo, col·locar-lo en òrbita en un satèl·lit, portar-lo a la Lluna, etc. Si ho fem, veurem que canvien algunes magnituds com la temperatura, la forma, l'espai que ocupa, el pes, etc. Però hi ha una magnitud que roman inalterable, sense importar on estiga el tros de ferro i a quina temperatura es trobe. Ens referim a la massa, o quantitat de ferro present.

Així doncs:

La **massa** de qualsevol objecte és una propietat que, en principi, ens indica la "quantitat de matèria" que posseeix l'esmentat objecte. El valor de la mateixa no canvia mentre tinguem el mateix cos sense llevar-li ni afegir-li cap tros.

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

Com ja vérem al capítol anterior, la unitat internacional que s'utilitza per mesurar la massa és el quilogram (kg). Per fer-nos una idea del que representa aquesta unitat, direm que 1 litre d'aigua líquida té, aproximadament, una massa d' 1 kg<sup>1</sup>.

També vérem que s'utilitzen altres unitats com el gram (g) o mil·lèsima part del kg:

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 10^3 \text{ g} \quad \text{o bé:} \quad 1 \text{ g} = (1/1000) \text{ kg} = 0'001 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ kg}$$

**A.2.** *Sotmetem un mateix tros de ferro als següents processos:*

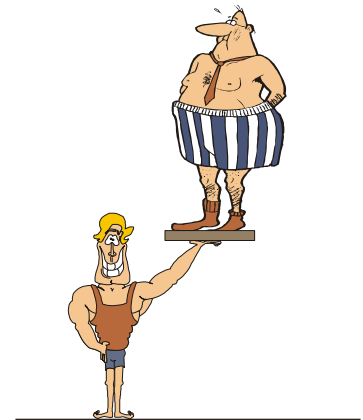
- a) *Escalfar-lo fins que es faça totalment líquid.*
- b) *Polvoritzar-lo.*
- c) *Col·locar-lo en òrbita a l'espai.*
- d) *Partir-lo en dos trossos iguals i deixar sols un d'ells.*
- e) *Portar-lo a la Lluna.*

*En quin o quins dels processos anteriors variarà la massa?*

**A.3.** a) *Es disposa de distints objectes de masses:  $m_1 = 69 \text{ g}$ ;  $m_2 = 2500 \text{ mg}$ ;  $m_3 = 3 \text{ kg}$ . Ordeneu-los de menor a major massa.* b) *Què té més massa, 1 kg de plom o 1 kg de cartó?*

### 1.2. Què és el pes i com es mesura

La majoria de la gent està d'acord en què tots els cossos en estat sòlid o líquid pesen. Quan diem que un cos pesa, ens imaginem que hem de fer una força per sostenir-lo (tant major com més pese). Nosaltres mateix tenim la sensació que pesem perquè notem que fem una força sobre el sòl (que ens "aguanta"). Com s'explica l'existència del pes?



Ja fa tres segles que el científic anglès Newton demostrà que la matèria ordinària té una propietat (a la que anomenà propietat gravitatòria) segons la qual, dos trossos qualsevol de matèria exerceixen sempre entre ells una força d'atracció. També establí que el valor de l'esmentada força depenia de la distància entre els trossos (a més distància menys força) i de la massa de cadascun (a més massa més força). Ara bé, la força d'atracció gravitatòria entre dos cossos no depèn en absolut del medi en el que es troben, dona igual que estiguen a l'aire, a l'aigua o al buit.

---

<sup>1</sup> Atenció! Açò no s'ha d'interpretar mai com que  $1 \ell = 1\text{kg}$ . Al tema anterior ja assenyalàvem que no es poden comparar magnituds diferents, i la massa no és el mateix que el volum.

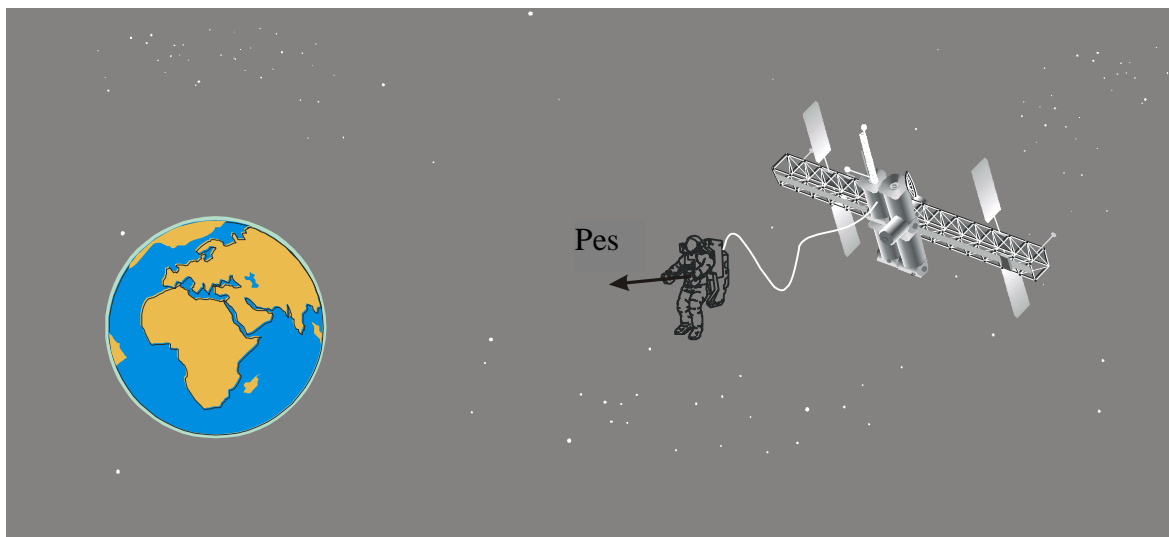


### 3. Estructura corpuscular de la matèria

Una característica de la força gravitatòria entre dos cossos és que, en molts casos té un valor tan xicotet que resulta inapreciable a no ser que, almenys un dels dos cossos tinga una massa enorme, com succeeix amb la massa del planeta Terra quan es compara amb la de qualsevol cos situat a la superfície. Açò explica que no ens apercibem, per exemple, de la força d'atracció (gravitatòria) entre dos alumnes que seuen un al costat d'altre, però sí entre qualsevol persona i la Terra (sobre tot si la persona cau des d'una certa altura).



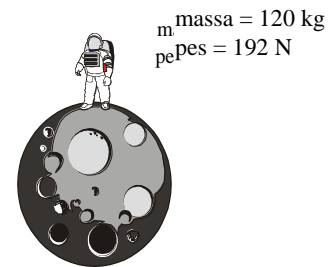
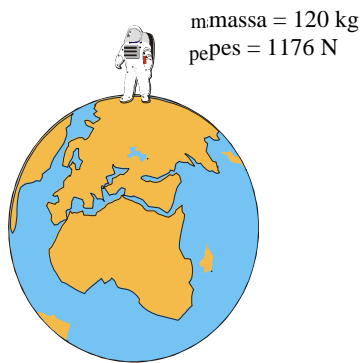
El pes és la força gravitatòria amb què la Terra atrau qualsevol cos que es trobe sobre ella o col·locat a una certa altura sobre el terra. Eixa força és menor com major siga la distància a què es trobe el cos del centre del nostre planeta, de forma què, per exemple, un astronauta en una nau espacial que fora allunyant-se de la Terra, cada vegada pesaria menys (l'atracció gravitatòria tendeix a 0 segons la distància entre el cos i la Terra tendeix a ser infinita) i, malgrat això, seguiria tenint la mateixa massa.



El **pes** d'un cos és la força amb què la Terra l'atrau. El seu valor disminueix segons el cos va allunyant-se de la Terra. Es representa per una fletxa orientada sempre apuntant al centre de la Terra.

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

A la Lluna i altres planetes, els cossos també pesen, perquè eixos astres també els atrauen amb força apreciable a causa de l'elevat valor de les seues masses. El pes, per tant, no és una propietat intrínseca del cos (com ho és la massa), perquè el seu valor depèn d'on estiga situat.



Com el pes és una força, es mesura en les mateixes unitats que qualsevol altra força, és a dir: en newtons (N). 1 N de força és, aproximadament, la força que hem de fer (situats a la superfície terrestre) per aguantar sobre la mà un cos de 100 g de massa. Malgrat que el pes i la massa no són el mateix, els valors d'aquestes magnituds sí que són directament proporcionals i, per tant, un cos de 200 g de massa, a la superfície terrestre, pesarà aproximadament uns 2 N.

*A.4. D'acord amb la informació del paràgraf anterior, quants newtons pesa una massa d' 1 kg situada a prop del terra?*

Per contestar aquesta qüestió sols cal tindre en compte que 1 quilogram de massa són 1000 grams. Per tant el resultat serà que cada kg de massa pesarà uns 10 N.

El pes d'un determinat cos no val el mateix a la superfície de la Terra que a la de la Lluna o de Mart. Aquest fet es posa de relleu en conèixer el pes d'1 kg de massa en la superfície de cadascun d'aquests astres. Existeix una magnitud, el valor de la qual representa la força amb què un astre qualsevol atrau una massa d'1 kg situada a una certa distància del mateix. S'anomena intensitat gravitatòria, es representa pel símbol "g" i es mesura en N/kg.

*A.5. Què vol dir que la intensitat gravitatòria a la superfície de la Terra és de 9'81 N/kg?*

D'acord amb el raonament anterior, significarà que 1 kg de massa a la superfície de la Terra pesa (és atret pel planeta) 9'81 N. Fixem-nos que això vol dir que 2 kg pesaran 19'62 N, 3 kg pesaran 29'43 N, i així successivament.

*A.6. Proposeu una fórmula per calcular el pes d'un cos en funció de la massa i de la intensitat gravitatòria del punt on es trobe.*

Segons el que acabem de veure, per obtenir el valor del pes d'un cos serà suficient multiplicar la massa d'aquest cos per la intensitat gravitatòria, és a dir:

$$P = m \cdot g$$

Si coneguem el valor de la intensitat gravitatòria a la superfície de distints astres, podem calcular el pes d'un cos en cadascun d'ells.

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

A.7. A continuació es donen diferents astres i la intensitat gravitatòria aproximada a la superfície. Calculeu quin seria el pes d'un cos de 80 kg de massa situat a la superfície de cadascun d'ells (i després ompliu la taula adjunta amb els resultats obtinguts)

Astre	Terra	Lluna	Mart	Júpiter	Sol	Estrella de neutrons
Intensitat gravitatòria (N/kg)	9'8	1'6	3'7	26	274	$9'8 \cdot 10^{11}$
Pes d'un cos de 80 kg						

A.8. Assenyalau si les següents proposicions són vertaderes (V) o falses (F), explicant perquè.

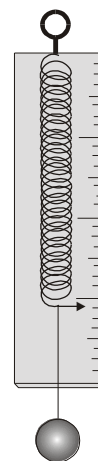
- 1 kg de plom pesa més que 1 kg de palla.
- El pes es mesura en kg.
- En el buit els cossos no pesen.
- Dins de l'aigua es pesa menys que fora.

Si reflexionem sobre l'activitat anterior, hem de concloure que les quatre proposicions són falses perquè 1 kg de massa sempre és 1 kg de massa, sense importar que es tracte de plom o de palla. El que ocorre és que, si és de plom, ocuparà molt menys espai que si és de palla o de paper. Per altra banda, el pes no és el mateix que la massa (malgrat estar relacionats): el pes és una força (es mesura en N) i la massa és la quantitat de matèria (es mesura en kg). La força gravitatòria no depèn del medi en què es mesura, dóna igual que estiguem al buit o no. Un astronauta que ja ha deixat l'atmosfera i s'allunya de la Terra en una nau, continua sent atret per la Terra (cada vegada amb menys força) encara que es trobe al buit; el Sol i els planetes que el rodegen s'atrauen gravitatòriament (i estan al "buit") i el mateix ocorre amb totes les estrelles d'una galàxia i amb les galàxies entre elles. La gravetat és una força universal. Finalment, el pes d'un cos és la força amb què la Terra l'atrau i dóna igual que estiga o no dins de l'aigua (el que ocorre és que en l'aigua, a més del pes –que ens empenta cap a baix- existeix altra força, que fa l'aigua sobre el cos submergit, i que ens empenta cap amunt).

A.9. Calculeu la massa que correspon als següents pesos (tots ells corresponents a cossos situats al nivell del mar, on  $g = 9'81 \text{ N/kg}$ ). a) 730 N; b) 12000 N; c) 2'5 N. Indiqueu objectes o cossos que pogueren tindre els pesos indicats

Per mesurar el pes d'un cos es poden utilitzar uns instruments de mesura anomenats dinamòmetres. Un dinamòmetre és, essencialment, un moll situat sobre una escala calibrada.

Quan pengem un objecte del moll, aquest s'allargarà més o menys depenent del pes de l'objecte. L'escala està calibrada de forma que ens indica el pes en N.



### 3. Estructura corpuscular de la matèria

*A.10. Utilitzeu distints dinamòmetres per mesurar el pes de diferents objectes, expressant correctament els resultats. Una vegada obtingut el pes, calculeu també la massa de cadascun d'ells en grams.*

Hem vist que podem calcular la massa d'un cos si prèviament coneguem el pes. Però, la massa també es pot mesurar directament mitjançant una balança. La balança més senzilla consta de dos braços iguals, dels que pegen dos plats iguals i a la mateixa altura. Podem calcular la massa de qualsevol objecte que col·loquem en un dels plats, equilibrant la balança amb peses (de masses conegudes) que van col·locant-se en l'altre. En el moment que la balança quede en equilibri podem afirmar que els pesos (i, per tant, també les masses) d'allò que hi ha en els dos plats seran iguals.



Existeixen també balances monoplata (un sol plat) i balances electròniques (amb més precisió i sensibilitat), amb l'ús de les quals convé familiaritzar-se.

*A.11. Utilitzeu alguna balança per esbrinar la massa dels mateixos objectes utilitzats a l'activitat anterior, expressant correctament els resultats.*

#### 1.3. Què es el volum i com es mesura

Anteriorment hem estudiat dues propietats, com la massa i el pes. La primera és una característica pròpia de cada cos, independent de les condicions en què es trobe. En canvi, la segona podia prendre valors distints depenent de la distància de la Terra al cos. Ara anem a estudiar altra propietat de la matèria anomenada volum (V).

*A.12. Definiu què és el volum i considereu si es tracta d'una propietat invariable d'un objecte donat (com la massa) o, pel contrari, el seu valor depèn d'algunes condicions.*

**En principi podem pensar en el volum d'un objecte massís com l'espai que ocupa.** Així el volum del cristall d'un got no ve donat pel que cap al seu interior (la capacitat) sinó per l'espai que ocupa l'esmentat cristall.

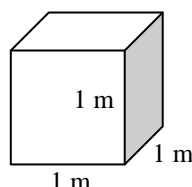
Experimentalment és fàcil veure que el volum de qualsevol objecte, com un tros de ferro, una quantitat determinada d'alcohol o de mercuri, canvia en funció de la temperatura, de forma que, en general, a major temperatura major és el volum (en aquesta propietat està basat el funcionament de molts termòmetres).

*A.13. Per què a les vies de ferrocarril hi ha talls i no són un rail continu? Què són les juntes de dilatació?*

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

Hem de tindre cura en no confondre el volum amb la forma. Si disposem d'un tros de ferro, podem donar-li distintes formes (plana, esfèrica, fil d'aram o lineal, fer una caixa, etc.) però el volum de ferro (l'espai que ocupa) serà sempre el mateix (si la temperatura no canvia i mantenim sempre la mateixa massa de ferro).

El símbol del volum es "V" i la unitat internacional empleada per mesurar-lo és el metre cúbic ( $m^3$ ).  $1 m^3$  és l'espai ocupat per un cos de forma cúbica d'1 m de costat.



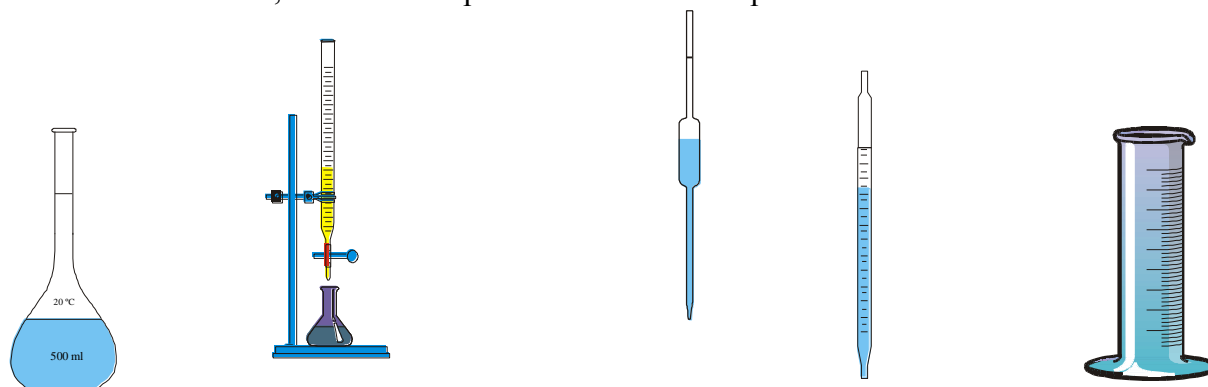
Recordem que existeixen submúltiples ( $dm^3$ ,  $cm^3$ ,  $mm^3$ ) i que cadascun d'ells és mil vegades menor que l'anterior. Habitualment també s'utilitza com unitat de volum el litre ( $\ell$ ) amb els múltiples i submúltiples ( $1 dm^3 = 1 \ell$  i  $1 cm^3 = 1 ml$ ).

Per mesurar el volum dels cossos, podem utilitzar diversos procediments i instruments, depenent de l'estat físic en què es trobe el cos, com veurem a continuació.

**A.14.** Proposeu diverses formes d'esbrinar el volum total ocupat per l'objecte que subministre el professor.

Anem a utilitzar un objecte de forma regular, com un cilindre o una bola (que càpien en una proveta). Primer determinarem el volum de forma matemàtica (utilitzant la fórmula corresponent), expressant el resultat en  $cm^3$ . Després el tornarem a obtenir per immersió, per a la qual cosa submergirem totalment l'objecte en qüestió dins d'una proveta amb aigua i mesurarem l'augment de nivell del líquid que es produeix (que correspondrà al volum de l'objecte), expressant correctament el resultat en  $cm^3$ . Convé recordar que el segon procediment (a diferència del primer) també val per determinar fàcilment el volum d'objectes irregulars.

Quan es tracta de líquids, existeixen diversos instruments per mesurar el volum, entre els que podem esmentar: La proveta, la bureta, la pipeta graduada, el matràs aforat, etc. És important que l'alumnat es familiaritze amb ells (en quin cas convé utilitzar cadascun) i que aprenguen a enrasar correctament, tenint en compte com s'ha de mirar per fer una lectura correcta.



**A.15.** Expresses en litres:  $1200 cm^3$ ;  $1 m^3$ ;  $250 ml$ . Expresses en  $cm^3$ :  $0,5 \ell$ ;  $1 m^3$ ;  $2 dm^3$

**A.16.** Ordeneu justificadament de menor a major: a)  $752 cm^3$ ; b)  $0,025 m^3$ ; c)  $8,5 \ell$ ; d)  $950 ml$

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

#### 2. UNA PROPIETAT PER DISTINGIR UNES SUBSTÀNCIES D'ALTRES: LA DENSITAT

La massa, el pes i el volum es caracteritzen perquè, en principi, poden prendre qualsevol valor, independentment de la substància o mescla de què es tracte<sup>2</sup>. Si, per exemple, pensem en una bola de ferro, no hi ha cap inconvenient en que pugui tindre una massa d' 1 g, de 20 kg o de 3 T (tones). El mateix raonament podríem fer amb el volum i amb el pes.

Però, a més de les anteriors, hi ha altres propietats que tenen un valor característic per a cada substància, independentment de la grandària de la mostra escollida. Aquestes propietats poden servir-nos per identificar o reconèixer distintes substàncies.

*A.17. Citeu materials d'ús habitual i les causes per les que són utilitzats.*

Podem pensar en goma, diamant, amiant, acer, coure, vidre, fusta, pólvora, gasolina, mercuri, alumini, plom, etc. Aquests poden interessar-nos per diferents motius, com per exemple: l'elasticitat, poder aïllant de la calor, duresa, capacitat per conduir el corrent elèctric, combustibilitat, capacitat per dilatar-se, ser lleugers, ser pesats, etc.

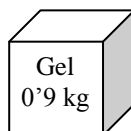
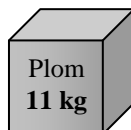
#### 2.1. Què és la densitat?

Les propietats anteriors poden prendre valors molt distints segons quin material es considere. Per exemple, l'acer no és tan dur com el plom, no condueix igual el corrent elèctric el coure que el ferro, ni és igual de pesat el plom que l'alumini. Com és lògic, no podem realitzar ací un estudi en profunditat de cadascuna d'elles, de forma que ens limitarem a considerar, a títol d'exemple, una de las més importants, relacionada amb la lleugeresa. El concepte que s'ha construït per descriure aquesta propietat rep el nom de **densitat**.

*A.18. Anteriorment s'han assenyalat materials que s'utilitzen perquè són "lleugers" i altres, perquè són "pesats". Què pesa més, la fusta o el ferro?*

La pregunta anterior és absurda **a menys que** es faça la comparació amb volums iguals. Així un clau de ferro pesa menys que una porta de fusta, però un clau de ferro pesarà més que altre d'igual volum fet de fusta (i una porta de ferro més que altra igual, però de fusta). Per tant, sempre que considerem volums iguals de ferro i de fusta en un mateix lloc, el primer pesa més (i tindrà més massa) que el segon. Anàlogament, si el que tenim són dues masses iguals de ferro i de fusta (per exemple 1 kg de ferro i 1 kg de fusta), el volum del tros de ferro serà menor que el volum del tros de fusta. Diem aleshores que el ferro es més **dens** que la fusta.

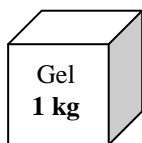
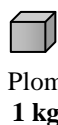
**Un material és més dens que altre si, a igualtat de volum, la massa del primer és major que la del segon.**



El plom és més dens que el gel perquè per a un mateix volum d'ambdós la massa del plom és major.

<sup>2</sup> Hi ha materials, com el ferro, l'alumini o l'aigua, que estan formats per una sola substància, mentre hi ha altres materials, com l'acer, el bronze o la fusta, que són mescles, formades per més d'una substància. Al tema següent definirem de forma més precisa el concepte de substància.

O el què és equivalent: **Un material és més dens que altre si, a igualtat de massa, el volum del primer és menor que el del segon.**



El plom és més dens que el gel perquè per a una mateixa massa d'ambdós el volum del plom és menor.

La densitat és una propietat que depèn alhora de la massa i del volum. Quanta més massa tinga un material per cada unitat de volum (per exemple, a més grams per cada  $\text{cm}^3$ ), més dens serà. El plom és més dens que el suro, perquè en  $1 \text{ cm}^3$  de plom hi ha més massa que en  $1 \text{ cm}^3$  de suro. Un material molt lleuger, o poc dens, és aquell que ocupa molt d'espai (té molt volum) al temps que té molt poca massa. El suro blanc, per exemple, és un material de baixa densitat. En canvi, el mercuri, el plom, l'or, són molt més densos, perquè en poc volum concentren molta massa. Una massa d'1 kg de suro blanc ocupa molt més espai que 1 kg de mercuri o d'or.

En els materials molt **densos**, la massa està molt concentrada (ocupa poc volum) mentre que en els materials de baixa densitat, la massa està poc concentrada (ocupa molt volum).

*A.19. Tenim dues substàncies (que anomenarem A i B) d'1 kg de massa cadascuna. El volum d'A és de  $1000 \text{ cm}^3$ , mentre que el de B és de  $80 \text{ cm}^3$ . Raoneu quina de les dos té menor densitat.*

*A.20. Tenim dues substàncies (que anomenarem A i B) d'1  $\text{cm}^3$  de volum cadascuna. La massa d'A és d'1 g mentre que la de B és de 12'5 g. Raoneu quina de les dos té menor densitat.*

Fins ací ha estat fàcil comparar dues substàncies i determinar quina era més densa i quina menys, perquè, o bé tenien la mateixa massa o bé tenien el mateix volum però, què fer quan les masses i els volums són diferents? Com podrem efectuar la comparació en aquest cas?

*A.21. Suposem que 11'2 g d'un determinat material (X) ocupen un volum de  $14 \text{ cm}^3$ , mentre que 15 g d'altre material (Y) ocupen un volum de  $25 \text{ cm}^3$ . Quin d'aquests dos materials és més dens? Proposeu una expressió per calcular la densitat.*

Per poder comparar, podem esbrinar la massa que correspondria a una mateixa unitat de volum en cada cas. Per exemple, quants grams de X hi haurà en cada  $\text{cm}^3$  de volum de X i quants grams d' Y hi haurà en cada  $\text{cm}^3$  d' Y. Per aconseguir-ho sols hem de dividir cada massa entre el volum corresponent.

$$\frac{\text{massa de X}}{\text{volum de X}} = \frac{11'2}{14} = 0'8 \text{ g/cm}^3 \qquad \frac{\text{massa de Y}}{\text{volum de Y}} = \frac{15}{25} = 0'6 \text{ g/cm}^3$$

Per tant, el material X és més dens que el material Y perquè en cada  $\text{cm}^3$  de X hi ha una massa de 0'8 g mentre que en cada  $\text{cm}^3$  d' Y la massa és sols de 0'6 g.

D'acord amb l'anterior expressió, podem definir la **densitat** com una propietat de la matèria que pren un valor característic per a cada substància o material determinat. Aquest valor coincideix amb el de la massa corresponent a una unitat de volum. Per calcular-lo, és suficient prendre un tros del material qualsevol i dividir la massa entre el volum. Un valor elevat per a la densitat significa que la massa està molt concentrada, és a dir, que hi ha molta massa en poc volum.

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

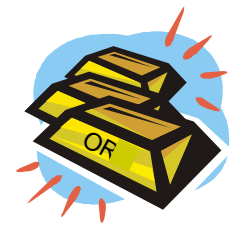
La densitat es representa per la lletra grega  $\rho$  (llegiu “ro”). La unitat internacional és el  $\text{kg/m}^3$ , malgrat ésser habituals altres unitats com  $\text{g/cm}^3$  o  $\text{g/l}$ .

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

La taula següent ofereix la densitat d’algunes substàncies habituals a una temperatura de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  (excepte l’aigua i el gel) i a pressió normal (1 atm).

MATERIAL	DENSITAT ( $\text{kg/m}^3$ )	DENSITAT ( $\text{g/cm}^3$ )
Suro	25	0’25
Aigua (a $4^\circ\text{C}$ )	1000	1
Gel (a $0\text{ }^\circ\text{C}$ )	917	0’917
Aigua de mar (a $15\text{ }^\circ\text{C}$ )	1025	1’025
Alcohol (etanol)	789	0’789
Oli	930	0’930
Mercuri	13600	13’6
Ferro	7700	7’7
Coure	8500	8’5
Or	19300	19’3
Plom	11300	11’3
Alumini	2700	2’7

**A.22.** Què significa que la densitat de l’or, a  $20^\circ\text{C}$ , és de  $19’3\text{ g/cm}^3$ ? Perquè s’especifica la temperatura a la què es mesura la densitat? Quin volum tindrà 1 kg d’or a eixa temperatura? (doneu el resultat en litres).



**A.23.** Calculeu quina serà la massa en quilograms d’1 litre de mercuri i compareu-la amb la massa en kg d’un litre d’aigua a  $4^\circ\text{C}$ . (Obteniu les dades necessàries de la taula anterior).

Experimentalment es comprova que, per a que un sòlid massís sure sobre un líquid, el primer ha de ser menys dens que el segon. El mateix ocorre amb líquids no miscibles (per exemple oli sobre aigua) i amb els gasos.

**A.24.** Quina importància té per a la natura que el gel siga menys dens que l’aigua?

**A.25.** Perquè al mar se sura millor que a l’aigua dolça?

**A.26.** Què cal fer per que un globus aerostàtic ple d’aire s’enlaire?

**A.27.** Un material A té una densitat de  $5’2\text{ g/cm}^3$ , altre B de  $586\text{ g/l}$  i altre C de  $2700\text{ kg/m}^3$ . Ordeneu-los de menor a major densitat.

**A.28.** Un alumne ha escrit com fórmula per calcular el valor de la densitat:  $\rho = V/m$ . Expliqueu perquè eixa expressió resulta incoherent respecte del concepte de densitat que hem definit.



### 3. Estructura corpuscular de la matèria

Uns estudiants afirmen que la densitat d'un material determinat depèn de la quantitat del mateix que es prenga per esbrinar el seu valor. Altres, pel contrari, diuen que la densitat és una propietat que pren un valor determinat per a cada material, independentment que el tros que agafem per calcular-la siga major o menor.

*A.29. Formuleu alguna hipòtesis respecte del paràgraf anterior i dissenyeu –i porteu a terme – alguna experiència per comprovar-les.*

*Cap esperar que, entre les hipòtesis proposades, haja sorgit la idea que la grandària del tros de material considerat no tindria cap influència en el valor de la densitat, perquè qualsevol canvi de volum estaria compensat per un canvi de massa en la mateixa proporció. Per exemple: si escollim un tros més gran, també la seva massa serà més gran, de manera que el quocient  $m / V$  donarà sempre el mateix.*

Per comprovar la hipòtesi anterior, sols hem d'utilitzar trossos de diverses grandàries d'un mateix material i anar determinant en cada cas la massa i el volum, arreglant les dades en una taula. Resulta senzill fer-ho, per exemple, amb oli d'oliva (reutilitzeu-lo i no el llanceu a la pica, perquè **l'oli és un producte molt contaminant** per al medi ambient).

*A.30. Uns alumnes han mesurat la massa i el volum de distintes mostres d'un mateix oli d'oliva. Analitzeu els resultats, que s'exposen a la taula següent:*

MOSTRA	A	B	C	D	E
massa (g)	4'6	9'2	11'5	15'0	18'4
volum (cm <sup>3</sup> )	5'0	10'0	12'5	16'3	20'0

Si la densitat és independent de la grandària de la mostra considerada, podrem veure com, en dividir cada massa pel volum corresponent en la taula anterior, ens ixen resultats molt pareguts (recordeu que totes les mesures venen afectades per una certa imprecisió inevitable).

Millor encara seria (si és possible), representar gràficament els valors de **m** respecte dels valors de **V** i comprovar que ix una línia recta, amb la qual cosa es conclou que, efectivament, ambdues magnituds (**m** i **V**) són directament proporcionals. La constant de proporcionalitat és justament la densitat **ρ** de l'oli d'oliva i el seu valor es pot obtindre fàcilment de la gràfica i després comparar-lo amb el que figura a la taula de densitats.

*A.31. Ja hem comentat la utilitat de certes propietats com la densitat per a la identificació de certs materials. Utilitzeu el que hem après fins ara per identificar els materials que pugueu, entre els que subministre el professor.*

Per aquesta activitat es pot utilitzar per exemple: acer, alumini, plom, zinc, vidre, oli, aigua, porexpan, etanol, etc., amb ajuda d'una taula de densitats adequada. L'activitat pot aprofitar-se també per mostrar, de forma experimental, que les substàncies menys denses que l'aigua (i immiscibles en ella) suren (i al contrari), factor que permet comprendre millor molts fenòmens quotidians importants com, per exemple, que els globus plens de certs gasos s'enlairen, o perquè l'aire calent (menys dens), puja, mentre que el gelat (més dens) baixa (brises costaneres). En els casos de substàncies en estat sòlid, convé utilitzar objectes regulars, per facilitar una mesura del volum més precisa de la que s'obtindria per immersió de l'objecte en una proveta.

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

*A.32. Sense utilitzar la balança, determineu la massa de l'objecte que subministre el professor.*

El professor pot subministrar un tros d'un material de densitat coneguda. Els alumnes poden esbrinar el volum aproximat introduint-lo en una proveta (o per consideracions geomètriques, si és regular) i multiplicar el valor obtingut pel de la densitat corresponent. L'activitat pot completar-se comprovant el resultat amb ajuda d'una balança.

#### 2.2. Importància pràctica d'un metall de baixa densitat: l'alumini

Es tracta del metall més abundant en l'escorça terrestre. Degut a la facilitat per combinar-se amb l'oxigen, no es troba lliure a la natura, sinó formant compostos amb ell. Així, el mineral denominat Bauxita té un elevat contingut d'òxid d'alumini.

Els primers objectes d'alumini començaren a fabricar-se en 1845. L'alumini és un metall de color grisenc que té una gran quantitat d'usos i un seguit de propietats que el fan especialment interessant. Entre elles podem destacar les següents:

- No es tòxic ni ell ni moltes de les seues combinacions.
- És resistent a la majoria dels àcids orgànics.
- És moll i molt mal·leable (pot laminar-se en fulles molt fines).
- S'oxida fàcilment, però té la particularitat de fer-ho formant una fina capa superficial d'òxid que actua impedit que l'oxidació prossegueixca a l'interior, amb la qual cosa, en la pràctica, és més resistent a la corrosió que el ferro.
- És un metall molt lleuger. La densitat és  $2,7 \text{ g/cm}^3$  (quasi tres vegades menor que la del ferro).

*A.33. Tenint en compte les propietats anteriors feu una reflexió sobre els diferents usos que pot tindre l'alumini.*

Podem referir-nos en primer lloc al fet què, degut a la falta de toxicitat, resistència a molts àcids i diversos líquids orgànics, així com capacitat per formar amb ell làmines molt fines (paper d'alumini), és un material ideal en la indústria alimentària, on s'utilitza en grans quantitats per embolicar aliments. També per fabricar envasos que continguen líquids destinats al consum humà (cervesa, refrescs, etc.).

D'altra banda, a causa de la **baixa densitat** i la notable resistència a la corrosió, tant l'alumini com alguns dels seus aliatges estan sent utilitzats massivament en la indústria de la construcció (per exemple, marcs de finestres d'alumini) i en la fabricació de molts vehicles en els què la lleugeresa és una qualitat desitjable, com avions, bicicletes, etc. Actualment s'estan fabricant ja automòbils en els que una gran part de la carrosseria és d'alumini. Açò pot tindre una gran importància perquè, en reduir el pes del vehicle, el consum de combustible disminueix, factor que pot contribuir a disminuir la contaminació atmosfèrica i estalviar energia.

Desgraciadament front a tots aquests avantatges, també provoca greus inconvenients. Així, per exemple, cada vegada és més freqüent trobar llaunes d'alumini buides en qualsevol part, perquè han substituït en gran part als envasos de vidre retornables. Anàlogament ocorre amb el paper d'alumini utilitzat per embolicar, etc. Cal que tots ens impliquem en evitar fets com aquests i dipositem les llaunes d'alumini i, en general, tots els residus que generem en els contenidors adequats per al reciclatge dels mateixos.



### 3. Estructura corpuscular de la matèria

Fins ací hem estudiat algunes propietats generals dels sòlids i líquids (massa, pes i volum) i hem realitzat un estudi més detingut de la densitat, com un exemple de propietat que canvia de valor segons el material què es tracte. Hem après moltes coses, però també s'han obert nous interrogants com, per exemple: ¿per què uns materials són més densos que altres? Tractarem de donar resposta a aquesta qüestió en capítols posteriors.

D'altra banda, també ens queden pendents alguns problemes importants, com el de saber si les propietats estudiades fins ací per a les substàncies en estat sòlid o líquid, poden aplicar-se també als gasos. En concret:

- a) Els gasos tenen massa?
- b) Els gasos pesen o no?
- c) Ocupen un volum?
- d) Es pot parlar de la densitat d'un gas?

Si resulta que les propietats anteriors es poden estendre als gasos, haurem de concloure que els gasos també són materials, com els líquids o els sòlids, sols que en un estat diferent. A més, com tots els gasos es comporten d'una forma pareguda i prou simple, resultarà que l'estudi dels gasos serà d'allò més convenient per investigar com és la matèria en general per dins (l'estructura de la matèria) i avançar així en la comprensió dels distints canvis materials.

### 3. NATURALESIA I COMPORTAMENT DELS GASOS

Com acabem d'assenyalar, l'estat gasós és aquell en què la matèria presenta un comportament més simple. No és d'estranyar, doncs, que l'estudi de les propietats comuns dels gasos estiga íntimament lligat al desenvolupament de les primeres concepcions respecte de l'estructura de la matèria. Començarem per una breu descripció del seu comportament.

*A.34. Enumereu substàncies que habitualment es troben a l'estat gasós i elaboreu una llista descrivint totes les propietats que s'atribueixen als gasos.*

El fet que la majoria de substàncies gasoses habituals no es puguin veure pot portar a pensar, erròniament, que tots els gasos són aire (que tampoc es pot veure). Malgrat existir molts gasos incoloros, aquests no són idèntics a l'aire (què està format per una mescla de nitrogen, oxigen i alguns altres gasos). Així, per exemple, l'amoníac, l'aigua, el butà, l'hidrogen, l'heli, el sulfur d'hidrogen, etc., són substàncies que, en estat gasós tenen propietats diferents entre ells i amb l'aire. A més, és possible observar alguns gasos acolorats com, per exemple, l'iode en estat gasós (que presenta un color violeta). Doncs be, malgrat la varietat de gasos existents, és prou senzill adonar-se que la majoria d'ells presenten tot un seguit de propietats comuns, entre les que podem esmentar les següents:

1. Es poden arreplegar i emmagatzemar.
2. Es mesclen fàcilment entre ells.
3. Es poden comprimir molt.
4. Exerceixen pressió sobre les parets del recipient que els conté.
5. Ocupen la totalitat del recipient en el que es troben.
6. En cas que el recipient tinga alguna paret mòbil (per exemple un èmbol) s'observa que, en escalfar el gas de dins (eivar la temperatura), aquest es dilata, empentant l'èmbol cap a fora (augmenta el volum).

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

7. En cas que totes les parets siguin fixes i el recipient hermètic, en escalfar, augmenta la pressió que el gas exerceix sobre les parets.

A continuació estudiarem algunes de les anteriors propietats.

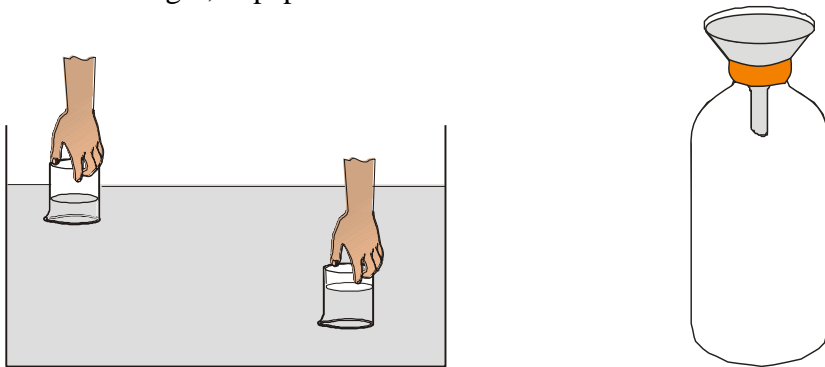
#### 3.1 Ocupen volum els gasos?

**A.35.** *Proposeu algun experiment que ens permeti mostrar que els gasos ocupen un volum. A títol d'exemple: com podem fer veure a algú que una ampolla o un got que ens semblen "buits", en realitat estan plens d'aire?*

Les experiències que es proposen a continuació són de fàcil realització:

a) Enfonseu un got cap per avall en un recipient amb aigua, com indica la figura 1 i veureu que el got no s'ompli d'aigua. L'explicació és que, encara que el got ens sembla buit, en realitat no ho està, sinó que té alguna cosa dins -en aquest cas, aire-. Aquesta experiència, de fàcil realització (per exemple a la pica de la cuina), ens permet també mostrar l'eixida de l'aire, simplement en fer girar lentament el got i veure eixir les bombolles.

Podem fer l'experiència més "vistosa" si col·loquem un tros menut de suro o bé enganxem un tros de paper al fons del got abans d'introduir-lo a l'aigua. En els dos casos, per més que enfonsem el got, el paper o el suro no es mullen.



b) Altra experiència que podem realitzar amb ajuda d'una botella consisteix a acoblar-li un embut de forma que quede tancada hermèticament (posant plastilina o pressionant amb força) i tot seguit, vessar aigua dins l'embut. Per que l'aigua caiga fàcilment al fons de la botella haurem de permetre l'eixida de l'aire de l'interior alçant un poc l'embut o punxant la plastilina enganxada entre el coll de la botella i l'embut.

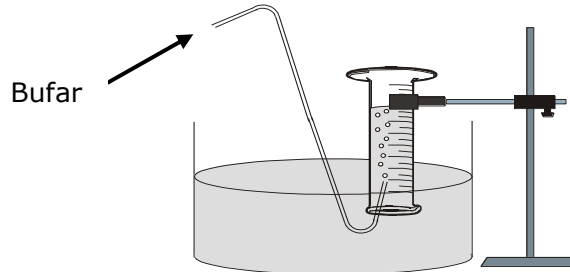
c) També es pot tractar d'enfonsar a pressió l'èmbol d'una xeringa de plàstic que haurem tancat prèviament amb ajuda d'una flama o simplement tapant i fent pressió en el forat amb el dit.

Els gasos, doncs, ocupen un volum, igual que els sòlids i líquids, encara que s'assemblen més als últims quan a facilitat per fluir, motiu pel qual als líquids i gasos se'ls anomena conjuntament *fluids*. Relacionada amb aquesta tendència a fluir, a fugir, està la capacitat dels gasos a ocupar tot el volum disponible del recinte que els conté, aspecte que complica tant la replegada com la mesura precisa de volums.

**A.36.** *Una qualitat important per als atletes és la capacitat pulmonar (volum màxim d'aire que una persona pot introduir o expulsar dels pulmons en cada inspiració o espiració). Com pot recollir-se i mesurar aquest volum d'aire?*

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

Podem replegar i mesurar el volum d'aire espirat o, en general, de qualsevol gas, si el repleguem sobre un líquid en el qual sabem prèviament que el gas no és soluble. El muntatge utilitzat pot consistir, per exemple, en un tub de vidre doblat o simplement un tub de goma introduït en una proveta calibrada, plena d'aigua, suficientment gran i col·locada com indica la figura. En bufar pel tub, l'aire desplaça l'aigua de l'interior de la proveta de forma que, si aquesta és prou gran, es podria mesurar amb ella la capacitat toràcica.

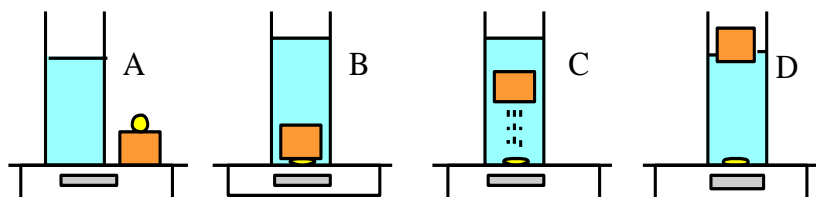


#### 3.2. Pesen els gasos?

Una de les raons aportades en favor que els gasos no pesen (i, per tant, no tenen massa), és que es mouen cap amunt de forma espontània o, el que és el mateix, no cauen, com ocorre amb qualsevol sòlid o líquid dels que observem habitualment. Aquest argument és tan obvi i convincent que, per a moltes persones, és suficient. Però els avanços científics suposen, de vegades, qüestionar allò que sembla obvi i s'accepta comunament com "evident". De fet, en ocasions eixes "veritats evidents" han suposat vertaderes barreres històriques, la supressió de les quals ha donat lloc a importants avanços en la comprensió de la natura. Per tant, és convenient "atacar" la barrera que ens ocupa i plantejar-nos si realment podem pensar que les coses que es mouen de forma espontània cap amunt no tenen pes.

*A.37. Agafem una proveta gran i l'omplim d'aigua més de la meitat. A continuació la col·loquem sobre una balança, juntament amb un cilindre de fusta que porte enganxada una boleta de material adhesiu com plastilina o el que s'utilitza per enganxar fotos i papers sobre diferents superfícies. Es pesa el conjunt (A) i, tot seguit, es retira de la balança. S'introdueix el cilindre cap per avall, amb la boleta d'adhesiu en la cara inferior, submergint-lo fins al fons de la proveta amb ajuda d'una vareta adequada i sempre tenint cura de no vessar gens d'aigua. Es pressiona un poc per que el cilindre quede momentàniament fixat al fons. Immediatament es torna a col·locar sobre el plat de la balança (B). Si esperem un poc veurem que, espontàniament, el cilindre es desenganxa i comença a pujar (C) fins que arriba dalt i queda en repòs, surant sobre la superfície de l'aigua (D). Si realitzem l'experiència anterior i comparem les indicacions que ens dona la balança respecte del pes en cada situació, veurem que aquests valors són (indiqueu la resposta correcta):*

- 1º)  $A > B > C < D$
- 2º)  $A = B > C = D$
- 3º)  $A = B = C = D$
- 4º) Altra (especifiqueu)



*Després de comprendre i contestar l'activitat, procediu a la realització experimental i extraieu les oportunes conclusions.*

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

L'experiència proposada és senzilla de realitzar i ens permet qüestionar la idea que tot allò que espontàniament ascendeix (o una altra semblant, utilitzant, per exemple, un terròs de sucre en lloc de material adhesiu) no pesa, ja que el cilindre de fusta pesa, però la balança marca sempre el mateix, independentment que el cilindre estiga al fons, estiga pujant o sure. La fusta puja perquè és menys densa que l'aigua. Anàlogament, els gasos menys densos que l'aire també pugen (al proper curs explicarem el motiu).

Altra de les raons que es podrien aportar per tractar de justificar que els gasos no pesen és que, si pengem d'un dinamòmetre una bossa de plàstic o paper plena d'aire, el dinamòmetre marcarà el mateix que si li pengem la mateixa bossa plegada, és a dir, sense aire dins (com es pot comprovar fàcilment). Hem d'acceptar, doncs, que l'aire no pesa? L'activitat següent ens permetrà aclarir aquesta qüestió.

*A.38. Un estudiant disposa d'un dinamòmetre i d'un globet ple d'aigua. A continuació penja el globet del dinamòmetre i el pesa anotant el resultat. Després submergeix ambdós totalment en aigua. Aleshores observarà que el dinamòmetre marca:*

*a) Menys que en l'aire. b) El mateix que en l'aire. c) Marca zero.*

*Després de comprendre i contestar l'activitat, procediu a realitzar-la experimentalment i extraieu les oportunes conclusions.*

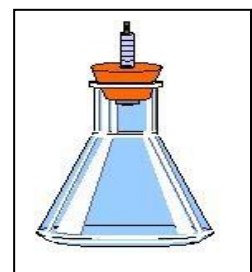
En realitzar l'anterior experiència s'aprecia que el globus ple d'aigua pesa quan es troba fora de l'aigua, és a dir, a l'aire (un fluid menys dens que el que volem pesar) però no ho fa dins de l'aigua (un fluid igual de dens que el que volem pesar), és a dir, dins de l'aigua el dinamòmetre marcarà zero.

De la mateixa forma, per poder constatar que l'aire pesa, ens haurem de trobar en un medi més lleuger que l'aire que volem pesar. Aquesta situació es pot aconseguir si en un recipient introduïm molt més aire del que hi hauria si estiguera obert. Açò ho fem, per exemple, en posar aire a pressió en un baló, experiència que també es pot portar a terme per comprovar que, en eixes condicions, el baló pesa més. També serien possibles altres dissenys alternatius:

*A.39. Dissenyau altres experiències possibles, senzilles de realitzar, que ens siguin d'utilitat per mostrar que els gasos pesen.*

Es poden pensar (i portar a terme) experiències molt senzilles, com les següents:

**a)** En un tap de goma foradat, dels que hi ha al laboratori, s'insereix una vàlvula de pneumàtic (el professor haurà de retallar la goma si cal) que s'utilitzarà per tancar amb força un matràs erlenmeyer, com indica la figura. Tot seguit es pesa el conjunt en una balança adequada. A continuació, amb una bomba d'aire, s'introdueix aire al recipient (cal tindre cura de no introduir massa, perquè a causa de l'augment de pressió, el tap pot botar). Es podrà comprovar que s'ha produït un augment de pes. Si, a continuació, s'apreta la vàlvula, l'aire que havíem introduït ix i el pes torna al mateix valor que al principi.



**b)** Col·loqueu sobre una balança electrònica un got amb un poc d'aigua i, tot seguit, afegiu una pastilla efervescent a l'aigua. Resulta fàcil comprovar que, en afegir la pastilla, la balança assenyalava un pes major que abans, però de seguida comença a disminuir i continuarà fent-ho mentre dura la

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

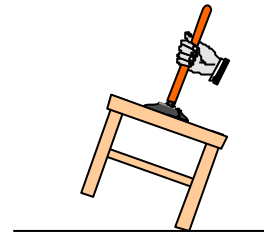
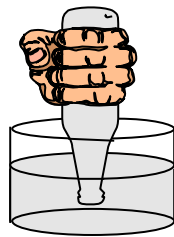
efervescència, és a dir, mentre continue escapant-se diòxid de carboni gasós, mostrant així clarament que eixe gas pesa.

Una vegada hem acceptat que els gasos pesen, estem en condicions de comprendre que l'aire atmosfèric que ens envolta justifica l'existència d'una pressió atmosfèrica, que arribarà al valor màxim sobre la superfície de la Terra (el fons del "mar d'aire" que ens envolta). A continuació, passem a tractar aquest tema.

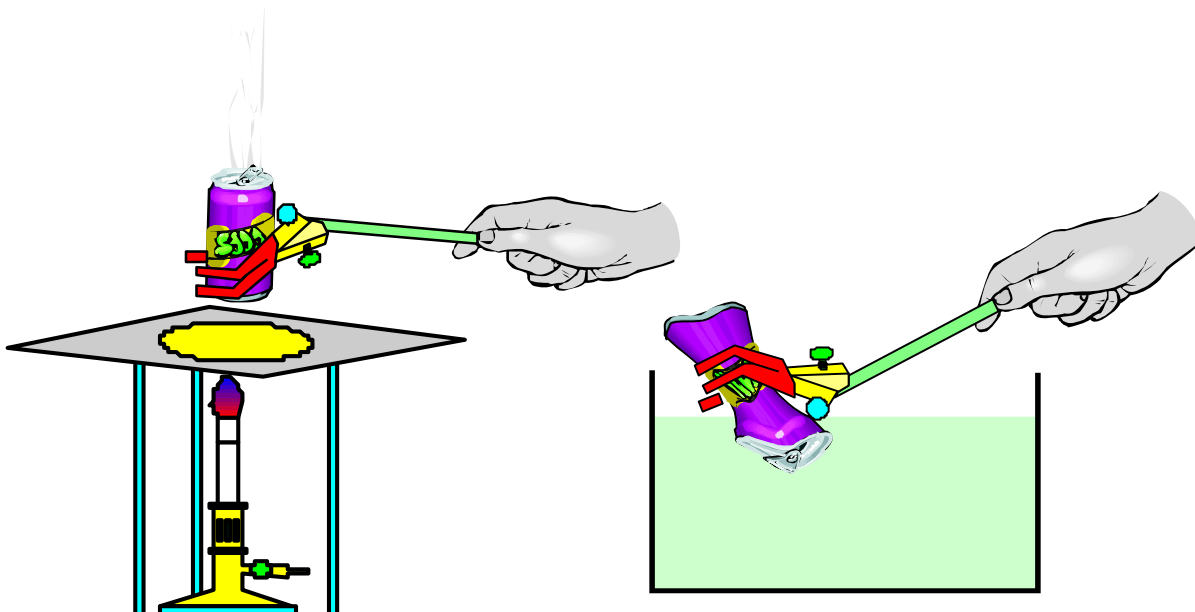
*A.40. Suggeriu proves que posen de manifest que l'aire atmosfèric exerceix una gran pressió sobre el fons del "mar d'aire" en què vivim immersos.*

La qüestió del pes dels gasos es pot associar també a l'estudi de la pressió exercida per l'atmosfera gasosa que envolta la Terra. Açò pot donar lloc a nombroses experiències senzilles de realitzar, com:

- Ompliu completament una botella amb aigua, invertiu-la al mateix temps que la submergeu en l'aigua continguda en un recipient i podreu observar que l'aigua de dins de la botella no cau.
- Pressioneu una ventosa sobre una superfície polida i després tracteu d'arrancar-la.
- Col·loqueu una làmina gran de plàstic gruixut o un vidre sobre una superfície polida (de forma que no quede aire entre elles). Fixeu una ventosa al centre de la làmina i intenteu alçar-la.



Naturalment, hi ha moltes altres experiències possibles com, per exemple, impedir que caiga l'aigua continguda en un got invertit, tan sols amb l'ajuda d'un full de paper; o la realització a menor escala de l'experiment dels "hemisferis de Magdeburg", simplement amb dues ventoses. Altra experiència espectacular i també molt senzilla de realitzar consisteix en l'aplanament d'una llauna metàl·lica, segons es descriu tot seguit:



### 3. Estructura corpuscular de la matèria

L'experiència consisteix a introduir un poc d'aigua en una llauna de refresc buida. A continuació, utilitzant unes pinces com indica la figura 6, s'escalfa fins arribar a la temperatura d'ebullició, deixant que isca el vapor d'aigua pel forat de la llauna durant uns instants. Després, amb un moviment molt ràpid, s'introdueix cap per avall en un recipient amb aigua que s'havia preparat prèviament.

*S'observa que la llauna s'esclafa immediatament. Explica a què es pot deure.*

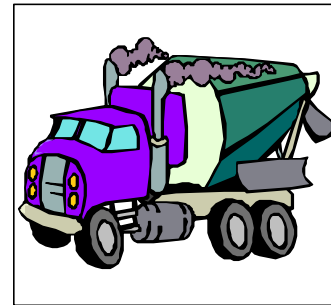
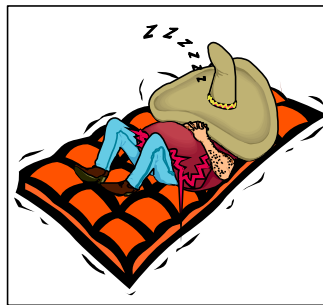
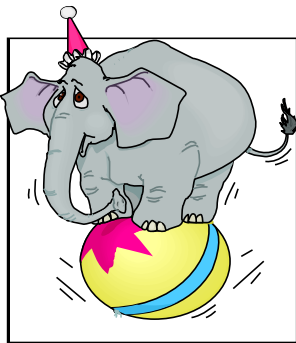
Quan escalfem l'aigua, passa a vapor, que ix de la llauna per l'obertura, empentant amb ell l'aire calent. En submergir-la després, el vapor que queda dins es condensa i cau al fons, produint el buit a l'interior. En conseqüència, la pressió dins de la llauna és menor que la pressió exterior exercida per l'atmosfera, el que explica l'esclafament.

Després d'haver mostrat que els gasos posseeixen volum i massa, podem entrar a analitzar altres propietats que tenen relació amb la possibilitat d'augmentar i disminuir el seu volum segons ens convinga, be pressionant-los, be escalfant-los i refredant-los.

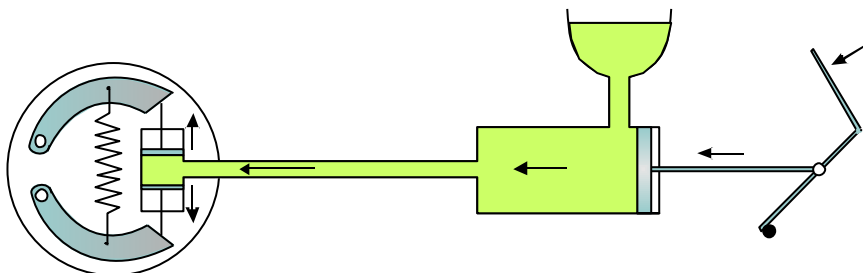
#### 3.3. Els gasos es poden comprimir i expandir fàcilment

*A.41. Proposeu alguna experiència que mostre la facilitat amb què els gasos es comprimeixen i expandeixen.*

Podem realitzar experiències elementals utilitzant una xeringa tancada plena d'aire (i pressionant l'èmbol), o enfonsant una proveta cap per avall dins d'un recipient amb aigua, o un bombí, etc. Convé tindre en compte que l'existència d'un equilibri suposa acceptar que la força i la pressió externes són compensades per la força i pressió que exerceix el gas. De fet, els gasos poden exercir pressions molt elevades, com es mostra en les figures següents: l'elefant damunt de la pilota, el voluminós turista dormint en un matalasset d'aire, l'enorme càrrega d'un camió suportada pels pneumàtics...



Esta gran compressibilitat dels gasos, a diferència dels líquids, pot produir efectes molt negatius quan s'introdueixen gasos en conduccions de líquids, com ocorre, de vegades, en els frens hidràulics dels vehicles.





Si, a causa d'una avaria, entrara aire en el sistema de la figura anterior, el fre no funcionaria be i caldria "purgar-lo" per extreure l'aire, atès que, en xafar el pedal es comprimiria l'aire i no es transmetria la força als discs de frenat.

#### 3.4. Els gasos canvien de volum o de pressió quan s'escalfen o es refreden

*A.42. Proposeu muntatges senzills o comenteu algunes situacions de la vida quotidiana on es pose en evidència la variació del volum amb la temperatura.*

Es pot pensar en diverses experiències, com aproximar un globus a un focus calorífic (radiador, planxa calenta...) tenint cura que no es creme la goma o, pel contrari, posar el globus molt inflat al congelador del frigorífic (o un globus xicotet en aigua calenta). En totes elles es pot comprovar de forma qualitativa que els gasos, en escalfar-se o refredar-se poden, respectivament, augmentar o disminuir de volum.

Les experiències proposades anteriorment són situacions en les que varia també la pressió. Per aconseguir que sols varie el volum cal pensar, per exemple, en un recipient rígid, proveït d'un èmbol que rellisque fàcilment per que la pressió es mantinga sempre igual a l'atmosfèrica (per exemple, ens serviria una xeringa amb un èmbol que rellisque fàcilment).

Les variacions de volum que experimenten els gasos amb la temperatura poden relacionar-se amb fenòmens com l'ascens d'aire calent (menys dens a causa de l'augment de volum) i el desplaçament d'aire gelat que ve a ocupar el seu lloc. Açò és el que explica, per exemple, les brises nocturnes o l'ascens dels globus que funcionen amb un calefactor.

*A.43. Expliqueu experiències i observacions quotidianes que mostren la variació de la pressió d'un gas en augmentar o disminuir la temperatura.*

Alguns exemples senzills són les olles a pressió (en escalfar, el vapor d'aigua que es produeix exerceix pressió sobre les parets internes) o la pressió manomètrica de les rodes d'un cotxe, que sempre és menor abans que després de recórrer un trajecte llarg, perquè en rodar, s'escalfen els pneumàtics (açò explica que els fabricants recomanen mesurar la pressió sempre en gelat, és a dir, abans dels desplaçaments, no després).

Altra experiència consistiria a col·locar una moneda sobre la boca d'una botella buida, mullant-la prèviament per aconseguir que tanque l'eixida hermèticament. En rodejar la botella amb les mans durant uns instants, com indica la figura, s'observa que la moneda comença a botar lleugerament. Açò ocorre així perquè el gas de l'interior s'escalfa a causa de la calor de les mans. Com la botella es manté tancada, va augmentant la pressió de l'aire a l'interior, fins que la força que exerceix és capaç d'alçar la moneda, escapant una part de l'aire. Aleshores la pressió interna disminueix, la moneda cau, es tanca la botella i comença de nou l'escalfament del gas tancat a l'interior.



Aquesta variació del volum i/o la pressió amb la temperatura, és de gran importància i utilitat perquè pot aprofitar-se, per exemple, per construir termòmetres de gasos o per explicar fenòmens naturals com l'origen de les brises marines diürnes o nocturnes, als que ja hem fet referència.

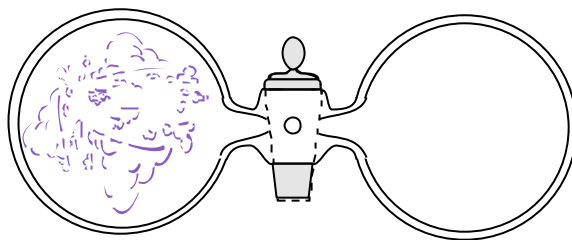
Finalment, passarem a mostrar que els gasos es poden mesclar, per ells mateixa, amb molta facilitat, propietat que es coneix amb el nom de *difusió*.

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

#### 3.5. Els gasos es difonen amb molta facilitat

**A.44.** Com podem provar que els gasos es mesclen per ells mateixa molt fàcilment?

Es poden realitzar diferents dissenys utilitzant gasos que siguin perceptibles pel color o l'olor. Un d'ells consisteix en prendre dos recipients interconnectats mitjançant una clau de pas, com es mostra a la figura i introduir en un d'ells un gas acolorit (per exemple, el que s'obté en escalfar **de forma suau** uns cristalls de iode) i, en l'altre, aire. La difusió s'observa simplement en obrir la clau de pas. També es poden utilitzar essències aromàtiques volàtils que siguin preferentment d'olors agradables.



Altre assaig prou espectacular consisteix a introduir en cadascun dels extrems d'un tub obert pels dos costats i col·locat horitzontalment, dos trossos de cotó xopats en àcid clorhídric i amoníac respectivament. Ambdós gasos incoloros es difonen pel tub i, en mesclar-se i reaccionar, produeixen un núvol de color blanc de clorur d'amoni.



En aquesta experiència no sols hi ha difusió de dos gasos, sinó també un procés químic en el que es forma una nova substància, però ens permet percebre clarament l'evident facilitat amb què es difonen les emanacions gasoses del  $\text{NH}_3$  (g) i de l' $\text{HCl}$  (g) que es produeixen des dels trossos de cotó situats als extrems del tub.

### 4. UN ÚNIC MODEL DE GAS QUE EXPLIQUE TOTES LES PROPIETATS

Després d'estudiar el comportament físic dels gasos, ja estem en disposició d'afrontar un nou desafiament: idear, a títol d'hipòtesi, un model sobre l'estructura dels gasos que siga capaç d'explicar, de forma coherent, el conjunt de les propietats que presenten.

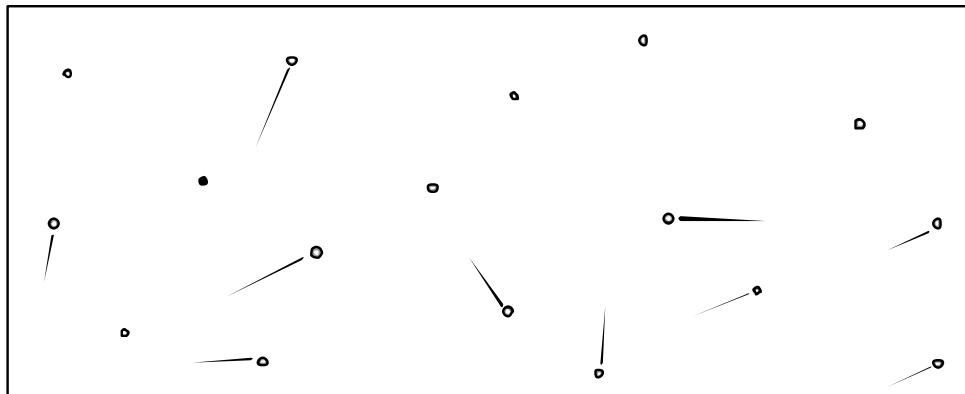
**A.45.** *Elaboreu, a títol d'hipòtesi, un model que explique com poden estar formats els gasos, per què es mesclen tan fàcilment uns amb altres de forma espontània, per què ocupen, de forma homogènia, tot el volum del recipient que els conté i per què la majoria dels gasos no es poden veure.*

El fenomen de la difusió homogènia ens suggereix que els gasos estan formats per partícules en moviment caòtic i desordenat perquè, si no és així, ¿per què a poc de destapar un flascó de colònia, una botella d'amoníac, un guisat de col-i-flor... l'olor es pot percebre per tot arreu? D'altra banda, el fet que la majoria de gasos no es puguin veure i que tots es mesclen per ells mateixa, sense ajuda i amb tanta facilitat, ens indueix a pensar que eixes partícules han d'ésser

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

molt menudes i estar prou separades entre elles. Aquestes consideracions ens faciliten l'elaboració d'un model corpuscular i cinètic dels gasos segons el qual:

**Tots els gasos estarien formats per moltes i diminutes partícules, en moviment caòtic continu i separades per grans espais buits (hem d'aclarir que són grans en comparació amb la grandària de les pròpies partícules).**



Altre aspecte que hem de remarcar respecte del model cinètic dels gasos és que les partícules que formen són corpuscles amb massa i pràcticament puntuals, per tant no es dilaten, ni es comprimeixen, ni tampoc canvien d'estat. De fet, si foren les pròpies partícules d'un gas les que es dilataven en escalfar-lo, hauríem d'esperar que, en augmentar de grandària, es difongueren més lentament (per exemple, augmentara la dificultat d'escapar per un orifici menut). En canvi, ocorre justament el contrari. La massa i la grandària no varien, el que canvia és la velocitat i, en conseqüència, si es mouen més apressa, també es difondran més ràpidament.

*A.46. Utilitzeu el model anterior per explicar per què els gasos:*

- Es poden comprimir tant (compressibilitat).*
- Pressionen les parets del recipient on s'hi troben.*
- En escalfar-los (o refredar-los) es dilaten (o es contrauen) o, si el recipient és rígid i sense cap paret mòbil, augmenta (o disminueix) la pressió sobre totes les parets interiors del mateix.*

Podem explicar amb facilitat que els gasos es puguen comprimir tant si admetem que, en fer pressió, les partícules s'ajunten i disminueix l'espai buit existent entre elles. Com aquests espais buits són enormes en relació amb la grandària de les partícules, és lògic que els gasos es puguen comprimir molt. Anàlogament, com estan formats per moltíssimes partícules movent-se en totes direccions, cada segon es produiran milions i milions de xocs d'eixes partícules contra totes les parets interiors del recipient, factor que justifica la pressió exercida pel gas sobre les mateixes. Finalment, podem explicar l'augment de volum i/o de pressió en augmentar la temperatura, a partir de l'augment que es produiria en la velocitat amb què es mouen les partícules, el que faria que els xocs contra totes les parets foren més violents i freqüents (i ocorreria al contrari en disminuir la temperatura).

*A.47. Una persona ha plantejat el següent argument en contra del model cinètic-corpuscular: Si s'admet que entre les partícules dels gasos que formen l'aire (nitrogen, oxigen i altres) no hi ha res i que estan separats per grans distàncies entre elles, podria ocórrer que respirarem en eixos forats i, com no hi ha aire en ells, ens asfixiaríem. Expliqueu si esteu d'acord amb eixe raonament i perquè.*

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

Hem de tindre en compte que, atesa l'infinitesimal grandària d'aquestes partícules, el nombre de les mateixes en un volum determinat de gas és elevadíssim. Un bri de pols o un simple granet de sal són vertaders gegants si els comparem, per exemple, amb les partícules que formen l'aire. Així, en un sol  $\text{cm}^3$  d'aire (la quantitat que cabria en un dau de jugar parxís) en condicions de pressió i temperatura ordinàries hi ha... més de **10 trilions** de partícules en total! (la majoria d'elles de nitrogen i oxigen). No obstant això, si eixe volum d'  $1 \text{ cm}^3$  el dividírem en cent mil parts iguals, els 10 trilions de partícules totalment juntes (enganxades unes a d'altres), ni tan sols ocuparien **tres** d'eixes parts, quedant les altres 99.997 parts completament buides. Altra comparació que ens pot ajudar a fer-nos una idea del que estem parlant és recordar que el volum mitjà d'una cèl·lula (visible únicament amb ajuda d'un microscopi) és aproximadament un milió de milions de vegades més gran que el volum d'una d'eixes partícules.

És comprensible, doncs, que una persona no puga respirar en els forats que existeixen entre les partícules, ja que, quan es diu que les partícules que formen un gas estan separades unes d'altres per grans distàncies, eixes distàncies únicament són grans en relació a la increïblement menuda grandària de les partícules, no en relació al nostre cos o als objectes quotidians.

Malgrat les consideracions que acabem de fer, hem de recordar que sí que és cert que, segons augmenta l'altitud (per exemple en pujar a una muntanya molt elevada), l'aire és fa cada vegada menys dens i, en conseqüència, augmenta la dificultat per respirar, perquè la quantitat d'oxigen que s'absorbeix en cada inhalació disminueix. Açò explica que, de vegades, els alpinistes hagen de portar botelles d'oxigen per respirar a determinades altures. Aquest fet ha provocat que, per augmentar el rendiment en alguns esports (com l'atletisme) es realitzen entrenaments en zones d'altituds superiors a 2000 m sobre el nivell del mar perquè, com la concentració d'oxigen és més baixa, el cos respon produint més glòbuls rojos i, per tant, després està millor preparat per competir en zones de poca altitud, ja que la sang que té més glòbuls rojos pot transportar més oxigen a les cèl·lules, millorant així la respiració.

### 5. EL MODEL ÉS EXTENSIBLE A LÍQUIDS I SÒLIDS?

El model cinètic-corpuscular explica prou be el comportament dels gasos, però no hem d'oblidar que l'objectiu inicial que ens guiava era trobar un model per a l'estructura de tots els materials, tant gasos com líquids o sòlids. Anem, doncs, a estudiar ara si serà possible estendre a líquids i sòlids el model que acabem de plantejar. Començarem per cercar similituds entre ells, és a dir, propietats dels gasos que també puguen tindre sòlids i líquids. Si aconseguim trobar eixes similituds, també cap esperar que es puguen explicar amb el mateix model, factor que ens permetria consolidar-lo encara més i, per tant, avançar en l'objectiu de trobar una estructura bàsica comuna a tots els materials.

#### 5.1. Algunes propietats de líquids i sòlids, semblants a les dels gasos

*A.48. Considereu de nou les propietats dels gasos estudiades en el primer apartat d'aquest tema i decidiu en quina mesura ho són també de líquids i sòlids (es tracta de cercar similituds, no de ressaltar les evidents diferències entre líquids o sòlids i els gasos).*

Per contestar a l'activitat plantejada podem analitzar algunes propietats com les següents:

- ✓ Líquids i sòlids, malgrat que molt poc, també es poden comprimir i, en general, es dilaten amb la calor i es contrauen amb el fred.

És cert que, per exemple, per comprimir un poc d'aigua o sorra, hauríem d'exercir pressions molt elevades, però també ho és què, quan es comprimeix progressivament l'aire contingut en una xeringa, resulta cada vegada més difícil continuar comprimint. Fins i tot, pot ocórrer que, en determinades condicions alguns gasos passen a líquids (es liquen) quan la pressió sobrepassa un cert valor.

Pel que fa a la dilatació per escalfament, les similituds són encara més evidents, ja que existeixen molts líquids i sòlids que augmenten de volum (en diferent grau) en elevar la temperatura a la qual s'hi troben. Pensem, per exemple en la dilatació del mercuri (efecte que s'aprofita per a la construcció de termòmetres) o en la necessitat de col·locar juntes de dilatació en edificis, rails de ferrocarril, ponts, etc. Així, per exemple, una barra de ferro de 200 m s'allargaria uns 5 cm en elevar la temperatura de 10 °C a 50 °C.

- ✓ Hi ha substàncies que, en fase líquida, es poden mesclar fàcilment unes amb altres. En alguns casos (com ocorre amb l'aigua i el metanol), en addicionar dos volums  $V_1$  i  $V_2$  de dos líquids, el volum resultant és apreciablement menor que la suma dels dos volums inicials ( $V_1 + V_2$ ). Alguns sòlids es poden dissoldre fàcilment en líquids, estenent la seua presència (color, sabor, etc.) a tots els punts de la dissolució

En efecte, la facilitat dels gasos per mesclar-se entre ells o difondre's es pot relacionar amb el fet que, molts líquids, com per exemple l'aigua i l'etanol, també es mesclen fàcilment entre ells (són miscibles). Si deixem caure amb cura una gota de tinta a l'aigua continguda en un got, es pot observar com la tinta es difon, estenent el seu color per tota l'aigua. També es poden realitzar experiències de dissolució de sòlids iònics de color molt fort, com el permanganat o el dicromat de potassi (utilitzant quantitats mínimes, ja que es tracta de compostos tòxics molt nocius per al medi ambient). Altra experiència que es pot realitzar en un laboratori escolar és la dissolució de metanol en aigua per comprovar que la suma dels volums inicials dels líquids per separat, és un poc major que el volum final de la mescla.

#### 5.2. Extensió del model corpuscular a líquids i sòlids

Les coincidències que acabem de veure entre els gasos i els sòlids i líquids ens van a permetre avançar en el problema d'esbrinar si és possible (i en quina mesura ho seria) generalitzar a sòlids i líquids el model corpuscular elaborat per als gasos.

Continuarem l'estudi analitzant la possible aplicació del model als canvis d'estat, que constitueixen el nexce d'unió entre gasos, líquids i sòlids. Òbviament, si una mateixa substància (com l'aigua) pot passar de gas a líquid i a sòlid, podríem pensar que les mateixes partícules que formen el gas s'hauran de trobar també en l'aigua líquida i el gel. El model haurà d'explicar, a més, com es poden produir eixos canvis d'estat i les diferències de comportament entre gasos, líquids i sòlids.

*A.49. Proposeu exemples de materials coneguts que es puguin trobar en els diferents estats: sòlid, líquid i gasós.*

Podem pensar en diversos exemples en els que un mateix material es puga trobar en diferents estats i canviar d'un a l'altre. Hi ha moltes situacions distintes, com la fusió del ferro en una siderúrgia, el gas que, en envasar-lo en botelles i contenidors a pressió es transforma en líquid (visible per exemple en encenedors transparents), la condensació de vapor d'aigua sobre una superfície freda, etc. Aquestes observacions es podrien completar amb l'alumnat al laboratori fonent naftalina o un metall, com l'estany, o bé sublimant alguna substància com l'iode o la

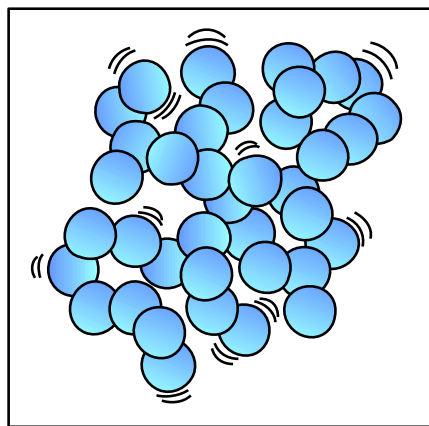
### 3. Estructura corpuscular de la matèria

pròpia naftalina (en una vitrina de gasos, utilitzant quantitats molt menudes per minimitzar l'impacte ambiental i guardant les restes que es puga, per tornar a utilitzar-les). En general, en variar la pressió, la temperatura, o ambdues, les substàncies canvien d'estat, canviant també algunes de les propietats i el comportament.

*A.50. Expliqueu, amb ajuda del model corpuscular dels gasos, com pot tindre lloc el pas de gas a líquid i d'aquest a sòlid.*

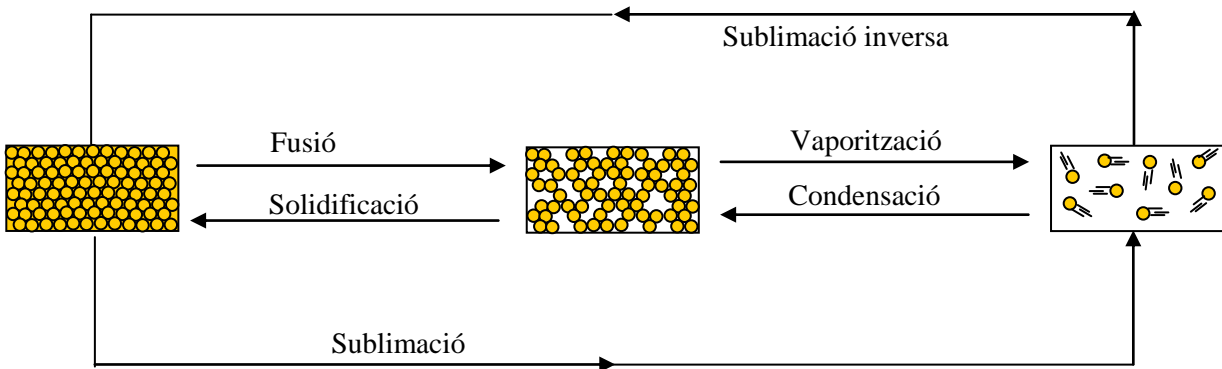
Hem vist que els gasos es poden liquidar tant per refredament directe com per compressió. Ambdues formes de fer-ho es poden explicar amb ajuda del model de partícules, **si prèviament introduïm la hipòtesi addicional de l'existència de forces d'unió entre les partícules** (que en el cas dels gasos no serien apreciables a causa de les enormes distàncies existents entre les partícules i les elevades velocitats). En el primer cas, el refredament del gas suposa disminuir la velocitat de les partícules fins que les forces atractives no siguin menyspreables front al moviment de les partícules i aquestes arriben finalment a enllaçar-se. En el segon, la compressió del gas obliga que el volum en què es mouen les partícules siga cada vegada menor i s'afavorisca així la interacció entre elles, arribant també a unir-se. En conclusió, sembla que el model corpuscular pot interpretar la formació de líquids sempre que admetem prèviament l'existència d'interaccions entre les partícules i es reduïsquen notablement els grans buits que se suposava que existien en l'estructura dels gasos.

En passar de sòlid a líquid es perd la propietat de fluir i difondre's, fet que fa pensar que la forma i la intensitat amb què les forces atractives mantenen unides a les partícules en els líquids és distinta que en els sòlids. En el cas d'un líquid ha d'haver-hi alguns "forats" que permeten a les partícules desplaçar-se, ocupant alternativament eixos forats i produint d'altres, però restant lligades, podent-se així adaptar a la forma del recipient. En la figura següent s'ha representat esquemàticament un líquid.



En el cas d'un sòlid, les partícules no poden realitzar eixos desplaçaments, per l'absència de forats amb grandària suficient per a permetre-ho, per això els sòlids tenen una forma definida.

Tant en el cas dels líquids com en els sòlids, totes les partícules es mouen, però a causa de les atraccions de les altres partícules que les rodegen, la llibertat de desplaçament queda restringida a moviments vibratoris lligats a la temperatura del sistema material. Quan un sòlid s'escalfa, la vibració de les partícules es fa més intensa, augmenta la distància entre elles i arriba un moment en què alguns enllaços entre partícules es trenquen, generant forats, de forma que comença a passar a l'estat líquid (fusió). Si continua elevant-se la temperatura, moltes partícules adquireixen l'energia suficient com per escapar a l'atracció de les altres i el líquid anirà passant a gas (vaporització). Els fenòmens inversos s'anomenen solidificació (pas de líquid a sòlid) i condensació (pas de gas a líquid). Es poden aconseguir refredant prou.



## RECAPITULACIÓ

**A.51.** Realitzeu una síntesi del model cinètic-corporuscular de la matèria (tant per a gasos com per a líquids i sòlids).

Les característiques essencials del model elaborat per explicar l'estructura bàsica comuna per a tots els materials (independentment de l'estat en el qual es troben) són:

- ✓ Tots els materials estan formats per partícules en moviment continu, diminutes i separades entre elles pel buit (és a dir, no hi ha res entre elles). Cadascuna d'eixes partícules té massa (encara que diminuta), de forma que la suma de les masses de totes les partícules de què consta un cos és, justament, la massa d'això cos.
- ✓ Entre les partícules materials existeixen forces d'atracció que tenen molt poca influència en els gasos, però molta en líquids i sòlids.
- ✓ El moviment de les partícules està relacionat amb la temperatura (major temperatura implica més moviment). Açò explica tant les dilatacions dels cossos en un mateix estat com els propis canvis d'estat.

Malgrat haver avançat, encara ens queden algunes qüestions sense resposta, al temps que s'han obert nous interrogants.

**A.52.** Plantegeu noves qüestions relacionades amb l'estructura de la matèria que no hagen sorgit en el desenvolupament del tema i considereu d'interès.

Entre d'altres, ens podem referir als següents interrogants:

- ✓ Quina és la naturalesa de les forces atractives entre les partícules?
- ✓ Per què a 1 atm i 20 °C, l'oxigen és un gas, l'aigua és líquida i el ferro és sòlid, sent que els tres estan en les mateixes condicions de pressió i temperatura?
- ✓ Què és el que manté a les partícules materials contínuament en moviment? Per què no es paren?
- ✓ A què es deu que existisquen milions de substàncies diferents? És que també hi ha milions de partícules distintes o, pel contrari, hi ha sols unes poques que s'uneixen entre elles de diferents formes, donant lloc a un gran nombre de combinacions?
- ✓ Com són les partícules materials? Són elementals o be tenen una estructura interna?

A aquestes i altres qüestions tractarem de donar resposta als temes que s'exposaran tot seguit.

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

#### 3. PROPIETATS GENERALS DE LA MATÈRIA. ACTIVITATS DE REFORÇ

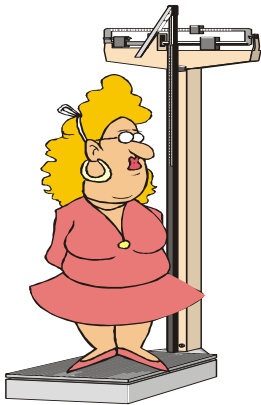
1. Disposem de 500 g d'aigua en estat líquid. La posem al congelador fins que tota s'haja convertit en gel. Assenyaieu vertader o fals, explicant la raó en cada cas:

- a) Haurà augmentat el volum, però també la massa, de forma que la densitat no haurà canviat.
- a) Haurà augmentat el volum, però no la massa ni la densitat.
- b) No haurà canviat ni la massa ni el volum.

2. On serà major la massa d'un astronauta, a la superfície de la Terra o a la de la Lluna? On serà major el pes?.

3. Tenim tres objectes, de masses:  $m_1 = 15200 \text{ mg}$ ;  $m_2 = 16 \text{ g}$ ;  $m_3 = 0'02 \text{ kg}$ . Quin dels tres té major massa? Quin la té menor?

4. Una dona es pesa en una balança, que marca 82'3 kg. Quina magnitud física mesura la balança? Quin seria el pes de la dona? ( $g = 9'81 \text{ N/kg}$ ).



La magnitud mesurada és \_\_\_\_\_

El pes de la dona és \_\_\_\_\_

5. Com determinaries el volum d'una moneda de 50 cèntims? I el d'un dau de parxís?

6. Expressa en  $\text{m}^3$  les següents quantitats:  $1350 \text{ dm}^3$ ;  $1'5 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$ ;  $14\,500 \text{ l}$ .

7. Les mareas negres es produeixen perquè alguns petrolers pateixen accidents i part del petroli que transporten es vessa al mar. Quin crees que és el motiu per que els derivats del petroli suren sobre la superfície de l'aigua del mar?

8. Expressa en unitats del SI les següents densitats:

a)  $\rho = 0'8 \text{ g/cm}^3$ ;   b)  $\rho = 8900 \text{ g/l}$ ;   c)  $\rho = 6 \text{ g/dm}^3$

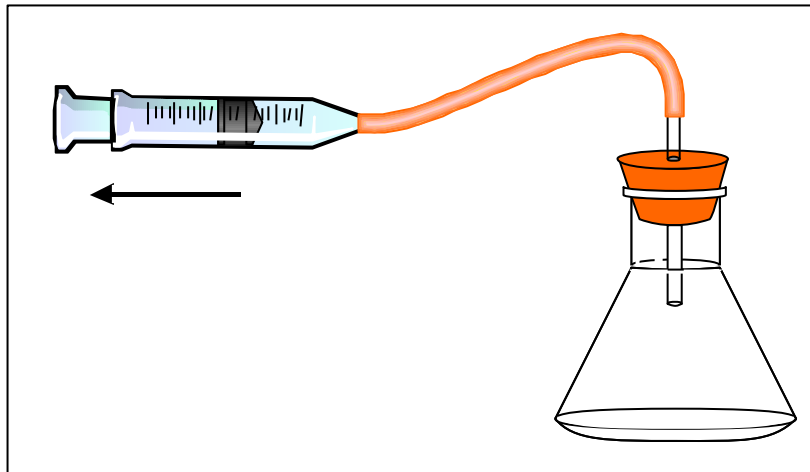
9. Si la densitat de l'oli a  $20^\circ\text{C}$  és de  $0'93 \text{ g/cm}^3$ , calcula la massa que tindrà  $1 \text{ l}$  d'oli a eixa temperatura.

10. Calcula el volum que ocupen  $200 \text{ g}$  de mercuri a  $20^\circ\text{C}$  i pressió normal (densitat del mercuri en eixes condicions,  $\rho = 13'6 \text{ g/cm}^3$ ).

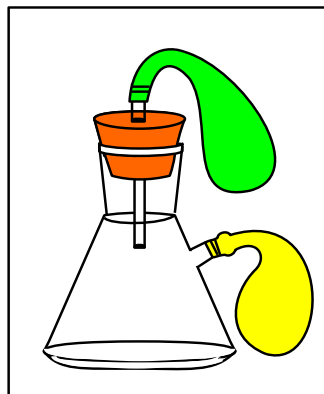


### 3. Estructura corpuscular de la matèria

- 11.** Explica perquè l'alumini ha substituït al ferro en la construcció de marcs de finestres i baranes de balcons i miradors.
- 12.** Quins avantatges presenta l'alumini front a l'acer com material en la construcció de vehicles?
- 13.** Amb ajuda d'una xeringa s'extrau l'aire d'un matràs. Suposant que es pogueren veure les partícules que componen l'aire, dibuixeu un esquema del que es veuria abans i després de treure l'aire de l'interior del matràs.



- 14.** Dos globus estan connectats a un matràs, com indica la figura. Expliqueu el que ocorrerà en escalfar el matràs; representeu, fent els dibuixos pertinents, les partícules de l'aire abans i després d'escalfar.



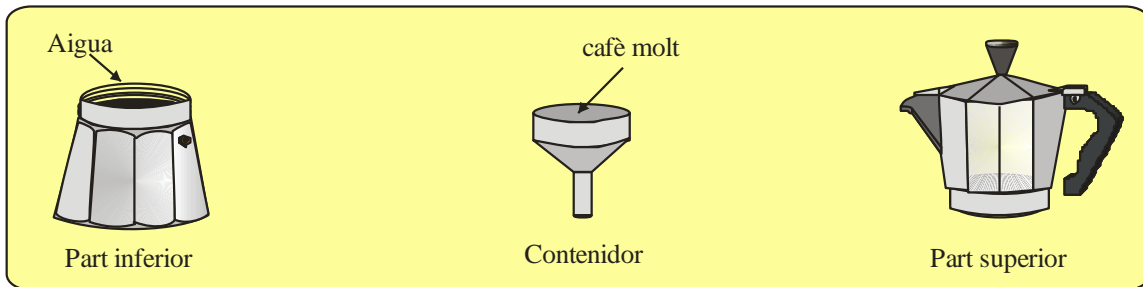
- 15.** Dibuixa com creus que estarien disposades les partícules, segons la teoria cinètico-corporcular, a l'estat sòlid, líquid i gasós.
- 16.** Explica perquè les olles a pressió han de tindre una vàlvula de seguretat per on ix el vapor d'aigua que es produeix en elles en coure els aliments.
- 17.** Explica, utilitzant el model cinètico-corporcular, com un termòmetre de mercuri pot detectar els canvis de temperatura de l'aire que l'envolta.

### 3. Estructura corpuscular de la matèria

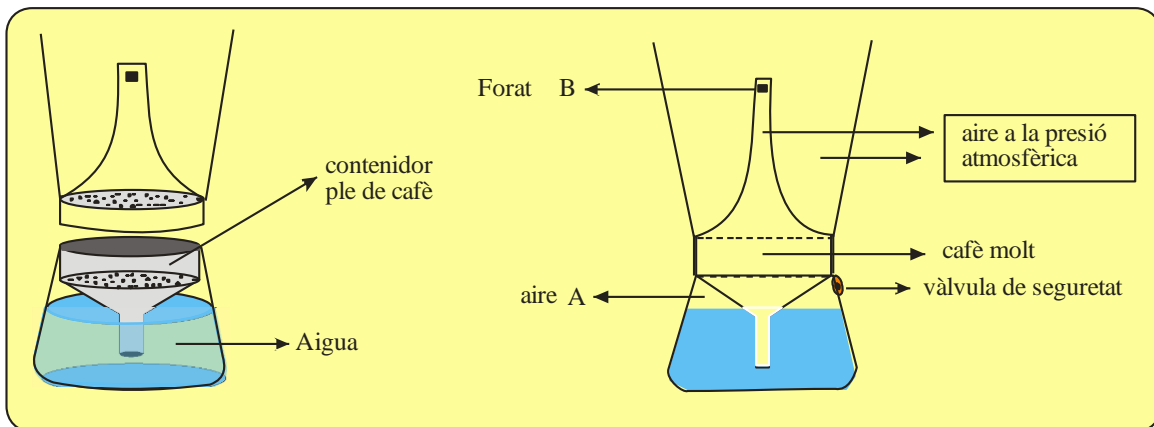
18. Aconseguíu una cafetera com la de la figura adjunta, desmunteu-la i tracteu d'explicar com funciona. Teniu en compte el que acabem d'estudiar sobre les propietats i comportament dels gasos.



**Resposta:** Si obrim una cafetera com la de la figura anterior, veurem que consta d'un recipient inferior en el qual es col·loca aigua (sense sobrepassar una vàlvula de seguretat). Sobre ell, ajusta una mena d'embut (contenedor) que, a l'interior té una base metàl·lica plena de forats diminuts i sobre la que es disposa el cafè molt. La part superior (que sol enroscar-se a la inferior), té una tapadora que pot alçar-se, un ansa de material refractari i, del fons ix una espècie de tub cònic amb un forat a la part superior. A més, la base que fa contacte amb el cafè (quan es rosca la part superior a la inferior) està plena de xicotets forats que comuniquen amb el tub anterior. Una roda de goma rodeja els foradets per assegurar l'estanqueïtat.



A les figures següents hem fet un tall longitudinal de la cafetera ja disposada per fer el cafè. Com pot comprovar-se, a la part inferior hi ha aire entre el nivell de l'aigua i el cafè.



Quan la cafetera està al foc, l'aire contingut a la part superior està a la pressió atmosfèrica, però no ocorre el mateix amb l'aire situat a la part inferior (A) que, en augmentar la temperatura, augmentarà també la pressió que exerceix sobre les parets de la cafetera i sobre l'aigua. A causa de la pressió, l'aigua calenta es mourà i eixirà per l'únic lloc disponible, és a dir, pujarà pel tub del contenidor i passarà pels forats, travessant el cafè (formant una dissolució) i, ascendint pel con buit de la part superior, eixirà finalment pel forat B.

## 4. TEORIA ATÓMICA I MOLECULAR DE LA MATÈRIA

Què són les partícules que formen la matèria ordinària? Què coses expliquen?

Al tema anterior hem vist que tota la matèria ordinària té una estructura bàsica comú: està formada per partícules infinitament diminutes. **Passarem a plantejar-nos ara com són eixes partícules i com ens ajuden a explicar l'enorme quantitat de substàncies diferents, les distintes propietats de les mateixes i els canvis químics** (a partir d'unes substàncies s'obtenen altres diferents). Actualment sabem que les partícules materials són àtoms i molècules, raó per la qual, la química que estudia aquesta part s'anomena "Teoria atòmico-molecular de la matèria".

La teoria atòmico-molecular de la matèria s'elaborà al llarg dels segles XVIII i XIX, a partir dels resultats obtinguts des de dues vessants: d'una banda, els estudis realitzats sobre la naturalesa i el comportament dels gasos; d'altra, a partir de l'abundant informació química generada en eixa època, sobre tot als laboratoris, en el camp de les tècniques de separació de substàncies que portaren a la construcció de conceptes químics de gran importància, com els de substància simple i compost.

En tot el procés de l'elaboració de la teoria atòmico-molecular participaren molts científics, els treballs dels quals serviren per crear les bases de la ciència química moderna. Entre ells podem esmentar l'anglès J. Dalton, el francès A. Lavoisier i el rus D. Mendeleiev, dels que en parlarem al llarg del tema.

### 1. MESCLES, SUBSTÀNCIES, SUBSTÀNCIES SIMPLES I COMPOSTOS.

Actualment s'admet que una **substància química** és aquella que té una sèrie de propietats característiques, úniques i definides, que permeten identificar-la i distingir-la d'altres substàncies.

Entre les propietats característiques d'una substància química podem esmentar: la densitat, punt de fusió (temperatura a la qual fon), punt d'ebullició (temperatura a la que bull), la solubilitat en distints dissolvents, duresa, la capacitat de reaccionar químicament amb altres substàncies, etc.

Per exemple: suposem una substància que, a la pressió d'1 atm, fon a 0°C i bull a 100 °C; que a 1 atm de pressió i una temperatura de 4°C té una densitat d'1 g/cm<sup>3</sup>, que pràcticament no condueix el corrent elèctric i en la que es dissolen bé algunes sals, com el clorur de sodi... No cap dubte que es tracta de l'aigua. L'aigua (la molècula de la qual es representa per H<sub>2</sub>O), es caracteritza per posseir totes les propietats "macroscòpiques" que acabem d'esmentar, independentment que la mostra considerada tinga una massa d'1 mg o de 1000 kg.

A la natura és difícil trobar substàncies aïllades. En efecte, la gran majoria de substàncies químiques estan més o menys barrejades amb altres que les acompanyen. Aquest fet ha provocat que, en ocasions, s'identificara com una substància un producte que, en realitat era una mescla de



#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

diferents substàncies. Per evitar confusions, també sol designar-se una substància química com “**substància pura**” o substància que no té rastre d’altres. Ara bé, aquest qualificatiu pot conduir també a algun equívoc com el que es tracta a continuació.

*A.I. A partir dels següents termes, d'utilització habitual, elaboreu dos grups, segons es tracte de substàncies o mescles: aigua d'ullal, alumini, aire de muntanya, vinagre, alcohol etílic, llet acabada de muntar, amoníac, ferro, sofre.*

De vegades, el significat que el llenguatge quotidià dona a les paraules pot suposar un inconvenient per adaptar el significat al llenguatge científic. Açò ocorre, per exemple, amb el qualificatiu de pur o pura que, en el llenguatge quotidià, pot significar moltes coses: des d’una persona que practica la castedat, fins una cosa natural, sense contaminants ni afegits. Aquesta última accepció portaria a assenyalar com substàncies, en la llista anterior, la llet, l’aigua d’ullal i l’aire de muntanya. Però en cap dels tres casos es tracta d’una substància química, perquè tots són **mescles** de diverses substàncies (la llet conté entre d’altres: greixos, proteïnes, vitamines, etc.; l’aigua d’ullal porta sals dissoltes i gasos; i l’aire, tot i que siga de muntanya, és una mescla de diversos gasos com el nitrogen, oxigen, etc.).

A diferència del què ocorre en totes les substàncies químiques, les propietats d’una mescla de distintes substàncies no són úniques i definides, perquè depenen de la proporció en què estiguen mesclades les substàncies que la integren. Així, per exemple: l’aigua d’ullal congelarà i bullirà a temperatures diferents segons continga més o menys sals dissoltes; l’aire d’alta muntanya conté menys oxigen que l’aire a nivell del mar, etc. En l’activitat proposada anteriorment, les úniques substàncies químiques són l’alumini, alcohol etílic, amoníac, ferro i sofre.

Cada substància que forma part d’una mescla s’anomena **component**. Les mescles poden ser **heterogènies i homogènies**.

**Mescla heterogènia** és un sistema material en el que distintes parts del mateix tenen diferent composició i, per tant, distintes propietats. Els components d’un sistema heterogeni es poden distingir a simple vista o bé amb ajuda d’una lupa o un microscopi. Exemples de mescles heterogènies són el granit i la llet.

**Mescla homogènia** és un sistema constituït per dues o més substàncies químiques, de forma que, si agafem una mostra qualsevol del sistema, la composició i propietats són les mateixes independentment de la grandària i la zona del sistema que escollim. Els components d’una mescla homogènia no poden distingir-se ni tan sols amb ajuda d’un microscopi convencional. Les dissolucions són mescles homogènies. Exemples de dissolucions són el vi i l’aigua de mar.

Des d’antuvi es coneixen substàncies com el ferro, sofre, coure, etc., que resistien qualsevol intent d’obtenir a partir d’una d’elles almenys altres dos substàncies diferents a la de partida (és a dir, de descompondre-la), raó per la qual se’ls donà el nom de **substàncies simples**. Però açò no ocorria amb altres. Així, cap al segle XIX, el fet de conèixer i posar a punt la tècnica de l’electròlisi<sup>1</sup> permeté conèixer que algunes substàncies químiques (considerades substàncies simples fins aquell moment), en realitat estaven formades per la combinació d’altres. A les substàncies com la potassa, la sosa, l’aigua, l’amoníac, la sal comú, els diferents alcohols, etc., que podien ésser separats en diverses substàncies simples mitjançant processos químics, se les anomenà **compostos químics**.

---

<sup>1</sup> L’electròlisi consisteix en la descomposició d’una substància mitjançant el corrent elèctric.

#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

Convé reflexionar respecte dels compostos per diferenciar-los de les mescles. Per exemple, si ens fixem en l'aigua destil·lada, encara que estiga formada sols per hidrogen i oxigen, no és una mescla de les dues substàncies. Es tracta d'una **combinació** en la que l'hidrogen i l'oxigen han perdut les propietats que els caracteritzen per donar lloc a una substància nova (un compost), diferent, de propietats molt diferents. A la taula següent es poden apreciar les diferents propietats de l'hidrogen i l'oxigen respecte de l'aigua. Aquestes propietats són úniques i definides per a cadascun d'ells, el que evidencia que es tracta de substàncies.

Substància	Estat físic	Punt d'ebullició	Punt de fusió	Densitat
Aigua	Líquid	100 °C	0 °C	1 g/cm <sup>3</sup> a 4 °C
Hidrogen	Gas	-253 °C	-259 °C	0'0007 g/cm <sup>3</sup>
Oxigen	Gas	-183 °C	-219 °C	0'0014 g/cm <sup>3</sup>

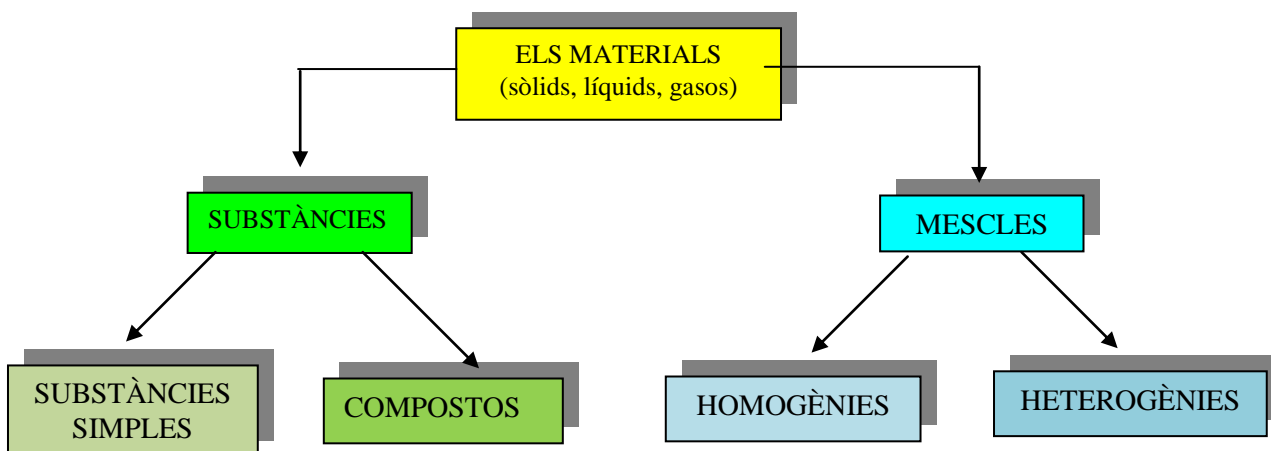
D'altra banda, la simple mescla d'hidrogen i oxigen no produeix aigua en quantitats apreciables; per formar aigua a partir d'ells no és suficient la mescla, sinó que cal aconseguir que es combinen íntimament, de manera que desapareguen les partícules aïllades d'oxigen i hidrogen i es formen les noves partícules d'aigua (**reacció química**).

*A.2. Un alumne afirma que l'aigua de mar és un compost químic, perquè, segons ell, per evaporació, la podem separar en sal i aigua, que son les dues substàncies simples que la formen. Critiqueu aquest raonament i expliqueu què és en realitat l'aigua de mar.*

*A.3. Donats els següents sistemes: aire, suc de taronja, xocolata pura, diòxid de carboni, llet, sofre, sorra de platja, ozó. Assenyaleu quin o quins són: substància simple, compost, mescla homogènia i mescla heterogènia.*

*A.4. Construu un esquema de classificació dels distints materials amb els termes següents: Els materials (sòlids, líquids, gasos), substàncies, mescles, substàncies simples, compostos químics, homogènies i heterogènies.*

La realització de l'activitat anterior, ens porta a construir un esquema com el següent:



Com acabem de veure, les dissolucions són mescles homogènies. Atesa la importància que tenen en química, ens detindrem a estudiar de forma particular aquest tipus de mescles.

## 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

### 2. DISSOLUCIONS

En general podem definir una dissolució com una mescla homogènia formada per dues o més substàncies, anomenades components de la dissolució. Habitualment, el component que està en major proporció s'anomena **dissolvent** i, la resta, **soluts**.

Hi ha distints tipus de dissolucions segons l'estat físic del solut i del dissolvent. Així, per exemple, es considera que l'aire és una dissolució de gasos en gasos; l'aigua salada ho és de sòlids (sals) en líquid (aigua); una beguda carbònica és una dissolució d'un gas (diòxid de carboni) i altres substàncies en aigua, i en el vi hi ha una dissolució d'un líquid (etanol) i altres substàncies en altre líquid (aigua). Els aliatges de metalls (el llautó, per exemple, és un aliatge de coure i cinc i el bronze un aliatge de coure i estany) es consideren com dissolucions de sòlids en sòlids. Les figures següents ofereixen un exemple de dissolució de gas en líquid (cava) i un exemple d'un aliatge (el bronze amb què s'ha fabricat la campana).

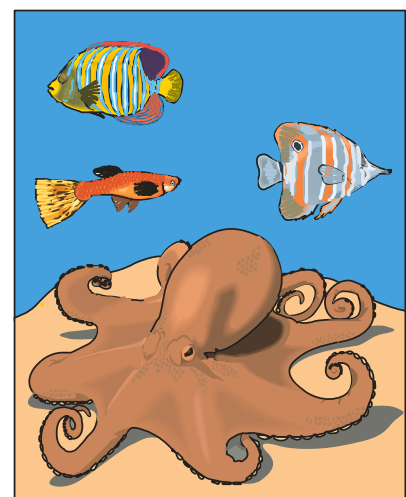


Nosaltres ens centrarem en les dissolucions d'un sòlid o líquid en aigua, que actua com **dissolvent** (dissolucions aquoses), per tractar-se del tipus més freqüent de dissolucions, ja que són moltes les substàncies que es poden dissoldre en aigua. El **solut** serà, doncs, la substància que es dissolga en l'aigua. Abans de començar, convé reflexionar sobre la importància de les dissolucions.

*A.5. Enumereu i comenteu diverses situacions d'interès en les que s'utilitzen o preparen dissolucions aquoses.*

Podem pensar que l'aigua de pluja (aigua amb poques impureses), en filtrar-se en terra dissol moltes sals. Açò fa que l'aigua dels ullals tinga diferent contingut en sals (depenent dels llocs per on haja passat), que poden fer, fins i tot, que siga recomanable per tractar diverses malalties. En afegir fertilitzants a l'aigua de reg, també estem preparant dissolucions, que faciliten l'absorció de les sals necessàries per a la planta a través de les arrels. Molts medicaments es prenen en forma de dissolució (xarops, pastilles efervescents, etc.).

L'aigua del mar, rius i llacs porta aire dissolt, fent possible que els animals i plantes que hi viuen puguin respirar.



Les begudes que ingerim són dissolucions (vins, refrescs, suc, brous, aigua, combinats, etc.). La pròpia sang porta diverses substàncies dissoltes, igual que la suor (té sabor salat). Molts productes comercials que manipulem habitualment estan en dissolució o cal dissoldre'ls; aquest és el cas, per exemple, de productes de neteja com l'amoniac (dissolució de gas amoniac en aigua), pintures i tintes o els plaguicides que s'utilitzen per tractar les malalties de les plantes, etc. Finalment, comentarem que molts productes químics es manipulen en dissolució, per afavorir el contacte entre ells quan es mesclen i facilitar determinades reaccions químiques.

Altres exemples importants en els que parlem de concentracions de dissolucions són: la concentració de  $\text{CO}_2$  a l'atmosfera (l'increment d'aquesta concentració a conseqüència d'activitats humanes és la causa més important de l'augment de l'efecte hivernacle), la concentració de metalls pesants, com el mercuri, a l'aigua de mar (aquests metalls s'acumulen en organismes aquàtics), la concentració de gasos tòxics i partícules nocives a l'aire de les ciutats (valors elevats produeixen malalties pulmonars), etc.

*A.6. Per què quan es fan excursions per l'alta muntanya i se sua amb abundància es recomana no beure aigua procedent de les geleres?*

En suar, perdem moltes sals, que son necessàries per a l'organisme (per això, en la roba que està en contacte amb la pell poden quedar com taques blanques –sals- quan s'evapora la suor). Si bevem aigua molt poc mineralitzada (com ho és l'aigua de neu), no estem reposant les sals perdudes, cosa que pot causar-nos diarrea o trastorns fisiològics més greus.



Un aspecte molt important a tindre en compte quan treballem amb dissolucions és la **concentració** de les mateixes. Pensem, per exemple: en la concentració d'alcohol en les begudes, de suc en alguns refrescos, de sal en els menjars, etc. A més, hi ha vegades en les que, el fet que la concentració d'una dissolució siga major o menor pot ser vital per a nosaltres. Pensem, per exemple, en la concentració de glucosa (un tipus de sucre) en la sang que, si es molt elevada, ocasiona una malaltia anomenada diabetis. Així doncs, passarem a estudiar què es exactament la concentració d'una dissolució i com mesurar-la.

### 2.1. Concentració d'una dissolució

*A.7. Què significa que una dissolució tinga una concentració molt elevada?*

Naturalment, no significa que tinga molta quantitat de solut. Una dissolució pot contindre “molt de solut” i, tanmateix, estar molt diluïda. En efecte: no és igual dissoldre 10 kg de sal comú en l'aigua d'una banyera, que en l'aigua d'un pantà. En els dos casos la massa de solut dissolta és la mateixa, però la concentració de sal en la banyera serà molt major que al llac.

Per tant, per parlar de **concentració**, hem de tindre en compte no sol la quantitat de solut dissolta, sinó també la quantitat de dissolvent o de dissolució. Com major siga la primera respecte de la segona, major serà la concentració de la dissolució.

Quan la concentració és baixa, es diu que la dissolució és **diluïda** i quan és elevada, es diu que la dissolució és **concentrada**.

#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

A.8. Suposem que preparem les dissolucions de sal comú (NaCl) en aigua que s'indiquen a la taula. Analitzeu la informació que ens hi ofereix, i després, contesteu les següents preguntes:

Dissolució	A	B	D	E
massa de solut (g)	50	80	80	40
volum de la dissolució (l)	1	1	2	0'5

- a) Quina és la dissolució de major concentració? Ordeneu-les de menor a major concentració.  
b) Penseu el que acabeu de fer i proposeu una fórmula general que permeti calcular la concentració, expressada en grams de solut per cada litre de dissolució. (Dissigneu la concentració com "C", la massa de solut com "m<sub>s</sub>" i el volum de la dissolució com "V").

D'acord amb el que hem vist fins ara, caldrà determinar en quina de les dissolucions anteriors hi ha més solut en el mateix volum de dissolució. Està clar que en l'A hi ha 50 g de solut per cada litre de dissolució, la B conté 80 g de solut per cada litre de dissolució, en la D hi ha 40 g de solut per cada litre de dissolució i la E conté 80 g de solut per cada litre de dissolució. Les dissolucions més concentrades són, doncs, la B i la E. L'ordre de menor a major concentració és: D < A < B = E

Per esbrinar la concentració, en grams de solut per cada litre de dissolució, sols hem de dividir la massa total de solut (expressada en grams) entre el volum total de la dissolució (expressat en litres), així sabrem quants grams de solut hi ha per cada litre de dissolució. És a dir:

$$C = \frac{m_s}{V} \quad \text{on } m_s \text{ representa la massa del solut (en g) i } V \text{ el volum de la dissolució (en l).}$$

Utilitzant l'expressió anterior per a les dissolucions de la taula, ens queda:

$$C_A = 50/1 = 50 \text{ g/l}; \quad C_B = 80/1 = 80 \text{ g/l}; \quad C_D = 80/2 = 40 \text{ g/l}; \quad C_E = 40/0'5 = 80 \text{ g/l}$$

A.9. Suposem que fabriquem dues dissolucions de sal en aigua. La primera d'elles (que anomenarem A) l'hem fet col·locant 100 g de sal comú o clorur de sodi (NaCl) en un recipient i després, afegint aigua fins aconseguir un volum total de 2'5 l de dissolució. La segona (que anomenarem B), l'hem fet col·locant 150 g de sal comú en altre recipient i afegint aigua fins aconseguir un volum total de 3 l de dissolució. Quina es la concentració de cadascuna en g/l?

A.10. Per que els ossos d'una persona es desenvolupen correctament i per previndre malalties com l'osteoporosi (fragilitat dels ossos en persones majors), és fa necessària una ingesta adequada de calci. La quantitat diària recomanada és d'uns 800 mg diaris de calci per persona.

En una caixa d'1 litre de llet llegim que conté 120 mg de calci per cada 100 ml. Calculeu la concentració de calci en g/l. Quants grams de calci ingerim en beure un got de llet de 250 cm<sup>3</sup>?



A.11. Volem preparar 200 cm<sup>3</sup> d'una dissolució de sal comuna en aigua, de concentració 20 g/l. Indiqueu detalladament tots els passos a seguir



#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

**A.12.** En un matràs buit es col·loquen  $10 \text{ cm}^3$  d'alcohol etílic ( $\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$ ) i després s'afegeix aigua fins aconseguir un volum total de dissolució de  $250 \text{ cm}^3$ . Calculeu la concentració en g/l.

**A.13.** Un malalt necessita prendre un medicament diluït en aigua. Per que siga efectiu, la concentració ha d'estar compresa entre els  $5 \text{ g/l}$  i els  $8,5 \text{ g/l}$ . En uns laboratoris es fabriquen distintes dissolucions del mateix medicament, amb les quantitats que figuren a la taula següent. Expliqueu quines hauria de rebutjar.

Dissolució	A	B	D	E
massa de solut	11 g	2,1 g	$3,6 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$	$4,75 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$
volum de la dissolució	2,75 l	$300 \text{ cm}^3$	9 l	$40 \text{ cm}^3$

Naturalment, la concentració d'una dissolució pot expressar-se també d'altres formes. Una d'elles és en **tant per cent en massa**. En aquest cas, si seguim utilitzant el gram com unitat de massa, la concentració representarà la quantitat de grams de solut dissolts per cada 100 g de dissolució.

**A.14.** Què significa que la concentració d'una dissolució de glucosa en aigua és del 2% en massa?

R. Que en cada 100 g de dissolució hi ha 2 g de glucosa.

**A.15.** Es dissolen un total de 20 g de clorur de sodi (NaCl) en 140 g d'aigua. Calculeu la concentració de la dissolució en tant per cent en massa.

En primer lloc, haurem de calcular els grams de solut que hi ha per cada gram de dissolució. Per aconseguir-ho, sols haurem de dividir la massa en grams del NaCl entre la massa en grams de la dissolució:

$$m_s/m_D = 20/160 = 0,125 \text{ g de NaCl / g de dissolució}$$

En segon lloc, per saber la massa de solut per cada 100 g de dissolució, sols haurem de multiplicar el resultat anterior per 100, amb la qual cosa:

$$\frac{m_s}{m_D} \cdot 100 = 0,125 \cdot 100 = 12,5 \%$$

És a dir, per cada 100 g de dissolució hi haurà 12,5 g de NaCl.

Així, la concentració d'una dissolució en tant per cent en massa vindrà donada per l'expressió:

$$C = \frac{m_s}{m_D} \cdot 100 \quad \text{sent } m_s = \text{massa de solut i } m_D = \text{massa dissolució}$$

**A.16.** Volem preparar 500 g d'una dissolució de nitrat de potassi al 15% en massa. Indiqueu detalladament les passes a seguir.

**A.17.** Es disposa d'una dissolució de sulfat de potassi al 5% en massa. Calculeu la quantitat de dissolució que hem de prendre per que, en evaporar-la totalment, ens queden 80 g de sulfat de potassi. R. 1600 g de dissolució.

#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

Quan tenim dissolucions de líquids en líquids, és habitual expressar la concentració en **tant per cent en volum**. En aquest cas, si utilitzem el  $m\ell$  com unitat de volum, la concentració representarà la quantitat de  $m\ell$  de solut dissolts per cada  $100 m\ell$  de dissolució.

Mitjançant raonaments similars als anteriors, s'arriba a l'expressió:

$$C = \frac{V_s}{V_D} \cdot 100$$

(en % en volum), on  $V_s$  és el volum de solut i  $V_D$  el volum de dissolució

El percentatge en volum s'anomena també "grau", de forma que, per exemple, 12% en volum equival a 12°.

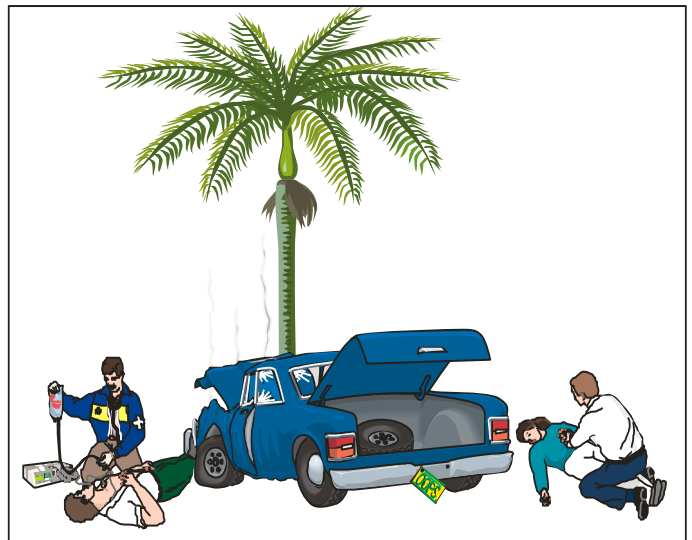
**A.18.** La concentració d'alcohol etílic en una beguda s'expressa habitualment, en graus. Què significa que un licor tinga 40°?

La resposta a l'activitat anterior és que, per cada  $100 m\ell$  del licor hi haurà  $40 m\ell$  d'alcohol i els  $60 m\ell$  restants poden ser aigua, entre d'altres coses.

**A.19.** Una persona ingereix 2 copes d'un licor de 40° (de graduació). Sabent que cada copa conté  $100 m\ell$ , raoneu si podrien o no posar-li una multa de trànsit en fer-li la prova d'alcoholèmia. (Per simplificar suposeu que tot l'alcohol ingerit va a la sang).

*Dades:* La densitat de l'alcohol etílic és de  $790 g/l$ . La concentració màxima permesa d'alcohol en sang per poder conduir és  $0,25 g/l$ . El volum total de la dissolució (sang i alcohol) és  $5 l$ .

R. La seva concentració d'alcohol en sang seria de  $12,64 g/l$ . Per tant, no només la podrien multar, sinó que s'arrisca a tenir un greu accident. És fonamental no prendre begudes alcohòliques quan es condueix. Un conductor sota els efectes de l'alcohol és un greu perill per a ell i per als altres.



La major part de morts en carretera està relacionada amb el consum d'alcohol. De cap manera pugés en un vehicle conduït per una persona que haja pres begudes alcohòliques.

Ara que ja sabem mesurar la concentració d'una dissolució, podem plantejar-nos si, donada una dissolució determinada (per exemple sal comuna en aigua o sucre en aigua) podem anar afegint més i més solut a la dissolució, de forma que la concentració augmente indefinidament.

#### 2.2. La concentració d'una dissolució pot ser tan gran com vulguem?

Sembla evident que la resposta és que no. Si tenim un got amb 1 litre d'aigua destil·lada, li afegim un poc de clorur de sodi (sal comuna) i remenem, haurem obtingut una dissolució diluïda. Si

continuem afegint sal a poc a poc, sense deixar de remenar, la concentració de la dissolució anirà augmentant, però arribarà un moment en què la dissolució estarà tan concentrada que, si afegim un poc més de sal, ja no es dissoldrà per molt que remenem. Diguem aleshores que la dissolució està **saturada**. Per quantificar aquest valor s'ha elaborat un nou concepte, anomenat **solubilitat**.

La **solubilitat** d'una substància pot definir-se com una magnitud, el valor de la qual ens indica la màxima quantitat de l'esmentada substància que es pot dissoldre en una quantitat determinada de dissolvent (a una certa temperatura).

L'existència d'aquest límit màxim pot comprovar-se fàcilment de forma experimental, com es proposa als dos exemples següents.

*A.20. Col·loqueu en un tub d'assaig un poc d'aigua i afegiu, molt lentament i agitant, cromat de potassi; observeu com aplega un moment en què, per més que remeneu, no es pot dissoldre més solut. Noteu com el color groc de la dissolució va augmentant d'intensitat a poc a poc, donat què la presència de solut en la dissolució és cada vegada major. Quan deixa de dissoldre's el cromat de potassi, el color de la dissolució roman constant malgrat continuar afegint cromat.*

Nota: El cromat de potassi és una substància molt perillosa per al medi ambient. Convé que aquesta activitat experimental siga portada a terme pel professor una sola vegada, utilitzant quantitats mínimes i recuperant el solut per utilitzar-lo de nou en altres ocasions.

*A.21. Col·loqueu en un tub d'assaig gran 100 cm<sup>3</sup> d'aigua, tanqueu-lo amb un tap de goma i obteniu la massa del conjunt amb ajuda d'una balança. Tot seguit, destapeu el tub i afegiu, a poc a poc, clorur de sodi (NaCl), remenant cada vegada que hi afegiu amb ajuda d'una vareta de vidre, fins que la sal es dissolga totalment. Arribarà un moment en què, per més que agiteu, la sal ja no es dissoldrà més. Si en eixe instant tapeu el tub i torneu a pesar, veureu que la massa haurà augmentat, aproximadament en uns 35 g, corresponents al clorur de sodi dissolt. Altra alternativa és pesar uns 50 g de NaCl en una balança i, amb ajuda d'una espàtula, afegir-la a poc a poc a l'aigua. Quan s'arriba a la saturació, la diferència entre la massa inicial i final de la sal (obtingudes per la balança) correspondrà al solut afegit.*

Per especificar la solubilitat d'una sal s'ha d'indicar la quantitat de dissolvent. Una mesura molt pràctica és la que l'expressa en **grams de solut per cada 100 g de dissolvent**. Cal especificar la temperatura perquè influeix en la solubilitat. En general, la solubilitat d'una substància augmenta amb la temperatura (factor que explica, per exemple, que les coses es renten millor amb aigua calenta que amb aigua freda).

*A.22. Què significa que la solubilitat del NaCl en aigua a 20 °C és de 35 g de NaCl /100 g d'aigua?*

La resposta a l'activitat anterior és què, a 25 °C, la màxima quantitat de NaCl que es pot dissoldre en 100 g d'aigua destil·lada és de 35 g. **Convé adonar-se que, en aquest cas, parlem de dissolvent i no de dissolució.**

*A.23. La solubilitat del nitrat de sodi (NaNO<sub>3</sub>) en aigua a 20 °C és de 90g de NaNO<sub>3</sub>/100 g d'aigua. Esbrineu la massa en grams de nitrat de sodi que quedarà sense dissoldre quan, a 20 °C, afegim 135 g del compost a 120 ml d'aigua. R. 27 g.*

## 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

*A.24. Tenim una dissolució concentrada d'un compost iònic, com sulfat de coure, a temperatura ambient. Què ocorrerà si la deixem reposar i l'aigua va evaporant-se a poc a poc?*

En anar evaporant-se el dissolvent, augmentarà la concentració de la dissolució (perquè la quantitat de solut no varia), fins arribar un moment en què s'abastarà el límit de solubilitat d'eixa sal en aigua. A partir d'ací el sulfat de coure començarà a precipitar en forma de cristalls blaus (**cristal·lització**).

Com es lògic, la solubilitat d'una substància en aigua, a més de la temperatura, depèn també del tipus de substància de què es tracte. No es dissol igual en aigua el NaCl que altres sals com, per exemple, bromur de potassi (KBr) o nitrat de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), que són menys solubles.

De vegades, una mateixa substància és poc soluble en aigua i, en canvi, prou soluble en altre tipus de dissolvents. Aquest és el cas, per exemple, del iode ( $\text{I}_2$ ), que es dissol molt poc en aigua i, en canvi, és molt soluble en tetraclorur de carboni o en gasolina.

*A.25. Afegiu uns cristalls de iode sòlid ( $\text{I}_2$ ) a un got amb aigua i comproveu que la solubilitat del  $\text{I}_2$  en aigua és baixa. A continuació repetiu l'experiència en altre got igual, però substituint l'aigua per la mateixa quantitat de gasolina i comproveu que la solubilitat del iode en gasolina és molt major que en l'aigua.*

Nota: El iode i la gasolina són substàncies nocives per al medi ambient. Realitzeu una sola pràctica per a tota la classe i no tireu les restes al desaiçue.

La diferència de solubilitat d'unes substàncies en altres ens explica perquè, per exemple, per netejar distints tipus de taques convé utilitzar diferents substàncies: els greixos es dissolen bé en aigua calenta i sabó, la pintura de les ungles es lleva fàcilment amb acetona, etc.

Al tema anterior vérem com es podia explicar el comportament dels gasos mitjançant el model cinètic-corpúscular. A partir dels estudis en gasos i el coneixement de l'existència de mescles, substàncies simples, compostos, dissolucions i algunes lleis que s'acomplien en tots els canvis químics (com, per exemple, la llei de la conservació de la massa), el químic anglès John Dalton elaborà, a principis del segle XIX, una teoria científica anomenada "**Teoria atòmica de la matèria**". Veurem a continuació els postulats bàsics de l'esmentada teoria, que fou capaç d'explicar, de forma coherent, tant les propietats dels gasos com l'existència de substàncies simples, substàncies compostes, dissolucions, etc.

## 3. LA TEORIA ATÒMICO-MOLECULAR DE LA MATÈRIA

El model corpúscular es basa, essencialment, en suposar que tots els materials estan fets de partícules dotades d'un cert estat de moviment (caòtic en els gasos i més ordenat i restringit en sòlids i líquids). Però, aquest model és insuficient per explicar la informació química que hem descrit als apartats anteriors, raó per la qual fou necessari aprofundir i eixamplar-lo per poder explicar-la, com veurem a continuació.

### 3.1. Teoria atòmica de Dalton

L'enorme varietat de substàncies químiques pot explicar-se si s'admet que existeixen distints tipus de partícules, de manera que una substància estarà formada per un mateix tipus de partícules totes iguals entre elles. D'acord amb aquesta idea, si dues substàncies són diferents és perquè les partícules que les formen són diferents.

#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

En una primera aproximació (realitzada por Dalton en 1802), es pensà que les partícules de les substàncies simples serien indivisibles, raó per la qual no podrien descompondre's en altres distintes. Així es justificava que, a partir d'una substància simple no es pogueren obtindre altres substàncies diferents. En canvi, les partícules de les substàncies compostes serien, en realitat, "paquets de diferents partícules", de manera que podrien trencar-se i donar lloc a la formació de substàncies distintes. A les partícules de les substàncies simples, se les anomenà **àtoms** i als paquets de partícules que formaven les substàncies compostes, **molècules**.

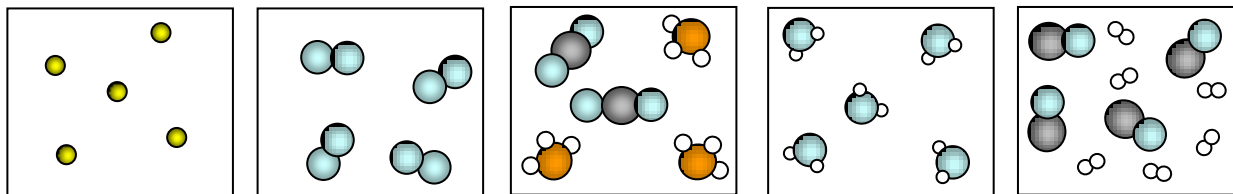
Alguns aspectes bàsics de la teoria atòmica de Dalton son els següents:

- ✓ La matèria està formada per àtoms (partícules summament menudes i indivisibles)
- ✓ Un element químic està constituït per molts àtoms d'una sola classe (tots ells amb massa i propietats idèntiques).
- ✓ Els àtoms de distints elements tenen diferent massa i propietats.
- ✓ Els àtoms són immutables (no poden transformar-se uns en altres).
- ✓ Un compost químic està format per molècules (en paraules de Dalton, àtoms compostos), idèntiques entre elles i aquestes, alhora, estan formades per la unió d'un nombre enter d'àtoms de distints elements, sempre en la mateixa proporció.
- ✓ Dos o més tipus d'àtoms poden unir-se en diferents proporcions per donar lloc a diferents molècules i, per tant, a compostos distints.
- ✓ En les reaccions químiques no es creen ni es destrueixen àtoms; el que ocorre és que els àtoms existents es reorganitzen, trencant-se unes unions i formant-se d'altres noves.

Convé tindre en compte que els enunciats anteriors foren elaborats a començaments del segle XIX i que després sofriren importants modificacions, de forma que, en l'actualitat, alguns d'ells no s'accepten tal i com foren formulats. Així, per exemple, sabem que **els àtoms es poden "trencar" i poden transformar-se uns en altres** (mai en les reaccions químiques però sí en reaccions nuclears); que hi ha molècules formades per àtoms iguals ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$ ,  $C_{60}$ , etc.) i que, per tant, existeixen substàncies simples, les partícules de les quals són molècules, etc. Així, la teoria atòmica de Dalton fou patint un seguit de canvis que permeteren el desenvolupament de la teoria atòmico-molecular de la matèria.

Actualment es defineix una **substància simple** com aquella formada per una sola classe d'àtoms (independentment que les partícules o unitats que la caracteritzen siguin monoatòmiques o no). En canvi, una **substància composta** seria aquella en què la unitat que la caracteritza (part menor de la substància) està formada, almenys, per dues classes d'àtoms.

**A.26.** Els esquemes representen mostres de diferents substàncies en estat gasós. Indiqueu en cada cas si es tracta d'una substància simple, un compost o una mescla, i expliqueu la resposta:



Les substàncies representades als esquemes anteriors són les següents: heli ( $He$ ), aigua ( $H_2O$ ), hidrogen ( $H_2$ ), diòxid de carboni ( $CO_2$ ), amoníac ( $NH_3$ ), monòxid de carboni ( $CO$ ) i oxigen ( $O_2$ ). Identifiqueu quin esquema representa cadascuna d'elles.

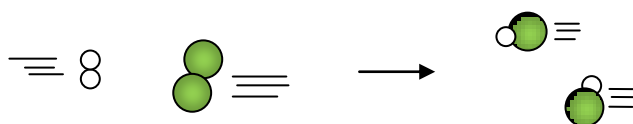
## 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

### 3.2. Com s'expliquen les reaccions químiques?

**A.27.** Proposeu una explicació sobre com pot ocórrer una reacció química, és a dir, com poden desaparèixer unes substàncies i formar-se altres que no estaven inicialment. Concreteu per al cas en què les substàncies simples hidrogen i clor (en fase gasosa) reaccionen químicament, desapareixen (en part) i formen una substància nova (que és un compost).

La teoria atòmico-molecular explica l'existència de propietats comunes a tots els materials (massa, volum, pes, etc.), el comportament físic dels gasos i la diversitat de substàncies. A més, com veurem ara, permet una fàcil interpretació de les reaccions químiques. En una primera aproximació, aquestes poden considerar-se com un procés de xocs entre partícules, en el que les molècules de les substàncies inicials (reactius) desapareixen en trencar-se (si tenen més d'un àtom) i en el que es formen noves molècules (és a dir, noves substàncies) a partir de la unió dels mateixos àtoms, però reorganitzats de forma diferent.

Així, la reacció entre l'hidrogen i clor gasosos serà:



O bé, mitjançant símbols: 
$$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$$

Aquest model de reacció química com reordenació d'àtoms no sols explica que desapareguen unes substàncies (reaccionants) i apareguen altres noves (productes), amb propietats molt diferents, sinó que, en alguns casos, siga possible recuperar les substàncies inicials (que havien desaparegut) a partir dels productes de la reacció. Açò és possible perquè, segons el model, els àtoms inicials estan formant part de les molècules dels productes i, per tant, és possible que, en determinades condicions, aquestes molècules es trenquen i els àtoms tornen a unir-se formant molècules idèntiques a les inicials.

La validesa d'aquest model de reacció química pot ésser contrastada, a més, per les prediccions macroscòpiques (mesurables directament al laboratori), que es dedueixen d'ell, que coincideixen, com veurem, amb diferents lleis empíriques que s'havien obtingut sense formular cap hipòtesis sobre la constitució submicroscòpica de les substàncies i que, aparentment, no guardaven relació entre elles (Llei de conservació de la massa i llei de les proporcions constants).

### 3.3. Els canvis materials als processos químics: Llei de la conservació de la massa i llei de les proporcions constants

Una transformació química suposa, segons la teoria atòmico-molecular, una reordenació d'àtoms. Així, per exemple, el clor pot reaccionar amb l'hidrogen i donar una nova substància, de propietats molt diferents al clor o a l'hidrogen, anomenada clorur d'hidrogen. Malgrat això, hi ha quelcom que ha de romandre en qualsevol transformació química que es realitzi en un recinte tancat: els àtoms presents seguiran sent els mateixos, però agrupats de forma diferent.

**A.28.** D'acord amb la informació continguda al paràgraf anterior, suggeriu alguna conseqüència respecte de les masses de les substàncies que hi intervenen en una reacció química.

Donat que els àtoms i molècules tenen massa, si la reacció química es produeix de forma que pugui considerar-se un sistema **tancat** (un sistema en el que no entra ni ix cap substància des de, o cap a l'exterior), la massa total, en qualsevol moment de la reacció, serà la suma de les masses dels àtoms i, per tant, com sols es produeix una reordenació dels mateixos, ha de romandre constant. Aquesta conseqüència, que havia estat formulada de forma empírica uns anys abans d'enunciar la teoria atòmica de Dalton, rep el nom de “**principi de conservació de la massa**”:

La massa total de les substàncies que hi intervien en una reacció química que es produeix en un recipient tancat, roman constant en qualsevol moment del procés.

*A.29. Les següents reaccions sembla que contradiuen el principi de conservació de la massa:*

- Quan s'oxida un clau pesa més després d'oxidar-se que abans.*
- En afegir una pastilla efervescent a un got amb aigua, el pes total va disminuint.*
- En cremar un tronc de fusta, la cendra pesa menys que el tronc original.*



*Es tracta d'excepcions a l'esmentat principi? Suggestiu possibles explicacions així com la forma de comprovar-ne alguna.*

No es tracta d'excepcions perquè en cap dels casos anteriors tenim un sistema tancat. El clau s'oxida perquè el ferro es combina amb l'oxigen de l'aire, per tant haurà de pesar més perquè, al final tindrà més massa (la de tot l'oxigen que s'ha combinat amb el ferro). La pastilla efervescent, en entrar en contacte amb l'aigua es dissol i desprèn un gas (diòxid de carboni). Eixe gas té massa i, per tant, pesa, raó per la qual, en escapar-se a l'ambient el pes del got d'aigua amb la pastilla dissolta serà menor que el del got d'aigua i la pastilla sencera. Anàlogament succeeix en cremar una fusta, perquè en aquest cas es desprenen gasos, vapor d'aigua i fum, amb la qual cosa, les cendres pesaran menys que la fusta original.

Podem comprovar la conservació de la massa, per exemple en el segon cas dels que hem analitzat, si tenim la precaució de tancar hermèticament el matràs on col·loquem una pastilla efervescent (millor sols un tros, per evitar que bote el tap) en aigua. Si realitzem l'experiència (comprimint prou el tap per que no bote quan augmente la pressió a causa del gas que es desprèn) veurem que el pes del matràs amb l'aigua i la pastilla és el mateix al llarg de tot el procés, perquè hem evitat que s'escape el gas.

En estudiar les transformacions químiques, els científics s'adonaren d'altre fet d'especial importància, consistent en què:

“Sempre que es combinen dues substàncies, reaccionant per donar altra substància nova determinada, les masses que reaccionen estan en la mateixa proporció. Anàlogament ocorre en descompondre una substància en altres”.

El resultat anterior es coneix com: **Llei de les proporcions constants** i fou enunciat per primera vegada a principis del segle XIX, pel químic francès Marcel Proust.

Val la pena detenir-se un poc per intentar clarificar aquesta llei:

El que ens diu és què, per exemple, quan reaccionen l'hidrogen amb el clor per donar clorur d'hidrogen, HCl, no ho poden fer en quantitats aleatòries, sinó que sempre ho fan en la mateixa

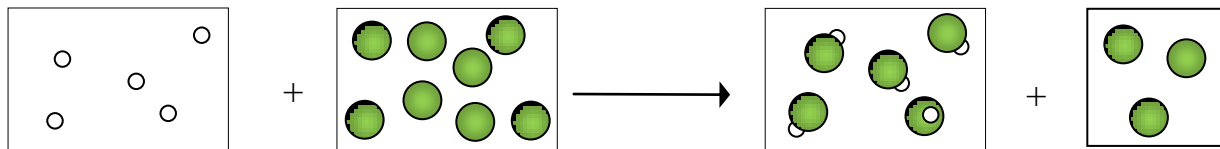
## 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

proporció (en aquest cas, 1 g d'hidrogen per cada 35'5 g de clor). Açò significa que, si mesquem, per exemple, 2 g d'hidrogen amb 98 g de clor i els fem reaccionar, no podrem obtindre 100 g de HCl sinó tan sols 73 g de HCl (com màxim) i sobraran 27 g de clor que no podran combinar-se.

Fixem-nos que aquesta llei és, en realitat, una conseqüència de l'estructura atòmica de la matèria:

Cada àtom d'hidrogen sols pot unir-se a un de clor per produir una molècula de HCl, de forma que, una vegada s'hagen combinat tots els àtoms d'hidrogen existents en els 2 grams inicials, no ens servirà tindre més clor si ja no en queden més àtoms d'hidrogen per a combinar-se.

Si suposem que partim d'hidrogen i clor monoatòmics en fase gasosa i que el clorur d'hidrogen és HCl, el procés podria representar-se esquemàticament com:



Les esferes verdes dels rectangles anteriors corresponen a àtoms de clor i les blanques a àtoms d'hidrogen.

Com la molècula de clorur d'hidrogen, HCl, està formada sols per hidrogen i clor, la relació entre la massa d'hidrogen i la massa de clor que reaccionen per donar el compost clorur d'hidrogen, dependrà sols de les masses dels àtoms d'hidrogen i dels àtoms de clor (que tenen un valor fix cadascuna).

Si admetem, com hem fet al dibuix anterior, que la "fórmula molecular" del clorur d'hidrogen és HCl i sabem experimentalment que cada gram d'hidrogen que reacciona ho fa sempre amb 35'5 grams de clor, ¿quines conseqüències cap esperar respecte de la relació existent entre les masses d'un àtom de clor i un àtom d'hidrogen?

Com es combinen un àtom amb un àtom, podem afirmar que:

"En 35'5 grams de clor hi ha els mateixos àtoms que en 1 g d'hidrogen"

i, per tant, què:

"La massa d'un àtom de clor serà 35'5 veges major que la d'un àtom d'hidrogen".

### 3.4. Massa atòmica i massa molecular

Fixem-nos que la teoria atòmica de Dalton no sols permeté explicar lleis bàsiques de la química, sinó que també obrí la possibilitat de mesurar les masses relatives dels àtoms. Es pogué establir així una escala de masses atòmiques relatives en la que es prenia la massa de l'àtom d'hidrogen com unitat. El símbol d'aquesta nova magnitud és  $A_r$ . En la taula següent s'indiquen les masses relatives d'alguns àtoms.

Element	Hidrogen (H)	Oxigen (O)	Nitrogen (N)	Plata (Ag)	Or (Au)	Urani (U)
$A_r$	1	16	14	107	198	238



#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

D'acord amb el que acabem de dir, el fet que la massa atòmica relativa del nitrogen siga 14, significa que la massa d'un àtom de nitrogen és 14 vegades major que la d'un àtom d'hidrogen.

**A.30.** *Utilitzeu la taula anterior per contestar la següent qüestió: Si tenim 1 g d'hidrogen, quants grams d'urani caldran per tindre el mateix nombre d'àtoms d'urani que d'hidrogen?*

Conèixer els valors de les masses relatives dels diferents àtoms, permet calcular les masses de les molècules. Es defineix així la massa molecular relativa com el nombre de vegades que la massa d'una molècula és major que la massa de l'àtom d'hidrogen. El seu símbol és  $M_r$ .

**A.31.** *Com podriem calcular la massa relativa d'una molècula? Amb les dades de la taula anterior calculeu la massa molecular relativa de les següents substàncies: hidrogen ( $H_2$ ); oxigen ( $O_2$ ); ozó ( $O_3$ ); nitrogen ( $N_2$ ); aigua ( $H_2O$ ); amoníac ( $NH_3$ ).*

**A.32.** *Què significa que la massa molecular relativa de l'aigua és 18?*

- a) *Que una molècula d'aigua té una massa de 18 g*
- b) *Que la massa d'una molècula d'aigua és 18 vegades major que la d'un àtom d'hidrogen*
- c) *Que en 1 g d'aigua hi ha 18 molècules*

**A.33.** *Quantes vegades és major la massa d'una molècula d'amoníac ( $NH_3$ ) que la d'una molècula d'hidrogen ( $H_2$ )? R. El resultat no és 17.*

**A.34.** *Com a màxim, quants grams d'oxigen es podran obtindre en descompondre totalment 18 g d'aigua? Quants d'hidrogen?*

Cada àtom d'oxigen té una massa 16 vegades major que 1 àtom d'hidrogen i, per tant, 8 vegades major que 2 àtoms d'hidrogen. Com l'aigua és  $H_2O$ , la massa corresponent a l'oxigen serà 8 vegades major que la que aporte tot l'hidrogen, així que, dels 18 g d'aigua, 2 g hauran d'ésser d'hidrogen i els altres 16, d'oxigen ( $16 = 8 \cdot 2$ ).

#### 4. UN ÈXIT DE LA TEORIA ATÒMICO-MOLECULAR: EL SISTEMA PERIÒDIC DELS ELEMENTS

Al llarg del segle XIX es descobriren nous elements químics. A més, s'anaren coneixent de forma més precisa les propietats de molts elements i prompte s'observà que alguns posseïen propietats químiques prou paregudes. Açò permeté agrupar-los en famílies. La major aportació en aquest sentit la realitzà el científic rus Dimitri Ivanovich Mendeleiev (1834-1907). El mètode que utilitzà per classificar i disposar tots els elements químics donà lloc a l'anomenat “**sistema periòdic dels elements**”, un dels instruments més valuosos de la química.

Mendeleiev ordenà els 63 elements químics coneguts en aquell moment situant-los en fila, segons un ordre creixent de la massa atòmica i, quan arribava a un element que tenia propietats anàlogues a altre ja situat, iniciava una nova fila col·locant-lo baix d'ell. Així, els elements quedaven organitzats en forma de taula en la qual, els que estaven a la mateixa columna tenien propietats anàlogues i constituïen un **grup** o **família**. Cada fila s'anomenà **període**.

Actualment es coneixen més d'un centenar d'elements químics diferents (vegeu el sistema periòdic al final del tema). Com es pot apreciar, els elements de propietats paregudes estan agrupats en columnes o famílies. Convé recordar especialment les famílies dels elements més representatius (les

#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

més llargues). Habitualment, al conjunt d'aquestes famílies se'ls anomena **sistema periòdic curt**, i és el que utilitzarem més a sovint en aquest curs (encara que tampoc complet del tot).

#### SISTEMA PERIÒDIC CURT

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H (Hidrogen)							He (Heli)
Li (Liti)	Be (Beril·li)	B (Bor)	C (Carboni)	N (Nitrogen)	O (Oxigen)	F (Fluor)	Ne (Neó)
Na (Sodi)	Mg (Magnesi)	Al (Alumini)	Si (Silici)	P (Fòsfor)	S (Sofre)	Cl (Clor)	Ar (Argó)
K (Potassi)	Ca (Calci)		Ge (Germani)	As (Arsènic)	Se (Seleni)	Br (Brom)	Kr (Kriptó)
Rb (Rubidi)	Sr (Estronci)		Sn (Estany)	Sb (Antimoni)	Te (Telur)	I (Iode)	Xe (Xenó)
Cs (Cesi)	Ba (Bari)		Pb (Plom)	Bi (Bismut)			Rn (Radó)

Naturalment, una pregunta que es planteja immediatament és el motiu pel qual els elements químics d'una mateixa família tenen propietats paregudes. Si els àtoms foren realment partícules elementals, indivisibles i immutables, seria un fet de difícil explicació. Pel contrari, les agrupacions dels elements en famílies fa pensar en àtoms amb una certa estructura interna, que hauria d'ésser similar entre els elements d'una mateixa família (i diferent a la d'altres famílies).

#### 5. SEPARACIÓ DE LES SUBSTÀNCIES QUE COMPOSEN UNA MESCLA

La majoria de les substàncies químiques no es troben a la naturalesa aïllades, sinó acompanyades (en major o menor proporció) d'altres, formant mescles. A més, quan s'obté una substància determinada en un laboratori o mitjançant processos industrials, és freqüent que intervinguen o es formen també altres substàncies no desitjades. És per això que, un dels principals problemes que es planteja la química és la separació i purificació dels productes que, per una o altra raó, volem obtenir.

Les tècniques de separació es basen, com és lògic, en el fet que, a substàncies diferents els correspondran propietats distintes. Es tracta, doncs, d'aprofitar la diferència de propietats per aconseguir separar-les.

Un mètode tradicional per obtenir sal comuna és disposar aigua salada en grans extensions de poca profunditat (salines) i deixar que l'aigua es vaja evaporant a poc a poc. D'aquesta forma l'aigua pura passa a l'atmosfera i la sal que contenia queda a terra, a punt per ser recollida.

Actualment, a causa de l'escassetat d'aigua dolça, ha adquirit gran rellevància la utilització d'aigua de mar per obtenir aigua potable en eliminar les sals minerals que porta dissoltes. Per a això s'utilitzen modernes estacions dessaladores.

Es tracta d'una tecnologia interessant, però que ha d'anar acompanyada de mesures paral·leles d'estalvi. El procés es realitza en plantes potabilitzadores, bé per evaporació de l'aigua de mar (i la posterior condensació), o bé per osmosi inversa (fent passar l'aigua salada a través d'unes membranes semipermeables).



(A la foto: Part de les salines de Imón a Guadalajara. En elles s'extreia aigua salada del subsòl mitjançant pous i sínies. La sea construcció data del segle X. Van deixar de funcionar el 1996).

### 5.1. Separació dels components d'una mescla heterogènia

Sabem que una mescla heterogènia és un sistema en el que distintes parts del mateix tenen diferent composició i, per tant, distintes propietats. Els components d'un sistema heterogeni es poden distingir a ull o bé amb ajuda d'una lupa o un microscopi.

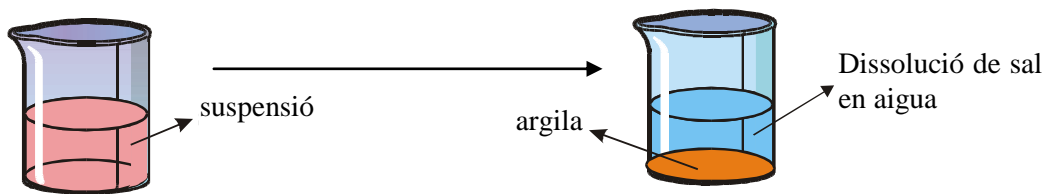
*A.36. Suggeriu algun procediment per separar una mescla de sofre en pols (groc) i de ferro en pols (negre). Després, si és possible, porteu-lo a terme.*

Es tracta de dues substàncies sòlides que poden separar-se fàcilment aprofitant la propietat del ferro d'ésser atret per un imant (propietat que no presenta el sofre). Però, si col·loquem un poc de la mescla en una capça de porcellana i escalfem prou, podrem comprovar que es forma un compost (sulfur de ferro), en el que ja no es detecten les propietats del sofre ni del ferro (que sí que es conservaven quan estaven simplement mesclats). Així, el compost no és atret per l'imant.

*A.37. Ens presenten una mescla de pols d'argila seca i de sal comuna (clorur de sodi). Suggeriu un procediment per separar la major quantitat possible de clorur de sodi.*

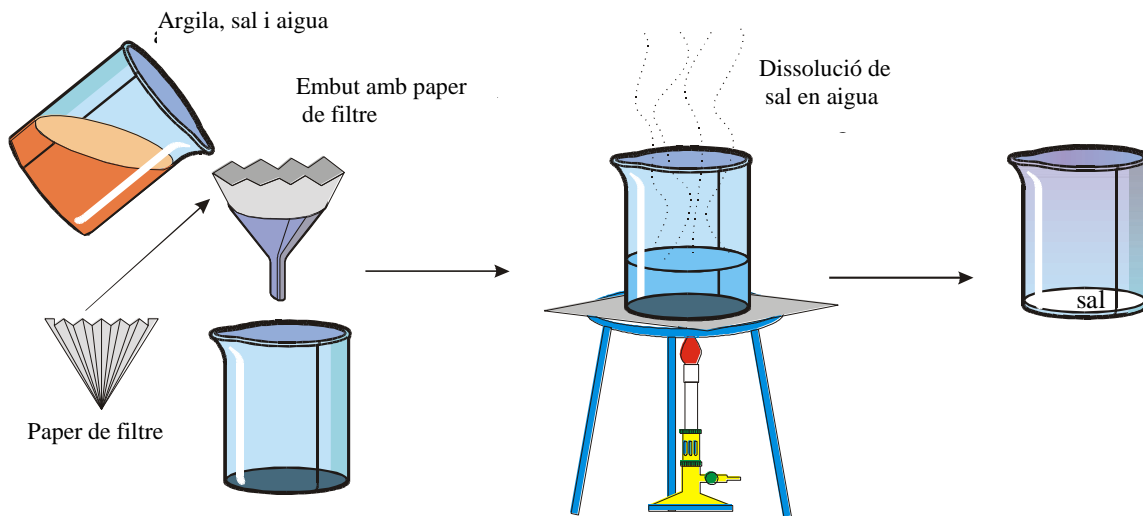
Sabem que la sal comuna es dissol perfectament en aigua. Per tant, podem pensar en disposar la mescla dins d'un got adequat i afegir aigua suficient, remenant contínuament amb una vareta de vidre, fins que tota la sal s'haja dissolt. L'argila, pel contrari, queda en suspensió, donant un aspecte tèrbol a la dissolució salina. Si mirarem amb un microscopi, no podríem veure les partícules de sal, però sí que apreciariem les d'argila. La mescla d'argila i aigua s'anomena **suspensió**. Si la deixarem reposar el temps suficient, tota l'argila acabaria dipositant-se al fons del got i, per damunt, quedaria la dissolució de sal en aigua.

#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria



Si una suspensió es deixa en repòs, la substància en suspensió acaba dipositant-se al fons del recipient en més o menys temps (depenent de la grandària de les partícules).

Però, si no volem esperar, sols hem de filtrar la mescla, perquè les partícules d'argila són massa grans com per travessar els porus del paper de filtre. Per aconseguir-ho, podem preparar el paper de filtre i col·locar-lo en un embut com s'indica a la figura següent.



Afegint la mescla a poc a poc, a l'embut queda l'argila (i un poc de clorur de sodi en l'aigua) i en el got de baix arrebpleguem la major part de la dissolució aquosa de clorur de sodi. Després, sols haurem d'evaporar l'aigua i arrebplegar la sal que quede al got. Si es vol obtenir més sal, podem afegir més aigua destil·lada a l'argila de l'embut i repetir l'operació.

La separació de les substàncies de l'experiència anterior ha estat senzilla perquè, en una suspensió, les partícules són massa grans per travessar els porus del paper de filtre. Però, entre una suspensió i una vertadera dissolució pot haver-hi altres casos intermedis en els que les partícules de la fase dispersa tenen una mida intermèdia. En aquests casos sí que poden travessar el paper de filtre i no sedimenten (o ho fan després de molt de temps). Es tracta de **dispersions col·loïdals**. Aquestes, a simple vista, tenen l'aspecte de mescles homogènies, però amb ajuda d'una lupa (en alguns casos), o amb un microscopi convencional (en altres), és possible veure que no es tracta realment d'una dissolució.

La majoria de líquids orgànics (com per exemple la sang) són dispersions col·loïdals. Altres exemples són la maionesa, clara d'ou, gelatines, pintures, llet, etc. Existeixen diversos tipus de dispersions, segons siga la fase dispersa i el medi en què es trobe. Quan la fase dispersa és un sòlid o un líquid i el medi és un gas (fum, boira, etc.) es parla d'**aerosols** (com són, per exemple, el fum o la boira). Quan tant la fase dispersa com el medi són líquids que no es poden mesclar (no miscibles) s'anomena **emulsió**. Existeixen substàncies que faciliten la formació d'emulsions (s'anomenen emulsionants), com per exemple el rovell de l'ou, que s'utilitza per preparar maionesa, i la caseïna de la llet.

En el cas de la llet, la fase dispersa està formada fonamentalment per proteïnes (sobre tot caseïna), hidrats de carboni (principalment lactosa), substàncies grasses, sals minerals i vitamines, en distints estats de dispersió. Les molècules de proteïnes recobreixen altres partícules de la fase dispersa i impedeixen que s'ajunten i precipiten. En canvi, les mateixes proteïnes en medi àcid precipiten (en aquest cas es diu que la caseïna es coagula).

**A.38.** *Suggeriu un procediment per separar la caseïna de la llet i, si és possible, feu-ho.*

Un procediment casolà molt senzill consisteix en posar la llet a escalfar. Un poc abans d'arribar al punt d'ebullició s'afegeix suc de llima (medi àcid) poc a poc i es remena fins que es "talla" la llet. Es forma així un precipitat (grumollós) que conté proteïnes (sobre tot caseïna), grasses, sals minerals i vitamines liposolubles. Es pot filtrar i consumir com formatge fresc (afegint-li un poc de sucre té un sabor formidable). El que queda és el xerigot de llet, que s'utilitza com aliment per animals i també per fabricar el mató.

### 5.2. Separació dels components d'una mescla homogènia

Sabem que una mescla homogènia és un sistema constituït per dues o més substàncies, de forma que, si prenem una mostra qualsevol de la mateixa, la composició i propietats no canvien, independentment de la grandària i la zona del sistema d'on l'agafem. Els components d'una mescla homogènia no poden distingir-se, ni tan sols amb ajuda d'un microscopi convencional. Les dissolucions són mescles homogènies. Recordem que la substància present en major proporció s'anomena dissolvent i, l'altra, solut.

Com ja hem vist anteriorment, hi ha diferents tipus de dissolucions segons l'estat físic del solut i dissolvent. Així, podem tindre dissolucions de gasos en gasos, de sòlids en líquid, de gasos en líquid, d'un o més líquids en altre líquid, etc. En tots els casos, realitzar la separació de les diferents substàncies que conformen la mescla serà més difícil que en el cas de les mescles heterogènies, raó per la qual haurem de recórrer a altres mètodes, que seran diferents segons l'estat físic dels components.

**a) Destil·lació del vi.** El vi és una mescla homogènia prou complexa. A més d'alcohol etílic i aigua conté moltes altres substàncies com esters, tanins i sals minerals. L'alcohol etílic o etanol bull a 78°C, mentre que l'aigua ho fa a 100 °C (ambdós a la pressió atmosfèrica).

**A.39.** *Proposeu un possible mètode per separar l'alcohol etílic contingut en un vi negre.*

Basant-nos que l'alcohol bull abans que l'aigua podem efectuar una destil·lació del vi en un aparell de destil·lació.

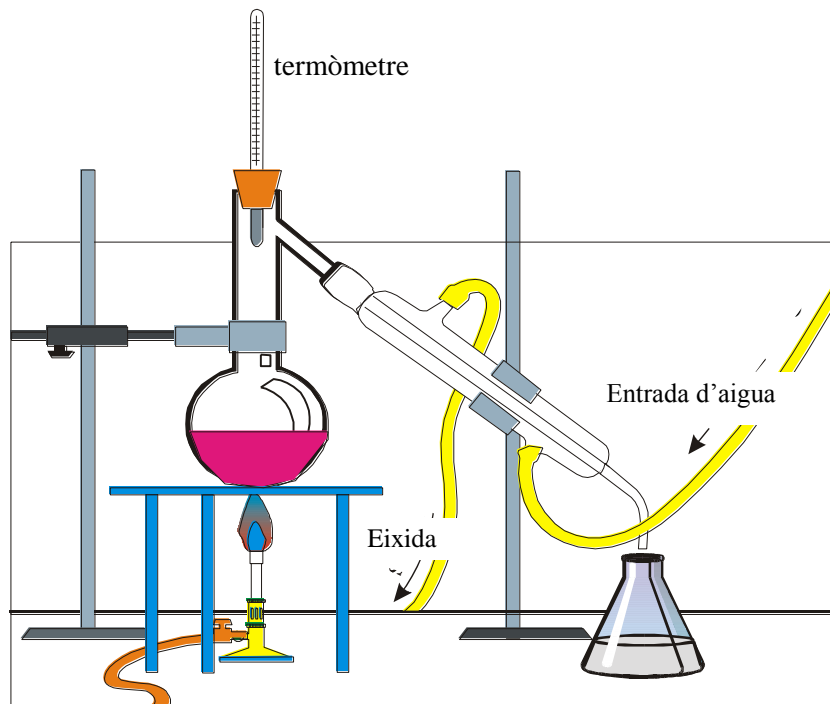


En el muntatge per a la destil·lació del vi convé tindre en compte que:

- ✓ L'aigua per a la refrigeració ha d'entrar per la part de baix (per mantindre així el refrigerant sempre ple d'aigua gelada) i circular en sentit contrari al vapor.
- ✓ El bulb del termòmetre ha d'estar just per baix de l'embocadura lateral del matràs de destil·lació, per que la temperatura llegida corresponga realment a la del vapor.
- ✓ Si afegim uns trossos de porcellana porosa al vi contingut al matràs es facilita l'ebullició homogènia del mateix (i no es produeixen esquitxades).

#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

- ✓ L'escalfament del matràs de destil·lació s'ha de portar a terme de forma suau, tractant que destil·le aproximadament una o dues gotes cada segon.



La temperatura dels vapors que es desprenen durant l'ebullició del vi es controla amb ajuda del termòmetre. El vi bull a una temperatura menor de 100 °C (el valor concret depèn de la proporció d'alcohol). Mentre dura la vaporització, la temperatura del termòmetre no canvia, però quan acaba la destil·lació, la temperatura torna a pujar.

L'etanol és més volàtil que l'aigua però en vaporitzar-se, arrossega una part d'aigua, raó per la qual, en el líquid destil·lat (si la destil·lació es fa a poc a poc) s'obté etanol mesclat amb un poc d'aigua. De fet, si arrepleguem unes gotes del destil·lat i les posem en un vidre de rellotge, acostant una flama, podem aconseguir que s'encenga (fet que indica la presència de l'etanol). Una forma d'enriquir la mescla obtinguda en etanol és tornar a destil·lar el líquid arreplegat en el col·lector les vegades necessàries fins obtenir la riquesa desitjada en etanol.

**b) Cristal·lització.** Aquest procediment es basa en obtenir una substància en estat sòlid a partir d'una dissolució de la mateixa. Això es pot aconseguir modificant alguns factors, com la temperatura de la dissolució o la quantitat de dissolvent present. Un procediment comú és deixar evaporar lentament el dissolvent de manera que, en succeir això, la dissolució es fa més concentrada i finalment es satura dipositant-se l'excés de solut a poc a poc en forma de cristalls. D'aquesta forma és fàcil obtenir en el laboratori cristalls d'algunes sals, com el clorur de sodi o el sulfat de coure (II).



(Laboratori de Química. IES Cid. Valencia)

## 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

Concretament, per obtenir uns bons cristalls de sulfat de coure (II) pentahidratat,  $\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ , convé dissoldre aquesta sal en calent (ja que la seva solubilitat augmenta amb la temperatura), filtrar per eliminar les possibles impureses mitjançant un filtre de paper i finalment situar la dissolució en un cristal·litzador, el qual es deixarà reposar sobre una superfície plana. Transcorreguts uns dies apareixen uns cristalls blaus de cares ròmbiques característiques; aleshores es pot filtrar de nou per separar els vidres i després rentar-los amb aigua freda i etanol.

S'ha de tindre present que el sulfat de coure (II) és una substància molt tòxica pels organismes aquàtics, s'acumula en els peixos i afecta a la xarxa alimentària humana, per això, **no s'ha d'eliminar per l'aigüera**. Els cristalls obtinguts es poden reutilitzar, mentre que la dissolució que queda pot reciclar-se eliminant la major part d'aigua per ebullició i després recristal·litzant. En qualsevol cas, hem d'utilitzar sempre la menor quantitat possible.

Altra sal, que forma bonics cristalls és l'alum de potassi,  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ . El procediment és el mateix que el descrit anteriorment: dissolució de la sal en calent (per exemple, 40 g en 200 ml d'aigua) seguida de filtració i cristal·lització lenta per evaporació del dissolvent. Si la cristal·lització es realitza en un lloc sense vibracions, en uns dies apareixen uns grans cristalls incoloros, transparents i de forma octaèdrica, com els de la figura adjunta.



La cristal·lització és una tècnica molt utilitzada per purificar substàncies, ja que els soluts obtinguts en forma cristal·lina solen tindre un alt grau de puresa degut a que les impureses solen ser més solubles que el compost que cristal·litza i es queden en la dissolució.

### RECAPITULACIÓ

El problema que iniciava aquest capítol era: Després d'admetre que tota la matèria està feta de partícules extraordinàriament diminutes, com són eixes partícules i quines coses expliquen?

L'estudi de les propietats de les mescles, substàncies simples, substàncies compostes, les dissolucions i els gasos, permeté a Dalton elaborar la teoria atòmica, segons la qual, tota la matèria ordinària estava formada, en darrera instància, per àtoms o partícules elementals extraordinàriament xicotetes i immutables.

La teoria atòmica i molecular de la matèria permet una primera aproximació per entendre com ocorren les reaccions químiques i també explica l'existència de substàncies simples i compostes. Al mateix temps, permet comprendre algunes lleis bàsiques com la conservació de la massa en les transformacions químiques i la llei de les proporcions constants.

Finalment, també hem vist com era possible esbrinar la massa atòmica relativa dels àtoms i com es pot explicar l'existència de milions de substàncies químiques diferents mitjançant la combinació de poc més d'un centenar d'àtoms distints (agrupats per facilitar el seu estudi en el sistema periòdic dels elements).

En el proper tema ens plantejarem si els àtoms són realment partícules elementals, com pensava Dalton, o si, pel contrari, tenen alguna estructura interna que permeta donar compte de tot un seguit d'interrogants com, per exemple, la forma en què s'enllacen uns amb altres per donar lloc a diferents substàncies i per què existeixen famílies d'elements amb propietats paregudes.

# SISTEMA PERIÒDIC DELS ELEMENTS

(El color indica l'estat en que es troba en condicions ordinàries de pressió i temperatura, o si es tracta d'un element obtingut artificialment)

PERIODE	Grup 1A 1		Clau										Sòlids				Gasos		Líquids		Artificials		Gasos Nobles 18 (0)										
	IIA 2		Nombre atòmic →										III A 13				IV A 14		V A 15		VI A 16			VII A 17									
1	1 1 <sup>0</sup> H Hidrogen		Clau																				1 4 <sup>0</sup> He Heli										
2	3 6 <sup>9</sup> Li Liti	4 9 <sup>0</sup> Be Beril·li	Nom → Nitrogen										5 10 <sup>8</sup> B Bor				6 12 <sup>0</sup> C Carboni		7 14 <sup>0</sup> N Nitrogen		8 16 <sup>0</sup> O Oxigen		9 19 <sup>0</sup> F Fluor		10 20 <sup>1</sup> Ne Neó								
3	11 22 <sup>9</sup> Na Sodi	12 24 <sup>3</sup> Mg Magnesi	III B 3		IV B 4		V B 5		VI B 6		VII B 7		VIII 8 9 10			IB 11	IIB 12	13 27 Al Alumini				14 28 <sup>0</sup> Si Silici		15 31 <sup>0</sup> P Fòsfor		16 32 <sup>0</sup> S Sofre		17 35 <sup>5</sup> Cl Clor		18 39 <sup>9</sup> Ar Argó			
4	19 39 <sup>1</sup> K Potassi	20 40 <sup>0</sup> Ca Calci	21 44 <sup>9</sup> Sc Escandi		22 47 <sup>9</sup> Ti Titani		23 50 <sup>0</sup> V Vanadi		24 52 <sup>0</sup> Cr Crom		25 55 <sup>0</sup> Mn Manganès		26 55 <sup>8</sup> Fe Ferro		27 58 <sup>9</sup> Co Cobalt		28 58 <sup>7</sup> Ni Níquel		29 63 <sup>5</sup> Cu Coure		30 65 <sup>4</sup> Zn Zinc		31 69 <sup>7</sup> Ga Gal·li		32 72 <sup>6</sup> Ge Germani		33 74 <sup>9</sup> As Arsènic		34 78 <sup>9</sup> Se Seleni		35 79 <sup>9</sup> Br Brom		36 83 <sup>8</sup> Kr Criptó
5	37 85 <sup>5</sup> Rb Rubidi	38 87 <sup>6</sup> Sr Estronci	39 88 <sup>9</sup> Y Itri		40 91 <sup>2</sup> Zr Zirconi		41 92 <sup>9</sup> Nb Niobi		42 95 <sup>9</sup> Mo Molibdé		43 99 <sup>0</sup> Tc Tecneci		44 101 <sup>1</sup> Ru Ruteni		45 102 <sup>9</sup> Rh Rodi		46 106 <sup>4</sup> Pd Pal·ladi		47 107 <sup>9</sup> Ag Plata		48 112 <sup>4</sup> Cd Cadmí		49 114 <sup>8</sup> In Indi		50 118 <sup>7</sup> Sn Estany		51 121 <sup>7</sup> Sb Antimoni		52 127 <sup>6</sup> Te Telur		53 126 <sup>9</sup> I Iode		54 131 <sup>3</sup> Xe Xenó
6	55 132 <sup>9</sup> Cs Cesi	56 137 <sup>3</sup> Ba Bari	57 138 <sup>9</sup> La Lantà		72 178 <sup>5</sup> Hf Hafni		73 180 <sup>9</sup> Ta Tantali		74 183 <sup>8</sup> W Volframi		75 186 <sup>2</sup> Re Reni		76 190 <sup>2</sup> Os Osmi		77 192 <sup>2</sup> Ir Iridi		78 195 <sup>1</sup> Pt Platí		79 196 <sup>9</sup> Au Or		80 200 <sup>5</sup> Hg Mercuri		81 204 <sup>3</sup> Tl Tal·li		82 207 <sup>2</sup> Pb Plom		83 208 <sup>9</sup> Bi Bismut		84 210 <sup>0</sup> Po Poloni		85 210 <sup>0</sup> At Astat		86 222 <sup>0</sup> Rn Radó
7	87 223 Fr Franci	88 226 Ra Radi	89 227 Ac Actini		104 261 Rf Rutherfordi		105 262 Db Dubni		106 266 Sg Seaborgi		107 264 Bh Bohri		108 269 Hs Hesi		109 268 Mt Meitneri		110 269 Ds Darmstadi		111 272 Rg Roentgeni		112 285 Cn Copernici		113 284 Uut Ununtri		114 289 Fl Flerovi		115 288 Uup Unumpenti		116 292 Lv Livermori		117 Uus Ununsepti		118 294 Uuo Ununocti

Lantànids	6	58 140 <sup>1</sup> Ce Ceri	59 140 <sup>9</sup> Pr Praseodimi	60 144 <sup>2</sup> Nd Neodimio	61 147 Pm Prometi	62 150 <sup>3</sup> Sm Samari	63 151 <sup>9</sup> Eu Europi	64 157 <sup>2</sup> Gd Gadolini	65 158 <sup>9</sup> Tb Terbi	66 162 <sup>5</sup> Dy Disprosi	67 164 <sup>9</sup> Ho Holmi	68 167 <sup>3</sup> Er Erbi	69 168 <sup>9</sup> Tm Tuli	70 173 <sup>0</sup> Yb Iterbi	71 174 <sup>9</sup> Lu Luteci
Actínids	7	90 232 <sup>0</sup> Th Tori	91 231 Pa Protactini	92 238 <sup>0</sup> U Urani	93 237 Np Neptuni	94 242 Pu Plutoni	95 243 Am Americi	96 247 Cm Curio	97 247 Bk Berkeli	98 251 Cf Californi	99 254 Es Einsteini	100 253 Fm Fermi	101 256 Md Mendelevi	102 254 No Nobeli	103 257 Lr Laurenci



#### 4. TEORIA ATÒMICA I MOLECULAR. ACTIVITATS DE REFORÇ

1. Donades les substàncies següents: aigua destil·lada, coure, clorur de sodi (sal comuna), or, oxigen, sucre, hidrogen i amoníac; classifiqueu-les en substàncies simples i compostos químics. Expliqueu la diferència que hi ha entre una substància simple i un compost.

2. Classifiqueu les següents mescles en homogènies o heterogènies: sal dissolta en aigua, sal i sorra, sorra i llimadures de ferro, vi, alcohol de farmàcia, granit. Com pot distingir-se una mescla homogènia d'una heterogènia?

3. Poseu dos exemples de mescles de diferents sòlids, dos de mescles de sòlids i líquids, dos de mescles de líquids, dos de mescles de líquids i gasos i dos de mescles de gasos. Tot seguit, classifiqueu-les com homogènies o heterogènies.

4. Doneu quatre exemples de dissolucions i identifiqueu en cada cas el solut i el dissolvent.

5. Determineu la concentració en g/l d'una dissolució obtinguda en dissoldre 5 g de sal comuna en aigua, sabent que el volum total de la dissolució és de 250 ml. R.  $C = 20 \text{ g/l}$

6. A una persona li diuen que té 1'060 g de glucosa per litre de sang. Els valors normals (es mesuren en dejú) de concentració de glucosa en sang estan compresos entre 70 mg/dl i 110 mg/dl. Té motius per estar preocupada?

7. Tenim una dissolució de nitrat de potassi en aigua, de concentració 12 g/l.

a) Quin volum d'aquesta dissolució conté 39 g de nitrat de potassi?

b) Si deixem evaporar totalment l'aigua de 50 ml d'aquesta dissolució, quant solut quedarà?

R. a) 3'25 l de dissolució, b) 0'6 g.

8. Calculeu la concentració, expressada en % en massa, d'una dissolució preparada dissolent 30 g de sucre en 130 g d'aigua. R..  $C = 17'75 \%$  o  $17'75 \text{ g de sucre}/100 \text{ g de dissolució}$

9. Calculeu la massa de bicarbonat de sodi necessària per preparar 350 g d'una dissolució aquosa al 20 % en massa. R. 70 g.

10. Una ampolla de vi té un volum de 450 ml i porta la següent indicació: 12°. Expliqueu el significat i calculeu el volum d'alcohol que conté l'ampolla. R. 54 ml.

11. Calculeu la concentració (en tant per cent en volum) d'una dissolució formada per 18 ml d'alcohol etílic en 60 ml de dissolució. R. 30%.

12. Un alumne afirma que, si afegeixes 160 g de sal comuna a 0'5 l d'aigua i després remous fins que es dissolga totalment, la concentració de la dissolució resultant serà de 320 g de sal per cada litre de dissolució (320 g / l) . Expliqueu en què s'equivoca.

13. És possible que, a partir d'una sola substància simple puguem obtenir altra substància simple diferent a la primera? En cas afirmatiu, poseu algun exemple i assenyalau què tindrien en comú.

#### 4. Teoria atòmica i molecular de la matèria

14. Indiqueu mètodes per separar els components de les següents mescles heterogènies: arena i llimadures de ferro, farina i arròs, arena i aigua, aigua i oli.

15. Expliqueu detalladament com procediríeu al laboratori per separar una mescla formada per arena de mar, llimadures de ferro i sal comuna (NaCl). Realitzeu, si és possible, l'experiència.

16. Indiqueu dos mètodes per separar els components d'una dissolució, explicant en què consisteix cadascun d'ells.

17. Calculeu la massa (en g) d'hidrogen ( $H_2$ ) que reacciona completament amb 64 g d'oxigen ( $O_2$ ) si s'obtenen 72 g d'aigua ( $H_2O$ ). R. 8 g de  $H_2$

18. Què significa que la massa atòmica relativa de l'oxigen és 16?

17. Calculeu la massa molecular relativa del clorur d'hidrogen (HCl), de l'àcid nítric ( $HNO_3$ ) i de l'àcid sulfúric ( $H_2SO_4$ ).

20. Llegiu atentament el següent text sobre la conservació de la massa en els canvis químics i comenteu-lo a classe:

Com hem vist en el tema, la conservació de la massa en els canvis químics és una conseqüència necessària de l'estructura atòmica de la matèria. No obstant, és un principi al que històricament, no fou fàcil arribar. Fins i tot al segle XVIII continuaven manejant-se certes substàncies hipotètiques, una de les més importants era el **flogist**. Es tractava d'una substància molt curiosa: de vegades s'associava amb el foc, no era possible veure-la, unes vegades es considerava que no tenia pes i altres que en tenia, però negatiu. Per als químics, la intervenció del flogist era essencial per explicar alguns canvis. En efecte, en aquella època, un metall oxidat s'anomenava CAL. En escalfar una CAL es pot produir un canvi químic i obtenir un metall pur. Així, per exemple, si escalfem una cal de ferro (el que avui anomenem òxid de ferro) podem obtenir ferro pur. Aquest canvi s'explicava dient que, en escalfar la CAL, el flogist que eixia del focus calorífic entrava en ella i la convertia en metall pur. Com s'explicava aleshores que el metall pur pesara menys que la cal? La resposta passava per admetre que el flogist tenia per negatiu (era lleuger).

Antoine Lavoisier fou un científic francès que visqué durant el segle XVIII. Estava format en diverses ciències i realitzà importants treballs en química. Des del principi, s'oposà a la teoria del flogist i altres idees químiques tradicionals. De fet, aprofità molts dels resultats experimentals obtinguts per altres químics, encara que ell els donà una nova interpretació. Així, per exemple, per a Lavoisier la pretesa absorció del flogist en escalfar la CAL d'un metall corresponia en realitat a una pèrdua d'oxigen, la qual cosa explicava que el metall pur pesara menys que la CAL (òxid metàl·lic) de la qual es produïa.

Els treballs que realitzà foren decisius en la superació de la teoria del flogist. Les conclusions a les quals arribà s'estengueren a qualsevol tipus de canvi químic, afirmant que:

**En tot sistema aïllat, tot i que canvie la massa d'alguns components, la massa total s'ha de conservar.**

A Lavoisier se li atribueix la publicació del primer dels llibres de text de química moderns. És curiós que, tot i les seues idees revolucionàries en Química, fou guillotinat durant la Revolució francesa, acusat de conservadorisme polític.

## 5. PRIMERES IDEES SOBRE L'ESTRUCTURA DELS ÀTOMS

### Com són els àtoms per dins?

Al tema anterior hem estudiat alguns dels fets que conduïren a l'elaboració i acceptació de la teoria atòmico-molecular. Sembla que hem abastat un límit constituït per poc més d'un centenar de classes d'àtoms diferents (**elements**) a partir dels quals es formen totes les substàncies existents (**simples i compostes**). A finals del segle XIX es pensava que els àtoms no podien ésser partícules indivisibles, sinó que havien de tindre una estructura interna a partir de la qual fóra possible explicar alguns fets poc clars. En efecte, la pròpia taula periòdica de Mendeleiev, prenent com base la massa atòmica suposava una gran ordenació de la Química, però també plantejava interrogants que apuntaven a l'existència d'una estructura interna dels propis àtoms:

- ❑ A què es pot deure que els elements, els àtoms dels quals tenen masses atòmiques **molt diferents** (com ocorre en cada columna del sistema periòdic) tinguen, en canvi, propietats **molt similars**?
- ❑ Com explicar que elements com el fluor (F) i el sodi (Na), els àtoms dels quals tenen masses atòmiques **molt paregudes** tinguen, en canvi, propietats **molt diferents**?

Però, a més del propi sistema periòdic, hi havia també un seguit de fets que feien dubtar que els àtoms foren partícules elementals. Alguns d'aquests fets són els següents:

- ❑ Se sabia que, friccionant dues substàncies neutres es poden electritzar. Ara be, si els àtoms són els mateixos abans i després de la fricció (segons Dalton els àtoms són indivisibles i immutables) com es produeix l'electrització?
- ❑ Si els àtoms es poden unir entre ells per a formar distintes substàncies ... cómo ho fan? (si foren partícules elementals, sense cap estructura interna, açò seria difícil d'explicar).
- ❑ El descobriment de la **radioactivitat** a finals del segle XIX permeté constatar l'existència de tres tipus d'emissió radioactiva:  $\alpha$  (alfa), formada per partícules amb càrrega positiva;  $\beta$  (beta), formada per partícules amb càrrega negativa; i radiació  $\gamma$  (gamma), sense càrrega elèctrica. Com aquest fenomen afectava distints elements químics i tots els elements estan formats per àtoms, les esmentades radiacions haurien de procedir de l'interior dels mateixos.

Els fets enumerats anteriorment (i altres que es veuran en cursos posteriors) posaven en qüestió que l'àtom poguera consistir únicament en una partícula elemental, és a dir, sense una estructura interna; però fou el descobriment d'una partícula molt menor que el més menut dels àtoms i amb càrrega elèctrica, el que portà, com veurem, a l'elaboració del primer model d'àtom.

### 1. EL DESCOBRIMENT DE L'ELECTRÓ

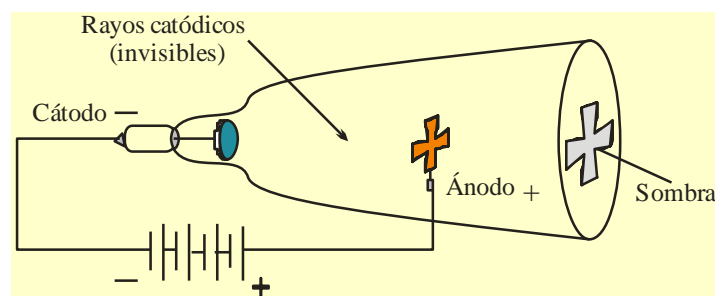
El fet que els àtoms puguin unir-se uns amb altres també resultaria molt difícil d'explicar si foren partícules elementals. ¿Perquè i com s'uneixen els àtoms d'una manera determinada per formar molècules?

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

Cap pensar que ha d'haver-hi alguna cosa que els mantinga units. En cas que es tractara de forces de tipus elèctric, les càrregues elèctriques podrien formar part dels àtoms. En efecte, els primers avanços amb base experimental sobre l'estructura interna dels àtoms vingueren d'estudis relacionats amb la naturalesa elèctrica de la matèria. En concret, es pretenia esbrinar alguna cosa sobre la naturalesa de l'espurna que, de vegades, bota entre dos objectes carregats que s'aproximen. De què està feta? Depèn del tipus de material dels objectes? L'aire que hi ha entre els objectes podia influir o fer més complex l'estudi, de forma que, es tractà d'aconseguir que "l'espurna" botara entre un objecte carregat negativament i altre positivament, ambdós col·locats dins d'un tub de vidre en el que hi havia un sol tipus de gas (neó, heli, mercuri gasós, hidrogen...), i en el que es podia aconseguir pressions molt baixes, arribant a "un buit molt elevat".

Els "objectes" carregats positiva i negativament són els extrems de cables connectats als pols d'una bateria. Faraday, en realitzar estudis sobre la conducció elèctrica en líquids, anomenà **elèctrodes** a aquests extrems, i, en particular, **càtode** al connectat al pol negatiu i **ànode** al connectat al pol positiu. Quan la pressió és de l'ordre d'unes centèsimes de la pressió atmosfèrica normal, no bota espurna alguna, sinó que es produeix una lluminositat dins del tub, el color de la qual depèn del gas que hi continga (aquests tubs són els antecedents dels tubs de neó i les làmpades fluorescents: així el neó emet una llum de color taronja brillant, l'heli produeix un halo blanc rosat i el vapor de mercuri proporciona una llum blau verdosa).

En disminuir la pressió fins una centmil·lèsima de la pressió atmosfèrica desapareix la llum de color característic emesa pel gas i apareix una dèbil fluorescència de tonalitat blavosa o verda a la paret del tub de vidre situada front al càtode. Plucker i Hittorf, en 1869, introduïren un objecte sòlid dins del tub, observant que projectava una ombra, com si la fluorescència de les parets fóra provocada per raigs procedents en línia recta del càtode, raó per la qual aquests raigs reberen el nom de **raigs catòdics**.



En poc temps es pogué comprovar que els raigs catòdics eren desviats per un imant i que també es desviaven si se'ls feia passar entre dues plaques metàl·liques carregades elèctricament amb càrregues de diferent signe. En aquest últim cas, es desviaven cap a la placa positiva. Totes aquestes propietats es donaven, independentment de quin fóra el gas residual present al tub o de quin material estigues fet el càtode.

El físic anglès J. Thomson mostrà, en 1897, que totes les propietats dels raigs catòdics podien explicar-se si els considerarem formats per partícules carregades negativament, molt menors que els àtoms, suggerint que es tractava de partícules subatòmiques presents als àtoms de tots els elements. Thomson determinà, a més, la relació entre la càrrega i la massa de les esmentades partícules, mostrant que era constant i independent del metall de què estiguera fet el càtode. Aquestes partícules, amb càrrega negativa, que estan **dins** de tots els àtoms, reberen el nom d'**electrons** i la seua massa resultà ser quasi dues mil vegades menor que la massa d'un àtom d'hidrogen.

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

El descobriment de l'electró obrí pas a la investigació sobre l'estructura interna de l'àtom, permetent formular noves qüestions, basades en la seua existència, com:

- Si la matèria es presenta neutra, en els àtoms, a més d'electrons, ha d'existir càrrega positiva, però, com es troba aquesta a l'àtom?
- Perquè les partícules que s'obtenien dels àtoms eren sempre electrons i mai partícules amb càrrega positiva?
- Si els electrons tenen una massa tan xicoteta, on es troba la major part de la massa dels àtoms?
- En què es diferencien internament els àtoms d'elements distints? Eixes diferències poden explicar l'existència de similituds entre elements d'una mateixa família?

A continuació estudiarem com s'anà avançant històricament en la resposta a les anteriors qüestions.

## 2. ELS PRIMERS MODELS ATÒMICS

### 2.1 El model atòmic de Thomson

Un dels primers intents per establir l'estructura dels àtoms es deu a Thomson què, dos anys després d'haver mostrat l'existència de l'electró, proposà un model per explicar l'estructura interna de l'àtom.

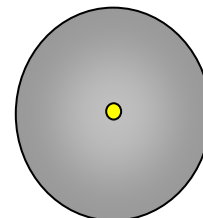
*A.1. Concebeu una possible estructura dels àtoms tenint en compte que:*

- Els electrons estan presents en els àtoms de tots els elements.*
- La massa i la grandària dels electrons són molt menors que la de l'àtom menor que existeix (el d'hidrogen).*
- Els àtoms són elèctricament neutres i és possible extreure fàcilment partícules amb càrrega negativa (electrons), però no amb càrrega positiva.*

Els àtoms són neutres i els electrons (moltíssim menors) tenen càrrega elèctrica negativa, per tant, en un àtom neutre hauria d'existir una càrrega positiva, igual a la càrrega negativa total de tots els electrons que contingués. Com no era possible extreure dels àtoms partícules carregades positivament (i, en canvi, sí electrons), Thomson concebí la idea d'un model atòmic en el qual es representava l'àtom com un globus format per una massa fluida amb càrrega positiva en la que es trobaven els electrons (una imatge que recorda a una s'nia amb les llavors dins).

*A.2. Dibuixeu, d'acord amb les idees de Thomson, l'àtom d'hidrogen (que té un sol electró).*

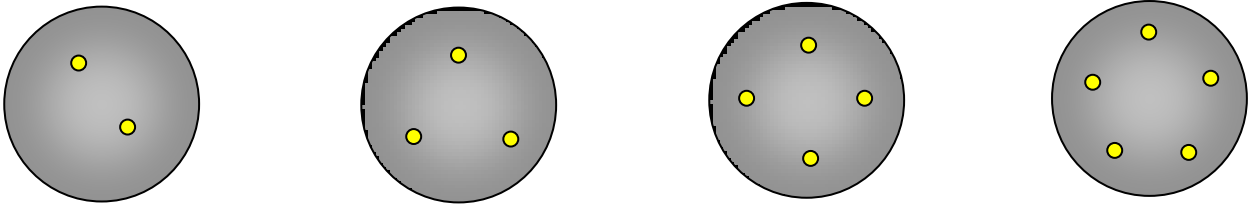
El cas més simple d'àtom és el d'hidrogen, amb un sol electró. D'acord amb el model de Thomson correspondria a una esfera positiva amb un electró en repòs en mig d'ella. Hauria d'estar en aquest punt, perquè sols en ell s'anul·larien les forces que la massa, carregada positivament, exerciria sobre ell.



## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

El model atòmic de Thomson també explicava l'electrització positiva o negativa mitjançant la pèrdua o guany d'electrons. Així, per exemple, quan a un àtom X se li extrau un electró, l'àtom queda carregat elèctricament amb una càrrega positiva, és a dir:  $X \rightarrow X^+ + e^-$ . Anàlogament, si un àtom guanya electrons, queda carregat negativament ( $X + e^- \rightarrow X^-$ ). Als àtoms amb càrrega positiva se'ls anomenen cations (perquè eren atrets pel càtode o pol negatiu) i als àtoms amb càrrega negativa, anions (perquè són atrets per l'ànode o pol positiu).

En el cas dels àtoms amb més d'un electró, aquests es disposarien simètricament aconseguint-se un estat d'equilibri. A continuació hem representat, molt esquemàticament, els àtoms d'alguns elements segons el model de Thomson.



Com es pot veure, els electrons estan “embeguts” en una esfera uniforme carregada positivament. La massa dels electrons és molt xicoteta comparada amb la de la resta de l'àtom.

### 2.2 Intents de contrastació de l'àtom de Thomson: El model nuclear de Rutherford

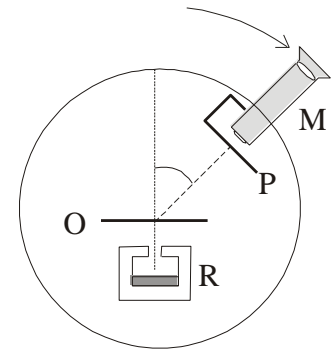
El model atòmic de “sínia” de Thomson necessitava ésser posat a prova per contrastar la seua validesa. Però hem de tindre present que el diàmetre estimat d'un àtom d'hidrogen és de l'ordre de  $0,00000001\text{cm} = 10^{-8}\text{cm}$  (és a dir, 100 milions de vegades menor que una longitud d'1cm), raó per la qual no resulta gens fàcil detectar experimentalment com estan formats els àtoms. Un camí possible seria “bombardejar” els àtoms amb partícules menors que ells, que pogueren xocar i travessar-los, de forma que, de les desviacions patides pels “projectils”, es poguera extreure informació sobre l'estructura interna dels àtoms. Naturalment, tant els projectils com els blancs havien de ser adequats, de manera que els projectils travessaren els àtoms i pogueren ésser detectats després.

El descobriment, fet per Maria Slodovska (Madame Curie), de què alguns elements com el radi (als que s'anomenen radioactius), emetien partícules carregades positivament (amb una càrrega doble de la de l'electró), de massa igual a quatre vegades la de l'àtom d'hidrogen, i a gran velocitat (uns 20000 km/s), subministrà la font de projectils ideals per bombardejar els àtoms de finíssimes làmines metàl·liques (habitualment d'or per ser un metall molt laminable).

El físic neozelandès Rutherford (que fou deixeble de Thomson), en 1907 estava dirigint un dels laboratoris d'investigació més importants de l'època, en la universitat anglesa de Manchester. Rutherford havia observat que, quan un feix molt fi de partícules  $\alpha$  travessava una làmina molt fina de metall, s'eixamplava o dispersava (abans d'entrar, el feix tenia la forma d'un cilindre molt fi i, en eixir, forma de con) com conseqüència dels xocs amb els àtoms que constituïen la làmina. Es tractava d'un efecte de gran interès perquè d'eixa dispersió es podia obtenir informació respecte de com estava distribuïda la massa dins dels àtoms.

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

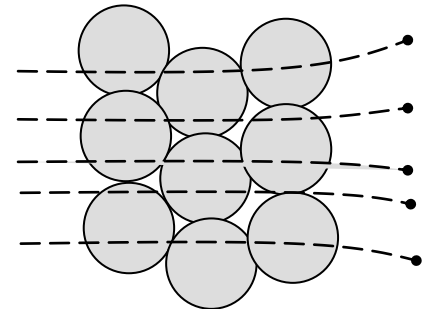
Rutherford concebí un experiment que consistia en llançar partícules  $\alpha$  (d'una massa casi vuit mil vegades major que la de l'electró, i una càrrega dues vegades major, però positiva), contra una làmina d'or extremadament prima, de 0'00004 cm d'espessor (el que suposava que la làmina tindria unes 1000 capes d'àtoms d'or) i en registrar la desviació que patien les partícules després de travessar la làmina (observeu la figura adjunta).



En la figura anterior, la substància radioactiva que emet partícules  $\alpha$  es troba dins d'un recipient (R) folrat amb plom i amb una sola obertura per on ix un feix molt fi de partícules  $\alpha$ . Aquestes partícules han de travessar una fina làmina d'or (O). Hi ha també un microscopi (M) que pot girar al voltant de la làmina d'or. Acoblada al microscopi va una pantalla (P) de sulfur de cinc, material que, quan incideix sobre ell una partícula  $\alpha$ , emet un llampec visible amb el microscopi. Com el conjunt format pel microscopi i la pantalla es pot moure al voltant de la làmina, podrà detectar-se qualsevol partícula  $\alpha$  que isca desviada de la làmina. L'experiment tractava de veure l'angle  $\theta$  de dispersió o desviació que podien patir les partícules  $\alpha$  en travessar la làmina d'or.

**A.3.** *Penseu quins resultats seria lògic obtindre, si els àtoms foren com Thomson suposava*

Com els electrons (segons el model atòmic de Thomson) es suposaven distribuïts uniformement dins de la massa fluida carregada positivament, cabria esperar que la força d'atracció o repulsió elèctrica sobre les partícules  $\alpha$  fóra molt xicoteta. A més, com aquestes partícules tenien gran massa i gran velocitat, i les desviacions cap a un costat o cap a l'altre eren igualment possibles, en travessar cadascuna de les 1000 capes d'àtoms d'or, angles de dispersió grans eren altament improbables.



**A.4.** *Tenint en compte que, en realitat, la major part de les partícules  $\alpha$  travessen la lamina sense desviar-se, que sols unes poques pateixen grans desviacions i, més rarament, alguna partícula  $\alpha$  retrocedeix, realitzeu un dibuix representatiu de com podria ser l'àtom.*

Si resulta que unes poques partícules  $\alpha$  pateixen grans desviacions i, el que és més sorprenent, alguna pateix un retrocés, l'àtom no podia ser com Thomson pensava. En lloc d'una massa uniforme positiva ocupant tot el volum de l'àtom calia pensar que la major part de la massa de l'àtom estava concentrada en una zona minúscula, en comparació amb el volum total de l'àtom i carregada positivament.

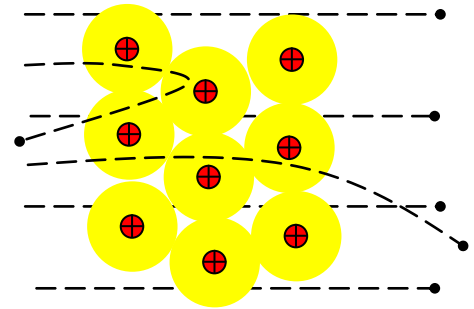
La idea anterior fou desenvolupada per Rutherford, que proposà un model d'àtom quasi buit, amb quasi tota la massa situada en un minúscul nucli central i amb càrrega positiva.

Segons Rutherford, malgrat que qualsevol àtom es immensament menut, el nucli del mateix ho seria encara molt més (avui sabem que el radi nuclear és, aproximadament, unes 10 000 vegades menor que el radi atòmic). Açò vol dir que, si per exemple, engrandirem el nucli d'un àtom fins que el radi fóra d'1 m, el radi de l'àtom podria tindre més de 10 km.

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

Els electrons estarien doncs, ocupant un gran espai buit (enorme en comparació amb la grandària del nucli i dels mateixos electrons), atrets per la càrrega positiva del nucli i, com no cauen cap a ell, Rutherford els imaginà girant al voltant del nucli, de forma anàloga a com ho fan els planetes quan giren al voltant del Sol (atrets, en aquest cas, per forces gravitatòries).

Com l'àtom, segons aquest model, està immensament buit, es lògic que la gran majoria de les partícules  $\alpha$  travessara la làmina sense a penes desviar-se (com són molt més grans que l'electró i es mouen a gran velocitat, els possibles xocs amb els electrons a penes les afectarien). Sols quan alguna partícula  $\alpha$  passara a prop d'un nucli seria desviada apreciablement per aquest (perquè la partícula i el nucli tenen càrrega elèctrica del mateix signe).



Òbviament, en la realitat, les partícules  $\alpha$  no han de “tocar” el nucli per a ésser desviades: pateixen una forta repulsió elèctrica sols en acostar-se, sent prou amb què aquesta distància siga d'uns quants radis nuclears.

Alguns alumnes no comprenen que moltes partícules  $\alpha$  puguen passar entre centenars de nuclis d'àtoms d'or sense xocar contra cap d'ells. Si volem entendre-ho, cal tindre en compte què, una d'eixes partícules  $\alpha$  seria comparable a una pilota de tennis movent-se en línia recta a uns 20.000 km/s, a través d'un gran núvol format per centenars de balons de futbol ... però cal tindre en compte què la distància més curta entre dos balons veïns seria de més de 10 km, per la qual cosa, caldria llançar moltes pilotes per que algunes passaren a prop, o més estrany encara, xocaren contra algun dels balons. En proporció, podem dir el mateix de les partícules  $\alpha$  i els nuclis d'or de la làmina usada en l'experiència de Rutherford.

Els treballs del físic anglès Moseley a principis del segle XX, conduïren a la hipòtesi (i posterior confirmació) de l'existència de partícules amb càrrega positiva, del mateix valor que la de l'electró (i massa aproximadament igual a la de l'àtom d'hidrogen), en el nucli dels àtoms, a les que es donà el nom de **protons**. A més, en tots els casos es trobà que el número de protons del nucli d'un àtom d'un element (anomenat nombre atòmic i simbolitzat per  $Z$ ), coincidí amb el nombre de la casella que ocupava al Sistema Periòdic (nombre que li corresponia per ordenació creixent de masses atòmiques, és a dir, d'un mode empíric, sense cap justificació teòrica). Era la primera vegada que s'establí una connexió entre l'estructura interna de l'àtom i les propietats empíriques. Inmediatament sorgiren dues tipus de preguntes sobre el model nuclear de Rutherford:

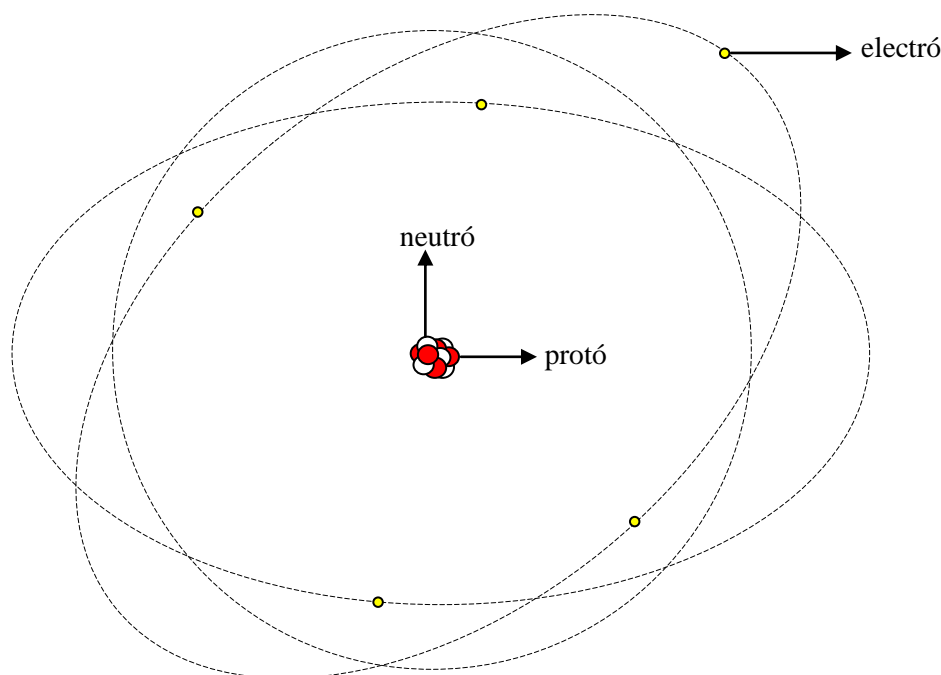
- Quina és l'estructura del nucli? Com poden romandre càrregues positives juntes en un espai tan menut, sent que les forces de repulsió elèctrica entre elles a tan curta distància han de ser molt grans?
- Com estan distribuïts els electrons en l'espai restant de l'àtom (també anomenat **escorça**)? ¿Què fa que els distints elements tinguin distintes propietats?

La contestació adequada a aquestes preguntes es realitzarà en estudis superiors, però ací ja podem avançar alguna cosa. Així, respecte a la primera qüestió, es pensà que, junt amb els protons, en el nucli, haurien d'existir unes partícules sense càrrega elèctrica, a les que s'anomenà neutrons. Se suposà que protons i neutrons havien d'exercir entre ells forces atractives d'una nova naturalesa que, a distàncies tan menudes com les nuclears, són molt superiors a les electrostàtiques. A aquestes forces se'ls anomenà **forces nuclears** i permetien explicar l'estabilitat del nucli dels



## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

àtoms (malgrat la repulsió elèctrica entre els protons). Cap al 1930, J. Chadwick, un antic col·laborador de Rutherford, comprovà l'existència dels neutrons, partícules de massa pareguda a la dels protons, però sense càrrega elèctrica i que també integren el nucli dels àtoms.



Així doncs, a l'escorça d'un àtom s'hi troben els electrons i al nucli els protons i neutrons. Al nombre de protons se l'anomena nombre atòmic "Z" (que, en un àtom neutre, coincidirà amb el nombre d'electrons de l'escorça). A la suma del nombre de protons i neutrons que formen el nucli atòmic l'anomenem nombre màssic "A". És habitual representar un àtom qualsevol X, mitjançant la notació  ${}^A_Z X$ , que conté la informació necessària per conèixer fàcilment el nombre de protons, electrons i neutrons.

**A.5.** Indiqueu tota la informació continguda en  ${}^{12}_6 C$ ,  ${}^{16}_8 O$ ,  ${}^{14}_7 N$

La resolució de la qüestió porta a considerar que l'àtom de carboni conté 6 protons i 6 neutrons en el nucli. Per que l'àtom siga neutre ha d'haver-hi també 6 electrons en l'escorça. Anàlogament es procediria amb els altres dos.

El nombre atòmic caracteritza a tots els àtoms d'un mateix element. El nombre atòmic va augmentant en una unitat en passar d'un element al següent en el sistema periòdic (en realitat, l'ordenació dels elements en el sistema periòdic es basa en l'ordre creixent dels nombres atòmics). Segons açò, podem precisar més la definició d'element químic dient que:

**Un element químic és una determinada classe d'àtoms, tots ells amb el mateix nombre atòmic.**

Altra qüestió és què, en ocasions, àtoms iguals es poden unir entre ells de formes diferents per donar lloc a distintes substàncies simples, amb distintes propietats. Aquest és el cas, per exemple,

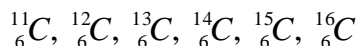
## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

del diamant i el grafit, que son dues substàncies simples formades pel mateix element (carboni). Tots els àtoms de carboni (siguen del grafit o del diamant) es caracteritzen per tindre un nucli amb 6 protons. Anàlogament pot ocórrer amb altres elements com, per exemple, l'oxigen: L'ozó (O<sub>3</sub>) i l'oxigen diatòmic (O<sub>2</sub>) són dues substàncies simples diferents, formades ambdues pel mateix element químic (oxigen). Tots els àtoms d'oxigen (tant si pertanyen a l'ozó, a l'oxigen diatòmic o siguen ions<sup>1</sup>, com O<sup>2-</sup>) es caracteritzen per tindre 8 protons al nucli.

### 2.3. Els àtoms d'un element han de ser tots absolutament idèntics o pot haver-hi diferències? Concepte d'isòtop.

Si prenem una mostra d'un cert element, tots els àtoms presents tenen el mateix nombre atòmic, és a dir, el mateix nombre de protons. En canvi, el nombre de neutrons (N) pot canviar en alguns casos. Així, per exemple, hi ha àtoms d'oxigen amb 8 neutrons, altres amb 9 i altres amb 10 (però tots ells tenen 8 protons). Als àtoms que, tenint el mateix nombre atòmic, tenen un nombre diferent de neutrons (i, per tant, distint nombre màssic), se'ls anomena **isòtops**, perquè ocupaven el mateix lloc al sistema periòdic (iso = mateix; topos = lloc).

L'existència d'isòtops es dona en molts elements químics. Per exemple: en el carboni s'ha pogut detectar l'existència dels següents isòtops:



Naturalment, no tots els isòtops estan a la mateixa proporció a la natura. Per seguir amb el mateix exemple, direm que, en el cas d'una mostra de carboni, el 98,9 % dels àtoms que la integren són <sup>12</sup>C. Fixem-nos que hem escrit <sup>12</sup>C sense especificar Z. Aquesta notació és també freqüent, perquè el símbol C ja ens està dient que es tracta del carboni, en el qual sempre s'acompleix que Z = 6 (perquè, en cas contrari, no seria carboni).

En el cas de l'hidrogen, es coneixen tres isòtops. El més abundant és <sup>1</sup>H i els altres dos són <sup>2</sup>H i <sup>3</sup>H, anomenats respectivament, deuteri i triti. Observem que, en els tres casos, el nombre atòmic és Z = 1 (el que caracteritza a l'element hidrogen).

#### A.6. Doneu la composició nuclear del <sup>14</sup><sub>6</sub>C

R. 6 protons i 8 neutrons

El fet que molts elements químics tinguen distints isòtops, amb una abundància relativa que pot variar, fa que la massa atòmica d'un element (la que figura al sistema periòdic) no siga la de cap dels isòtops en particular, sinó la mitjana ponderada de les de tots ells. A continuació proposem alguns exercicis en els que es treballa aquest concepte.

#### A.7. Es coneixen dos isòtops del coure, el <sup>63</sup><sub>29</sub>Cu, amb una abundància del 69,09% i el <sup>65</sup><sub>29</sub>Cu, amb una abundància del 30,91%. Calculeu la massa atòmica mitjana del coure.

---

<sup>1</sup> Un ió atòmic és un àtom que ha guanyat o perdut un o més electrons. Si els ha guanyat, és un ió negatiu (anió). Si els ha perdut, és un ió positiu (catió). La càrrega de l'ió coincideix amb el nombre d'electrons guanyats (negativa) o perduts (positiva) i es col·loca a la dreta i dalt del símbol de l'àtom.

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

D'acord amb les dades del problema, la massa atòmica relativa del coure estarà compresa entre 63 i 65 i més a prop de 63 (que es la massa atòmica de l'isòtop més abundant).

Si suposem un total de 100 àtoms de coure, 69,09 seran de  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$  i 30,91 de  ${}^{65}_{29}\text{Cu}$  raó per la qual, la massa atòmica relativa mitjana corresponent a l'esmentat element serà:

$$A_r = \frac{69,09 \cdot 63 + 30,91 \cdot 65}{100} = 63,62$$

**A.8.** La plata natural té una massa atòmica de 107,88. Aquest element té dos isòtops. Un d'ells, el  ${}^{107}_{47}\text{Ag}$ , està en una proporció del 56%. Calculeu el nombre màssic de l'altre. R. 109

Tots els isòtops que tenen el mateix nombre atòmic, tenen també un comportament químic idèntic. Per aquesta raó, es considera que formen un mateix element químic, la massa atòmica del qual és la mitjana ponderada de les masses de tots els isòtops que el constitueixen. Des d'aquest punt de vista, el que diferencia un element químic d'un altre no és la massa atòmica, (com pensava Dalton), sinó el nombre atòmic.

### 2.4. Crisi del model atòmic de Rutherford

El model nuclear de l'àtom fou elaborat per Rutherford a principis del segle XX, però prompte es va veure que presentava un seguit de limitacions importants.

En primer lloc, d'acord amb la física clàssica, tota càrrega elèctrica accelerada (que canvia la rapidesa amb què es mou i/o la direcció del moviment), emet radiació electromagnètica (la llum és un tipus de radiació electromagnètica i també les ones de TV i de ràdio o els raigs X). L'esmentada emissió de radiació porta associada una energia. Com l'electró, segons el model atòmic de Rutherford, gira al voltant del nucli, estarà accelerat (perquè canvia contínuament la direcció del moviment) i, per tant, hauria d'anar perdent energia en anar emetent radiació electromagnètica, cosa que faria que, inevitablement, fóra aproximant-se cada vegada més al nucli fins caure sobre ell, cosa que, en realitat, no ocorre.

El model no explicava tampoc com, sols amb tres tipus de partícules distints poden existir un centenar d'àtoms que donaven lloc a elements amb propietats diferents. És a dir, ¿què és el que fa que l'heli (que té 2 protons i 2 neutrons al nucli i 2 electrons a l'escorça) i el liti (que té 3 protons i 4 neutrons al nucli i 3 electrons a l'escorça) tinguen propietats tan diferents, i en canvi, el liti i el potassi (aquest últim té 19 protons i 20 neutrons al nucli i 19 electrons fora d'ell) tinguen propietats molt semblants? Aquests exemples evidencien que les diferents propietats dels àtoms no són degudes, principalment, al nombre de protons que té al nucli (o al d'electrons presents a l'escorça), i apunten a què, possiblement, és "l'organització" dels electrons en l'àtom la font de les diferències i les similituds de propietats entre els distints elements. Si això fóra així, l'organització o estat dels electrons als àtoms corresponents als elements d'una mateixa columna o família del sistema periòdic, hauria d'ésser molt semblant.

Les limitacions anteriors obligaren a reconsiderar el model atòmic de Rutherford, donant pas així a un altre model atòmic posterior (model de Bohr), a principis del segle XX. Però el model de Bohr també s'enfrontà a fets que no podia explicar i, després de patir un seguit de retocs i canvis per intentar mantindre'l, al final fou abandonat i substituït pel model atòmic actual (model quàntic). Tota aquesta informació s'ampliarà en cursos superiors. En el present curs ens limitarem a veure, de forma elemental, com estan distribuïts els electrons a l'àtom.

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

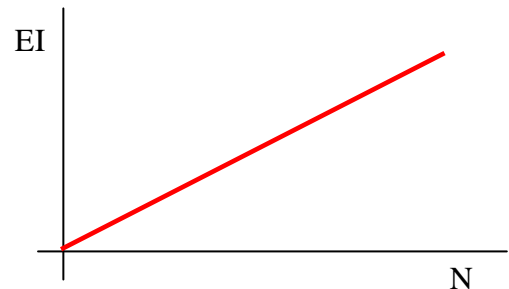
### 3. ORGANITZACIÓ DELS ELECTRONS A L'ÀTOM

Una forma d'obtenir informació sobre com estan organitzats els electrons a l'interior d'un àtom, consisteix en determinar l'energia<sup>2</sup> necessària per arrancar o extreure cadascun dels seus electrons. A l'energia necessària per extreure el primer electró, l'anomenem primera **energia d'ionització** (1<sup>a</sup> EI.), a l'energia necessària per extreure el segon (després d'haver arrancat el primer), segona energia d'ionització (2<sup>a</sup> EI.)...etc. El coneixement de les successives energies d'ionització d'un àtom pot servir per contestar a les preguntes plantejades. Abans, però, és necessari preveure què esperaríem aconseguir en una experiència com aquesta.

*A.9. Com és d'esperar que varien les successives energies d'ionització d'un àtom amb més d'un electró? Tracteu de representar qualitativament, en un gràfic, les energies d'ionització en funció del nombre d'ordre de l'electró que s'extreu d'un àtom.*

En arrancar un electró a un àtom X, el nombre de protons supera en una unitat al nombre d'electrons, raó per la qual l'àtom es queda carregat amb una càrrega positiva (forma un ió, X<sup>+</sup>). Per aconseguir-ho, s'haurà utilitzat una certa quantitat d'energia (primera energia d'ionització). Si ara intentem arrancar un segon electró i obtenir X<sup>2+</sup>, caldrà efectuar més treball que per extreure el primer (segona energia d'ionització), perquè ara, l'electró és atret per una càrrega neta positiva major i així successivament: cada vegada serà necessari transferir més energia a l'àtom per poder arrancar altre electró. Així doncs, cap esperar que les successives energies d'ionització vagin augmentant segons el nombre d'ordre de l'electró extret.

Si els electrons estigueren distribuïts uniformement a l'interior de l'àtom, en representar els valors de les energies d'ionització en funció del nombre de l'electró extret, hauria d'eixir una línia recta com la de la figura adjunta. Però, com veurem a continuació, no és precisament això el que s'obté.



*A.10. A la taula adjunta es donen els valors de les energies d'ionització successives per a l'àtom de sodi. Analitzeu com van evolucionant aquests valors i, si és possible, construïu el gràfic corresponent comparant-lo amb el que hem suposat anteriorment.*

EI ( · 10 <sup>-19</sup> J)	8	75	115	158	222	276	333	423	480	2341	2648
Elec. extret	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°

Interior de l'àtom

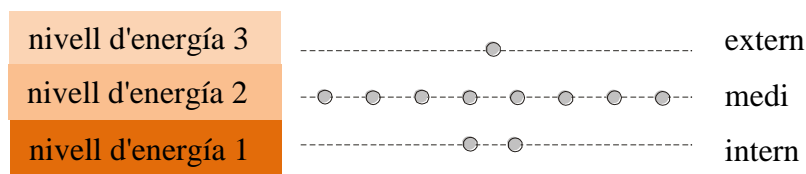
En representar gràficament les dades reals anteriors, podem veure que l'augment de l'energia d'ionització no es produeix com correspondria a una distribució uniforme dels electrons. Pel contrari, a la vista de les dades s'aprecia que els onze electrons de l'àtom de sodi es distribueixen en tres nivells d'energies clarament diferents: mentre el primer electró és prou fàcil d'arrancar (una energia de sols 8 · 10<sup>-19</sup> J), els dos últims són molt difícils (cal una energia aproximadament 300 vegades major per arrancar un dels dos electrons més profunds que per arrancar el més extern).

<sup>2</sup> La unidad internacional para medir la energía es el Joule (Julio). Su símbolo es J. La energía mínima necesaria para elevar 1 m un objeto de 1 kg de masa es, aproximadamente, 10 J.

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

L'energia necessària per arrancar els 8 electrons del mig va augmentant paulatinament, no hi ha bots tan grans com del 1<sup>r</sup> al 2<sup>n</sup> o del 9<sup>é</sup> al 10<sup>é</sup>.

Seguint el raonament anterior, podem organitzar així els electrons d'un àtom en nivells d'energia clarament diferenciats. En el cas del sodi, el nivell més extern té 1 electró, l'anterior 8 i l'últim (més profund), 2. Açò pot representar-se esquemàticament mitjançant la següent distribució electrònica:



Per comprovar la intuïció de què les propietats estan relacionades amb l'estructura electrònica dels àtoms, cal repetir la mateixa operació amb més d'un element d'una columna del sistema periòdic, per conèixer la distribució electrònica. Per als 20 primers elements del sistema periòdic es troba que:

Element	Nombre total d'electrons	Nombre d'electrons en cada nivell d'energia principal			
		nivell 1	nivell 2	nivell 3	nivell 4
H	1	1			
He	2	2			
Li	3	2	1		
Be	4	2	2		
B	5	2	3		
C	6	2	4		
N	7	2	5		
O	8	2	6		
F	9	2	7		
Ne	10	2	8		
Na	11	2	8	1	
Mg	12	2	8	2	
Al	13	2	8	3	
Si	14	2	8	4	
P	15	2	8	5	
S	16	2	8	6	
Cl	17	2	8	7	
Ar	18	2	8	8	
K	19	2	8	8	1
Ca	20	2	8	8	2

Com pot apreciar-se a la taula anterior, al primer nivell (o nivell d'energia més profund) es poden trobar, com a màxim, dos electrons, mentre al segon nivell "caben" fins un màxim de 8 electrons. En cursos superiors es justificarà el nombre d'electrons que en total pot haver-hi a la resta de nivells d'energia i com es distribueixen en cadascun d'ells.

Tenint a la vista la taula anterior i un Sistema Periòdic curt (vegeu pàgina 78), resoleu les següents activitats:

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

*A.11. Determineu la distribució electrònica dels elements Li, Na i K. ¿On resideix la similitud dels elements del primer grup del sistema periòdic curt?*

Tots aquests elements, junt amb la resta del primer grup, es caracteritzen per tindre un sol electró a l'últim nivell d'energia.

Els electrons del nivell d'energia més extern s'anomenen “**electrons de valència**”. Aquests són els que intervenen en els canvis químics, donat que els electrons interns i, particularment, el nucli, són pràcticament inaccessibles en aquests canvis. Al conjunt format pel nucli d'un àtom i tots els electrons interns l'anomenem “**resto atòmic**”.

Els elements del primer grup del sistema periòdic tenen propietats químiques paregudes perquè tots ells tenen la mateixa distribució electrònica a l'últim nivell d'energia: un sol electró de valència. Cap esperar que ocorrega una cosa pareguda amb la resta dels grups.

*A.12. On residirà la similitud dels elements del segon grups del sistema periòdic curt? Verifiqueu-ho establint les distribucions electròniques del Be, Ca i Mg.*

*A.13. Escriviu la distribució electrònica del B i l'Al. Assenyaleu la relació entre elles. Anàlogament per al cas del C i Si.*

*A.14. Justifiqueu la similitud de propietats químiques en els casos de N i P; O i S; F i Cl.*

Podem veure que els elements dels grups cinquè, sisè i setè del sistema periòdic curt, es caracteritzen per tindre 5, 6 i 7 electrons de valència, respectivament.

*A.15. Indiqueu quina és la característica comú, des del punt de vista de la distribució electrònica, dels gasos nobles He, Ne i Ar.*

Els gasos nobles es caracteritzen experimentalment per l'escassa reactivitat química i per tindre una energia d'ionització molt elevada. Pel que fa a l'estructura electrònica, es caracteritzen per tindre 8 electrons a l'últim nivell d'energia (excepte l'heli que completa l'últim nivell d'energia amb 2 electrons). D'ací es dedueix que, l'escassa reactivitat química dels gasos nobles es deu a l'estructura electrònica i que, l'esmentada estructura confereix una estabilitat química especial. **Aquest fet té una gran importància, com veurem, per comprendre l'enllaç químic entre uns àtoms i altres.**

Les activitats anteriors ens han permès constatar que:

- ✓ El nombre d'electrons que un àtom d'un element té a l'últim nivell d'energia (electrons de valència) coincideix amb el nombre d'ordre del grup del Sistema Periòdic curt en què es troba l'esmentat element.
- ✓ Els elements que formen un grup determinat del sistema periòdic tenen propietats químiques paregudes perquè els àtoms que els formen també tenen una estructura electrònica pareguda en el seu darrer nivell d'energia.

Per acabar el tema, proposem algunes comparacions que permeten fer-se una idea més concreta sobre la grandària dels àtoms:

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

Un limfòcit és un tipus de glòbul blanc (cèl·lula de la sang) que pot tenir un diàmetre de la centèsima part d'un mil·límetre (0'01 mm), mentre que el diàmetre d'una boleta mitjana (com les de la foto de baix), és d'uns 20 mm. Es necessitarien 8000 milions ( $8 \cdot 10^9$ ) d'aquests limfòcits, per obtenir el mateix volum que una sola boleta. No obstant això, per tenir el mateix volum que un sol limfòcit farien falta més de **800 milions de milions** ( $8 \cdot 10^{14}$ ) d'àtoms d'hidrogen. Qualsevol petita cèl·lula és un "supergegant" respecte a un àtom.

D'altra banda, el nucli d'un àtom és tan petit (comparat amb la mida total de l'àtom) que si, per exemple, el nucli d'un àtom d'hidrogen augmentara fins tenir el mateix perímetre que una pilota de futbol (70 cm), l'àtom seria una "superpilota" de més de 30 km de circumferència. En altres paraules: per ocupar el mateix espai que un sol àtom d'hidrogen, fan falta més de **80 milions de milions** ( $8 \cdot 10^{13}$ ) de nuclis d'hidrogen<sup>3</sup>.



### RECAPITULACIÓ

En aquest tema hem pogut veure que l'àtom no és una partícula elemental, sinó que, pel contrari, té una estructura interna. En concret, els àtoms consten d'un nucli extraordinàriament diminut format per protons i neutrons i fora d'ell estan els electrons, en moviment i organitzats en distints nivells d'energia.

El model d'àtom ha anat canviant al llarg de la història, mostrant, una vegada més, que els conceptes científics no són immutables i que poden evolucionar amb el temps.

Hem pogut apreciar també com és de diminut un àtom en comparació amb els objectes habituals que utilitzem (per exemple una moneda) i, en canvi, què gran es quan el comparem amb la grandària del nucli.

Al tema anterior vérem que, l'ordenació periòdica dels distints elements químics, segons una massa atòmica creixent, posava en relleu l'existència de propietats paregudes entre aquells que se situaven dins d'un mateix grup o família. En aquest tema hem vist que, el principi ordenador únic per a tots els elements del sistema periòdic, és el nombre atòmic (nombre de protons del nucli), i que les diferències i similituds en les propietats dels diferents elements es deuen a l'existència de diferències i similituds en la forma com estan organitzats els anomenats electrons de valència o electrons més externs.

Hem aprofundit també en la idea d'element químic, definint-lo com una classe d'àtoms caracteritzats per tindre tots ells el mateix nombre atòmic. Així mateix, hem vist com en alguns elements poden haver àtoms que, tenint el mateix nombre atòmic, es diferencien en el nombre de neutrons, el que va portar a introduir el concepte d'isòtop. Finalment, hem analitzat com es distribueixen els electrons al voltant del nucli, comprovant l'existència de diferents nivells d'energia i com els àtoms dels elements que conformen una mateixa columna del Sistema Periòdic es caracteritzen tots ells per tenir la mateixa distribució electrònica en el nivell d'energia més extern, el que justifica l'existència de propietats similars entre aquests elements.

Queden, però, obertes algunes qüestions: Com s'uneixen els àtoms entre ells? Poden fer-ho en qualsevol proporció? Com es produeixen els canvis d'unes substàncies en altres? Als propers capítols tractarem d'avançar en la solució d'aquestes qüestions.

<sup>3</sup> Como radio medio del átomo de hidrógeno se ha utilizado:  $5'3 \cdot 10^{-11}$  m y como radio de su núcleo:  $1'2 \cdot 10^{-15}$  m

## 5. Primeres idees sobre l'estructura dels àtoms

### 5. ESTRUCTURA DE L'ÀTOM. ACTIVITATS DE REFORÇ

1. Indiqueu les principals diferències entre els models atòmics de Thomson i de Rutherford.
2. Resumiu l'experiment que portà a Rutherford a establir un model nuclear per a l'àtom.
3. Quines partícules constituents de l'àtom aporten pràcticament la totalitat de la massa del mateix?
4. Si un àtom neutre té 15 protons i 16 neutrons.
  - a) Quants electrons tindrà?
  - b) Quin serà el seu nombre atòmic? I el nombre màssic?
5. Què representa el nombre atòmic d'un element? Indica les partícules constituents dels nuclis dels següents àtoms:



### 6. Completa la següent taula

element	protons	electrons	neutrons	Z	A
N	7		7		
O			9	8	
Cl	17				35

7. Indica el nombre de protons, neutrons, electrons, el nombre atòmic i el nombre màssic en els següents casos:
  - a) Un àtom de brom ( $Z = 35$ ,  $A = 79$ ) que ha guanyat un electró.
  - b) Un àtom de bari ( $Z = 56$ ,  $A = 137$ )
  - c) Un àtom de ferro ( $Z = 26$ ,  $A = 55$ ) que ha perdut dos electrons
8. Un àtom té  $Z = 9$  i altre  $Z = 10$ . Poden ser isòtops? Justifica la resposta.
9. Dos àtoms poden tindre el mateix nombre màssic i no ésser isòtops? Justifica la resposta.
10. Explica la diferència entre nombre màssic i massa atòmica.
11. Escriviu la distribució electrònica del  ${}_{6}\text{C}$  i  ${}_{14}\text{Si}$ . A quin grup o família del sistema periòdic pertanyen? Ídem per al  ${}_{7}\text{N}$  i  ${}_{15}\text{P}$ .
12. Tres elements tenen de nombre atòmic 3, 11 i 19 respectivament. Situeu-los a la taula periòdica.
13. Indiqueu la distribució electrònica dels elements, els nombres atòmics dels quals són: 15, 16, 17 i 18 respectivament. A quin grup i període del sistema periòdic pertany cadascun d'ells?
14. El nombre atòmic d'un àtom, que té 12 neutrons, és 11. Quants protons i electrons té? Quina és la seua distribució electrònica? On està situat al sistema periòdic?



## 6. L'ENLLAÇ QUÍMIC

### Com s'uneixen els àtoms entre ells?

Sabem que tota la matèria ordinària està composta per poc menys d'un centenar d'àtoms diferents. No obstant això, també sabem que (a data de 2011) es coneixen més de trenta milions de substàncies químiques i que cada any es descobreixen o sintetitzen milers de noves substàncies.

*A.I. Com és possible que amb tan pocs àtoms pugui haver tantes substàncies?*

L'explicació és que els àtoms poden agrupar-se entre ells de maneres molt diferents i en distintes proporcions, fet que dóna lloc a una quantitat enorme de combinacions possibles. Així podem trobar:

**Molècules discretes.** Conjunts iguals d'àtoms, amb la mateixa forma geomètrica, que poden anar des de 2 fins a centenars, i formen les unitats característiques de la substància de què es tracta. Aquest és el cas, per exemple, de l'aigua, amoníac, oxigen, butà, etc.



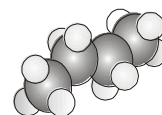
Oxigen O<sub>2</sub>



Amoníac NH<sub>3</sub>

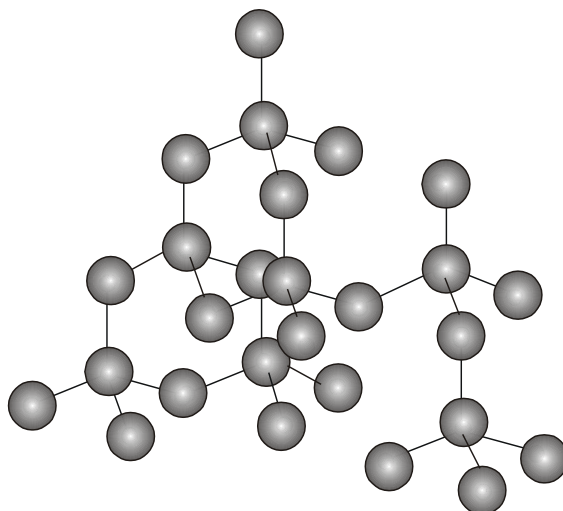


Aigua H<sub>2</sub>O



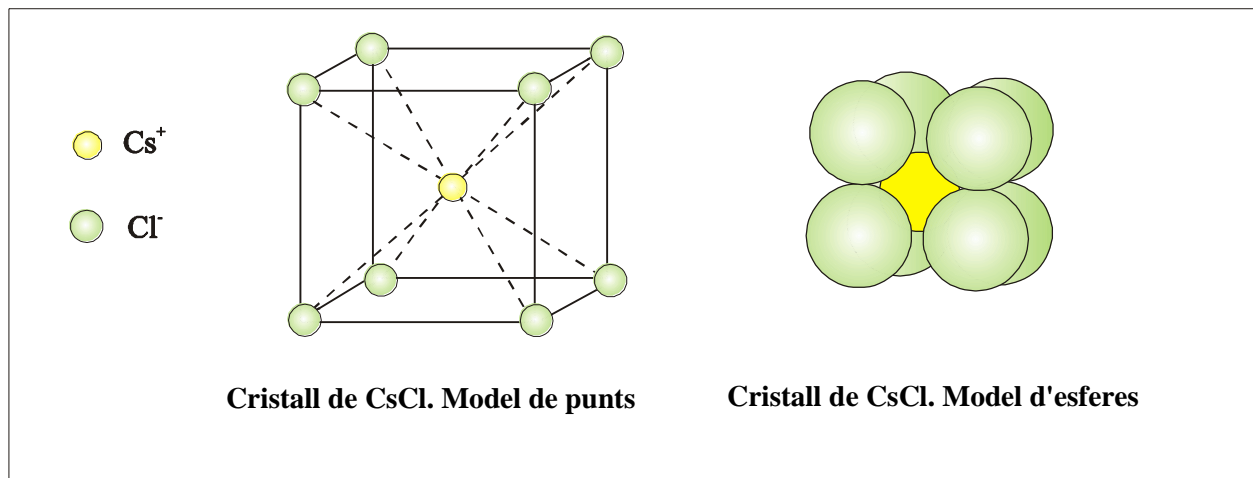
Butà C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>

**Macromolècules.** Conjunt indefinit d'àtoms que s'estén en les tres direccions de l'espai, formant una mena de molècula gegant. Aquest és el cas, per exemple, del diamant, format per una macromolècula d'àtoms de carboni units entre ells (en l'esquema següent sols hem dibuixat un tros de la macromolècula, on les línies representen enllaços i les esferes, àtoms de carboni).

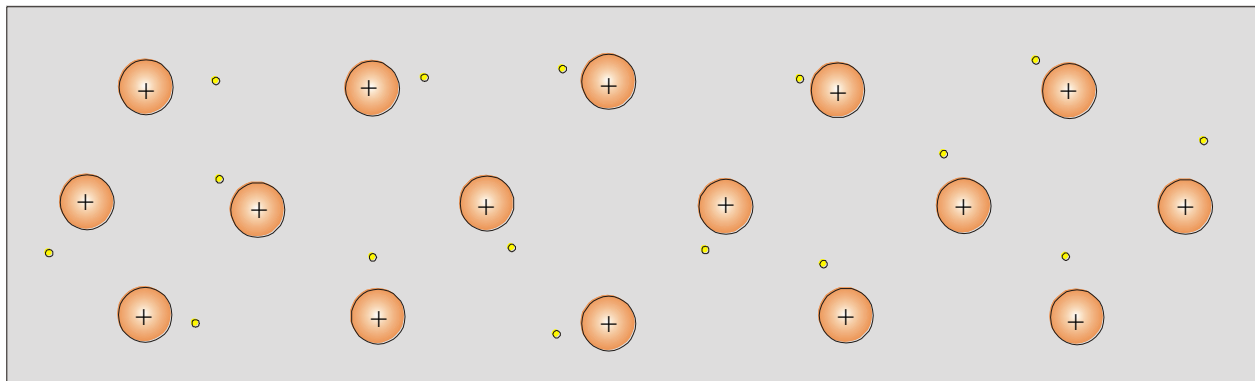


## 6. L'enllaç químic

**Agregats formats per ions amb càrregues de distint signe.** Conjunt indefinit de diferents ions positius (cations) i negatius (anions), que s'uneixen entre ells (en les tres direccions de l'espai), en una proporció determinada, formant xarxes cristal·lines. Per exemple, el clorur de cesi (CsCl).



**Agregats d'ions positius (cations).** Conjunt indefinit d'ions positius (cations) envoltats per un núvol d'electrons, que s'estén en les direccions de l'espai. Els àtoms dels metalls s'agrupen així, donant lloc al que s'anomena "xarxes metàl·liques".



Les diferents formes d'agrupar-se uns àtoms amb altres pot explicar que hi haja milions de substàncies químiques diferents. No obstant això, queda pendent la qüestió de com es duen a terme aquest tipus d'unions que, d'ara endavant, anomenarem com a **enllaç químic**.

### A.2. Quina importància pot tindre, en principi, l'estudi de l'enllaç químic?

L'interès de l'estudi de les forces que mantenen units als àtoms, a les molècules i als ions per formar agregats de certa estabilitat, es comprèn si tenim en compte que ens pot ajudar a interpretar moltes de les propietats que presenten les substàncies, i respondre moltes qüestions com:

- ❑ Perquè alguns compostos (com ocorre amb l'aigua) poden passar de líquid a vapor amb certa facilitat i, en canvi, costa molta més energia aconseguir descompondre'ls?
- ❑ Per quina raó una substància es pot dissoldre en altra? Perquè, per exemple, el clorur de sodi (sal comú) es dissol bé en aigua i, en canvi, no ho fa en altres substàncies com el tetraclorur de carboni o el benzè?
- ❑ Perquè algunes substàncies, com el clorur de sodi, en fase sòlida no condueixen bé el corrent elèctric i, en canvi, sí que ho fan les seues dissolucions o simplement, quan es fonen?
- ❑ Perquè els àtoms s'uneixen en unes proporcions determinades per formar distintes substàncies? Per exemple: Perquè el clorur de sodi és NaCl i no Na<sub>2</sub>Cl?

També convé tindre en compte que, el coneixement dels diferents tipus d'enllaç químic, és essencial per poder **fabricar noves substàncies** que no existeixen a la naturalesa, amb propietats que ens interessin per alguna raó (coles i gomes d'enganxar sintètiques, medicaments, plàstics, cristall líquid...) i també per interpretar les **variacions d'energia** que acompanyen a molts processos químics (de vegades molt intenses, com ocorre, per exemple, amb els explosius). D'altra banda, d'aquest estudi es pot obtenir informació respecte a la **forma real de les molècules** i, en general, dels distints agregats que constitueixen els compostos químics.

En aquest tema estudiarem com es formen i en què consisteixen els tipus d'enllaç més importants, estudi que ens permetrà donar unes primeres explicacions a la majoria dels interrogants anteriors.

### 1. CLASSIFICACIÓ DE LES SUBSTÀNCIES D'ACORD A LES PROPIETATS

Sembla lògic suposar que les propietats característiques de les substàncies aporten alguna informació respecte de la forma en què estan units els àtoms que les formen. És per això que començarem per plantejar-nos:

*A.3. Quines propietats de les substàncies podran guardar relació amb el tipus d'unió existent entre les partícules (unió forta o feble, existència o no de partícules carregades, etc.)?*

La matèria que ens rodeja està constituïda per substàncies de diferent aspecte i propietats. El coneixement de les propietats pot aportar alguna informació respecte de les forces que uneixen a les partícules que formen una substància. Així, per exemple, els **punts de fusió i ebullició** són indicatius de la major o menor força d'enllaç amb què s'atrauen les partícules (àtoms, ions o molècules) que constitueixen el sòlid o líquid (si els valors són elevats cap pensar en enllaços forts i si són baixos, en enllaços febles). Si una substància, en determinades condicions, **conduïx el corrent elèctric**, podria pensar-se en l'existència de partícules carregades, perquè el corrent elèctric suposa justament un desplaçament de càrregues. Altres propietats poden ser la **solubilitat**, la **facilitat de deformació**, la **duresa**, la facilitat per trencar-se (**fragilitat**), etc.

Per exemple, l'aigua és una substància que, a la pressió atmosfèrica fon a 0°C, bull a 100 °C i pràcticament no conduïx el corrent elèctric, mentre que el ferro fon a 1535 °C, bull a 3233 °C i sí que conduïx el corrent elèctric; el diamant és molt dur, mentre que el sodi pot tallar-se amb un ganivet, etc.

El fet que existisquen tantes propietats i que aquestes puguen prendre valors molt distints depenent de la substància de què es tracte, fa que resulte difícil classificar en uns pocs grups a totes les substàncies, de forma que, qualsevol regla que s'establisca, deixaria fora a substàncies amb propietats intermèdies o atípiques. Però, malgrat aquests inconvenients, ha estat possible classificar la major part de les substàncies en tres grans grups:

## 6. L'enllaç químic

1. En primer lloc ens trobem amb substàncies com el clorur de sodi, sulfat de coure, fluorur de calci... que solen ser compostos sòlids d'aspecte cristal·lí, durs però fràgils i amb punts de fusió i ebullició alts. Són, en general, més o menys solubles en dissolvents del tipus de l'aigua i no ho són en dissolvents tipus benzè. No condueixen el corrent en estat sòlid, però sí que ho fan en dissolució aquosa i també en estat líquid (fosos). L'existència d'aquest grup de substàncies està lligada a una forma d'enllaç que, per raons que després veurem, s'anomena **enllaç iònic**, designant conseqüentment aquestes substàncies com **compostos iònics**.

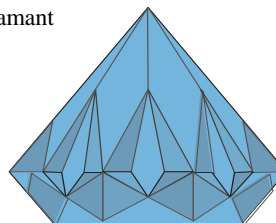
2. En segon lloc, hi ha substàncies com l'oxigen, hidrogen, nitrogen, diòxid de carboni, amoníac, acetona, naftalè, iode, les ceres, etc. Moltes d'aquestes substàncies (com les 5 primeres esmentades) es troben habitualment en forma de gasos, constituïts per molècules de gran estabilitat, que resisteixen elevades temperatures sense descompondre's. En canvi, les que habitualment es troben en estat líquid o sòlid (com les quatre esmentades en darrer lloc) tenen, en general, punts de fusió i d'ebullició baixos. D'altra banda, aquesta classe de sòlids no es dissolen generalment en dissolvents del tipus de l'aigua (però sí que ho fan en els del tipus del benzè). A més, aquestes substàncies no condueixen el corrent elèctric en estat líquid o sòlid i tampoc ho fan les seues dissolucions. Tot aquest comportament fa suposar l'existència de fortes unions dins de les molècules (a partir de la dificultat per descompondre-les), i de febles unions entre unes molècules i altres (suposat a partir de la facilitat amb què es poden separar les molècules, com mostren els baixos punts de fusió i d'ebullició). És a dir, es posa de manifest l'existència en aquest tipus de substàncies de dues formes d'enllaç associades. La primera s'anomena **enllaç covalent**, mentre que les febles unions intermoleculares són conegudes com enllaços per forces de **Van der Waals**. Aquest grup de substàncies s'anomena **substàncies covalents**.

En alguns casos es presenta sols un dels enllaços anteriors:

Així, hi ha substàncies que són monoatòmiques, com els gasos nobles. Quan es baixa molt la temperatura i un gas noble es liqua, entre els àtoms es donen únicament febles **enllaços intermoleculares**.

D'altra banda, hi ha substàncies, com el diamant (C) o el quars (SiO<sub>2</sub>), en les que sols existeixen enllaços forts de tipus covalent entre els àtoms (**substàncies covalents atòmiques**). Per fondre aquestes substàncies cal trencar un gran nombre d'enllaços covalents, raó per la qual presenten elevats punts de fusió (de l'ordre de 4000 °C en el diamant i de 1700 °C en el quars), i són molt dures i insolubles. A més, com no hi ha ions ni (com veurem més endavant) electrons que es puguin desplaçar, no condueixen el corrent elèctric. Normalment es troben formant cristalls (xarxes atòmiques tridimensionals).

Diamant



3. Por últim, ens referirem als **metalls**, com per exemple, sodi, ferro, coure, mercuri, plom, or, calci, alumini, plata, etc., la propietat més típica dels quals és el caràcter conductor de la calor i l'electricitat en estat sòlid. Els metalls constitueixen més de les tres quartes parts dels elements del sistema periòdic, raó per la qual no és d'estranyar que entre ells existisca una gran varietat de propietats, com duresa, punt de fusió, etc. Molts tenen una lluentor característica i són fàcilment deformables, és a dir, són dúctils i mal·leables (se'ls pot donar fàcilment forma de fils i làmines). El tipus d'enllaç existent entre els àtoms d'un metall s'anomena, per raons evidents, **enllaç metàl·lic**.

Els metalls són insolubles en aigua i altres dissolvents, i a temperatura ambient, són sòlids (llevat d'alguna excepció, com el mercuri).



**A.4.** Per evaporar totalment 1 kg d'aigua (a pressió i temperatura ambient) cal una energia de l'ordre de 2400 kilojoules (kJ). En canvi, per descompondre la mateixa quantitat d'aigua en hidrogen i oxigen gasosos, cal una energia de l'ordre de 15 600 kJ. A què es deu la diferència?

**A.5.** A la taula següent s'han arreplegat les propietats característiques de quatre substàncies sòlides a temperatura i pressió ordinàries. Assenyaleu quina d'elles pot considerar-se un compost iònic, quina un metall, quina un compost, les partícules del qual estan unides per forces intermoleculars i quina una substància en la que sols hi ha enllaços covalents entre els àtoms que la formen.

Propietat analitzada	Substància sòlida analitzada			
	P	Q	R	S
Punt de fusió	> 3500 °C	808 °	80 °	1083 °
Solubilitat en aigua	No	Sí	No	No
Solubilitat en benzè	No	No	Sí	No
Conductivitat elèctrica en estat sòlid	No	No	No	Sí
Conductivitat elèctrica en dissolució o fosa	No	Sí	No	Sí
Deformabilitat del sòlid	No	Fràgil	Fràgil	Sí

Atenent les propietats reflectides a la taula anterior, podem pensar que la substància P, caracteritzada per mantenir-se en estat sòlid a temperatures molt elevades, no ser soluble en cap tipus de líquid i no conduir el corrent elèctric, és una substància covalent atòmica (macromolècula). Atenent a les propietats, la substància Q, caracteritzada per tindre un punt de fusió alt, ser soluble en aigua, no conduir el corrent elèctric quan es troba en estat sòlid però, en canvi, fer-ho quan es fon, etc., és una substància típicament iònica.

Finalment, analitzant les propietats de R i S podem concloure que es tracta d'una substància covalent molecular i un metall, respectivament. De fet, P correspon al diamant, Q al clorur de sodi, R al naftalè i S al coure.

**A.6.** Construïu al quadern i completeu una taula (de la grandària que calga) com la que es proposa a continuació, en la que es tracta de resumir els tipus de substàncies i formes d'enllaç que acabem d'estudiar.

## 6. L'enllaç químic

Propietats	Substàncies iòniques  Sols compostos formats per ions amb càrrega de distint signe.  (Enllaç iònic)	Substàncies covalents		Metalls  Substàncies simples, formades per àtoms d'un metall.  (Enllaç metàl·lic)
		Substàncies atòmiques simples o compostes  (Sols forts enllaços covalents entre els àtoms)	Substàncies moleculars simples o compostes. formades per molècules individualitzades  (Enllaç covalent entre els àtoms d'una mateixa molècula i, en el cas de sòlids i líquids, febles forces intermoleculars entre les pròpies molècules)	
Punt de fusió				
Solubilitat				
Conductivitat elèctrica				
Propietats mecàniques				
Estat físic en condicions ordinàries				
Exemples típics				

En resum, doncs, l'estudi de les propietats de les substàncies ens permet agrupar-les en tres grans grups (iòniques, covalents i metàl·liques), posant en evidència l'existència de quatre formes distintes d'unió entre partícules: enllaç iònic, enllaç covalent, forces intermoleculars i enllaç metàl·lic.

**A.7.** Dissenyeu possibles experiències (qualitatives) per caracteritzar diverses substàncies, atenent les següents propietats<sup>1</sup>: a) solubilitat en aigua i en xilè, b) conductivitat en estat sòlid i en dissolució, c) punts de fusió, d) deformabilitat.

Per veure si una substància es dissol o no en aigua destil·lada o en un dissolvent orgànic sols ens caldrà utilitzar dos tubs d'assaig, que omplirem fins a la meitat amb cadascun dels esmentats dissolvents. És millor utilitzar com dissolvent orgànic el xilè, perquè és menys tòxic que el benzè (però cal fer-ho en campana de gasos). A continuació es tracta d'afegir un poc de la substància de la qual volem investigar la solubilitat (millor si està en pols) i procedir a agitar el tub amb cura. Si la substància es dissol en aigua i no ho fa en xilè, és possible que es tracte d'una substància iònica, pel contrari, si no es dissol en aigua i sí que ho fa en xilè, podria tractar-se d'una substància covalent.

<sup>11</sup>Insistim en què no s'ha de generalitzar massa, ja que sempre es donen excepcions com, per exemple: sucres i altres compostos covalents polars que sí es dissolen en aigua, o grafit (sòlid covalent) que sí que és conductor. Aquests casos seran tractats en cursos superiors de Química.

Per estudiar la conductivitat elèctrica, convé realitzar primer una “prova en blanc”: L'aigua destil·lada a penes condueix l'electricitat i tampoc ho fa el xilè. Es pot comprovar utilitzant a tal fi un circuit proveït d'una pila, dos fils de coure amb les puntes (dels dos extrems) pelades, un interruptor, i una bombeta o, millor encara, un amperímetre amb el que es puga detectar el pas del corrent elèctric. A continuació, deixem caure en un got un poc d'aigua destil·lada i en altre un poc de xilè. Si connectem els cables a la pila, introduïm els extrems lliures en qualsevol dels dos gotos i connectem l'interruptor, comprovarem que la bombeta no s'encén en cap dels dos casos. Si, a més de la bombeta (o al seu lloc) hem disposat un amperímetre, podem veure que la intensitat del corrent és mínima o nul·la.

Per esbrinar si la substància problema és o no un bon conductor en estat sòlid, serà suficient prendre un tros allargat de la mateixa i intercalar-lo en el circuit en lloc del got amb el dissolvent. En cas que el que es vulga investigar siga la conductivitat de la dissolució, caldrà dissoldre la substància problema i submergir els extrems lliures dels cables en la dissolució resultant. Si la substància condueix el corrent en estat sòlid, pot tractar-se d'un metall. Si es dissol en aigua i la dissolució resultant condueix el corrent elèctric, caldrà pensar en una substància iònica. Finalment, si es dissol en xilè i la dissolució resultant no condueix el corrent elèctric, conclourem que es tracta d'una substància covalent.

Pel que fa als punts de fusió de distints sòlids, com simplement volem esbrinar si són elevats o baixos, podem recórrer a introduir una xicoteta quantitat de la substància problema en un tub d'assaig i escalfar a la flama durant un cert temps (un minut com a màxim). Si passat el temps, la substància no fon, podem concloure que el punt de fusió es alt.; si, pel contrari, fon de seguida, abans que transcórrega un minut, el punt de fusió serà baix. Sòlids que fonen a temperatures elevades són indicatius de substàncies iòniques, mentre que, si la temperatura de fusió es baixa, en general correspon a sòlids covalents moleculars. En els metalls, el punt de fusió pot variar molt (algun, com el mercuri, es líquid a temperatura ambient; altres, com l'estany i el plom fonen amb relativa facilitat i altres, com el coure o el ferro, tenen punts de fusió de més de 1000 °C).



**A.8.** *Procediu a la caracterització de les substàncies presentades pel professor i determineu a quin dels tres grans grups (iònics, covalents o metàl·lics) pertanyen.*

Poden utilitzar-se substàncies com: clorur de sodi, iode, granalla de cinc, coure, naftalè, sofre, etc. Les propietats característiques poden establir-se de forma qualitativa, com acabem d'indicar. Es tracta de realitzar les experiències proposades i omplir una taula com la següent, amb els resultats qualitius obtinguts (sols cal assenyalar sí o no). En l'última columna cal indicar de quin tipus de substància es tracta (iònica, covalent o metàl·lica).

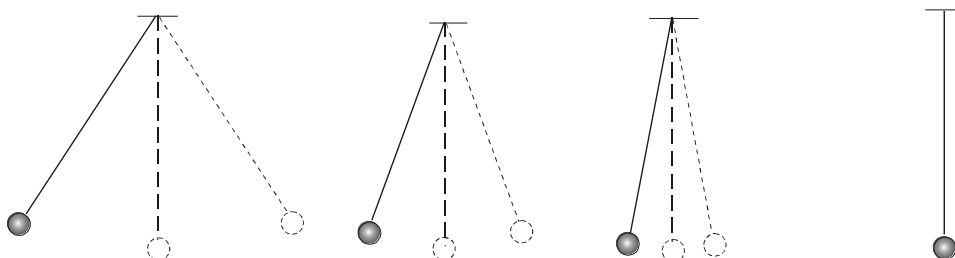
Substància	Solubilitat en aigua	Solubilitat en xilè	Conductivitat del corrent elèctric en estat sòlid	Conductivitat del corrent en dissolució	Punt de fusió (alt o baix)	Tipus de substància (iònica, covalent o metàl·lica)
clorur de sodi						
granalla de cinc						
sofre						
coure						
naftalè						
iode						

## 6. L'enllaç químic

Hem vist que, de l'estudi experimental de les propietats de distintes substàncies, sembla deduir-se l'existència de quatre tipus distintos d'enllaç químic: iònic, covalent, per forces intermoleculars i metàl·lic. Però, no sabem encara perquè es formen eixos enllaços, ni en què consisteix exactament cadascun d'ells. En els apartats següents ens detindrem en aquests punts i elaborarem un model explicatiu elemental de cada tipus d'enllaç. Com és lògic, aquests models teòrics hauran d'explicar satisfactòriament les propietats observades en els corresponents grups de substàncies.

### 2. L'ENLLAÇ COM A CONSEQÜÈNCIA DE LA TENDÈNCIA A L'ESTABILITAT

L'experiència ens mostra que, si un sistema qualsevol en llibertat, experimenta canvis espontàniament, ho fa sempre de forma que passa, des d'un estat inicial cap a altre estat final més estable que el primer. Per exemple: si amollem la bola d'un pèndol des d'una posició inicial que **no coincideix** amb la vertical, veurem que es posa a oscil·lar i que, a poc a poc, va parant-se (va perdent energia a causa del fregament amb l'aire), fins quedar finalment en repòs amb el fil vertical.



Ningú ha observat mai que tinga lloc el procés contrari a l'anterior, és a dir: deixar la bola penjant del fil en la vertical i que espontàniament es moga fins quedar en repòs en una posició separada de la vertical. Diem que l'estat final de la bola en què el fil està completament vertical i aquesta no es mou, és més estable que l'inicial (bola separada de la vertical). Podem plantejar-nos si en els processos químics ocorre o no quelcom paregut.

La majoria dels àtoms en la naturalesa estan units uns a altres. Però hi ha una excepció: els àtoms dels gasos nobles difícilment s'uneixen a altres i tots ells es caracteritzen per tindre 8 electrons de valència (excepte l'heli que sols en té 2).

A principis del segle XX els científics Kössel i Lewis, de forma independent, i basant-se en el coneixement de l'escassa reactivitat dels gasos nobles (que permet suposar que la forma d'estar distribuïts els electrons en aquests àtoms és molt estable), suggeriren que la resta dels àtoms quan s'uneixen ho fan de manera que la seua estructura electrònica final siga com la del gas noble més proper. Aquest fenomen es coneix habitualment com **regla de l'octet** i pot interpretar-se, en principi, com el pas d'un estat inicial (àtom normal) a altre estat final més estable (àtom amb la mateixa estructura electrònica d'un gas noble).

Recordem que, al sistema periòdic curt, el nombre d'electrons de valència d'un àtom coincideix amb el nombre de la columna en la qual es troba. Per apreciar millor els electrons de valència es representa el conjunt format pel nucli més els electrons interns pel símbol de l'element i als electrons de valència com punts que el rodegen.



La representació dels àtoms de sodi, calci, carboni, nitrogen, sofre, fluor i neó seria respectivament:



En els símbols anteriors, cada punt equival a un electró. La posició d'aquests punts (tant dels que van sols com dels que van en parella) és arbitrària, podent ser a qualsevol lloc del símbol que representa el resto atòmic. Es denominen estructures de Lewis. Observeu com el gas noble neó (de nombre atòmic 10) està envoltat de 8 electrons de valència distribuïts en quatre parells.

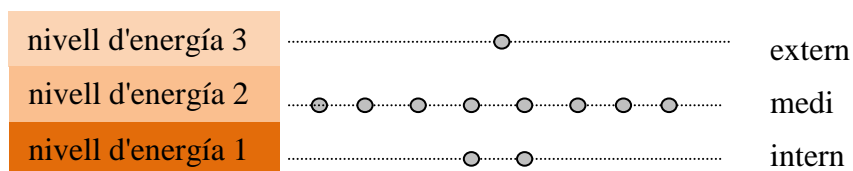
**A.9.** *Ajudant-vos d'un sistema periòdic curt (vegeu pàgina 78), representeu els àtoms de liti, clor, magnesi, alumini, silici, fòsfor, oxigen, heli i argó, mitjançant el símbol rodejat dels punts necessaris per indicar els electrons de valència.*

Així doncs, en una primera aproximació podem suposar que els àtoms s'enllacen uns amb altres perquè així evolucionen cap a un estat de major estabilitat, adquirint la mateixa configuració electrònica del gas noble més pròxim.

A continuació veurem com, utilitzant la regla de l'octet, també és possible elaborar models dels distints tipus d'enllaç químic, al temps que cada model d'enllaç és capaç d'explicar les propietats que s'observen experimentalment en les substàncies en les que es presenta l'esmentat tipus d'enllaç.

### 3. L'ENLLAÇ IÒNIC

Al tema anterior vérem que el sodi té 11 electrons distribuïts de la següent forma:



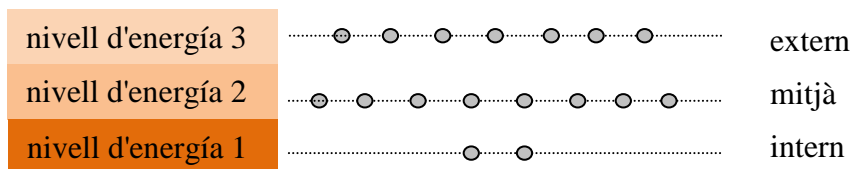
Com podem apreciar, el sodi és un element situat a la primera columna del sistema periòdic i té un únic electró de valència (sols un electró en el nivell d'energia més extern). Si el perdera, l'últim nivell d'energia seria el segon i tindria 8 electrons de valència (com el gas noble Ne). En principi, podríem pensar que també podria guanyar 7 electrons i quedar-se així amb 8 en el tercer nivell d'energia, però cal descartar aquesta idea perquè, com sembla lògic, el procés de guanyar 7 electrons seria molt més difícil que el de perdre sols un ja que, en anar guanyant electrons, la seva càrrega seria cada vegada més negativa pel que cada vegada repeleria també amb més força al següent electró que anés a incorporar-se.

Igual ocorre amb tots els elements de la primera columna del sistema periòdic. A tots ells els sobra un electró per tindre 8 en l'última capa (excepte al Li, que es quedaria amb 2, com el gas noble He). Per aquesta raó, cap esperar un comportament químic amb "tendència" a perdre l'últim electró.

## 6. L'enllaç químic

*A.10. Busqueu en el tema anterior l'estructura electrònica d'algun element de la segona i de la tercera columna del sistema periòdic curt i justifiqueu quants electrons haurien de perdre els elements de la segona columna i els de la tercera perquè l'últim nivell d'energia els quedara amb estructura electrònica estable de gas noble.*

Fixem-nos ara en un element com el clor. Al tema anterior vérem que l'àtom de clor (Cl) té 17 electrons distribuïts de la següent forma:



Com podem veure, sols li falta un electró per a tindre 8 electrons en l'últim nivell d'energia (i és més fàcil guanyar un electró que perdre'n 7).

El mateix ocorre amb tots els elements de la columna VII del sistema periòdic curt. A tots ells els falta un electró per tindre una estructura electrònica estable de gas noble a l'últim nivell d'energia.

*A.11. Busqueu en el tema anterior l'estructura electrònica d'algun element de la quinta i de la sisena columna del Sistema Periòdic curt i justifiqueu quants electrons haurien de guanyar per quedar en l'últim nivell d'energia amb estructura electrònica estable de gas noble.*

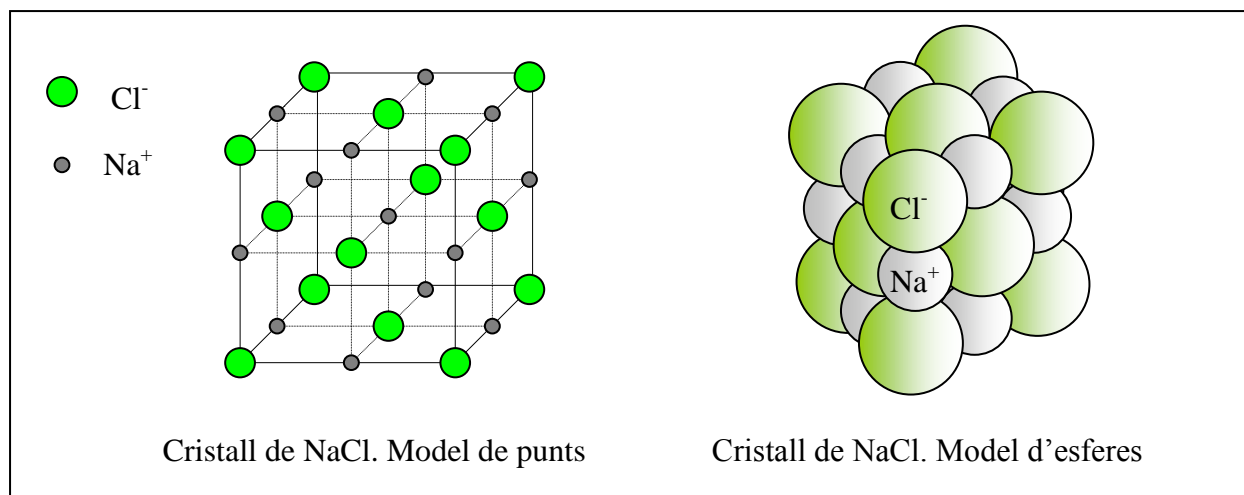
Es comprova experimentalment que, en general, el **caràcter metàl·lic** (facilitat amb què un àtom perd electrons) augmenta cap a l'esquerra i cap avall del Sistema Periòdic (com menys electrons ha de perdre l'àtom i més gran és) i que el **caràcter no metàl·lic** (facilitat amb què un àtom guanya electrons) augmenta, en general, cap a la dreta i cap amunt del Sistema Periòdic (sense comptar la columna 8 dels gasos nobles), és a dir, com menys electrons li falten per completar l'octet i com més petit és l'àtom.

Els elements de las columnes I, II y III han de perdre 1, 2 i 3 electrons respectivament per a tindre en el seu últim nivell d'energia els mateixos electrons que un gas noble. Els elements de les columnes V, VI y VII, han de guanyar 3, 2 y 1 electrons respectivament per tindre en el seu últim nivell d'energia la mateixa estructura electrònica d'un gas noble. Els elements de la columna IV, haurien de guanyar o perdre quatre electrons per tindre 8 en el seu últim nivell d'energia. No obstant això guanyar o perdre 4 electrons requereix molta energia i aquests elements tenen un caràcter especial, intermedi entre metall i no metall.

*A.12. En analitzar un cristall de clorur de sodi (NaCl) s'aprecia que:*

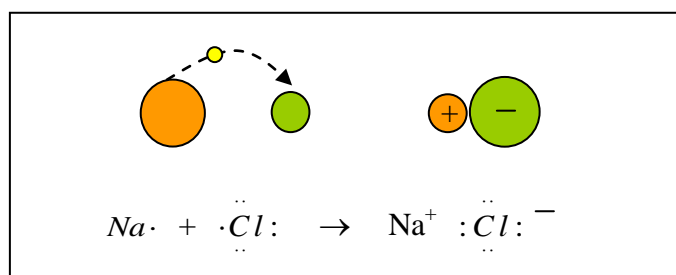
- Està format per ions  $\text{Na}^+$  i per ions  $\text{Cl}^-$ .*
- La proporció d'aquests ions és 1:1*
- Cada ió està rodejat per ions de signe contrari, formant una xarxa que s'estén en les tres direccions de l'espai*

*A la figura següent es reproduïx de forma esquemàtica una xicoteta part d'un cristall de NaCl, de dues formes diferents.*



*Com poden explicar-se els fets anteriors?*

A cada àtom de Na li sobra un electró per tindre 8 a l'últim nivell d'energia (estructura electrònica estable de gas noble), mentre que a un àtom de clor, li'n falta un. Podem pensar, doncs, que el clor "li llevarà" l'electró al sodi, quedant així  $\text{Na}^+$  i  $\text{Cl}^-$ , com s'il·lustra a l'esquema següent:



Com els anions  $\text{Cl}^-$  tenen càrrega negativa i els cations  $\text{Na}^+$  la tenen positiva, s'atrauran elèctricament, per ser càrregues de distint signe, és a dir, s'uniran formant un enllaç iònic.

A partir del model anterior podem adonar-nos que una mostra d'un compost iònic no estarà formada per unitats independents  $\text{Na}^+\text{Cl}^-$ , sinó que cada catió  $\text{Na}^+$  estarà rodejat d'anions  $\text{Cl}^-$  i viceversa (cada anió  $\text{Cl}^-$  estarà rodejat de cations  $\text{Na}^+$ ), formant així una xarxa d'ions que s'estén en les tres direccions de l'espai i que s'anomena "xarxa cristal·lina".

De l'esquema anterior, es dedueix que, **en els compostos iònics no existeixen molècules individuals**. Es tracta, pel contrari d'estructures "macroscòpiques" que s'estenen per l'espai formant cristalls. La forma dels mateixos varia d'unes substàncies a altres i depèn de la grandària relativa i la càrrega elèctrica dels ions. La fórmula  $\text{NaCl}$  s'interpreta com que en l'esmentada substància, per cada ió de sodi hi ha un ió de clor, és a dir, un cristall de clorur de sodi conté el mateix nombre de cations  $\text{Na}^+$  que d'anions  $\text{Cl}^-$  (anió clorur).  $\text{NaCl}$  rep també el nom d'**unitat fórmula** del clorur de sodi.

L'enllaç iònic es dona fonamentalment entre àtoms d'elements molt metàl·lics (que perden electrons de valència fàcilment) i àtoms d'elements molt no metàl·lics (que guanyen electrons fàcilment).

## 6. L'enllaç químic

**A.13.** Atenent les consideracions anteriors, justifiqueu les fórmules químiques dels següents compostos iònics, explicant el significat: Bromur de calci ( $\text{CaBr}_2$ ), nitrur de liti ( $\text{Li}_3\text{N}$ ), sulfur de potassi ( $\text{K}_2\text{S}$ ), òxid de magnesi ( $\text{MgO}$ ), clorur d'alumini ( $\text{AlCl}_3$ ).

Una vegada coneguda la forma d'enllaç, podem tractar d'explicar algunes de les propietats típiques dels compostos iònics, que ja s'esmentaren a l'inici del tema.

**A.14.** Utilitzant tot allò que s'ha après sobre l'enllaç iònic, elaboreu en la llibreta de classe una taula com la següent (de la grandària que calga) i completeu-la.

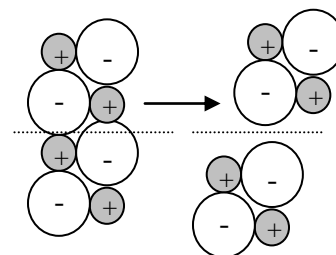
Propietats dels compostos iònics	Justificació segons el que hem tractat sobre l'enllaç iònic
Tenen una temperatura de fusió alta	
En estat sòlid no condueixen el corrent elèctric	
Fosos sí que condueixen el corrent elèctric	
Les dissolucions aquoses són conductores	
Són substàncies fràgils	

La realització de l'activitat anterior, ha de portar a assenyalar que els compostos iònics tenen, en general, punts de fusió elevats, perquè cada ió està rodejat d'ions amb càrregues de signe contrari a la de l'ió central. És a dir, hi ha càrregues de signe contrari molt pròximes, que s'atrauen elèctricament amb forces intenses, que s'exerceixen en totes direccions, donant com resultat una estructura gegant de partícules carregades i unides unes a altres amb força.

D'altra banda, eixa atracció tan forta en totes les direccions de l'espai fa que les substàncies iòniques, en condicions ordinàries, es troben en fase sòlida (formant cristalls), de forma que els ions no es poden moure d'un lloc a un altre. El corrent elèctric no és sinó un moviment de càrregues. Com en els sòlids iònics, les càrregues estan ocupant posicions fixes, no es poden moure i, en conseqüència, no condueixen el corrent. Però, quan s'eleva la temperatura, l'energia comunicada pot ser suficient per trencar els enllaços entre els ions, de forma que la substància iònica fon. En eixe estat, els ions es poden moure amb certa llibertat, raó per la qual sí que condueixen el corrent elèctric.

Quan un sòlid iònic es dissol en aigua, ocorre quelcom similar, perquè l'aigua (com veurem més endavant), és capaç de separar els ions positius i negatius, trencant els enllaços que els mantenen units. En una dissolució aquosa d'un compost iònic existeixen ions (positius i negatius) que es poden moure, de forma que aquestes dissolucions són conductores del corrent elèctric. És per això que l'aigua destil·lada a penes condueix el corrent elèctric, però l'aigua d'aixeta o d'ullal sí que ho fa, perquè sempre porta sals (compostos iònics) dissoltes. Resulta perillós, per exemple, utilitzar un aparell elèctric endollat a la xarxa, a prop de la banyera en la qual ens estem banyant.

La fragilitat d'alguns compostos iònics es manifesta, de vegades, en què, en sotmetre a una força lateral a un cristall d'una substància iònica (com el fluorur de calci o calcita), podem veure que es trenca fàcilment en capes. Es pot donar una interpretació elemental d'aquest fet si tenim en compte que, en exercir una força que desplaça lleugerament els ions d'una capa, immediatament es veuran enfrontats a ions amb càrregues del mateix signe, pertanyents a la capa del costat, amb la qual cosa es repel·liran i es produirà la fractura.

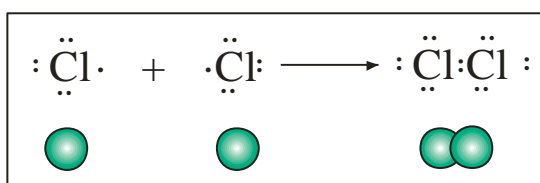


#### 4. L'ENLLAÇ COVALENT

Fins ací hem vist com podia explicar-se l'enllaç entre un metall i un no metall. Però, hi ha casos d'unions entre àtoms que no poden explicar-se així, com ocorre, per exemple, quan els àtoms que s'enllacen són no metàl·lics (ambdós han de guanyar electrons per adquirir configuració electrònica de gas noble).

**A.15.** *A l'àtom de clor (Cl), com hem vist, li falta un sol electró per completar l'octet i adquirir així estructura electrònica estable de gas noble. Com podem explicar, doncs, l'existència de clor molecular, Cl<sub>2</sub>?*

Una explicació seria suposar que cada àtom de clor aporta un electró a l'enllaç, de forma que el parell d'electrons pertany a ambdues escorces electròniques, obligant així als dos àtoms a romandre units per que cadascun tinga huit electrons a l'últim nivell d'energia, com s'observa a l'esquema següent:



Altra forma de representar la molècula de clor és: Cl – Cl, on el guionet representa el parell d'electrons compartit.

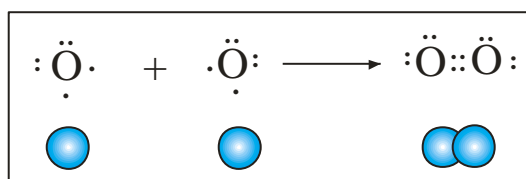
Com es tracta d'àtoms iguals, els dos clors atrauran amb igual força al parell d'electrons d'enllaç. Aquest tipus de compartició es coneix com enllaç "covalent pur". Convé tindre en compte que una mostra de gas clor estaria formada per infinitat de partícules independents (Cl<sub>2</sub>), anomenades **molècules** de clor, de manera que la fórmula de la substància simple anomenada clor no és Cl (açò és el símbol d'un àtom), sinó Cl<sub>2</sub>. Existeixen també altres tipus d'enllaç covalent més complexos, com els que veurem a continuació:

#### 4.1. Què ocorre quan hi ha més d'un electró a compartir?

Alguns elements del sistema periòdic tenen la particularitat de poder establir unions covalents en les que, entre dos àtoms iguals, es comparteix més d'un parell d'electrons, formant-se enllaços covalents múltiples. Aquest és el cas, per exemple, de les molècules d'oxigen (O<sub>2</sub>) i nitrogen (N<sub>2</sub>).

**A.16.** *Tenint en compte les característiques de l'enllaç covalent (compartició d'electrons per completar l'octet), tracteu de justificar l'existència de molècules d' O<sub>2</sub> i de molècules de N<sub>2</sub>.*

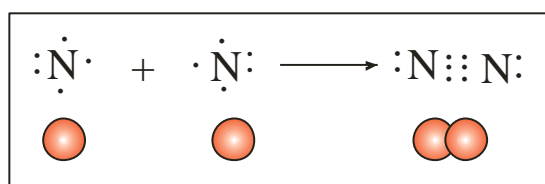
La formació de la molècula d'O<sub>2</sub>, es pot explicar per la compartició de dos parells d'electrons de valència, formant-se un enllaç covalent doble, com s'explica al següent esquema:



Altra forma de representar la molècula d'oxigen és O = O, on el doble guionet representa els dos parells d'electrons compartits.

## 6. L'enllaç químic

Pel que fa a la molècula de nitrogen  $N_2$ , convé adonar-se que el nitrogen té 5 electrons de valència i li'n falten tres per completar l'octet. La formació de la molècula de nitrogen  $N_2$  es pot explicar per la compartició de tres electrons de valència, aportats per cadascun dels àtoms, formant-se un enllaç covalent triple, segons s'indica al següent esquema:

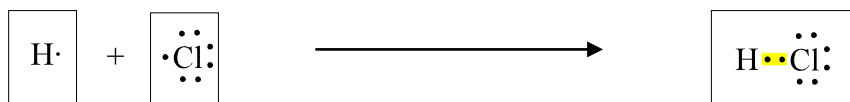


Altra forma de representar la molècula de nitrogen és  $N \equiv N$  en la que el triple guionet representa els tres parells d'electrons compartits.

### 4.2. Què ocorre quan els àtoms que s'enllacen no són iguals?

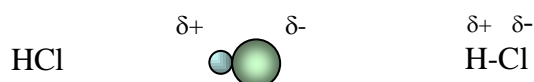
Quan es forma un enllaç covalent (simple o múltiple) entre àtoms iguals com, per exemple  $H-H$ ,  $Cl-Cl$ ,  $O=O$ ,  $N \equiv N$ , etc., és lògic que els àtoms compartiquen per igual els electrons d'enllaç. Però quan es tracta d'àtoms d'elements distints, la força amb què són atrets els electrons d'enllaç varia d'uns a altres. Com major és el caràcter no metàl·lic d'un àtom, amb tanta més força atrau els parells d'electrons d'enllaç.

Cada àtom de l'element hidrogen té un únic electró, de forma que li falta altre per tindre l'estructura electrònica estable del gas noble He, mentre que a l'àtom de Cl (amb 7 electrons a l'últim nivell d'energia) li falta també un electró per tindre 8 a l'últim nivell d'energia, raó per la qual poden unir-se per formar la molècula de HCl mitjançant un enllaç covalent simple aportant cadascun un electró.



Ara be, en aquest cas, el Cl (més no metàl·lic que l' H), atrau el parell d'electrons d'enllaç amb més força que l'hidrogen, de forma que, ambdós electrons estaran més a prop de l'àtom de clor, generant-se així una zona amb un excés de càrrega negativa (al voltant de l'àtom de clor) i altra amb un defecte de càrrega negativa (al voltant de l'àtom d'hidrogen).

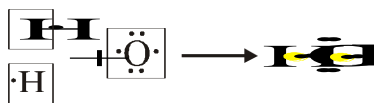
El clor no aconsegueix arrancar del tot l'electró de l'hidrogen, raó per la qual, les càrregues d'ambdós àtoms són "parcials" i, per designar aquest fet, s'utilitzen els símbols  $\delta^-$  i  $\delta^+$ . L'enllaç covalent format rep el nom "d'enllaç covalent polar". La molècula de HCl és una molècula polar perquè en ella s'aprecia una zona amb major densitat de càrrega negativa, separada d'altra amb defecte de càrrega negativa (dos pols).



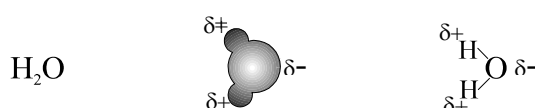
**A.17.** Justifiquen que en la molècula d'aigua ( $H_2O$ ) existisquen dos enllaços covalents polars.

En el cas de la molècula d'aigua, a l'àtom d'oxigen li falten dos electrons per tindre'n 8 en l'última capa, mentre a l'hidrogen, amb un sol electró, li'n falta altre per tindre així

estructura electrònica estable igual a la del gas noble heli (He). Podem pensar, doncs, que cada àtom d'hidrogen comparteix l'únic electró que posseeix amb un dels electrons de valència de l'àtom d'oxigen i així es justifica la molècula d'aigua:



Però l'àtom d'oxigen atrau als electrons amb més força que l'àtom d'hidrogen, raó per la qual els enllaços O-H seran enllaços covalents polars. D'altra banda, se sap que la molècula d'aigua no és lineal, sinó que els enllaços O-H formen un cert angle entre ells. Aquest fet porta com conseqüència que la molècula d'aigua siga una molècula polar. En l'àtom d'oxigen hi haurà una zona amb major densitat de càrrega negativa, mentre, en cada àtom d'hidrogen, la densitat de càrrega negativa serà menor (perquè en atraure més als electrons d'enllaç aquests s'apropen més a l'oxigen que a l'hidrogen). Tot el que acabem de dir pot representar-se esquemàticament com:

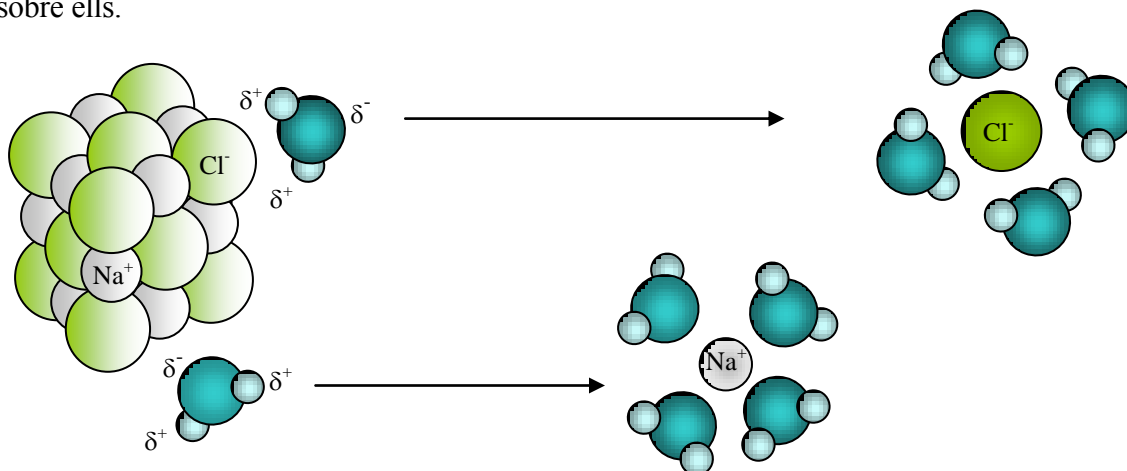


El concepte de molècula polar ens pot ajudar a acabar d'entendre també alguna propietat dels compostos iònics. Concretament estem fent referència al fet que molts sòlids iònics poden dissoldre's en aigua i, en canvi no es dissolven en altres dissolvents del tipus del benzè.

**A.18.** Utilitzant el concepte de molècula polar, tracteu d'explicar que molts sòlids iònics, com ara el clorur de sodi, puguen dissoldre's en dissolvents polars com l'aigua i no ho facen en altres no polars, com el benzè.

En posar en contacte un sòlid iònic, com el clorur de sodi, un dissolvent polar com l'aigua, els ions positius situats a la superfície del cristall atrauran les molècules d'aigua per la part de l'oxigen (zona de la molècula on està situat el pol negatiu). Anàlogament ocorrerà amb els ions negatius de la superfície del sòlid, produint-se una atracció entre aquests i les molècules d'aigua, que se situaran al seu costat, col·locant els hidrògens (zona de major densitat de càrrega positiva), orientats caps als ions negatius. En la figura adjunta s'intenta mostrar aquest procés de forma esquemàtica.

La dissolució del sòlid iònic en aigua s'explicaria com el resultat de les ruptures dels enllaços iònics entre els cations i els anions, a causa de les forces d'atracció exercides per les molècules polars d'aigua sobre ells.



## 6. L'enllaç químic

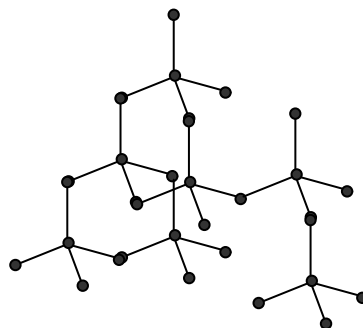
En resum: la dissolució d'un sòlid o cristall iònic es produeix perquè les molècules polars del dissolvent exerceixen atraccions suficientment intenses sobre els ions com per poder separar-los. En l'esquema anterior podem veure com l'orientació de les molècules polars de l'aigua varia segons que es troben enfrontades a cations o anions. Naturalment, si en lloc d'aigua s'utilitza un dissolvent, les molècules del qual no siguin polars (com el benzè), o ho siguin poc, el sòlid iònic no es dissoldrà, perquè aquestes molècules no podran atraure els ions o els atrauran poc (amb menys força de la que cal per trencar els enllaços iònics).

El model d'enllaç covalent que estem utilitzant, tant pur com polar, suposa que els electrons que es comparteixen o electrons d'enllaç, estan molt localitzats en una zona. No és igual que en l'enllaç iònic, en el que la força d'atracció que fa un ió sobre els de signe contrari s'exerceix en totes direccions. Açò fa que l'enllaç covalent siga un enllaç molt fort.

*A.19. A partir del model establert per l'enllaç covalent, justifiqueu que en general les substàncies covalents no siguin bones conductores de l'electricitat, que hi haja alguns sòlids covalents molt durs i també moltes substàncies que, en condicions ordinàries, són gasos.*

La no conductivitat del corrent elèctric s'explica perquè no existeixen càrregues lliures, perquè els electrons d'enllaç entre dos àtoms estan lligats als dos, molt localitzats en una zona concreta. El mateix raonament ens val per explicar la falta de conductivitat elèctrica de les dissolucions d'aquestes substàncies en dissolvents del tipus del benzè, on es troben les molècules individuals sense càrrega elèctrica neta movent-se en la dissolució (no hi ha ions).

A causa de l'elevada energia necessària per trencar un enllaç covalent, cap esperar un elevat punt de fusió quan els àtoms units estenguen els enllaços en les tres direccions de l'espai (substàncies covalents atòmiques) com ocorre en el diamant (àtoms de C enllaçats entre ells).



En el diamant, els quatre electrons de valència de l'àtom de carboni estan disposats formant quatre enllaços covalents amb altres tants àtoms de carboni. Els 4 parells d'electrons de cada àtom es troben el més lluny possible uns d'altres (es repel·leixen entre ells) i molt localitzats, seguint la direcció dels vèrtexs d'un tetràedre (així uns parells estan el més allunyats possible dels altres), repetint-se l'estructura en tota l'extensió del sòlid, donant lloc a una mena de macromolècula en la que cada àtom de carboni està unit a altres quatre (sòlid covalent atòmic).

Quan el nombre d'enllaços és limitat, com ocorre en la major part de les substàncies (oxigen, hidrogen, amoníac, etc..) amb enllaços covalents, en quedar saturats els àtoms enllaçats en la molècula, les forces intermoleculars (o forces entre les pròpies molècules) seran febles, el que justifica que tinguin temperatures de fusió i ebullició baixes, raó per la qual solen presentar-se en fase gasosa (en les condicions ordinàries de pressió i temperatura). Aquestes substàncies s'anomenen "covalents moleculars". Al final del present capítol veurem un exemple de forces intermoleculars (enllaç per pont d'hidrogen).



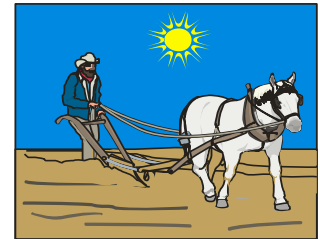
## 5. ENLLAÇ METÀL·LIC

La importància de l'enllaç metàl·lic la podem veure en el fet que les 3/4 parts dels elements del sistema periòdic són metalls. El paper que aquestes substàncies han representat en el desenvolupament de la humanitat ha estat i és extraordinàriament important.

*A.20. Feu una llista, anomenant repercussions importants per a la humanitat, del descobriment de metalls i les seues propietats.*

Podem començar recordant que, en la història dels éssers humans, es distingeix entre l'Edat de Pedra, l'Edat del Bronze i la del Ferro. Amb el descobriment de metalls com el coure i el ferro, es pogueren substituir ferramentes i armes de pedra per altres de metall. Les fletxes i llances amb puntes de ferro, suposaren una sensible millora en el rendiment de la caça.

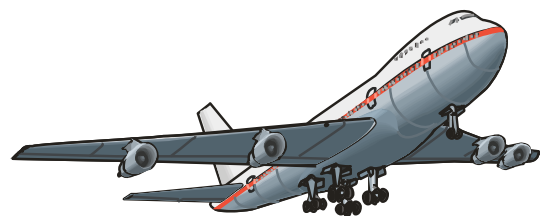
També la invenció de l'aladre de ferro (uns 1000 anys abans de la nostra era) canvià radicalment l'agricultura. D'altra banda, les llantes metàl·liques col·locades a les rodes dels carros o les simples ferradures dels cavalls, produïren millores importants en els primers mitjans de transport terrestre.



Pensem també en la importància de disposar de ferramentes de ferro com martells, claus, serres, etc., per a la construcció d'habitatges. La capacitat dels metalls en general, per a ésser modelats en diferents formes, permeté l'elaboració de recipients de tota mena i gran utilitat en l'alimentació: olles, plats, culleres, cassoles, etc., o la construcció d'elements de protecció com les armadures, escuts, cascos, malles, etc. El descobriment que el ferro podia millorar moltes de les propietats, en afegir-li una certa quantitat de carbó vegetal (fabricació d'acer), fou també una fita molt important en la utilització dels metalls.

Altres propietats generals dels metalls, com la capacitat per conduir el corrent en estat sòlid i la ductilitat permeteren, més endavant, transportar energia elèctrica d'uns llocs a altres, utilitzant per aconseguir-ho, cables de coure molt llargs, que feu possible portar l'electricitat a pobles i ciutats.

Tampoc podem oblidar la utilització, cada vegada major, de certs metalls amb propietats molt específiques, com l'alumini, en la fabricació d'avions i diversos vehicles, així com en la indústria de la construcció en general, per la baixa densitat i l'elevada resistència a la corrosió.

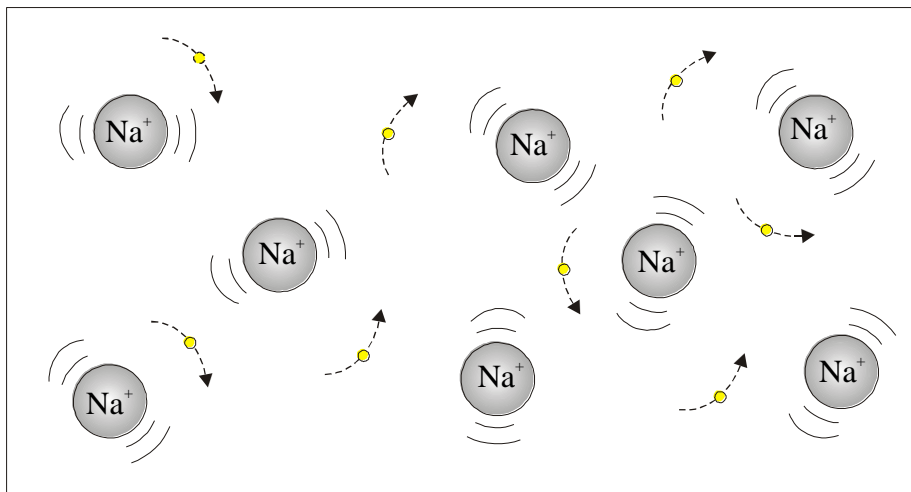


Metalls com el zinc, el cadmi i el mercuri, s'utilitzen en la fabricació de piles elèctriques. El plom en les bateries dels cotxes, etc. Aquests metalls s'anomenen pesats (per l'elevada massa atòmica que els caracteritza) i són molt tòxics, acumulant-se en plantes i animals (són difícils d'eliminar) i, finalment, en el cos humà, causant greus transtorns. **Evitar la seua incorporació al medi ambient és responsabilitat de tots.**

## 6. L'enllaç químic

Per explicar la unió entre àtoms metàl·lics (o enllaç metàl·lic), utilitzarem com exemple el sodi. Es tracta de justificar que uns àtoms de sodi puguin unir-se amb altres per donar una substància sòlida amb les propietats típiques dels metalls. Si tractem d'explicar-ho aplicant el model d'enllaç covalent desenvolupat en el punt anterior, ens trobem amb una dificultat: cada àtom de sodi, al nivell d'energia més extern, sols té 1 electró, és a dir, li'n faltarien 7 més per completar l'octet.

Podem pensar en la compartició de 8 electrons de valència aportats per altres tants àtoms de sodi. Aquests electrons, a causa de la gran llibertat de moviment de què disposen, formarien una mena de núvol d'electrons comú a 8 cations  $\text{Na}^+$ . Si disposarem d'un nombre molt elevat d'àtoms, açò s'estendria a tots ells, en totes les direccions de l'espai, formant un conjunt de moltíssims cations  $\text{Na}^+$  units entre ells per l'acció d'un núvol electrònic comú de càrrega negativa.



Així doncs, l'enllaç metàl·lic es pot entendre com un enllaç entre molts ions metàl·lics positius (cations metàl·lics) a través d'un núvol comú d'electrons. Aquests electrons que formen el núvol estan en moviment continu i desordenat entre els cations, evitant que se separen. Al propi temps gaudeixen d'una gran llibertat de moviment.

*A.21. Justifiqueu, d'acord amb el model proposat, que els metalls siguin bons conductors de l'electricitat i fàcilment deformables.*

La capacitat conductora del corrent elèctric que presenten els metalls en estat sòlid es pot explicar per la gran mobilitat dels electrons de valència, de forma que, en connectar un tros allargat de metall (per exemple, un cable) als pols d'una pila elèctrica, els electrons es mouran globalment en el mateix sentit (del pol negatiu de la pila cap al positiu) passant, sense gran dificultat, entre els cations positius del metall. El fet que un cable metàl·lic s'escalfe quan condueix el corrent elèctric es deuria, segons el model proposat, a les interaccions existents entre els cations metàl·lics (en continua vibració) i els electrons que constitueixen el corrent, amb el consegüent frenat d'aquests. Per aquesta raó, quan es disminueix molt la temperatura d'un metall, els ions positius de la xarxa vibren amb menys intensitat i disminueix l'efecte de frenat dels electrons o, el què és el mateix, la resistència del conductor al pas del corrent.

El model d'enllaç metàl·lic establert també explica altres propietats característiques dels metalls com, per exemple, la possibilitat de deformació sense que es produísca ruptura (com ocorre en els sòlids iònics), perquè la deformació del metall suposa únicament un desplaçament de cations metàl·lics, que condueix a una nova situació que a penes es diferencia de l'anterior. En les figures següents es pot diferenciar l'efecte que produeix a nivell atòmic una deformació en un sòlid metàl·lic i en un sòlid iònic:



A la figura anterior esquerra la zona acolorida de groc representa el núvol o mar d'electrons en què es troben immersos els restos atòmics positius del metall i que fa el paper de pegament que els manté units, de manera que es comprèn que quan s'exercisca una força lateral puga lliscar una capa d'àtoms respecte d'una altra de manera que els àtoms ocupen noves posicions però sense que l'estructura del metall es modifiqui. Això no pot ocórrer en el sòlid iònic perquè no té aquest núvol electrònic i en quedar enfrontats els ions del mateix signe la força elèctrica de repulsió separa ambdues capes.

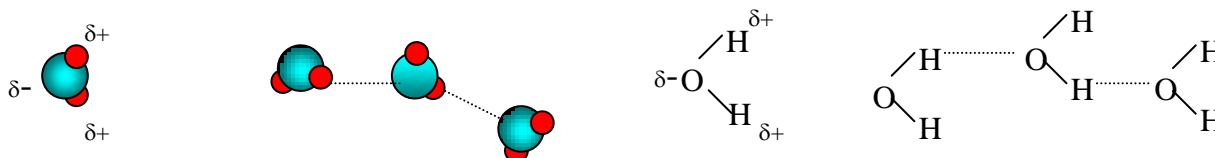
## 6. COM PODEN UNIR-SE LES MOLÈCULES ENTRE ELLES?

Les forces d'atracció entre molècules (monoatòmiques o poliatòmiques) sense càrrega neta es coneixen amb el nom de forces intermoleculars, o forces de Van der Waals. Un cas particularment interessant de forces entre molècules és el de les molècules d'aigua.

L'aigua és una substància que, a més de trobar-se en forma de gas pot trobar-se fàcilment en fase líquida o sòlida (gel). Ara bé, si no existira cap força d'enllaç entre les molècules, l'aigua sempre estaria en forma de gas, per tant, se'ns planteja una qüestió: ¿quin és el mecanisme mitjançant el qual les molècules d'aigua s'uneixen entre elles?

*A.22. Proposeu una possible explicació que done compte de com és possible que s'unisquen les molècules d'aigua entre elles per formar aigua líquida o sòlida.*

La molècula d'aigua és una molècula molt polar. L'àtom d'hidrogen és molt petit i té una càrrega parcial positiva. L'àtom d'oxigen és molt no metàl·lic i té gran apetència pels electrons d'enllaç amb l'hidrogen. Açò fa que sobre ell existisca una zona de densitat de càrrega negativa, que obri la possibilitat que s'unisquen unes molècules d'aigua amb altres mitjançant forces d'atracció de tipus elèctric entre pols de distint signe, com s'indica esquemàticament a continuació:



L'enllaç entre l'oxigen i l'hidrogen de molècules d'aigua distintes (representat al dibuix anterior per una línia puntejada) rep el nom d'enllaç d'hidrogen. La càrrega parcial positiva originada en l'àtom d'hidrogen atrau als electrons de l'àtom d'oxigen d'una molècula veïna. Un enllaç d'hidrogen és una unió de tipus intermolecular generada per un àtom d'hidrogen que es troba entre dos àtoms no massa grans i que tenen una forta "apetència" pels electrons (en la pràctica, sols es dona amb l'oxigen, el nitrogen i el fluor).

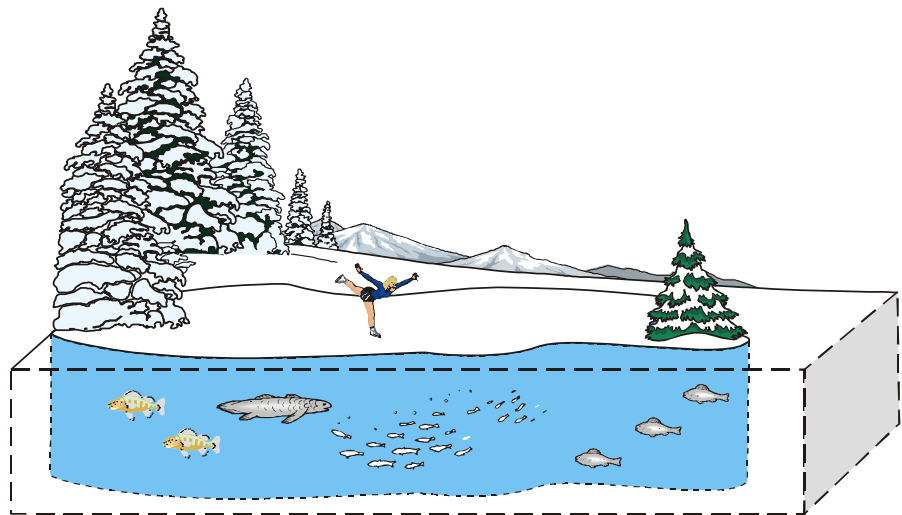
## 6. L'enllaç químic

Aquest tipus d'enllaç intermolecular és el responsable, per exemple, de l'existència d'oceans i llacs d'aigua líquida al nostre planeta. Si no existira, les molècules d'aigua no estarien unides entre elles amb tanta força, de manera que tota l'aigua es trobaria en forma de gas i la vida a la Terra (cas que n'hi hagués) seria molt diferent a tal com la coneixem.

*A.23. L'aigua en estat sòlid (gel) conté un gran nombre d'enllaços d'hidrogen entre molècules d'aigua. Açò fa que el gel presente una estructura molt oberta. Però, quan augmenta la temperatura i passa a la fase líquida, alguns d'aquests enllaços es trenquen (malgrat que se'n conserven prou) i per això, l'aigua líquida és més compacta (més densa) que el gel.*

*Quina importància té aquest fet per al relleu a les muntanyes elevades i la vida als llacs?*

El fet que l'aigua en fase sòlida (gel) estiga formada per estructures més obertes que l'aigua en fase líquida fa que una mateixa massa d'aigua ocupe un volum major quan es gela que quan està líquida. En zones d'alta muntanya és freqüent que, després de ploure durant el dia, baixi molt la temperatura de nit o de matinada, amb la qual cosa, l'aigua retinguda a les clivelles de les roques es pot convertir en gel. Com aquest canvi de fase implica un augment de volum, el fenomen contribueix a que augmenti la grandària de les clivelles entre les roques i a la disgregació de les mateixes. D'altra banda, com el gel és menys dens que l'aigua líquida, quan la temperatura baixa prou en una zona de llacs, es forma una capa de gel que es queda surant i aïlla del fred la resta de l'aigua líquida que queda baix, permetent així la vida d'animals i plantes a l'interior.



## RECAPITULACIÓ

En aquest tema hem intentat donar resposta a la qüestió sobre com s'uneixen els àtoms i les molècules entre ells per donar lloc a les diferents substàncies químiques. Açò ens ha portat a introduir els conceptes d'enllaç iònic, covalent i metàl·lic, així com a l'estudi, a títol d'exemple, d'un tipus d'enllaç intermolecular (l'enllaç per pont d'hidrogen). Amb tot açò, no sols ha estat possible una primera aproximació a l'enllaç químic, sinó també a la comprensió de les propietats de moltes substàncies, com la duresa, fragilitat, la solubilitat, o no, en aigua, la facilitat per conduir, o no, el corrent elèctric, etc. A més, també hem pogut establir una primera hipòtesi respecte a perquè els àtoms s'uneixen en unes determinades proporcions (per què, el clorur de sodi és NaCl i no Na<sub>2</sub>Cl, per exemple).

Ara ja estem en condicions d'abordar en el proper capítol com es poden transformar unes substàncies en altres diferents, és a dir, l'estudi dels canvis químics.

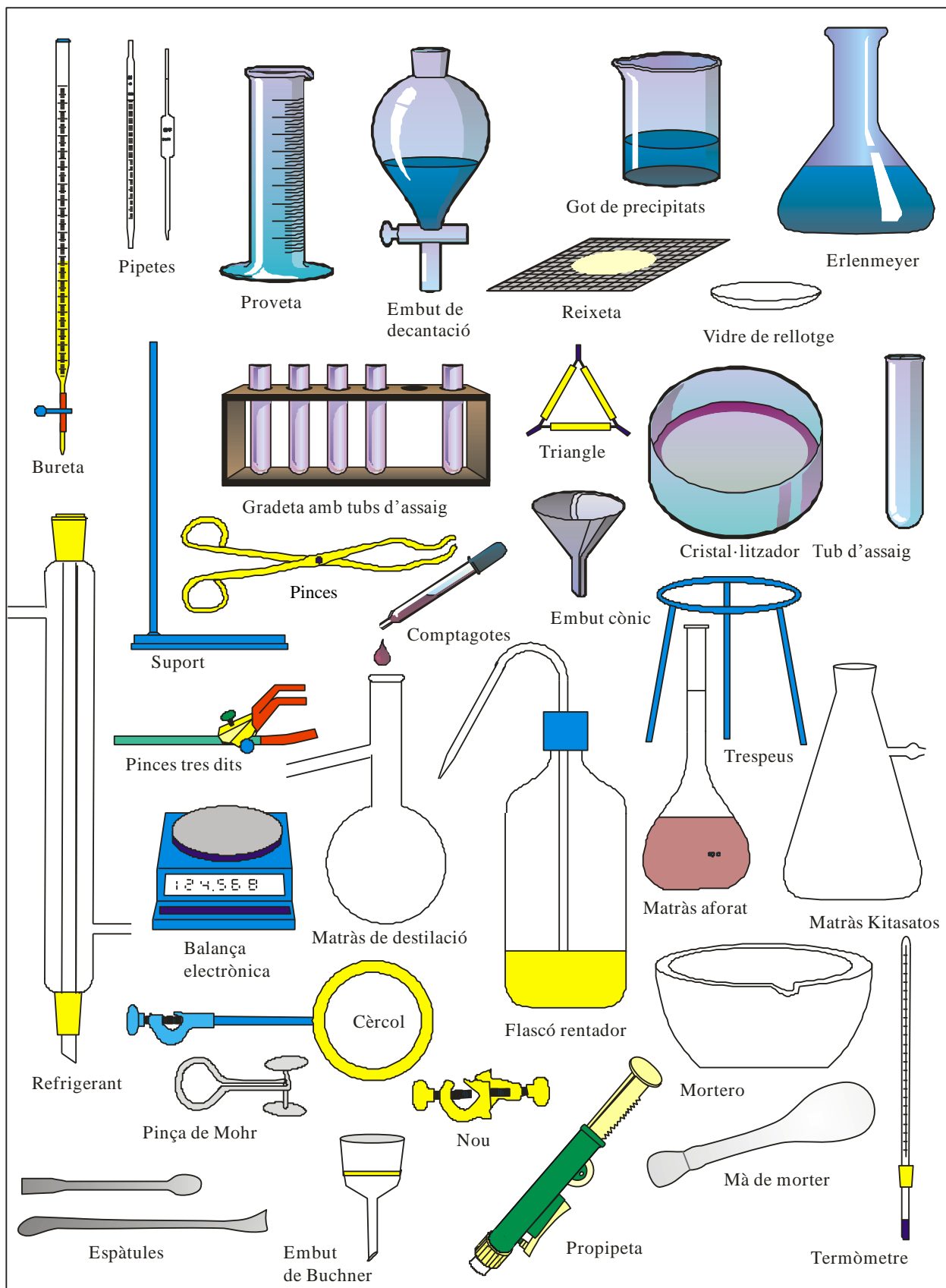
**6. ENLLAÇ QUÍMIC. ACTIVITATS DE REFORÇ**

1. Justifiqueu quants electrons haurien de perdre els següents elements: Li, Be, Mg, K, B, Al, Ca; per quedar en l'últim nivell d'energia amb estructura electrònica estable de gas noble.
2. Justifiqueu quants electrons haurien de guanyar els següents elements: F, O, N, P i S, per quedar en l'últim nivell d'energia amb estructura electrònica de gas noble.
3. Indiqueu si els elements de l'activitat 1 tenen caràcter metàl·lic o no metàl·lic. Ídem per als elements de l'activitat 2.
4. Quin tipus d'enllaç cap esperar entre el Na i el F? I entre el Ca i l'O? Justifiqueu les respostes i deduiu les fórmules dels compostos que se n'obtenen en els dos casos.
5. Expliqueu, amb ajuda d'un dibuix, la fragilitat que presenten els compostos iònics (per exemple el clorur de sodi).
6. Justifiqueu la formació de les molècules  $H_2$ ,  $F_2$ ,  $O_2$ , utilitzant estructures de Lewis.
7. Expliqueu el tipus d'enllaç que es forma entre: a) potassi i brom; b) clor i oxigen; c) iode i calci.
8. Representeu les estructures de Lewis per a les molècules:  $H_2O$  (aigua),  $NH_3$  (amoníac) i  $CH_4$  (metà).
9. La fórmula del tetraclorur de carboni és  $CCl_4$ . Quin tipus d'enllaç es donarà entre l'àtom de C i cadascun dels àtoms de Cl? Representeu l'estructura de Lewis per aquest compost.
10. Representeu les estructures de Lewis per a les molècules de fluorur d'hidrogen (HF) i brom ( $Br_2$ ). Expliqueu si són molècules polars.
11. Quin tipus d'enllaç presentarà una substància que fon a una temperatura elevada, condueix el corrent elèctric i es deforma amb certa facilitat?
12. El diamant (carboni pur) presenta enllaç covalent entre els àtoms, l'iode també presenta el mateix tipus d'enllaç entre els àtoms, però, en la pràctica tenen propietats molt diferents. Com s'explica?
13. Com s'explica que els icebergs suren en l'aigua del mar?
14. Raoneu si les següents afirmacions són vertaderes o falses:
  - a) Els compostos amb enllaç covalent que formen molècules tenen elevat punt de fusió.
  - b) Les forces intermoleculares entre els compostos que formen molècules són febles.
15. Com s'explica que substàncies com l'oxigen, l'hidrogen, amoníac, etc., els àtoms de les quals estan units per enllaços covalents, que són molt forts i per tant cal molta energia per trencar-los, tinguen punts de fusió i ebullició baixos?

## 6. L'enllaç químic

### NOM D'ALGUNS INSTRUMENTS DEL LABORATORI QUÍMIC

Convé conèixer i fer servir al llarg del curs alguns instruments i aparells més habituals en un laboratori de Química, com els que figuren a continuació.



## INICIACIÓ A LA FORMULACIÓ I NOMENCLATURA DE QUÍMICA INORGÀNICA

### INTRODUCCIÓ

A la natura hi ha molts milions de substàncies més o menys mesclades unes amb altres. Des de fa molt de temps, els científics han intentat separar de les mescles naturals algunes substàncies que interessaven per un motiu o altre (obtenció de minerals, substàncies amb propietats medicinals, etc.). En altres casos, el procés ha seguit a l'inrevés, de forma que, a partir d'unes substàncies, mitjançant reaccions químiques apropiades, s'ha tractat d'obtenir altres substàncies noves, amb propietats diferents a les que tenien les de partida.

Aquests processos de separacions i de síntesis, s'han repetit al llarg del temps i, a hores d'ara, han permès aïllar **milions de compostos químics**. Però, com ja sabem, tots els compostos existents estan formats per diferents combinacions de menys d'un centenar d'elements químics. Així, el butà està format sols per carboni i hidrogen, l'aigua per oxigen i hidrogen, etc.

Segons augmentava el nombre de compostos químics coneguts, es va veure la **necessitat d'inventar un sistema** internacional per poder nomenar-los i que els científics dels diferents països els pogueren escriure i llegir igual. Les normes de nomenclatura i formulació de compostos, han estat establertes per la Unió Internacional de Química Pura i Aplicada (IUPAC). Per poder aplicar-les, resulta especialment útil el següent sistema periòdic curt

### 1. TAULA PERIÒDICA ABREUJADA

1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a
H (Hidrogen)							He (Heli)
Li (Liti)	Be (Beril·li)	B (Bor)	C (Carboni)	N (Nitrogen)	O (Oxigen)	F (Fluor)	Ne (Neó)
Na (Sodi)	Mg (Magnesi)	Al (Alumini)	Si (Silici)	P (Fòsfor)	S (Sofre)	Cl (Clor)	Ar (Argó)
K (Potassi)	Ca (Calci)		Ge (Germani)	As (Arsènic)	Se (Seleni)	Br (Brom)	Kr (Kriptó)
Rb (Rubidi)	Sr (Estronci)		Sn (Estany)	Sb (Antimoni)	Te (Telur)	I (Iode)	Xe (Xenó)
Cs (Cesi)	Ba (Bari)		Pb (Plom)	Bi (Bismut)			Rn (Radó)

*A.1. Estudieu la taula anterior, aprenent de memòria els elements que formen cada columna.*

A més dels elements anteriors, hi ha alguns altres que també convé conèixer. Aquests són:

Cu (coure), Ag (plata), Au (or)

Zn (zinc), Cd (cadmi), Hg (mercuri)

Fe (ferro), Co (cobalt), Ni (níquel)

## Formulació

### 2. METALLS, NO METALLS I ÍNDEX D'OXIDACIÓ PRINCIPAL

El nombre de la columna coincideix amb el nombre d'electrons de l'última capa o nivell d'energia dels àtoms que la formen.

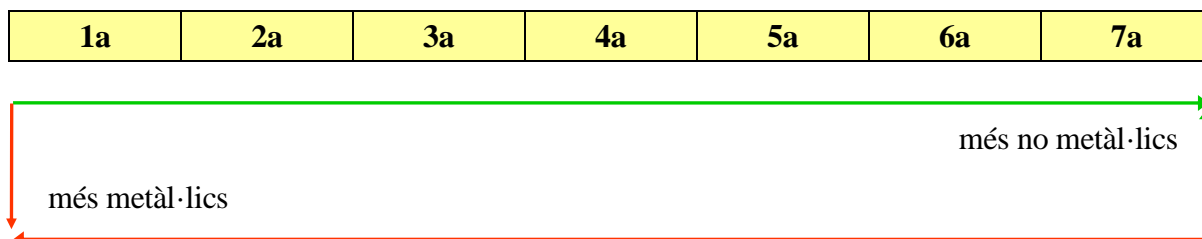
Els àtoms dels gasos nobles (columna 8) són molt estables. L'He té 2 electrons a l'últim nivell d'energia (s'anomenen electrons de valència). La resta de gasos nobles tenen tots 8 electrons de valència.

Cap pensar que els àtoms de la resta de columnes, quan es combinen amb altres, "tendeixen" a adquirir estructura electrònica estable<sup>1</sup> de gas noble (2 o 8 electrons de valència).

*A.2. Prediguen què ions tendiran a formar els elements de cada columna del sistema periòdic curt anterior. Concreteu per al cas de Li, Na, Be, Ca, Al, N, O, Cl.*

La resolució de l'activitat porta a la conclusió que, els elements de les columnes 1a (excepte l'hidrogen), 2a i 3a, tendeixen a perdre 1, 2 i 3 electrons respectivament. Pel contrari, els elements de les columnes 5a, 6a i 7a, tendeixen a guanyar 3, 2 i 1 electrons respectivament. Els elements de la quarta columna tindrien tendència, en principi, a perdre o guanyar 4 electrons. Els ions que formarien els elements proposats serien:  $\text{Li}^+$ ;  $\text{Na}^+$ ;  $\text{Be}^{2+}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Al}^{3+}$ ;  $\text{N}^{3-}$ ;  $\text{O}^{2-}$ ;  $\text{Cl}^-$

Quan dos àtoms diferents s'enllacen, sempre hi ha un amb més "apetència" d'electrons que l'altre. Es diu que és més **electronegatiu**. Els elements, els àtoms dels quals poden perdre els electrons de valència més fàcilment, s'anomenen **metà·lics**. El caràcter metà·lic augmenta cap a l'esquerra i cap a baix en el sistema periòdic. Els elements, els àtoms dels quals poden guanyar electrons més fàcilment, s'anomenen **no metà·lics**. El caràcter no metà·lic augmenta cap a la dreta i cap amunt al sistema periòdic. En general, quan més no metà·lic és un element, és també més electronegatiu.

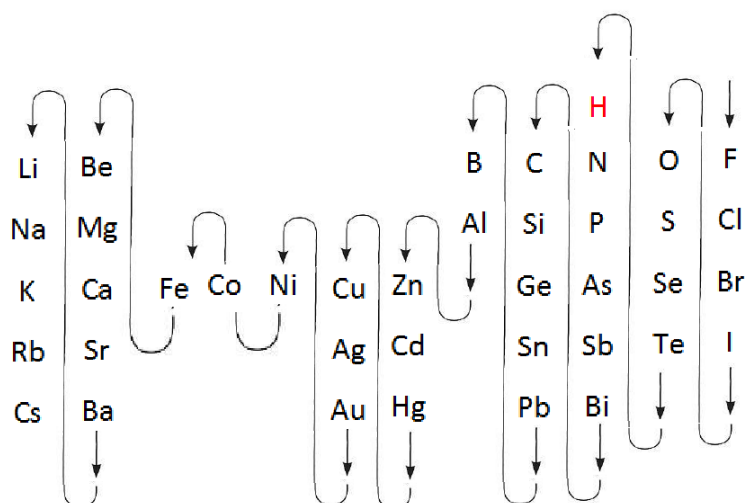


El nombre d'electrons que un àtom guanya o perd, en enllaçar-se amb altre, rep el nom d'**índex (o nombre) d'oxidació** (positiu si es perd el domini sobre l'electró, negatiu si es guanya).

En la taula de la pàgina següent s'expressa l'ordre d'electronegativitats dels elements que heu de conèixer. Observeu que l'element més electronegatiu és el fluor mentre que el menys electronegatiu dels que apareixen a la taula és el cesi. La posició de l'hidrogen és excepcional, en compte d'aparèixer en la 1a columna del sistema periòdic curt aparèix el primer de la 6a columna. En realitat l'oxigen és més electronegatiu que el clor però es situa per conveni després del iode. Quan tinguem que escriure la fórmula d'un compost format per dos elements, el més electronegatiu el situarem sempre a la dreta, per exemple:  $\text{ClF}_5$ ,  $\text{OCl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{AlBr}_3$ . Més endavant es justificaran els números que apareixen a la fórmula.

<sup>1</sup>Hem posat "tendeixen" entre cometes per assenyalar que es tracta només d'una manera còmoda i curta de referir-se a un fet, l'explicació del qual és molt més complexa, però realment els àtoms no tenen "tendències" ni "apetències".





Seqüència dels elements per la seua electronegativitat

**A.3.** Raoneu quin seria l'índex d'oxidació principal (o nombre d'electrons que li'n sobren o falten a un àtom per a adquirir estructura electrònica estable de gas noble) dels elements de cada columna del sistema periòdic curt.

Exceptuant l'hidrogen, els elements de les columnes 1a, 2a, i 3a tindrien com índex d'oxidació (I), (II), i (III) (positius) perquè han de perdre 1, 2 i 3 electrons respectivament, per adquirir estructura electrònica de gas noble. Els de la columna quarta, actuaran amb índex d'oxidació (IV). Per finalitzar, els de les columnes 5a, 6a i 7a, tindrien com índex d'oxidació principal, (-III), (-II) i (-I) (negatius), perquè han de guanyar 3, 2 i 1 electrons, respectivament, per completar l'octet.

Fixem-nos que:

**L'índex d'oxidació principal**, en valor absolut, coincideix amb el nombre de la columna del sistema periòdic (en les quatre primeres columnes), i amb el nombre que cal afegir (també en valor absolut) al de la columna fins obtenir 8 (en el cas de les columnes 5a, 6a i 7a), segons s'indica al següent esquema.

1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>
I	II	III	IV	-III	-II	-I

A més dels anteriors, cal recordar els índex d'oxidació dels metalls següents (que es justificaran en cursos superiors):

Cu(I), (II)	Zn(II)	Fe(II), (III)
Ag(I)	Cd(II)	Ni(II), (III)
Au(I), (III)	Hg(I), (II)	Co(II), (III)

### 3. COMBINACIONS ENTRE METALLS I NO METALLS (SALS BINÀRIES)

A continuació tractarem dels compostos que es formen en combinar-se dos elements (un d'ells metàl·lic i l'altre no metàl·lic). Ens centrarem en el cas que cap dels dos siga l'hidrogen ni l'oxigen (sals binàries neutres).

## Formulació

**Nomenclatura de les sals binàries:** S'escriu el nom del no metall acabat en UR, seguit del nom del metall, amb indicació de l'índex d'oxidació del metall en nombres romans i entre parèntesis (sols en cas que en tinga més d'un).

Exemples:  $\text{CaCl}_2$  clorur de calci;  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  sulfur de ferro(III)

Explicació: El metall perd electrons i el no metall els guanya. En el cas del  $\text{CaCl}_2$ , per exemple, l'àtom de calci (segona columna del sistema periòdic) ha de perdre 2 electrons (per quedar amb estructura electrònica estable de gas noble) però l'àtom de clor (setena columna del sistema periòdic), sols pot guanyar 1 electró, per tant, calen dos àtoms de clor per cada àtom de calci.

### Regla pràctica per a la formulació de les sals binàries:

- 1r) S'escriu el símbol del metall seguit del símbol del no metall.
- 2n) S'intercanvien els nombres d'oxidació, col·locant-los com subíndex (si és 1, no es posa).
- 3r) En cas d'ésser possible, se simplifica dividint per un nombre enter.

Exemple: Sulfur de plom(IV): Primer s'escriu  $\text{PbS}$ , després s'intercanvien els nombres d'oxidació (sempre com subíndex i en valor absolut)  $\text{Pb}_2\text{S}_4$ . Finalment, se simplifica dividint per 2, quedant la fórmula:  $\text{PbS}_2$

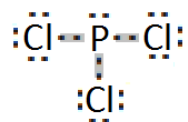
**A.4. Formuleu:** a) nitrur de calci, b) Iodur de coure(I), c) sulfur d'alumini

**A.5. Anomeneu els següents compostos:** a)  $\text{AlBr}_3$  b)  $\text{K}_2\text{S}$  c)  $\text{AgBr}$

També existeixen compostos binaris que es formen entre dos no metalls, en aquest cas l'enllaç no es justifica per intercanvi d'electrons (enllaç iònic) sinó per compartició d'electrons (enllaç covalent).

Exemples:  $\text{PCl}_3$  clorur de fòsfor(III);  $\text{CS}_2$  sulfur de carboni(IV)

Explicació: Els dos no metalls comparteixen electrons fins a completar l'octet. En el cas del  $\text{PCl}_3$ , l'àtom de fòsfor (5a columna del sistema periòdic) ha de compartir tres electrons (per a quedar amb estructura electrònica estable de gas noble) i l'àtom de clor (7a columna del sistema periòdic) ha de compartir 1 electró, per tant, calen tres àtoms de clor per cada àtom de fòsfor formant els enllaços que indica el diagrama de Lewis.



L'àtom més electronegatiu és el que s'escriu més a la dreta i actua amb nombre d'oxidació negatiu (el corresponent a la seua posició en la taula periòdica), en canvi, per a l'àtom menys electronegatiu que apareix a l'esquerra cal calcular el seu nombre d'oxidació en llegir la fórmula o indicar-lo quan s'enuncia el compost.

Per tal de determinar el nombre d'oxidació de l'element que apareix a l'esquerra en la fórmula (el que actua com a metall), s'ha de comprovar que la suma algebraica dels nombres d'oxidació dels elements que formen el compost és zero. Això és degut a que la quantitat d'electrons "perduts" per l'element que actua com a metall ha de coincidir amb la quantitat d'electrons "guanyats" per l'element que actua com a no metall.

Exemple:  $\text{PF}_5$  : Es tracta d'un fluorur de fòsfor, però cal determinar el nombre d'oxidació del fòsfor que actua com a metall. Com el nombre d'oxidació del fluor és (-I) (pertany a la 7a columna del sistema periòdic) i n'hi ha 5 àtoms de fluor el nombre d'oxidació total del fluor serà (-V), per la qual cosa el nombre total d'oxidació dels àtoms de fòsfor haurà de ser (V), com sols hi ha un àtom de fòsfor el seu nombre d'oxidació és (V).

$\text{PF}_5$ , s'anomena fluorur de fòsfor(V).

Exemple:  $\text{Fe}_2\text{Se}_3$  : Es tracta d'un seleniur de ferro, però cal determinar el nombre d'oxidació del ferro ja que pot ser (II) o (III). Com el nombre d'oxidació del seleni és (-II) (pertany a la 6a columna) i n'hi ha tres àtoms de seleni el nombre total d'oxidació del seleni és (-IV), per la qual cosa el nombre d'oxidació total del ferro serà (VI), cada àtom de ferro (n'hi ha dos a la fórmula) haurà de tindre nombre d'oxidació (III).

$\text{Fe}_2\text{Se}_3$ , s'anomena seleniur de ferro(III).  
El seleniur de ferro(II) té de fórmula  $\text{FeSe}$ .

**A.6. Formuleu:** a) Bromur de fòsfor(III),      b) Sulfur d'estany(IV), c) Borur de magnesi

**A.7. Anomeneu els següents compostos:** a)  $\text{PbCl}_2$                       b)  $\text{NI}_3$                       c)  $\text{Al}_2\text{Se}_3$

#### 4. COMBINACIONS BINÀRIES DE L'HIDROGEN AMB UN METALL (HIDRURS)

Quan l'hidrogen es combina amb un metall es comporta com "s'intentara" guanyar un electró (per adquirir l'estructura electrònica de l'He), per tant en aquests compostos l'hidrogen sempre actua amb índex d'oxidació -I (i el metall, amb el que li corresponga). S'anomenen hidrurs.

1a	2a	3a
I	II	III

H
-I

**Nomenclatura dels hidrurs:** S'escriu la paraula hidrur i, a continuació, s'afegeix el nom del metall. Si es tracta d'un metall que pot actuar amb més d'un índex d'oxidació, s'especifica quin és, indicant-lo entre parèntesis.

Exemples:  $\text{MgH}_2$  = Hidrur de magnesi.  $\text{CuH}$  = Hidrur de coure(I).

**Explicació:** L'àtom d'hidrogen necessita un electró per quedar amb la mateixa estructura electrònica estable del gas noble heli. Per tant, quan es combina amb un element molt metàl·lic, podem pensar que el metall perd electrons i que l'hidrogen els guanya. En el cas del  $\text{MgH}_2$ , per exemple, el Mg (segona columna del sistema periòdic) ha de perdre 2 electrons per adquirir estructura electrònica estable de gas noble, mentre que l'hidrogen sols pot guanyar 1 electró, per això caldran 2 àtoms d' H per cada àtom de Mg i la fórmula del compost serà  $\text{MgH}_2$ .

#### Regla pràctica per a la formulació dels hidrurs:

- 1r) Es col·loca el símbol del metall seguit de l'hidrogen.
- 2n) Es col·loca, com subíndex de l'hidrogen, el nombre (en valor absolut) que indica l'índex d'oxidació del metall (sols si és distint d'1).

## Formulació

Exemple: Hidrur de ferro(III)

Primer s'escriu FeH, a continuació, a l'H li posem el subíndex 3, indicatiu de l'índex d'oxidació amb què actua el ferro, amb la qual cosa ens queda: FeH<sub>3</sub>

**A.8. Formuleu:** a) Hidrur de sodi; b) hidrur de zinc; c) hidrur d'or(III)

**A.9. Anomeneu:** a) CoH<sub>3</sub>; b) BeH<sub>2</sub>; c) CuH<sub>2</sub>

## 5. COMBINACIONS BINÀRIES DE L'HIDROGEN AMB UN NO METALL

### 5.1 Combinacions binàries de l'hidrogen amb no metalls de la sisena i setena columna

Les combinacions binàries de l'H amb els no metalls de la sisena i setena columna del sistema periòdic s'anomenen **halurs d'hidrogen**. Quan aquests es dissolen en aigua, formen dissolucions aquoses àcides i, en eixe cas, s'anomenen **hidràcids**.

Tant l'hidrogen com el no metall, tenen "apetència" pels electrons, raó per la qual els enllaços en aquests compostos seran, fonamentalment, covalents (compartiran electrons).

Com el no metall que acompanya l'H és més electronegatiu que ell, es formen enllaços covalents polars, i en conseqüència, **l'H actua amb índex d'oxidació I**, mentre el **no metall, actua amb l'índex d'oxidació principal** (negatiu) "tractant" d'adquirir la configuració electrònica del gas noble més proper.

H
I

6a	7a
-II	-I

**Nomenclatura dels halurs d'hidrogen:** S'indica el nom del no metall acabat en UR, seguit de l'expressió d'hidrogen.

**Nomenclatura dels hidràcids:** En dissolució aquosa s'anomenen anteposant la paraula àcid al nom del no metall acabat en HÍDRIC.

Exemples: HCl = Clorur d'hidrogen, HCl(aq) = Àcid clorhídric (en dissolució aquosa).  
H<sub>2</sub>S = Sulfur d'hidrogen, H<sub>2</sub>S(aq) = Àcid sulfhídric.

**Explicació:** El no metall ha de guanyar electrons (un o dos, segons siga de la 7a o de la 6a columna respectivament), mentre l'hidrogen té un únic electró i li'n falta altre per adquirir estructura electrònica estable de gas noble. Això fa que s'unisquen mitjançant un enllaç covalent. Així, en el cas del H<sub>2</sub>S, per exemple, a l'àtom de S (sisena columna) li'n falten dos electrons, raó per la qual compartirà dos dels electrons de valència amb altres tants àtoms d'hidrogen, segons l'esquema següent:



**Regla pràctica per a la formulació dels halurs d'hidrogen.**

- 1r) En primer lloc es col·loca el símbol de l'hidrogen, seguit del corresponent al no metall.  
 2n) S'intercanvien els nombres d'oxidació col·locant com subíndex de l'hidrogen l'índex d'oxidació principal corresponent al no metall (el de l'H és I i no s'escriu).

Exemple: Seleniur d'hidrogen. Primer s'escriu HSe. A continuació, es col·loca un 2 a l'H com subíndex, perquè l'índex d'oxidació principal del seleni (sisena columna del sistema periòdic) és II. Al seleni caldria col·locar-li un 1 (índex d'oxidació d'H és I) però, per conveni, quan és 1 no s'escriu. La fórmula del seleniur d'hidrogen és  $H_2Se$ .

**Regla pràctica per a la formulació dels hidròxids.**

- 1r) Es formula l'halur d'hidrogen del qual prové l'hidròxid.  
 2n) S'afegeix d'arrere de la fórmula "(aq)".

Exemple: Àcid bromhídric. Primer s'escriu la fórmula de l'halur d'hidrogen del qual prové l'hidròxid, en aquest cas bromur d'hidrogen (HBr). Darrere de la fórmula es col·loca entre parèntesi "aq" que vol dir aquós (o en dissolució amb aigua). La fórmula de l'àcid bromhídric és HBr(aq).

**A.10. Formuleu:**      a) Fluorur d'hidrogen    b) Àcid iodhídric      c) Àcid clorhídric

**A.11. Anomeneu:**    a) HF(aq)      b) HCl            c)  $H_2S(aq)$

**5.2 Combinacions binàries de l'hidrogen amb no metalls de la 3a, 4a i 5a columna.**

De nou en aquest cas, com amb els elements de la columna 6a i 7a, els dos elements tenen "apetència" pels electrons però en aquest cas **l'hidrogen** és més electronegatiu que els no metalls i per això **actuarà amb nombre d'oxidació negatiu (-I)** mentre que els **no metall actuarà amb nombre d'oxidació positiu** "tractant" d'adquirir la configuració electrònica del gas noble més proper.

	3a	4a	5a		H
	III	IV	III		-I

**Nomenclatura dels compostos dels elements de la columna 3a, 4a i 5a amb l'hidrogen:** S'indica la paraula HIDRUR seguida de la paraula "de" i el nom del no metall.

Exemples:       $BH_3$  = Hidrur de bor  
                       $SiH_4$  = Hidrur de silici  
                       $SbH_3$  = Hidrur d'antimoni

Explicació: El no metall ha de guanyar electrons (quatre o tres, segons siga de la 4a o 5a columna respectivament), l'hidrogen també necessita un electró per a adquirir configuració electrònica de gas noble. Com tots dos elements tenen tendència a guanyar electrons s'uneixen compartint electrons (formant enllaços covalents). En el cas del  $SiH_4$ , com el silici està en la 4a columna té quatre electrons de valència que haurà de compartir amb quatre hidrogens, segons l'esquema de Lewis següent:

## Formulació



Explicació: El cas del bor és excepcional, com es mostra a la figura anterior, ja que pertany a la 3a columna i per tant sols té 3 electrons a la última capa, per això, sols pot compatir aquests tres electrons amb altres tres hidrogens formant tres enllaços covalents. El bor en aquest compost no aconsegueix la configuració electrònica de gas noble (necessitaria compartir 5 electrons).

Alguns compostos d'aquest tipus reben noms especials que s'han de conèixer perquè són utilitzats freqüentment.

Fórmula	Nom	Nom propi
BH <sub>3</sub>	Hidrur de bor	Borà
CH <sub>4</sub>	Hidrur de carboni	Metà
SiH <sub>4</sub>	Hidrur de silici	Silà
NH <sub>3</sub>	Hidrur de nitrogen	Azà o amoníac
PH <sub>3</sub>	Hidrur de fòsfor	Fosfà

### Regla pràctica per la formulació dels compostos dels elements de la columna 3a, 4a i 5a amb l'hidrogen.

1r) En primer lloc es col·loca el símbol del no metall, seguit del de l'hidrogen.

2n) S'intercanvien els nombres d'oxidació col·locant com subíndex de l'hidrogen el nombre d'oxidació principal del no metall.

Exemple: Hidrur de bismut. Primer s'escriu Bi H. A continuació es col·loca un 3 a l'hidrogen com a subíndex, perquè l'índex d'oxidació principal del bismut (5a columna del sistema periòdic curt) és (III). Al Bi no se li col·loca cap subíndex ja que l'índex d'oxidació de l'hidrogen és (-I) i l'1 per conveni no es col·loca. La fórmula de l'hidrur de bismut és BiH<sub>3</sub>.

**A.12. Formuleu:**      a) Hidrur d'arsènic.                      b) Amoníac.                      c) Metà.

**A.13. Anomeneu:**      a) SiH<sub>4</sub>                      b) BH<sub>3</sub>                      c) PH<sub>3</sub>

## 6. COMBINACIONS BINÀRIES DE L'OXIGEN (ÒXIDS)

Quan l'oxigen reacciona amb un element menys electronegatiu forma un òxid. En aquests compostos, l'oxigen (que és molt no metàl·lic i molt electronegatiu) sempre actua amb índex d'oxidació -II, tractant de guanyar els 2 electrons que li falten per adquirir configuració electrònica estable de gas noble. L'altre element en canvi si és metall perdrà electrons i si és no metall compartirà electrons (formant enllaços covalents).

1a	2a	3a	4a	5a	6a	O
I	II	III	variable	variable	variable	-II

**Nomenclatura dels òxids:** A la paraula òxid s'afegeix el nom de l'altre element. En cas que presente més d'un índex d'oxidació, s'especifica de quin d'ells es tracta, posant-lo entre parèntesis (i en numeració romana) al final.

Exemples:  $\text{CuO}$  = Òxid de coure(II);  $\text{Al}_2\text{O}_3$  = Òxid d'alumini;  $\text{SO}_2$  = Òxid de sofre(IV)

**Explicació (per als òxids metàl·lics):** Cada àtom d'oxigen ha de guanyar dos electrons. L'àtom del metall se'ls ha de cedir, perdent els electrons que indique l'índex d'oxidació amb què actue. Així, per exemple, l'òxid d'alumini, ha de ser  $\text{Al}_2\text{O}_3$  perquè un àtom d'alumini perd domini sobre 3 electrons i un d'oxigen el guanya sobre dos, per a la qual cosa caldran dos àtoms d'Al per cada 3 àtoms d'O (d'eixa forma, els dos àtoms d'Al perden en total 6 electrons, que són els que guanyen 3 àtoms d'oxigen).

### Regla pràctica per a la formulació dels òxids:

- 1r) S'escriu el símbol del element seguit de l'oxigen.
- 2n) S'intercanvien, com subíndex, els respectius nombres d'oxidació (en valor absolut i numeració decimal).
- 3r) Si es pot, se simplifica dividint per un nombre enter.

Exemples: Òxid de beril·li =  $\text{BeO}$ ; Òxid de ferro(III) =  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; Òxid de carboni(IV) =  $\text{CO}_2$

**Explicació:** En el primer exemple anterior, el Be ha de perdre dos electrons per aconseguir una estructura més estable, mentre que l'O els guanya. Per tant, la fórmula empírica del compost serà  $\text{BeO}$ , indicant que, per cada Be hi ha un O de forma que el compost és neutre. Seguint les indicacions hauríem escrit  $\text{Be}_2\text{O}_2$  i després, simplificant, obtenim  $\text{BeO}$ . Anàlogament poden interpretar l'òxid de ferro(III).

En el cas de l'òxid de carboni, com el carboni també és un no metall com l'oxigen, l'explicació és diferent perquè es forma una molècula amb enllaços covalents per compartició d'electrons, però la regla pràctica per a la formulació de l'òxid és igualment vàlida. Seguint les indicacions hauríem escrit  $\text{C}_2\text{O}_4$  i després simplificant, obtenim  $\text{CO}_2$ .

**A.14. Formuleu:** a) Òxid de liti.      b) Òxid de ferro(II).      c) Òxid de fòsfor(V)

**A.15. Anomeneu:** a)  $\text{K}_2\text{O}$       b)  $\text{NiO}$       c)  $\text{B}_2\text{O}_3$





## ACTIVITATS DE RECAPITULACIÓ

1. Formuleu i anomeneu les següents sals binàries:

Nom	Fórmula	Fórmula	Nom
Arseniur de bari		$\text{Li}_3\text{P}$	
Bromur de sodi		$\text{SF}_4$	
Sulfur de potassi		$\text{PbI}_2$	
Clorur de sofre(II)		$\text{CCl}_4$	
Seleniur de cobalt(III)		$\text{NiS}$	

2. Formuleu i anomeneu les següents combinacions binàries de l'hidrogen:

Nom	Fórmula	Fórmula	Nom
Hidrur de plata		$\text{PbH}_2$	
Àcid selenhídric		$\text{HBr(aq)}$	
Metà		$\text{NH}_3$	
Hidrur de bismut		$\text{SiH}_4$	
Iodur d'hidrogen		$\text{FeH}_2$	

3. Formuleu i anomeneu els següents òxids:

Nom	Fórmula	Fórmula	Nom
Òxid de magnesi		$\text{SiO}_2$	
Òxid de carboni(II)		$\text{SnO}_2$	
Òxid de cadmi		$\text{N}_2\text{O}_5$	
Òxid d'arsènic(III)		$\text{Au}_2\text{O}$	
Òxid de sofre(VI)		$\text{Co}_2\text{O}_3$	

4. Formuleu i anomeneu els següents hidròxids:

Nom	Fórmula	Fórmula	Nom
Hidròxid de potassi		$\text{Pb(OH)}_4$	
Hidròxid de ferro(III)		$\text{Cs(OH)}$	
Hidròxid de zinc		$\text{Ni(OH)}_3$	
Hidròxid de plata		$\text{Be(OH)}_2$	
Hidròxid d'estronci		$\text{Sn(OH)}_2$	

## Formulació

5. Formuleu i anomeu els següents compostos:

Nom	Fórmula	Fórmula	Nom
Hidròxid de mercuri(II)		LiH	
Hidrur d'alumini		CuH	
Clorur d'hidrogen		HBr	
Àcid selenhídric		KI	
Òxid de cobalt(III)		FeCl <sub>2</sub>	
Òxid de carboni(IV)		Al(OH) <sub>3</sub>	
Nitrur de zinc		H <sub>2</sub> S	
Iodur de plom(II)		HgO	
Metà		PbF <sub>2</sub>	
Sulfur de ferro(II)		HF(aq)	
Òxid de plata		CaF <sub>2</sub>	
Hidròxid de coure(I)		CuH <sub>2</sub>	
Òxid de bor(III)		SO	
Fòsfor de magnesi		CsH <sub>2</sub>	
Seleniur de nitrogen(III)		PH <sub>3</sub>	

Nom	Fórmula	Fórmula	Nom
Iodur de liti		BaCl <sub>2</sub>	
Hidròxid de níquel(III)		SiC	
Òxid de carboni(II)		SrH <sub>2</sub>	
Fluorur de iode(VII)		HBr(aq)	
Òxid de germani(IV)		CH <sub>4</sub>	
Hidrur de potassi		SO <sub>2</sub>	
Àcid selenhídric		OF <sub>2</sub>	
Òxid d'alumini		Ag(OH)	
Seleniur de sodi		CoBr <sub>3</sub>	
Hidròxid de bari		CoO	
Òxid d'antimoni(III)		Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Borà		BiH <sub>3</sub>	
Clorur d'hidrogen		H <sub>2</sub> S	
Diclorur de sofre		PF <sub>5</sub>	
Silà		Au(OH) <sub>3</sub>	

## 7. ELS CANVIS QUÍMICS

Com es transformen unes substàncies en altres noves, de propietats diferents?

Fins ací hem vist que l'estructura de l'àtom (com són els àtoms per dins) i l'enllaç químic (com s'uneixen uns àtoms amb altres), permeten explicar alguns fets problemàtics com, per exemple: l'existència de famílies d'elements amb propietats semblants, la proporció en què s'uneixen els àtoms per formar compostos i les diferents propietats que presenten els distints tipus de compostos. Però, entre els problemes sense resoldre, encara queda pendent una qüestió important:

*Com s'expliquen els canvis en els què, a partir d'unes substàncies, es poden obtenir altres distintes, amb propietats que poden ser molt diferents de les que tenien les substàncies inicials?*

Aquest tipus de canvis s'anomenen canvis químics, transformacions químiques o **reaccions químiques**. Les substàncies inicials es coneixen com substàncies **reaccionants** (o reactius) i, les que s'obtenen a partir d'elles, com **productes** de la reacció. Al tema 4 ja avançarem una primera resposta a la pregunta de com explicar els canvis químics. Ara, amb el que hem après respecte dels mateixos, tractarem d'aprofundir i ampliar aquella resposta.

### 1. QUIN INTERÉS POT TINDRE ESTUDIAR ELS CANVIS QUÍMICS?

*A.1. Quina importància pot tindre l'obtenció de noves substàncies? Reflexioneu sobre aquesta qüestió i proposeu alguns exemples concrets en els que es pugui apreciar la importància (per a la societat i l'ésser humà en general) d'alguns dels tipus de substàncies obtingudes a partir de reaccions químiques.*

Una reflexió com la que es demana en l'activitat anterior, pot conduir a un gran nombre de propostes, sovint amb referències específiques a substàncies com l'aspirina, la dinamita, algunes drogues, etc. No és difícil fer-ne una classificació com la següent:

**Explosius.** La dinamita i altres explosius són fruit de reaccions químiques i s'utilitzen en la construcció de carreteres, túnels, obtenció de minerals, etc.



Els **combustibles** que s'obtenen del petroli, com la gasolina (transport) o el butà (cuinar aliments, calefacció, etc.).



**Medicaments.** Productes com l'aspirina, els antibiòtics com la penicil·lina, la píndola anticonceptiva (control de la natalitat), els anestèsics (per evitar el dolor), les vitamines, la píndola Viagra (per millorar la sexualitat de moltes persones), etc.



## 7. Els canvis químics

**Adobs per les plantes.** Certs productes (sulfats, nitrats, fosfats) fabricats artificialment permeten augmentar el rendiment de molts cultius, en aconseguir que les plantes es desenvolupen més ràpidament i millor.

**Herbicides i plaguicides.** Es tracta de substàncies per combatre les males herbes i les plagues que ataquen a les plantes. Permeten obtenir un major rendiment de les collites.

**Plàstics.** La utilització de plàstics en la fabricació d'hivernacles ha suposat una autèntica revolució, perquè ha permès disposar de fruites i verdures durant tot l'any. Els plàstics, en l'actualitat, tenen multitud d'usos: bosses, recipients, tubs i canonades, finestres, envasos i diversos objectes (joguines, bolígrafs, mobles, etc.). La incorporació de materials plàstics als automòbils (més lleugers que els metalls), fa que aquests pesen menys i gasten menys combustible.



**Conservants, potenciadors del sabor i colorants.** En la indústria de l'alimentació tenen una gran importància moltes substàncies que s'incorporen als aliments per evitar que es facen malbé massa ràpidament, altres per ressaltar o donar-los sabor o aroma i altres per acolorir-les.

**Fibres sintètiques.** La fabricació de teixits sintètics artificials a partir del petroli, alguns dels quals no precisen planxar-se, ha estat de gran importància per a la fabricació de peces de vestir i per augmentar la disponibilitat de temps lliure. Així, per exemple, es diu que una sola fàbrica d'acrilonitril (un tipus de fibra sintètica) que ocupa una extensió semblant a la d'un camp de futbol, permet produir la mateixa quantitat de fibra que un ramat de 12 milions d'ovelles (que, evidentment, necessitarien una enorme extensió de pastos). Noves fibres sintètiques, com el gore-tex (impermeable i transpirable) s'estan incorporant massivament a la fabricació de peces esportives.

**Materials per a la construcció.** En la construcció (cases, carreteres, etc.), s'utilitzen diversos materials, com el marbre, algeps, ciment, pintures, asfalt, vidre, ferro, alumini, plàstics, vernissos, etc., que en la seua fabricació han tingut lloc moltes reaccions químiques.



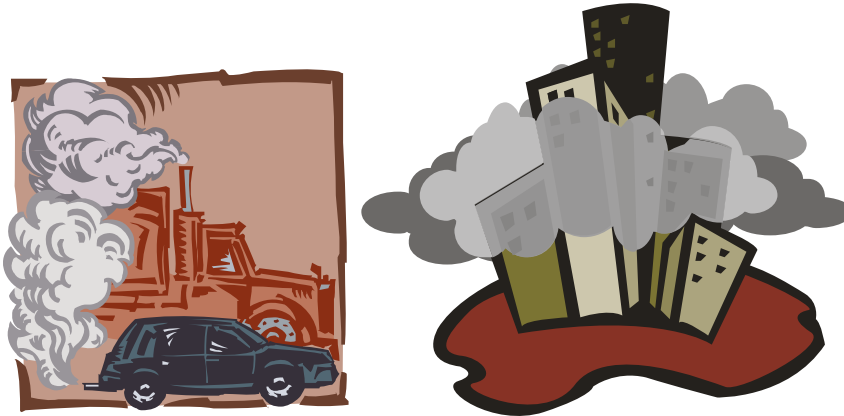
**Productes de neteja i cosmètics.** Sabons, detergents, lleixiu, amoníac, abrillantadors, ceres per al sòl, etc., són productes que han permès una major higiene de la població. D'igual forma, els perfums i cosmètics en general (tints de cabell, cremes antiarrugues, protectors solars, etc.), fan que les persones ens trobem millor i amb un aspecte més agradable.

Podríem citar molts altres materials importants que es produeixen artificialment a partir de reaccions químiques. La llista seria pràcticament interminable: paper, llevataques, vidres líquids, discs compactes, ceràmica, superconductors, grafè, cautxú sintètic per a pneumàtics, preservatius (per evitar malalties de transmissió sexual i embarassos no desitjats), etc.

*A.2. D'acord amb el que s'acaba de dir, no hi ha dubte que, en gran part, devem a la indústria química el nivell de vida i les comoditats a què estem acostumats. Però, de vegades també es fabriquen productes químics amb el propòsit de destruir i, fins i tot en molts casos, la fabricació massiva de certs productes comporta riscos considerables o té efectes secundaris perjudicials. Reflexioneu sobre el tema, citant alguns casos concrets on açò ocórrega.*

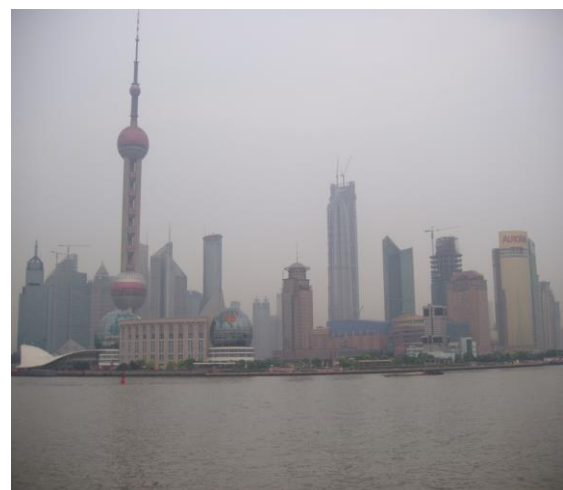
La resolució de l'activitat anterior, pot conduir a considerar exemples com els que, en orde aleatori, s'enumeren a continuació:

**Totes les formes de contaminació i augment de l'efecte hivernacle.** El diòxid de carboni ( $\text{CO}_2$ ) és un gas que forma part de l'aire, però la seua concentració en l'atmosfera està augmentant molt en els últims anys, ja que anualment es produeixen en el món molts milions de tones d'aquest gas degut, sobretot, a la combustió de la gasolina i altres derivats del petroli (cotxes, calefacció, centrals tèrmiques, etc.). D'altra banda la destrucció massiva de boscos fa que cada vegada hi haja menys plantes capaces d'absorbir  $\text{CO}_2$  en la fotosíntesi. El  $\text{CO}_2$  és un dels gasos responsables de "l'efecte hivernacle" que està produint un increment de l'escalfament del planeta i una alteració del clima.



D'altra banda, en cremar combustibles fòssils es generen també fums i gasos, com òxids de sofre, òxids de nitrogen i radó. Tots ells formen núvols o boires contaminants que cobreixen les grans ciutats.

**Pluja àcida.** En moltes reaccions químiques que es realitzen a gran escala, a més de produir-se les substàncies o els efectes que desitgem, també es produeixen substàncies que provoquen efectes nocius. Per exemple, la contaminació atmosfèrica i la pluja àcida, es deuen fonamentalment a la presència de certs gasos en l'atmosfera, com els òxids de nitrogen i de sofre. Aquests gasos es generen, per exemple, en cremar combustibles fòssils (derivats del petroli i del carbó). En l'atmosfera reaccionen amb el vapor d'aigua i donen lloc a pluges àcides, causants de la destrucció de boscos i el deteriorament de monuments de pedra (catedrals, etc.).



L'existència de contaminants atmosfèrics és un problema molt greu que afecta a grans ciutats com Madrid, Pekín, Mèxic, etc. En la foto superior es pot apreciar la contaminació de l'aire a Shangai (China).

## 7. Els canvis químics

**Destrucció de la capa d'ozó.** Alguns productes químics presents als aerosols (gasos utilitzats com propel·lents d'insecticides, etc.) i alguns electrodomèstics (gasos en frigorífics i aparells d'aire condicionat), quan s'alliberen a l'atmosfera, destrueixen la capa d'ozó ( $O_3$ ), que ens protegeix de la radiació ultraviolada que ens arriba del Sol. Açò ha fet que augmenten de forma alarmant els casos de càncer de pell.



**Fabricació d'armes químiques i de drogues.** Mitjançant determinades reaccions químiques és possible fabricar també productes que s'utilitzen en les guerres (explosius, napalm, gasos tòxics, etc.). També es fabriquen drogues sintètiques, el consum de les quals suposa sovint seriosos problemes d'addicció i un greu cost econòmic a la sanitat pública.

La llista de materials amb efectes negatius sobre les persones i el medi ambient podria continuar augmentant. Pensem, per exemple, en la immensa quantitat de llaunes, envasos i bosses (alumini, plàstics, etc.); els metalls tòxics o molt tòxics, com el mercuri, plom, cadmi, etc., que s'utilitzen en la fabricació de productes d'ús generalitzat (piles i bateries elèctriques, pintures, etc.); el plàstic PVC (finestrals, portes, envasos, bosses, gots, persianes, canonades, etc.) de greus efectes contaminants. Contaminació d'aigües subterrànies i productes del camp, causada per la utilització massiva d'adobs químics, herbicides i plaguicides en general; abocaments de petroli al mar, etc.



L'existència conjunta d'uns aspectes tan positius i altres tan negatius, fa que no es pugui contestar de manera simple a la pregunta de si la fabricació de noves substàncies és quelcom positiu o negatiu per a la humanitat i el medi ambient. Potser la pregunta hauria d'ésser a què hem de renunciar i quins límits i controls hem de posar els éssers humans per aconseguir un desenvolupament sostenible, que siga respectuós amb nosaltres mateixos, els nostres descendents i la pròpia naturalesa. En aquest sentit, les decisions dels governs tenen una gran importància, però també les que podem prendre cadascun de nosaltres (especialment quan es multipliquen per molts milions de persones).

*A.3. Suggestiu possibles accions, que puguem portar a terme fàcilment, i que tinguen una incidència positiva en la limitació i control de productes que poden fer malbé a les persones i/o al medi ambient.*

Entre d'altres, cap referir-se a la utilització de la bicicleta, caminar i la utilització del transport públic (per disminuir el consum de combustibles i, en conseqüència, la contaminació atmosfèrica, pluja àcida i efecte hivernacle), conduir a velocitat moderada, usar més d'una vegada les bosses de plàstic, no consumir drogues, utilitzar preferentment productes que siguen respectuosos amb el medi ambient, dutxar-se en compte de banyar-se, no estar massa temps en la dutxa consumint aigua calenta (per a produir electricitat s'usen també centrals tèrmiques, que contaminen l'atmosfera amb  $CO_2$  i òxids de sofre), no malbaratar paper, no tindre aparells elèctrics encesos inútilment, baixar i pujar escales caminant en compte d'usar l'ascensor, utilitzar envasos de vidre retornables, portar les piles gastades i els tubs fluorescents a comerços on s'arreglen per reciclar-los, usar els recipients disposats a l'efecte per dipositar vidre i papers, votar partits polítics que es comprometen a impulsar mesures globals per promoure un desenvolupament sostenible, etc.

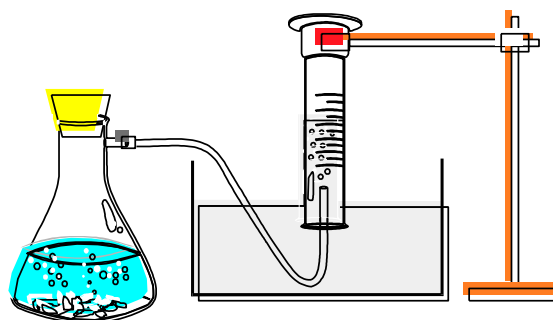
Amb objecte d'iniciar l'estudi de les reaccions químiques, convé que comencem realitzant alguns exemples pràctics. En tots els casos, cal estar acompanyats pel professor o la professora, que indicaran les mesures de precaució adequades.

## 2. REALITZACIÓ I OBSERVACIÓ D'ALGUNES REACCIONS QUÍMIQUES

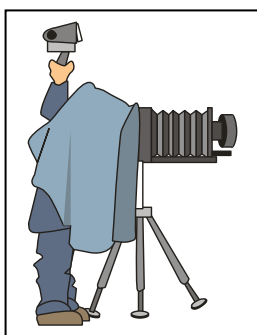
**A.4.** Realitzeu les següents reaccions químiques (o algunes d'elles) al laboratori i anoteu els canvis que observeu en cada cas.

Teniu compte!! En totes les experiències proposades es produeixen substàncies nocives per al medi ambient (clorur de zinc, plom, sals de plom, etc.). És fonamental utilitzar quantitats mínimes i tractar adequadament els residus, evitant la incorporació al medi natural.

**Reacció d'àcid clorhídric amb el zinc.** En introduir un tros de zinc (menys d'1 g) en un erlenmeyer que continga àcid clorhídric concentrat, es desprèn un gas (hidrogen), que podem arreplegar si realitzem un muntatge com el que es mostra a la figura següent:



En el muntatge proposat la cubeta conté aigua i la proveta s'ha omplert prèviament d'aigua abans de donar-li la volta (tapant perquè no se n'isca) i col·locar-la com s'indica. Podem comprovar que el gas arreplegat a la proveta és hidrogen: després d'extraure-la de la cubeta amb aigua (sense inclinar-la, per no perdre el gas), li acostem una flama a la boca. S'observa que es produeix una xicoteta explosió, resultat de la ràpida reacció de l'hidrogen amb l'oxigen de l'aire per produir aigua, que es diposita sobre les parets interiors de la proveta (s'observarà com s'entelen). És important no inclinar la proveta per evitar que l'hidrogen es mescle amb l'aire, donant lloc a una mescla explosiva. Si es fa així, no hi ha cap perill. Malgrat tot, es tracta d'una experiència que cal realitzar en presència del professor o professora i amb les adequades mesures de precaució (entre d'altres, col·locar-se unes ulleres protectores).



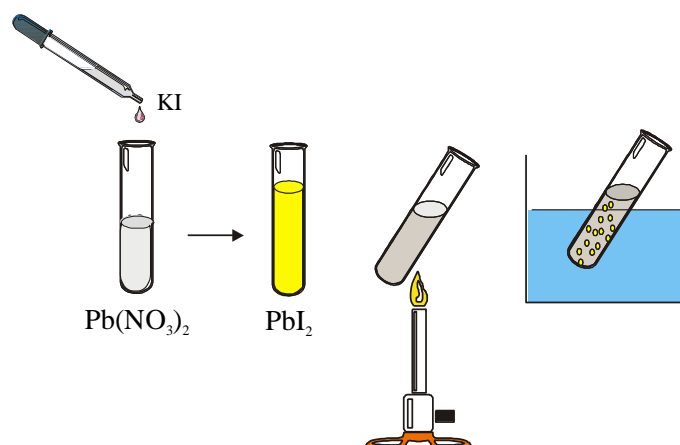
**Combustió del magnesi.** Per portar a terme aquesta reacció, sols ens caldrà un tros de cinta de magnesi no massa gran i unes pinces llargues de fusta amb què subjectar-la. Una vegada que s'ha fet açò, haurem d'allunyar al màxim possible la cinta del cos i, mantenint-la així, encendre-la per l'extrem de cinta lliure. Comprovarem que es crema de forma ràpida i violenta, produint una llum molt intensa (aquesta reacció s'ha vingut utilitzant en fotografia per obtenir la il·luminació necessària). Convé deixar caure les cendres de la combustió sobre una càpsula de porcellana i no mirar directament al magnesi durant la combustió.

**Obtenció de plom a partir d'òxid de plom i carboni.** En aquest cas es necessita disposar d'òxid de plom i carbó actiu. En un tub d'assaig es tira un poc de cadascuna d'aquestes substàncies (quantitats aproximadament iguals) i es mesclen movent lleugerament el tub. Amb ajuda d'un pinces llargues de fusta se subjecta aquest i es col·loca directament a la flama. Caldrà que aquesta siga molt potent perquè tinga lloc la reacció (cal prendre precaucions i no acostar-se el tub calent ni la flama al cos). S'observarà un canvi de color, que passarà del taronja al groc i, més endavant, s'apreciarà la formació d'una massa irregular de plom (color gris

## 7. Els canvis químics

metà·lic), que es pot extraure fàcilment del tub (encara calent) si es bolca sobre una càpsula de porcellana.

**Reacció entre iodur de potassi i nitrat de plom (II).** Cal preparar prèviament una dissolució aquosa de iodur de potassi (KI) i altra de nitrat de plom (II), de fórmula  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Per aconseguir-ho, podem vessar en un got de precipitats un poc de solut (hi ha prou amb menys d'1 gram) i afegir aigua destil·lada fins que es dissolga totalment. Obtenim així dues dissolucions transparents. Després, amb ajuda d'un embut podem tirar uns 5 ml d'una de les dissolucions (per exemple la de nitrat) en un tub d'assaig. Seguidament, amb un comptagotes, prenem un poc de l'altra dissolució i afegim unes gotes al tub d'assaig.



Comprovarem que, en afegir les gotes de la dissolució de KI, es forma immediatament un precipitat amorf de color groc de iodur de plom (II), que desapareix en escalfar. Si a continuació es refreda (per exemple ficant el tub en un recipient amb aigua), es formen uns cristalls de iodur de plom (II) de color groc (a causa del color l'experiència s'anomena pluja d'or).

### 3. DISTINCIÓ ENTRE CANVI FÍSIC I CANVI QUÍMIC

Als exemples anteriors, hem comprovat alguns efectes que semblen ser característics de les reaccions químiques: despreniment d'un gas, formació d'un precipitat, canvi de color, etc. Ara bé, eixos efectes no garanteixen per ells mateixa que s'haja produït un canvi químic. Pensem per exemple, en el canvi de color (i sabor) que es produeix quan mesquem cafè amb llet, en les bombolles de gas que es desprenen en obrir una botella de cava, en la substància de color blanc que es diposita a les resistències dels rentaplats i rentadores, en la substància blanca que precipita quan deixem refredar llet en un got, etc., que no són indicatius de cap reacció química.

**A.5.** *Per què els canvis que acabem de citar no s'associen a una reacció química?*

Per poder parlar d'una reacció química, s'han de produir noves substàncies (productes de la reacció), diferents a les substàncies inicials (reaccionants), cosa que no ocorre en cap dels exemples que acabem d'esmentar. Però, en canvi, en els exemples de reaccions que hem vist anteriorment, sí que es produïen substàncies noves. Així, quan reacciona l'àcid clorhídric amb zinc, es desprèn **hidrogen**. En la reacció entre el nitrat de plom (II) i el iodur de potassi s'obtenen uns cristalls grocs d'una nova substància, que no hi havia abans, anomenada **iodur de plom (II)** i en cremar el magnesi, es produeix una cendra anomenada **òxid de magnesi**. El problema essencial per decidir si hi ha hagut o no una reacció química és, doncs, determinar si s'han produït o no noves substàncies que no estaven presents entre les substàncies reaccionants.



**A.6.** Classifiqueu els següents processos com químics o físics, assenyalant els criteris utilitzats: obtenció del vi a partir del most, dilatació d'un gas, evaporació de l'aigua, combustió del gas butà, corrosió del ferro, dissolució de sal comuna en aigua, obtenció de ferro a partir dels seus minerals.

En la destil·lació del vi s'obté alcohol (etanol) però eixa substància no és nova, sinó que ja estava present (dissolta) en el vi. (Un vi que tinga, per exemple, 12° significa que conté 12 ml d'alcohol per cada 100 ml de vi). El vi és una mescla de distintes substàncies i, una d'elles, és l'alcohol.

Quan un gas es dilata, té lloc un augment de volum però sense que es produísca cap substància nova. Anàlogament ocorre en els canvis d'estat físics. Quan, per exemple, l'aigua líquida passa a vapor, la substància continua sent aigua (algunes persones pensen, erròniament, que el vapor d'aigua és una mescla d'hidrogen i d'oxigen).

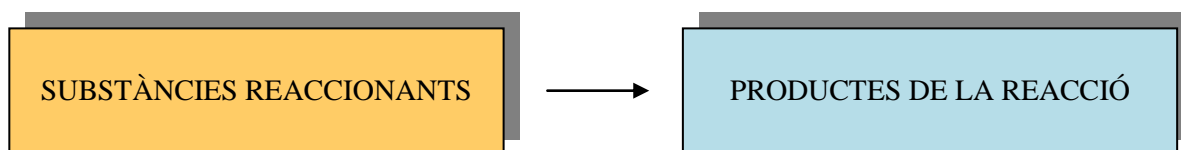
La combustió del gas butà (o de qualsevol altra substància), sí que és una reacció química en què el butà (o la substància que siga) es combina amb l'oxigen de l'aire per donar substàncies noves (en l'exemple del butà es produeixen  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ ). Anàlogament ocorre en la corrosió del ferro, on es produeix una nova substància que no hi havia abans (òxid de ferro).

Una dissolució de sal comuna en aigua no es considera cap reacció química, perquè la sal es pot recuperar si s'evapora l'aigua amb cura. En aquest cas es tractaria, doncs, d'un canvi físic.

L'obtenció del ferro a partir dels seus minerals és una reacció química semblant a la que hem proposat sobre l'obtenció de plom a partir d'òxid de plom i carboni actiu. És cert que els àtoms de ferro estan presents en el mineral de ferro del que partíem al principi, però no estan simplement **mesclats amb altres** sinó que es troben **enllaçats amb altres àtoms** formant compostos químics (per exemple òxids de ferro). Es tracta d'una reacció de descomposició.

#### 4. UN MODEL ELEMENTAL PER A LES REACCIONS QUÍMIQUES

Hem vist que, el que caracteritza essencialment a una reacció química és que, a partir d'unes substàncies, anomenades reaccionants, s'obtenen altres substàncies diferents (que no estaven abans), anomenades productes de la reacció:



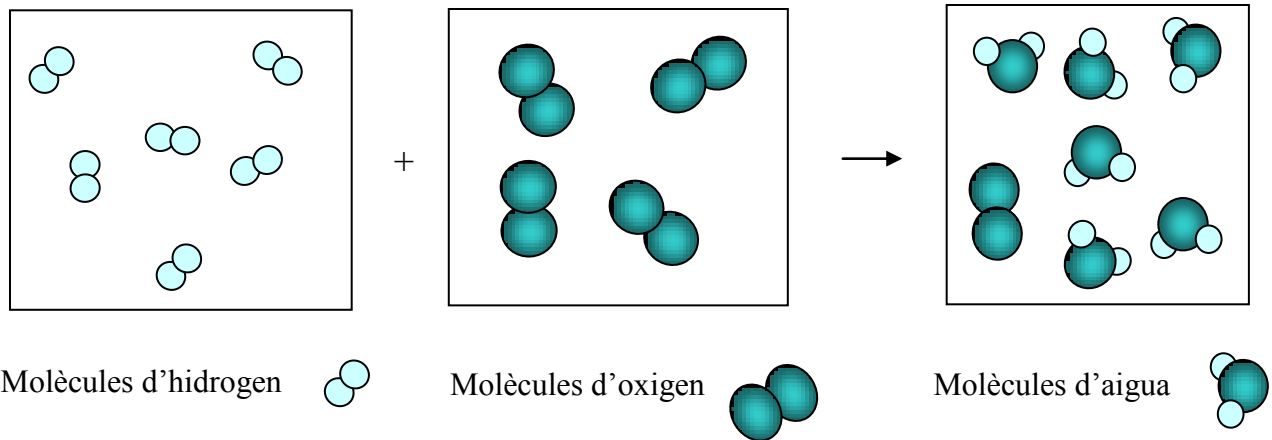
D'altra banda, sabem que totes les substàncies químiques estan formades, en general, per agrupacions d'àtoms (com, per exemple, les molècules:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2$ , etc.) i que els àtoms, en les reaccions químiques, no es creen ni es destrueixen.

**A.7.** Si en qualsevol canvi químic que tinga lloc en un recipient tancat, els àtoms que hi intervenen són sempre els mateixos, ¿com es pot explicar llavors que formen noves substàncies?

Hem de pensar que, en els productes, hi ha els mateixos àtoms que en els reaccionants, sols que formant enllaços distints dels que formaven inicialment. Així, per exemple, en reaccionar hidrogen ( $\text{H}_2$ ) amb oxigen ( $\text{O}_2$ ) es forma aigua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Com veiem, tant en els reactius com en els productes tenim els mateixos àtoms (d'hidrogen i d'oxigen), però en els reaccionants eixos

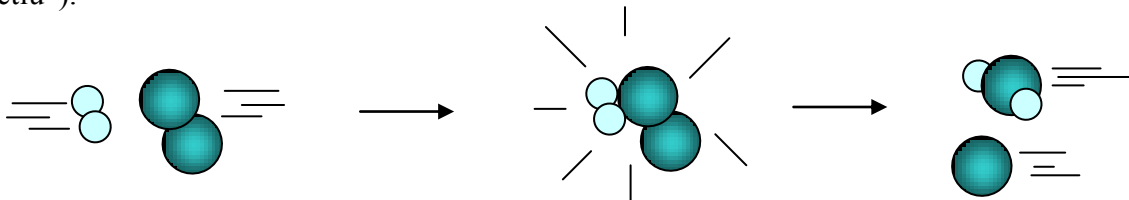
## 7. Els canvis químics

àtoms estan units formant molècules d' $H_2$  (enllaç H-H) i d' $O_2$  (enllaç O=O), mentre que en el producte de la reacció, estan units de forma diferent (dos enllaços H-O), donant lloc a l'aigua ( $H_2O$ ), una substància molt diferent a l'oxigen i a l'hidrogen.

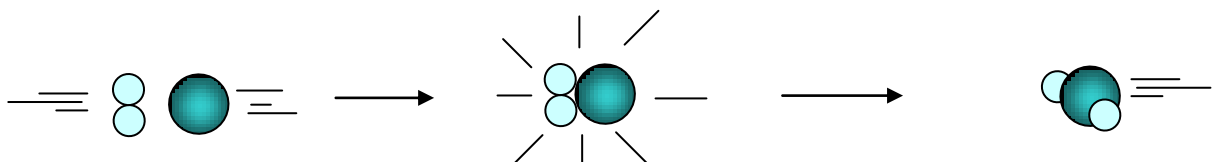


**A.8.** Expliqueu, a mena d'hipòtesi, com pot produir-se una reacció química. Assenyaleu les principals etapes del procés. Concretu, per exemple, el cas de la transformació d'hidrogen i oxigen en aigua.

Per a què una reacció tinga lloc es necessita una ruptura dels enllaços existents en les substàncies reaccionants, que permeta la formació de nous enllaços, és a dir, la formació de noves substàncies (productes de la reacció). El xoc entre partícules (que ja sabem que no són boles massisses) fa possible tant la ruptura d'enllaços (si l'energia del xoc es suficient) com l'establiment de noves unions. El model que estem utilitzant permet pensar que açò ocorre perquè les partícules que xoquen amb una direcció favorable han de superar una energia mínima necessària perquè es puguin trencar uns enllaços i formar altres (és a dir, per a què el xoc siga "efectiu").



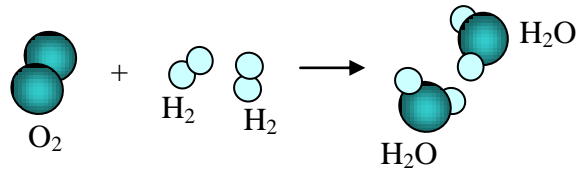
En l'exemple considerat hi ha molècules d' $H_2$  i d' $O_2$  que, després de reaccionar, formen molècules de  $H_2O$ . En el nostre cas l'àtom d'oxigen solt podria reaccionar amb una molècula d'hidrogen i obtenir així altra molècula d'aigua:



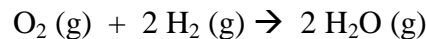
L'aigua és una substància que, malgrat estar formada per àtoms d'hidrogen i d'oxigen, té unes propietats molt distintes a aquestes dues substàncies. L'aigua fon a  $0^\circ C$ , bull a  $100^\circ C$ , i té una densitat d' $1 \text{ g/cm}^3$ , mentre que l'hidrogen, per exemple, és una substància que fon a  $-259^\circ C$ , bull a  $-253^\circ C$ , té una densitat de tan sols  $0,0007 \text{ g/cm}^3$  (tot això a temperatura ambient i 1 atm de pressió), a més de ser inflamable.

Així doncs: **En una reacció química hi ha els mateixos àtoms en els reaccionants i en els productes però, el fet d'estar combinats de forma diferent, fa que els productes de la reacció siguin substàncies amb propietats distintes a les de partida.**

Aquest model elemental de reacció química ens indica que, en una reacció, a nivell microscòpic, el que té lloc és una “reorganització” dels àtoms que constitueixen les substàncies reaccionants, per donar lloc a noves substàncies. El procés es pot esquematitzar globalment (és a dir, encara que no sabem els possibles passos intermedis), dient que cada molècula d'oxigen que reacciona, ho fa amb dues d'hidrogen per donar dues molècules d'aigua:



En la pràctica, tota reacció química es representa mitjançant una equació anomenada “equació química” que, en el nostre cas, seria la següent:



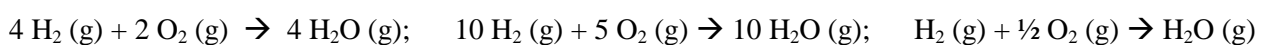
En ella, com podem veure:

- ✓ Estan representades totes les substàncies que participen en la reacció (tant reaccionants com productes) mitjançant les seves fórmules químiques corresponents: oxigen ( $\text{O}_2$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ) i aigua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).
- ✓ S'indica mitjançant **coeficients** (els números que apareixen abans de les fórmules) **la proporció** en què es combinen les partícules, tenint en compte que, per norma, quan aquest coeficient és un 1 no s'escriu. En aquest cas, els coeficients d'esquerra a dreta són: 1, 2, 2, de manera que l'equació anterior es pot llegir dient que:

En la síntesi de l'aigua, cada molècula d'oxigen que reacciona ho fa amb dues molècules d'hidrogen per a formar dues molècules d'aigua.

- ✓ També s'especifica la fase o estat de cada substància (en les condicions de pressió i temperatura a què té lloc la reacció). En aquest cas com són gasos, això s'indica amb el subíndex (g) entre parèntesis al final de cada fórmula. Si fos líquid es posaria (l). Si fos sòlid (s) i si fos una dissolució podria posar-se (aq) o bé (ac).

Normalment els coeficients són els nombres enters més xicotets possibles, però no hi ha inconvenient en posar nombres més grans o fins i tot, fraccions, sempre que es respecte la proporció. Així, la reacció de formació de l'aigua també podria expressar-se mitjançant altres equacions com, per exemple:



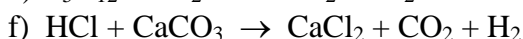
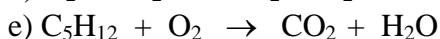
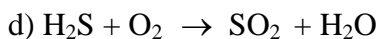
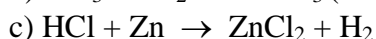
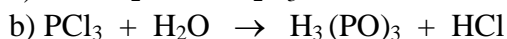
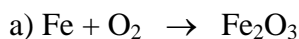
Totes les equacions anteriors signifiquen el mateix: **que per cada molècula d'oxigen que reacciona, calen dues d'hidrogen i es formen dues d'aigua**. Els coeficients, doncs, mai no han d'interpretar-se com el nombre de molècules que realment hi ha, sinó com **la proporció** en què reaccionants i productes participen en la reacció. En realitat, en qualsevol reacció química el

## 7. Els canvis químics

nombre d'unitats fórmula (siguen molècules, ions o àtoms) que participen, és immensament gran (molts milions de milions).

És important adonar-se que el nombre d'àtoms de cada element ha de ser el mateix en les dues parts de l'equació. Per això, una vegada escrites les fórmules dels reaccionants i productes, pot ser necessari ajustar l'equació (equilibrar-la), col·locant davant els coeficients adequats (sense canviar les fórmules).

*A.9. Ajusteu les següents equacions químiques:*



## 5. COMPROVACIÓ DEL MODEL DE REACCIÓ QUÍMICA ELABORAT

A partir del model elemental de reacció química que hem elaborat, podem derivar un seguit de conseqüències, la contrastació experimental de les quals, ens ajudarà a aprofundir en l'esmentat model i contribuirà alhora a augmentar la validesa d'aquest. A continuació, analitzarem algunes de les esmentades conseqüències.

### 5.1. Reversibilitat d'algunes reaccions químiques.

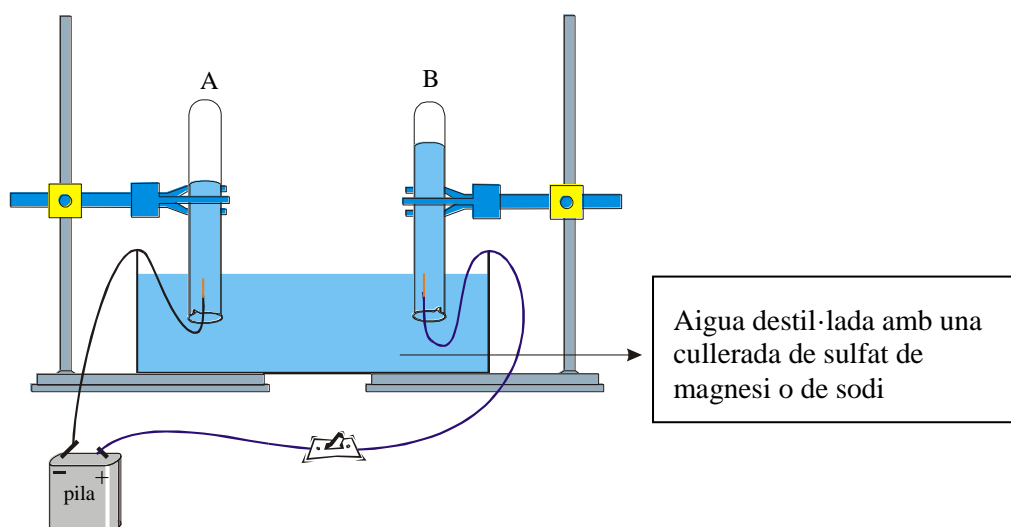
Hem vist que una reacció química pot interpretar-se a partir de xocs entre partícules, amb ruptura d'uns enllaços i formació d'altres nous. Així s'explica que unes substàncies determinades (reaccionants) es transformen en altres diferents (productes de la reacció), encara que els àtoms siguin els mateixos.

*A.10. Què podria ocórrer si, en les condicions adequades, es feren reaccionar entre elles les molècules dels productes d'una reacció?*

Atès que estan formades pels mateixos àtoms que les substàncies reaccionants, seria possible obtenir de nou les substàncies de partida, és a dir, pot donar-se el cas que algunes reaccions siguin **reversibles**. Aquest és el cas, per exemple, de l'aigua.

Si realitzem el muntatge de la figura següent, podem utilitzar l'energia existent al corrent elèctric per descompondre l'aigua en hidrogen i oxigen gasosos. En tancar l'interruptor observem que, lentament, es van produint unes bombolles sobre cadascun dels elèctrodes. Podem arreplegar els gasos produïts utilitzant dos tubs d'assaig plens d'aigua (no han de contindre gens d'aire). El gas anirà desplaçant l'aigua a poc a poc en cada tub i, a més, podrem veure que l'interior del tub corresponent al pol negatiu del generador (tub A), al cap d'alguns minuts, s'ompli d'un volum de gas doble que l'altre (tub B).

Podem identificar els gasos produïts: Bastarà en acostar un llumí o un paper incandescent al tub B (fora de la cubeta, invertit i sense gens d'aigua) i observar que, immediatament, s'encén produint-se una flama, fet que ens indica que el tub conté oxigen (que aviva la combustió del llumí).



Si acostem una flama al tub A (també invertit i sense gens d'aigua dins) observarem que el gas s'inflama produint-se una xicoteta detonació, la qual cosa mostra la presència d'hidrogen. A més, en les parets del tub d'assaig podem observar que han condensat gotes d'aigua. Eixa aigua prové de la reacció de l'hidrogen que havia dins del tub, amb l'oxigen de l'aire, reacció que ocorre ràpidament quan acostem una flama a la base del tub.

L'electròlisi de l'aigua és una reacció química en què l'aigua (una substància química) es **descompon** en oxigen i hidrogen (dues substàncies diferents). Al propi temps, la combustió de l'hidrogen (reacció amb l'oxigen de l'aire) en acostar-li la flama, dóna lloc a la **síntesi** d'aigua.

## 5.2. Com afavorir una reacció química fent que transcórrega més ràpidament?

Segons el model de reacció que venim utilitzant, si augmentem el nombre de xocs efectius entre les partícules característiques de les substàncies reaccionants, ha d'augmentar també la velocitat de formació dels productes de la reacció.

*A.II. Suggeriu alguns procediments que permeten augmentar la quantitat de xocs efectius que es produeixen entre les partícules de les substàncies reaccionants, en un temps donat.*

Podem pensar en diverses formes d'aconseguir-ho.

Una d'elles consistiria en augmentar la temperatura a què es troben les substàncies reaccionants. En efecte, una elevació de temperatura suposa un augment de l'energia de moltes molècules i, per tant, de la violència amb què es produeixen els xocs, cosa que fa augmentar també el nombre dels que hi són efectius, és a dir, que produeixen ruptures d'enllaços en les substàncies reaccionants, possibilitant així que es formen més ràpidament els nous enllaços que donaran lloc als productes de la reacció.

Altra forma podria ser fent que xocaren més molècules de les substàncies reaccionants en un temps donat. Si algun dels reaccionants es troba en estat sòlid, podem aconseguir-ho reduint-lo a pols (d'eixa forma la superfície de contacte es fa molt major i entren en joc moltes més partícules). Si algun dels reaccionants està dissolt, podem també augmentar la concentració de la dissolució (d'eixa forma hi ha més partícules de solut per unitat de volum).

## 7. Els canvis químics

### 5.2.1. Influència del grau de divisió dels reaccionants

Per comprovar com influeix el grau de divisió d'un reactiu sòlid, podem utilitzar trossos de marbre sec (carbonat de calci  $\text{CaCO}_3$ ) i àcid clorhídric concentrat (per exemple 2 molar<sup>1</sup>). Fàcilment podem constatar que, quan en un got que conté un poc d'àcid clorhídric concentrat tirem un poc de marbre, la reacció és molt més ràpida si el marbre està polvoritzat que si està en trossos grans.

El mateix fenomen pot observar-se fent reaccionar el HCl concentrat amb altres reaccionants habitualment disponibles als laboratoris dels centres escolars com, per exemple, pols de magnesi i cinta de magnesi o pols de zinc i granalla de zinc (sempre amb les precaucions necessàries i amb el control del professor, tant ací com en la resta d'experiències per evitar danys personals i/o ambientals).

### 5.2.2. Influència de la temperatura

Per comprovar com influeix la temperatura podem utilitzar qualsevol de les reaccions anteriors entre l'àcid clorhídric i el marbre en trossos, la granalla de zinc o la cinta de magnesi. El procés consisteix en realitzar qualsevol d'eixes reaccions a diferent temperatura. Per fer-ho pràcticament, es pot col·locar la mateixa quantitat de clorhídric en dos gots i afegir a cadascun d'ells la mateixa quantitat aproximada de, per exemple, granalla de zinc. Si agafem un dels gots i el posem a escalfar, veurem com es desprenen més bombolles i la reacció transcorre més ràpida.

### 5.2.3. Influència de la concentració

Altre factor que, d'acord amb el model de reacció, hauria d'influir en els canvis químics, és la concentració d'alguna de les substàncies reaccionants. Utilitzant les substàncies proposades anteriorment, és fàcil veure qualitativament que si en compte d'utilitzar àcid clorhídric concentrat, l'utilitzem diluït (simplement afegint-li aigua destil·lada), la velocitat de qualsevol de les reaccions estudiades disminueix sensiblement.

Altra pràctica interessant per estudiar l'efecte de la concentració en la velocitat d'una reacció, és la reacció entre el tiosulfat de sodi i l'àcid clorhídric. En ella es produeix un precipitat de sofre, fent-ho més ràpidament com major siga la concentració.

Per portar-la a terme, podem preparar 200 cm<sup>3</sup> de dissolució de tiosulfat de sodi de concentració 40 g/l. A continuació utilitzarem 5 gots de precipitats en els que col·locarem distints volums de l'esmentada dissolució (50 cm<sup>3</sup>, 40 cm<sup>3</sup>, 30 cm<sup>3</sup>, 20 cm<sup>3</sup> i 10 cm<sup>3</sup>, que retolarem com A, B, C, D i E, respectivament). En cadascun dels gots (excepte a l'A, que conté ja 50 cm<sup>3</sup>), hi afegirem aigua destil·lada fins completar un volum de 50 cm<sup>3</sup> de dissolució. Així tindrem 5 dissolucions de tiosulfat d'una concentració cada vegada menor.

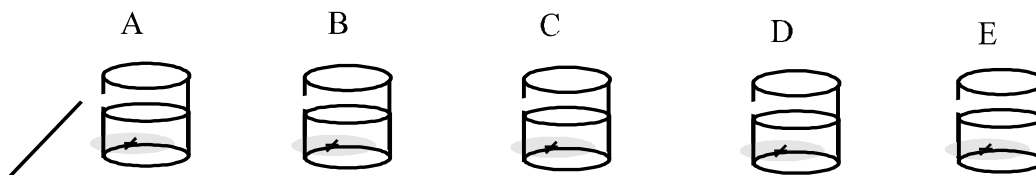
*A.12. Trobeu les concentracions de tiosulfat en cadascuna de les dissolucions anteriors des d'A fins a E. R.. 40 g/l; 32 g/l; 24 g/l; 16 g/l; 8 g/l respectivament*

A continuació col·locarem baix de cadascun dels gots representats a la figura, un tros de full de paper blanc, en el què haurem dibuixat una xicoteta creu, com s'indica en la figura. Després afegirem al primer (A) 6 cm<sup>3</sup> d'àcid clorhídric 2 Molar i anotarem el temps necessari per que la

---

<sup>1</sup> Una concentració de HCl 2 molar equival a 73 g d'HCl pur per cada litre de dissolució. Les botelles d'àcid clorhídric comercial de què es disposa habitualment al laboratori tenen una concentració aproximada de 11 molar

creu desaparega de la vista, recoberta pel sofre precipitat. Repetirem la mateixa operació amb la resta dels gots. Haurem aconseguit així, una taula de concentracions i temps. El temps en cada cas serà indicatiu de la velocitat de la reacció.



**A.13.** *Què cal esperar que ocorregui, d'acord amb el model de reacció que venim utilitzant?*

Com major siga la concentració de solut, el nombre de xocs entre les partícules reaccionants augmentarà i, consegüentment, també ho farà la velocitat de la reacció, de manera que el precipitat de sofre es formarà tant més a pressa com major siga la concentració de la dissolució de tiosulfat. Una forma de visualitzar-ho de manera global i ràpida és representar gràficament la concentració front al temps.

### 5.3. Com predir la massa d'una substància que podríem obtindre en una reacció?

**A.14.** *Hi haurà alguna forma de conèixer la proporció en què es combinen les masses en una reacció química, a partir de la proporció en què es combinen les partícules?*

Una qüestió prèvia per poder respondre la pregunta anterior és comprendre que:

Sempre que tinguem dues masses de dos elements qualssevol tals que el valor de cadascuna coincidisca numèricament amb el de la seua pròpia massa atòmica, el nombre d'àtoms presents de cada element ha de ser el mateix.

Així, per exemple: la massa atòmica relativa de l'hidrogen és 1 mentre que la de l'heli és 4. Per tant, si tenim 1g d'hidrogen i 1 g d'heli, necessàriament haurà quatre vegades més àtoms d'hidrogen que d'heli, perquè fan falta quatre àtoms d'hidrogen per tenir la mateixa massa que un sol àtom d'heli. Anàlogament, si tenim 1 g d'hidrogen, necessitarem 4 g d'heli per estar segurs que en ambdues hi ha el mateix nombre d'àtoms.

El mateix raonament podríem haver fet utilitzant, en lloc d'heli, nitrogen (la massa atòmica relativa és  $A_r = 14$ ), oxigen ( $A_r = 16$ ), carboni ( $A_r = 12$ ), etc. En tots els casos arribaríem a la mateixa conclusió:

En 4 g d'heli, 14 g de nitrogen, 16 g d'oxigen, 12 g de carboni ... hi ha els mateixos àtoms que en 1 g d'hidrogen. Aquest nombre rep el nom de **nombre d'Avogadro** i es designa com  $N_A$ . El seu valor s'ha pogut determinar de diverses formes i resulta ser  $N_A = 6'02 \cdot 10^{23}$ . Fixem-nos que és un nombre extraordinàriament gran. Ens diu, per exemple, que en un sol gram d'hidrogen hi ha més de 600000 trilions d'àtoms d'hidrogen.

El mateix raonament que hem aplicat als àtoms, podem aplicar-lo a altres partícules com, per exemple, molècules i arribar a la conclusió que:

Sempre que tinguem masses de substàncies numèricament iguals a les seues masses moleculars, el nombre de molècules presents serà el mateix i coincidirà, precisament, amb  $N_A$ .

## 7. Els canvis químics

Així, per exemple: La massa atòmica relativa de l'hidrogen és 1 i la massa molecular relativa de l'aigua és 18. Per tant, si tenim 1 g d'hidrogen i 1 g d'aigua, necessàriament hi haurà 18 vegades més àtoms d'hidrogen que molècules d'aigua, perquè fan falta 18 àtoms d'hidrogen per tenir la mateixa massa que una sola molècula d'aigua. Anàlogament si tenim 1 g d'hidrogen ens caldrà 18 g d'aigua per estar segurs que hi ha el mateix nombre d'àtoms d'hidrogen que molècules d'aigua. Com en 1 g d'hidrogen hi ha  $N_A$  àtoms, en 18 g d'aigua haurà d'haver  $N_A$  molècules.

En l'exemple anterior és possible substituir l'aigua per altres substàncies moleculars com amoníac (la massa molecular relativa és  $M_r = 17$ ), clor ( $M_r = 71$ ), oxigen ( $M_r = 32$ ), etc. Si ho fem, és fàcil comprendre que:

En 18 g d'aigua, 17 g d'amoníac, 71 g de clor, 32 g d'oxigen ... hi ha el mateix nombre de molècules i aquest nombre coincideix amb  $N_A$ .

En resum doncs, podem afirmar que:

Sempre que tinguem masses de substàncies que numèricament coincidisquen amb les seues masses atòmiques o moleculars, tindrem  $N_A$  àtoms o  $N_A$  molècules respectivament<sup>2</sup>.

La **quantitat de substància** que conté  $N_A$  partícules característiques (en general, unitats fórmula) d'aquesta substància s'anomena **mol**. Així doncs: En 1 mol de molècules hi ha  $N_A$  molècules i en 1 mol d'àtoms hi ha  $N_A$  àtoms.

*A.15. Proposeu una expressió per calcular el nombre de mols ( $n$ ) de partícules característiques d'una substància quan es coneix el nombre total ( $N$ ) d'aquestes partícules.*

Com cada  $N_A$  partícules corresponen a 1 mol. Per trobar el nombre de mols de partícules bastarà dividir el total de partícules  $N$  entre  $N_A$ , és a dir:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

En l'expressió anterior quan  $N$  sigui el total d'àtoms,  $n$  serà el nombre de mols d'àtoms i quan  $N$  sigui el total de molècules,  $n$  serà el nombre de mols de molècules, etc.

*A.16. Calculeu el nombre de mols de molècules de metà que hi haurà a 6'4 g de metà.*  
R. 0'4 mols de molècules de  $\text{CH}_4$ .

Convé recordar que les partícules característiques de substàncies com hidrogen, nitrogen, oxigen, fluor, clor, brom o iode, són molècules diatòmiques, la qual cosa ve expressat en les seves fórmules corresponents:  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$  i  $\text{I}_2$  respectivament.

*A.17. ¿Cuántas moléculas y cuántos átomos hay en 5 moles de moléculas de oxígeno<sup>3</sup>?*  
R.  $30 \cdot 1 \cdot 10^{23}$  molècules i  $60 \cdot 2 \cdot 10^{23}$  àtoms.

<sup>2</sup> Aquest raonament es pot estendre també a un altre tipus de substàncies com les iòniques, on no hi ha molècules però sí que es pot parlar d'unitats fórmula com part més xicoteta característica d'aquesta substància i indicativa de la proporció en que es troben els ions que la formen, com ocorre en  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaF}_2$ , etc.

<sup>3</sup> Per resoldre aquest tipus d'activitats cal tenir a la vista un sistema periòdic, saber escriure les fórmules corresponents i conèixer que  $N_A = 6 \cdot 02 \cdot 10^{23}$ .



Altra magnitud important és l'anomenada massa molar. El seu valor numèric coincideix amb el de la massa corresponent a 1 mol de les partícules característiques que conformen una substància donada (siguen aquestes molècules, àtoms o ions). El símbol és  $M$  i les seues unitats g/mol.

Quan es tracta d'una substància molecular (com  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2$ ), el valor numèric de  $M$  coincideix amb el de la massa molecular relativa (44, 16, 48, 2) respectivament.

Quan es tracta de substàncies amb partícules monoatòmiques (com Na, He, Fe, Ca), el valor numèric de  $M$  coincideix amb el de la seva massa atòmica relativa (23, 4, 56, 40) respectivament.

**A.18.** *Determineu la massa molar de neó, coure, clorur de magnesi i òxid d'alumini.*

R. 20'1 g/mol, 63'5 g/mol, 95'3 g/mol, 102 g/mol.

**A.19.** *Proponed una expresión para calcular el número de moles ( $n$ ) de partícules característiques que hay en una masa ( $m$ ) de una sustancia, conocida su masa molar ( $M$ ).*

Com a cada mol de partícules li correspon una massa de valor  $M$ , serà suficient dividir la massa total que tenim (expressada en grams) entre  $M$  (expressada en g / mol), és a dir:

$$n = \frac{m}{M}$$

**A.20.** *Determineu el nombre de mols de molècules de diòxid de carboni existents a 303'6 g d'aquest compost.* R.  $n = 6'9$  mols.

**A.21.** *Calculeu la massa en grams de 0'25 mols de molècules d'àcid nítric i de 3 mols d'àtoms de coure.* R.  $m = 15'75$  g.

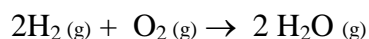
**A.22.** *Trobeu el nombre d'àtoms d'oxigen i d'hidrogen que hi ha en 1 g d'aigua.*

R.  $3'34 \cdot 10^{22}$  àtoms d'oxigen i  $6'68 \cdot 10^{22}$  àtoms d'hidrogen.

**A.23.** *Ordeneu justificadament les dades des de menor a major massa<sup>4</sup>:*

- 24'5 g d'àcid sulfúric
- 0'25 mols de diòxid de carboni
- Noranta mil milions de àtoms de beril · li
- 3 mols de nitrogen
- 1 àtom de calci.

Imaginem una de les reaccions químiques que ja coneixem com, per exemple, la reacció de formació d'aigua mitjançant la combustió d'hidrogen:



Aquesta reacció es pot interpretar dient que:

**Cada molècula d'oxigen que reacciona ho farà amb dues molècules d'hidrogen per a formar dues molècules d'aigua.**

<sup>4</sup> Quan no es diga una altra cosa, se suposa que els mols fan referència a les partícules característiques que conformen la substància, siguen aquestes molècules, àtoms individuals o agrupacions d'ions.

## 7. Els canvis químics

Naturalment, en qualsevol reacció química habitual el nombre de molècules que intervé és immens, però la proporció en què es combinen les molècules ve establerta per l'equació química ajustada. Així, la reacció anterior també es podria interpretar dient que:

Cada 1 milió de molècules d'oxigen que reaccionen ho faran amb 2 milions de molècules d'hidrogen per donar 2 milions de molècules d'aigua.

I si en lloc de milions parlem del nombre d'Avogadro de molècules:

Cada  $N_A$  molècules d'oxigen que reaccionen ho faran amb  $2 \cdot N_A$  molècules d'hidrogen per formar  $2 \cdot N_A$  molècules d'aigua.

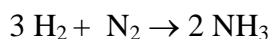
Si tenim en compte que  $N_A$  molècules és 1 mol de molècules, també podem dir que:

**Cada mol de molècules d'oxigen que reaccionen ho farà amb dos mols de molècules d'hidrogen per formar dos mols de molècules d'aigua.**

Per tant: Tot el que diguem sobre la proporció en què es combinen les molècules, és vàlid també per la proporció en què es combinen els mols d'aquestes molècules, és a dir, els coeficients que apareixen davant de les fórmules, poden significar tant partícules com mols de partícules (mai grams ni altres unitats) i utilitzar els mols per calcular la massa, és una cosa que ja sabem fer.

*A.24. L'amoníac en condicions ordinàries és un gas incolor d'olor desagradable. Es tracta d'una substància fonamental per a la fabricació d'adobs químics i també s'usa en dissolució com a producte de neteja. Quina massa d'amoníac es podrà obtenir a partir de la reacció completa de 60 g d'hidrogen amb el nitrogen necessari?*

En primer lloc cal posar l'equació química degudament ajustada:



A continuació caldrà calcular els mols de molècules d'hidrogen que reaccionen:

$$n_{\text{H}_2} = \frac{m}{M} = \frac{60}{2} = 30 \text{ moles d' H}_2$$

Mitjançant l'anàlisi de la proporció en què es combinen els mols (obtinguda de l'equació química ajustada), es poden trobar els mols de molècules d'amoníac que es produiran:

$$\frac{3 \text{ moles de H}_2}{2 \text{ moles de NH}_3} = \frac{30 \text{ moles de H}_2}{x \text{ moles de NH}_3} \rightarrow x = 20 \text{ moles de NH}_3$$

També és possible trobar aquests mols d'una forma més directa. En efecte, només cal observar l'equació ajustada per adonar-se que si per cada 3 mols de  $\text{H}_2$  que reaccionen s'obtenen 2 mols de  $\text{NH}_3$ , quan reaccionen 30 mols de  $\text{H}_2$  s'obtiniran 20 mols de  $\text{NH}_3$ .

Finalment, amb els mols obtinguts, es calcula la massa d'amoníac que es demana:

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{m}{M} \rightarrow 20 = \frac{m}{17} \rightarrow m = 20 \cdot 17 = 340 \text{ g de NH}_3$$

#### 5.4. Què ocorrerà amb l'energia? Canvis energètics en les reaccions químiques: Reaccions exotèrmiques i endotèrmiques.

Per trencar qualsevol enllaç químic (com, per exemple, el que manté units als dos àtoms d'oxigen en la molècula d'O<sub>2</sub>), es requereix sempre una certa quantitat d'energia. Al contrari, quan es forma un enllaç químic entre àtoms (o grups d'àtoms) inicialment aïllats, sempre "s'allibera" energia. D'acord amb el principi de conservació d'energia, la quantitat d'energia necessària per trencar un enllaç determinat haurà de coincidir amb l'energia que s'allibere en produir-se el mateix enllaç.

Com en qualsevol reacció química es trenquen i es formen molts enllaços, serà normal que l'energia total necessària per trencar els enllaços que mantenen units als àtoms formant molècules o altres agregats (que és l'energia que més compta), no coincidisca amb l'energia que es desprèn en la formació d'altres enllaços, per la qual cosa, segons el model de reacció que venim utilitzant, la majoria de les reaccions químiques hauran d'anar acompanyades d'aquests canvis d'energia.

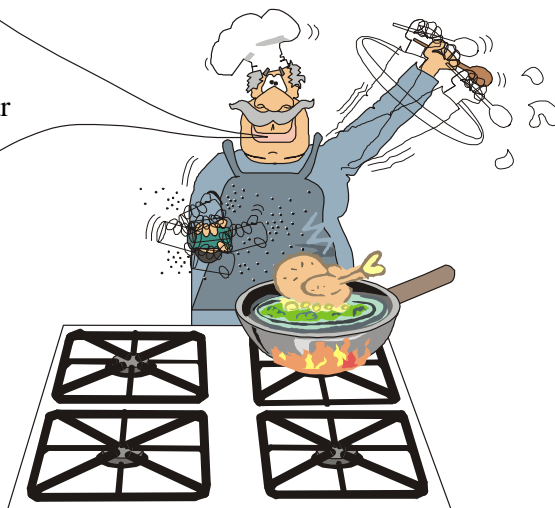
##### 5.4.1. Què ocorrerà quan l'energia que s'allibera en la formació d'enllaços en els productes supere l'energia necessària per trencar els enllaços en els reaccionants? (Reaccions exotèrmiques)

Hi ha molts casos de reaccions químiques en què el pas de les substàncies reaccionants als productes de la reacció va acompanyat d'una transferència d'energia mitjançant calor des del sistema format pels productes de la reacció al medi exterior. De vegades, podem adonar-nos perquè, si toquem el recipient on té lloc la reacció notem que està calent. Aquest tipus de processos s'anomenen "exotèrmics".

*A.18. Enumereu alguns exemples importants en què s'utilitzi l'energia transferida per una reacció exotèrmica al medi exterior.*

Podem referir-nos a les combustions d'alguns gasos com el butà o el gas natural, on l'energia que es desprèn sol utilitzar-se per cuinar, escalfar la casa, etc. També podem citar el motor d'explosió basat en la combustió de gasolina, gas-oil, alcohol, butà, etc., la combustió del carbó per produir electricitat (centrals tèrmiques), els diversos explosius, les estufes de llenya, brasers, etc. Altres exemples són el bufador oxihidrúlic, les bateries i piles elèctriques, els processos metabòlics dels éssers vius, etc.

La combustió de gas butà o de gas ciutat és una reacció exotèrmica que pot utilitzar-se per cuinar els aliments.

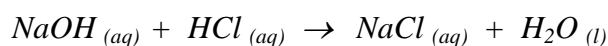


## 7. Els canvis químics

Convé destacar que, en tots els casos, es produeix una aportació d'energia des de la reacció al medi circumdant, que es tradueix normalment en un augment de la temperatura d'aquest i canvis diversos (coccio d'aliments, ruptura de roques, produir moviments, etc.).

Aquesta transferència d'energia mitjançant la calor des de la reacció al medi es produeix perquè, en aquest tipus de reaccions, l'energia que s'allibera en la formació d'enllaços en els productes de la reacció, supera a l'energia que cal per a trencar els enllaços de les substàncies reaccionants. La diferència es queda en els productes de la reacció i això es nota perquè augmenta la seua temperatura amb el que, si la reacció no té lloc en un recipient aïllat (i el medi exterior i les substàncies reaccionants estan inicialment a la mateixa temperatura) es "cedeix calor" al medi circumdant.

*A.19. Aboqueu en un got de precipitats 50 cm<sup>3</sup> de dissolució d'hidroxid de sodi (NaOH) concentrat, a la temperatura ambient, col·loqueu un termòmetre dins i afegiu 50 cm<sup>3</sup> de dissolució d'àcid clorhídric (HCl) concentrat, a la mateixa temperatura. La reacció química que es produeix ve donada per:*



*Comproveu que es tracta d'una reacció exotèrmica.*

Si realitzem la reacció química proposada, podrem comprovar que les parets del got s'escalfen. Si hem posat un termòmetre a l'interior, observarem que la temperatura ascendeix. Es tracta d'una reacció exotèrmica. Quan té lloc la reacció es produeix una diferència de temperatura (el sistema format per les substàncies que intervenen en la reacció es troba, al final, a una temperatura major que la del medi exterior). Com el sistema no està aïllat, a causa d'eixa diferència de temperatura, es produeix una transferència d'energia mitjançant la calor des del sistema al medi exterior. Sol dir-se que "es cedeix" calor a l'exterior. És suficient amb tocar les parets del got amb la mà per a donar-nos compte de l'esmentat calor.

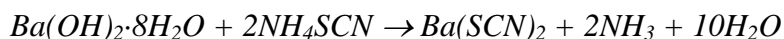
### **5.4.2. Què ocurrerà quan l'energia que s'allibera en la formació d'enllaços en els productes siga inferior a l'energia necessària per trencar els enllaços en els reaccionants? (Reaccions endotèrmiques)**

Hi ha reaccions químiques en què ocorre el procés contrari a les reaccions exotèrmiques: es produeix una transferència d'energia en forma de calor des del medi exterior cap al sistema format pels productes de la reacció. Aquestes reaccions s'anomenen "endotèrmiques".

Açò ocorre perquè l'energia que s'allibera en la formació dels nous enllaços és menor que l'energia que cal per trencar els enllaços en les substàncies reaccionants. Això fa que els productes de la reacció es troben a menor temperatura que la que hi marcava el termòmetre al començament de la reacció. Si les parets del recipient on té lloc la reacció, no foren aïllants (i el medi exterior i les substàncies reaccionants estigueren inicialment a la mateixa temperatura), no hi ha dubte que es produiria aleshores una transferència d'energia en forma de calor des de l'entorn o medi exterior cap al sistema format pels productes de la reacció (que s'ha refredat).

El que acabem de dir explica que, si toquem les parets del recipient on s'ha produït la reacció, notem com estan fredes.

**A.20.** Mescleu dins d'un got, 16 g d'hidròxid de bari hidratat  $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$  amb 8 g de tiocianat d'amoni  $NH_4SCN$ . La reacció que es produeix ve donada per l'equació:



Comproveu que es tracta d'una reacció endotèrmica.

Si realitzem la reacció química proposada, podrem constatar que les parets del got es refreden i el vapor d'aigua atmosfèric condensa sobre elles i es gela. Si hem posat un termòmetre a l'interior del got, observarem que la temperatura descendeix. Es tracta d'una reacció molt endotèrmica. Com els productes formats estan a menor temperatura que la temperatura del medi exterior, si el got no està aïllat, aquests productes "absorbiran" calor del medi exterior. Per això, si toquem el got, notarem que se'ns refreda la mà.

### 5.5. Sempre serà suficient en mesclar les substàncies reaccionants per a què una reacció química tinga lloc ràpidament? Introducció elemental al concepte d'energia d'activació. Paper dels catalitzadors

En els dos exemples pràctics que hem proposat sobre reaccions exotèrmiques i endotèrmiques, ha estat suficient mesclar les substàncies reaccionants a la temperatura ambient perquè aquestes reaccionaren, transformant-se en els productes. Són reaccions espontànies. Però, com veurem a continuació, els productes no sempre es formen ràpidament:

**A.21.** Quan simplement es mescla hidrogen amb oxigen (tots en fase gasosa), no ocorre res. Perquè la reacció de formació d'aigua pugui començar, cal aportar de fora una certa quantitat d'energia. Si ho fem així, la reacció no sols comença sinó que prossegueix ella sola i "cedeix calor" al medi que la rodeja. Tracteu d'interpretar aquest fet.

D'acord amb el model de reacció que venim utilitzant, perquè es formen molècules d'aigua ( $H_2O$ ), han de produir-se xocs entre molècules d'hidrogen ( $H_2$ ) i d'oxigen ( $O_2$ ) i que, a conseqüència dels mateixos, es trenquen els enllaços H-H i els enllaços O=O. Per a què açò ocorregui (és a dir per a què el xoc siga efectiu), la col·lisió ha de realitzar-se en una direcció favorable. Però això no és prou. A més, hi ha un valor mínim d'energia amb què les partícules arriben al xoc, per davall del qual les molècules no es trenquen i reboten pràcticament inalterades.

Quan simplement es mesclen hidrogen i oxigen gasosos a temperatura ambient, es produeixen milions de xocs per segon, però la major part d'ells no són efectius. Això fa que, per que la formació d'aigua tinga lloc de forma visible, siga necessari subministrar una energia inicial per aconseguir que augmenti el nombre de xocs efectius. Es tracta d'una reflexió a considerar, ja que algunes persones pensen, per exemple, que és suficient en mesclar els elements de què consta qualsevol compost per que aquest es forme ràpidament. No és que en la mescla d'hidrogen i oxigen a temperatura i pressió ordinària no existisca cap xoc efectiu (donat l'immens nombre de partícules, sempre hi haurà algunes que xocaran en la direcció més adequada i seran prou energètiques), el que ocorre és que com hi ha tan pocs, hauríem d'esperar molt de temps per obtindre una quantitat apreciable d'aigua.

Així doncs, perquè hi haja reacció (parlem sempre de xocs que es realitzen en una direcció favorable perquè es produïska la ruptura de les molècules), existeix una energia mínima (per a les molècules en xoc), que és necessari abastar. Aquesta energia s'anomena **energia d'activació**

## 7. Els canvis químics

L'energia d'activació és l'energia que, com a mínim, han d'abastar les molècules que xoquen per a poder reaccionar. Quan no s'aconsegueix, les molècules no es trenquen amb la col·lisió (encara que la direcció del xoc haja estat la més favorable).

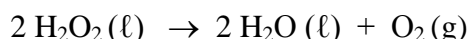
En general, una reacció s'afavoreix a temperatures altes perquè les col·lisions són més freqüents i perquè la probabilitat que un parell de molècules, en xocar, tinga una energia igual o superior a la d'activació, és més elevada (en augmentar la temperatura, ho fa l'energia amb què es mouen moltes molècules), amb la qual cosa augmenta la proporció de xocs efectius.

En ocasions, per controlar la velocitat d'una reacció (en uns casos per augmentar-la i en altres per disminuir-la), s'utilitzen unes substàncies especials anomenades "catalitzadors". Aquestes substàncies són especials, perquè participen en la reacció modificant la velocitat a què transcorre, però no es consumeixen, de forma que conserven la mateixa massa al principi i al final de la reacció.

En essència, l'efecte del catalitzador és modificar el valor de l'energia d'activació d'una reacció química, per exemple, rebaixant-la, amb la qual cosa es facilita la transformació de les substàncies reaccionants en els productes de la reacció (catalitzador positiu). També poden augmentar-la, dificultant així la reacció i fent-la transcórrer més lentament (catalitzador negatiu).

Els catalitzadors tenen gran importància en els processos biològics. En efecte, moltes reaccions químiques que tenen lloc en els organismes dels éssers vius poden realitzar-se a temperatura moderada gràcies a la presència de catalitzadors. Sense ells, per que es produïren algunes d'aquestes reaccions caldrien temperatures massa altes, incompatibles amb la vida de l'organisme. També s'utilitzen en els processos industrials, a fi de fer més barata i rendible l'obtenció de molts productes o per a fer més lentes algunes reaccions (per exemple, les que tenen a veure amb la descomposició d'aliments envasaments, amb la corrosió, etc.).

Una reacció química en la què es pot apreciar el paper d'un catalitzador és la descomposició de l'aigua oxigenada en aigua i oxigen, segons:



L'anterior reacció transcorre molt lentament en condicions ordinàries, però si omplim un tub d'assaig fins a la meitat amb aigua oxigenada, i li afegim un poc de diòxid de manganès ( $\text{MnO}_2$ ) com a catalitzador<sup>5</sup>, veurem que la reacció de descomposició ocorre ràpidament (es desprèn oxigen) sense que el catalitzador s'altere. Podem comprovar que el que es desprèn és oxigen, perquè si acostem amb cura un misto encès, la flama s'aviva.

Quan es tira aigua oxigenada sobre la pell no ocorre res, però si hi ha una ferida, sabem que es produeix un procés en què es desprenen bombolles d'oxigen, formant-se una espècie d'escuma blanca. Això ocorre a causa de la presència en la sang d'unes substàncies que actuen com catalitzadors, augmentant la velocitat de descomposició de l'aigua oxigenada (anàlogament a com ho feia el  $\text{MnO}_2$  en la reacció anterior) i que s'anomenen enzims.

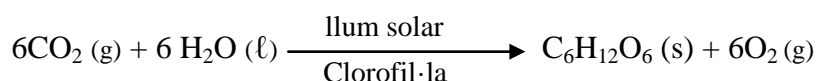
---

<sup>5</sup> Atenció! Afegiu molt poca quantitat de catalitzador i feu-ho allunyant el tub d'assaig del cos i ulls. Si s'afegeix molt de catalitzador, hi ha perill d'esquitx. Utilitzeu ulleres protectores i realitzeu l'experiència amb el control del professor.

## 6. CÀLCULS ENERGÈTICS EN ALGUNES REACCIONS QUÍMIQUES. REACCIONS DE COMBUSTIÓ

L'unitat internacional per a mesurar l'energia es el Joule, el símbol de la qual és "J". Un joule és, per exemple, l'energia aproximada que s'utilitza per elevar una massa de 100 g a una alçària d'1 m. També s'utilitza habitualment un múltiple anomenat quilojoule, el símbol del qual és kJ i que equival a 1000 J (1 kJ = 1000 J).

En la fotosíntesi, per exemple, el Sol subministra una energia d'uns 15.500 J per cada gram de glucosa (un tipus de sucre, de fórmula  $C_6H_{12}O_6$ ) que es forma a partir de  $CO_2$  i  $H_2O$ . Es tracta d'una reacció endotèrmica. La fotosíntesi de la glucosa depèn d'una complexa seqüència de reaccions però la reacció global és:



Gràcies a la fotosíntesi és possible la transformació de productes inorgànics (com el  $CO_2$  i el  $H_2O$ ) en orgànics (com la glucosa i altres sucres), utilitzant l'energia que prové del Sol. Tant el petroli com el carbó són restes orgàniques d'organismes que visqueren fa milions d'anys i que, per mitjà de la fotosíntesi transformaren matèria inorgànica en orgànica. Cada any les plantes creixen (augment de la massa forestal) gràcies a la fotosíntesi. D'altra banda, mentre realitzen eixa funció, les plantes desprenen oxigen (més del que utilitzen en la respiració) i consumeixen diòxid de carboni (recordem que l'excés de diòxid de carboni està directament relacionat amb l'augment de l'efecte hivernacle).

En les reaccions de combustió habituals (quan una substància es crema amb l'oxigen de l'aire) es transfereix energia de la reacció al medi ambient (són reaccions exotèrmiques). En la taula adjunta es donen els valors d'algunes energies de combustió (en condicions ordinàries de pressió i temperatura).

Combustible	gasolina	butà	hulla	hidrogen	gas-oil
Energia (kJ/g)	49	49'4	32	143	47

**A.22.** Què significa que l'energia de combustió del butà en condicions ordinàries és de l'ordre de 49'4 kJ/g?

Que si tenim gas butà i el cremem en condicions ordinàries (les ambientals) de pressió i temperatura, per cada gram de butà que es crema, es transfereix al medi que rodeja a la reacció una energia aproximada de 49'4 kJ o 49 400 J.

**A.23.** Determineu l'energia total en Joules que es pot obtenir, aproximadament, en cremar 10 kg del butà contingut en una botella de l'esmentat gas. R.  $4'94 \cdot 10^8$  J.

En la taula anterior podem veure que la substància que pot subministrar major energia en la combustió és l'hidrogen. En l'actualitat s'investiga la possibilitat de construir motors que funcionen amb hidrogen en compte de fer-ho amb gasolina. De fet, ja hi ha autobusos i altres vehicles que utilitzen hidrogen com a combustible. Si açò arribara a generalitzar-se, tindria conseqüències molt positives<sup>6</sup> en el medi ambient, perquè en cremar-se hidrogen no es desprèn

<sup>6</sup> Sempre que l'energia necessària per obtenir l'hidrogen no vinguera de combustibles fòssils.

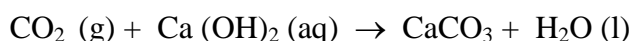
## 7. Els canvis químics

CO<sub>2</sub> (com ocorre amb tots els hidrocarburs), que és un dels gasos causants de l'anomenat "efecte hivernacle", sinó tan sols aigua. Quan es crema qualsevol combustible orgànic (com, per exemple, tots els derivats del petroli) sempre es produeixen diòxid de carboni CO<sub>2</sub> i aigua H<sub>2</sub>O.

**A.24.** *Escriu les reaccions de combustió ajustades corresponents als següents compostos: Metà (CH<sub>4</sub>) i propà (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), explicant el significat.*

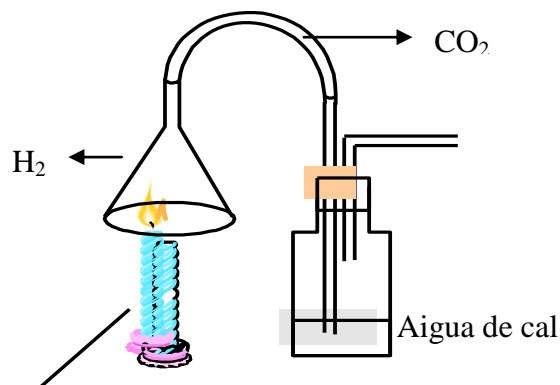
L'experiència següent, permet reconèixer l'existència de CO<sub>2</sub> i de H<sub>2</sub>O en la combustió de qualsevol matèria orgànica.

Per esbrinar si un gas és CO<sub>2</sub> se'l fa bombollejar a través d'una dissolució transparent d'aigua de calç. Si es tracta de CO<sub>2</sub> l'aigua de calç s'enterboleix, perquè el CO<sub>2</sub> reacciona amb l'hidròxid de calci Ca(OH)<sub>2</sub> dissolt en l'aigua de calç formant un precipitat blanc (la dissolució s'enterboleix) de carbonat de calci (CaCO<sub>3</sub>) segons l'equació:



La cera de qualsevol ciri està formada per substàncies orgàniques que, en cremar-se amb l'oxigen de l'aire formaran CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O. Per comprovar el despreniment de CO<sub>2</sub> i de H<sub>2</sub>O es pot preparar el muntatge representat a la figura.

El despreniment de CO<sub>2</sub> es comprova perquè el aigua de calç s'enterboleix i el d'aigua perquè el vidre de l'embut s'entela en condensar-se sobre ell les gotetes d'aigua:



**A.25.** *Agafem una superfície de vidre o metàl·lica i brillant, la col·loquem a prop del nas i amb la boca tapada. En respirar profundament sobre ella, observarem que es dipositen fines gotes d'aigua. Doneu una explicació adequada d'aquest fet.*

La respiració és una combustió lenta de substàncies orgàniques (d'ella obtenim energia). Com tota combustió, ha de produir diòxid de carboni i també aigua. El vapor d'aigua resultant de la respiració (normalment a una temperatura major que la de l'exterior del cos) condensa sobre superfícies brillants i més fredes.

**A.26.** *Elaboreu un treball investigant els problemes derivats de les combustions de diferents productes orgànics a gran escala.*

## RECAPITULACIÓ

Per explicar els canvis químics hem elaborat, en primer lloc, un model elemental de reacció química, basat en la ruptura dels enllaços químics de les substàncies reaccionants i en la formació d'altres enllaços nous en formar-se els productes de la reacció. A partir d'aquest model hem pogut derivar tot un seguit de conseqüències contrastables (reversibilitat, com influir en la velocitat d'una reacció, proporció en què es combinen les substàncies, existència de reaccions exotèrmiques i endotèrmiques, etc.)

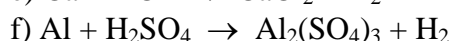
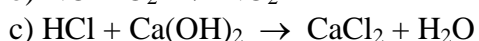
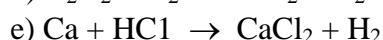
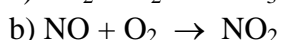
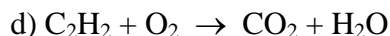
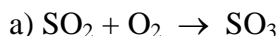


## 7. ELS CANVIS QUÍMICS. ACTIVITATS DE REFORÇ

1. Expliqueu la diferència entre canvi físic i canvi químic.

2. Classifiqueu els següents processos com físics o químics: Dilatació d'una vareta metàl·lica en augmentar la temperatura; la descomposició del carbonat de calci, en òxid de calci i diòxid de carboni, per escalfament; un glaçó de gel que es transforma en aigua líquida; la digestió dels aliments; encendre una bombeta; cremar un paper.

3. Ajusteu les equacions químiques següents:



4. Expliqueu com afecten en general a la velocitat de reacció (l'augmenten, la disminueixen o no influeix res), els següents factors.

a) Descens de la temperatura. b) Utilitzar reactius de major concentració.

c) Polvoritzar els reactius que es troben en estat sòlid.

5. Quina massa de calci hem de tindre per a estar segurs que conté el mateix nombre d'àtoms que 23 g de sodi?

6. Indiqueu en quina massa (en grams) de les següents substàncies hi ha el mateix nombre de molècules que en 4 g d'hidrogen: aigua, diòxid de carboni, àcid sulfúric i clor.

7. On hi ha menys molècules, en 5 mols d'amoníac o en 6 mols d'aigua?

8. Què és el nombre d'Avogadro?

9. Quants grams d'amoníac ( $\text{NH}_3$ ) hi ha en 1 mol de molècules d'amoníac?

10. Quants grams d'alumini hi ha en 2 mols d'àtoms d'alumini?

11. El ferro és un metall molt abundant i amb moltes aplicacions (s'utilitza, per exemple, per fabricar acer). Un problema del ferro és que s'oxida fàcilment combinant-se amb l'oxigen de l'aire. Així, a partir de ferro i oxigen es pot formar òxid de ferro (II). Es demana:

a) L'ecuació química ajustada de la reacció.

b) Proporció en que es combinen les masses de les substàncies que hi intervenen.

c) Massa de ferro que reacciona amb 3 g d'oxígen.

d) Massa d'òxid de ferro (II) que s'obté si reaccionen totalment 5 g de ferro.



Masses atòmiques:  $A_r(\text{Fe}) = 56$ ;  $A_r(\text{O}) = 16$ . R. c) 10'46 g de Fe; d) 6'43 g de  $\text{FeO}$ .

## 7. Els canvis químics

**12.** L'oxigen reacciona amb l'hidrogen donant aigua. Escriviu l'equació química ajustada corresponent a aquesta reacció i a continuació calculeu la massa d'aigua que s'obtindrà en reaccionar totalment 20 g d'hidrogen.

Masses atòmiques:  $A_r(\text{O}) = 16$ ;  $A_r(\text{H}) = 1$ . R. 180g.

**13.** El alumini al igual que el hierro también se oxida, pero tiene la particularidad de que la capa de óxido que se forma actúa como capa protectora del aluminio recubierto por ella, por lo que en la práctica el aluminio es más resistente a la corrosión que el hierro. Dada la siguiente reacción:  $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$ , ajustadla y calculad la masa de  $\text{O}_2$  necesario para oxidar 7 g de Al.

Masas atómicas:  $A_r(\text{Al}) = 27$ ;  $A_r(\text{O}) = 16$ . Rdo. 6'2 g.

**14.** L'àcid clorhídric reacciona amb el zinc obtenint com a productes de la reacció clorur de zinc i hidrogen. Escriviu la corresponent equació química ajustada i després calculeu la massa de clorur de zinc que s'obtindrà si reaccionen totalment 13 g de zinc.

Masses atòmiques:  $A_r(\text{Cl}) = 35'5$ ;  $A_r(\text{Zn}) = 65'4$ . R. b) 27'1 g.

**15.** El metà ( $\text{CH}_4$ ) és un gas hivernacle que es genera en terrenys inundats (com a cultius d'arròs o zones pantanoses) i en l'aparell digestiu d'animals remugants. A més és el principal component del gas natural. Com tot hidrocarbur, quan es crema en l'aire es produeix diòxid de carboni i aigua. Es fan reaccionar 80 g de  $\text{CH}_4$  amb O en excés. Escriviu l'equació química ajustada corresponent a la reacció de combustió i calculeu:

a) Massa d'oxigen que reacciona. b) Massa d'aigua i massa de diòxid de carboni obtingudes.

Masses atòmiques:  $A_r(\text{C}) = 12$ ;  $A_r(\text{O}) = 16$ ;  $A_r(\text{H}) = 1$ . R. a) 320 g; b) 180g de  $\text{H}_2\text{O}$  y 220 g de  $\text{CO}_2$

**16.** Escriviu i ajusteu l'equació corresponent a la combustió total de la propanona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ), per donar diòxid de carboni i aigua. A continuació, calculeu la massa d'aigua i la massa de diòxid de carboni que s'obtindran si cremem 200 g de propanona.

Masses atòmiques:  $A_r(\text{C}) = 12$ ;  $A_r(\text{O}) = 16$ ;  $A_r(\text{H}) = 1$ .

R. 186'2g d'aigua i 455'17 g de diòxid de carboni.

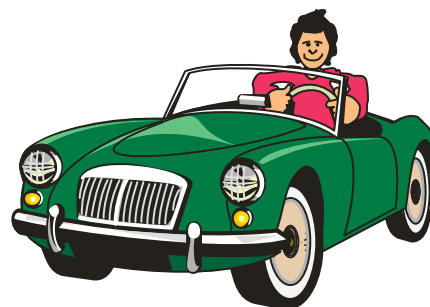
**17.** Expliqueu la diferència entre reaccions exotèrmiques i endotèrmiques.

**18.** Què són els catalitzadors? Com actuen en les reaccions químiques?

**19.** La gasolina és una barreja de hidrocarburs que s'obté a partir del petroli. La seva aplicació més important és com a combustible dels motors d'explosió de molts vehicles.

Busqueu en el tema quant val l'energia de combustió de la gasolina i amb aquesta dada determineu l'energia en joules que s'obté en cremar 2'5 tones de gasolina.

Rdo. 122500000 J.



## EL PROBLEMA DE L'AUGMENT DE L'EFECTE HIVERNACLE

A l'atmosfera existeixen gasos hivernacle que absorbeixen una gran part de l'energia que la Terra emet cap a l'espai (mitjançant radiació infraroja) per a continuació re-enviar-la en totes direccions. Açò té com a conseqüència que la superfície del planeta gaudisca d'una temperatura mitjana de al voltant de 15°C que el fa habitable en la seua major part (sense aquest efecte hivernacle, eixa temperatura mitjana seria d'uns -18°C i la Terra estaria pràcticament coberta de gel). L'efecte hivernacle és, doncs, alguna cosa molt positiva per a la vida. El problema és l'**augment** que s'està produint en aquest efecte degut a la contínua emissió de gasos hivernacle a l'atmosfera des de l'inici de l'era industrial. Aquest augment està produint un reescalfament global que condueix a un canvi climàtic terrestre de gravíssimes conseqüències.

### 1. Gasos hivernacle més importants

Els principals gasos d'efecte hivernacle són: vapor d'aigua (H<sub>2</sub>O), diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), metà (CH<sub>4</sub>), òxid de dinitrogen (N<sub>2</sub>O), ozó troposfèric (O<sub>3</sub>), i certs derivats halogenats com els clorofluorocarbonis (CFC), hidrofluorocarbonis (HFC), perfluorocarbonis (PFC) i hexafluorur de sofre (SF<sub>6</sub>).

#### *A.1. Quin és el gas que més contribueix a l'efecte hivernacle?*

El vapor d'aigua és, amb gran diferència, el gas hivernacle més important, tant perquè és el més abundant a l'atmosfera com perquè posseeix una banda d'absorció de la radiació infraroja especialment ampla. El segon en importància és el CO<sub>2</sub>, seguit pel CH<sub>4</sub>. Els tres són components naturals de l'atmosfera però també poden ser produïts per l'ésser **humà i són els gasos hivernacle que anem a estudiar ací**.

#### **1.1. Diòxid de carboni**

És el gas que més contribueix a l'increment de l'efecte hivernacle. La seua persistència a l'atmosfera és variable (aproximadament el 50% del gas emès tarda uns 30 anys a desaparèixer, un 30% diversos segles i la resta 2000 anys). La taxa d'augment recent és dràstica i sense precedents ja que els increments de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera des de fa al menys 600000 anys, mai van sobrepassar les 30 parts per milió (ppm) en mil anys, mentre que ara la seua concentració s'ha elevat en 50 ppm en tan sol 23 anys (des de 1990 al 2013) i en unes 120 ppm des de mitjans del segle divuit (inici de l'era industrial) fins al 2015.

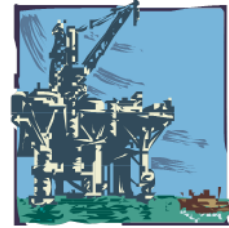
L'increment observat en la concentració de CO<sub>2</sub> antròpic a l'atmosfera (des del 1750), és sol d'al voltant del 44% del total emès, ja que la resta ha estat absorbit pels oceans (el CO<sub>2</sub> és molt soluble en aigua) i per la vegetació (mitjançant la fotosíntesi) en parts aproximadament iguals. En termes de temperatura, el pas de la concentració preindustrial de CO<sub>2</sub> (280 ppm) a les 400 ppm de 2015, ha suposat un increment directe de la temperatura mitjana en la superfície del planeta, de l'ordre d'1 °C.

#### *A.2. Mitjançant quines accions, directes o indirectes, fem augmentar els éssers humans la concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera?*

## Efecte hivernacle

Una primera font de CO<sub>2</sub> és la crema de combustibles fòssils (derivats del petroli, gas natural i carbó), que causa al voltant del 75 % de les emissions antròpiques de CO<sub>2</sub>. Aquests combustibles segueixen subministrant el 80% de l'energia utilitzada en el planeta pels éssers humans (i la demanda segueix augmentant), estant associats sobretot a la indústria, la climatització d'edificis i el transport.

A títol d'exemple: la producció i ús d'energia va generar quasi 27 000 milions de tones de CO<sub>2</sub> antròpic en 2004: 40% per electricitat i calefacció, 24 % per transport, 19% per la indústria i 17% per altres activitats. Aquesta aportació es va veure incrementada a 30 600 milions de tones en 2010 (44% del sector del carbó, 36% del petroli i 20% del gas) i a 34 000 milions de tones en 2011.



La mitjana mundial d'emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera en 2007 va ser de 4'6 t per persona, però les diferències entre uns països i uns altres eren (i continuen sent) enormes: l'emissió per càpita a Estats Units va superar aquell any les 19 t, a Japó va ser de 9'8 t i a Espanya de 8 t, mentre que a Índia no va arribar a les 1'5 t (el mateix que en molts altres països com Nicaragua, Perú, El Salvador, Hondures, Guatemala, etc.).

En 2011 Xina va passar a ocupar el lloc de primer emissor de gasos hivernacle a l'atmosfera. Durant eixe mateix any, les emissions per habitant van ser 6'8 t en Xina, 8'1 t a Europa en el seu conjunt i 16'9 t als Estats Units.

La concentració de CO<sub>2</sub> també augmenta a causa de la desforestació per tals massives i incendis. En els boscos i en els seus sòls es troba una gran part del carboni orgànic terrestre. Per açò són tan importants les modificacions en els ecosistemes forestals i, especialment, en els tropicals.

Les pràctiques de desforestació, unides a l'erosió dels sòls, solen suposar una pèrdua de biomassa i la devolució a l'atmosfera, en forma de CO<sub>2</sub>, del carboni que prèviament havia sigut captat en la fotosíntesi. El que hi haja extenses zones tropicals on després de la tala no es regenera la coberta vegetal (que si ho fera recuperaria el carboni) augmenta la concentració atmosfèrica del CO<sub>2</sub>.

Els processos de pèrdua de vegetació i de sòls són variats i difícils de quantificar. La principal causa de la desforestació són els incendis provocats amb intenció d'augmentar les terres de conreu agrícola i la ramaderia. A manera d'exemple podem destacar que els boscos de Sibèria contenen la meitat del carboni dels ecosistemes forestals de la Terra. Els incendis de l'estiu del 2003 cremaren 22 milions d'hectàrees, llançant a l'atmosfera més de 700 milions de tones de CO<sub>2</sub>.



A la fi de la primera dècada del segle XXI aproximadament el 60% de l'àrea amazònica és massa humida perquè es puguem propagar incendis, no obstant açò, el canvi climàtic afavoreix la reducció d'aquesta àrea. En els incendis s'emeten també altres gasos hivernacle (com el N<sub>2</sub>O) i aerosols (com la sutja), que a més són contaminants atmosfèrics perillosos per a la salut.

Altra causa important de desforestació és la tala. Els boscos de Centre-Amèrica, el Carib, l'Amazònia, Àfrica i el Sud-est Asiàtic l'estan suportant des de l'època de la colonització europea per a obtenir fustes valuoses. Tampoc es pot oblidar que en molts països pobres, la fusta

segueix sent el principal combustible d'ús domèstic, la qual cosa ha provocat la desaparició dels arbres en extenses zones del món subdesenvolupat (en el continent africà, per exemple, més del 90 % de la població rural i al voltant del 70 % de la urbana, utilitzen la fusta com a principal font d'energia).

També es forma  $\text{CO}_2$  en la fabricació de ciment. Un pas del procés de producció consisteix en escalfar la pedra calcària (carbonat de calci) per produir calç (òxid de calci), que és un component del ciment, alliberant  $\text{CO}_2$ . En aquest procés s'emet a l'atmosfera al voltant del 4% del  $\text{CO}_2$  antròpic.

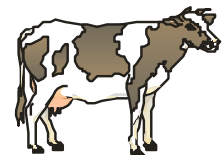
### 1.2. El Metà

El metà és un gas hivernacle molt efectiu, amb una concentració atmosfèrica mitjana en 2011 que superava ja les 1'8 ppm, degut al seu increment des dels temps preindustrials, quan la concentració atmosfèrica era solament de 0,7 ppm. El seu potencial d'escalfament global és 21 (el que significa que cada kg de  $\text{CH}_4$  emès té un efecte d'escalfament acumulat en l'atmosfera durant els següents 100 anys equivalent a l'emissió de 21 kg de  $\text{CO}_2$ ).

Alguns investigadors pensen que l'augment del metà en l'atmosfera és remunta a l'inici de l'agricultura i, en especial, al del conreu de l'arròs fa 5000 anys. Actualment les principals fonts d'emissió antròpiques d'aquest gas es centren en: producció d'energia a partir de carbó i gas natural, eliminació de deixalles, cria d'animals remugants, conreu de l'arròs, crema de biomassa i fuites de conduccions de petroli i gas. Les dites fonts son les responsables d'entre el 50 i el 65% del total de metà emès a l'atmosfera en el present.

Cada any els bacteris que viuen en condicions anaeròbiques degradant la matèria orgànica produeixen uns 400 milions de tones de metà. Els mitjans en els quals actuen són molt variats: l'estómac i tracte intestinal dels remugants, l'interior de femers, camps inundats per al conreu d'arròs o el fons de zones pantanoses.

Entre el 5 % i el 10 % de l'aliment que ingereix una vaca es transforma en metà. A Nova Zelanda, el metà produït per vaques i ovelles suposa un 40% de l'emissió total de gasos hivernacle.



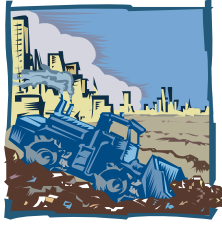
El conreu de l'arròs sobre enormes extensions entollades a Àsia, afavoreix la metanogènesi en els fangs de les terres inundades.

Altre factor emissor de metà és la crema de vegetació, especialment la crema de males herbes en les sabanes tropicals, que es realitza com a pràctica agrícola per a fertilitzar el sòl. De vegades, el metà procedeix del propi sòl de l'àrea cremada, sobretot en els incendis boreals, per descongelació del permafrost<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Capa de sòl o substrat congelat. Pot contindre materials orgànics antics semi-descompostos, que al descongelar-se pateixen una serie de reaccions químiques alliberant diòxid de carboni y metà.

## Efecte hivernacle



Gran part de la matèria orgànica emmagatzemada als abocadors es degrada en condicions anaeròbiques i es converteix en metà. En alguns països avançats ja s'han millorat les condicions d'emmagatzematge del fem. Segellar les instal·lacions permet la recuperació del metà generat, que pot ser utilitzat com a combustible al temps que es redueixen les emissions.

Finalment, esmentarem com font antròpica de metà les fuites: en les mines de carbó (el perillós gas grisú), en les instal·lacions defectuoses d'extracció de gas natural (el 90 % del qual és metà) i en els centenars de milers de quilòmetres de gasoductes construïts per al seu transport. L'apogeu de la utilització energètica del metà farà necessària la construcció de més pous d'extracció i de més gasoductes, però és d'esperar que les millores tècniques facen disminuir el malbaratament i les fuites a l'atmosfera.

*A.3. Si el vapor d'aigua és el gas d'efecte hivernacle més important, per què no contribueix especialment a l'augment de l'efecte hivernacle? (Tingueu en compte que en cremar qualsevol combustible fòssil, a més de  $CO_2$  es produeix també aigua).*

El vapor d'aigua és el gas que més contribueix a aquest efecte hivernacle, però les activitats humanes a penes incideixen directament en un augment significatiu de la seua concentració a l'atmosfera i per tant, la seua contribució a l'**augment** de l'efecte hivernacle és escassa. Aquesta escassa incidència es deu, fonamentalment, a dos fets:

a) La concentració del vapor d'aigua atmosfèric varia entre 0'01% i 5 % (a major temperatura augmenta la concentració). Quan l'atmosfera es satura, el vapor condensa i cau de nou en forma de pluja, fet que no ocorre amb els altres gasos hivernacle.

b) Els núvols tenen un efecte doble. Absorbeixen radiació infraroja (escalfament) però també reflecteixen a l'espai part de la radiació solar (albedo dels núvols) produint un refredament. A nivell global l'efecte net dels núvols, sembla ser de refredament.



## 2. Què ocorrerà si no prenim les mesures adequades?

Si l'efecte hivernacle continua augmentant, la temperatura mitjana en la Terra seguirà incrementant-se. Podem esmentar com a dada que la temperatura mitjana mundial en la superfície de la Terra va augmentar en 0'89 °C entre 1901 i 2012. Mentre que a Europa va pujar 1°C a Espanya ho va fer entre 1'2 °C i 1'5 °C. A llarg termini, els models utilitzats pel IPCC<sup>2</sup> prediuen per al 2100 una pujada mitjana de la temperatura entre 1'5 °C i 4'5 °C.

*A.4. Quina importància pot tindre el fet de que la temperatura mitjana de la Terra pugue uns pocs graus?*

<sup>2</sup> Panell Intergovernamental del Canvi Climàtic. Es tracta d'un organisme científic internacional creat per les Nacions Unides i l'Organització Meteorològica Mundial, per a estudiar el canvi climàtic, avaluar les seues conseqüències i elaborar estratègies de resposta realistes.

Convé tindre en compte que estem parlant de valors mitjans de la temperatura de l'aire pròxim al sòl, obtinguts en milers de llocs diferents repartits per tot el planeta i durant molts anys (el que inclou variacions estacionals i fenòmens meteorològics extrems). Per tant, allò realment important no són dades particulars com la calor que va fer ací l'estiu passat o si l'altre estiu en va fer més. El que importa realment és la tendència general a escala global. L'hivern de 2010, per exemple, va semblar molt gelat, no obstant açò, solament ho va ser a Europa Occidental i a la costa Est d'Amèrica del Nord. En realitat, fou l'hivern més càlid a tot el món des que es tenen registres (1850). La dècada 2000-2010 ha sigut la més càlida des de 1850; ha estat més càlida que la dels 90 i aquesta, al seu torn, més que la dels 80 ... (tendència general).

Els experts consideren que un augment de més de 2 °C (respecte al seu valor en el període pre-industrial) de la temperatura mitjana de la Terra no s'hauria de sobrepassar, perquè molt probablement provocaria perturbacions climàtiques catastròfiques i irreversibles, no solament per als ecosistemes sinó també en l'economia i la salut de les societats humanes. No obstant açò, no cal que ens esperem a superar eixe límit per adonar-nos que l'escalfament global ja ha començat a provocar una sèrie de conseqüències.



#### A.5. Enumereu algunes conseqüències del procés d'escalfament global

Entre les més importants estan: Fusió del gel continental i marí, acidificació dels oceans, augment de la intensitat i freqüència de fenòmens meteorològics extrems, canvis en els ritmes vitals de moltes espècies i disminució de la biodiversitat, augment de la probabilitat d'ocórrer canvis importants i abruptes.

### 3. ¿Què podem y devem fer?

En primer lloc hem d'analitzar les causes profundes del problema. Si ho fem, ens adonarem que el canvi climàtic no és un fet aïllat sinó que està intensament lligat a altres greus problemes. Cal pensar, doncs, que la millor estratègia (i segurament l'única efectiva) per enfrontar-nos al canvi climàtic ha de ser una estratègia global en la qual s'aborde conjunta i simultàniament el tractament de tots ells.

#### 3.1. Mesures científico-tecnològiques

A.6. *Quines mesures de tipus científico-tecnològic convé impulsar per a afavorir un desenvolupament sostenible i poder fer front així al conjunt de greus problemes que suposen una seriosa amenaça per a la vida en el planeta?*

És necessari dirigir els esforços d'investigació i innovació cap a l'assoliment de tecnologies afavoridores d'un desenvolupament sostenible incloent, entre d'altres:

- ✓ Major utilització de fonts d'energies netes i renovables.
- ✓ Increment de l'eficiència energètica (que possibilita el necessari estalvi d'energia). Açò pot fer-se mitjançant millores tecnològiques en molts camps (per, exemple, en la construcció, il·luminació, electrodomèstics, automoció ...) i donant prioritat a sectors com el ferrocarril i el transport marítim.
- ✓ Reducció de la contaminació amb la disminució i tractament de residus.
- ✓ Gestió sostenible de l'aigua i altres recursos essencials.
- ✓ Desenvolupament de tecnologies agràries i forestals sostenibles.
- ✓ Prevenció i tractament de malalties (en particular les que arassen als països menys

## Efecte hivernacle

- desenvolupats).
- ✓ Assoliment d'una paternitat i maternitat responsables, evitant els embarassos no desitjats i fomentant taxes de natalitat adequades als recursos disponibles.
- ✓ Regeneració d'entorns danyats.
- ✓ Fabricació d'objectes amb materials biodegradables.
- ✓ Capturar i emmagatzemar CO<sub>2</sub>.
- ✓ ...

Però també cal analitzar amb cura les noves mesures científicotecnològiques abans de dur-les a terme, per evitar que les aparents solucions generen problemes més greus, com ja ha succeït altres vegades. Per exemple, podem esmentar l'increment de producció de les collites després de la segona guerra mundial, gràcies als fertilitzants i pesticides químics com el DDT. Aquesta revolució agrícola va satisfer les necessitats d'aliments d'una població mundial que experimentava un ràpid creixement; però s'hagueren de denunciar els efectes perniciosos del DDT (càncer, malformacions congènites...) i aquest i altres "Contaminants Orgànics Persistents" (COP) es varen prohibir en molts països. Recordem també el que va ocórrer quan es tractà de resoldre el problema de les despulles animals reutilitzant-les en forma de pinsos (farines càrniques) que va generar el problema, molt major, de les "vaques boges", obligant a sacrificar milions de caps de bestiar. Recentment s'han suggerit solucions molt discutibles per a lluitar contra el canvi climàtic, tals com tirar ferro als oceans (per a estimular el creixement d'algues marines que eliminen més CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesi), injectar sulfats en l'estratosfera (que reflectisquen la llum solar) o impulsar l'ús de l'energia nuclear (que produeix només la sisena part de CO<sub>2</sub> que el carbó, per cada kWh d'energia elèctrica produït).

*A.7. A més de no generar problemes més greus que els que pretenen solucionar quins altres criteris convindria tindre en compte per a fer que les noves solucions científicotecnològiques puguin contribuir realment a un desenvolupament sostenible?*

Per a què les solucions científicotecnològiques puguin contribuir a un desenvolupament realment sostenible<sup>3</sup>, caldria procurar també que:

- ✓ Les taxes d'explotació dels recursos naturals renovables no superen a les de la seua regeneració (o, per als no renovables, a les de creació de substituïts renovables).
- ✓ Les taxes d'emissió de residus haurien de ser inferiors a les capacitats d'assimilació dels ecosistemes als quals s'emeten eixos residus.
- ✓ Donar prioritat a tecnologies que augmenten la productivitat dels recursos, més que incrementar la quantitat de recursos extrets. Açò significa, per exemple, formes d'il·luminació més eficient, en compte de més centrals elèctriques.
- ✓ Afavorir el desenvolupament de les noves tecnologies que estiguen orientades a satisfer necessitats bàsiques i que contribuïsquen a reduir les desigualtats entre els diferents grups humans.

Cal assenyalar que l'aplicació de noves tecnologies s'enfronta, sovint, amb interessos particulars a curt termini i també amb impediments de tipus ètic i polític. Açò ve a qüestionar la idea simplista que les solucions als problemes amb que s'enfronta avui la humanitat depenen, únicament, de la disposició de tecnologies més avançades.

---

<sup>3</sup> No pot ser realment sostenible res que supose un creixement net continuat basat en el consum d'uns recursos naturals no renovables.



Entre les noves tecnologies, tenen un paper essencial les que permeten utilitzar energies renovables. Per energia renovable s'entén aquella que s'obté d'una font pràcticament inesgotable i que es troba a la naturalesa. El seu caràcter inesgotable fa referència a la seua quantitat i durada (per exemple el Sol va a durar bastant més que la Terra) o be al fet que es pot reposar de forma natural i tornar a ser usada (per exemple la fusta o l'aigua). Entre les energies renovables es troben la solar, eòlica, hidràulica, geotèrmica, i la procedent de la biomassa (aquesta última té greus inconvenients quan s'obté de cereals que podrien dedicar-se a l'alimentació en lloc de cremar-los i no de restes vegetals).

Actualment, l'esgotament de fonts d'energia com el petroli o l'urani i els greus problemes mediambientals que ocasiona el creixent consum d'eixes fonts d'energia, han obert un gran debat al voltant de la necessitat de potenciar l'ús de les fonts d'energia renovables netes.



A Espanya, l'any 2010, les energies renovables en el seu conjunt suposaren un poc més del 9 % del total d'energies primàries utilitzades, i el 35 % de la generació d'electricitat, sent l'energia eòlica (aerogeneradors) el sector de major creixement. Malauradament, després d'eixa data, el suport al desenrotllament de les renovables s'ha vist dràsticament reduït (quelcom incomprensible en un país tan ric en sol i tan pobre en petroli).

Alguns autors projecten un futur basat en les energies renovables, el seu emmagatzemament, distribució i aprofitament usant noves tecnologies. Al maig de 2011 l'IPCC va publicar un sòlid informe on es mostrava la viabilitat de satisfer les necessitats energètiques del planeta comptant únicament amb recursos renovables i nets. En aquest informe s'expressava també la necessitat de realitzar les inversions necessàries per a aconseguir aquest objectiu abans de 2050, amb el que es podria evitar que la concentració de gasos d'efecte hivernacle supere valors que impliquen canvis incontrolables.



Moltes de les mesures tecnocientífiques exposades estan ja disponibles però, per a la seua implantació efectiva i generalitzada, precisen d'una sèrie de condicions que no es proporcionen, potser perquè afecten a plantejaments ideològics i a interessos econòmics. Tot açò fa veure la importància de les mesures educatives i polítiques que han d'acompanyar-les.

### 3.2. Mesures educatives

Es precisa d'una educació que ajude a comprendre els problemes ambientals i del desenrotllament en la seua globalitat, tenint en compte les repercussions a curt, mitjà i llarg termini, tant per a una col·lectivitat donada com per al conjunt de la humanitat i el nostre planeta. Però no es tracta només de comprendre, es precis conèixer, i sobre tot, posar en pràctica, el que

## Efecte hivernacle

cadascú pot fer, junt a moltíssims altres, en els seus diferents àmbits.

*A.8. Què podem fer cadascun de nosaltres? (Elaboreu una llista amb les vostres propostes i argumenteu-les posteriorment).*



A continuació, i a títol d'exemple, es detallen algunes propostes:

### **Reduir el consum de:**

**Aigua** (utilitzar dispositius d'estalvi a casa, dutxes ràpides, control de fuites d'aigua, reg per degoteig, no deixar aixetes obertes ...).

**Energia en climatització** (aïllar tèrmicament la llar; no programar temperatures ni massa altes ni massa baixes; prioritzar altres mètodes com ventilació natural, tendals, posar-se més o menys roba ...).

**Energia en il·luminació** (usar llums de baix o molt baix consum com la tecnologia LED, aprofitar al màxim la llum natural, apagar sempre les llums innecessàries o dels llocs on no anem a estar, no contractar una potència elèctrica major de la necessària o, si és el cas, reduir l'existent...).

**Energia en transport** (desplaçar-se a peu o amb bicicleta, usar transport públic col·lectiu com tren o autobús, organitzar desplaçaments de diverses persones en un mateix vehicle, conduir a velocitat reduïda utilitzant marxes llargues i sense acceleracions brusques, pujar i baixar per escales en compte d'usar ascensors, evitar viatges en avió sempre que siga possible ...).

**Energia en electrodomèstics** (comprar electrodomèstics de baix consum; carregar al màxim el rentavaixelles o rentadora abans de posar-los en funcionament; mantenir aparells en bon estat per a evitar sobre consums; no deixar televisor, ordinador o equips de música en manera stand-by; utilitzar piles recarregables ...).

**Energia en l'alimentació** (millorar l'alimentació incloent més fruites i verdures, sense excedir-se en el consum de carns; evitar productes exòtics que exigeixen transports llargs; consumir productes de temporada; prioritzar aliments de baixa petjada ecològica ...).

**Paper** (evitar imprimir documents que es puguem llegir en pantalla; escriure, fotocopiar i imprimir a doble cara, sense utilitzar marges excessius ...).

**Articles i productes innecessaris** (anar a la compra amb una llista prèvia del que ens cal, no deixar-se arrossegar per campanyes publicitàries ...).

### **Col·laborar en el reciclatge:**

**Separar** restes produïdes en la llar per a la seua recollida selectiva (vidre, paper, orgànics ...).

**Portar a eco parcs** o altres punts de recollida tot tipus de productes contaminants rebutjats (piles usades, oli, ordinadors, productes tòxics, electrodomèstics, bateries de cotxe, fluorescents ...).

**Utilitzar productes reciclats** (paper, cartutxos de tinta ...).

### **Utilitzar:**

**Productes respectuosos amb el medi ambient** (materials reciclables, no tòxics, biodegradables, amb baixa petjada de carboni<sup>4</sup> ...).

**Energies renovables** (panells solars, Comercialitzadores d'electricitat que utilitzen renovables..).

**Sistemes intel·ligents** (programadors, llums que s'encenen només quan penses o estàs ...).

**Energia elèctrica d'origen net** (contractant amb companyies comercialitzadors que treballen només amb energia obtinguda a partir de fonts renovables).

### **Reutilitzar:**

El paper ja escrit per una cara.

Aigua de pluja per a regar.

Roba i altres complements usats.

Oli usat per a fer sabó.

Portar a les farmàcies medicaments sobrants perquè els puguem utilitzar altres persones.

Donar roba, joguets, calcer ... a organitzacions que s'encarreguen de gestionar el seu repartiment.

Tractar d'aconseguir el que necessitem en el mercat de segona mà.

**Donar altres usos (convertir pots buits en contenidors de llapis i bolígrafs, bidons buits en compostadores per a transformar restes vegetals en adobs ...).**

### **Rebutjar els productes d'usar i tirar:**

**Substituir les bosses de plàstic d'un sol ús (en particular en les compres), per bosses d'ús continuat.**

Reparar abans que rebutjar i canviar (soles de les sabates, electrodomèstics i altres aparells ...).

### **Participar activament en l'educació ciutadana i les decisions polítiques:**

**Col·laborar amb organitzacions ecologistes, votar a partits polítics que en els seus programes incloguen mesures per a la sostenibilitat, realitzar tasques de divulgació (amics, família, etc.) ...**

<sup>4</sup> Petjada de carboni d'un producte és un índex per a quantificar la quantitat de gasos hivernacle (mesurats en CO<sub>2</sub> equivalent) emesos a l'atmosfera per causa directa o indirecta del dit producte al llarg de tot el seu cicle de vida, des del seu inici o fabricació, manufacturación, transport, comercialización... fins al tractament final dels seus residus.

### 3.3. Mesures polítiques

La incidència del canvi climàtic podria limitar-se si s'emprenguera una acció conjunta mundial per a facilitar el canvi d'una economia marró (basada en l'ús de combustibles fòssils) a una economia verda (basada en l'ús d'energies més netes i el desenvolupament de tecnologies que permeten la seua implantació) alhora que s'impulsen altres mesures per a afavorir el desenvolupament sostenible, com les que hem comentat. Per mostrar la importància de la política podem fer referència, a títol d'exemple, a algunes mesures polítiques planetàries ja adoptades, que constitueixen autèntics assoliments per a la sostenibilitat de l'espècie humana. (Açò mateix, pot ser plantejat com una activitat de cerca bibliogràfica sobre el tema).



Protocol de Montreal. Tractat internacional per a evitar la destrucció de la capa d'ozó que ens protegeix de les radiacions ultraviolades, mitjançant el control dels compostos clor-fluor-carbonats (freons) responsables d'aquesta destrucció. (Entrà en vigor en 1989).

Cort Penal Internacional. Tribunal de justícia internacional amb seu a l'Haia, per jutjar als que hagen comès crims de genocidi, de guerra i de lesa humanitat com esclavitud, apartheid, extermini i destrucció ambiental. (Vigent des de 2002).

Protocol de Kyoto. Tractat internacional per a la disminució de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, que contribueixen a l'escalfament global del planeta. (Adoptat en 1997, entrà en vigor en 2005). Constitueix un exemple de l'existència de diferents polítiques enfrontades i de la necessitat de recolzar la que defensa, fonamentadament, els interessos generals. Ratificat per 132 països, només dos dels països desenvolupats no el van signar: Estats Units i Austràlia. Finalitzà en 2012.

Després del protocol de Kioto s'han succeït diverses cimeres al voltant del clima com la de Bali (2007), Copenhague (2009), Cancún (2010), Durban (2011), Varsòvia (2013), amb resultats, en general poc destacables, pel que a data d'avui (2014) és necessari, encara, un ampli acord internacional just i vinculant per a la reducció dels gasos d'efecte hivernacle, a escala planetària, més ambiciós que el protocol de Kioto. A la cimera de Varsòvia (novembre de 2013), els prop de 200 països participants aconseguiren arribar a un acord d'última hora que, malgrat que modest, perfila una fulla de ruta cap al pacte global i vinculant al voltant de la reducció d'emissions que hauria d'aconseguir-se en París, en 2015. A la cimera de París, tanmateix, els resultats, malgrat que encoratjadors, no han estat tot el satisfactori que deuriem ser. Des del punt de vista científic hi ha pocs dubtes respecte de que l'acord de París és insuficient per a aconseguir els límits d'augment de temperatura mitjana que en el propi acord es marquen.

A la Cimera per al Desenvolupament Sostenible, que es va dur a terme al setembre de 2015, els Estats Membres de l'Organització de Nacions Unides (ONU) aprovaren un document anomenat "Agenda 2030 per al Desenvolupament Sostenible" en el qual s'inclouen 17 Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) per a posar fi a la pobresa, lluitar contra la desigualtat i la injustícia, i fer front al canvi climàtic. Convé que tots els coneguem i ens impliquem activament en el seu aconseguiment.

## ACTIVITATS DE RECAPITULACIÓ

1. Diuen que l'ús de combustibles com el biodièsel no augmenta la quantitat de  $\text{CO}_2$  existent a l'atmosfera. No obstant açò, en química 'estudia que en cremar aquests productes sempre es produeix  $\text{CO}_2$ , no és açò contradictori? D'altra banda, suposant que no es done eixe augment, hi hauria algun possible inconvenient per a impulsar aquest tipus de combustibles?

2. Alguns afirmen que la Comunitat Valenciana és una de les comunitats espanyoles que emeten menys  $\text{CO}_2$  a l'atmosfera, degut a que gran part de l'electricitat que consumim prové de la central nuclear de Cofrents, situada tan sols a 80 km de València. Pot l'energia nuclear ajudar a solucionar el problema del canvi climàtic? Per exemple, França, que té moltes més centrals nuclears que Espanya ¿quant  $\text{CO}_2$  menys emet (per habitant i any) que altres països semblants? Cerqueu informació actualitzada i debateu la qüestió donant arguments a favor i en contra.

3. En la pel·lícula "El dia de mañana" el científic protagonista explica l'entrada en una nova era glacial a l'hemisferi nord, per la incorporació massiva d'aigua dolça procedent del desgel, que paralitza el Corrent del Golf. Aquest mateix efecte, es suggereix que podria passar a la realitat, en el documental de Al Gore "Una verdad incómoda" si es fongueren els gels de Groenlàndia. ¿Podria succeir realment? Cerqueu informació al respecte i debateu la qüestió a classe.

4. La substitució d'una pereta incandescent de 100 W per una altra de baix consum evita l'emissió de 0'5 tones de  $\text{CO}_2$  a l'any. Calculeu quantes tones de  $\text{CO}_2$  es podria evitar emetre a l'atmosfera cada any si se substituïren 10 milions de les dites peretes. Rdo.  $5 \cdot 10^6$  t.

5. Una persona canvia una pereta incandescent de 60 W per una altra equivalent de baix consum d'11 W. Suposant que eixa pereta estiga encesa un total de 500 h a l'any i que cada kWh es pague a 1'5 euros. a) Quanta energia i quant de diners s'estalviaria per eixe xicotet canvi? b) I si en compte d'una sola persona anessen 100 milions? Rdo. a) 24'5 kWh i 36'75 euros; b) 2450 000 000 kWh i 3675 000 000 euros.

6. D'acord amb la seua distància al Sol, la temperatura mitjana teòrica de Venus hauria de ser 155 °C i la de Mart de -63 °C, mentres que les temperatures mitges reals són 447 °C i -55 °C. D'altra banda, se sap que l'atmosfera de Venus és molt densa i està formada aproximadament per un 96% de  $\text{CO}_2$  i un 3'5% de  $\text{N}_2$ , mentres que Mart té una atmosfera molt tènue. A què poden deure's totes estes diferències?

7. Per què la desforestació afavorix l'efecte d'hivernacle?

8. Una persona gasta de mitja al mes: 300 kWh d'electricitat i 40 m<sup>3</sup> de gas natural. A més fa 20000 km amb el seu tot terreny a l'any. També ha realitzat un viatge turística d'anada i tornada París-Shanghái amb avió. De quants kg de  $\text{CO}_2$  a l'any es pot considerar que és responsable a causa d'estes accions?

Dades: Suposeu que per cada kWh s'han produït 376 g de  $\text{CO}_2$ . Cada m<sup>3</sup> de gas natural cremat produïx aproximadament 2 kg de  $\text{CO}_2$ . El cotxe emet 230 g de  $\text{CO}_2$  per cada km recorregut. En un avió de passatgers (el vehicle que més  $\text{CO}_2$  produïx) s'emeten aproximadament uns 94'2 g de  $\text{CO}_2$  per persona i quilòmetre. Distància París-Shanghái és de 19256 km.

Rdo. 10 544'4 kg

9. Les dades següents han sigut extrets de l'annex II del V informe de l'IPCC. A partir d'ells, construïu una gràfica que mostre l'evolució històrica de la concentració de  $\text{CO}_2$  atmosfèric i feu una predicció de quan podria aconseguir-se una concentració de 500 ppm si no actuem i se segueix la tendència plasmada

## Efecte hivernacle

dita gràfica. Després busqueu en la bibliografia quins efectes pot tindre aproximar-se o sobrepassar la dita concentració.

Any	Concentració de CO <sub>2</sub> en ppm	Any	Concentració de CO <sub>2</sub> en ppm
1760	276'5	1900	296'2
1780	278'2	1920	303'3
1800	282'6	1940	310'4
1820	283'3	1960	316'7
1840	284'1	1980	338'0
1860	286'1	2000	368'7
1880	289'8	2011	390'5

**10.** Cerqueu a Internet informació fiable al voltant dels Objectius del Desenvolupament Sostenible (ODS), promoguts per les Nacions Unides (ONU) i, a continuació:

- Enumereu quins són aquests objectius i expliqueu breument en què consisteix cadascun
- Argumenteu quins us semblen més importants
- Elaboreu propostes sobre com podeu contribuir a avançar en aconseguir aquests objectius

## 8. MOVIMENTS, CANVIS DE MOVIMENT I FORCES

En aquest curs hem estudiat els canvis materials en els que a partir d'unes substàncies es poden obtenir altres diferents (reaccions químiques). No obstant això, sabem que també existeixen altres canvis, molt més simples, en els que únicament es modifiquen coses com ara la posició, la velocitat o la forma, sense que s'altere l'estructura íntima dels cossos que els pateixen. Aquests canvis, que tenen a veure amb moviments i deformacions, s'anomenen canvis mecànics i són els que anem a estudiar tot seguit.

*A.1. Enumereu diferents situacions concretes en les quals tinga interès estudiar el moviment d'algun cos o bé deformar-lo, indicant què qüestions o aspectes convindria plantejar-se en aquest estudi.*

Entre altres, podem pensar en casos com:

- ✓ Curses, tir amb arc, salt amb perxa, paracaigudisme, esquí, llits elàstics, tennis, etc.
- ✓ Trens, avions i vehicles en general.
- ✓ Planetes, satèl·lits, cometes, estels, etc.
- ✓ Núvols, huracans, etc.

Si pensem un poc més en les situacions anteriors o en altres semblants, ens adonarem que tant per canviar el moviment d'un cos d'una manera determinada, com per canviar la seua forma, necessitem exercir una força. Si volem estudiar aquests efectes concrets de les forces, primer tindrem que veure com podem descriure un moviment i quin tipus de moviment interessa considerar per, després, estudiar a què obeeix l'existència de diferents tipus de moviment, així com de canvis en la forma d'un cos (forces). El tema ho acabarem estudiant un parell de forces presents en la naturalesa (gravetat i fregament).

1. Invenció de magnituds útils per a descriure moviments
  - 1.1. Com podem indicar on es troba un cos en un instant donat?
  - 1.2. Com podem mesurar el canvi de posició d'un cos?
  - 1.3. Com mesurar la rapidesa amb què un cos canvia de posició?
  - 1.4. Si canvia la rapidesa, com calcular el de pressa que s'ha produït aquest canvi?
2. Possibles tipus de moviment segons el valor de l'acceleració sobre la trajectòria
3. Gràfics del moviment uniforme
4. Estudi experimental del moviment uniforme
5. Gràfics del moviment uniformement accelerat
6. Concepte de velocitat
7. Com aconseguir que un cos canvie de velocitat?
8. La força gravitatòria en l'univers
9. Efecte deformador de las forces. Mesura experimental del pes
10. La força de fregament per lliscament i els seus efectes

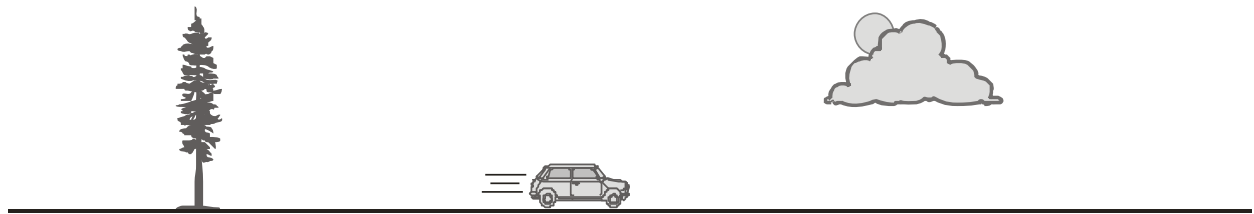
## 1. INVENCIO DE MAGNITUDS ÚTILS PER A DESCRIBRE MOVIMENTS

Per començar, imaginarem el cos que es mou (mòbil) com un objecte puntual. Es tracta d'una simplificació necessària per a poder indicar fàcilment on està, la rapidesa amb què es mou, etc. Això vol dir que, mentre es puga, per a nosaltres els planetes en el seu gir al voltant del Sol seran com a masses puntuals, el mateix que un cotxe que circula per una carretera.

Per a descriure un moviment ens interessa saber expressar, al menys, on està el mòbil (posició), el que s'ha desplaçat (canvi de posició o desplaçament), el de pressa que s'està movent (velocitat) i el ràpidament que canvia de velocitat (acceleració). A continuació ens detindrem en introduir les magnituds necessàries per al cas particular de mòbils que segueixen trajectòries definides per endavant.

### 1.1. Cóm podem indicar on es troba un cos en un instant donat?

*A.2. Proposeu una forma senzilla de donar la posició de un cotxe en un instant donat del seu recorregut per una carretera.*



Per indicar sense cap dubte on es troba el cotxe, es necessita sempre triar un punt fix sobre la trajectòria, que en aquest cas serà la carretera, al qual referir-se. Podria ser, per exemple, l'arbre de la figura. D'aquesta forma la posició del cotxe (considerat com una massa puntual) vindria donada per la distància a aquest punt. Aquest punt fix de la trajectòria sol designar-se per  $O$  i constitueix un **sistema de referència**, perquè la posició es dona sempre referida a aquest punt, que es pren com a origen de posicions.

En general, la trajectòria no té per què ser recta. L'habitual és representar-la mitjançant una línia amb corbes, calibrada en trossos iguals (que solen representar metres). Una vegada assenyalat el punt fix triat com a origen i per a poder distingir a quin costat es troba el mòbil, es prenen arbitràriament valors positius de la posició a un costat d' $O$  i negatius a l'altre.

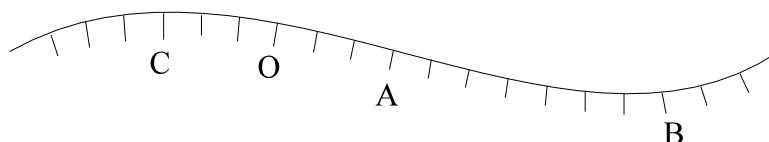
Convé aclarir que  $O$  no té per què ser el punt d'on "va eixir" el mòbil. La posició sobre la trajectòria en un instant donat s'anomena també **espai** i la designarem mitjançant el símbol "e" (en unitats internacionals, es mesura en metres). El seu valor absolut sempre coincideix amb la distància (mesurada sobre la trajectòria) a la qual es troba el mòbil d' $O$  (que també se sol anomenar origen d'espais).

Ja que el mòbil canvia de posició, és necessari indicar quan es troba en una posició donada. Per això, s'indica el que marca un rellotge quan el mòbil està en aquesta posició. El que marca el rellotge se sol simbolitzar amb  $t_0, t_1, t_2, \dots$  si ens referim a instants concrets en què la posició és  $e_0, e_1, e_2, \dots$ , o bé per  $t$ , quan simbolitza *qualsevol* instant en què la posició l'expressarem com "e".



El terme “espai” utilitzat per a donar la posició sobre la trajectòria no ha de confondre's en cap cas amb l'espai de tres dimensions ni amb l'espai on es troben els astres, amb els quals no té gens a veure.

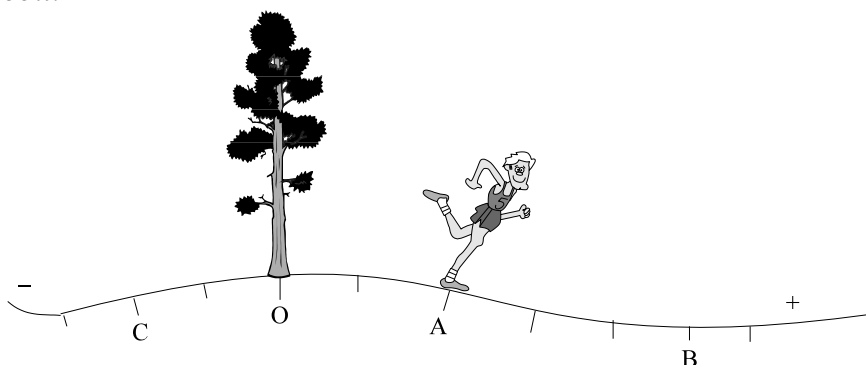
**A.3.** *Determineu la posició d'un objecte situat en els punts A, B, C de la figura (cada subdivisió té una longitud d'1 m).*



Si escollim com a valors positius les posicions situades a la dreta de l'origen O, és fàcil adonar-se que  $e_A = 3$  m,  $e_B = 10$  m i  $e_C = -3$  m. Com podeu veure, el valor de la posició depèn d'on s'haja pres l'origen i del conveni de signes triat. Encara que l'elecció de l'origen i el conveni és quelcom arbitrari, és imprescindible expressar clarament on s'ha pres l'origen i quin conveni de signes s'ha triat, doncs tots els valors estan basats en ells (si l'origen en la figura anterior s'haguera pres, per exemple, en A i valors positius les posicions situades a l'esquerra de l'origen, tindrem que:  $e_A = 0$ ;  $e_B = -7$  m i  $e_C = 6$  m).

## 1.2. Cóm podem mesurar el canvi de posició d'un cos?

**A.4.** *Proposeu una forma d'indicar el canvi de posició o desplaçament sobre la trajectòria realitzat per un mòbil.*



*Practiqueu amb la nova magnitud introduïda calculant el seu valor quan el corredor de la figura anterior es moga:*

- 1º) Des de la posició A a la B.
- 2º) Des de la B a la A.
- 3º) Des de la C a la A.
- 4º) Des de la B a la C.

*(Cada divisió té una longitud de 10 m)*

És clar que per a calcular quant ha canviat la posició del mòbil, bastarà restar a la posició final sobre la trajectòria el valor de la posició inicial sobre la trajectòria. Aquesta magnitud s'anomena **canvi de posició sobre la trajectòria** o simplement **desplaçament sobre la trajectòria**, es representa com  $\Delta e$ , i es mesura en metres.

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

Si analitzem la figura anterior, podem veure que les posicions marcades per les lletres A, B i C corresponen respectivament a  $e_A = 20$  m,  $e_B = 50$  m i  $e_C = -20$  m. De manera que quan el corredor vaja des d'A fins a B el desplaçament sobre la trajectòria serà:  $\Delta e = e_B - e_A = 50 - 20 = 30$  m. Anàlogament quan es desplaça des de B fins a A serà  $\Delta e = e_A - e_B = 20 - 50 = -30$  m. Quan eixint de C arribi a A, la posició inicial serà C i la final A amb el que  $\Delta e = e_A - e_C = 20 - (-20) = 40$  m. Finalment, quan es desplaça de B a C, la posició inicial serà B i la final C, de manera que el desplaçament sobre la trajectòria serà, en aquest cas:  $\Delta e = e_C - e_B = -20 - 50 = -70$  m.

*Quant valdrà la distància recorreguda en cadascun dels quatre casos anteriors?*

En el primer es mou en un sol sentit (positiu) i la distància recorreguda és 30 m, és a dir, el seu valor coincideix amb el canvi de posició. No obstant això, entre B i A la distància recorreguda és també 30 m mentre que el canvi de posició és -30 m. Anàlogament ocorre en el quart cas, en el que la distància recorreguda és de 70 m però el canvi de posició és negatiu (-70 m). Com una distància recorreguda no pot ser menor que 0 (és a dir, negativa), cal concloure que el canvi de posició sobre la trajectòria i la distància recorreguda, solament coincideixen quan el cos es mou en el sentit escollit com a positiu.

Existeixen també altres situacions més complexes, com ocorre quan es produeix un canvi de sentit, en les quals el canvi de posició pot ser també negatiu o, fins i tot, valdre 0 (quan el mòbil torna al punt de partida), que seran tractades en el pròxim curs. Ací ens limitarem a estudiar moviments que es produeixen al llarg d'una trajectòria coneguda i en un sol sentit.

### 1.3. Cóm mesurar la rapidesa amb què un cos canvia de posició?

Quan considerem el moviment, per exemple, d'un cotxe que circula per una carretera determinada, no solament ens interessa saber que ha anat d'una ciutat a una altra, sinó també el ràpid que s'ha desplaçat, és a dir, el ràpid que ha canviat de posició.

**A.5.** *Un corredor C tarda 8 segons a realitzar un canvi de posició de 80 m. Un altre corredor D tarda 8 segons a realitzar un canvi de posició sobre la trajectòria, de 40 m. Quin dels dos ha anat més ràpid? Per què?*

En principi, podem dir que el C s'ha mogut més ràpid que el D. Concretament, com en el mateix temps el canvi de posició és dues vegades major, podem dir que la rapidesa desenvolupada per C ha sigut el doble que la de D. És a dir: A igual temps, quant més gran siga el canvi de posició, major serà la rapidesa.

**A.6.** *Un ciclista A experimenta un canvi de posició sobre la trajectòria de 400 m en 20 s, mentre que altre B realitza el mateix canvi de 400 m en 10 s. Quin dels dos ha anat més ràpid? Per què?*

En principi podem dir que la rapidesa de B ha sigut doble que la desenvolupada per A, ja que ha fet el mateix canvi de posició en la meitat de temps. És a dir: A igualtat de canvi de posició, quant menys temps es tarde a fer-ho, major serà la rapidesa.

**A.7.** *Inventeu raonadament una definició operativa (una fórmula) que servisca per a calcular la rapidesa amb la qual s'ha produït un canvi de posició. Tingueu en compte que aquesta magnitud (la rapidesa) haurà de dependre tant del canvi de posició realitzat, com del temps emprat a fer-ho, tal com hem vist en les dues activitats anteriors.*

D'acord amb el vist anteriorment, l'expressió haurà de ser tal que per a un mateix interval de temps, la rapidesa haurà de ser major quant major siga el canvi de posició realitzat, mentre que, per a un mateix canvi de posició, la rapidesa serà major quant menor siga el temps emprat a realitzar-lo.

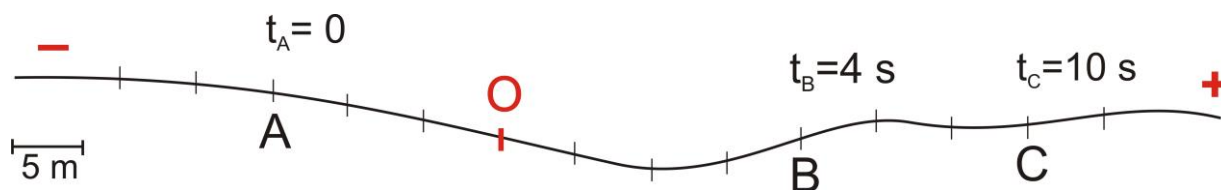
Una expressió que compleix les condicions anteriors és:

$$v_m = \frac{\Delta e}{\Delta t} \quad \text{o, el que és el mateix:} \quad v_m = \frac{e - e_0}{t - t_0}$$

El quocient  $\Delta e/\Delta t$ , s'anomena **rapidesa mitjana**, es representa per  $v_m$  i, en el sistema internacional d'unitats, es mesura en m/s.

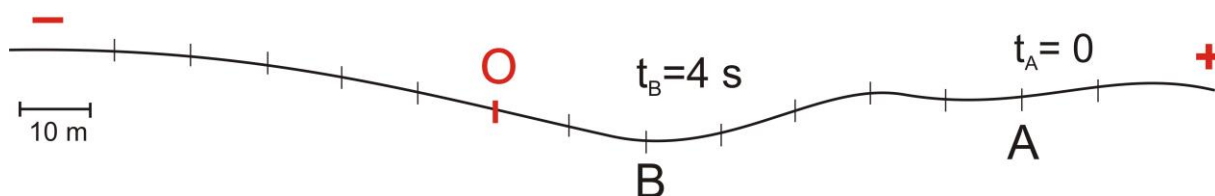
**A.8.** Un autobús realitza un canvi de posició de 2 km en 80 s, mentre que un vehicle tot terreny canvia la seua posició en 1800 m en 1 minut. Trobeu la rapidesa mitjana de cadascun. R. Autobús: 25 m/s. Tot terreny: 30 m/s.

**A.9.** Un mòbil passa per A, B i C quan el rellotge marca respectivament 0, 4 i 10 segons. Calculeu la rapidesa mitjana per als desplaçaments d'A a B, de B a C i d'A a C, sabent que cada divisió equival a 5 m.



R.  $v_{m A \rightarrow B} = 8'75 \text{ m/s}$ ;  $v_{m B \rightarrow C} = 2'5 \text{ m/s}$ ;  $v_{m A \rightarrow C} = 5 \text{ m/s}$

**A.10.** Un mòbil passa de la posició A a la posició B en 4 s. Sabent que cada divisió equival a 10 m, calculeu el valor de la rapidesa mitjana.



R.  $v_{m A \rightarrow B} = -12'5 \text{ m/s}$

Els resultats de les dues activitats anteriors permeten veure que la rapidesa pot ser positiva o negativa. El signe ens indica el sentit en el qual es desplaça el mòbil. Sempre que es desplaça en sentit positiu, la rapidesa serà positiva i sempre que es desplaça en sentit negatiu, la rapidesa serà negativa.

**A.11.** Què significa una rapidesa mitjana de 5 m/s? Vol dir que el mòbil ha avançat sempre 5 m cada segon del seu moviment?

Evidentment no. Pot ser, per exemple, que al començament es moguera a més de 5 m/s i després a menys, o que se haja parat un moment, etc. El que ens proporciona l'expressió anterior és

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

tan sol el valor mitjà de la rapidesa. Aquest valor indica que **si haguera anat** sempre a 5 m/s hauria tardat just el mateix temps que ha emprat en realitat movent-se amb una rapidesa variable (unes vegades major i altres menor que 5 m/s).

Com és lògic, quan la rapidesa és constant (no canvia) el seu valor mitjà coincidirà amb el valor en cada instant. En aquest cas particular el moviment s'anomena **moviment uniforme**, siga quin siga la forma que tinga la seua trajectòria.

*A.12. Un estudiant va directament de la seua casa a l'institut per un camí de 2'5 km en 35 minuts. Un ciclista va per una carretera d'un poble a un altre, distants 51'3 km, en hora i mitja. Un corredor dels 100 m llisos té la seua marca en 9'8 s. Calculeu la rapidesa mitjana de cadascun en unitats internacionals (m/s).*

R. 1'2 m/s, 9'5 m/s, i 10'2 m/s (estudiant, ciclista i corredor, respectivament).

*A.13. Què vol dir que la rapidesa d'un mòbil és de -5 m/s?*

Una resposta correcta seria que, de mantenir constant aquesta rapidesa, la posició sobre la trajectòria canviaria disminuint 5 m cada segon. En efecte, si "v" és negativa, d'acord amb la seua definició indicarà que "Δe" és negatiu (ja que l'interval de temps Δt entre dues posicions successives ha de ser sempre una quantitat positiva) és a dir, que "e" està disminuint.

*A.14. Al desembre de 2015 a causa de l'alta contaminació de l'aire es va reduir la rapidesa màxima permesa en les vies d'accés a Madrid a 70 km/h. Es demana:*

*a) Elaboreu un text argumentatiu indicant possibles avantatges i desavantatges d'aquesta mesura, raonant si s'està a favor o en contra de la mateixa.*

*b) Un conductor que es va desplaçar 17'1 km per una d'aquestes vies des de la seua casa fins a Madrid en 15 minuts, va rebre dies després una multa per excés de rapidesa. Després de realitzar alguns càlculs va decidir recórrer la sanció, però el jutge (que sabia un poc de física) es va negar a llevar-li-la. Quins arguments va poder emprar cadascun per defensar la seua postura? Qui tenia raó?*

Més que conèixer la rapidesa mitjana, ens interessa conèixer quina és la rapidesa a la qual es desplaça un mòbil en qualsevol instant. En cursos superiors, veurem com es pot fer això. Aquesta rapidesa s'anomena rapidesa instantània i és la que marca en cada moment el velocímetre dels vehicles. Com ja hem indicat, solament quan es circula sempre a la mateixa rapidesa, el seu valor mitjà i el seu valor en cada instant coincideixen. Els ordinadors de molts vehicles solen calcular automàticament els valors del desplaçament, rapidesa mitjana, etc. i el mateix ocorre amb altres dispositius que utilitzen molts esportistes.

Generalment els vehicles no solen anar sempre amb la mateixa rapidesa. Pensem, per exemple, en un cotxe que es desplaça per una carretera. En un avançament, pot ser que necessite augmentar molt la seua rapidesa en molt poc temps, en un altre moment voldrà detenir-se, en un altre solament frenar una mica, etc. A més, no és el mateix un cotxe que pot passar de 0 a 100 km/h en 9 s que un altre que necessita 18 s.

Així doncs, una magnitud de gran interès és el de pressa que un mòbil canvia de rapidesa. Aquesta magnitud s'anomena **acceleració sobre la trajectòria** o també **acceleració tangencial** i es representa pel símbol  $a_t$ .

### 1.4. Si canvia la rapidesa, com calcular el de pressa que s'ha produït aquest canvi? Concepte d'acceleració sobre la trajectòria (o acceleració tangencial)

**A.15.** Un mòbil A utilitza 12 segons en passar de 0 a 100 km/h. Un altre mòbil B tarda 6 segons en realitzar el mateix canvi de rapidesa. Quin dels dos ha accelerat més?

La situació que es planteja en aquesta activitat té a veure amb l'anomenada "represa" de un vehicle. En molts fullets de propaganda d'automòbils es dona aquesta dada com una de les seues característiques més importants.

És evident que l'acceleració experimentada pel mòbil B serà just el doble que l'acceleració experimentada per l'A ja que realitza el mateix canvi de rapidesa en la meitat de temps.

**A.16.** Un mòbil C en 5 s passa de 30 m/s a 40 m/s, mentre que un altre mòbil D en 5 s passa de 30 m/s a 60 m/s. Quin dels dos ha experimentat una major acceleració sobre la trajectòria?

En este cas, és evident que D ha patit una major acceleració que C. Concretament, com que en el mateix temps el canvi de rapidesa és el triple, podem dir que l'acceleració patida per D ha sigut el triple que la corresponent a C.

Sembla clar que quant més gran siga el canvi de rapidesa i menor el temps emprat en aquest canvi, major serà el valor de l'acceleració sobre la trajectòria.

**A.17.** Inventeu raonadament una expressió que servisca per a calcular el de presa que s'ha produït un canvi de rapidesa. Tingueu en compte que aquesta magnitud (acceleració sobre la trajectòria) haurà de dependre tant del canvi de rapidesa realitzat, com del temps emprat a fer-ho, tal i com hem vist en les dues activitats anteriors.

En aquest cas els canvis de rapidesa del cotxe i de la moto són diferents i també ho són els temps. Per a poder comparar les acceleracions bastarà amb dividir el canvi de rapidesa de cadascun pel temps emprat en aquest canvi. D'aquesta forma tindrem el mateix en els dos casos: el canvi de rapidesa realitzat en una unitat de temps.

D'acord amb el que hem vist anteriorment, l'expressió haurà de ser tal que per a un mateix interval de temps, l'acceleració sobre la trajectòria haurà de ser major quant més gran siga el canvi de rapidesa experimentat, mentre que, per a un mateix canvi de rapidesa, aquesta acceleració serà major quant menor siga el temps emprat en realitzar-lo.

Una expressió que compleix les condicions anteriors és:

$$a_{tm} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{que també pot expressar-se com:} \quad a_{tm} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

El quocient  $\Delta v/\Delta t$ , s'anomena **acceleració mitjana sobre la trajectòria** (o acceleració tangencial mitjana) i es representa per  $a_{tm}$

Analitzant l'expressió anterior veiem que, efectivament, quant més gran siga el canvi de rapidesa i menor el temps emprat, major serà l'acceleració i també que si no hi ha canvi de rapidesa (és a dir, si  $\Delta v = 0$ ), l'acceleració mitjana sobre la trajectòria serà 0.

Com que el numerador es mesura en m/s i el denominador en segons, la unitat en el sistema internacional per a l'acceleració serà:  $1 \text{ m/s}^2$  que es pot interpretar com l'acceleració d'un mòbil la rapidesa del qual augmente en 1 m/s cada segon.

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

**A.18.** Què significa físicament  $a_t = 5 \text{ m/s}^2$ ? I  $a_t = -5 \text{ m/s}^2$ ?

**A.19.** Una moto augmenta la seua rapidesa de 54 km/h a 90 km/h en 2 s, mentre que un cotxe canvia la seua rapidesa de 72 km/h a 180 km/h en 3 s. Quin penseu que ha experimentat una major acceleració? Comproveu-lo calculant el seu valor en cada cas en unitats internacionals ( $\text{m/s}^2$ ).

Analitzeu si és certa la següent afirmació: Quant major és la rapidesa de un mòbil, major és la seua acceleració.

**A.20.** Un tren que viatjava a 90 km/h (valor absolut) frena i tarda 10 s en detindre's. Es demana:

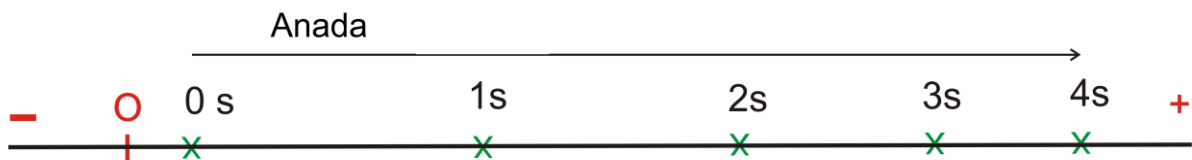
a) Dibuixeu un esquema de la situació, en el que es veja clarament el sistema de referència i criteri de signes triat.

b) Calculeu el valor mitjà de l'acceleració sobre la trajectòria experimentada en la frenada.

R. Suposant que es mou en sentit positiu:  $a_{\text{tm}} = -2,5 \text{ m/s}^2$

**A.21.** Descriviu com serà el moviment d'un cos la rapidesa inicial del qual és de 40 m/s i que es mou sempre amb una acceleració de  $-10 \text{ m/s}^2$ . Dibuixeu una suposada trajectòria coneguda per la que es desplaça i, de forma qualitativa, indiqueu mitjançant creus possibles posicions del cos durant els 4 primers segons, explicant què li ocorre amb el major detall possible.

Una rapidesa inicial de 40 m/s (positiva) ens indica que el cos s'està movent en sentit positiu (els valors de la posició van augmentant). El que l'acceleració siga negativa i valga sempre  $-10 \text{ m/s}^2$  significa que la rapidesa va disminuint de forma regular en 10 m/s cada segon (va frenant). Per tant, el cos es mourà cada vegada més a poc a poc i la seua rapidesa serà de 30 m/s, 20 m/s, 10 m/s i 0 en els instants 1 s, 2 s, 3 s, i 4 s, respectivament.



Com veiem, quan hagen passat 4 s el cos s'atura, però si no perguera l'acceleració que portava començaria a retrocedir immediatament i la seua rapidesa passaria a ser de  $-10 \text{ m/s}$  en l'instant 5 s, de  $-20 \text{ m/s}$  en l'instant 6 s i així successivament, movent-se cada vegada més de presa, mentre seguira existint aquesta acceleració.

### 2. Possibles tipus de moviment segons el valor de l'acceleració sobre la trajectòria

Conèixer un moviment que es realitza sobre una trajectòria coneguda per endavant, significa conèixer els valors de l'acceleració sobre la trajectòria, la rapidesa i la posició en qualsevol instant d'aquest moviment. A continuació analitzarem què casos es poden donar.

a) Cas de que  $a_t = 0$

Sabem que si  $a_t = 0$  durant un cert interval de temps  $\Delta t$ , això suposa que la rapidesa o és nul·la (el mòbil està en repòs durant tot aquest temps) o bé pren un determinat valor distint de 0 però sempre el mateix (**moviment uniforme**), també durant tot aquest temps.

Per tant, el que caracteritza al moviment uniforme és que  $a_t = 0$ , és a dir, que la rapidesa no canvia, per la qual cosa, la rapidesa en qualsevol instant del moviment ( $v$ ), coincidirà amb la rapidesa mitjana d'aquest moviment ( $v_m$ ), és a dir:  $v_m = v$  en tot moment, amb el que podem escriure:

$$v = \frac{\Delta e}{\Delta t} \text{ o, el que és el mateix: } v = \frac{e - e_0}{t - t_0}$$

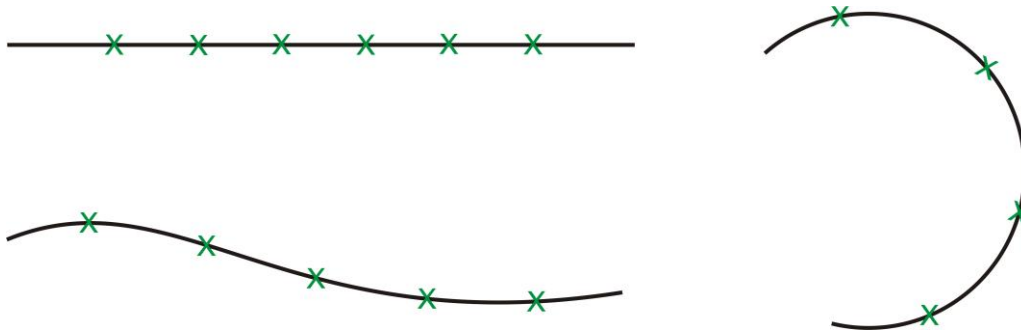
amb la que, coneguts dos estats qualssevol del moviment (posició i temps), podem conèixer el valor de la rapidesa del moviment.

L'expressió anterior es pot escriure també com:  $\Delta e = v \cdot \Delta t$ , o bé:  $e - e_0 = v \cdot (t - t_0)$

i aïllant "e" d'aquesta última, obtenim:  $e = e_0 + v \cdot (t - t_0)$

amb la que, conegut un estat qualsevol del moviment i el valor de la rapidesa, podem calcular on es trobarà el mòbil (la posició "e") en qualsevol altre instant posterior "t".

Com ja hem dit, en tot moviment uniforme, la rapidesa no canvia (és constant) però la posició del mòbil sí que canvia (s'està movent), encara que ho fa sempre al mateix ritme, és a dir, augmenta (o disminueix) sempre en la mateixa quantitat cada segon transcorregut. Això significa que si marcàrem la posició del mòbil a intervals regulars de temps, podríem obtenir figures com les següents:



Els tres casos anteriors representen trossos de trajectòries de: un moviment rectilini i uniforme, un moviment curvilini i uniforme, i un moviment circular i uniforme. En tots ells,  $a_t = 0$  i, per tant, la rapidesa és constant, però el que va pel tram recte és el més lent i el que va pel circular el més ràpid. (En els tres casos els intervals de temps considerats són de la mateixa duració).

**b) Cas que l'acceleració sobre la trajectòria no siga 0 i valga sempre el mateix ( $a_t = \text{constant}$ )**

En ser constant, el valor mitjà ( $a_{tm}$ ) i el valor en qualsevol instant ( $a_t$ ) han de coincidir, és a dir, en tot moment (del moviment en qüestió), es complirà que  $a_{tm} = a_t$ , i per tant, podem escriure que:

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ o, el que és equivalent: } a_t = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

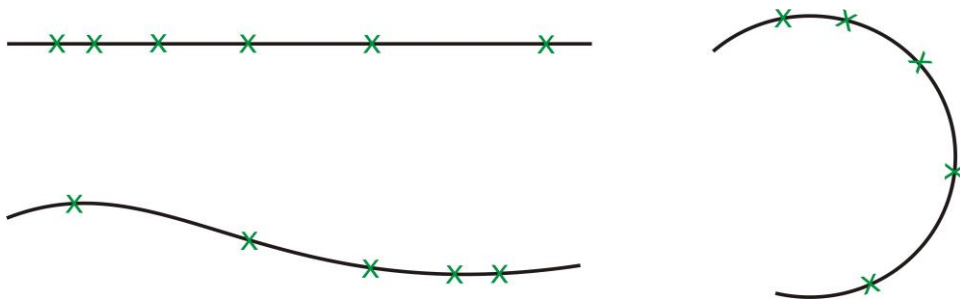
amb la que, coneguts dos estats qualssevol del moviment (rapidesa i temps), podem conèixer el valor de l'acceleració sobre la trajectòria.

L'expressió anterior es pot escriure també com:  $\Delta v = a_t \cdot \Delta t$  o bé:  $v - v_0 = a_t \cdot (t - t_0)$

i aïllant "v" de l'última, obtenim:  $v = v_0 + a_t \cdot (t - t_0)$

amb la que coneguda la rapidesa en un instant donat ( $t_0$ ) i el valor de l'acceleració sobre la trajectòria, podem calcular la rapidesa amb que es mourà en qualsevol altre instant posterior "t".

Tots els moviments en els que  $a_t = \text{constant}$ , s'anomenen **uniformement accelerats**. En ells la rapidesa sí que canvia, però ho fa sempre al mateix ritme, és a dir: augmenta (o disminueix) sempre el mateix cada segon. Això significa que, conforme va transcorrent el temps, l'objecte es mou cada vegada més ràpid (o més a poc a poc) i, per tant, si marcàrem la posició del mòbil a intervals regulars de temps, podríem obtenir figures com:



Els tres casos anteriors representen trossos de trajectòries d'un moviment rectilini i uniformement accelerat, un moviment curvilini i uniformement accelerat, i un moviment circular i uniformement accelerat. Si suposem que el sentit del moviment és cap a la dreta i en el circular en el sentit de les agulles del rellotge, conclourem que en el cas de la trajectòria recta l'objecte va cada vegada més ràpid, en el tram curvilini va cada vegada més lent i en el tram circular cada vegada més ràpid.

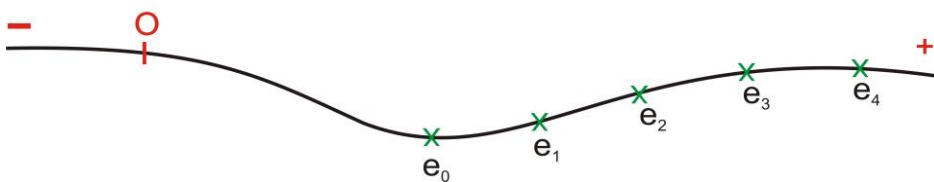
També pot ser que l'acceleració sobre la trajectòria canvie amb el temps (moviment variat), tanmateix aquest cas és més complex i no ho anem a estudiar ací.

Un problema molt important en l'estudi dels moviments és, una vegada coneguda l'acceleració sobre la trajectòria, poder determinar la rapidesa i la posició del mòbil en qualsevol instant. A continuació, veurem una manera senzilla de fer-ho.

### 3. Gràfics del moviment uniforme

En primer lloc, convé reflexionar sobre la forma que haurien de tindre aquests gràfics.

**A.22.** *Suposem un objecte que es desplaça amb moviment uniforme com, per exemple, el representat en l'esquema següent:*





Elaboreu de forma qualitativa uns possibles gràfics de: l'acceleració sobre la trajectòria front al temps, la rapidesa front al temps, la posició front al temps.

L'activitat anterior ha de servir per deixar clar que en ser nul·la l'acceleració sobre la trajectòria, el seu gràfic en funció del temps serà una línia horitzontal que coincidirà amb l'eix d'abscisses (on representem els valors de  $t$ ); d'altra banda, com la rapidesa sempre és la mateixa, els gràfics de  $v$  front a  $t$  en tots els moviments uniformes, sempre van a ser línies paral·leles a l'eix d'abscisses. Quant a la posició, com per a intervals de temps iguals corresponen els mateixos canvis de posició, el gràfic de " $e$ " front a " $t$ ", sempre serà una línia recta amb certa inclinació, més gran com major siga el valor absolut de la rapidesa. L'activitat també ha de servir per a comprendre que aquests gràfics no representen mai la trajectòria realment seguida pel mòbil.

Vegem ara un cas amb valors numèrics:

**A.23.** Una persona realitza un moviment curvilini i uniforme desplaçant-se amb una rapidesa de 2 m/s. Sabent que en l'instant inicial  $t_0 = 0$  es trobava en la posició  $e_0 = 5$  m. Es demana:

- a) Expressen les magnituds característiques d'aquest moviment ( $a$ ,  $v$ ,  $e$ ).  
b) Empleneu la següent taula de valors:

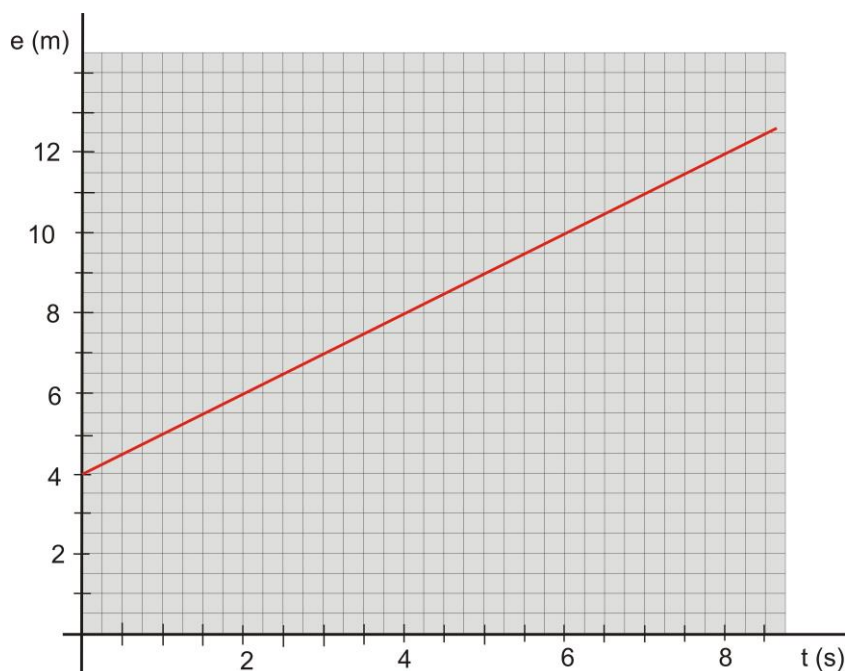
e (m)						
t (s)	0	1	2	3	4	5

c) Construïu els gràfics corresponents a l'acceleració  $a$ , la rapidesa  $v$  i la posició  $e$ , en funció del temps.

d) Utilitzant el gràfic de " $e$ " front a " $t$ " construït, calculeu la posició per a  $t = 4,5$  s i comproveu que el valor d' $e$  coincideix amb l'obtingut utilitzant l'equació corresponent.

També podem plantejar-nos el problema invers: donat el gràfic de la posició front al temps, esbrineu a partir del mateix el valor de la rapidesa amb què es mou.

**A.24.** El gràfic següent correspon a un moviment curvilini i uniforme. Es demana:



## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

a) Posició del mòbil en l'instant inicial  $t_0 = 0$

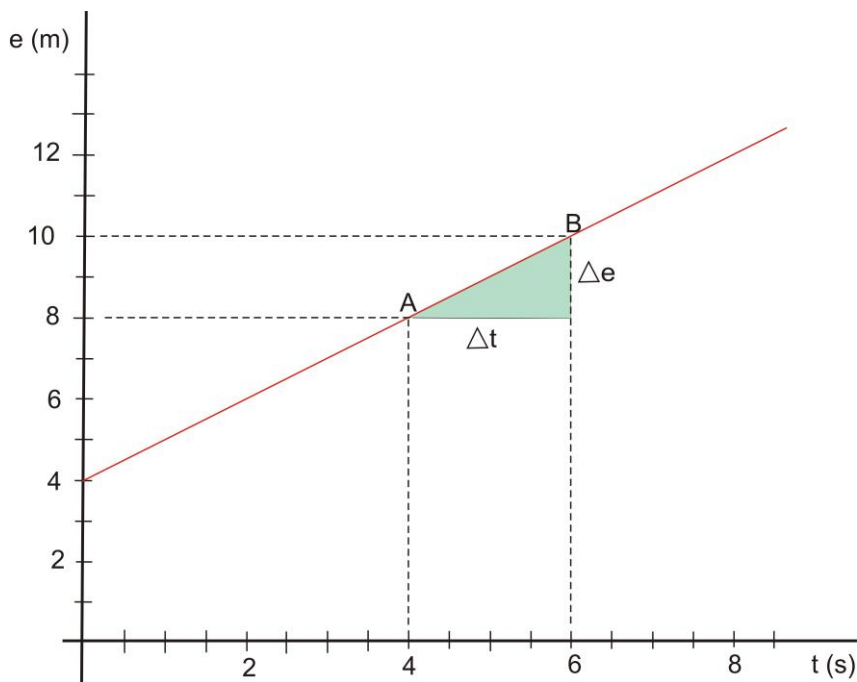
b) Rapidesa amb què es mou en qualsevol instant

c) Dibuixeu una possible trajectòria en la qual figure un origen d'espais, criteri de signes i la posició del mòbil en els instants 0, 2, 4, 6 i 8 (tots ells en segons).

Per a resoldre la primera qüestió és suficient observar en el gràfic la posició corresponent a l'instant  $t_0 = 0$ . Si ho fem veurem que és  $e_0 = 4$  m, la qual cosa significa que en aquest instant inicial el mòbil es troba a 4 m de l'origen en el costat amb valors positius de la posició.

Podem calcular la rapidesa aplicant l'expressió:  $v = \frac{\Delta e}{\Delta t}$

Para això, n'hi ha prou amb escollir un parell de punts qualssevol de la recta representada, determinar els increments d' $e$  i de  $t$  corresponents i aplicar l'expressió anterior, tal i com es mostra en la figura següent per als punts A i B.



Per a el punto A:  $t_A = 4$  s i  $e_A = 8$  m

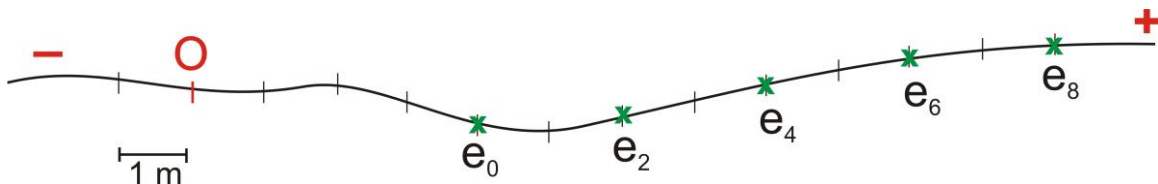
Per a el punto B:  $t_B = 6$  s i  $e_B = 10$  m

Per tant,  $\Delta e = e_B - e_A = 10 - 8 = 2$  m mentre que  $\Delta t = t_B - t_A = 6 - 4 = 2$  s

De manera que:  $v = \frac{\Delta e}{\Delta t} = \frac{2}{2} = 1$  m/s

Convé comprovar que per a qualsevol altra parella de punts de la recta, hauríem obtingut el mateix resultat de la rapidesa.

Finalment proposem una possible trajectòria per aquest moviment:



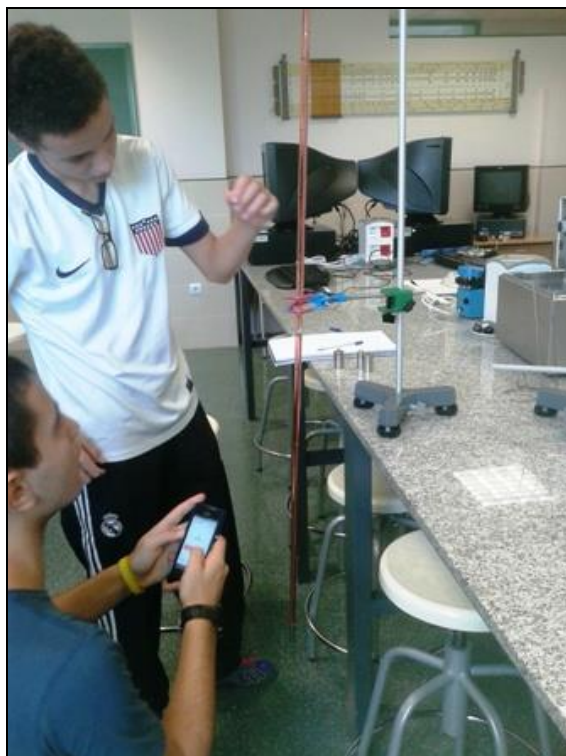
#### 4. Estudio experimental del movimiento uniforme

**A.25.** *Després de realitzar algun assaig, formuleu alguna hipòtesis respecte a quin tipus de moviment pot correspondre el d'una bombolla de gas que puja per l'interior d'un tub ple d'aigua acolorida.*

**A.26.** *Elaboreu un possible disseny experimental que ens permeti contrastar la hipòtesi*

Un disseny possible és utilitzar tubs prims de vidre o plàstic rígid transparent i oberts per tot dos extrems, d'entre 1'30 m i 1'50 m de longitud i 1 cm de diàmetre. Cada tub ha d'omplir-se d'aigua lleugerament acolorida deixant una xicoteta bombolla al seu interior. Per mesurar la posició es pot procedir a col·locar les marques oportunes amb un retolador indeleble en el tub. El temps es pot mesurar utilitzant un cronòmetre. Amb uns taps es tanca cada tub hermèticament per tot dos extrems. Es fan dues marques equidistants d'ambdós extrems, per assenyalar l'origen d'espais i es comença a comptar el temps quan la bombolla passe per una d'aquestes marques (és a dir,  $e_0 = 0$  para  $t_0 = 0$ ).

Per mesurar el temps podem utilitzar qualsevol rellotge digital que porte un cronòmetre incorporat, però també és possible recórrer a mitjans més sofisticats, com seria el cas d'utilitzar telèfons mòbils apropiats. En efecte, molts telèfons mòbils tenen una aplicació consistent en un cronòmetre de sensibilitat de centèsimes de segon i opció "vuelta" que permet mesurar el temps entre diferents pulsacions de pantalla. Aquesta aplicació dóna la possibilitat d'obtenir dades espai i temps successius per a una determinada experiència.



Una altra possibilitat consisteix en utilitzar aplicacions informàtiques lliures, en línia o descarregables, que funcionen com a cronòmetres amb la opció "vuelta".

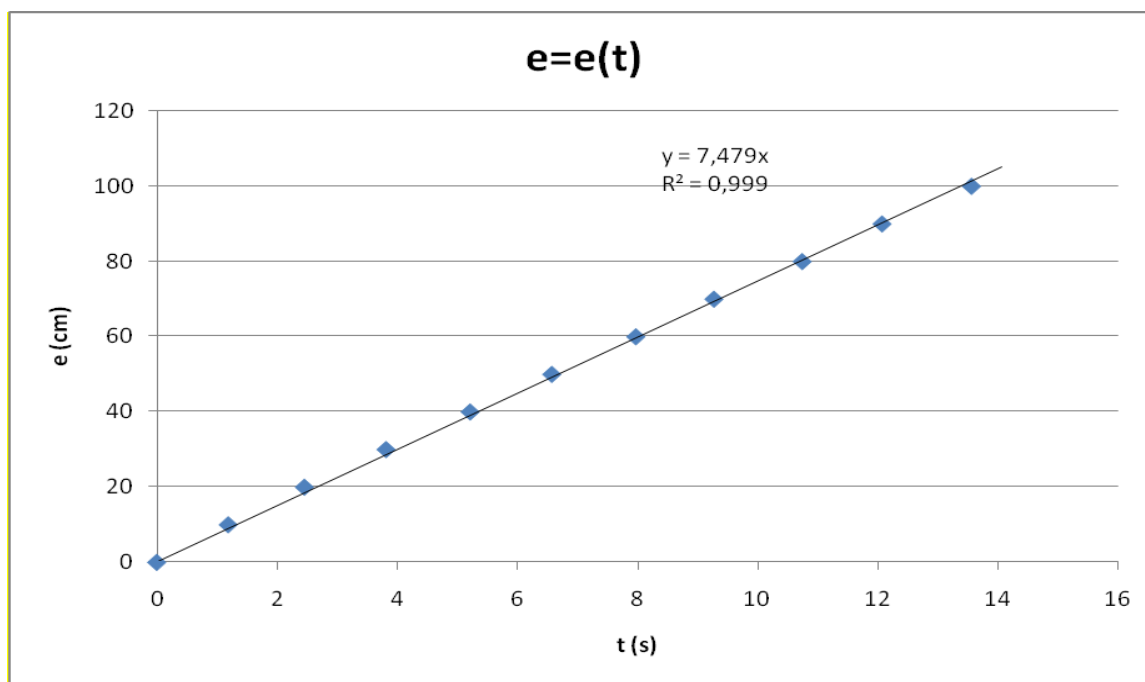
**A.27.** *Realitzeu en el laboratori el disseny proposat i després utilitzeu les dades obtingudes de forma adequada per a poder contrastar la hipòtesis.*

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

**A.28.** En el cas de no poder dur a terme l'experiència, a continuació s'indiquen els resultats obtinguts per un grup d'alumnes utilitzant un tub de plàstic transparent de 120 cm de longitud i 1 cm de diàmetre, perquè procediu a la seua interpretació

e (cm)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
t (s)	0	1,19	2,46	3,82	5,22	6,58	7,98	9,28	10,75	12,08	13,57

Amb les dades de la taula anterior es pot construir un gràfic com el següent:



En el gràfic anterior és fàcil comprovar com les dades obtingudes s'ajusten molt bé a una línia recta que passa per l'origen, el que, com ja sabem, s'interpreta dient que el moviment d'ascens de la bombolla per l'interior del tub correspon a un moviment uniforme (i en aquest cas, rectilini). Una qüestió important és calcular la rapidesa corresponent.

**A.29.** Utilitzeu el gràfic construït per determinar la rapidesa amb la qual ascendeix la bombolla.

Convé que els alumnes, abans de tractar les dades informàticament, aprenguen a realitzar un ajust qualitatiu manual dels punts experimentals traçant una recta que passe el més a prop possible del major nombre de punts i que després calculen, també manualment, el valor del pendent.

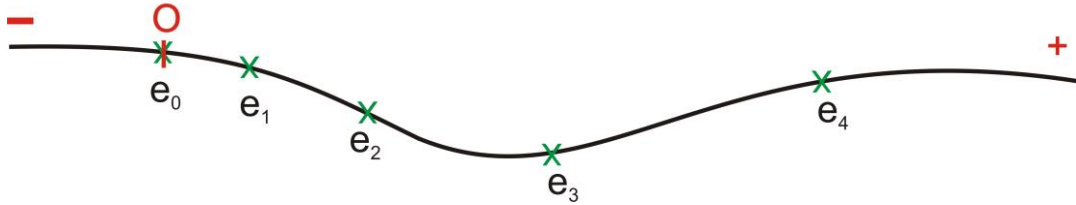
Posteriorment, poden aprendre a manejar un programa informàtic adequat pel tractament de les dades obtingudes, com l'utilitzat en la construcció del gràfic anterior (Excel). Aquest programa ja ens proporciona la rapidesa corresponent al moviment, ja que aquesta coincideix amb el valor del pendent de la recta (que ix automàticament) i que, en el cas analitzat, va resultar ser:

$$v = 7'48 \text{ cm/s}$$

### 5. Gràfics del moviment uniformement accelerat

Igual que vam fer amb el moviment uniforme, anem a reflexionar primer sobre la forma que haurien de tenir els gràfics.

**A.30.** L'esquema següent representa el moviment d'un cos que es desplaça amb un moviment curvilini uniformement accelerat. En ell s'indiquen 5 posicions successives del mòbil a intervals iguals de temps.

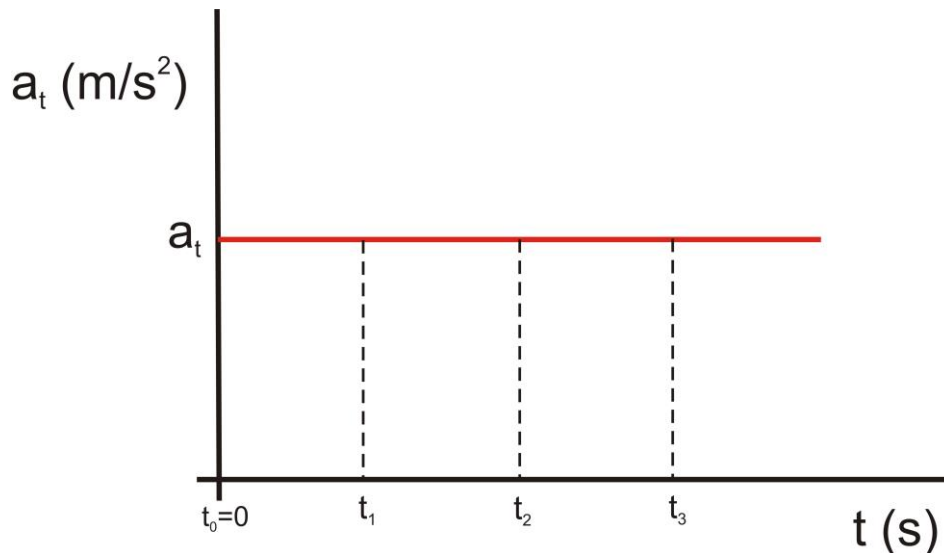


Representeu de forma qualitativa possibles gràfics de l'acceleració sobre la trajectòria front al temps, de la rapidesa front al temps i de la posició front al temps.

De l'esquema anterior, és fàcil adonar-se que en aquest cas el cos es mou en el sentit escollit com a positiu (pel que la rapidesa serà positiva).

Per tractar-se d'un moviment uniformement accelerat, l'acceleració tangencial o acceleració sobre la trajectòria, és constant (val sempre el mateix) i és la causa de què la rapidesa augmenti regularment amb el temps, de forma que el cos es desplaça cada vegada més de pressa i, per això, els canvis de posició són cada vegada majors.

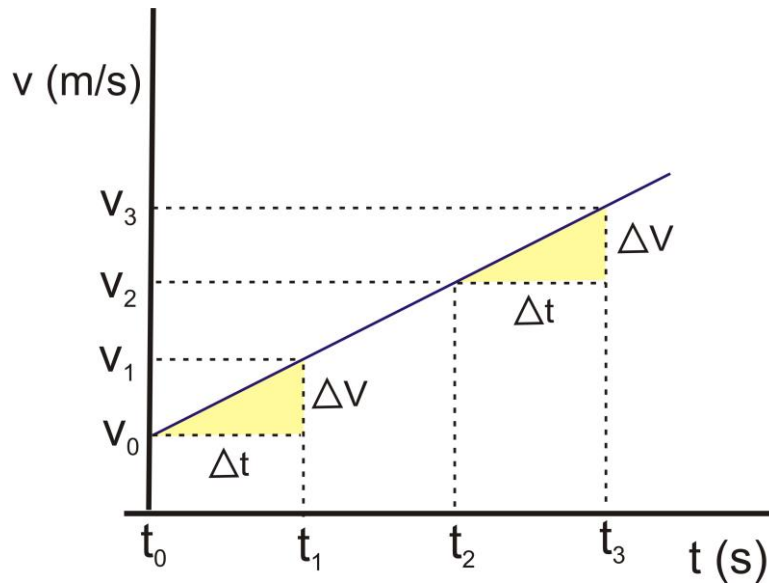
En ser la rapidesa positiva i anar augmentant, l'acceleració sobre la trajectòria també serà positiva, pel que el gràfic de  $a_t$  front al temps serà de la forma:



Veiem com, en ser  $a_t$  constant, val igual en cada instant i per això, el gràfic ix una línia horitzontal paral·lela a l'eix d'abscisses.

Ja hem vist que en ser la  $a_t$  constant, la rapidesa varia regularment amb el temps, és a dir, a cada interval de temps igual, li correspon el mateix canvi de rapidesa. Si suposem que per a  $t_0 = 0$  la rapidesa és  $v_0$ , el gràfic serà, doncs, com el següent:

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

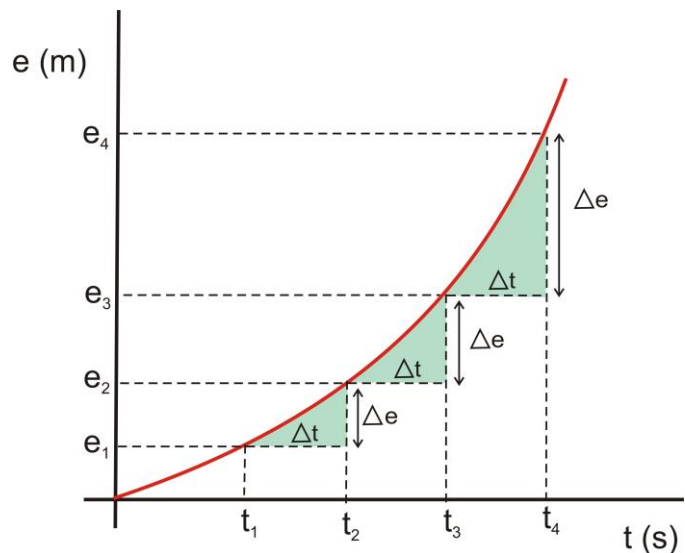


En ell podem veure que a intervals de temps iguals la rapidesa augmenta el mateix, és a dir,  $v$ , va augmentant linealment amb el temps. En els moviments uniformement accelerats, els gràfics de " $v$ " en funció de " $t$ " són trossos de rectes més o menys inclinades.

No obstant això, com el cos es mou cada vegada més de presa, a successius intervals iguals de temps,  $\Delta t$ , els aniran corresponent canvis de posició  $\Delta e$ , cada vegada majors, amb el que el gràfic de la posició,  $e$ , front al temps,  $t$ , haurà de contemplar aquest fet, tal i com es mostra en la figura següent.

En la figura adjunta per a major claredat no s'han indicat la posició inicial  $e_0 = 0$  ni l'instant inicial  $t_0 = 0$ , que coincideixen amb l'origen de coordenades del gràfic.

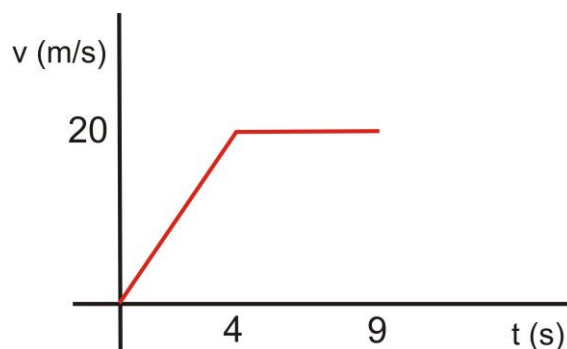
Com pot veure's fàcilment, els canvis de posició experimentats pel mòbil a intervals de temps iguals, són cada vegada majors. En els moviments uniformement accelerats, els gràfics de " $e$ " en funció de " $t$ " són fragments de paràboles.



Durant aquest curs ens limitarem a estudiar els gràfics de  $v$  front al temps per al moviment uniformement accelerat, deixant per a altres cursos posteriors de física l'equació i els gràfics de  $e$  en funció del temps (de major complexitat).

En ocasions, interessa utilitzar els gràfics d'un moviment per explicar com és aquest moviment. En l'activitat següent veurem un exemple.

**A.31.** Un vehicle es mou al llarg d'una trajectòria recta. En representar la rapidesa amb que ho fa front al temps, s'ha obtingut el gràfic adjunt. Es demana:



a) Descriure amb el major detall cada tram, explicant que li passa en cadascun a l'acceleració sobre la trajectòria i a la rapidesa.

b) Calculeu el valor de l'acceleració sobre la trajectòria en cada tram, i representeu, en un mateix gràfic, l' $a_t$  en funció del temps per a tot el moviment.

c) Dibuixeu (sense utilitzar valors numèrics) un possible gràfic  $e-t$  sabent que per a  $t_0=0$ ,  $e_0=0$ .

d) Dibuixeu una possible trajectòria i sobre ella indiqueu de forma qualitativa les successives posicions del mòbil cada segon per a tot el moviment.

a) En el primer tram (esquerra de la figura), veiem que el mòbil va partir del repòs (per a  $t_0=0$ ,  $v_0=0$ ) però que la rapidesa va augmentant linealment amb el temps, així que l'acceleració sobre la trajectòria serà constant i positiva (moviment uniformement accelerat), fins que per a  $t=4$  s aconseguirà una rapidesa de 20 m/s i la manté constant ( $a_t=0$ , moviment uniforme) durant 5 s més.

b) Per a calcular els valors d' $a_t$  aplicarem l'expressió  $a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  en cada tram:

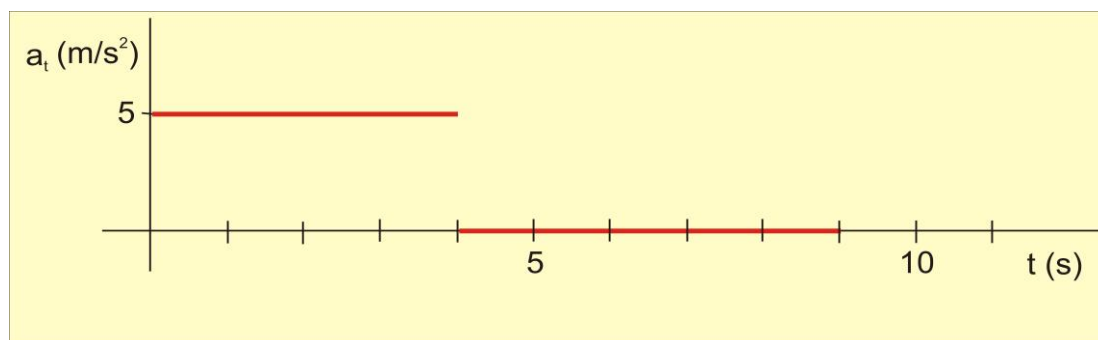
$$\text{Primer tram: } a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20-0}{4-0} = 5 \text{ m/s}^2,$$

el que significa que la rapidesa augmenta en 5 m/s cada segon.

$$\text{Segon tram: } a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20-20}{9-4} = 0$$

el que significa que la rapidesa val sempre el mateix (moviment uniforme).

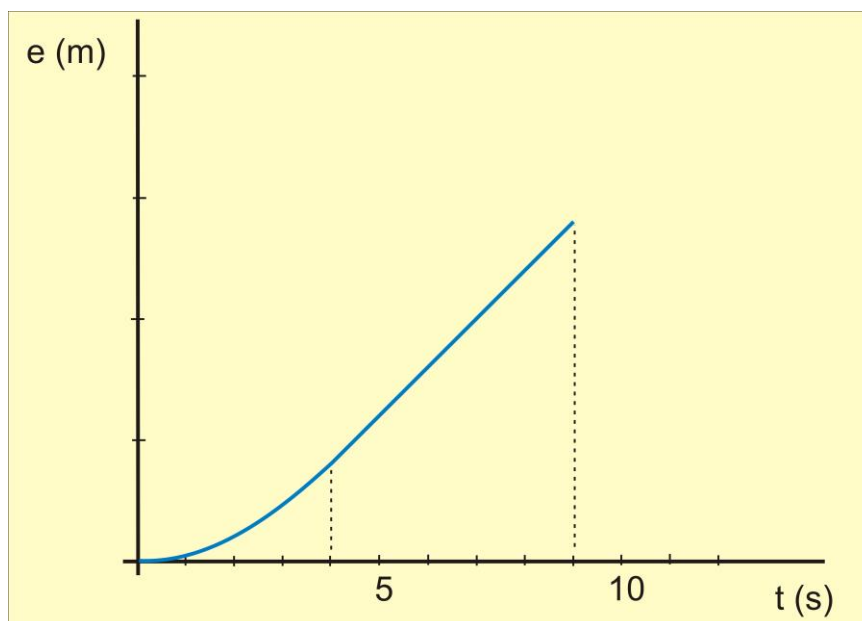
De acord amb els valors anteriors, el gràfic que es demana en l'enunciat seria:



A continuació, i de forma qualitativa, es proposa un possible gràfic  $e = f(t)$ . Per a construir-lo, hem tingut en compte el tipus de moviment en cada tram, el que ens porta a establir que,

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

per a intervals iguals de temps, en el primer tram els  $\Delta e$  seran cada vegada majors, mentre que en el segon tram (moviment uniforme) seran iguals.



d) Per a finalitzar, utilitzarem el que sabem sobre el moviment per assenyalar, de forma qualitativa, la posició del mòbil sobre la trajectòria a intervals regulars de temps.



En la figura anterior podem veure com en el primer tram el canvi de posició és major cada segon transcorregut (entre  $t_0 = 0$  i  $t = 4$  s), mentre que en el segon tram tots els canvis de posició són iguals (entre  $t = 4$  s i  $t = 9$  s).

Insistim de nou, perquè no es confonga cap dels gràfics anteriors ( $v-t$  i  $e-t$ ), amb la trajectòria per on es desplaça el mòbil.

### 6. Concepte de velocitat

El que hem vist fins ací és útil per a estudiar moviments que es realitzen seguint una trajectòria sobre la qual podem mesurar fàcilment la posició, una trajectòria que coneixem per endavant, com una carretera, la via de ferrocarril o el llançament d'un cos verticalment cap amunt. Així, el comptakilòmetres d'un cotxe i el velocímetre ens proporcionen contínuament els valors de la seua posició (respecte d'un origen determinat) i de la rapidesa amb què es mou, independentment que la carretera siga recta o amb corbes.

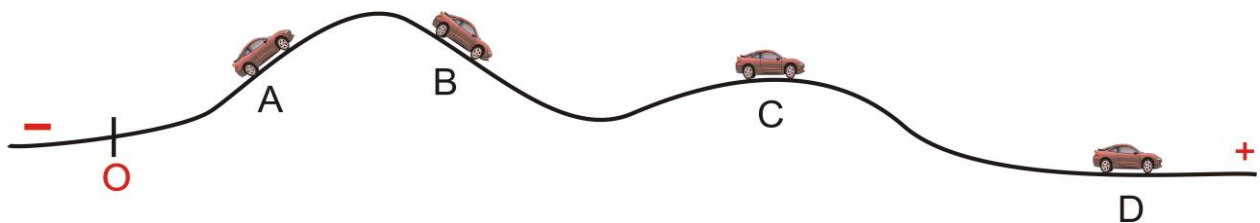
No obstant això no sempre és així i hi ha casos en els quals no es pot mesurar sobre la trajectòria com ocorre amb el moviment dels planetes al voltant del Sol o simplement amb un tir horitzontal. En aquestes situacions resulta molt útil l'ús de magnituds vectorials com són el vector de posició, la velocitat i el vector acceleració. En aquest curs ens limitarem a introduir, de forma qualitativa, el vector velocitat.



La **velocitat instantània** o velocitat amb què es mou un cos en un instant donat es representa per un vector o fletxa, tangent a la trajectòria, orientat sempre en el sentit en què se mou el cos i el mòdul (grandària), coincideix sempre amb el valor absolut de la rapidesa en aquest instant. Diem llavors que la velocitat  $\vec{v}$ , (al contrari que la posició  $e$ , la rapidesa o la temperatura) és una magnitud **vectorial**.

El concepte de velocitat és més potent que el de rapidesa, perquè serveix per a estudiar tot tipus de moviments i no solament els que es realitzen al llarg d'una trajectòria ja coneguda. En representar-se per mitjà d'una fletxa orientada, ens indica no solament el de pressa que el cos està canviant de posició sinó també la direcció i sentit en què es mou en aquest instant. El fet que en el llenguatge quotidià s'utilitzen tot dos termes indistintament es deu al fet que els valors instantanis de les dues magnituds coincideixen sempre numèricament (si prescindim del signe de la rapidesa).

**A.32.** En una prova automobilística s'ha controlat la rapidesa que porta un cotxe en diversos instants segons s'indica en la figura i en la taula adjunta.



Posició	A	B	C	D
Rapidesa (km/h)	50	100	150	200

Dibuixeu en cadascuna de les posicions marcades un vector representatiu de la velocitat amb què se mou el cotxe en cadascuna d'elles.

La velocitat és una magnitud que pot canviar el seu valor (mòdul), la seua direcció i el seu sentit, com es mostra en l'activitat següent. En l'activitat ha d'haver quedat clar que la longitud d'un vector representa el seu mòdul (que mai podrà ser un nombre negatiu perquè no hi ha longituds negatives). Per tant, el vector  $\vec{v}_D$ , per exemple, haurà de tenir una longitud doble que  $\vec{v}_B$  i quàdruple que  $\vec{v}_A$ .

**A.33.** En altra prova destinada a esbrinar el consum de gasolina i el comportament en carretera d'un nou model de cotxe, se li va sotmetre a les següents situacions:

- Anar sempre a 100 km/h per una pista circular.
- Anar sempre a 150 km/h per una carretera recta.
- Anar sempre a 50 km/h per una carretera amb corbes.
- Anar a 200 km/h per una carretera recta i frenar fins a parar.

Procediu a construir els esquemes apropiats per a cada cas incloent, en cadascun d'ells, tres vectors representatius de la velocitat en sengles posicions i explicant en què es diferencien uns d'uns altres.

La realització del que es demana en l'activitat ha de portar a construir quatre esquemes de manera que en el primer (cas a) es vegem tres vectors del mateix mòdul però amb distinta direcció (moviment circular i uniforme), destacant que en aquest cas la velocitat només va canviant

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

de direcció; en el segon esquema els tres vectors velocitat hauran de tenir el mateix mòdul i també la mateixa direcció i sentit, és a dir, en el cas b, la velocitat no canvia en res, és constant (moviment rectilini i uniforme); en el tercer la trajectòria no és circular ni rectilínia però el mòdul de la velocitat és constant (moviment uniforme); finalment en el quart (cas d) la velocitat no canvia de direcció (la trajectòria és recta) però sí de mòdul (va disminuint) pel que cada vector haurà de ser més xicotet que l'anterior.

### 7. Com aconseguir que un cos canvie de velocitat?

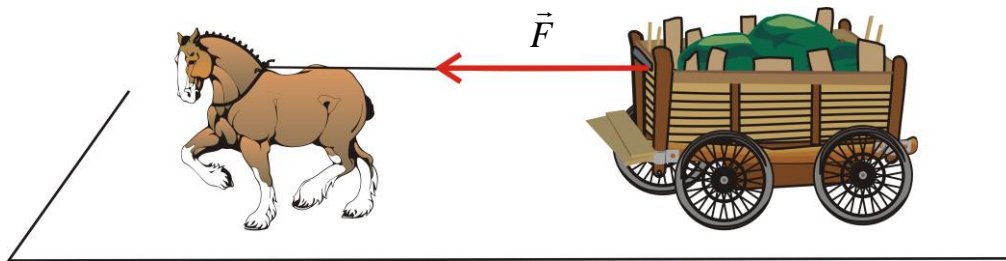
Són moltes les situacions en les quals ens interessa molt canviar la velocitat d'un cos. Podem pensar, per exemple, en distints esports com ara el futbol, on hi ha que canviar la velocitat del baló de manera que entre en la porteria contrària; el bàsquet, on es canvia la velocitat de la pilota perquè entre en la cistella; el tennis, on en el servei, la pilota experimenta un gran canvi de velocitat; el paracaigudisme, on en obrir-se el paracaigudes s'aconsegueix disminuir la velocitat de caiguda. També en el canvi de velocitat que **necessàriament** cal realitzar cada vegada que es condueix per una carretera amb corbes (encara que es vaja a poc a poc amb rapidesa constant), en l'enlairament o aterratge dels avions, en el moviment dels planetes al voltant del Sol, el llançament i posada en òrbita de satèl·lits, etc.

**A.34.** *Considerem els exemples anteriors i argumentem què és el que es necessita perquè la velocitat d'un cos canvie.*

Si analitzem els exemples anteriors o uns altres semblants, ens adonarem que perquè la velocitat d'un cos canvie és necessari que sobre ell actue una força resultant. És a dir: **sempre que sobre un cos s'exerceix una força resultant, la seua velocitat canvia**. Fixem-nos, que el contrari també és cert: sempre que un cos està en repòs o es mou amb velocitat constant (moviment rectilini i uniforme) és perquè no actua cap força sobre ell o perquè la resultant (suma) de totes les que actuen és nul·la (això es coneix com primer principi de la dinàmica).

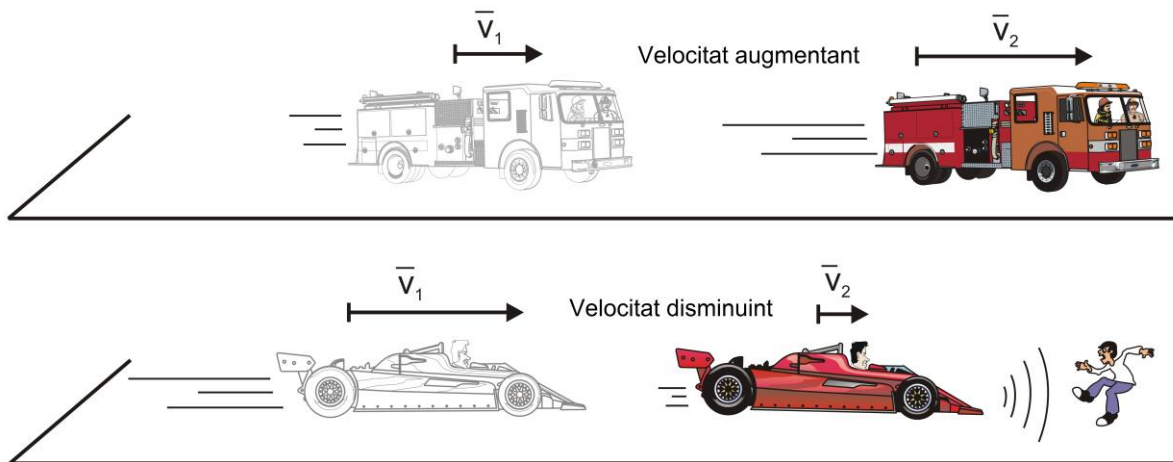
**Sempre que la velocitat amb què es mou un cos canvia (encara que siga només en una cosa), diem que sobre ell s'exerceix una força resultant.**

Abans de continuar, hem d'aclarir que la força, a l'igual que la velocitat, també és una magnitud vectorial (no solament hi ha prou amb conèixer el seu valor sinó que també ens interessa saber en quina direcció i sentit actua) i, per tant, qualsevol força es pot representar mitjançant una fletxa orientada (vector), la grandària del qual siga proporcional al valor d'aquesta força. En la figura següent hem representat la força que tira del carro mitjançant un vector de color roig.



La unitat internacional en què es mesura la força és el newton (N). Per a tenir una primera idea del que significa, n'hi ha prou en tenir en compte que 1 kg de massa en la superfície de la Terra pesa, aproximadament, 10 N (i, per tant, 100 g de massa pesen aproximadament 1 N). Podem plantejar-nos ara cap a on haurà d'exercir-se la força resultant per aconseguir que la velocitat canvie de la forma que ens interesse.

**A.35.** Com sabem, la velocitat d'un mòbil pot canviar tant en mòdul com en direcció. Suposem un vehicle que va per una carretera recta augmentant constantment la seua velocitat. Assenyalau cap a on aniria el vector força resultant i dibuixeu-lo. Ídem pel cas d'un altre que disminuïssa de velocitat.

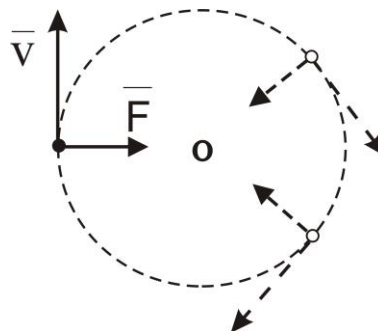


En tot dos casos la trajectòria és rectilínia i el mòbil es desplaça en el mateix sentit, pel que el vector velocitat no canvia de direcció ni de sentit. No obstant això, en el primer el mòdul de la velocitat va augmentant, mentre que en el segon va disminuint. Perquè això pugui ocórrer, sobre el camió de bombers haurà d'estar actuant una força resultant en la mateixa direcció i sentit que la velocitat, mentre que sobre el cotxe de carreres serà al contrari i la força resultant haurà de frenar-lo i, per tant, haurà de tenir sentit contrari a la velocitat

**A.36.** D'acord amb els resultats de l'activitat anterior, assenyalau a títol d'hipòtesi, quina direcció haurà de tenir el vector força, perquè canvie només la direcció de la velocitat però no es modifique el seu valor.

En l'activitat anterior hem vist que quan el vector força té el mateix sentit que el vector velocitat, el mòdul de la velocitat augmenta (i la direcció no canvia). Pel contrari, quan el vector força té sentit oposat a la velocitat, succeeix que el mòdul de la velocitat disminueix (i la direcció tampoc canvia).

Podem pensar doncs que perquè només canvie la direcció de la velocitat sense que ho faça el seu valor (el seu mòdul), el vector força haurà de ser perpendicular en tot moment al vector velocitat. D'aquesta manera, gens d'aquesta força es pot utilitzar en augmentar ni en disminuir el mòdul del vector velocitat, sinó tan sols en canviar contínuament la direcció d'aquest vector o, el que és equivalent: la direcció en què es mou el cos.



## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

En la figura anterior hem representat el cas d'un objecte que es mou sotmès a una força de mòdul constant i perpendicular en tot moment al vector velocitat. D'aquesta manera gens de la força espenta a l'objecte cap endavant i tampoc res ho frena. Es tracta d'un moviment circular i uniforme. En aquest moviment el mòdul de la velocitat no canvia, per tant la rapidesa és constant i l'acceleració sobre la trajectòria és nul·la. Com la velocitat està canviant contínuament de direcció ha d'haver-hi una força responsable d'aquest canvi, dirigida com hem vist cap al centre de la circumferència (pel que rep el nom de força centrípeta).

*A.37. Lligueu un objecte xicotet (per exemple, una volandera) a un fil prim i sobre una superfície llisa fixeiu l'altre extrem del fil (per exemple, amb un dit). Tibeu el fil i, a continuació, colpegeu l'objecte amb un dit de l'altra mà. Observeu el moviment de l'objecte i expliqueu-lo.*

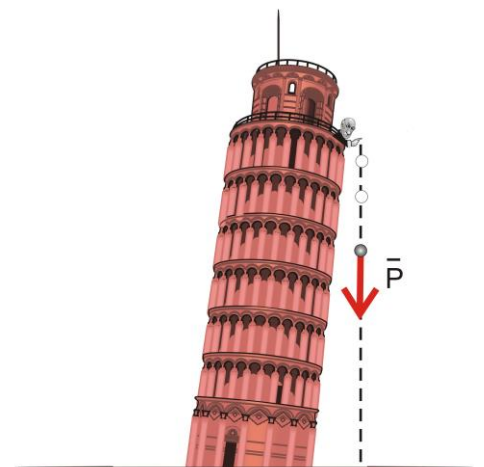
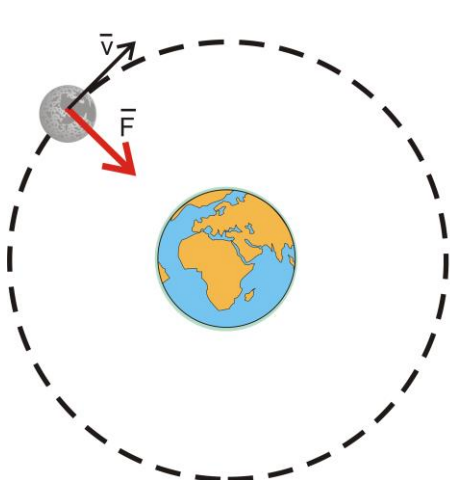
A continuació, estudiarem algunes forces d'especial interès.

### 8. La força gravitatòria en l'univers

*A.38. A què es pot deure el pes dels cossos sobre la Terra? I la força que actua sobre la Lluna perquè gire al voltant de la Terra amb un moviment aproximadament circular i uniforme?*

Va ser Newton (un dels científics més grans de la història) qui en el segle XVII va formular la idea que tant el pes dels cossos com la força que actua sobre la Lluna, es devien a la mateixa causa: al fet que la Terra exercia una força d'atracció sobre ells, a la qual va anomenar força gravitatòria. Aquesta força no actua sols entre la Terra i els cossos que es troben pròxims a ella, sinó que afecta a qualsevol parella d'objectes **pel sol fet de tenir massa**, ja siguin tan xicotets com àtoms o tan grans com planetes o estrelles. Es tracta, doncs, d'una força universal i que s'exerceix a distància, sense necessitat que existisca contacte entre els cossos que l'experimenten.

Com la Lluna descriu un moviment pràcticament circular i uniforme al voltant de la Terra, la força gravitatòria amb què la Terra l'atreu serà una força centrípeta. El pes d'un cos situat en el sòl o a una certa altura, és com hem dit, la força gravitatòria amb què aquest cos és atret per la Terra i es representa per un vector (ja que és una força) amb origen en el cos i direcció i sentit cap al centre de la Terra.



Així doncs, la força gravitatòria és universal, sempre d'atracció, i es deu a la massa anàlogament a com la força elèctrica es deu a la càrrega). De les forces existents en la naturalesa, la gravitatòria és la més feble, per això perquè es note la força gravitatòria entre dos cossos, fa falta que almenys un d'ells tinga una massa molt gran (com és el cas d'un planeta).

**A.39.** *De què dependrà la força gravitatòria amb què s'atrauen dos cossos? Formuleu hipòtesis respecte a aquesta qüestió i també sobre com poden influir els factors considerats en què el valor d'aquesta força siga més o menys gran.*

Cal pensar que depenga de les masses i també de la distància que les separa, de manera que quant majors sigan les masses i menor siga la distància, major serà la força d'atracció gravitatòria entre ambdues. Newton va obtenir que el valor d'aquesta força venia donat per l'expressió:

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

Aquesta expressió es coneix com llei de Newton de la gravitació universal. En ella,  $G$  és una constant universal (no depèn del medi en què es troben els cossos),  $m_1$  i  $m_2$  són les masses dels objectes (considerats com puntuals) i  $r$  és la distància existent entre tot dos. En unitats internacionals, sabem que la massa es mesura en kg i la distància en m. En aquest cas, el valor de  $G$  resulta  $G = 6'67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ . Com podeu veure és un valor molt xicotet, el que explica que la força gravitatòria siga la més feble de les forces presents en la naturalesa.

**A.40.** *Utilitzant l'expressió anterior, calculeu amb què força gravitatòria s'atrauran dos objectes d'1 kg de massa cadascun separats 1 m. A continuació comenteu el resultat obtingut i expliqueu el significat físic de la constant de gravitació universal  $G$ .*

R.  $F = 6'67 \cdot 10^{-11} \text{ N}$ . Un valor extraordinàriament xicotet. El valor de  $G$  coincideix amb el de la força gravitatòria amb què s'atrauen dues masses d'1 kg cadascuna separades per 1 m de distància.

Existeix una magnitud que podem anomenar intensitat gravitatòria que té un valor diferent i característic per a cada planeta o astre en general. Es representa per "g" i el seu valor coincideix amb el de la força amb què aquest astre atrauria a un objecte d'1 kg de massa. En unitats internacionals es mesura en N/kg. En la superfície de la Terra, per exemple,  $g = 9'81 \text{ N/kg}$ , el que significa que cada kg de massa situat sobre el sòl és atret per la Terra amb una força de 9'81 N (és a dir, pesa 9'81 N). A mesura que ens anem allunyant de la Terra (o de qualsevol altre planeta) el valor de  $g$  va disminuint, encara que mai arriba a anul·lar-se del tot. En l'estació espacial internacional, per exemple, que es troba a uns 350 km de la superfície terrestre,  $g$  val aproximadament 8'81 N/kg.

**A.41.** *Proposeu una expressió que servisca per a calcular el pes de qualsevol cos situat sobre la superfície terrestre.*

D'acord amb el paràgraf anterior, un cos de 2 kg de massa pesaria  $2 \cdot 9'81 \text{ (N)}$ , un de 3 kg de massa pesaria  $3 \cdot 9'81 \text{ (N)}$ ... i així successivament, de manera que, en general, podem escriure:

$$P = m \cdot g$$

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

com l'expressió adequada per a obtenir el pes d'un cos de massa  $m$ . Encara que l'hem deduït per al cas de la superfície terrestre, aquesta expressió té una validesa general, només cal utilitzar en ella el valor de  $g$  corresponent al punt on ens trobem.

**A.42.** Calculeu el pes d'una persona la massa de la qual és de 60 kg i que es troba sobre la superfície de la Terra.  $R. P = 588'6 \text{ N}$

**A.43.** En la taula es donen els valors aproximats de la intensitat gravitatòria en la superfície d'alguns astres. Calculeu el que pesaria una persona de 60 kg de massa si poguera situar-se en la superfície de cadascun d'ells i compareu els resultats amb el de l'activitat anterior.

Astre	Lluna	Venus	Mart	Júpiter	Neptú	Sol
$g \text{ (N/kg)}$	1'6	8'9	3'7	23'1	11'0	274'0

Ja hem comentat abans que la força gravitatòria amb què la Terra (i en general qualsevol astre) atreu a un objecte, va disminuint a mesura que ens anem allunyant d'ella degut a què la intensitat gravitatòria és cada vegada menor. Per tant, el pes (terrestre) d'un cos és la força amb què aquest cos és atret per la Terra i no una propietat del mateix. No obstant això, hi ha alguna cosa que no canvia estiga el cos on estiga. A aquesta propietat d'un cos que val el mateix estiga en la superfície de la Terra, de la Lluna, Mart o en l'espai intergalàctic i que no canvia encara que s'escalfi o es refredi, s'anomena massa.

Fixem-nos que la unitat internacional per mesurar la massa és el kg i per mesurar el pes el N.

En la superfície de la Lluna un objecte pesaria aproximadament la sisena part del que pesa en la superfície de la Terra, però la seua massa segueix sent la mateixa.

En el llenguatge habitual no es distingeix entre la massa i el pes i es parla, per exemple, que una persona pesa 60 kg. No obstant això, en un context científic hem d'expressar el pes en N i mai en kg. El que una persona "pese" 60 kg s'ha d'interpretar com que el seu pes és com el d'un objecte de 60 kg de massa.

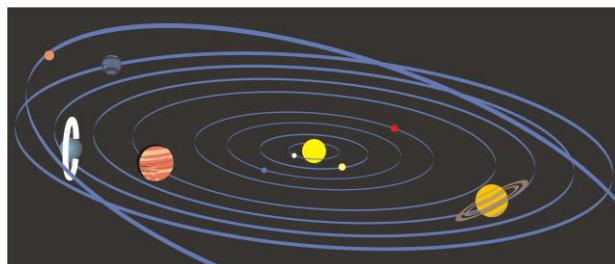
**A.44.** Què pesa més, 1 kg de plom o 1 kg de porexpán ("suro blanc") per embalar?

Si heu comprès bé la diferència entre massa i pes, heu d'haver contestat que tot dos pesen el mateix (col·locats en el mateix lloc), perquè la seua massa és la mateixa. Concretament:

$$P = m \cdot g = 1 \cdot 9'81 = 9'91 \text{ N}$$

Altra cosa és que 1 kg de suro blanc ocuparà molt més espai (té un volum molt major) que 1 kg de plom.

La força de la gravetat és el "cable" que manté subjectes els planetes en el seu gir al voltant del Sol, evitant que s'escapen. Concretament, la Terra gira al voltant del Sol a una distància mitjana d'uns 150.000.000 km. També la que manté la Lluna a una distància mitjana de la Terra d'uns 384.000 km donant voltes al voltant d'ella a raó d'una volta cada 27'3 dies.



El nostre sistema solar té un diàmetre de més de 5000.000.000 km. No obstant això, el Sol no és sinó un estel corrent d'entre 200.000 milions i 400.000 milions d'estels que conformen la nostra galàxia. Girant al voltant de molts d'aquests estels hi ha també planetes i es calcula que hi haurà desenes de milers de milions de planetes només a la nostra galàxia (ja s'han detectat milers d'ells) formant part de molts altres sistemes solars.

Quan parlem d'estels, hem de tenir en compte que existeix una gran varietat quant a la seua massa, grandària, lluentor, etc. El volum ocupat pel nostre Sol, per exemple, és aproximadament el que ocuparien 1000.000 de Terres. No obstant això, hi ha estels tan grans que dins d'ells cabrien més de 100.000.000 de sols com el nostre. Com tots els estels estan tan lluny de nosaltres, els veiem sempre com a punts brillants per grans que siguin. Les distàncies són tan immenses que no és útil mesurar-les en km i per això, en el seu lloc, s'utilitzen altres unitats com, per exemple, l'any llum o distància que recorre la llum en un any.

**A.45.** Sabent que la llum en el buit es mou aproximadament a 300.000 km/s calculeu la distància recorreguda per un pols de llum en un any.

R. 1 any llum =  $9'46 \cdot 10^{12}$  km (és a dir, més de nou milions de milions de km).

La nostra galàxia té un diàmetre d'uns 120.000 anys llum i una forma lenticular. Si poguérem reduir la grandària de la nostra galàxia a la grandària de tota Espanya, el nostre sol seria una xicotetíssima boleta lluminosa amb un diàmetre inferior a una deumil·lèsima de mm (faria falta un bon microscopi per veure'l). Tot aquest conjunt enorme d'estels gira lentament al voltant del seu centre (el nostre sol tarda uns 300 milions d'anys en donar una volta completa) i es manté lligat gràcies a la força gravitatòria existent entre tota la matèria que el conforma. Les galàxies de l'univers varien molt en extensió i algunes arriben a aconseguir els 6 milions d'anys llum de diàmetre, amb poblacions superiors al billó d'estels.



**A.46.** Esbrineu quant de temps tardaria una nau que viatjara a 300.000 km/h en creuar la nostra galàxia de banda a banda.

R. 432.000.000 anys

La galàxia més pròxima a la nostra és la galàxia de l'Andròmeda, situada a uns 2'5 milions d'anys llum. Forma part del Grup Local al qual pertany també la nostra galàxia. Es tracta de l'objecte més llunyà que es pot veure a simple vista. La podem localitzar en la constel·lació d'Andròmeda. Convé reflexionar sobre aquests 2'5 milions d'anys llum: Significa que quan l'observem, no l'estem veient com és ara mateix sinó com era fa 2'5 milions d'anys (el temps

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

utilitzat per la llum des que va eixir d'ella fins a arribar als nostres ulls). L'univers és tan gran que quan observem un objecte molt llunyà és com viatjar al passat. Els científics han pogut detectar estels i galàxies a uns 13000 milions d'anys llum de nosaltres, és a dir, formades poc després de l'origen del nostre univers, la qual cosa va ocórrer fa uns 13700 milions d'anys.

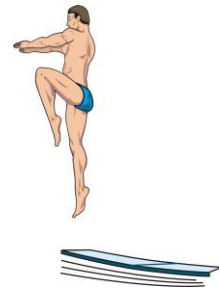
La nostra galàxia (coneguda com Via Làctia), no està sola sinó que forma part d'un grup de galàxies anomenat Grup Local. En general, les galàxies s'agrupen en macroestructures formades per desenes, centenars i, a vegades, milers d'elles (cúmuls). Fins i tot hi ha organitzacions de diversos cúmuls (supercúmuls) que són les majors estructures conegudes de l'univers. Així doncs, les galàxies no estan aïllades sinó que s'agrupen, interaccionen i deformen mútuament a causa de la gravetat. No sabem exactament quantes galàxies hi ha en l'univers observable però, amb molta seguretat, hi ha centenars de milers de milions d'elles.

## 9. Efecte deformador de las forces. Mesura experimental del pes d'un cos

Les forces no solament poden canviar la velocitat a la qual es mou un cos (accelerar-lo). També podem utilitzar-les per aixafar-los, estirar-los, trencar-los i en general, per deformar-los.

*A.47. Enumereu exemples quotidians importants en els que s'utilitzen forces amb el propòsit de canviar únicament la forma d'alguna cosa amb diverses finalitats.*

Podem pensar, per exemple, en l'estirament de la corda d'un arc, per a llançar una fletxa, en un escultor que modela l'argila amb les seues mans per fer una estàtua, un esportista que realitza un salt amb perxa, una persona que salta des d'un pont subjecta a unes gomes elàstiques, els músics que fan sonar instruments de corda, saltar en una llit elàstic, pastar pa, canviar de pentinat, etc.



Existeixen materials que, en determinades condicions, es poden deformar mitjançant forces però que després (a diferència d'altres, com el fang) recuperen la seua forma original. Aquests materials s'anomenen elàstics i amb ells es fabriquen objectes como ressorts, gomes, etc. Com acabem de veure, el pes és una força i precisament per això, podem aprofitar l'elasticitat per mesurar quant val el pes d'un cos, com anem a veure a continuació.

*A.48. Enuncieu alguna hipòtesi sobre els factors dels que dependrà l'estirament produït en una molla subjectada del sostre per un dels seus extrems, en penjar un objecte pesat en l'altre extrem. A continuació suggeriu com cal esperar que influïsquen aquests factors.*

Cal pensar que l'estirament ( $x$ ) que es produïska en la molla respecte de la seua longitud inicial (quan encara no li hem penjat res), dependrà del pes ( $P$ ) de l'objecte que es penja i de les característiques pròpies de la molla (material del qual estiga fet, longitud, grossor, nombre d'espines, etc.). Per a una molla donada (amb la qual cosa les seues característiques són sempre les mateixes), podem suposar que la deformació produïda serà major com més gran siga el pes de l'objecte que es penja. Fins i tot és possible concretar més i pensar que, possiblement, si s'augmenta el pes al doble o al triple del seu valor inicial, la deformació produïda també es farà el doble o el triple que la inicial. Si això fóra així, diríem que la deformació ( $x$ ) produïda és directament proporcional al valor del pes ( $P$ ) de l'objecte que penja de la molla i podríem utilitzar això per fabricar un instrument senzill amb el que mesurar el pes d'un cos.



La hipòtesi anterior pot operativitzar-se com:  $\frac{P}{x} = k$  (on  $k$  és una constant).

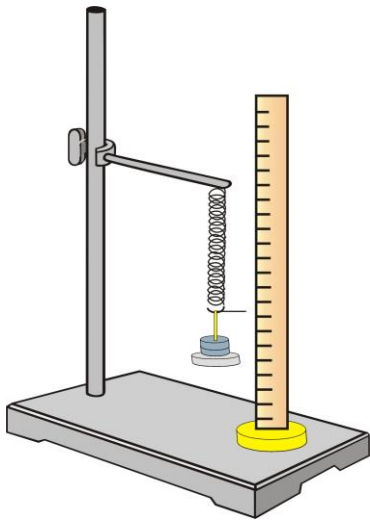
Fixem-nos que l'expressió anterior ens diu que el quocient entre  $P$  i  $x$  sempre ha de valer el mateix. Això significa que si canviem el pes, el que s'estira la molla també canviarà, de tal forma que el quocient seguisca valent el mateix.

**A.49.** *Elaboreu un disseny experimental per contrastar la hipòtesis anterior sobre la influència del pes en l'allargament d'una molla determinada.*

Un possible disseny és utilitzar una mateixa molla elàstica de la que anem a penjar diferents pesos, mesurant el que se allarga la molla (respecte de la seua longitud inicial) per a cadascun. Abans de res, convé pensar en com mesurar cada cosa.

Per mesurar el pes, podem utilitzar rosques o volanderes iguals i adoptar el pes d'una d'elles com a unitat. Després n'hi ha prou amb penjar dos, tres, quatre... volanderes, amb el que el pes serà dos, tres, quatre... vegades el d'una sola. És a dir, el pes de l'objecte que penja serà així igual al nombre de volanderes (1, 2, 3, 4...).

Per mesurar l'allargament, podem utilitzar una molla amb l'extrem visible i col·locar al seu costat un regle mil·limetrat de manera que es pugui apreciar bé l'allargament de l'extrem, tal i com es mostra en la figura següent. El regle es pot mantenir vertical simplement utilitzant un tros de plastilina sobre el que es col·loca invertit.



P (U.A)	x (cm)
0	0
1	$x_1$
2	$x_2$
3	$x_3$
4	$x_4$
5	$x_5$

Les dades obtingudes es poden recollir en una taula com a l'anterior. Si la hipòtesi és certa, s'haurà de complir que:

$$\frac{P}{x} = k$$

Per veure que les dades s'ajusten a l'equació anterior, podem simplement dividir cada valor de  $P$  pel de  $x$  que li corresponga i comprovar que els resultats són molt semblants (tota mesura sempre ve afectada d'una certa imprecisió), és a dir:

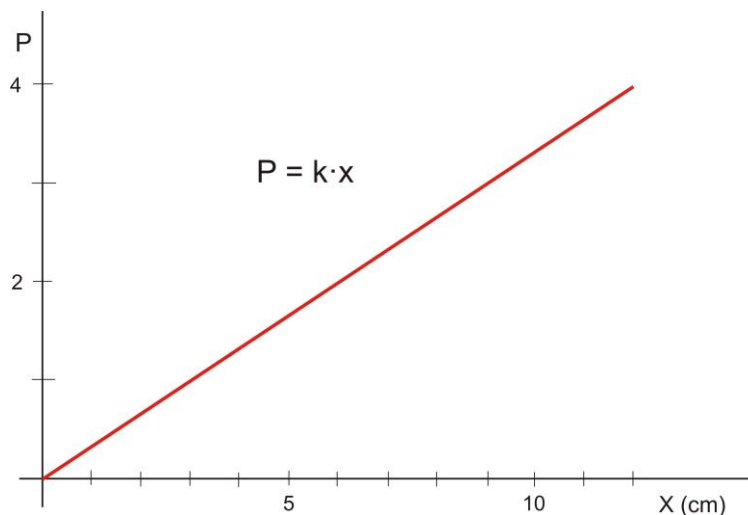
$$\frac{P_1}{x_1} \approx \frac{P_2}{x_2} \approx \frac{P_3}{x_3} \approx \dots = k$$

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

Altra possibilitat, científicament més acceptable, és adonar-se que l'expressió anterior també es pot posar como:

$$P = k \cdot x$$

que correspon, precisament, a l'equació d'una recta. Per tant, si en representar gràficament els valors obtinguts, els punts s'ajusten a una línia recta com la de la figura següent, haurem confirmat la hipòtesi.



**A.50.** Per si no ha sigut possible realitzar l'experiència, es reproduïx a continuació una taula de dades corresponent a un grup d'estudiants que sí pogueren realitzar-la. A partir d'ella procediu a construir i interpretar el gràfic corresponent.

P (U.A)	0	1	2	3	4	5
x (cm)	0	2'2	4'5	6'6	8'7	11'0

Nombroses investigacions, realitzades en condicions acuradament controlades i de forma molt rigorosa, coincideixen amb el resultat que hem obtingut ací:

Existeix una proporcionalitat directa entre el valor de la força pes amb què la Terra atrau a l'objecte que penja i la deformació produïda en la molla.

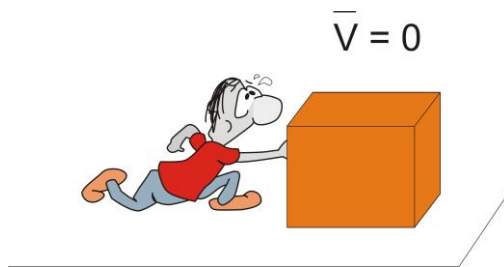
En aquest resultat es basa la construcció d'un instrumente específicament dissenyat per a poder mesurar amb ell de forma directa el pes de diferents objectes. S'anomena dinamòmetre i consisteix essencialment en una molla amb una escala incorporada i un cursor que assenyalava el pes o la força (en general) que s'exerceix sobre l'extrem en N.

Com és lògic, amb un dinamòmetre no es pot mesurar qualsevol pes perquè si s'exerceix massa força arriba un moment en què se supera el límit d'elasticitat de la molla i aquesta queda deformada de forma permanent.

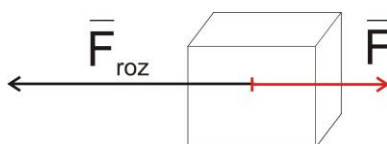


### 10. La força de fregament per lliscament i els seus efectes

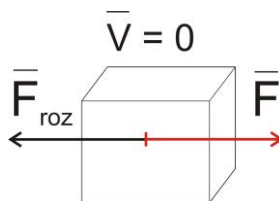
**A.51.** En la figura adjunta una persona espenta un bloc situat sobre una superfície horitzontal però, a pesar de que cada vegada fa més força, no aconsegueix moure'l. Com interpretar aquest fet?



Algunes persones interpreten aquest fet dient que la força de fregament és major que la força amb què s'empeny. No obstant, si això fóra així ens trobaríem davant una situació absurda ja que llavors l'objecte hauria de moure's en sentit contrari a la força que nosaltres li fem, perquè la força resultant (suma de totes les que actuen) aniria cap a l'esquerra.



Per explicar que l'objecte no canvie de velocitat, hem d'admetre que la força resultant sobre ell ha de ser 0; d'aquesta forma si estava en repòs romandrà en repòs.



Així doncs, **mentre que l'objecte no es moga**, la força de fregament sobre ell ha de valdre exactament el mateix en tot moment i ser de sentit contrari que la força paral·lela al sòl amb què se l'empeny. És a dir: podem anar augmentant la força amb què empnyem el bloc, però mentre que aquest no comence a lliscar, la força de fregament també anirà augmentant de forma que ambdues forces valguen el mateix perquè la força resultant siga nul·la i no hi haja canvi de velocitat (que seguirà sent 0). Naturalment això no pot seguir indefinidament i arriba un moment en el que la força exercida sobre el bloc supera el valor límit o màxim que pot tenir la força de fregament que hi actua en aquesta situació. Just en aquest moment el bloc començaria a lliscar. En resum: La força de fregament per lliscament sempre s'oposa al lliscament de l'objecte sobre la superfície en què es trobe i pot prendre infinits valors entre 0 i aquest valor màxim del que hem parlat, de manera que mentre no aconseguim superar aquest valor màxim, l'objecte no començarà a lliscar.

**A.52.** Dissenyeu una experiència senzilla en la que puguem mesurar el valor límit o màxim d'una força de fregament i dueu-la a terme.

Es pot pensar en la utilització d'un dinamòmetre apropiat i un objecte com un bloc situat sobre una superfície plana i horitzontal. Es tracta d'enganxar el dinamòmetre al bloc i tirar fent una

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

força cada vegada major. Si en el moment en què el bloc comença a lliscar, mesurem el que marca el dinamòmetre, aquest serà el valor límit cercat.

Si no hi haguera cap fregament, no ens costaria gens moure el bloc per pesat que fóra. Qualsevol xicoteta força paral·lela al sòl l'aconseguiria ja que aquesta força seria una força resultant no equilibrada per cap altra.

No obstant, vivim en un món en el que les forces de fregament estan presents en la majoria dels fenòmens que observem.

### *A.53. Què ocurriria si, de sobte, desaparegueren les forces de fregament?*

Per començar, no podríem caminar, els cotxes parats no podrien arrancar, els vehicles en marxa per una carretera s'eixirien quan intentaren prendre una corba i no podrien parar, no hauria estels fugaços, etc. Veiem, llavors que les forces de fregament tenen una gran importància, encara que de vegades ens interesse molt disminuir-les, com, per exemple, quan afegim oli lubricant a les màquines per a frenar el desgast de les seues peces i disminuir l'energia necessària per al seu funcionament, quan practiquem l'esquí o quan intentem fabricar vehicles cada vegada més aerodinàmics.

### *A.54. A què es pot deure la força de fregament?*

Una primera aproximació, és relacionar-la amb la rugositat o imperfeccions més o menys visibles que existeixen tant en l'objecte com en la superfície sobre la que llisca. Pensem que aquestes imperfeccions encaixen entre sí com les dents d'una serra de manera que això suposa un impediment al moviment i fa que l'objecte en moviment vaja frenant fins aturar-se. El fet que en llançar un objecte per una superfície plana i horitzontal aquest arribe tant més lluny com més llisa siga aquesta superfície i més polit estiga l'objecte, sembla confirmar aquesta idea.

En realitat, l'estudi de les forces de fregament és molt complex. La seua explicació a nivell microscòpic és molt diferent a la que es dona quan es parla d'irregularitats que encaixen unes en unes altres. Quan analitzem el que ocorre a escala atòmica trobem interaccions entre àtoms de la superfície de l'objecte i altres àtoms de la superfície sobre la que llisca, partícules que no estan quietes sinó vibrant, trencaments i formacions d'enllaços químics, forces elèctriques, etc.

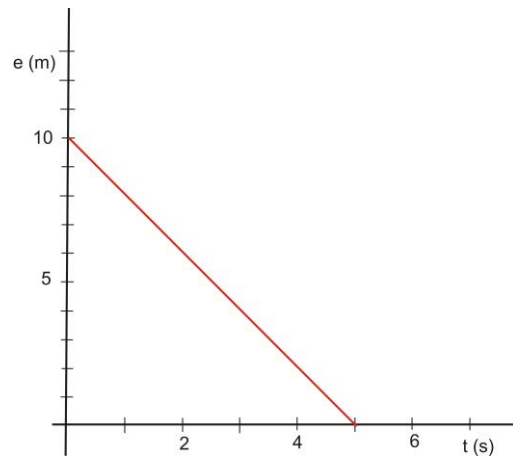
## **RECAPITULACIÓ**

Per a poder estudiar el moviment de qualsevol cos necessitem primer una sèrie de magnituds amb les que poder descriure'l, tals com la posició (per dir on està), la rapidesa (per a dir el de pressa que es mou) o l'acceleració sobre la trajectòria (per a dir el de pressa que canvia la seua rapidesa). Això és el que hem fet en la primera part d'aquest tema d'introducció als canvis mecànics. Després hem estudiat dos tipus de moviment molt importants: el moviment uniforme i el uniformement accelerat. També hem vist que per a canviar la velocitat amb què es mou un cos o per a deformar-lo, es necessita l'acció d'una força resultant i hem estudiat dos tipus de força d'especial importància: la força gravitatòria (que, entre altres coses, governa els moviments dels astres i ens ha permès una primera aproximació a com és l'univers) i la força de fregament.

## 8. EL MOVIMENT I LAS FORCES. ACTIVITATS DE REFORÇ

1. A partir del gràfic adjunt es demana:

- Quin tipus de moviment és i rapidesa amb què es realitza
- Equació del moviment
- Construïu el gràfic  $v = f(t)$
- Sobre una possible trajectòria en la que s'indique l'origen d'espais i el criteri de signes, assenyalau mitjançant creus la posició del mòbil durant els 5 primers segons.



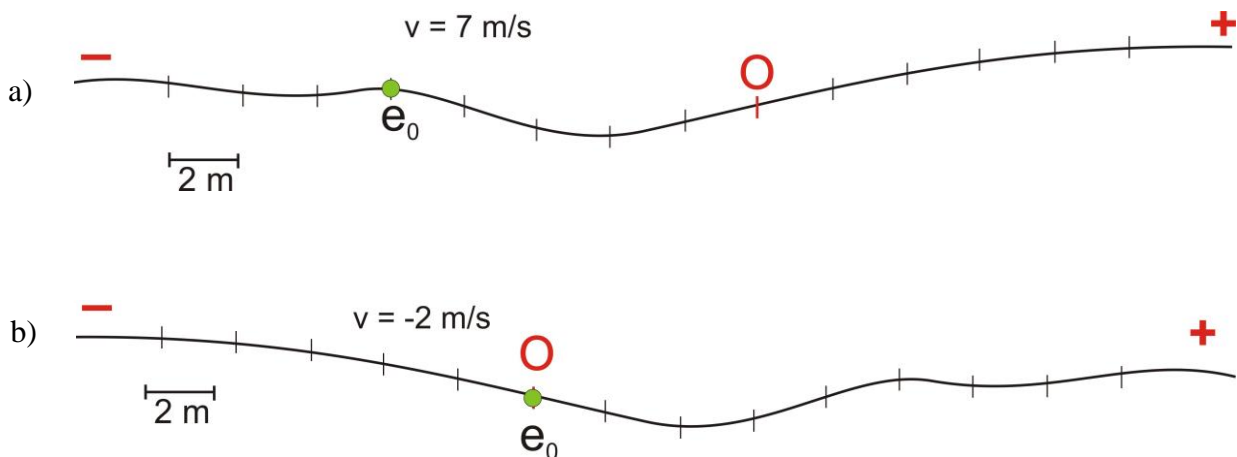
R. a) MU,  $v = -2$  m/s. b)  $e = 10 - 2t$

2. Considereu els següents moviments reals:

- Un tren d'alta velocitat que partint del repòs arranca amb acceleració constant per una via recta fins que aconsegueix una rapidesa determinada que manté sense variar.
- Un autobús que frena amb acceleració constant fins aturar-se en un semàfor

Es demana: Dibuixeu les possibles trajectòries para ambdós moviments i marqueu sobre elles amb creus les posicions successives a intervals regulars de temps. Indiqueu l'origen d'espais triat i el criteri de signes. Dibuixeu els gràfics  $v = f(t)$  i  $e = f(t)$  per a tot dos

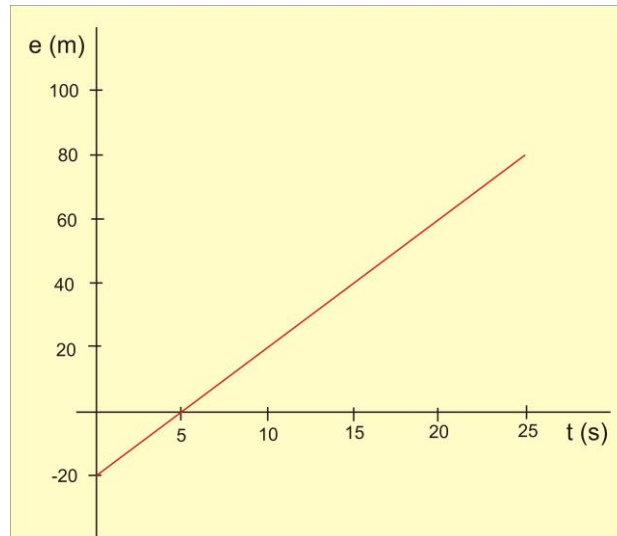
3. Els següents esquemes representen moviments, tots ells corresponents a mòbils que es desplacen amb rapidesa constant.



Considerant  $t_0 = 0$ , dibuixeu els gràfics  $e = f(t)$  i  $v = f(t)$  per a cadascun d'ells.

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

4. El gràfic d'un moviment és el de la figura adjunta:



- Obtingueu tota la informació possible (qualitativa i quantitativa) d'aquest moviment: tipus de moviment, valors d' $e_0$  i de  $t_0$ , valor de la rapidesa i de l'acceleració sobre la trajectòria, sentit en què es desplaça el mòbil.
- Sobre una possible trajectòria assenyalau mitjançant creus la posició del mòbil a intervals iguals de temps.
- Si continuara sempre amb el mateix moviment, on es trobaria en l'instant  $t = 50$  s?

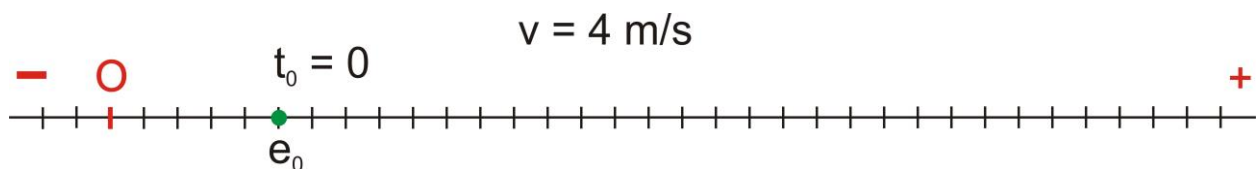
R. c)  $e = 180$  m

5. Un cos es mou constantment a 3 m/s per una trajectòria rectilínia. Un observador mira el seu cronòmetre i constata que en l'instant 2 s el mòbil es trobava a 10 m de l'origen d'espais. Amb totes aquestes dades, es demana:

- Dibuixeu la trajectòria i assenyalau mitjançant creus la posició del mòbil en els instants: 2, 3, 4, i 5 (tots ells en segons).
- Equació del moviment  $e = f(t)$
- Construïu els gràfics de  $v = f(t)$ ,  $a_t = f(t)$  i  $e = f(t)$
- Determineu la posició del mòbil en els instants  $t_A = 4,5$  s i  $t_B = 20$  s.

R. d)  $e_A = 17,5$  m     $e_B = 64$  m

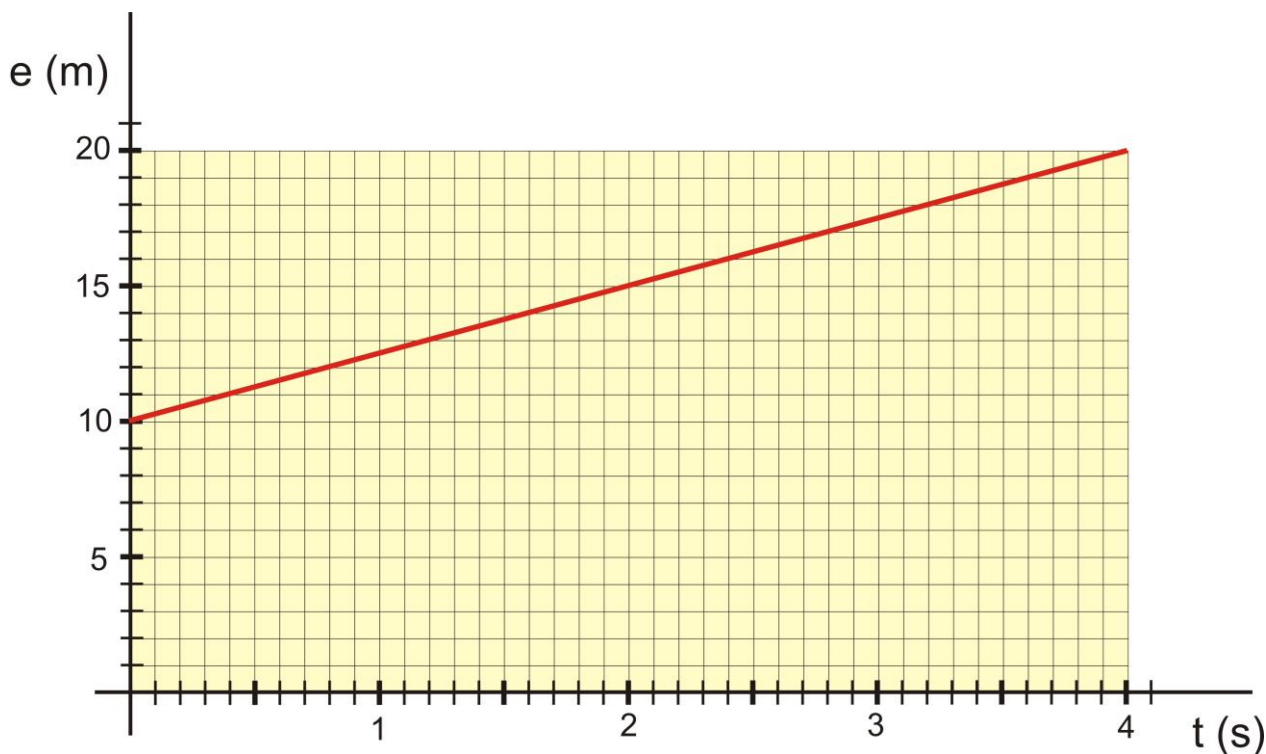
6. Respecte del moviment de la trajectòria adjunta, sabent que l'objecte es mou sempre cap a la dreta amb una rapidesa constant de 4 m/s i que cada divisió és 1 m, es demana:



- Assenyalau mitjançant creus tres posicions per als instants 2, 4 i 6 (tots en segons).
- Escriviu l'equació  $e = f(t)$  i comproveu amb ella les posicions assenyalades en a).
- Calculeu la distància total recorreguda pel mòbil durant els 10 primers segons

R. c)  $D = 40$  m

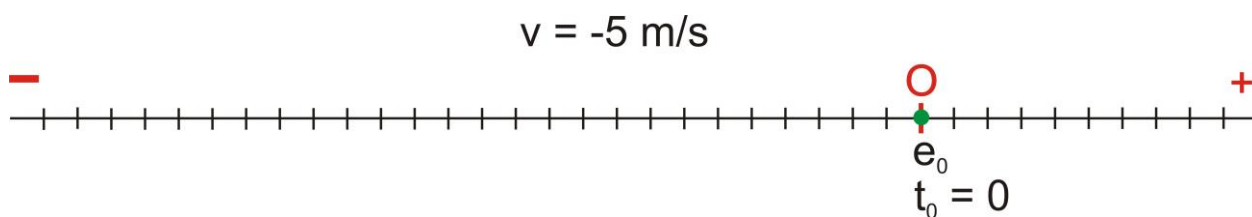
7. A partir del gràfic adjunt, es demana:



- Calcular la rapidesa
- Escriviu l'equació  $e = f(t)$
- Determineu la posició en els instants  $t_A = 3,2$  s i  $t_B = 25$  s

R. a)  $v = 2,5$  m/s    b)  $e = 10 + 2,5 \cdot t$     c)  $e_A = 18$  m i  $e_B = 72,5$  m

8. Respecte de la trajectòria de la figura, sabent que l'objecte es mou sempre cap a l'esquerra amb rapidesa constant de 5 m/s (en valor absolut) i que cada divisió és 1 m, es demana:

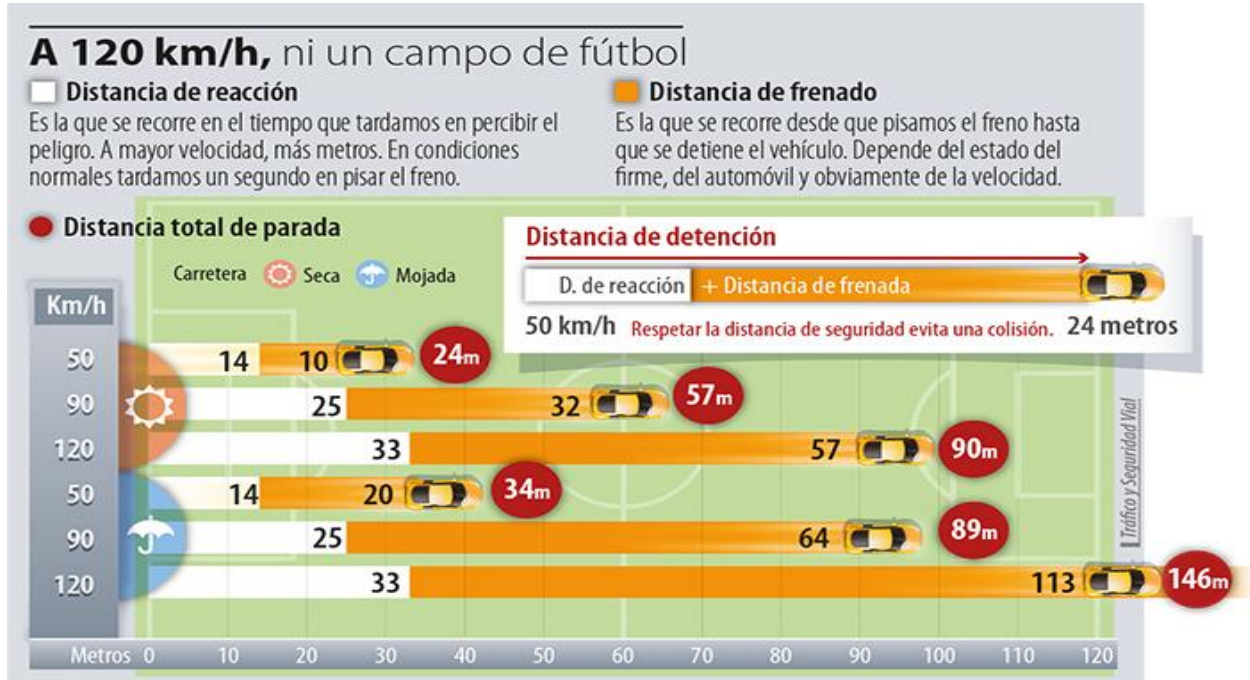


- Assenyalau mitjançant creus tres posicions per als instants 1, 2 i 3 (tots en segons).
- Escriviu l'equació del moviment  $e = f(t)$  i comproveu amb ella les posicions assenyalades a l'apartat anterior.
- Calculeu la distància total recorreguda pel mòbil durant els 7,5 primers segons
- Construiu els gràfics  $v = f(t)$  i  $e = f(t)$ .

R. c)  $D = 37,5$  m

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

9. A continuació es reproduïx un esquema de la Direcció General de Trànsit (de juliol de 2015) on es detalla la distància de reacció, la de frenat i la distància total necessària per a detenir un cotxe (amb frens i pneumàtics en bones condicions) per un conductor atent i en bones condicions físiques, tant en carretera seca com quan està banyada. Analitzeu acuradament tota la informació proporcionada en aquest esquema i, a continuació, contesteu les següents qüestions:



a) Per què la distància de frenada augmenta tant quan la carretera està banyada i no ho fa la distància de reacció?

b) Sabent que en carretera seca quan es circula a 140 km/h la distància de reacció és de 39 m i la distància de frenada de 87 m, utilitzeu aquestes dades i les de l'esquema (només carretera seca) per a representar en un mateix gràfic (amb diferents colors): la distància de reacció, la distància de frenada i la distància total de parada, front a la rapidesa del vehicle. A continuació analitzeu els resultats interpretant la forma de les línies obtingudes.

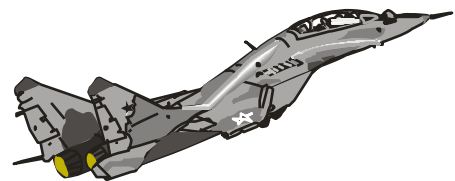
c) Com canviaria tot si el conductor estiguera begut o distret i els pneumàtics gastats?

10. Ordeneu de menor a major els següents valors de la rapidesa mitjana (donats aleatòriament):

a) 340 m/s, b) 0'1 km/min, c) 300 km/h, d) 0'01 km/s

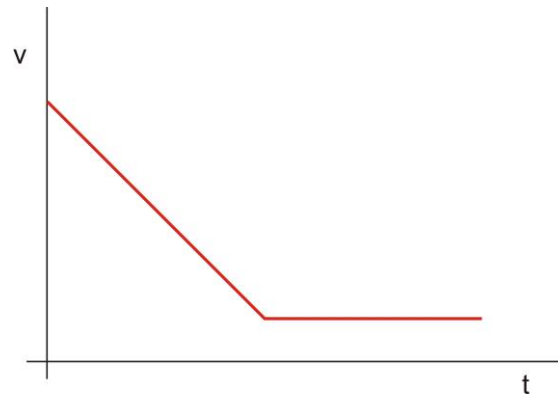
Els valors anteriors corresponen a la rapidesa mitjana desenvolupada per un corredor dels 100 m llisos, una persona que camina molt ràpid, el so quan viatja per l'aire i un tren d'alta velocitat. Digueu quin és cadascun.

11. Un avió supersònic és aquell capaç de superar la velocitat del so en l'aire (340 m/s). Supposeu que un avió pot volar amb una rapidesa màxima de 1152 km/h. Seria un avió supersònic?



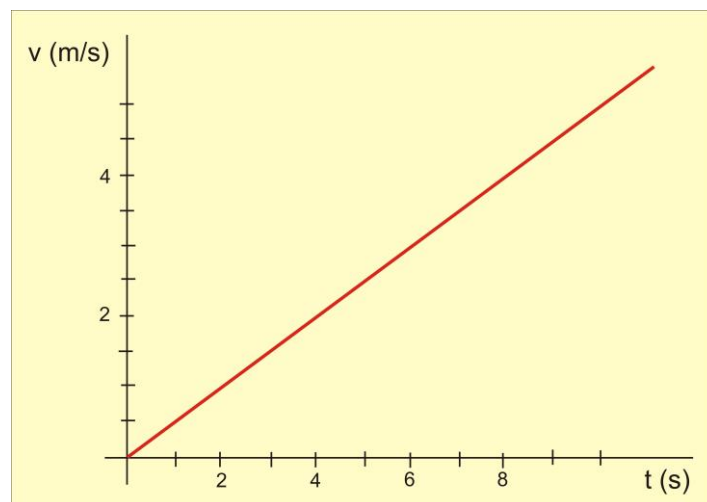


12. El gràfic següent representa com va canviant la rapidesa d'un mòbil amb el temps.



Sobre una trajectòria recta, assenyalau mitjançant creus la posició del mòbil sobre la trajectòria a intervals regulars de temps i dibuixeu els gràfics  $e = f(t)$  i  $a_t = f(t)$  corresponents. (Considereu que per a  $t_0 = 0$ ,  $e_0 = 0$ ).

13. El gràfic següent representa com va canviant la rapidesa d'un mòbil amb el temps.



a) Extraieu la màxima informació del moviment (rapidesa inicial, tipus de moviment, valor de l'acceleració sobre la trajectòria i significat físic del mateix).

b) Calculeu el valor de la rapidesa en l'instant  $t_A = 7$  s i en l'instant  $t_B = 20$  s

c) Suposant que per a  $t_0 = 0$ ,  $e_0 = 0$ , representeu qualitativament el gràfic  $e = f(t)$ .

a)  $a_t = 0'5 \text{ m/s}^2$     b)  $v_A = 3'5 \text{ m/s}$ ,  $v_B = 10 \text{ m/s}$

14. Cerca en el tema els valors de la intensitat de la gravetat en la superfície de la Terra i de la Lluna. A continuació calcula quantes vegades pesaries més en la Terra que en la Lluna.

15. Hem vist que la intensitat de la gravetat en la superfície de la Terra té un valor mitjà de 9'81 N/kg i que això significa que cada kg de massa sobre el sòl és atret cap al centre de la Terra amb una força de 9'81 N. També se sap que el radi mitjà de la Terra és de 6370 km. Utilitzant la llei de Newton de la Gravitació Universal junt amb les dades anteriors, obtingueu el valor de la massa de la Terra en kg. ( $G = 6'67 \cdot 10^{-11}$  U.I)

R.  $m_T \approx 6 \cdot 10^{24}$  kg

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

**16.** Utilitzeu la llei de Newton de la Gravitació Universal, per a contestar les següents qüestions:

- Què li ocorre a la força d'atracció gravitatòria entre dues masses determinades quan la distància que les separa es fa el doble, el triple o el quàdruple?
- Construïu un gràfic (qualitativament) de la força d'atracció gravitatòria entre dues masses considerades puntuals, en funció de la distància que les separa.

**17.** Expliqueu en què consisteix: una galàxia i un cúmulo. A quina galàxia pertany el nostre sol? A quina agrupació pertany la nostra galàxia?

**18.** Suposant que la Terra descriu una òrbita aproximadament circular al voltant del Sol, d'uns 150.000.000 km de radi i sabent que utilitza 1 any en donar una volta completa, calculeu la rapidesa mitjana de la Terra en km/h.

**19.** El següent paràgraf està extret d'un curs de dietètica trobat navegant per internet. En ell s'ha comès algun error des del punt de vista de la física. Reescriu el paràgraf de manera que quede científicament correcte.

L'índex de massa corporal (IMC) és un indicador que estima per a cada persona, a partir de la seua alçada i del seu pes, el seu grau d'obesitat. La comparació del valor de l'índex de massa corporal d'una persona amb els de taules creades per Organitzacions Internacionals a partir de valors estadístics permet conèixer el rang de pes més saludable que pot tenir aquesta persona. L'IMC resulta de la divisió del pes del subjecte en quilograms, pel quadrat de la seua alçada expressada en metres. Per exemple, per a un home adult, de 1.74 metres d'alçada i 80 quilograms de pes l'IMC és:

$$\frac{80}{(1,74)^2} = 26,4$$

Es considera que per a persones adultes i sense excessiva massa muscular, entre 20 i 25 correspon a un pes normal. Així que, en aquest cas concret hauria un lleuger sobrepès.

**20.** Betelgeuse és un estel gegant roig situat en la constel·lació d'Orió. Es troba a una distància d'uns 640 anys llum de la Terra i el seu radi és de l'ordre d'uns 900 radis solars (valors mitjans aproximats).



Suposant formes perfectament esfèriques, calculeu quantes vegades és major la grandària (volum) de Betelgeuse que el del nostre Sol.

R. 729 milions de vegades major

**21.** L'estel més proper a la Terra (exceptuant el nostre Sol) s'anomena Pròxima Centauri i es troba aproximadament a 4,2 anys llum de nosaltres. Suposant que disposarem d'una nau capaç de allunyar-se de la Terra cap a aquest estel amb una rapidesa constant de 50.000 km/h, calculeu quants anys es tardaria en arribar ( $v$  llum = 300.000 km/s, 1 any = 365 dies). R. 90720 anys

**22.** Llegiu acuradament el text següent analitzant els arguments que es donen en contra de la Teoria Heliocèntrica de Copèrnic i tracteu de rebatre'ls aplicant els coneixements de física que heu après.

La Teoria de la Gravitació Universal va venir a culminar el desenvolupament de l'Astronomia iniciat per Copèrnic 150 anys abans que Newton i es pot considerar com un fet decisiu en la generalització de les lleis de la mecànica a tot l'Univers. És a dir, va suposar l'extensió de les lleis sobre el moviment dels cossos, elaborades segons les nostres experiències amb objectes terrestres, al moviment dels astres. Per a la seua elaboració Newton es va basar en els treballs realitzats per científics anteriors i, particularment, en la Teoria Heliocèntrica de Copèrnic.

En analitzar el moviment del Sol i els altres estels, la hipòtesi més senzilla que se'ns ocorre és que la Terra és el centre immòbil de l'Univers i que el Sol, la Lluna, els altres planetes i els estels, giren al seu voltant a raó d'una volta cada dia. Es tracta d'un sistema "geocèntric" que recorda al que va elaborar Aristòtil i que va estar vigent durant molts segles.

No obstant això, si observem durant un any la trajectòria seguida per un planeta com, per exemple, Mart (que pot veure's a simple vista), resulta que el seu moviment no sembla circular sinó bastant més complicat patint a vegades canvis de direcció i reculades. A més es pot veure que algunes vegades un mateix planeta és més brillant que unes altres. Tot això és contradictori amb la cosmologia d'Aristòtil segons la qual els moviments dels astres han de ser perfectes (circulars) i la seua matèria immutable. Al llarg de la història, els partidaris de la Teoria Geocèntrica de l'Univers, van idear diverses modificacions (a vegades complicades) per a justificar els inconvenients que anaven sorgint. Copèrnic va ser contemporani de Colón i a ell es deu la formulació de la Teoria Heliocèntrica segons la qual la Terra i la resta dels planetes són els que giren al voltant del Sol amb moviments circulars i uniformes. No obstant això, encara que alguns astrònoms varen utilitzar el nou sistema per la seua major simplicitat de càlculs, va haver de passar més d'un segle perquè fóra acceptat. Entre altres objeccions se li feien les següents:

- ✓ El que s'observa és que el Sol ix per l'est i es posa per l'oest. No es nota que la Terra es moga. Si fóra així, Josué en conquerir la Ciudad de Jericó tal i como es narra en la Bíblia no hauria manat detenir-se al Sol sinó a la Terra.
- ✓ Si la Terra girara al voltant del seu eix, degut la seua elevada grandària, hauria de fer-lo amb gran velocitat (avui sabem que un punt de l'equador gira a més de 1500 km/h) i això provocaria que els ocells i els núvols es quedaren arrere. A més es posaria incandescent pel fregament amb l'atmosfera.
- ✓ Si la Terra descriguera òrbites circulars al voltant del Sol i no a l'inrevés, hauria de fer-lo amb una velocitat enorme (en l'actualitat sabem que aquesta velocitat supera els 100.000 km/h) amb el que en deixar caure una pedra des de dalt d'una torre deuria caure molt més arere perquè mentre anara per l'aire, la torre, subjecta al sòl, avançaria una gran distància.
- ✓ Altre dels inconvenients era que es necessitaria una força colossal per a moure un cos tan pesat com la Terra al voltant del Sol (no es pensava el mateix dels astres als que, recordem, se'ls atribuïa una matèria especial i sense pes).

Als arguments anteriors havia que afegir altre molt important:

## 8. Moviments, canvis de moviment i forces

El sistema de Copèrnic suposava rebutjar un acurat ordre jeràrquic en el que tot estava perfectament assemblet o acoblat. Implicava a més, anar contra les sagrades escriptures i relegar a la humanitat d'una posició central, privilegiada, al centre de l'Univers, a ocupar un més dels planetes girant al voltant del Sol.

Finalment, el fet que en el sistema de Copèrnic, els estels es trobaren a una distància pràcticament infinita de la Terra produïa una gran inquietud en una societat dominada per creences religioses en la que resultava molt poc confortable imaginar l'Infern tan a prop (baix els peus, a l'interior de la Terra) i el Cel tan lluny. L'església Catòlica estava en contra de la Teoria Helio-cèntrica de Copèrnic i va prohibir la publicació i la lectura de les seues obres.

## 9. ELECTRICITAT

Com carregar elèctricament els objectes? Com fer que passe la càrrega d'un lloc a altre?

En el present capítol estudiarem una nova propietat de la matèria. Es tracta d'una propietat que adquireixen alguns objectes després de ser fregats i que els permet atraure altres cossos molt lleugers, com xicotets trossos de paper, plomes, pèls, etc. El coneixement científic d'aquesta propietat està associat al sorgiment d'un dels camps de la Física que més influència ha tingut en el desenvolupament de les condicions de vida de la humanitat: **l'electricitat**.

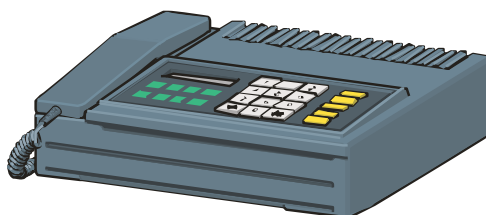
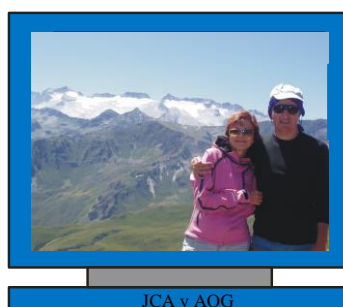
*A.1. Valoreu el paper representat per l'electricitat en les condicions de vida de la humanitat, analitzant les diferències existents entre una època en què no existia i l'actualitat.*

L'electricitat té actualment una importància fonamental en múltiples aspectes de la vida quotidiana, perquè **ens permet disposar fàcilment d'energia per usos molt diversos on i quan la necessitem**. A títol d'exemple, podem assenyalar algunes aplicacions rellevants:

**Aconseguir determinats canvis que ens interessin**, com rentar la roba (rentadores), impedir que el menjar es faça malbé ràpidament (frigorífics), coure el pa (forns elèctrics), habitar pisos alts (ascensors), cuinar aliments (cuines de vitroceràmica), etc.

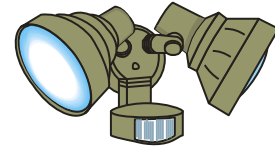
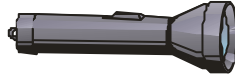
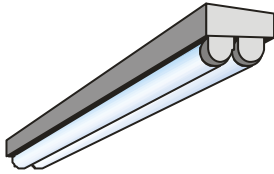


**Mitjans de comunicació i informàtics:** telèfon, mòbils, fax, ràdio, televisors, impressores, fotocopiadores, vídeos, ordinadors, etc

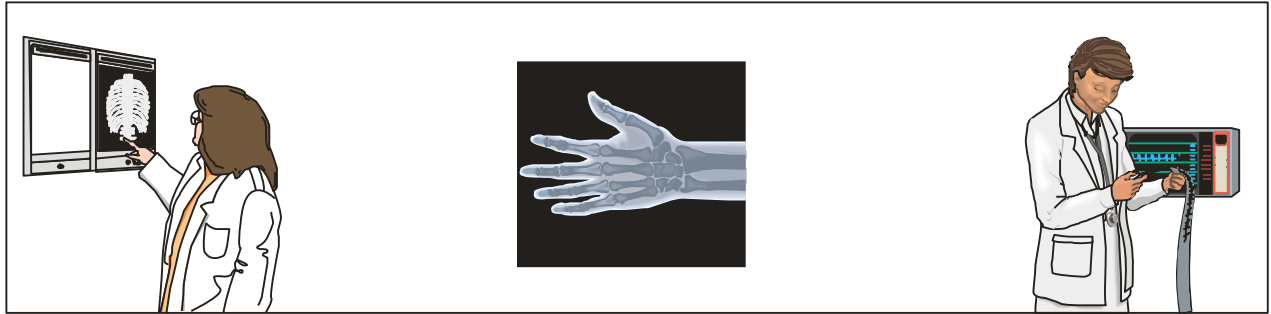


## 9. Electricitat

**Producció de llum, energia i so:** estufes elèctriques, aparells d'aire condicionat, bombetes, tubs fluorescents, llanternes, bateries, sirenes, timbres, etc



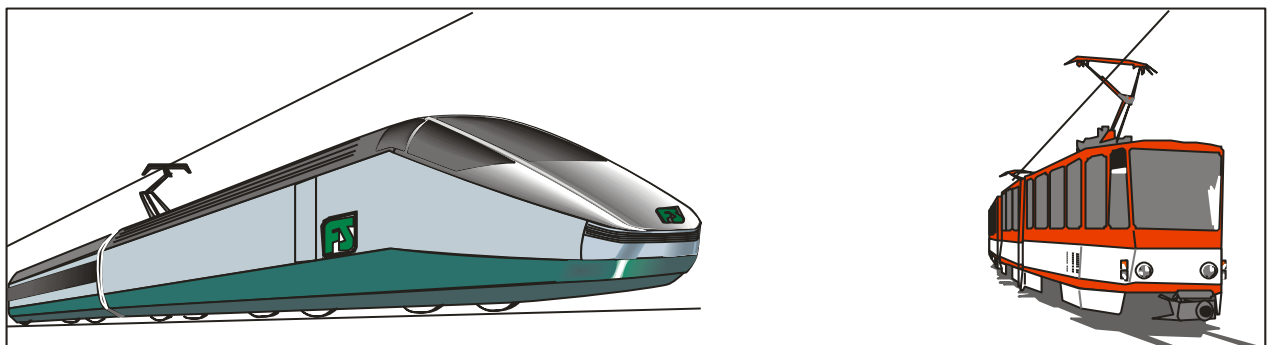
**Aplicacions mèdiques:** electrocardiogrames, electroshock, electroencefalogrames, raigs X, marcapasses, etc



**Mitjans de protecció i seguretat:** parallamps, alarmes, etc



**Transport i indústria:** trens, tramvies i vehicles en general, que funcionen amb electricitat, màquines, joguines, etc



La relació anterior pot donar-nos una idea de com seria la vida sense electricitat: pràcticament un retorn a l'Edat Mitjana. L'electricitat constitueix, doncs, un tema de gran interès, al què paga la pena dedicar-li atenció.

Els orígens de l'estudi de l'electricitat es remunten als antics grecs, que ja coneixien que alguns objectes xicotets, com plomes o trossos de fil eren atrets per l'ambre (resina fòssil) prèviament fregat amb un drap. Alguns pensaven que els cossos atrets servien “d'aliment” a l'ambre i altres consideraven que existia una espècie de “simpatia” entre els dos.



A finals del segle XVI, l'anglès Gilbert, s'adonà que, no sols l'ambre fregat era capaç d'atraure xicotets objectes, sinó que l'efecte també es presentava en fregar altres materials com el vidre o el diamant. Gilbert no compartia la idea que existia una “simpatia” entre eixos cossos fregats (que ell va anomenar electritzats) i els que eren atrets. Ell mantenia que tot cos electritzat emetia un “efluvi” quan es fregava, que quedava com una mena de núvol material en repòs al seu voltant, que era el que establia contacte amb els objectes lleugers pròxims, atraient-los.

Com hem vist, els inicis de l'estudi de l'electricitat estan associats a la investigació sobre les forces elèctriques existents en certs objectes quan freguem alguns d'ells. Per això, abans d'establir l'estratègia a seguir per desenvolupar l'estudi sistemàtic d'aquesta propietat, convé que nosaltres mateixos procedim a electritzar alguns objectes.

*A.2. Electritzeu per fregament tot tipus d'objectes disponibles (bolígrafs, pintes, regles, tisores, separadors de llibreta, varetes de vidre, varetes metàl·liques, llapis, etc.) i procediu a atraure altres objectes menuts i lleugers, com trossos de paper, suro blanc, paper d'alumini, cabells, un doll molt fi d'aigua, etc. Després de realitzar les experiències, proposeu possibles preguntes que ens convinga plantejar-nos per començar a estudiar l'electricitat.*

A partir de les experiències realitzades podem plantejar-nos algunes preguntes com les següents:

- ✓ A què es deuen aquests fenòmens? Són d'igual naturalesa que les forces magnètiques?
- ✓ Per què aconseguim electritzar uns materials i altres no?
- ✓ Per què, sovint, una atracció és seguida d'una repulsió?
- ✓ Hi ha algun altra forma d'electritzar que no siga per fregament?
- ✓ Si no és per simpatia, efluvis, etc., com s'exerceixen aquestes forces?
- ✓ Que té tot açò a veure amb el coneixement de l'estructura de la matèria?
- ✓ Com, a partir de l'estudi d'aquests fenòmens, es pogué passar a obtindre corrent elèctric?
- ✓ Què és el corrent elèctric? Com es pot mesurar?

Al llarg d'aquest tema tractarem de respondre algunes de les qüestions anteriors. Per començar, hem d'assenyalar que, respecte a l'associació de la propietat elèctrica amb el magnetisme, ja en el segle XVI, Gilbert va diferenciar les forces elèctriques de les magnètiques, en observar que els imants sols actuen sobre objectes de ferro, cobalt o níquel, orientant-los en una direcció específica, mentre les forces elèctriques actuen sobre una àmplia varietat de materials i s'exerceixen en totes direccions. En cursos superiors de Física es veurà que, en realitat, hi ha una íntima relació entre l'electricitat i el magnetisme i que, gràcies a eixa relació podem generar la major part del corrent elèctric que utilitzem.

### 1. ANÀLISI DEL COMPORTAMENT ELÈCTRIC DE LA MATÈRIA

Ja hem vist que alguns materials, en ésser fregats, presenten la propietat d'atraure objectes lleugers. Per efectuar l'anàlisi més complet possible sobre el comportament elèctric de la matèria, convé plantejar-se primer si és possible electritzar qualsevol tipus de material.

## 9. Electricitat

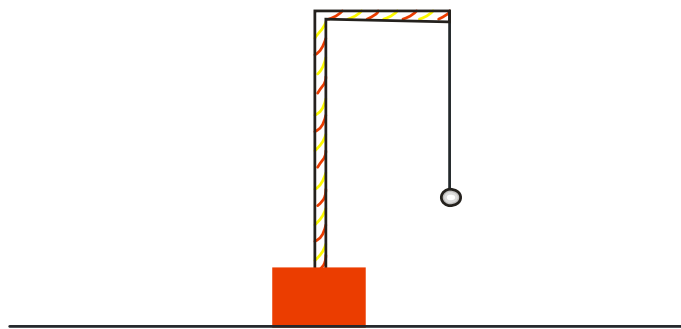
*A.3. Considereu de nou les experiències de l'activitat anterior a fi d'establir si és o no possible electricitzar tots els materials.*

Segons hem vist a l'activitat anterior, alguns objectes com els ganxos del pèl, les tisores, les claus, varettes metàl·liques, llapis de fusta, etc., no presenten la propietat elèctrica, per molt que els freguem. Sembla, doncs, que hi ha cossos que no s'electricitzen i, per tant, la resposta òbvia, a primera vista és que la propietat d'electricitzar-se no és una propietat general de tots els materials. Malgrat açò, hem de recordar que també semblava obvi que els gasos no pesaven i, pel contrari, sí que ho fan.

Aquesta és una qüestió tan crucial que no podem donar una resposta a partir d'uns pocs resultats qualitatius. ¿No podria pensar-se que, si en alguns materials no s'observa comportament elèctric, podria ser degut que les forces són tan menudes que no les estem detectant? Per eixir de dubtes és necessari dissenyar i construir instruments més sensibles, capaços de detectar forces elèctriques mínimes.

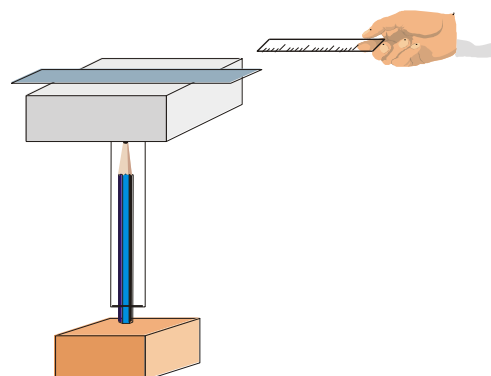
*A.4. Dissenyeu alguns instruments senzills i prou sensibles per a la detecció de xicotetes forces elèctriques i, a continuació, procediu a construir-los.*

Dos instruments senzills són el **pèndol elèctric** i el **versori**. Poden fabricar-se bons pèndols elèctrics amb esferes de suro blanc d'embalar. Per evitar que es descarreguen ràpidament és convenient que no tinguen puntes o arestes i que estiguen recobertes de pintura metàl·lica ("purpurina"). També pot utilitzar-se simplement una xicoteta làmina plana de paper d'alumini (usat sovint per embolicar aliments). Com a vareta val una palleta de les que s'usen per a beure refrescos i com suport un tros de plastilina (millor si posem la plastilina en un recipient de fons pla). La boleta de suro blanc o la làmina plana de paper metàl·lic, es penjen del suport amb ajuda d'un fil fi (preferiblement de seda).



El primer versori, fou dissenyat i utilitzat per Gilbert, en estudiar i intentar distingir els fenòmens elèctrics dels magnètics.

Es pot construir un versori senzill amb ajuda d'un llapis de punta afilada, un tros de plastilina, un tub d'assaig i una làmina de suro blanc, disposats com se suggereix a la figura de la dreta.





Escalfant suaument el fons d'un tub d'assaig i aplicant-lo al centre del suro blanc és possible fer un poc de buit on encaixar-lo (en cas necessari es pot posar també un poc de plastilina per fixar-lo millor). Amb un muntatge com aquest, el conjunt format pel tub d'assaig, la plataforma de suro i l'objecte que es disposa sobre ella, pot girar fàcilment baix l'acció de forces molt xicotetes. Així ocorre, per exemple, quan es col·loca damunt del suro un regle de plàstic i s'acosta a un dels extrems la part, prèviament fregada, d'altre regle.

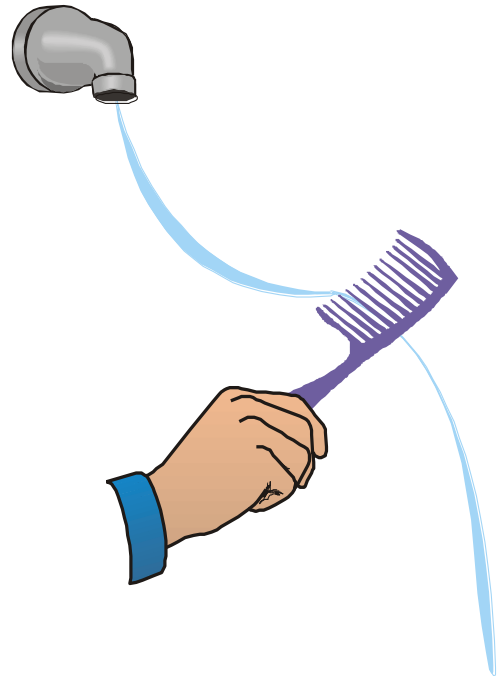
#### A.5. Utilitzeu pèndols elèctrics i versoris per esbrinar:

- Quines substàncies s'electritzen per fregament i quines no.*
- Què ocorre en acostar un cos electritzat a altre neutre (no electritzat).*
- Què ocorre en acostar dos cossos electritzats.*

La utilització sistemàtica del versori i el pèndol elèctric (junt amb draps de seda i draps de llana, per fregar amb ells distints materials, com plàstic, vidre, metall, etc.) permet constatar que:

a) Pel que fa a la primera qüestió, s'haurà comprovat que alguns materials (plàstics, suro blanc, cera, lacre, paper ...) són fàcils d'electritzar per fregament (intens) amb el drap de llana. Altres (com el vidre), resulten difícilment electritzables en fregar amb llana, però no tant quan es freguen amb un drap de seda o amb "pell de gat". Finalment, els objectes metàl·lics no sembla que s'electritzen per fregament. A més, en els objectes electritzats (com les regles de plàstic) només s'observa l'existència de la propietat elèctrica en la zona que s'ha fregat i no a la resta de l'objecte.

b) Respecte del que ocorre en acostar un cos electritzat a altre "neutre" (per exemple, col·locat sobre el versori), sense que hi haja contacte (sense produir espurnes!), es troba que sempre hi ha atracció, independentment del tipus de material de l'objecte "neutre". A més a més, quan l'objecte electritzat es col·loca en el versori, es pot comprovar com, en acostar la mà, gira el versori, manifestant l'existència de forces elèctriques entre el nostre cos i l'objecte electritzat. Sembla, doncs, que els objectes electritzats atrauen **tots** els materials no electritzats (per descomptat, amb una intensitat variable). El fenomen no es limita sols als materials en estat sòlid, sinó que també es presenta en líquids i gasos. Així, per exemple, podem comprovar que, en acostar un objecte electritzat (com una pinta que s'ha passat varies vegades pel cabell) a un raig d'aigua molt fi, aquest és desviat espectacularment.

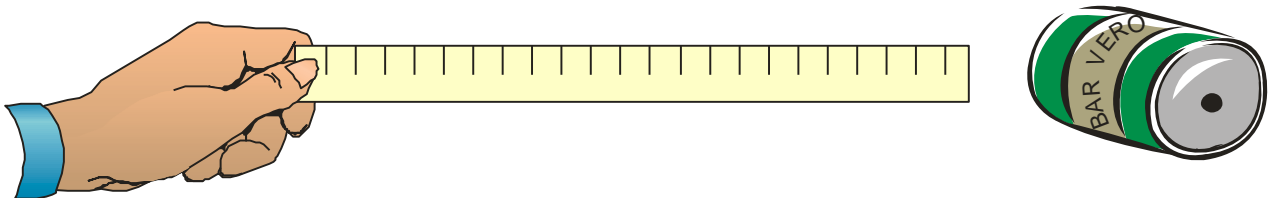


c) Respecte de les accions entre cossos electritzats, és fàcil comprovar que pot haver-hi atracció o repulsió. Així, utilitzant el versori, podem constatar que, objectes del mateix material fregats amb el mateix drap es repel·leixen entre ells. Però, en acostar una vareta de vidre i una de plàstic prèviament fregades amb distints draps es produeix atracció. En un principi, podríem pensar que l'atracció és del mateix tipus que la que hi ha entre un cos neutre i un altre electritzat, però no és així ja que, en primer lloc aquests dos objectes estan electritzats (el que podem comprovar simplement acostant-los al pèndol elèctric) i, a més, es nota a cop d'ull que l'atracció és molt més intensa que quan només es frega un d'ells.

## 9. Electricitat

D'altra banda, utilitzant el pèndol elèctric construït amb una fina làmina metàl·lica que penja d'un fil, podem comprovar que, en acostar l'extrem fregat d'un regle de plàstic a la lamineta, es produeix una atracció que, després d'un breu contacte, va seguida d'una repulsió molt evident.

Altra forma de detectar forces elèctriques no massa grans és mitjançant la utilització d'objectes que puguin rodar fàcilment per una superfície totalment llisa. Un d'aquests objectes pot ser una llauna metàl·lica de refresc buida, col·locada sobre la superfície d'una taula o banc de treball. Si es deixa allí en repòs i li acostem l'extrem d'una regla de plàstic que prèviament hem fregat amb un pany, es pot veure amb quina facilitat la llauna roda, atreta per l'extrem electrilitzat de la regla.

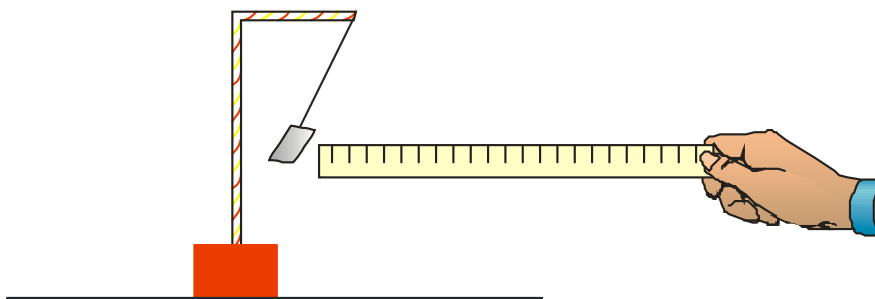


També és fàcil veure que la intensitat de les forces elèctriques disminueix ràpidament amb la distància entre els objectes carregats ja que, en moltes ocasions, les accions entre els objectes electrilitzats sols es noten a distàncies molt curtes.

Tots els fenòmens anteriors constitueixen un conjunt de característiques molt importants del comportament elèctric dels materials. Abordarem ara altra qüestió: ¿és possible electrilitzar un objecte per algun procediment distint del fregament?

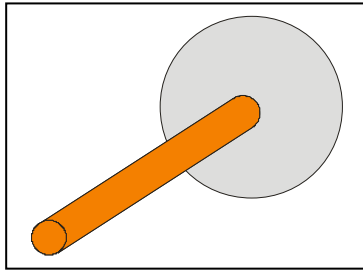
### A.6. Suggeriu alguna forma d'electrilitzar objectes distinta del fregament i porteu-la a terme

Podem pensar en tocar amb un cos electrilitzat altre sense electrilitzar i comprovar després si l'últim adquireix la propietat elèctrica. Així, en tocar la lamineta metàl·lica d'un pèndol elèctric amb una vareta de plàstic electrilitzada, hem pogut comprovar que l'atracció inicial va seguida d'una repulsió notable. Si, a continuació, toquem la lamineta metàl·lica amb la mà, la repulsió desapareix i torna a ser atreta per l'extrem fregat de la vareta de plàstic.



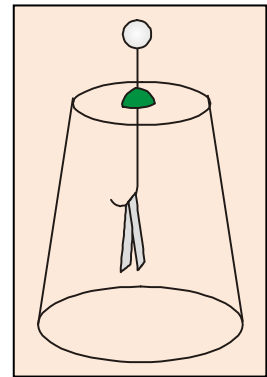
El fenomen anterior suggereix que els metalls sí que poden ser electrilitzats. Podria ser que, el fet de no poder electrilitzar-los quan els freguem amb un drap al temps que els subjectem amb la mà, es dega al fet que els metalls (al contrari d'altres materials com el plàstic) transmeten fàcilment la propietat elèctrica que, en aquest cas, passaria des del metall al nostre propi cos i d'ell (que també seria un bon transmissor de la propietat elèctrica), podria passar a terra, altres persones, objectes, etc., amb els que tinguérem contacte. En aquest cas és possible que, si interposem entre la vareta metàl·lica i la mà un material que no transmeta la propietat elèctrica amb tanta facilitat com els metalls (per exemple fusta, plàstic o suro), sí que puguem electrilitzar-la per fregament.

*A.7. Tenint en compte l'anterior comproveu que és possible electritzar un objecte metàl·lic. Construïu un electroscopi seguint les instruccions que es donen a continuació i feu-lo servir utilitzant varetes de plàstic i de vidre fregades.*



Efectivament, podem utilitzar un tornavís amb mànec de fusta o plàstic i un bon pèndol elèctric (de lamina metàl·lica). Si freguem intensament l'extrem del tornavís amb un drap de llana, podem apreciar com atrau molt lleugerament la lamina metàl·lica. L'efecte és molt més perceptible si, en compte d'un tornavís, utilitzem quelcom que no tinga puntes com, per exemple, una làmina metàl·lica circular subjecta a un mànec de fusta o plàstic.

Altra experiència que mostra que els metalls transmeten bé la propietat elèctrica i es poden electritzar, si estan ben aïllats, es pot realitzar amb ajuda d'un electroscopi senzill. El podem realitzar simplement amb un got de plàstic transparent, un poc de plastilina, un tros de fil d'aram gros (podem fer servir un clip gran) i paper d'alumini. Travessem el got amb el fil d'aram, com s'indica a la figura, i el subjectem amb plastilina. Doblem la part inferior del fil, de forma que es pugui penjar d'ell una làmina rectangular i doblada per la meitat de paper d'alumini. A més, per l'extrem superior del fil, inserirem una bola de paper d'alumini, que hauré preparat el més esfèrica i compacta possible.



Si freguem una regla de plàstic i l'acostem a la bola, sense tocar-la, es pot veure com les laminetes d'alumini que hi ha dins del got se separen. En allunyar la regla, tornen a la posició inicial. Ara be, si toquem la bola amb l'extrem de la regla, prèviament fregat, podem observar que les laminetes queden separades (s'han electritzat), i tornen a la posició original quan toquem la bola amb la mà.



Per acabar aquest apartat sobre electrificació, es proposa la següent activitat:

*A.8. La foto adjunta va ser presa en una sessió sobre experiències d'electrostàtica al museu de ciències Le Palais de la Découverte, de París*

- Què li ha passat als cabells de la noia?*
- Què podria passar-li a algú que s'acostés a donar-li la mà en aquest moment?*
- I si fos ella qui toqués un objecte metàl·lic?*

Experiències similars es poden realitzar (amb les precaucions necessàries), utilitzant un generador de Van de Graaff, disponible en molts centres escolars.

## 9. Electricitat

A la vista de totes les experiències realitzades fins ací, podem concloure que la propietat elèctrica és general a tota la matèria, si bé hi ha materials que la transmeten molt bé (conductors, com els metalls) i altres que ho fan molt malament (aïllants, com el plàstic, fusta, vidre, etc.). Si açò és així, **caldrà veure si el model d'àtom amb què hem treballat anteriorment és capaç o no d'explicar de forma satisfactòria els fenòmens observats.**

### 2. EXPLICACIÓ DEL COMPORTAMENT ELÈCTRIC DE LA MATÈRIA

Recordem que, d'acord amb el model atòmic de *Rutherford*, la major part de la massa de l'àtom es troba al nucli (format per neutrons i protons, de càrrega positiva, i situat al centre de l'àtom) mentre que, al voltant d'aquest, es troben els electrons (de massa menyspreable respecte del nucli), carregats negativament. Ni mitjançant reaccions químiques ni per altres procediments ordinaris (com el fregament) és possible variar el nombre de protons existent al nucli atòmic. Sols tenim accés als electrons, que estan a la part més externa de l'àtom. Segons hem vist, els metalls es caracteritzen perquè els electrons més externs (els de la capa de valència) es poden moure lliurement pel metall. Tot açò ens permet donar unes primeres explicacions als fenòmens elèctrics que acabem d'estudiar.

**A.8. Com poden interpretar-se els fenòmens anteriors? Tracteu d'explicar en particular:**

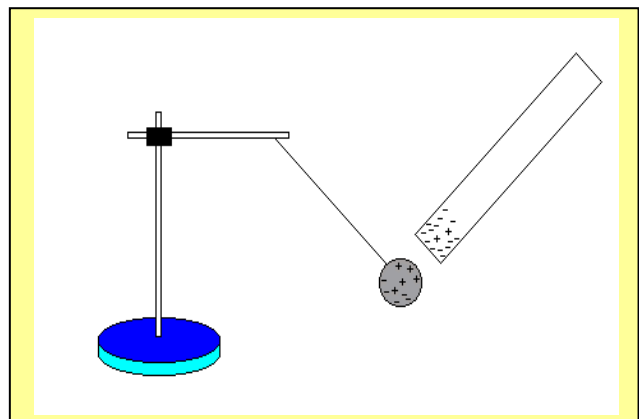
- El fet que els cossos habitualment siguen neutres, és a dir no manifesten propietats elèctriques, però alguns puguen carregar-se elèctricament en ésser fregats.*
- El fet que existisquen forces d'atracció i de repulsió entre cossos electritzats.*
- Que, en acostar l'extrem fregat d'alguns cossos a altre neutre, es produïska una atracció.*
- Que els objectes metàl·lics quan s'agafen amb la mà no es puguen carregar.*

Podem interpretar els fets anteriors si tenim en compte que:

**a)** Habitualment, en qualsevol objecte hi ha el mateix nombre de protons que d'electrons, motiu pel qual els seus efectes es compensen i el resultat és un estat neutre.

**b)** En fregar un objecte amb un drap, passen electrons d'un a l'altre, amb la qual cosa els dos quedaran amb la mateixa càrrega, però amb diferent signe. En uns casos passen electrons de l'objecte al drap, quedant l'objecte amb càrrega neta positiva (i el drap amb negativa). En altres casos passen electrons del drap a l'objecte, de forma que aquest queda carregat negativament (i el drap positivament). Les càrregues de distint signe s'atrauen, mentre que les càrregues del mateix signe es repel·leixen, d'ací que dues regles de plàstic (o de vidre) fregades es repel·lisquen, mentre que una de vidre i altra de plàstic (també fregades) s'atrauen.

**c)** L'atracció que un cos carregat exerceix sobre altre neutre es pot explicar admetent que la força electrostàtica provoca una separació de càrregues en el cos neutre (anomenada polarització), efecte que farà predominar la força atractiva, perquè les càrregues de signe contrari se situaran majoritàriament, més a prop.



A l'exemple de la figura anterior, la barra s'ha carregat negativament, raó per la qual repel·lirà als electrons de l'esfera (o lamineta metàl·lica) del pèndol, fent que s'**induïska** una càrrega positiva en la part més propera a la barra i es produïska un efecte net d'atracció (donat que l'atracció és major que la repulsió, perquè les càrregues de signe contrari estan més a prop). En el moment que l'esfera toca la barra es produeix el pas de **part** dels electrons de la barra a l'esfera, amb la qual cosa també queda carregada negativament (igual que la barra) i es produeix una repulsió

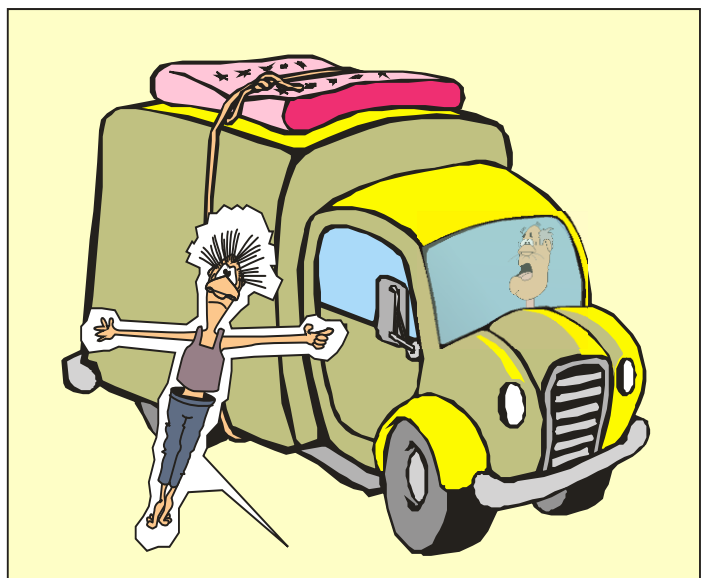
**d)** El fet que els objectes metàl·lics no s'electritzen per fregament quan se subjecten amb la mà, així com que els regles de plàstic i varetes de vidre s'electritzen sols pels extrems on es freguen, pot explicar-se admetent que els electrons poden desplaçar-se fàcilment pels metalls i el cos humà (conductors) i difícilment pel plàstic, vidre, etc. (aïllants). Açò explica també que (sense estar nosaltres mateixa carregats), quan toquem per exemple la làmina metàl·lica del pèndol carregada, aquesta es descarrega. Anàlogament, els objectes metàl·lics que tenen puntes es descarreguen fàcilment per les mateixes, perquè en les puntes s'acumula molta càrrega en molt poc espai; per això és més fàcil carregar una làmina metàl·lica subjecta a un mànec aïllant que, per exemple, a un tornavís.

#### *A.9. ¿Com es distribuirà la càrrega elèctrica comunicada a un conductor metàl·lic?*

Una conseqüència del caràcter conductor dels metalls és que, donat que els electrons es poden moure fàcilment i, atès que les càrregues del mateix signe es repel·leixen entre elles, les càrregues elèctriques en excés es distribuïran per tota la superfície externa del conductor, de la forma més allunyada possible unes d'altres.

**A.10.** *En ocasions haureu comprovat que, en eixir d'un vehicle que ha circulat durant un temps un dia amb poca humitat ambient, noteu una descàrrega elèctrica quan toqueu la carrosseria exterior. Com s'explica aquest fet?*

A causa del fregament amb l'aire, el vehicle es va carregant elèctricament. Com la carrosseria és metàl·lica, l'aire és sec i les rodes són aïllants, tota aquesta càrrega es reparteix per la superfície exterior del vehicle. A l'eixir del mateix fem contacte amb terra i alhora (per tancar la porta) toquem la xapa exterior, de manera que la diferència de potencial existent, fa que patim una descàrrega.



Amb tot el que hem vist fins ací, ja hem contestat algunes de les preguntes que ens férem a l'inici del tema sobre les causes de la propietat elèctrica, però ens queda pendent encara una molt important:

**Què ens cal per tindre un moviment continu de càrregues circulant per un conductor (corrent elèctric)?** En la part que queda del tema ens centrarem en aquesta qüestió.

## 9. Electricitat

### 3. EL PROBLEMA DE LA PRODUCCIÓ DEL CORRENT ELÈCTRIC

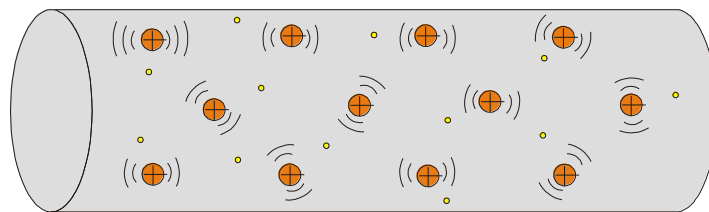
Hem vist que la matèria es presenta habitualment neutra, però existeix la possibilitat d'electricitzar alguns objectes amb càrregues elèctriques de distint signe. També sabem que una càrrega neta negativa significa un excés d'electrons, mentre una positiva indica un defecte d'electrons.

*A.II. Com podríem utilitzar dos cossos electricitzats per aconseguir fer circular electrons per un fil conductor?*

Una possibilitat seria, per exemple, utilitzar dues esferes metàl·liques iguals, aïllades i carregades elèctricament amb càrrega neta de distint signe (una positiva i l'altra negativa). Si unim ambdós esferes per mitjà d'un fil metàl·lic (per exemple de coure) és d'esperar que els electrons de l'esfera amb càrrega neta negativa circulen pel fil cap a l'esfera amb càrrega neta positiva, que els atraurà fent una força elèctrica sobre ells.



En el capítol sobre enllaç químic ja vam veure que en els metalls no hi ha molècules. Per explicar les seues propietats hem d'admetre que, al seu interior, hi ha un "núvol" d'electrons que es mouen entre una xarxa d'ions positius. Així, per exemple, en sols 63'5 g de coure, hi ha uns  $6 \cdot 10^{23}$  àtoms de coure i cadascun d'ells aporta un electró exterior, que es pot moure lliurement pel metall.



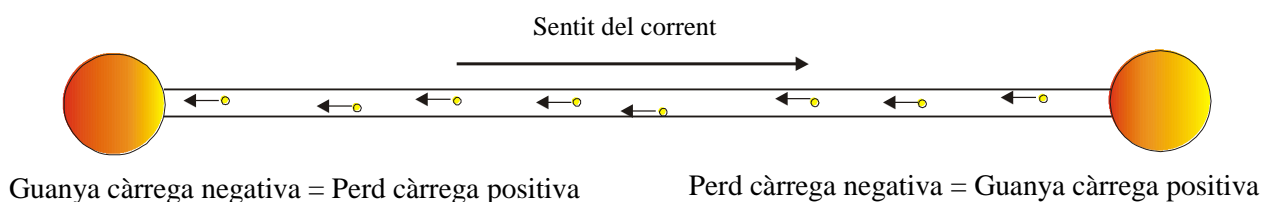
Els electrons lliures no pateixen cap força resultant en estat neutre (les forces repulsives entre els electrons es compensen amb les atractives entre electrons i ions positius) a menys que xoquen amb algun ió que estiga desplaçat de la seua posició d'equilibri. Com els electrons es mouen a l'atzar (en totes direccions) i els ions vibren, s'estan produint xocs contínuament. Com major és la temperatura, més freqüents són els xocs dels electrons amb la xarxa d'ions. Entre dos xocs, els electrons es mouen a gran velocitat (habitualment a uns  $10^6$  m/s, una velocitat molt més elevada que la de les molècules d'un gas a la mateixa temperatura).

En connectar amb un cable de coure les dues esferes carregades, els electrons situats a l'esfera carregada negativament i els del cable són atrets elèctricament per la càrrega neta positiva de l'altra esfera, produint com resultat un moviment del núvol d'electrons que se suma a l'alta (i caòtica) velocitat dels electrons que el formen. Podem imaginar el que ocorre com un desplaçament global del conjunt de tots els electrons lliures, produint un gran fregament amb la xarxa d'ions. La velocitat a què ocorre el desplaçament global del núvol d'electrons és molt xicoteta (sols de l'ordre de cm/s), encara que l'efecte es transmet molt ràpidament (és com quan xafem una mànega plena d'aigua per un extrem i observem que, de forma pràcticament instantània, ix aigua per l'altre extrem).

**A.12.** Per què en els metalls la resistència al corrent augmenta amb la temperatura?

En l'exemple que hem proposat, el moviment net dels electrons lliures tindrà lloc des de l'esfera amb càrrega neta negativa a l'altra esfera idèntica, però amb càrrega neta positiva. D'eixa forma, l'esfera de la dreta perd càrrega negativa que passa a través del cable a l'esfera de l'esquerra.













Fixem-nos que **el procés és del tot equivalent a dir que l'esfera de l'esquerra perd càrrega positiva i la de la dreta la guanya**. De fet, a causa d'una confusió històrica, es va assignar al corrent elèctric el sentit que correspondria a un moviment de càrregues positives. Actualment sabem que les càrregues positives dels àtoms es troben a l'interior del nucli i no poden desplaçar-se lliurement pel fil conductor però, atès que el moviment d'electrons en un sentit és, com hem vist, equivalent a un moviment de càrrega positiva en sentit contrari, en compte de rectificar-ho tot, es va preferir mantindre el sentit atribuït originàriament al corrent elèctric, de manera que:



A partir d'ara, quan ens referim al sentit del corrent elèctric, ho farem pensant en el desplaçament d'unes hipotètiques càrregues positives (sempre en sentit contrari al moviment real dels electrons).

En el sistema internacional la càrrega elèctrica es mesura en Coulombs. El símbol del Coulomb és C. Com 1 C és una càrrega molt gran, sovint s'utilitzen submúltiples com, per exemple, el microcoulomb ( $\mu\text{C}$ ) o milionèsima part del Coulomb:  $1\mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ . La mínima càrrega elèctrica que existeix és la d'un electró i val  $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  (la del protó és la mateixa però positiva).

**A.13.** Analitzeu cadascun dels següents casos i, tenint en compte el que acabem de dir, prediu cap a on aniria el sentit del corrent. En tots ells, el valor absolut de la càrrega  $Q_1$  és major que el de la càrrega  $Q_2$  (ambdues en valor absolut).

Situació proposada		Moviment dels electrons	Sentit del corrent
a)	$Q_1^+$    $Q_2^+$		
b)	$Q_1^+$    $Q_2 = 0$		
c)	$Q_1^-$    $Q_2^-$		
d)	$Q_1^+$    $Q_1^+$		

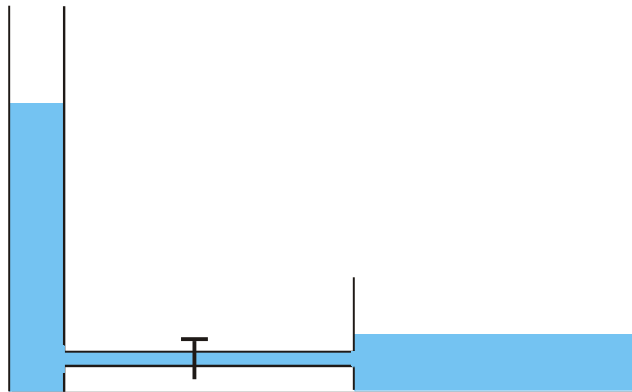
## 9. Electricitat

Una interpretació mínimament adequada de les situacions anteriors exigeix aprofundir un poc respecte de com es distribueix la càrrega elèctrica en un conductor. En primer lloc, hem de tindre en compte que, una càrrega neta positiva no vol dir que no hi haja electrons, sinó que hi ha menys electrons que protons. Això explica que en la situació **a**) passen electrons de l'esfera de la nostra dreta a la de l'esquerra, de forma que, segons l'acord adoptat, el corrent elèctric anirà en sentit contrari, perquè l'esfera de l'esquerra perdrà càrrega positiva i l'altra la guanyarà. Tot ocorre com si la càrrega positiva passara des d'on hi ha més (esfera esquerra) cap a on hi ha menys (dreta). D'ací endavant, doncs, parlarem sempre de moviment de càrrega positiva.

En el cas **b**) podem afirmar que el corrent anirà des de l'esfera de la nostra esquerra a la situada a la nostra dreta, perquè en l'última no hi ha càrrega **neta** positiva.

En el cas **c**), com que no hi ha càrrega neta positiva en cap de les dues esferes, podria parèixer que no pot existir un moviment de càrrega positiva, però si reflexionem un poc ens adonarem que, malgrat ésser les dues esferes idèntiques, la de l'esquerra té una càrrega neta negativa major que l'altra, raó per la qual hi haurà un moviment real d'electrons d'esquerra a dreta, fet que, com ja s'ha explicat, equival plenament a un transvasament de càrrega positiva en sentit contrari (de dreta a esquerra).

La interpretació del que ocorre en el cas **d**) és més complexa, perquè en la situació descrita ambdues esferes estan carregades positivament amb la mateixa càrrega neta. L'única diferència és la grandària de l'esfera. *Com és possible que en aquest cas es produïska també corrent?* Podem comprendre el que succeeix si considerem un problema semblant, però amb un corrent d'aigua:



En la situació representada a la figura, la quantitat d'aigua seria equivalent a la càrrega neta positiva i el corrent d'aigua que s'estableix, al corrent elèctric. La quantitat d'aigua continguda en els dos recipients és la mateixa, però el nivell és major en el recipient de l'esquerra (més estret) que en el de la dreta (més ample). Per aquest motiu, quan s'obri la clau central, es produirà un corrent d'aigua a través de la canonada, que sols cessarà quan els nivells d'aigua dels dos dipòsits s'igualen. Com major siga la diferència de nivell, més intens serà el corrent d'aigua que s'establisca. Aquest corrent porta associada una energia que pot ésser utilitzada per a realitzar diverses transformacions (per exemple moure unes paletes), apreciand-se que, com major siga la diferència de nivell, més energia podem obtindre per cada quilogram d'aigua que circula.

**A.14.** *Utilitzeu les idees introduïdes als paràgrafs anteriors per explicar els resultats experimentals arrellegats al quadre anterior.*



El **nivell de càrrega positiva** existent en cadascuna de les esferes anteriors és quelcom semblant al nivell d'aigua dels dipòsits de la figura. El corrent d'aigua sempre circula des d'on hi ha més nivell a on hi ha menys. Anàlogament succeeix amb el corrent elèctric, que sempre va des d'on el nivell de càrrega positiva és major a on és menor. El nivell de l'aigua ve donat per l'altura d'aigua existent, mentre el nivell de càrrega positiva està relacionat d'alguna manera amb la **densitat de càrrega positiva** existent. Diem que hi ha molt nivell de càrrega positiva quan aquesta es troba molt concentrada, és a dir, quan hi ha molta càrrega en molt poc espai.

A l'exemple **d)**, la càrrega és la mateixa, però el nivell de càrrega positiva és més alt a l'esfera xicoteta, perquè disposa de la mateixa càrrega (del mateix signe) en menor espai, raó per la qual el corrent va d'esquerra a dreta. Anàlogament es pot explicar qualsevol dels altres casos: En **a)**, el nivell de càrrega positiva és major en l'esfera de l'esquerra i el mateix ocorre en el cas **b)**; en canvi, en el **c)** el nivell de càrrega positiva és major en l'esfera de la dreta.

En resum, doncs: **“Com major siga la càrrega positiva neta i menys espai ocupe, major és el nivell de càrrega positiva existent”**

En electricitat s'utilitza una magnitud anomenada **potencial elèctric**, que és tant major quan major és el nivell de càrrega positiva. La unitat en què es mesura el potencial és el volt (V) i el seu símbol també és V. Dels exemples anteriors es dedueix que, **el corrent elèctric** (que interpretarem com un moviment de càrregues positives), **circularà per un fil conductor sempre que entre els seus extrems existisca una diferència de potencial i ho farà en el sentit de major a menor potencial.**

*A.15. Dues esferes metàl·liques estan carregades elèctricament de forma que tenen el mateix potencial elèctric a la superfície. ¿Hi hauria pas de corrent si les connectàrem mitjançant un fil conductor?*

*A.16. Dues esferes metàl·liques estan carregades elèctricament de forma que el potencial d'una d'elles,  $V_A$  és major que el potencial de l'altra,  $V_B$ . Si les connectàrem amb un fil conductor, quin seria el sentit del corrent? Quant penses que duraria el corrent? Com el podríem mantindre?*

*A.17. Un alumne afirma que els electrons lliures d'un conductor es mouen espontàniament de menor a major potencial. Esteu d'acord?*

L'existència d'una “caiguda” o diferència de potencial entre dos punts d'un fil conductor és, doncs, quelcom necessari perquè circule el corrent elèctric, anàlogament a com l'existència d'una caiguda o diferència d'altura és necessària perquè pugui haver-hi un corrent d'aigua. El problema és que, si connectàrem amb un fil conductor dues esferes metàl·liques a diferent potencial, el corrent que passaria pel fil cessaria ràpidament perquè els potencials d'ambdós esferes s'igualarien en una fracció de segon. Si volguérem que el corrent es mantinguera seria necessari que, d'alguna manera, mantinguérem constant la diferència de potencial. Una forma d'aconseguir açò seria que, segons la càrrega positiva va arribant al potencial més baix, fóra “pujada” de nou al potencial més alt (d'on va eixir).

## 9. Electricitat

### 4. EL GENERADOR DE CORRENT

Per mantindre el corrent elèctric s'utilitza un dispositiu, anomenat **generador elèctric** de corrent continu. Funciona de forma que, en connectar els extrems d'un fil conductor als seus **borns** o **pols** (contactes metàl·lics entre els que hi ha una diferència de potencial constant) circula pel fil un corrent que es manté. Perquè açò succeïska, el generador ha d'acomplir dues funcions:

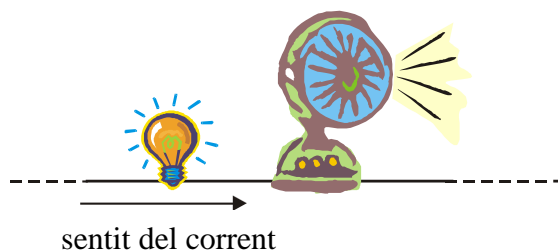
- ✓ Subministrar una diferència de potencial constant entre els seus borns.
- ✓ Traslladar pel seu interior la càrrega positiva que li va arribant al born negatiu (menor potencial) i portar-la al born positiu (major potencial).

D'acord amb el que acabem de dir, en un **circuit elèctric elemental**, que consta d'un generador i un fil conductor connectat als seus borns, la càrrega positiva realitza un trajecte tancat en el que podem diferenciar dues parts:

a) Quan la càrrega positiva circula per l'interior del generador des del potencial menor al major. Perquè açò succeïska, el generador ha d'aportar l'energia necessària per a "pujar-la" per dins de la pila des del potencial més baix (pol negatiu) al potencial més alt (pol positiu). És quelcom semblant al que fa una bomba hidràulica per elevar aigua.

b) Quan la càrrega positiva circula per l'exterior del generador (pel fil conductor) des del potencial major al menor. En aquest procés la càrrega positiva perd energia (la subministrada anteriorment pel generador) que, com veurem, es transfereix a l'exterior per mitjà de calor (el fil conductor s'escalfa).

Si en el fil conductor intercalem una bombeta apropiada, la calor és capaç de posar incandescent el filament de la bombeta i aquesta s'encén. Si intercalem un aparell elèctric (per exemple un ventilador) podem aprofitar part de l'energia associada al corrent elèctric per fer-lo funcionar (en aquest cas per fer girar les aspes del ventilador). És quelcom semblant al que ocorre quan, en un corrent d'aigua situem, per exemple, una roda de paletes (sènia) i aprofitem l'energia associada al corrent d'aigua per fer funcionar un molí hidràulic.

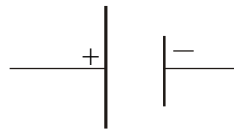


Els generadors més comuns són els coneguts com "piles" o "bateries". En les etiquetes de les piles ve marcada la diferència de potencial existent entre els seus borns (quan estan desconnectades). És habitual trobar piles de 1,5 V, 4,5 V, etc. En tots els casos, l'energia que aporta la pila per aconseguir que la càrrega positiva circule per dins d'ella, prové de les reaccions químiques que ocorren al seu interior. Per aquest motiu, segons els reactius que s'utilitzen, hi ha piles que es denominen "salines", "alcalines", etc. Aquest tipus de generador es "consumeix" amb l'ús perquè els reactius van acabant-se. Ara bé, també hi ha piles recarregables en les que (subministrant energia) s'aconsegueix invertir el procés químic, de forma que els productes de la reacció es tornen a transformar en els reactius originals. Un exemple d'aquestes piles són les que porten els telèfons mòbils.

Les piles poden contindre substàncies químiques tòxiques que contaminen el medi ambient (metalls pesats com cadmi, mercuri, níquel, etc.) i són molt tòxiques per als éssers vius. Per això és preferible utilitzar sempre piles recarregables i no tirar les usades al fem, sinó dipositar-les en contenidors apropiats.

Altres generadors molt utilitzats són els “adaptadors” que, a diferència de les piles, no són autònoms sinó que sols funcionen en connectar-los a la xarxa.

Independentment del tipus de generador, es representen esquemàticament sempre igual:



En la figura anterior el punt connectat a la ratlla més llarga representa el born del generador de major potencial (per aquesta raó se l'assenyala amb un signe + i sol anomenar-se “pol positiu”), mentre el punt connectat a la ratlla més curta representa el born de menor potencial (raó per la qual s'assenyala amb un signe – i sol designar-se com “pol negatiu”).

## 5. MESURA DEL CORRENT ELÈCTRIC: INTENSITAT DEL CORRENT

Donats dos conductors pels quals circula corrent elèctric, és evident que circularà un corrent més intens per aquell, la secció transversal del qual, siga travessada per una quantitat de càrrega major en el mateix temps.

Si per mesurar la càrrega “q” que passa per una secció transversal donada d'un cable mesurarem els electrons que la travessen en, per exemple un segon, és evident que obtindríem quantitats enormes. Aquest inconvenient s'evita si mesurem la càrrega en una unitat anomenada coulomb (C), perquè 1 C equival, aproximadament, a 6'25 trilions d'unitats de càrrega (entenent per unitat de càrrega una de les hipotètiques càrregues positives que suposem formen el corrent elèctric).

Tot seguit, ens plantejarem com podem expressar la intensitat d'un corrent en funció de la càrrega elèctrica i el temps.

**A.18.** *Tenim dos fils conductors (que anomenarem A i B). La càrrega que travessa una secció transversal donada de l'A en 3 segons, és de 4'5 C mentre que, en el cas B, és de 6 C (també en 3 segons). Raoneu en quin és més intens el corrent.*

**A.19.** *Tenim dos fils conductors (que anomenarem B i D). Es comprova que, una càrrega de 6 C tarda 3 segons a travessar una secció transversal donada del conductor B, mentre que la mateixa quantitat de càrrega tarda només 2 segons en el cas del D. Raoneu en quin és més intens el corrent.*

Fins ací ha estat fàcil raonar per quin de dos conductors passava més intensitat de corrent, perquè o bé el temps considerat era el mateix, o bé ho era la càrrega considerada però, ¿què hem de fer quan les càrregues i els temps són diferents?, ¿com podrem comparar en aquest cas?

## 9. Electricitat

**A.20.** *Suposem que, per una secció transversal donada d'un fil conductor A, passa una càrrega de 0'65 C en un temps de 0'2 s, mentre que, en altre B, la càrrega és de 4'5 C i el temps 1'5 s. Per quin dels dos passa major intensitat de corrent? A continuació, proposeu una expressió (una fórmula) que servisca per calcular la intensitat d'un corrent.*

En aquest cas les càrregues i el temps són diferents. Una forma de poder comparar serà trobar la quantitat de càrrega que passa durant un segon en cadascun d'ells. Per fer-ho, caldrà dividir la càrrega que tinguem entre el temps, d'eixa forma sabrem quants coulombs "li toquen" a cada segon.

Si ho fem així obtenim que:

Per a l'A:  $I_A = q_A / \Delta t_A = 0'65 / 0'2 = 3'25 \text{ C/s}$ ;      Per al B:  $I_B = q_B / \Delta t_B = 4'5 / 1'5 = 3 \text{ C/s}$

Per tant, pel fil A passa més intensitat de corrent que pel B. En general, per calcular la intensitat d'un corrent que passa per un fil conductor (quan aquesta és sempre la mateixa), podem ajudar-nos de l'expressió:

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

En l'expressió anterior, I és la intensitat del corrent, q la càrrega que travessa una secció determinada del conductor i  $\Delta t$  el temps en què s'ha mesurat la càrrega.

La unitat internacional per mesurar la intensitat de corrent és l'amper (A). Un corrent d'1 A significa que, mentre el corrent es mantinga constant, per una secció transversal donada del fil conductor passarà 1 C de càrrega cada segon (o el que és equivalent,  $6'25 \cdot 10^{18}$  unitats de càrrega cada segon).

També és habitual utilitzar el mil·liamper (mA) o mil·lèsima part de l'amper ( $1A = 10^3 \text{ mA}$ ).

La intensitat del corrent que recorre el circuit existent en una llanterna pot ésser de l'ordre d'uns 440 mA. D'altra banda, una intensitat de corrent major de 10 mA circulant pel nostre cos, pot ocasionar-nos greus trastorns.

**A.21.** *Què significa una intensitat de 5 A? Quina càrrega circularà en un minut per un conductor recorregut per un corrent d'aquesta intensitat? R. 300 C*

**A.22.** *Quant de temps ha d'estar circulant un corrent de 0'5 A per a què una secció transversal d'un conductor determinat siga travessada per una càrrega total de 2'5 C? R. 5 s.*

**A.23.** *Quant de temps ha d'estar circulant per un fil conductor un corrent de 500 mA per a què una secció transversal donada d'aquest siga travessada per una càrrega de 3 C? ¿Quants electrons hauran travessat la secció durant eixe temps? En quin sentit es mouen? R. 6 s i  $1'87 \cdot 10^{19}$  electrons*

## 6. INSTRUMENTS DE MESURA

La intensitat de corrent es pot mesurar amb uns instruments anomenats amperímetres, els quals es col·loquen de manera que les càrregues del corrent, del qual es vol mesurar la intensitat, passen totes per ell (aquest tipus de connexió s'anomena "en sèrie"). Aquests aparells tenen dos contactes marcats l'un amb un signe + i l'altre amb un signe -, de manera que, perquè funcionen correctament el corrent els ha d'arribar pel contacte marcat com positiu i eixir pel marcat com negatiu.

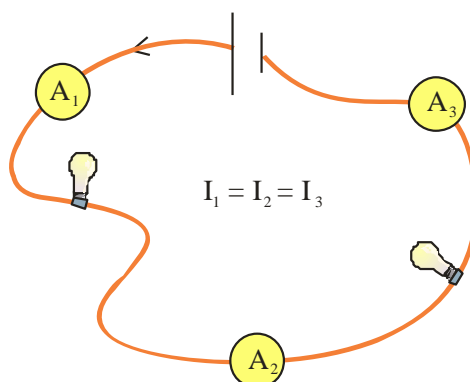
**A.24.** L'esquema següent representa dos amperímetres intercalats en sèrie abans i després d'una bombeta. Assenyalau vertader o fals a continuació de cadascuna de les proposicions següents:



- La intensitat que mesurarà el primer amperímetre serà major que la que mesura el segon.
- La intensitat que mesurarà el primer amperímetre serà igual que la que mesura el segon.
- La intensitat que mesurarà el primer amperímetre serà menor que la que mesura el segon.

És important tindre en compte que el corrent que circula per un conductor no es va "gastant" segons el recorre (ni tan sols encara que hi haja aparells elèctrics funcionant connectats en sèrie). La càrrega elèctrica que entra cada segon, per exemple en una bombeta, és la mateixa que la que ix d'aquesta cada segon. Ho podem comprovar fent el muntatge experimental suggerit en l'esquema anterior i comprovant experimentalment que els dos amperímetres mesuren el mateix valor de la intensitat del corrent.

En l'esquema següent s'ha representat un circuit elèctric amb tres amperímetres (que, necessàriament, marcaran la mateixa intensitat).



Altre instrument de mesura és el voltímetre. S'utilitza per mesurar la diferència de potencial (d.d.p.) entre dos punts d'un circuit. En particular, es pot fer servir per mesurar la diferència de potencial que el generador subministra entre els extrems d'un conductor que estiga connectat a ell. A diferència de l'amperímetre, per situar un voltímetre no cal interrompre el circuit, perquè es connecta entre els dos punts dels quals volem mesurar la diferència de potencial (a aquest tipus de connexió l'anomenem "en paral·lel" o "derivació").

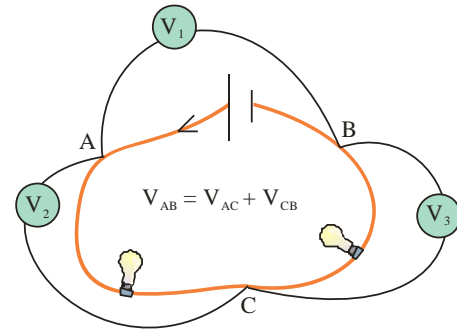
## 9. Electricitat

El voltímetre  $V_1$  mesura la d.d.p. entre A i B:  $V_{AB} = V_A - V_B$

El voltímetre  $V_2$  mesura la d.d.p. entre A i C:  $V_{AC} = V_A - V_C$

El voltímetre  $V_3$  mesura la d.d.p. entre C i B:  $V_{CB} = V_C - V_B$

S'acomplirà que:  $V_{AB} = V_{AC} + V_{CB}$



## 7. LLEI D'OHM PER A UN FIL CONDUCTOR

**A.25.** *¿De quins factors cal esperar que depenga el valor de la intensitat del corrent elèctric que passa per un fil conductor?*

D'acord amb el que hem vist fins ací, podem pensar que la intensitat dependrà, en principi, de la temperatura, de la diferència o caiguda de potencial existent entre els extrems del fil i de la naturalesa del propi fil.

La temperatura influirà de manera que, en augmentar (mantenint constants els altres factors) disminuirà la intensitat del corrent, perquè els ions metàl·lics positius vibren amb més intensitat, dificultant més el desplaçament global del mar d'electrons.

Respecte de la diferència de potencial entre els extrems del fil, podem pensar que, com major siga aquesta, major serà també la intensitat (sempre mantenint iguals la resta de factors), de forma anàloga a com ocorre amb un corrent d'aigua, que és més intens com major és el pendent o diferència de nivell pel qual circula.

Finalment, la naturalesa del fil també ha d'influir, perquè no ha d'ésser igual (per a una temperatura i diferència de potencial donades) que s'utilitze un fil de coure, que un fil de ferro o de plata, ja que hi ha metalls que condueixen l'electricitat millor que altres. A més, tampoc serà igual que el fil siga més o menys gros o més o menys llarg.

**A.26.** *Proposeu a mena d'hipòtesi una relació, el més senzilla possible, entre la diferència de potencial existent entre els extrems d'un fil conductor i la intensitat del corrent que passa per ell. Tot seguit, suggeriu alguna forma de contrastar la vostra hipòtesi.*

La relació matemàtica més senzilla que reflecteix la idea que, a major diferència de potencial, major intensitat de corrent, és la d'una proporcionalitat directa entre ambdós magnituds, açò és:

$$V = R \cdot I$$

R és una constant de proporcionalitat, I la intensitat del corrent i V la diferència de potencial<sup>1</sup>.

La relació anterior es pot escriure també en la forma:  $\frac{V}{I} = R$

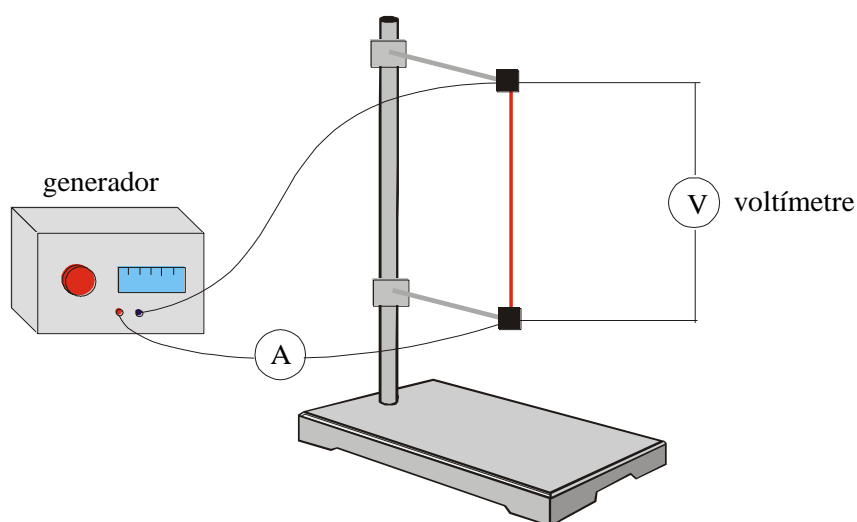
Donem-nos compte que, si la relació anterior és certa, significa que, si augmentem la diferència

<sup>1</sup> És habitual en corrent elèctric designar com V a la diferència de potencial

de potencial, també haurà d'augmentar la intensitat del corrent per que el quocient continue donant sempre el mateix nombre (la constant  $R$ ).

*A.27. Suggeriu un procediment senzill per comprovar al laboratori la hipòtesi anterior.*

Podem utilitzar un generador de tensió variable, un fil conductor determinat, un voltímetre i un amperímetre. El procediment consistirà a connectar el fil (amb l'amperímetre intercalat) al generador i mesurar la intensitat del corrent obtingut per a diferències de potencial entre els extrems del fil (que mesurarem amb el voltímetre).



Com és lògic, sempre haurem d'utilitzar el mateix fil (per a mantindre constant la seua naturalesa i dimensions, ja que, si varien, influïrien en la intensitat que volem mesurar).

Arreplegarem els valors de les diferències de potencial i de les intensitats corresponents en una taula com la següent:

V (V)	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
I (A)	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$

Si la hipòtesi de partida és certa, els distints quocients  $V/I$  hauran de donar pràcticament el mateix resultat (que serà la constant  $R$ ).

¿Què ocurriria si tornàrem a realitzar la mateixa experiència, però amb un altre conductor, fet d'un material distint (mantenint igual la resta de valors)?

Podem comprovar que, en aplicar les mateixes diferències de potencial, les intensitats són distintes i els quocients  $V/I$  donaran el mateix resultat en tots els casos (encara que diferent de l'obtingut per a l'altre conductor). Després, en general, cada conductor presentarà un valor distint de la constant de proporcionalitat  $R$  (depenent de la naturalesa i característiques del material de què estiga fet).

Altra forma (més correcta) de comprovar la hipòtesi, és representar gràficament els valors de  $V$  front als d' $I$  i comprovar si s'ajusten o no a una línia recta. Si això és així significa que la intensitat del corrent varia amb la diferència de potencial en la forma que s'havia suposat.

## 9. Electricitat

A.28. Un grup d'alumnes realitzà una experiència com la proposada anteriorment, utilitzant fil de nicrom d'una longitud i secció determinades, obtenint els següents resultats:

V (V)	0'1	0'2	0'4	0'5	0'6
I (A)	0'9	2	3'8	5'2	6

Comproveu si els anteriors valors recolzen o no la validesa de l'expressió  $\frac{V}{I} = R$

La relació anterior:  $\boxed{\frac{V}{I} = R}$

ha estat confirmada reiteradament per diversos experiments per a distints conductors i s'anomena **lleï d'Ohm** per a un fil conductor.

A.29. Raoneu el significat físic de la constant  $R$  de la lleï d'Ohm. Analitzeu què indicaria un valor de  $R$  alt o baix en l'equació que representa l'esmentada lleï.

Si apliquem als extrems de conductors iguals (però de diferent material) la mateixa diferència de potencial, apreciarem que, per cadascun d'ells circula una intensitat distinta, de manera que, aquell pel qual circula major intensitat és perquè ofereix una resistència menor al pas del corrent (i la constant  $R$  és menor). Per aquesta raó a  $R$ , l'anomenem **resistència elèctrica** del conductor.

La unitat de mesura de la resistència serà V/A. Rep el nom d'ohm (i se simbolitza per  $\Omega$ ), de manera que  $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ .

Podem definir l'ohm com la resistència d'un fil conductor tal que, en aplicar-li una diferència de potencial d'1 V, circule per ell una intensitat d'1 A.

A.30. Quan un fil conductor es connecta a una diferència de potencial de 12 V, passa a través d'ell una intensitat de 300 mA. Quina resistència ofereix al pas del corrent? R. 40  $\Omega$

A.31. Quina intensitat de corrent passarà per un fil conductor de resistència  $R = 20 \Omega$  quan es connecte a una diferència de potencial de 220 V? R. 11 A.

A.32. Per una resistència de 225  $\Omega$  passa una intensitat de 20 mA. Quant val la diferència de potencial entre els seus extrems? R. 4'5 V

## 8. FACTORS DE QUÈ DEPÉN LA RESISTÈNCIA D'UN FIL CONDUCTOR

A.33. La resistència que un fil conductor presenta al pas del corrent podria dependre de la naturalesa i les dimensions (longitud i grossor) del mateix. Tracteu d'aprofundir un poc més en aquesta hipòtesi, assenyalant com cal esperar que influisca la longitud d'un cert fil conductor en la resistència al pas del corrent. Tot seguit, feu el mateix respecte al grossor.

En principi podem pensar que, com més llarg siga el fil, hi haurà més xocs entre els electrons lliures i els ions positius del metall, augmentant per tant la resistència. D'altra banda, si el fil és gros, podem imaginar que els electrons lliures es mouran amb més facilitat (anàlogament al que



li ocorre als vehicles quan circulen per una carretera molt ampla, amb molts carrils), de manera que com major siga la secció del fil menor serà la resistència.

**A.34.** *Dissenyeu un experiment que permeta comprovar les hipòtesis anteriors.*

Per comprovar la validesa de les hipòtesis anteriors podem, en primer lloc, agafar diversos conductors del mateix material i grossor, de longituds  $L$ ,  $2L$ ,  $3L$ , etc. Si mesurem experimentalment les seues resistències obtindrem valors de  $R$ ,  $2R$ ,  $3R$ , etc., amb la qual cosa concloem que, efectivament, com havíem suposat, la resistència  $R$  i la longitud  $L$  són directament proporcionals.

En segon lloc, podem prendre diversos conductors del mateix material i longitud però amb seccions (grossors)  $S$ ,  $2S$ ,  $3S$ , etc. Mesurem experimentalment les seues resistències i obtenim  $R$ ,  $R/2$ ,  $R/3$ , etc. Açò ens permet concloure que, efectivament, com havíem suposat, la resistència i la secció o grossor del fil són inversament proporcionals.

Finalment, podem agafar conductors de la mateixa longitud i grossor, però de diferent material. En determinar experimentalment les resistències s'obtenen valors diferents, la qual cosa confirma que la resistència també depèn de la naturalesa del conductor.

Els tres resultats experimentals anteriors es troben implícits en la següent expressió:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

En l'anterior expressió,  $\rho$  és una constant de proporcionalitat, el valor de la qual depèn de la naturalesa (material) del fil conductor i que rep el nom de resistivitat. En ella és fàcil veure que si, per exemple, la longitud es fa el doble, la resistència també es duplicarà, però que si la secció es fa el doble, la resistència es reduirà a la meitat.

**A.35.** *Quin significat físic té la resistivitat? En quina unitat es mesura en el sistema internacional?*

Si en l'expressió obtinguda fem  $L = 1\text{m}$ , i  $S = 1\text{ m}^2$ , ens queda que  $R = \rho$ . Per tant el valor d'aquesta constant per a un material donat coincideix amb el de la resistència que presentaria al pas del corrent un cable de l'esmentat material, que tinguera  $1\text{ m}$  de llarg i  $1\text{ m}^2$  de secció. Com menor siga la resistivitat d'un material millor conductor resulta. Si en la fórmula aïllem  $\rho$  i ens fixem en les unitats, veurem que ens queda  $\Omega \cdot \text{m}$ .

**A.36.** *Què significa que la resistivitat del coure a  $20\text{ }^\circ\text{C}$  és d'  $1'69 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$ ?*

D'acord amb els raonaments anteriors, significa que la resistència que ofereix al pas del corrent cada metre de cable de coure d' $1\text{ m}^2$  de secció és d'  $1'69 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$  (s'especifica la temperatura perquè, segons hem vist, també influeix en la major o menor resistència al pas del corrent, per tant, la resistivitat d'un conductor metàl·lic dependrà de la temperatura a què s'hi trobe).

## 9. Electricitat

Resistivitat d'alguns materials a temperatura ambient (20°C)	
Material	Resistivitat ( $\Omega \cdot m$ )
Plata	$1'62 \cdot 10^{-8}$
Coure	$1'69 \cdot 10^{-8}$
Alumini	$2'75 \cdot 10^{-8}$
Ferro	$9'68 \cdot 10^{-8}$
Nicrom	$100 \cdot 10^{-8}$
Vidre	Entre $10^{10}$ i $10^{14}$
Suro blanc	Major de $10^{14}$

**A.37.** Dels materials de la taula anterior, quin condueix millor el corrent elèctric? Quins es poden considerar aïllants?

**A.38.** Quina secció mínima ha de tindre un fil de coure de 20 m per a què la seua resistència no supere  $0'1 \Omega$ ? Doneu el resultat en  $m^2$  i en  $mm^2$ . Quin seria el diàmetre en mm?

R.  $S = 3'38 \cdot 10^{-6} m^2 = 3'38 mm^2$ ;  $D = 2'1 mm$ .

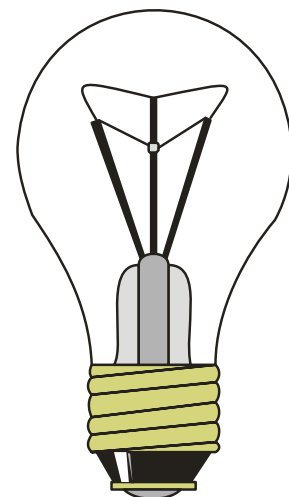
**A.39.** Un fil d'aram de nicrom té una secció de  $2'5 mm^2$ . Quina longitud haurem d'agafar per fabricar amb ell una resistència de  $100 \Omega$ ? R:  $L = 250 m$ .

**A.40.** En mesurar la resistència d'una mina de llapis de 12 cm de longitud i un diàmetre d'1 mm, a  $20^\circ C$ , s'ha obtingut un valor de  $5'35 \Omega$ . Suposant que estiguera feta només de grafit, determineu la resistivitat del grafit. R.  $\rho = 3'5 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot m$

**A.41.** Calculeu la longitud de fil de coure i de fil de nicrom de  $0'8 \cdot 10^{-7} m^2$  de secció cadascun, que caldrà per fabricar una resistència de  $100 \Omega$ . (busqueu a la taula anterior les dades necessàries). R.  $L_{coure} = 4734 m$ ;  $L_{nicrom} = 80 m$ .

En els circuits elèctrics i electrònics que constitueixen la majoria dels aparells que utilitzem diàriament, apareixen uns elements coneguts com resistències, que no són altra cosa que conductors (enrotllats formant un xicotet cilindre) amb un valor determinat de resistència. La presència d'aquestes resistències és necessària perquè la intensitat de corrent siga l'adequada per un correcte funcionament de l'aparell.

Les conegudes “bombetes” de filament incandescent no són més que un tros de conductor amb una resistència, que es posa incandescent quan circula per ella una intensitat determinada, emetent llum. En aquestes bombetes es perd molta energia mitjançant calor, pel que són molt poc eficients. A més, si es comparen amb altres la seva relació entre durada i preu és menor. Convé substituir totes per altres de baix consum (o millor de LEDs) el més aviat possible.



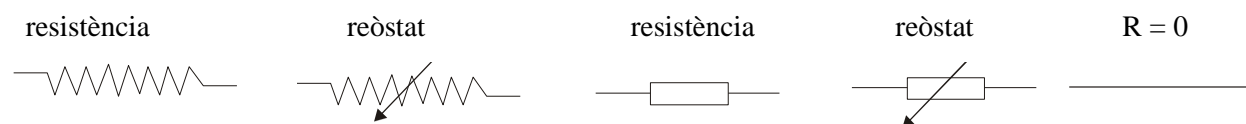
## 9. REPRESENTACIÓ ESQUEMÀTICA D'UN CIRCUIT DE CORRENT CONTINU

Per representar de forma esquemàtica un circuit de corrent continu s'utilitzen uns símbols que convé conèixer.

Com ja hem vist, un generador de corrent se simbolitza per dos segments de distinta longitud, verticals i paral·lels. Quan el generador és capaç de subministrar distintes diferències de potencial entre els seus borns, s'afegeix al símbol anterior una fletxa, com s'indica a continuació:



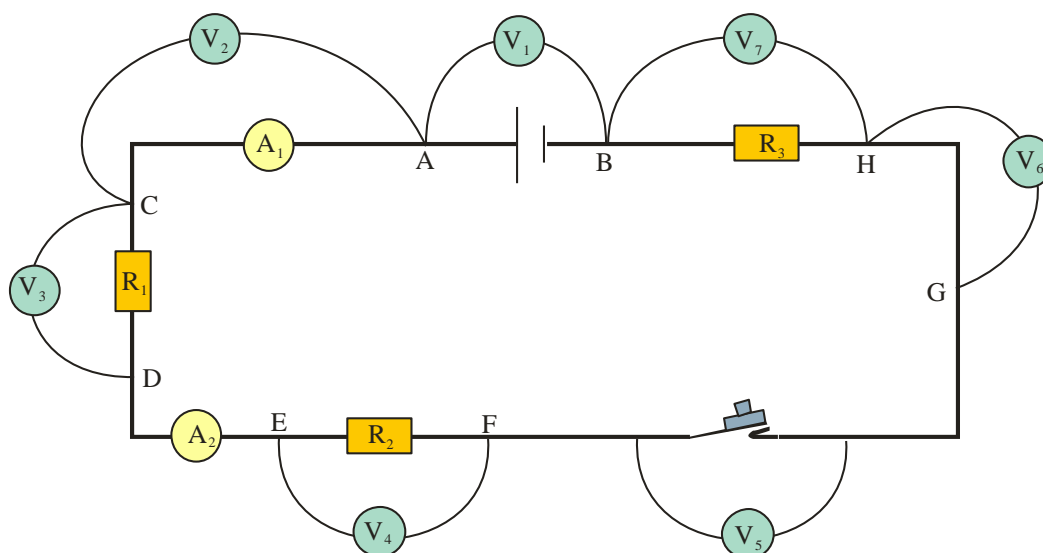
Un fil conductor de resistència elèctrica apreciable sol simbolitzar-se com una línia trencada, o simplement com un rectangle xicotet. Si la resistència és variable (s'anomena llavors reòstat), s'afegeix una fletxa com s'indica a continuació. Convé tindre en compte que, sempre que la resistència es pugui considerar menyspreable (pràcticament nul·la), es representarà per mitjà d'una línia recta; per tant, en aquells trams de l'esquema d'un circuit en què hi haja una línia recta es considera que no hi ha resistència.



Una bombeta es pot representar de distintes formes. Una d'elles és mitjançant un cercle amb un aspa dins i altra, com una simple resistència.



A més també és usual el símbol que representa un interruptor, com es pot veure al circuit següent:



## 9. Electricitat

*A.42. Com podem interpretar que tots els instruments de mesura del circuit anterior marquen ZERO excepte  $V_1$  i  $V_5$ ? Per què  $V_1$  i  $V_5$  marquen el mateix?*

Si l'interruptor no està connectat (circuit obert), no hi haurà pas de corrent. Convé tindre-ho present ja que algunes persones pensen, **equivocadament**, que encara que l'interruptor no estiguera connectat sí que hi hauria corrent des del born positiu de la pila cap a l'interruptor, encara que, en arribar al mateix, s'interrompria. Perquè circule un corrent elèctric estacionari per un conductor ha d'haver-hi una diferència de potencial entre els seus extrems. Si l'interruptor està obert, el potencial elèctric en el punt F té el mateix valor que en el born positiu de la pila; mentre que el potencial en el punt G té el mateix valor que en el born negatiu de la pila. Tots els instruments de mesura marcaran doncs, 0, excepte els voltímetres  $V_1$  i el  $V_5$ , que assenyalaran la diferència de potencial que el generador és capaç de subministrar.

*A.43. Què indicarà cadascun dels instruments de mesura col·locats en el circuit anterior quan estiga tancat?*

Si l'interruptor està connectat (circuit tancat), circularà corrent i els dos amperímetres marcaran el mateix (la intensitat que recorre el circuit). D'altra banda:  $V_1 \rightarrow V_A - V_B$ ;  $V_2 \rightarrow V_A - V_C = 0$ ;  $V_3 \rightarrow V_C - V_D$ ;  $V_4 \rightarrow V_E - V_F = V_D - V_F$ ;  $V_5 \rightarrow V_F - V_G = 0$ ;  $V_6 \rightarrow V_G - V_H = 0$  i, finalment  $V_7 \rightarrow V_H - V_B$ .

Com es pot veure, hem considerat que la resistència elèctrica en cada tram recte de l'esquema és nul·la (fins i tot quan el tram recte continga un amperímetre, ja que la resistència d'aquest instrument és menyspreable). Això implica que el potencial elèctric en tots els punts d'un mateix tram recte de l'esquema és el mateix. Per això, per exemple,  $V_A - V_C = I \cdot R = I \cdot 0 = 0$ .

Finalment, cal saber que la resistència elèctrica dels voltímetres és molt gran, de forma que el corrent que passa per ells és menyspreable (el just perquè funcionen) i podem considerar que, per exemple, el corrent que ix del pol positiu de la pila té pràcticament la mateixa intensitat que el corrent que circula a través de l'amperímetre  $A_1$  (encara que, en realitat una molt xicoteta part d'ella, quan arriba al punt A es desvia i passa pel voltímetre  $V_2$ ).

*A.44. Si en el circuit anterior el corrent que ix del pol positiu de la pila té una intensitat de 2 A, quina intensitat passarà per  $A_1$ ,  $R_1$ ,  $A_2$ ,  $R_2$  i  $R_3$ ?*

La intensitat de corrent que ix d'una pila no només depèn de la pila, sinó també del que es connecte a aquesta. Però, una vegada que es tanca el circuit, donades les característiques dels amperímetres, voltímetres i resistències (que hem comentat anteriorment), podem afirmar que la intensitat de corrent que travessarà tots els elements del circuit connectats en sèrie, serà la mateixa. Per tant, per  $A_1$ ,  $R_1$ ,  $A_2$ ,  $R_2$ , i  $R_3$  passarà una intensitat de 2 A. Si canviem el valor d'una de les resistències, la intensitat de corrent que ix de la pila també canviarà a un altre valor (per exemple 1'5 A), però el nou valor serà també el mateix en cadascun dels elements anteriors.

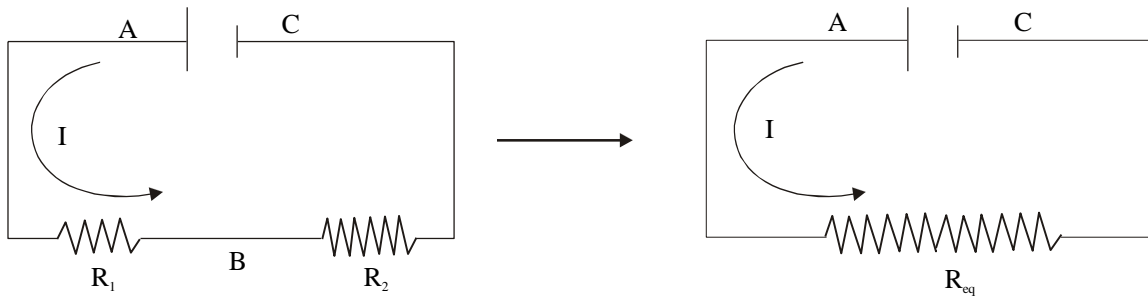
## 10. ASSOCIACIÓ DE RESISTÈNCIES

Al mercat hi ha resistències de distints valors, fabricades expressament. Es poden utilitzar en els circuits elèctrics perquè la intensitat del corrent prenga el valor que ens convinga. Però, com sols es fabriquen certs valors estàndard, en molts casos hem de recórrer a combinar-les entre elles per obtenir resistències equivalents de distint valor. Veurem a continuació dues formes de combinar resistències: en sèrie i en paral·lel.

### 10.1. Resistència equivalent a diverses resistències en sèrie

**A.45.** En el circuit de la figura adjunta s'han col·locat dues resistències  $R_1$  i  $R_2$  connectades en sèrie. Aplicant la llei d'Ohm i tenint en compte que la intensitat de corrent que circula per cada resistència és la mateixa, mentre que la caiguda total de potencial entre A i C és la suma de la caiguda de potencial entre els extrems de cada resistència, dedueix el valor de la resistència equivalent a les dos.

(Nota: Anomenem resistència equivalent d'una associació de resistències a aquella que, en substituir a les associades, fa que pel circuit circule la mateixa intensitat que abans).



Podem escriure que:  $(V_A - V_C) = (V_A - V_B) + (V_B - V_C)$

Aplicant la llei d'Ohm a cadascuna de les diferències de potencial, tindrem que:

$$I \cdot R_{eq} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2$$

i dividint els dos membres de l'equació per I:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Si en compte de dues, hagueren sigut més resistències, totes elles en sèrie, el resultat hauria estat el mateix (la suma de totes les resistències). Per tant:

**La resistència equivalent de diverses resistències en sèrie és igual a la suma de totes elles.**

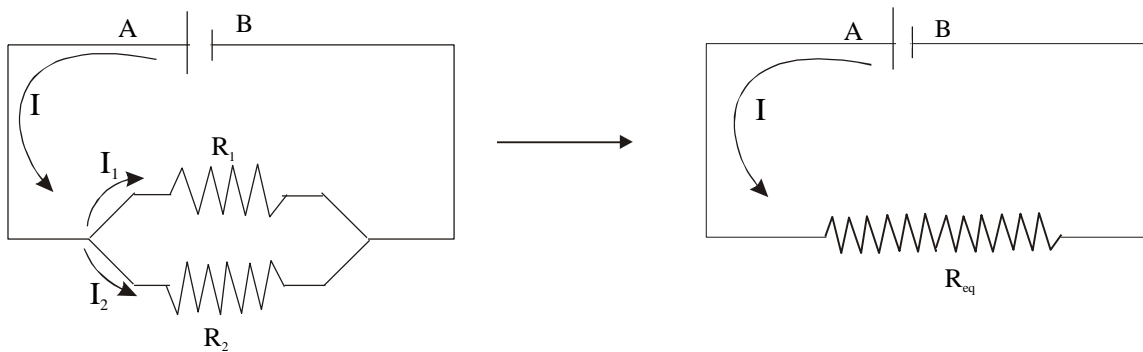
**A.46.** Com podríem comprovar experimentalment la conclusió anterior?

Sols hauríem de col·locar en un circuit dues resistències en sèrie i mesurar la intensitat que circula per elles. A continuació es lleven i es posa una sola resistència igual a la suma de les anteriors i es torna a mesurar la intensitat, comprovant que el valor obtingut és el mateix que abans.

### 10.2. Resistència equivalent a diverses resistències en paral·lel

**A.47.** Un circuit està format per dues resistències  $R_1$  i  $R_2$  connectades en paral·lel (vegeu figura següent). Aplicant la llei d'Ohm i tenint en compte que la diferència de potencial entre els extrems de cada resistència és la mateixa, mentre que la intensitat de corrent  $I$  és la suma de la intensitat  $I_1$  que passa per  $R_1$  i de la intensitat  $I_2$  que passa per  $R_2$ , dedueix el valor de la resistència equivalent a  $R_1$  i  $R_2$ .

## 9. Electricitat



Si entre A i B sols hi haguera una resistència que fóra equivalent a les dues anteriors, s'acompliria que:

$$(V_A - V_B) = I \cdot R_{eq} \longrightarrow I = \frac{(V_A - V_B)}{R_{eq}}$$

Com la intensitat del corrent s'ha de conservar, s'ha de complir que:

$$I = I_1 + I_2.$$

Substituint, en aquesta última expressió, les intensitats pel seu valor, determinat per aplicació de la llei d'Ohm:

$$\frac{(V_A - V_B)}{R_{eq}} = \frac{(V_A - V_B)}{R_1} + \frac{(V_A - V_B)}{R_2}$$

Dividint ara per  $(V_A - V_B)$  als dos costats de la igualtat, ens queda:

$$\boxed{\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Si en compte de dues hi haguera més resistències, totes elles en paral·lel, el resultat hauria estat semblant. Per tant:

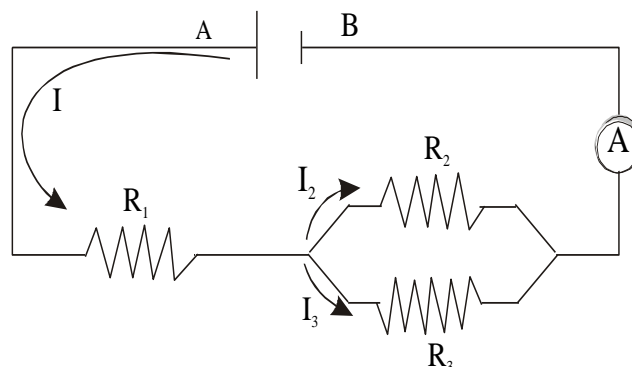
**La inversa de la resistència equivalent a diverses resistències en paral·lel és la suma de les inverses de totes les resistències.**

És fàcil comprovar que, sempre que s'associen diverses resistències en sèrie, la resistència equivalent a totes elles tindrà un valor major que el de qualsevol de les associades, mentre que en el cas d'associació en paral·lel ocorre el contrari: la resistència equivalent té sempre un valor menor que el de qualsevol de les associades.

**A.48.** La intensitat que marca l'amperímetre del circuit adjunt és de 2 A; les resistències  $R_1$  i  $R_2$  valen 20 ohms cadascuna i  $R_3 = 5 \Omega$ . Es demana:

- Resistència equivalent a les tres
- Intensitat que passarà per cadascuna.

R. a) 24  $\Omega$ ; b)  $I_1 = 2$  A,  $I_2 = 0'4$  A,  $I_3 = 1'6$  A

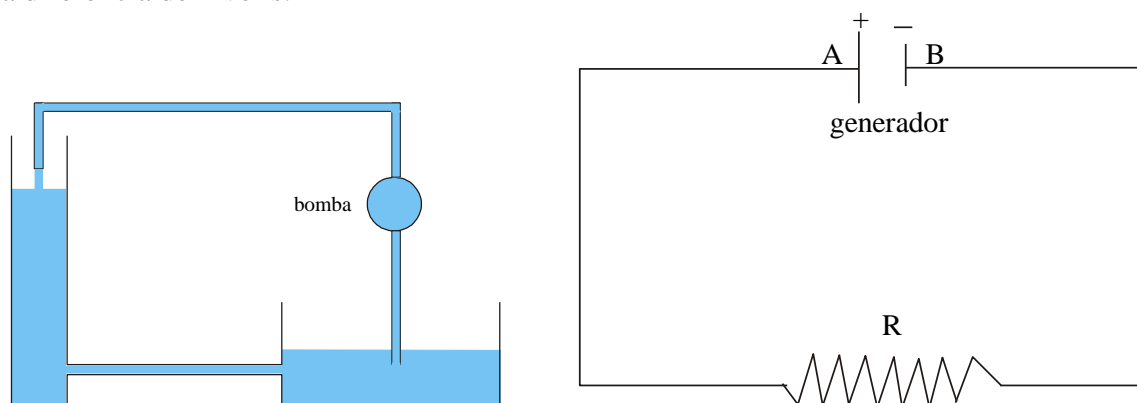


## 11. BALANÇ ENERGÈTIC D'UN CIRCUIT ELEMENTAL. EFECTE JOULE

Com ja hem vist, per a què es mantinga la intensitat de corrent en un circuit, el generador ha d'estar contínuament aportant una energia. Aquesta energia és necessària per traslladar, per l'interior del generador, la càrrega positiva que li arriba al born de menor potencial i "pujar-la" fins al born de major potencial.

*A.49. De què pot dependre l'energia subministrada pel generador?*

Per respondre a la qüestió anterior hem de recordar l'analogia entre un circuit elèctric i un circuit "hidràulic" en el que circulava aigua entre dos dipòsits comunicats i amb distint nivell. En l'últim cas, per mantindre circulant el "corrent d'aigua", ens calia disposar d'una bomba hidràulica que subministrara l'energia necessària per portar l'aigua que arriba al dipòsit de nivell més baix fins al de nivell més alt. Aquesta energia serà major com més aigua calga pujar i major siga la diferència de nivells.



Anàlogament, en el cas elèctric, l'energia subministrada pel generador dependrà de la diferència de potencial entre els borns i de la quantitat de càrrega que es trasllada, sent tant major com majors siguin ambdues magnituds. Concretament l'expressió amb la qual es pot avaluar aquesta energia és:

$$E = q \cdot V$$

En la que "q" és la càrrega que es trasllada i  $V = (V_A - V_B)$  la diferència de potencial existent entre els borns del generador.

Com la càrrega "q" està relacionada amb la intensitat I de corrent i l'interval de temps  $\Delta t$  que estiga circulant aquesta intensitat, a partir de la relació  $q = I \cdot \Delta t$ , podem escriure que:

$$E = I \cdot V \cdot \Delta t$$

Com es tracta, en aquest cas, d'un circuit elemental en què entre els extrems del generador sols hi ha una resistència elèctrica, podem aplicar la llei d'Ohm a l'expressió anterior, obtenint fàcilment que:

$$E = I^2 \cdot R \cdot \Delta t \quad \text{o bien:} \quad E = \frac{V^2 \cdot \Delta t}{R}$$

## 9. Electricitat

*A.50. Què succeeix amb l'energia aportada pel generador al circuit elemental que venim considerant?*

L'energia que va subministrant el generador la va adquirint la càrrega en ésser situada a major potencial elèctric (es coneix com energia potencial elèctrica), però eixa càrrega no es queda ací, sinó que circula pel fil conductor, fora del generador, fins tornar al born de menor potencial. És a dir, en el trajecte ha “perdut” l'energia que li havia subministrat el generador.

*A.51. Com pot interpretar-se la “pèrdua” d'energia anterior? On va a parar?*

Experimentalment es comprova que, en circular un corrent per un fil conductor de resistència apreciable, es produeix en ell una elevació de temperatura (fenomen conegut com “**efecte Joule**”), tant major com més elevada siga la intensitat que el recorre. Aquest efecte es pot explicar suposant que la càrrega, en desplaçar-se pel fil, va perdent l'energia rebuda a causa dels xocs (interaccions) que es produeixen entre la càrrega que es desplaça globalment pel fil i els ions positius de la xarxa metàl·lica que forma el fil. Eixa espècie de “fricció” produeix l'elevació de temperatura. En conseqüència el fil conductor (i qualsevol resistència per la qual passe corrent) transferirà energia al medi que el rodeja (que estarà a menor temperatura que ell), en forma de calor.

La interpretació anterior es pot comprovar situant una resistència a l'interior d'un recipient que conté una certa quantitat d'aigua a determinada temperatura. En fer circular un corrent per la resistència es produirà una elevació en la temperatura de l'aigua. Si després d'un cert temps  $\Delta t$ , mesurem la temperatura aconseguida per l'aigua, podem calcular (amb ajuda d'expressions que s'estudiaran en cursos pròxims) l'energia transferida a l'aigua i comprovar que el valor obtingut és el mateix que el que s'obté utilitzant l'expressió  $E = I^2 \cdot R \cdot \Delta t$ .

L'energia que una resistència elèctrica transfereix a l'exterior mitjançant calor, s'anomena “energia consumida” per la resistència. Les bombetes, estufes elèctriques, forns i escalfadors elèctrics, torradores de pa, etc., són exemples d'aparells elèctrics que consten essencialment d'una o diverses resistències que “consumeixen energia”. Un aspecte important a conèixer és la quantitat d'energia elèctrica que consumeixen aquests aparells en un cert temps. Per poder calcular-la s'introdueix una magnitud anomenada potència (representada pel símbol  $P$ ).

**La potència  $P$  consumida és una magnitud, el valor de la qual ens indica l'energia que consumeix un aparell elèctric cada unitat de temps.**

*A.52. Una resistència consumeix una energia  $E = 300 \text{ J}$  en  $2 \text{ s}$ . Quant val la seua potència  $P$ ? On ha anat a parar eixa energia i per mitjà de quin procediment? Proposeu una expressió general que servisca per a calcular la potència  $P$ , quan es coneix l'energia consumida  $E$  i el temps  $\Delta t$  emprat a consumir-la.*

La potència serà  $P = 300/2 = 150 \text{ J/s}$  i significa que, eixa resistència, transfereix a l'exterior una energia de  $150 \text{ J}$  cada segon en forma de calor. En la pràctica, la unitat  $\text{J/s}$  és coneguda com watt i se simbolitza per  $\text{W}$ . Un múltiple molt important és el kilowatt, que val  $1000 \text{ W}$  i es representa com  $\text{kW}$ . Així doncs:  $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ .

L'expressió que es demana al final de l'activitat anterior és:

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$



**A.53.** En la inscripció d'un forn es pot llegir: 2000 W. Què significa? Quanta energia elèctrica haurà consumit el forn si el tenim 45 minuts en funcionament?

Significa que la resistència del forn transfereix en forma de calor a l'exterior (el forn), una energia de 2000 J cada segon de funcionament de l'aparell. Per això s'escalfen els aliments que col·loquem a l'interior.

Aïllant E de l'expressió anterior, s'obté fàcilment que:  $E = P \cdot \Delta t$  i, tenint en compte que 45 minuts equivalen a 2700 s, l'energia consumida és de:

$$E = P \cdot \Delta t = 2000 \cdot 2700 = 5 \cdot 4 \cdot 10^6 \text{ J}$$

**A.54.** Una unitat d'energia molt important és el kWh (llegiu kilowatt hora). Tenint en compte l'expressió anterior ( $E = P \cdot \Delta t$ ), que 1 kW = 1000 W i que 1 h = 3600 s, dedueix a quants joules d'energia equival 1 kWh. R. 3600000 J.

**A.55.** En un rebut de la llum posa que, en dos mesos, s'han consumit 560 kWh. Es demana:

- Quants joules s'han consumit?
- A quant ascendeix el rebut, si cada kWh es paga a 0'15 euros?

R. a)  $2 \cdot 016 \cdot 10^9$  J; b) 84 €

**A.56.** Una planxa elèctrica porta la següent inscripció: 1200 W - 220 V, que indica la potència de l'aparell en cas que es connecte a una diferència de potencial de 220 V. Es demana:

- Intensitat que circularà per la planxa quan es connecte a 220 V.
- Valor de la resistència de la planxa.
- Intensitat en cas de connectar-la a 125 V. Quina seria llavors la seua potència?
- L'energia que consumirà quan estiga connectada 10 h a 220 V.

R. a) 5'45 A; b) 40'3 Ω; c) 3'1 A i 387'4 W; d) 12 kWh

Dues aplicacions importants de l'efecte Joule són els fusibles i la il·luminació per làmpades d'incandescència. Els primers consisteixen a intercalar en un circuit un conductor que fon ràpidament quan la intensitat del corrent supera un valor determinat. Així, si per qualsevol causa es produeix un augment brusc d'intensitat, cessa el corrent, protegint els aparells que estiguen connectats al circuit. L'activitat següent comenta el cas de la bombeta d'incandescència.

**A.57.** El text següent exposa de forma resumida el procés històric que va donar lloc a la fabricació de la bombeta elèctrica. Estudieu-lo atentament a fi d'establir les característiques més rellevants del procés i, en particular, els canvis que suposà per a la societat.

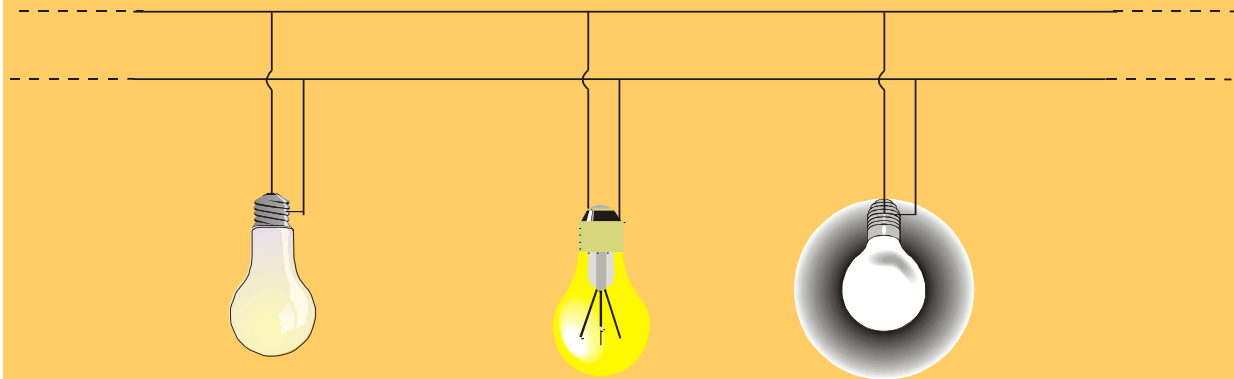
Des de temps remots la humanitat s'havia defensat contra la diària i inquietant desaparició de la llum del Sol: primer amb fogueres, després amb torxes i llànties d'oli i posteriorment amb llànties de greix de balena, querosè, gas, etc. Tots aquests sistemes havien proporcionat una llum mediocre i oscil·lant per combatre la foscor de la nit.

La introducció generalitzada de la il·luminació a gas en les fàbriques al segle XIX no tingué, d'altra banda, efectes socials beneficiosos immediats, ja que permeté els patrons allargar unes jornades de treball ja massa extenses.

## 9. Electricitat

Finalment, ja a les darreries del segle XIX, l'electricitat proporcionà un sistema més segur, millor i més pràctic. El problema era escalfar amb electricitat un xicotet filament fins fer que emetera un resplendor incandescent. La qüestió no era massa complicada, però fracassaren molts intents perquè no hi havia forma d'evitar que el filament es cremara amb l'oxigen de l'aire i es destruïra. En 1875, Crookes, va idear un mètode adequat per aconseguir un buit suficient dins d'un recipient de vidre, on es col·locava el filament, però els materials utilitzats donaren resultats poc satisfactoris, perquè es trencaven amb prou facilitat. En 1878, Thomas Edison, de 31 anys, es manifestà disposat a abordar el problema. La seua reputació com inventor era tan gran que aquell anunci va fer pujar la bossa de Nova York i Londres, fent trontollar les accions de les companyies de gas encarregades de la il·luminació.

Edison no fou, doncs, el primer que inventà la llum incandescent usant una bomba de buit i tampoc va descobrir cap principi científic bàsic d'aquest sistema. El que va fer fou trobar un material que funcionava acceptablement com filament (bri de cotó carbonitzat) i dissenyar un bulb de vidre adequat on col·locar-lo. A més (el que és encara més important), solucionà un problema prou més complex: subministrar una quantitat d'electricitat constant a milers de llars. Amb això obrí el pas a l'ús de l'electricitat a una enorme massa de consumidors. Edison s'adonà que el sistema de distribució de l'electricitat per les llars havia de permetre que les bombetes funcionaren independentment, de forma que, si una d'elles es fonia, les altres continuaren funcionant i no es quedara la resta de la casa a fosques. Per aconseguir aquest efecte les distintes bombetes s'havien de connectar com s'indica a l'esquema següent (connexió en paral·lel).



Posteriorment s'incorporaren millores successives (filament de tungstè, introducció de gas nitrogen dins del bulb, etc). Edison fundà una companyia d'electricitat, l'Edison Electric Company, que va començar a instal·lar els seus sistemes d'il·luminació en 1882. Tres anys després ja havien venut més de 200.000 làmpades. L'ampliació de l'ús de les bombetes elèctriques va afavorir un desenvolupament ràpid de sistemes per generar i distribuir energia elèctrica en milions de llars, iniciant-se així l'era de l'electricitat. Els avanços tecnològics en aquest camp prompte van anar molt més enllà de la modesta bombeta d'incandescència i es van incorporar a la xarxa elèctrica multitud d'aparells (rentadores, torradores, forns, eixugadores, rentaplats, frigorífics, sistemes de calefacció, telèfon, ràdio, televisió, etc.), fent possible una forma molt còmoda de poder disposar de l'energia necessària per realitzar molts i diversos canvis.

Ara be, malgrat totes les comoditats que reporta l'electricitat (per als que podem disposar d'ella), el seu ús també planteja greus problemes. Per finalitzar el tema, ens centrarem en un d'ells a títol d'exemple.

## 12. IMPACTE MEDIAMBIENTAL DE L'ENERGIA ELÈCTRICA

El consum de fonts d'energia no renovables com el petroli i els seus derivats i, en general, l'ús creixent d'energia per part de milers de milions d'éssers humans, està produint un impacte terrible sobre el medi ambient, tan gran, que la nostra supervivència com espècie, està en perill.

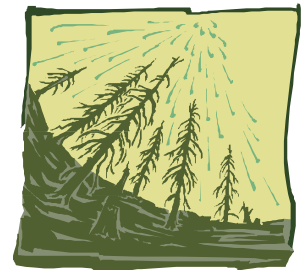
Sovint es pensa en l'electricitat com una mena d'energia neta que no afecta al medi ambient. Tal vegada perquè la podem utilitzar a les nostres cases per il·luminar, escalfar, regredar, etc., simplement polsant un interruptor i sense que es generen fums ni restes. Però, açò és realment així?

Més del 95% de l'electricitat que utilitzem es genera per medi **d'alternadors**. Per que aquests funcionen cal que una **bobina** es moga en les proximitats d'un imant i, per mantindre eixa bobina en moviment, hem de comunicar-li energia. Aquesta pot provindre de vegades d'un salt d'aigua (**central hidroelèctrica**) o del vent (parcs eòlics), però allò més habitual és utilitzar vapor d'aigua que s'ha escalfat prèviament cremant carbó, fuel o gas (**central tèrmica** de combustible fòssil) o be, mitjançant la fissió d'un material radioactiu com l'urani (central tèrmica de combustible nuclear).

### A.58. Quin és l'impacte mediambiental de les centrals tèrmiques?

Una central elèctrica que utilitze carbó té, entre d'altres, dos greus inconvenients sobre el medi ambient:

**a)** Contribueix a augmentar la pluja àcida, a causa sobre tot, que el carbó conté sofre com impuresa i, en cremar-lo, s'obtenen òxids de sofre que van a parar a l'atmosfera i que reaccionen amb l'aigua present a l'aire, produint àcid sulfúric. Açò fa que l'aigua de pluja siga àcida i pugua destruir boscos sencers i augmentar l'acidesa dels llacs fent-hi impossible la vida d'animals i plantes.



**b)** Contribueix a augmentar l'efecte hivernacle pel fet que, quan es crema carbó es produeix  $\text{CO}_2$  (el principal causant d'aquest augment). L'energia procedent del Sol que arriba a la Terra escalfa el planeta i aquest reflecteix a l'espai part d'aquesta energia en forma de radiació infraroja. Però el  $\text{CO}_2$  present a l'atmosfera dificulta el pas de la radiació reflectint-la de nou al terra amb la qual cosa augmenta la temperatura mitjana del planeta. El procés s'ha intensificat, sobretot, per causa de la crema de carbó i altres combustibles fòssils, com el petroli i tots els seus derivats, que està fent augmentar considerablement la concentració de  $\text{CO}_2$  a l'atmosfera i produint un vertader canvi climàtic.



En la producció d'electricitat mitjançant la combustió del fuel, a més dels efectes anteriors cal tindre en compte que el fuel s'extreu del petroli i el transport del cru de petroli des dels jaciments fins les refineries (molt allunyades dels mateixos), té uns riscos indubtables sobre el medi ambient. Sols basta recordar al respecte els nombrosos accidents ocorreguts amb alguns superpetrolers (com el del "Prestige" a Galícia, en novembre de 2002) i els consegüents desastres ecològics produïts en vessar-se milers de tones de cru front a les costes. A més, aquest procés d'esgotar ràpidament totes les reserves de petroli cremant-lo, quan a partir d'ell s'obtenen tants

## 9. Electricitat

productes necessaris (des de fibres sintètiques a plàstics i medicaments), no sembla ser una actitud massa intel·ligent.

Una central elèctrica que utilitzi un reactor nuclear no contribueix tant a l'efecte hivernacle ni a la pluja àcida. En canvi, suposa un gran perill per al medi ambient i les persones, per la possibilitat d'un accident nuclear (recordeu entre d'altres, el de Chernóbil i Fukushima) i també perquè aquestes centrals generen residus radioactius que estaran actius durant molts anys. On soterrar **amb seguretat durant milers d'anys** la gran quantitat de residus radioactius que estem generant? No és això una bomba de rellotgeria per als nostres descendents? Què fer amb els milions de tones de terra contaminada després d'un desastre nuclear? ...

### *A.59. Quin impacte mediambiental produeixen les centrals elèctriques?*

En general una central hidroelèctrica aprofita el desnivell que existeix en una determinada zona d'un riu per produir energia elèctrica, la qual cosa suposa la transformació d'una zona fluvial en una zona amb un embassament d'aigua més o menys gran, amb un seguit de conseqüències per al medi ambient, com les que s'exposen a continuació:

- ✓ Pèrdua de sol per l'erosió provocada per les obres
- ✓ Destrucció d'una part de la vegetació de la zona a causa de les obres d'accés a la central (pistes o carreteres, presa, edificis annexos, etc.) i a la línia elèctrica.
- ✓ Desaparició de part de la flora i fauna de la zona a causa de l'alteració del seu medi natural.
- ✓ Contaminació "estètica" deguda als canvis paisatgístics (camins, obres, línia elèctrica, grans canonades, etc.)
- ✓ Impacte de la línia elèctrica sobre les aus de la zona.
- ✓ Efecte "barrera" de la presa sobre algunes espècies piscícoles que efectuen migracions.
- ✓ Desaparició de l'activitat agrícola i ramadera en la zona embassada.
- ✓ Possible desaparició de pobles que portaven molts anys vivint en la zona abans que la inundaren i trasllat forçós de la gent que hi vivia a altres llocs.

Malgrat les anteriors conseqüències, l'impacte sobre el medi ambient de les centrals hidroelèctriques (i sobre tot de les menudes, o "minicentrals") és prou menor que el de les tèrmiques, ja que no emeten CO<sub>2</sub> ni òxids de sofre (no contribueixen a augmentar l'efecte hivernacle ni la pluja àcida) i a més, el seu funcionament està basat en l'energia obtinguda de l'aigua en moviment i no en el consum de combustibles fòssils o d'urani (amb tots els inconvenients que açò implica). D'altra banda, les centrals hidroelèctriques també tenen alguns efectes positius sobre el medi ambient, com per exemple:

- ✓ En l'aigua dels embassaments s'eliminen matèries sedimentals per decantació, motiu pel qual són utilitzables per abastir d'aigua potable a les poblacions.
- ✓ Control de possibles avingudes d'aigua, evitant inundacions en zones situades aigües avall.
- ✓ Increment en el nivell d'aigua en pous propers a l'embassament.
- ✓ Com es pot regular el cabdal d'aigua després de l'embassament, és possible disposar d'un cabdal mínim d'aigua en el riu fins i tot en l'estiu i també es poden controlar els regadius.

### *A.60. Conegueu altres formes d'obtindre energia elèctrica? Quin impacte ambiental poden tindre?*

L'energia elèctrica també es pot obtindre d'altres formes com, per exemple, aprofitant les marees, l'energia cinètica de l'aire en moviment (aerogeneradors) o l'energia solar. L'impacte mediambiental de les centrals eòliques i solars és molt menor que en els altres casos. Però també

existeix, ja que els enormes molins de vent col·locats als cims de les muntanyes o en les costes tenen un indubtable impacte estètic i, a més, afecten les aus, generen soroll en les rodalies i produeixen interferències en les comunicacions. Quan a les centrals solars, l'impacte sobre el medi ambient se'n deriva de la gran quantitat de terreny que es necessita. Així, en una zona amb un mínim de 2500 hores de sol a l'any caldria ocupar uns 10 km<sup>2</sup> de terreny per obtenir una potència de 100 MW, el que pot afectar la flora i fauna local, a més de la modificació paisatgística consegüent. Per minimitzar tot açò es solen construir en zones desèrtiques.



L'energia elèctrica també es pot originar mitjançant reaccions químiques (piles i bateries). Es tracta d'una forma habitual d'obtenir xicotetes quantitats d'energia elèctrica. Milions de joguets, d'aparells i d'instruments funcionen amb piles. Les piles permeten disposar d'energia amb molta autonomia (sols hem de transportar-les on anem) però algunes contenen substàncies tòxiques molt contaminants per al medi ambient (per exemple metalls, com el mercuri).

### *A.61. Com disminuir l'impacte ambiental negatiu (directe o indirecte) de l'energia elèctrica?*

Es poden fer moltes coses que, malauradament no es porten a terme en la mesura que caldria, per reduir l'impacte mediambiental de l'energia elèctrica i aconseguir un desenvolupament sostenible, més respectuós amb la natura. Nosaltres mateix podem contribuir a eixe objectiu de manera fonamental (som molts milions de persones i, si totes fem alguna cosa, en total és moltíssim). A títol d'exemple:

- ✓ Impulsar les minicentrals hidroelèctriques (de molt menor impacte sobre el medi ambient que les grans centrals, que exigeixen construir enormes embassaments).
- ✓ Utilitzar electrodomèstics de baix consum.
- ✓ Els equips de govern municipal de les ciutats haurien de ser conscients del problema i no malbaratar tanta energia elèctrica. En algunes d'elles, com València, les faroles han proliferat tant que és difícil poder dormir durant la nit si no es baixa la persiana o es corre la cortina, a més que la contaminació lumínica impedeix veure el cel.
- ✓ No tindre en casa més llums enceses de les que siguen necessàries.
- ✓ Afavorir l'ús d'energies renovables. Hem de tindre en compte que Espanya està considerada com un dels països amb més potencial per generar energia elèctrica a partir del vent, el sol i l'aigua. Tot i així, més del 80% de l'energia que consumim es basa en matèries primeres no renovables (de les que, a més, nosaltres pràcticament no en tenim) com el petroli, carbó, urani i gas. Açò ens fa ser un país excessivament dependent d'altres quant a l'energia amb tot el que això implica.
- ✓ Utilitzar piles recarregable, bombetes de baix consum i de tecnologia LED.

## 9. Electricitat

- ✓ No tirar les piles (de cap tipus), bombetes o tubs fluorescents al fem, sinó dipositar-los als contenidors que existeixen a l'efecte (o demanar que instal·len eixos contenidors al barri, l'escola, comerços, etc.)
- ✓ L'ús de panells solars per a la calefacció en els edificis s'hauria d'estendre. També caldria afavorir la instal·lació per particulars (allà on fóra possible) d'aerogeneradors i panells solars així com la venda per ells de l'energia sobrant a les grans companyies elèctriques.

Per finalitzar, convé realitzar una xicoteta reflexió. L'ús de l'energia en general i de l'energia elèctrica en particular està repartit de forma molt desigual en la humanitat. Existeixen molts milions de persones que no disposen d'energia elèctrica i és just que aspiren a la millor qualitat de vida que aquesta els hi proporcionaria. Què ocurriria si demà tots els éssers humans disposaren de la mateixa energia i aparells elèctrics que el ciutadà americà medi? L'esgotament de recursos i l'impacte ambiental ocasionat produirien un desastre de proporcions incalculables en molt pocs mesos. La diferència de la realitat amb aquesta suposició sols és qüestió de temps (a menys que prenguem les mesures adequades per evitar que passe).

D'acord amb les consideracions anteriors, l'ús i la generalització d'energies més respectuoses amb el medi ambient, així com polítiques socials més justes (dissenyades per aconseguir un desenvolupament sostenible per a tothom), junt amb un control de la natalitat (polítiques demogràfiques responsables per part de tots els governs), són actualment més necessaris que mai en un planeta que abans semblava no tindre límits, però que ara... se'ns ha quedat xicotet. Hauríem de començar ja a fer els canvis necessaris perquè tot això fos possible.

## RECAPITULACIÓ

Com s'indica al començament d'aquest llibre, gràcies a l'electricitat podem disposar d'energia amb la que produir canvis que ens interessin.

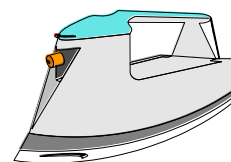
Hem dedicat aquest tema a estudiar la càrrega elèctrica com una nova propietat de la matèria, a més d'esbrinar com es pot aconseguir un moviment de càrrega elèctrica (electrons) per un fil conductor de forma estable. En el decurs d'aquest estudi hem vist la necessitat de disposar d'una diferència de potencial entre els extrems del fil. Aquesta diferència és creada pels generadors. També s'han introduït i utilitzat altres conceptes molt importants, com el de resistència elèctrica, etc. Tot seguit hem estudiat la llei d'Ohm, els factors de què depén la resistència del fil conductor i la forma d'associar resistències. Finalment s'ha estudiat el balanç d'energia en els circuits elèctrics i l'impacte de l'energia elèctrica sobre el medi ambient.

Queden encara per abordar molts problemes interessants. Esperem que aquest curs haja servit com un primer acostament a la Física i Química, en el qual s'haja percebut la utilitat d'aquestes dues ciències per comprendre i aprofitar els canvis materials.

En el proper curs ens centrarem, principalment, a estudiar un tipus especialment interessant de canvis: els anomenats canvis mecànics, en què s'estudien els canvis de posició i de velocitat que poden experimentar els objectes i després aprofundirem en l'estudi de les reaccions químiques que hem començat en aquest. També estudiarem el canvi climàtic causat per la humanitat i els greus problemes amb ell relacionats, analitzant les seues causes i estudiant possibles solucions en les quals hem d'implicar-nos activament.

## 9. ELECTRICITAT. ACTIVITATS DE REFORÇ

1. Una planxa elèctrica té una potència de 1100 W quan es connecta a 220 V. Es demana:



- a) Intensitat del corrent que passarà per ella en connectar-la a 220 V.  
b) Despesa que suposa connectar-la 4 h si 1 kWh es paga a 0'15 euros

R. a) 5 A; b) 0'66 €

2. En alguns circuits elèctrics es col·loca un fusible, que consisteix en un tros de fil conductor amb la característica que, quan el corrent que passa per ell supera cert valor, el fil es crema (fon) interrompent així el pas del corrent. Suposem que, al costat d'un endoll (220 V), trobes un fusible amb la inscripció  $I = 10$  A. Podriem connectar a eixe endoll una estufa de 2500 W?

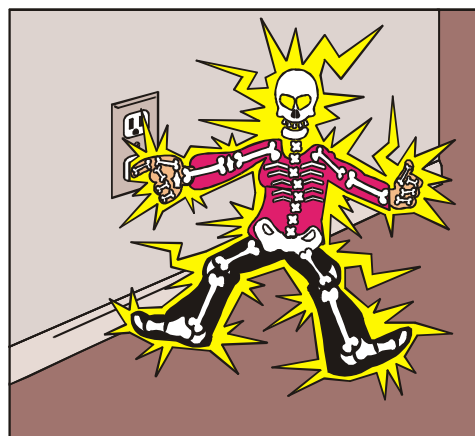
R. No, perquè circularia un corrent de 11'4 A.

3. Una bombeta tradicional de 100 W de potència a 220 V, sol tindre una duració de 1000 h, mentre que una làmpada de baix consum, que proporcione una il·luminació equivalent, pot tindre una potència de 15 W a 220 V i durar unes 8000 h. Suposant que la primera costa 1'8 € i, la segona, 50 € i que cada kWh d'energia elèctrica consumida es paga a 0'15 €, feu un estudi aportant diverses raons a favor d'una làmpada o altra. Després comenteu-ho a casa i tracteu d'explicar els pares què convé més.

R. El cost de 8000 h de funcionament seria de 124'8 € amb la bombeta tradicional, front als 28 € de la bombeta de baix consum (és a dir, quatre vegades més).

4. En ocasions, per evitar que el bestiar es disperse pel camp, es cerca el terreny amb un fil d'aram pel que passa un corrent elèctric. Un excursionista afirma, però, que és capaç d'agarrar el cable amb la mà sense notar cap corrent a través del seu cos. Creus que això és possible?.

5. La gravetat d'una sacsejada elèctrica en un ésser viu depèn de la intensitat del corrent que el travesse. En general s'admet que una intensitat de corrent de més de 10 mA circulant pel cos humà, pot ocasionar greus trastorns. La resistència de la pell al pas del corrent depèn del grau d'humitat. La pell seca d'una persona pot tindre una resistència elèctrica entre  $10^4 \Omega$  y  $10^6 \Omega$ . Pel contrari, si està humida, la resistència pot reduir-se a  $10^3 \Omega$  o menys. Una persona imprudent es posa a connectar uns cables (220 V) a una làmpada sense desconnectar prèviament el corrent i sofreix una descàrrega. Analitza què pot ocórrer si la persona fa bon contacte amb terra estant o no mullada.



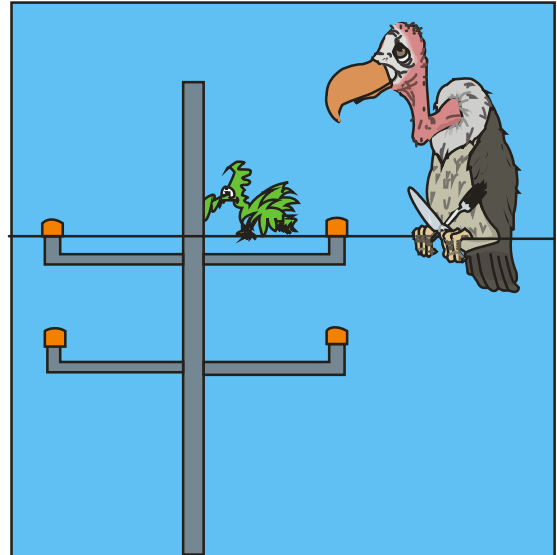
R. En el cas d'una persona mullada, passaria a través d'ella una intensitat de 220 mA.

## 9. Electricitat

6. Entre els extrems d'un cable d'alta tensió pot haver-hi una diferència de potencial de més de 300.000 V, però una persona pot suspendre's d'ell en l'aire sense cap perill (algunes aus ho fan). És clar que, quan eixa persona toca terra o un pal, queda electrocutada (igual que les aus quan es paren en un cable situat al costat d'un pal metàl·lic i se'ls ocorre picotejar aquest últim).

Utilitzeu la llei d'Ohm per interpretar aquests fets.

(Nota: La resistència d'una persona al pas del corrent és molt major que la del xicotet tros de cable que puga tindre entre les mans. Recordeu, a més, que el potencial elèctric de la terra és  $V = 0$ ).



7. Una làmpada de llanterna té una potència de 0'25 W quan es connecta a 4'5 V. Quina intensitat de corrent passa per ella? Per què, quan toquem el circuit d'una llanterna amb la mà no notem cap efecte del corrent elèctric?

R. 55'5 mA

8. Un estudiant té un projector que porta un fusible incorporat, però resulta que es va fondre i després el perdé. Ara vol col·locar-li un fusible nou, però no sap de quina intensitat màxima ha de comprar-lo. En inspeccionar l'aparell, sols veu una inscripció que posa 200 W-220 V. De quants ampers haurà de ser el fusible?

R. 0'9 A (aproximadament)

9. Un domicili té contractada amb la companyia elèctrica una potència de 5 kW. En la casa existeixen entre d'altres, els següents electrodomèstics: Torradora de 1200 W, frigorífic de 200 W, forn elèctric de 2000 W, TV de 100 W, planxa de 1100 W, microones de 1200 W, rentadora que desenvolupa una potència de 400 W i, en centrifugar, 1000 W. ¿Quanta energia es consumirà, en kWh, en estar en funcionament durant 45 minuts el forn elèctric, la planxa i el televisor? Dóna una raó per la qual, quan estiguen funcionant tots tres aparells i la rentadora, no seria convenient escalfar quelcom al microones.

R. 2'4 kWh

10. Una bombeta (1) marca 100 W - 220 V. Es demana:

- Resistència elèctrica de la bombeta
- Intensitat del corrent elèctric que passarà per ella si la connectem a 125 V.
- Energia que consumeix durant 2 h de funcionament (en kWh) quan es connecte a 220 V.
- Suposem que connectem eixa bombeta a 220 V i observem la seua lluentor. Si li connectem altra (2) exactament igual en sèrie, com variarà la lluentor? Serà major o menor que quan hi havia una sola? Tindran les dues la mateixa lluentor o diferent?

R. a) 484  $\Omega$ ; b) 0'258 A; c) 0'2 kWh



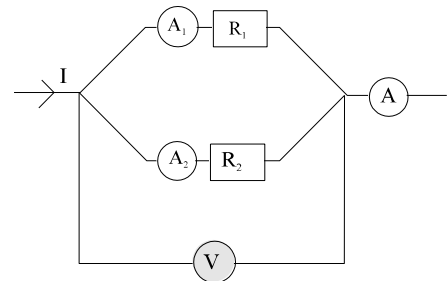
11. La resistència elèctrica d'un tros de cable ve donada per l'expressió:  $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$

En ella, L és la longitud del cable i S la secció. Quant a  $\rho$ , és una constant anomenada resistivitat, distinta per a cada material.

- Què significa físicament que la resistivitat del ferro (a 20°C) és de  $10^{-7} \Omega \cdot m$ ?
- Donats dos cables de distint material, però de la mateixa longitud i grossor, raoneu quin dels dos presentarà major resistència elèctrica.

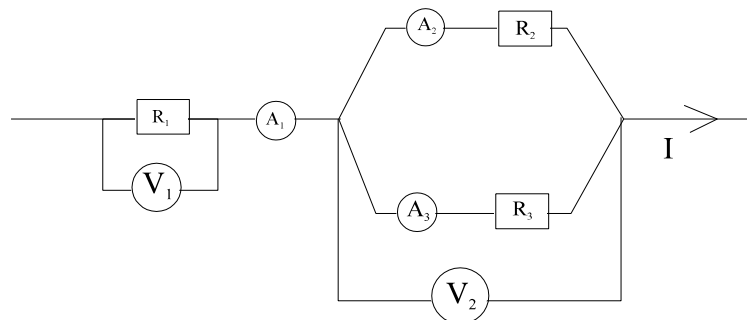
12. Donada l'associació de resistències adjunta ( $R_1 = 6 \Omega$  i  $R_2 = 4 \Omega$ ) i sabent que el voltímetre marca 12 V, es demana:

- El que marca cada amperímetre
- L'energia consumida en  $R_1$  (en kWh) després de dues hores de pas del corrent.



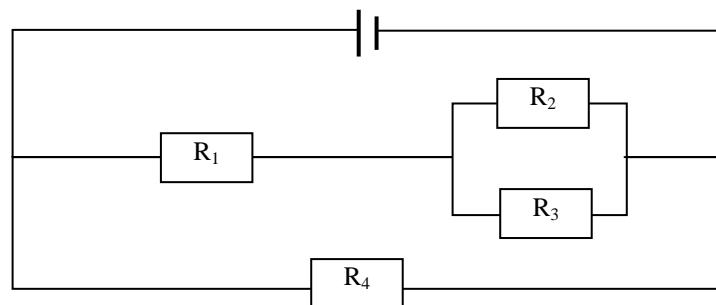
R. a)  $I_1=2A$ ;  $I_2=3A$ ;  $I = 5A$ ; b) 0'048 kWh

13. Si el voltímetre  $V_2$  marca 8 V, què marcarà cadascun dels restants aparells de mesura inclosos en l'esquema? Dades:  $R_1 = 5 \Omega$ ;  $R_2 = 6 \Omega$ ;  $R_3 = 3 \Omega$ ?



R.  $I_1 = 4 A$ ;  $I_2 = 4/3 A$ ;  $I_3 = 8/3 A$ ;  $V_1 = 20 V$

14. La diferència de potencial entre els borns de la pila és de 12 V. Determineu el valor de la intensitat del corrent que travessa cadascuna de les resistències del circuit representat:



Dades:  $R_1 = 0'8 \Omega$ ;  $R_2 = 2 \Omega$ ;  $R_3 = 3 \Omega$ ;  $R_4 = 2 \Omega$

R.  $I_1 = 6 A$ ;  $I_2 = 3'6 A$ ;  $I_3 = 2'4 A$ ;  $I_4 = 6 A$

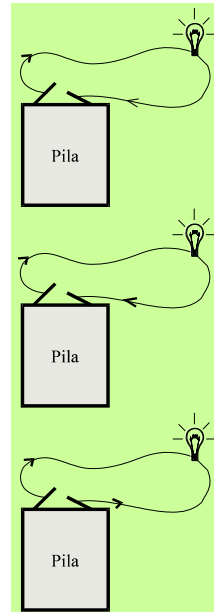
## 9. Electricitat

15. Assenyala amb una creu quina de les següents situacions descriu millor el que li ocorre al corrent elèctric:

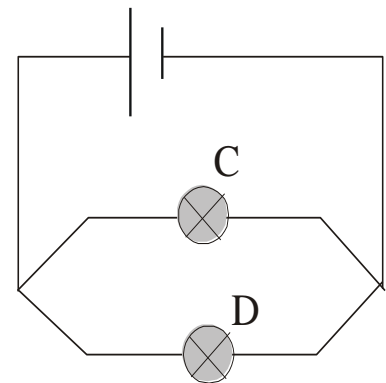
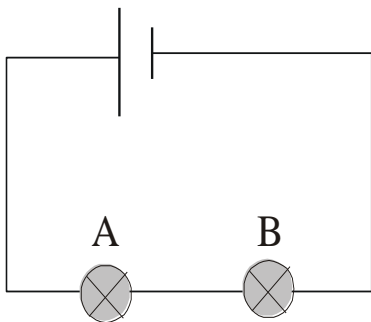
a) Ix el corrent amb certa intensitat per un pol, passa per la bombeta, i torna de nou en la pila per l'altre, encara que, amb menor intensitat

b) La mateixa intensitat de corrent que ix de la pila per un pol i passa per la bombeta, li entra a la pila per l'altre pol.

c) El corrent ix dels dos pols de la pila i es consumeix a la bombeta.



16. Com segurament ja sabeu, la lluentor o lluminositat d'una bombeta determinada depèn de la intensitat del corrent elèctric que passa per ella. Als esquemes següents, totes les bombetes són iguals i la resistència de cadascuna d'elles val  $5 \Omega$ . D'altra banda, la diferència de potencial entre els borns de cada pila és la mateixa i val  $12 \text{ V}$ .



- a) A la vista dels esquemes representats, ordeneu (primer a títol d'hipòtesi, sense fer càlculs) les quatre bombetes A, B, C i D, de menor a major lluentor.
- b) Comproveu si la hipòtesi emesa ha estat, o no, correcta.

17. Realizad una búsqueda en internet sobre los diferentes tipos de lámparas eléctricas existentes, y argumentad respecto a las ventajas e inconvenientes de cada uno.

## 10. EL MAGNETISME I EL CORRENT ELÈCTRIC

Hi ha cap relació entre electricitat i magnetisme? Com generar corrent elèctric?

El magnetisme és un fenomen conegut per la humanitat des de temps remots. L'origen del terme "magnetisme" es remunta al descobriment realitzat pels grecs, fa més de 2000 anys, d'un mineral (en una regió de l'Àsia Menor anomenada Magnèsia) capaç d'atraure el ferro. Aquest mineral s'anomena actualment "magnetita".

Al voltant de l'any 1000, els xinesos havien descobert que, si disposaven un tros allargat de magnetita sobre quelcom que surara en l'aigua i poguera moure's lliurement, sempre s'alineava en la mateixa direcció (Nort-Sud). Aquest mineral posteriorment rebé el nom "d'imant natural".

Les observacions i coneixements que anaren produint-se sobre els imants naturals al llarg dels segles van propiciar la invenció de la brúixola magnètica, l'ús de la qual per a orientar-se, es va estendre prompte a Europa través d'Orient Mitjà i va tindre un paper decisiu en la navegació per mar, possibilitant el descobriment de noves terres, facilitant els viatges, el transport de persones i mercaderies, etc. Però l'explicació de la naturalesa física del magnetisme es va mantindre durant molt de temps com un misteri de la naturalesa.

A finals del segle XVI trobem el primer gran estudi sistemàtic dels fenòmens magnètics. Aquest estudi fou realitzat per W. Gilbert (metge de la reina Isabel I d'Anglaterra) qui, en el període que va des de l'any 1581 al 1600 va efectuar nombrosos experiments d'electricitat i magnetisme, recopilant ordenadament els resultats més importants d'eixes experiències en un llibre, al que titulà "De Magnete".

Així doncs, nosaltres, en primer lloc procedirem a revisar alguns aspectes interessants dels fenòmens magnètics.

### 1. FENOMENOLOGIA DEL MAGNETISME

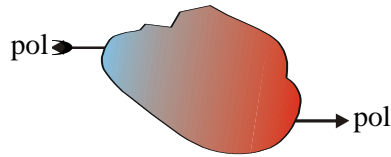
*A.1. Quines substàncies poden actuar com imants? Sobre quines substàncies exerceixen la seua acció magnètica?*

Un dels primers fets evidents del magnetisme natural és que hi ha algunes substàncies, com la magnetita, que són imants molt potents. També és conegut que la Terra sencera actua com un gran imant i que astres com el Sol exerceixen accions magnètiques molt importants. També es construeixen imants artificials amb distintes substàncies i aliatges (ferro, níquel, coure, neodimi, acer, etc.). Tots els imants s'exerceixen entre ells forces magnètiques, però també actuen sobre altres objectes. Les observacions sobre el comportament dels imants permeten constatar que exerceixen una forta acció atractiva fonamentalment sobre el ferro i l'acer i, amb menor intensitat, sobre alguns altres metalls com, per exemple, el níquel i el cobalt. En altres casos, per exemple, sobre alumini o or, la força magnètica no es pot apreciar a cop d'ull.

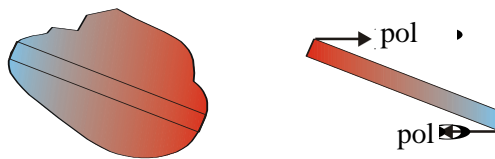
## 10. Magnetisme

### A.2. Com s'exerceix la força magnètica dels imants sobre els metalls?

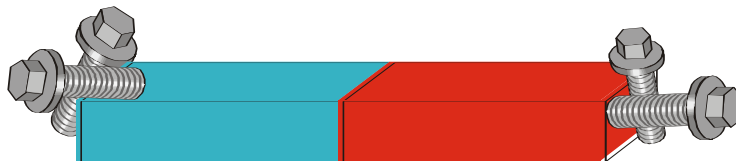
Si agafem un tros de magnetita de forma irregular i li acostem uns trossos de ferro, observarem que són atrets cap a dues zones oposades, a les que s'anomena **pols magnètics** de l'imant. En eixos punts, la força magnètica resulta més intensa que cap a la zona central.



És habitual retallar els imants en forma de barres, de forma que els pols queden situats als extrems.



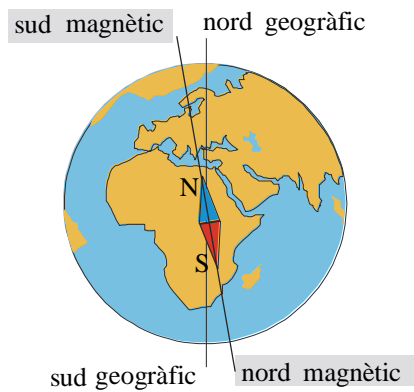
La força magnètica disminueix amb la distància existent entre el pol magnètic i el tros de ferro o acer que se li aproxima, de forma que, a major distància, la força d'atracció magnètica es fa menor. És fàcil comprovar experimentalment com alguns objectes de ferro o acer són atrets per qualsevol dels pols d'un imant.



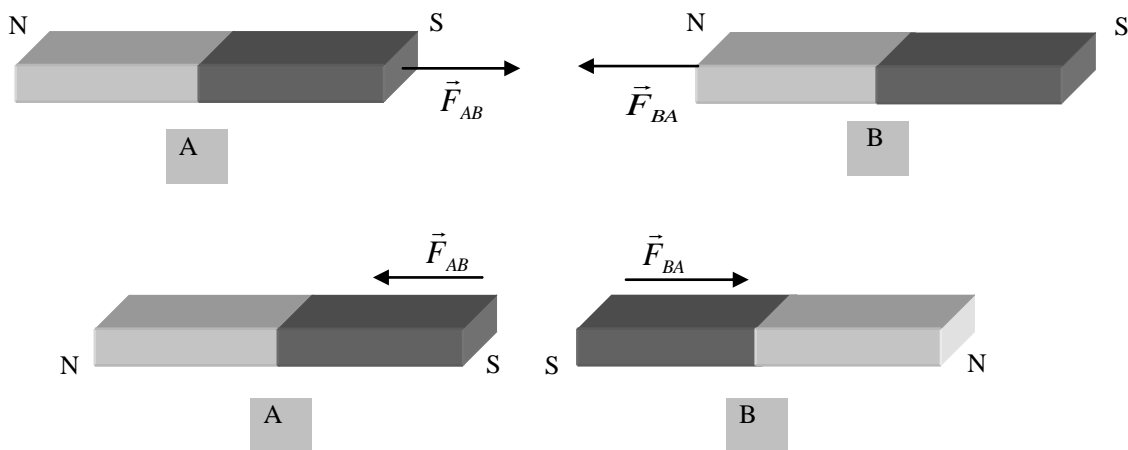
### A.3. Com s'exerceix la força magnètica entre dos imants?

Ja hem dit que els imants exerceixen una acció molt més intensa en els extrems o pols. Açò ocorre també quan es tracta d'accions d'un imant A sobre altre imant B. En aquest cas es comprova que, si enfrontem certs pols dels imants A i B, els dos imants s'atrauen, però si ara li donem la volta a un d'ells, per enfrontar el mateix pol d'A amb l'oposat de B, respecte de la posició anterior, els imants es repel·leixen. Aquest comportament permet distingir entre dos tipus de pols de cada imant. Per diferenciar-los podríem anomenar-los positiu i negatiu, blanc i negre, etc. Però, com quan muntem un imant sobre un eix al voltant del qual puga girar lliurement en un pla horitzontal, succeeix que s'orienta sempre de forma que un dels seus pols assenyala el Nord geogràfic i l'altre el Sud geogràfic, se'ls anomena respectivament pol Nord i pol Sud (d'ara endavant N i S).

El pol N d'un imant és el que s'orienta al nord geogràfic de la Terra, mentre que el pol S d'un imant s'orienta cap al pol sud geogràfic de la Terra.

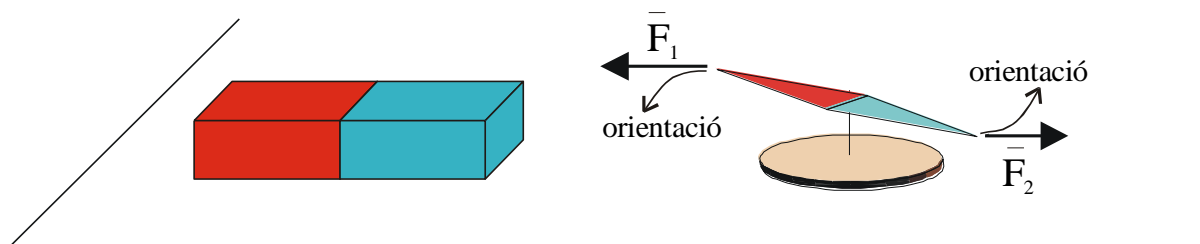


Experimentalment s'observa que, quan s'enfronten pols iguals dels dos imants (pol nord d'A amb pol nord de B o pol sud d'A amb pol sud de B), els imants es repel·leixen. Si s'enfronten pols diferents dels dos imants (pol nord d'A amb pol sud de B o pol sud d'A amb pol nord de B), els imants s'atrauen.



A conseqüència d'aquest comportament resulta que, quan es fixen dos imants a una certa distància u de l'altre i amb una orientació arbitrària, si poden girar lliurement entorn d'un eix, ho fan fins quedar enfrontats pels pols oposats. Aquesta característica és única de les forces magnètiques i les distingeix d'altres forces estudiades fins ara, com les forces gravitatòries o les forces electrostàtiques. En efecte: **els imants no s'atrauen ni es repel·leixen només, sinó que al mateix temps s'orienten.**

En la figura següent es mostren els efectes d'orientació i de forces existents entre dos imants. L'agulla imantada (que pot girar lliurement en el pla horitzontal però no traslladar-se), quedarà orientada enfront de l'imant de l'esquerra.



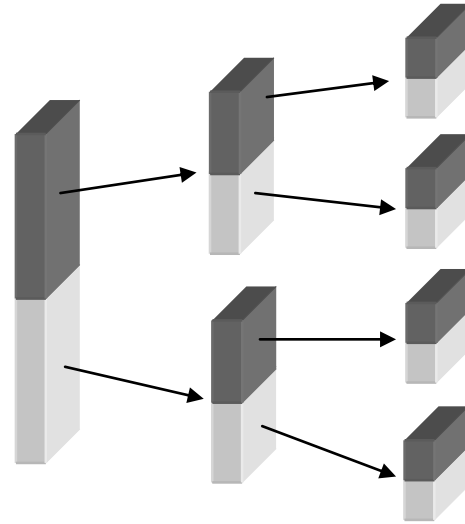
La propietat que tenen els imants d'exercir forces més intenses en els extrems o pols pot suggerir la idea que un imant fóra una mena de dipol elèctric, és a dir, podria pensar-se en una

## 10. Magnetisme

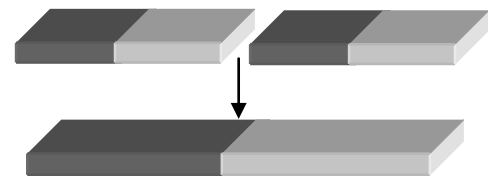
interpretació del magnetisme que atribuísca el comportament dels imants a una possible concentració de càrrega elèctrica de signe positiu en un extrem d'un imant i un altra concentració de càrrega elèctrica de signe negatiu a l'altre extrem. Si aquesta explicació fóra correcta, el magnetisme seria simplement un cas particular de forces elèctriques exercides entre objectes carregats d'una forma peculiar. En aquest cas es podrien aïllar les zones on es concentra la càrrega de cada signe (és a dir, els pols) i aquests trossos obtinguts de l'imant s'haurien de comportar com objectes carregats, un amb càrrega negativa i l'altre amb càrrega positiva.

### A.4. Què succeeix si es fragmenta un imant amb la intenció de separar els seus pols?

*Quan es parteix un imant amb objecte de separar els pols, es produeix un fet curiós: cada fragment queda convertit en un nou imant, dotat alhora de dos pols. Per molt que repetim el procés, és a dir, per molt que es torne a partir l'imant, tots els trossos obtinguts actuen, cadascun d'ells, com un imant complet, amb els corresponents pol nord i pol sud. Mentre es continue partint, el procés continua. Així, doncs, no és possible fabricar imants amb un sol pol.*



Anàlogament ocorre si el procés es realitza en sentit invers, és a dir, si es transformen dos imants en un, posant-los en contacte. En aquest cas, els quatre pols inicials (dos de cada imant de partida) es redueixen a dos en l'imant obtingut.



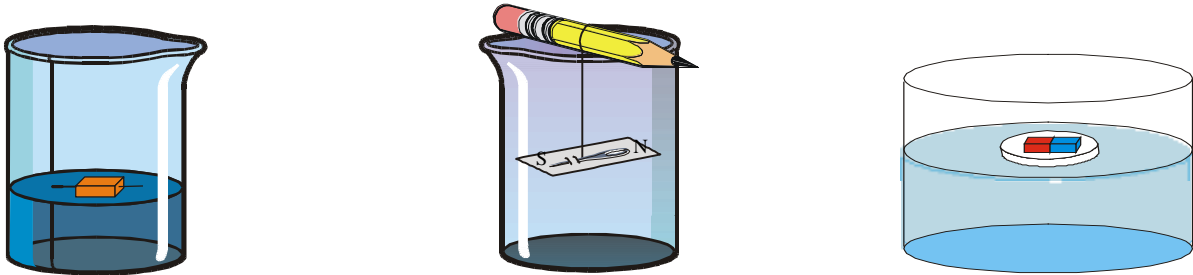
En resum: tot imant o tot tros d'imant actua amb un pol nord i un pol sud, sent aquests pols inseparables. Aquests fets, junt amb altres, posen en evidència que el magnetisme no és una simple manifestació de forces electrostàtiques exercides entre càrregues situades en els pols d'un imant, sinó que es tracta de quelcom diferent.

### A.5. Què li ocorre als materials com l'acer, després de ser atrets o fregats amb un imant?

Altre fenomen interessant i específic del magnetisme és el que els succeeix a alguns materials a conseqüència d'haver estat sotmesos a l'acció d'un imant. Alguns materials que són atrets pels imants, també poden imantar-se (és a dir, es converteixen en imants) pel fet d'haver-hi estat en contacte amb un imant o, també, si són fregats amb ell i el fregament es realitza sempre en el mateix sentit. Aquesta imantació desapareix ràpidament en quasi tots els casos, però en altres, com ocorre amb l'acer, roman durant prou de temps.

**A.6.** *Aconseguiu una agulla de cosir i un imant. A continuació procediu a fregar l'agulla amb l'imant passant-la sobre aquest sempre en el mateix sentit i penseu una forma senzilla d'utilitzar eixa agulla imantada com una brúixola (caldrà idear un dispositiu que permeti a l'agulla girar lliurement en un pla horitzontal i orientar-se segons el magnetisme terrestre).*

Hi ha diversos dissenys senzills. Un d'ells es basa en col·locar l'agulla ja imantada sobre un tros de suro surant en aigua. Veurem que s'orientarà a causa del magnetisme terrestre. Haurem construït així una brúixola elemental i podrem saber quin és el pol N i S de l'agulla. Altre possible disseny consisteix a clavar-la en un tros de paper i per mitjà d'un fil suspendre el conjunt horitzontalment. Fins i tot pot utilitzar-se un imant rectangular al damunt d'un tros de suro blanc que sure en l'aigua.



## 2. EL MAGNETISME TERRESTRE

Com ja hem indicat, la brúixola d'agulla imantada consisteix essencialment en una agulla magnètica amb els pols situats als extrems i col·locada de forma que pot girar lliurement en un pla horitzontal.

Les primeres brúixoles van arribar al continent europeu durant l'Edat Mitjana i van tindre un paper molt important en els grans descobriments geogràfics i exploracions que es van realitzar (com, per exemple, el descobriment d'Amèrica).

En l'actualitat hi ha altres procediments d'orientació molt més sofisticats (com els que es realitzen amb ajuda de satèl·lits que giren al voltant de la Terra), encara que la brúixola continua utilitzant-se en molts casos.

En les brúixoles actuals, l'agulla imantada mòbil està situada dins d'una espècie de caixa fabricada amb materials no magnetitzables (per exemple, plàstic transparent). Habitualment està situada sobre una base en la que s'ha dibuixat un cercle graduat on s'indiquen els quatre punts cardinals.

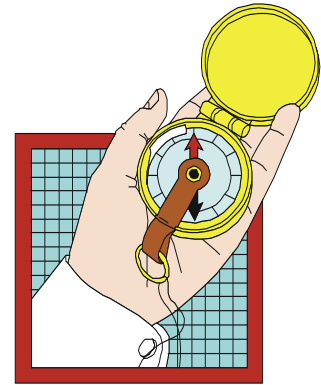


Qualsevol brúixola s'orienta de manera que el seu pol N assenyala aproximadament el nord geogràfic terrestre (hi ha una desviació d'uns  $20^\circ$ ), la qual cosa confirma que la Terra actua com un gran imant, el pol sud magnètic del qual està molt a prop del pol nord geogràfic i viceversa.

Amb sols una brúixola ens podem orientar dirigint-nos a qualsevol dels punts cardinals o fixant un rumb qualsevol. El rumb és l'angle que forma la direcció que volem seguir, amb la direcció nord (comptant des del nord seguint el sentit de les agulles del rellotge).

## 10. Magnetisme

Si, a més de la brúixola disposem d'un mapa de la zona en la qual ens trobem i sabem que la part superior dels mapes topogràfics assenyalen sempre el nord, podem orientar-nos col·locant la brúixola sobre el mapa en un plànol horitzontal, de forma que la direcció nord-sud que figura en la brúixola coincidisca amb la direcció de l'agulla magnètica i amb la direcció nord-sud impresa al mapa (alguna de les línies verticals). En eixe moment tindrem ben orientat el mapa i les muntanyes o accidents geogràfics reals que vegem quan mirem en una direcció determinada (N, S, etc.), correspondran al que hi ha assenyalat al mapa en la mateixa direcció.



### 3. RELACIÓ ENTRE FENÒMENS MAGNÈTICS I ELÈCTRICS

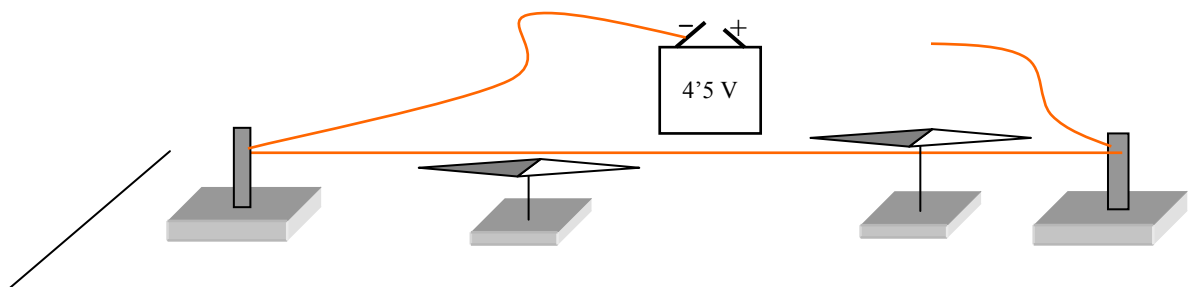
L'analogia entre el magnetisme i l'electricitat va promoure la recerca d'una relació entre ells que poguera explicar les característiques comunes.

*A.7. Penseu quin tipus d'experiments es poden realitzar per investigar una possible relació entre càrregues elèctriques i imants.*

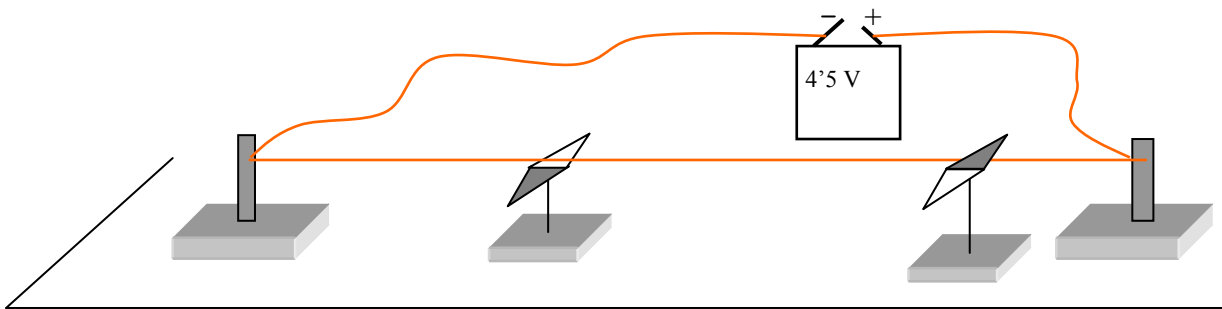
Els primers intents per posar en evidència una possible relació entre els fenòmens elèctrics i els magnètics van consistir a posar objectes carregats en presència d'imants. Però, quan es col·loca un imant en les proximitats d'un objecte carregat, l'única força que es mostra és una força d'atracció global entre els dos, semblant a la que fa qualsevol objecte carregat sobre altre neutre (com és l'imant). És a dir, en aquest cas l'imant i l'objecte carregat s'atrauen, però no s'orienten, la qual cosa indica que no hi ha una força magnètica entre ells.

El científic danès H.C. Oersted realitzà en 1820 un cèlebre experiment que, per primera vegada, mostrava l'existència d'una relació entre electricitat i magnetisme. L'experiment consistí en col·locar una brúixola a prop d'un cable pel qual circulava un corrent elèctric.

Es comprovà que, en aquestes condicions, l'agulla de la brúixola s'orienta tendint a col·locar-se en la direcció perpendicular al cable pel qual circula el corrent. Les experiències realitzades demostren que, el sentit de gir de l'agulla és tal que, si es col·loca la mà dreta estesa sobre el fil conductor (i aquest sobre la brúixola), de forma que el corrent entre pel canell i isca per la punta dels dits, el polze (col·locat perpendicularment als restants) assenyalen el sentit en què es desvia el pol N de l'agulla. (En cas de situar l'agulla per damunt del fil conductor, el sentit d'orientació és el contrari).







També s'aprecia que l'efecte sobre la brúixola és tant més intens com major és la intensitat del corrent rectilini i com més a prop del fil ens trobem. D'acord amb l'experiència d'Oersted i moltes altres que es van realitzar posteriorment, es va poder establir que:

**El magnetisme en general, està associat a l'existència de càrregues elèctriques en moviment.**

La conclusió anterior va obrir importants línies d'investigació.

*A.8. Què possibles problemes d'interès pogueren plantejar-se a conseqüència dels resultats obtinguts en l'experiència d'Oersted?*

Una vegada es va posar en evidència que les càrregues elèctriques en moviment produeixen efectes magnètics, semblà necessari avançar cap a una comprensió més profunda dels fenòmens magnètics. Alguns dels problemes que es plantejaren foren els següents:

- ✓ Com aconseguir imants més potents aprofitant els efectes magnètics del corrent elèctric?
- ✓ Com es poden aprofitar les forces existents entre corrents elèctrics i imants?
- ✓ Com explicar el magnetisme natural?
- ✓ Si un corrent elèctric (que no és sinó un moviment de càrregues) té efectes magnètics i és capaç de moure un imant inicialment en repòs, no podria aconseguir-se l'efecte recíproc?, és a dir, seria possible obtenir corrent elèctric a partir del moviment d'un imant?

En el que resta del tema comprovarem que aquestes línies d'investigació, iniciades en el segle XIX, resultaren molt fructíferes i permeteren, entre d'altres coses, construir potents electroimants, motors elèctrics i generar corrent elèctric de forma que poguera ser aprofitat per indústries i llars com font d'energia, per poder realitzar molts canvis (escalfar, cuinar, il·luminar, moure coses, etc.).

### 3.1. Efectes magnètics del corrent elèctric

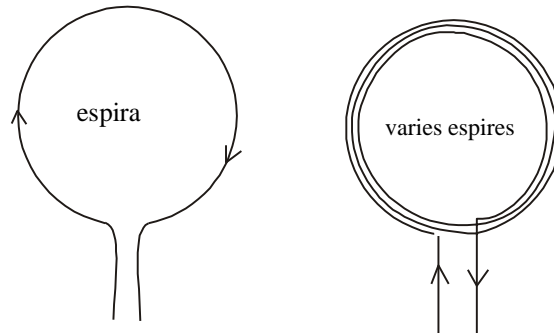
El primer estudi realitzat després dels experiments d'Oersted fou el dels efectes magnètics produïts per un corrent elèctric que circula no sols per un fil conductor rectilini, sinó també seguint altres trajectòries.

Com hem vist, un cable pel qual circula el corrent té efectes magnètics més potents com major és la intensitat de corrent que circula pel fil. Però, sovint interessa aconseguir uns efectes magnètics més intensos, sense tindre que augmentar la intensitat del corrent que circula pel fil.

## 10. Magnetisme

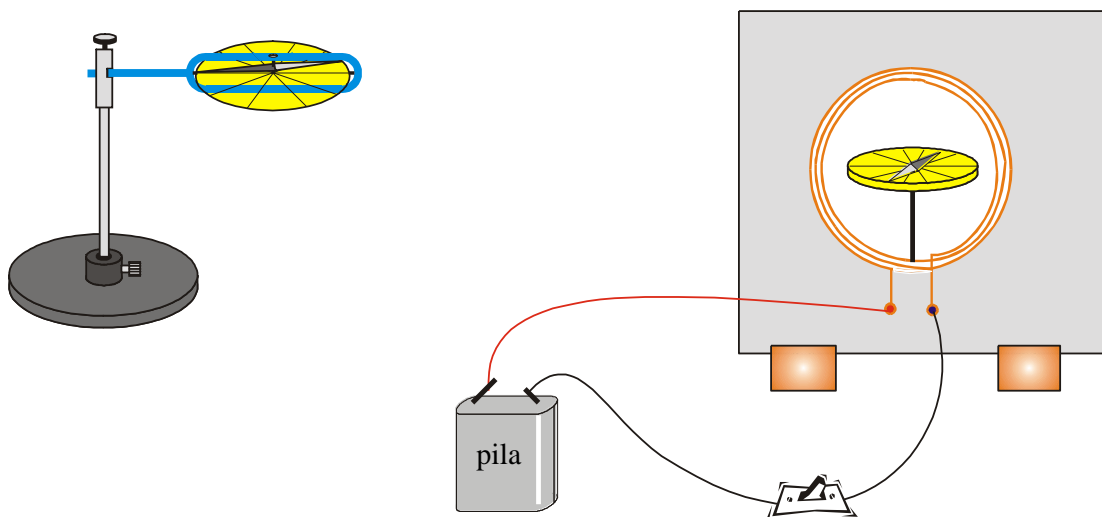
**A.9.** Indiqueu una forma d'augmentar al màxim la intensitat dels efectes magnètics produïts per un corrent elèctric en un punt situat a una certa distància del mateix, sense necessitat d'augmentar la intensitat del corrent.

Una possibilitat és enrotllar el fil conductor formant una circumferència. Així, tot el cable es troba a la mateixa distància del centre de la circumferència (cosa que no ocorre quan el corrent és rectilini). Cal esperar, doncs, que els efectes magnètics es reforcen en el centre de la circumferència. Aquest dispositiu rep el nom "d'espira". Naturalment podem intensificar encara més els efectes magnètics del corrent si el cable és llarg i ens permet varies voltes, de forma que tinguem així varies espires, com es mostra a la figura següent.



**A.10.** Com podríem estudiar el comportament magnètic d'una o diverses espires juntes per les quals circula un corrent?

Una possibilitat és col·locar-les sobre un suport, situar una brúixola al centre i connectar-les a una pila per a aconseguir que passe corrent per elles, com es proposa a la figura adjunta.

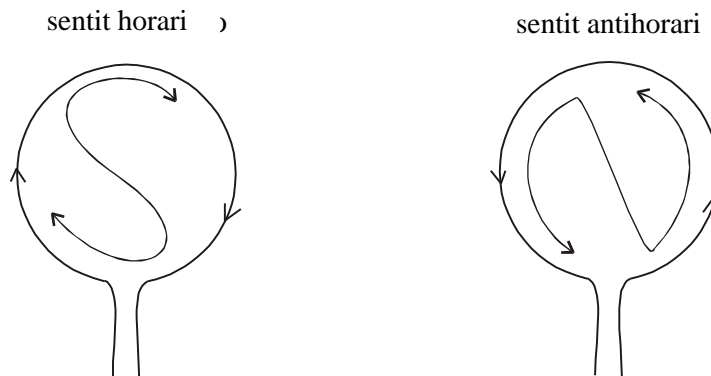


Podem comprovar com, en passar el corrent, l'agulla de la brúixola pateix ara desviacions més brusques que quan el mateix corrent era rectilini i la brúixola es situava a la mateixa distància del fil, que val ara el radi de les espires. També podem constatar l'efecte que té sobre l'agulla imantada el fet que el corrent vaja en un sentit o en un altre i com la força magnètica sobre l'agulla imantada és menys intensa quan col·loquem la brúixola en altres punts que no siguin el centre de l'espira.

**A.11.** Utilitzeu el dispositiu anterior i una brúixola per comprovar que l'espira es comporta com

*un imant i determineu quina és la cara de l'espira que fa de pol N i quina la que fa de pol S.*

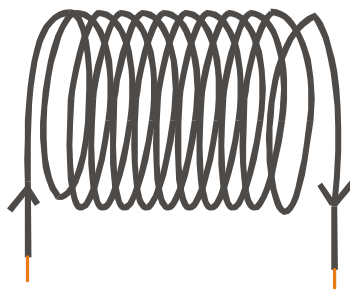
L'activitat anterior ens ha d'haver permès comprovar que, quan mirem de front l'espira i veiem que el corrent circula en el mateix sentit que les agulles del rellotge, es tracta de la cara que fa de pol S, mentre que, si veiem que el corrent circula en sentit contrari al de les agulles del rellotge és la cara N.



Per saber si estem mirant la cara N o S d'una espira recorreguda per un corrent, a més del sentit de les agulles del rellotge és útil veure si, seguint la marxa del corrent es pot dibuixar dins de l'espira la lletra S (seria en eixe cas la cara sud) o la lletra N (seria en eixe cas la cara nord), com es mostra als esquemes anteriors.

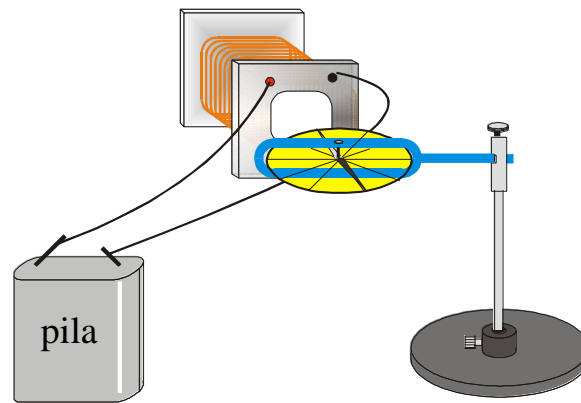
Així doncs, a una o diverses espires per les què circula un corrent elèctric, se'ls poden assignar pols magnètics igual que a un imant. Per tant, entre dues espires o entre una espira i un imant, s'exerciran forces magnètiques igual que ocorre entre dos imants.

Quan s'enrotlla un mateix fil conductor (recobert per un aïllant), de manera que les espires queden una al costat de l'altra, formant una espècie de túnel, estem construint una **bobina** o **solenoid**. Amb ajuda d'aquest dispositiu s'aconsegueix disposar d'un "imant" molt intens, amb l'avantatge de tindre accés al seu interior (perquè la bobina està buida, cosa que no ocorre amb els imants), on els efectes magnètics són més intensos que a l'exterior.



**A.12.** *Utilitzeu una bobina de 2000 espires per investigar els efectes magnètics que provoca sobre una agulla imantada, quan es fa passar un corrent per l'esmentada bobina.*

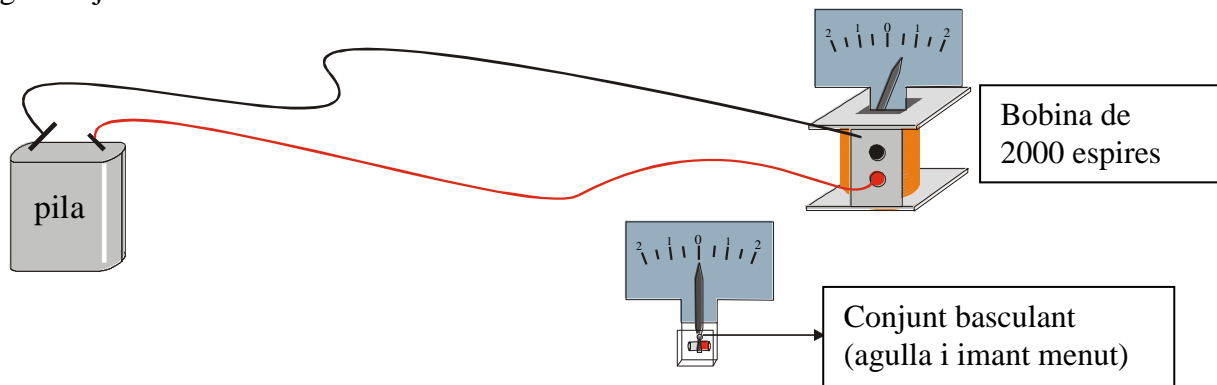
És fàcil comprovar que, mentre circule corrent per la bobina, es comporta com un imant, en el que un dels seus extrems actua com pol N i l'altre com pol S. Per això, podem aproximar-li als extrems una agulla imantada (amb els pols marcats) i veure com s'orienta. Com generador de corrent és suficient amb una pila de 4'5 V.



Podem plantejar-nos ara algunes de les aplicacions pràctiques del que acabem de veure.

### 3.1.1. Instruments de mesura del corrent elèctric (amperímetres i voltímetres)

Als laboratoris escolars sol haver-hi uns dispositius formats per una agulla o fidel, solidària a un xicotet imant<sup>1</sup>. Aquest conjunt és capaç de bascular, de forma que, quan sobre l'imant actua alguna força magnètica, aquest intenta orientar-se, de forma que el conjunt bascula fent que l'agulla es desvie de la seua posició inicial cap a un costat. La major o menor desviació de l'agulla es pot visualitzar amb ajuda d'una escala que acompanya el dispositiu. El conjunt pot ser inserit en una bobina, de manera que el xicotet imant quede dins d'ella, com es mostra en la figura adjunta.



**A.13.** Utilitzeu el dispositiu anterior col·locant-lo en una bobina de 2000 espises i investigueu el que ocorre quan aquesta es connecta al corrent elèctric subministrat per una pila de 4'5 V.

Si fem el muntatge suggerit és fàcil constatar que, en connectar el corrent, l'agulla es desvia indicant que el corrent està fent una força magnètica sobre l'imant del conjunt basculant. A més, podem veure que l'agulla es desvia en un sentit o en un altre depenent del sentit del corrent elèctric i que aquesta desviació és tant més brusca com major siga la intensitat del corrent elèctric utilitzat (per comprovar-ho, sols cal connectar en sèrie dues piles).

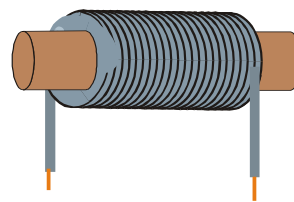
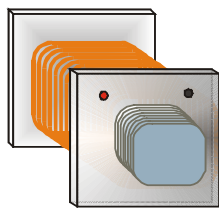
Aquest dispositiu és la base del funcionament d'alguns instruments de mesura del corrent elèctric, com els amperímetres (per mesurar la intensitat) i voltímetres (per mesurar diferència de potencial), en els que s'afegeix un xicotet ressort que s'oposa a la desviació de l'agulla (com major és la intensitat del corrent elèctric, major és la força magnètica i més es desvia l'agulla venent la força que oposa el ressort). Nosaltres l'usarem simplement per detectar l'existència d'un corrent elèctric circulant per una bobina.

<sup>1</sup> També pot utilitzar-se un miliamperímetre en lloc del dispositiu que hem descrit.

### 3.1.2. Electroimants

Quan situem una brúixola a prop d'una bobina per la qual circula corrent apreciem que s'orienta convenientment. Si, tot seguit, anem allunyant la brúixola, observarem com es va desorientant fins que, a certa distància, l'efecte de la bobina és menyspreable i la brúixola s'orienta pràcticament segons el camp magnètic terrestre únicament. En la situació que acabem de descriure, introduïrem en la bobina un tros (anomenat nucli) de ferro i observarem com la brúixola torna a orientar-se de nou com abans, quan estava molt més a prop de la bobina.

L'experiència anterior ens mostra que, pel fet de disposar un nucli de ferro a l'interior de la bobina, es genera un "imant" molt més intens. Aquest dispositiu es coneix com "electroimant" i es caracteritza perquè les seues propietats magnètiques cessen quant deixa de passar corrent per la bobina.



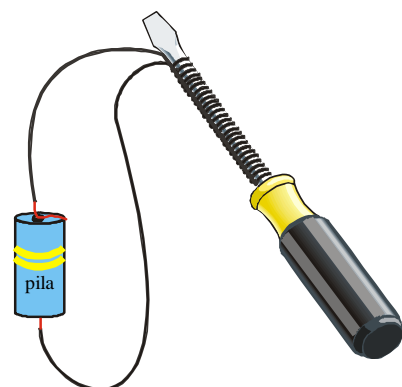
S'utilitzen electroimants molt potents penjats de grans grues per traslladar ferralla de ferro d'un lloc a un altre.

Convé tindre en compte que l'augment en la intensitat dels efectes magnètics que es produeix en una bobina, quan al seu interior s'introdueix un nucli de ferro no es detectaria si, en compte de ferro fóra, per exemple, coure o fusta. Es diu que el ferro i els materials que es comporten com ell són **ferromagnètics**, mentre que el coure és una substància **diamagnètica**.

Si en compte d'introduir un nucli de ferro a l'interior de la bobina, s'introduïra un d'acer, la imantació del nucli romandria, fins i tot després de desconnectar el corrent, amb la qual cosa hauríem construït així un imant artificial permanent.

**A.14.** *Procediu a construir un imant artificial i un electroimant, enrotllant cable conductor (amb revestiment aïllant) sobre trossos de varetes d'acer i de ferro (es poden utilitzar claus grans i tornavisos).*

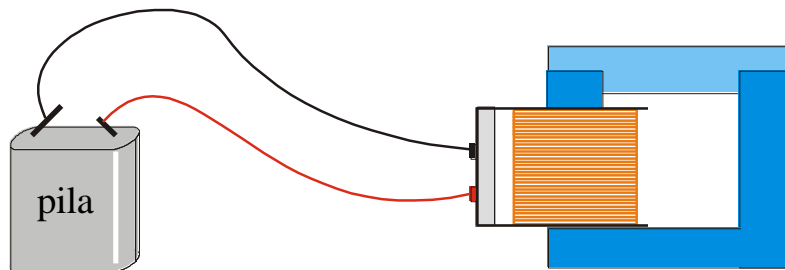
Sols haurem d'anar enrotllant un cable de coure aïllat al voltant de la vareta, començant per un dels extrems fins arribar a l'altre. Aquesta operació s'anomena bobinar. Quan ja tenim recobert tot el tros de vareta, el subjectem amb cinta adhesiva i, si el cable no està ja preparat, procedim a pelar els extrems per poder connectar-lo a la pila. Podem utilitzar varetes rectes i també doblades en forma de ferradura.



## 10. Magnetisme

Si la vareta és de ferro haurem construït un electroimant, amb el que podrem alçar objectes de ferro i acer (claus, tatxes, caragols, etc.) i amollar-los quant fem cessar el corrent. Si és d'acer (per exemple un tornavís) és suficient connectar uns moments per a convertir-la en un imant artificial que conservarà les propietats magnètiques durant prou temps.

Si en el laboratori escolar es disposa de nuclis de ferro en U i bobines de 2000 espises o més, que puguin col·locar-se en una de les branques, és espectacular mostrar com, amb una simple pila de 4'5 V, podem aconseguir un electroimant tan potent que ens costa prou esforç alçar el nucli de ferro mòbil col·locat dalt de la U (veure figura adjunta).



Amb ajuda dels electroimants podem aconseguir, doncs, imants molt potents i, el que és més interessant encara, controlar la potència de l'imant segons ens convinga, sols variant la intensitat del corrent elèctric que recorre la bobina.

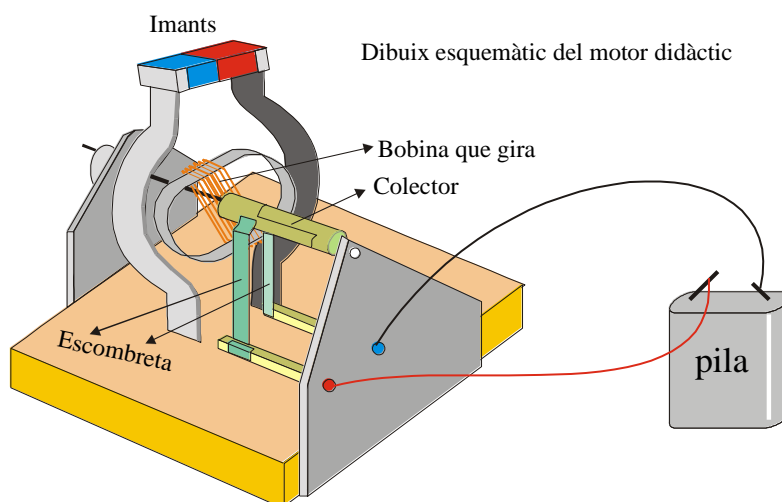
### 3.2. Aprofitament de les forces entre imants i corrents. El motor elèctric

Hem vist com s'exerceixen forces magnètiques entre corrents elèctrics i imants. Ara cal plantejar-se, doncs, com aprofitar eixes forces per aconseguir moviment i, per tant, energia.

Un dels dispositius més importants per aconseguir l'objectiu anterior és el motor elèctric. Hi ha moltíssims aparells que funcionen mitjançant un motor elèctric, com, per exemple, algunes joguines, ventiladors, molinets de cafè, eixugadors de cabell, rentadores, vehicles, etc.

Un motor elèctric elemental és un dispositiu present en molts centres escolars i que s'utilitza com model didàctic per mostrar els aspectes bàsics d'un motor elèctric.

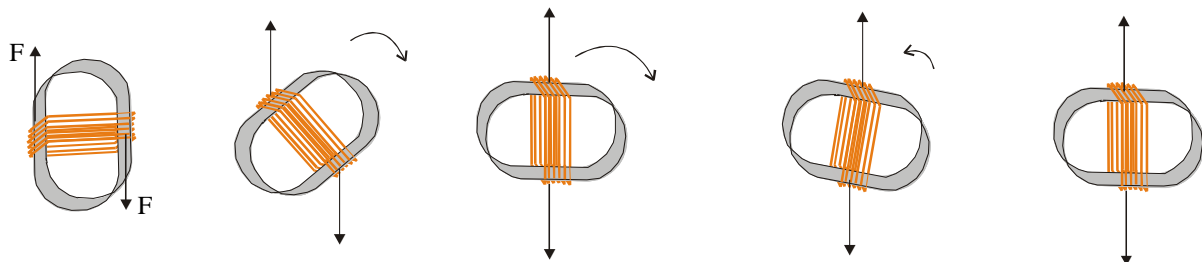
Essencialment consta de dos imants (per comoditat hem dibuixat sols un) que es col·loquen junts en un suport especial fix de forma bombada (estator). Dins l'estator hi ha una armadura sobre la qual s'ha disposat una bobina de forma que el conjunt (rotor) pot girar lliurement entorn d'un eix.



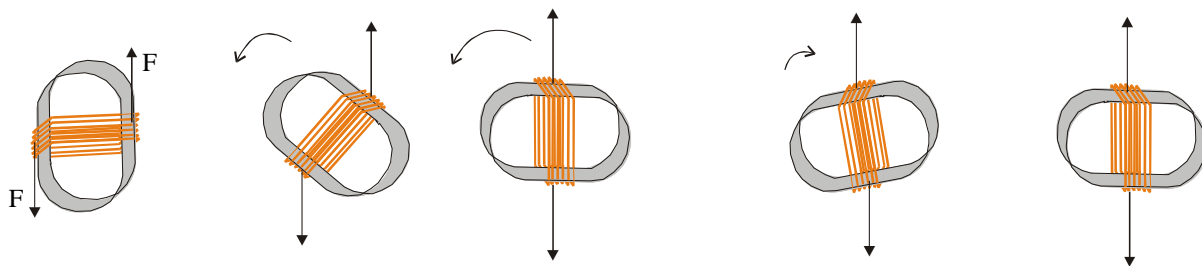
Si disposem la bobina horitzontalment i, tot seguit, fem circular un corrent per ella (connectant-la a un generador) veiem que gira en un sentit determinat fins quedar en posició vertical (realment arriba a aquesta posició després d'una xicoteta oscil·lació). Si, després de suprimir el corrent, tornem a disposar la bobina horitzontalment i, de nou, fem circular un corrent, però en sentit contrari a l'anterior, la bobina gira a l'inrevés que abans, fins quedar en posició vertical.

**A.15.** Com han de ser les forces magnètiques sobre la bobina per explicar el que li succeeix?

Hem de pensar que, sobre la bobina actua un parell de forces que tendeix a fer-la girar en un sentit determinat. Quan la bobina passa per la posició vertical, eixes forces no tenen cap efecte de gir (perquè són iguals, de sentits contraris i s'exerceixen sobre una mateixa recta) però la bobina porta ja una certa velocitat que li fa sobrepassar eixa posició. No obstant, quan la sobrepassa, el parell de forces (que continua sent el mateix) actua de nou i la frena, fent que finalment retrocedisca fins acabar quedant en el pla vertical (posició d'equilibri).



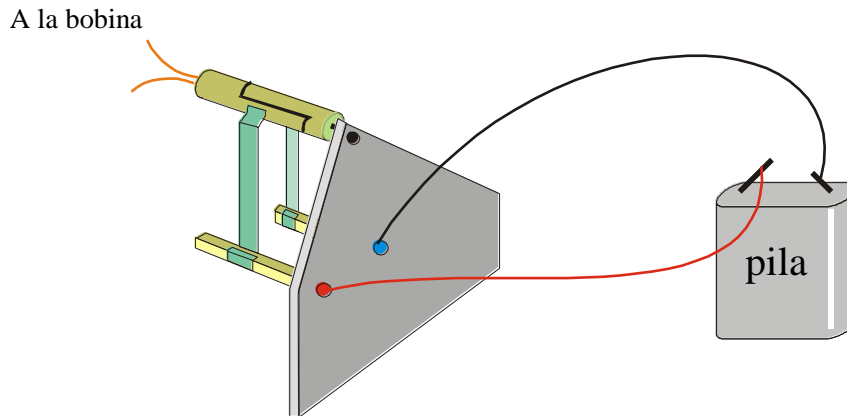
Si canviem la polaritat, el corrent circula per la bobina en sentit contrari i això explica que, en col·locar-la de nou en la posició horitzontal (exactament igual que estava al principi), la bobina gire ara en sentit contrari, perquè el parell de forces magnètiques que actua sobre ella és, ara, el contrari d'abans.



**A.16.** A la vista dels resultats anteriors, podem plantejar-nos ara què podríem fer per aconseguir que la bobina girara contínuament.

Una forma d'aconseguir-ho és fer que, cada vegada que la bobina sobrepassi la posició vertical, canviï el sentit del corrent elèctric, amb la qual cosa canviarà el parell de forces magnètiques que actua sobre ella, de forma que aquest sempre anirà a favor del sentit de gir inicial.

Naturalment, el canvi de sentit del corrent no podem fer-lo nosaltres manualment canviant la connexió dels cables a la pila cada vegada que la bobina passe per la posició vertical (no ens donaria temps). Afortunadament, hi ha un enginyós dispositiu que pot fer-ho per nosaltres. S'anomena col·lector i essencialment consisteix en dues peces metàl·liques que formen un xicotet cilindre, però sense fer contacte entre elles (estan separades per una fina junta de material aïllant).



Com es pot comprovar, el sistema està dissenyat de forma que, si desplaçem les escobretes cap al centre del col·lector, cada vegada que la bobina passa per la posició vertical, el corrent que arriba a la bobina des del col·lector canvia de sentit (perquè cada escobreta canvia de peça del col·lector sobre la qual contacta). Així el parell de forces magnètiques sempre afavoreix el gir i tenim un motor elèctric, que ens permet convertir l'energia d'origen elèctric en energia cinètica (moviment de les aspes d'un ventilador, de les fulles d'un molinet, de les rodes d'un vehicle, etc.).

### 3.3. Explicació del magnetisme natural

Quan es descobrí que els corrents elèctrics produeixen efectes magnètics semblants als que produeixen els imants naturals, s'obrí la porta a l'estudi de l'origen del magnetisme natural. Lògicament, una explicació adequada del comportament dels imants havia de compaginar la relació entre els corrents elèctrics (càrregues en moviment) i els imants, amb el coneixement acumulat sobre l'estructura de la matèria.

#### A.17. Sugeriu una explicació del magnetisme natural.

El coneixement de que les càrregues elèctriques en moviment produeixen camps magnètics fa pensar que el magnetisme natural hauria d'estar associat també al moviment de càrregues a l'interior dels imants. En efecte, cada àtom de qualsevol element es pot considerar com un diminut imant, donat que els seus electrons són càrregues en moviment entorn del nucli i es poden considerar, en una primera aproximació, com corrents elèctrics ínfims.

#### A.18. Admetem que el magnetisme natural siga degut a corrents electròniques a nivell atòmic. Llavors, per què unes substàncies es comporten com imants i altres no?

Si pensem en els àtoms com imants ínfims, podem pensar que, en la majoria de les substàncies aquests es troben orientats a l'atzar i els seus efectes magnètics individuals es compensen uns amb altres, de forma que l'efecte magnètic global és pràcticament nul. En canvi, en substàncies com la magnetita, els àtoms han d'estar orientats de forma que els efectes magnètics individuals es reforcen.

#### A.19. Justifiqueu, a partir del model elemental proposat per explicar el magnetisme natural, el fet que no es puguin separar els pols d'un imant.

L'explicació que hem donat del magnetisme natural mostra coherència amb els aspectes principals de la fenomenologia del magnetisme i, per exemple, aclareix el misteri que va suposar en el seu dia el fet que no es puguin separar els pols d'un imant, siga natural o artificial. En



efecte, d'acord amb aquest model, qualsevol imant natural es pot imaginar amb una estructura, que, per exemple, podria estar composta d'espines elementals, totes elles orientades igual. Com hem vist, si es considera individualment qualsevol d'aquestes espines, una de les cares actua com pol nord del diminut imant i la cara oposada actua com pol sud. Les mateixes espines agrupades (com ocorre en un solenoide) s'han de considerar conjuntament, perquè en aquesta disposició formen un únic gran imant, un extrem del qual actua com pol nord i l'altre com pol sud. Llavors, admetent que un imant natural tinga una estructura interna així, en dividir-lo en trossos, cada tros mantindria eixa mateixa estructura, és a dir, cada tros continuaria estant constituït per xicotets corrents elèctrics, tots ells orientats igual. En conseqüència actuarà globalment com un imant, amb els seus pols nord i sud.

**A.20.** *Tracteu d'explicar per què els imants atrauen magnèticament alguns metalls, com el ferro.*

Altre fet del magnetisme natural, que aquest model justifica, és el tipus de forces que s'exerceixen entre els imants naturals i alguns metalls. Com és lògic, no és casualitat que siguin precisament els metalls (en general, bons conductors de l'electricitat) els que interactuen magnèticament amb els imants amb més intensitat. Un tros qualsevol de certs metalls, com el ferro o el cobalt, es pot considerar constituït per grans grups d'àtoms (de l'orde del trilió), anomenats **dominis**, al voltant dels quals circulen corrents elèctrics que produeixen els mateixos efectes magnètics. Aquestes regions o dominis estan orientades entre sí a l'atzar, de manera que, habitualment, l'efecte magnètic global d'un tros de ferro és quasi nul. Ara bé, sotmesos a l'acció d'un imant extern com, per exemple, ficant-lo dins d'una bobina per la qual circula un corrent, els dominis actuen com a diminuts imants, i s'orienten fent que el tros de ferro es comporte com un imant amb igual orientació que el de la bobina, la qual cosa fa que augmente considerablement la intensitat de l'efecte magnètic (com ja vérem que succeïa en l'electroimant).



La figura anterior de l'esquerra representa esquemàticament un tros de ferro no imantat. Podem veure que està format per dominis distribuïts a l'atzar (la punta de cada fletxa indica el pol nord del domini). En canvi, en la figura de la dreta s'observa com els dominis estan orientats preferentment en una direcció determinada. Quan freguem una agulla de ferro sempre en el mateix sentit contra un imant, el que fem és orientar els dominis preferentment en una direcció determinada.

### 3.4. Producció de corrent elèctric mitjançant imants.

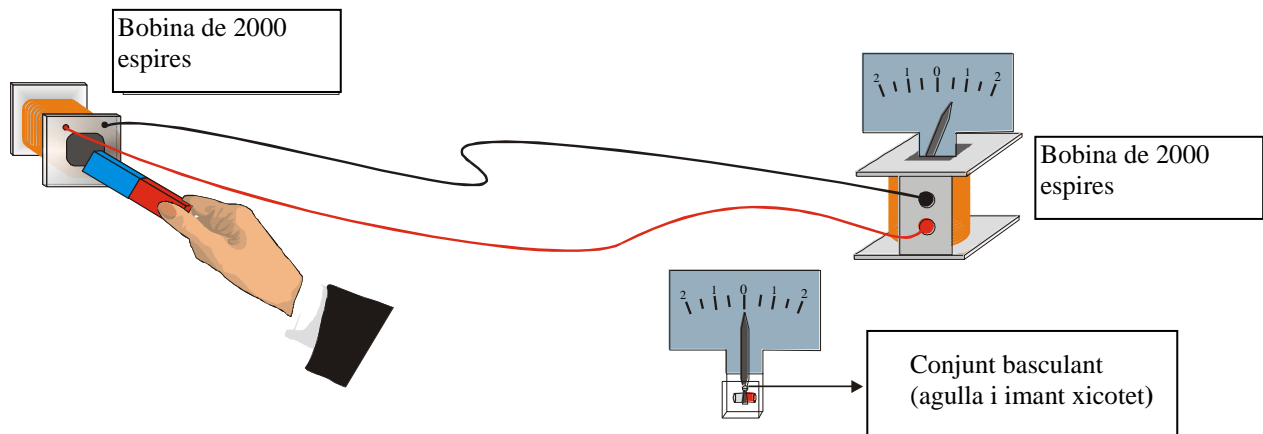
Anteriorment hem vist que, tot corrent elèctric (càrregues en moviment), té efectes mecànics sobre imants (en l'experiència d'Oersted es va aconseguir moure un imant mitjançant un corrent elèctric). Podem plantejar-nos ara la possibilitat d'aconseguir l'efecte invers, és a dir, aconseguir un moviment de càrregues (un corrent elèctric) amb ajuda d'un imant.

**A.21.** *Suggeriu una possible forma d'aconseguir induir un corrent en un conductor (per exemple una espira o una bobina) per mitjà d'un imant.*

## 10. Magnetisme

Una possibilitat és moure un imant en les proximitats d'una bobina, o millor, introduint-lo o traient-lo ràpidament en ella. Per detectar si s'indueix corrent podem connectar eixa bobina al dispositiu que servia per mesurar el pas de corrent.

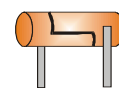
Si fem l'experiència suggerida, podem comprovar que, quan fem l'imant en la bobina, l'agulla del detector es desvia immediatament, indicant el pas d'un corrent elèctric (anomenat corrent induït). A més, és fàcil veure que, segons fem o traiguem l'imant, l'agulla es desvia en un sentit o en un altre i el mateix succeeix segons siga el pol que s'introduïska o s'extraga de la bobina (malgrat que en aquest cas les desviacions són inverses a les anteriors).



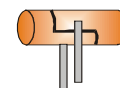
El dispositiu utilitzat com motor elèctric, també pot usar-se per generar corrent elèctric (generador), ja que el que realment importa és que existisca un moviment relatiu apropiat entre l'imant i la bobina.

*A.22. Connecteu el motor a una bobina amb agulla basculant inserida, mitjançant uns cables llargs. A continuació, col·loqueu els dos imants en el buit previstos al respecte i feu girar manualment la bobina del motor en un sentit i en un altre. Analitzeu què és el que ocorre quan:*

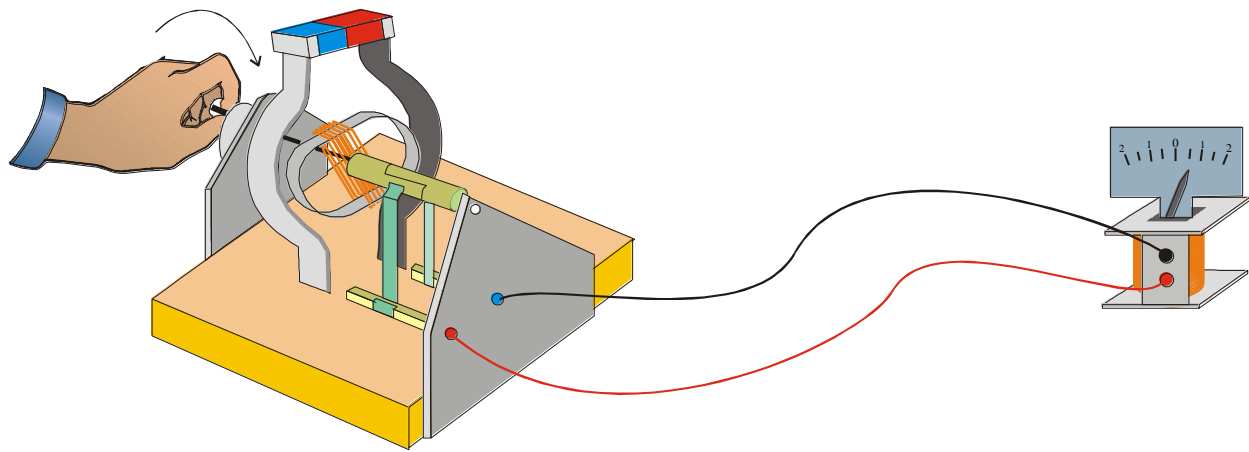
a) *Cadascuna de les escombretes està connectada de forma permanent a una sola de les parts del col·lector (situant cadascuna en un extrem del col·lector).*



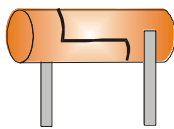
b) *Es col·loquen ambdues escombretes al centre del col·lector*



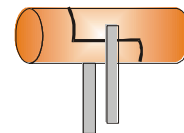
Si realitzem l'experiència proposada podrem constatar que, en el primer cas l'agulla indicadora es mou successivament en un sentit i en un altre, indicant el pas d'un corrent que està canviant de sentit (corrent altern). Pel contrari, en el segon cas, l'agulla només es desvia en un sentit, indicant que el corrent induït circula sempre en el mateix sentit (corrent continu). En ambdós casos tenim un generador de corrent. En el primer es denomina generador de corrent altern o simplement **alternador** i en el segon, generador de corrent continu o **dinamo**.



Com a alternador



Com dinamo

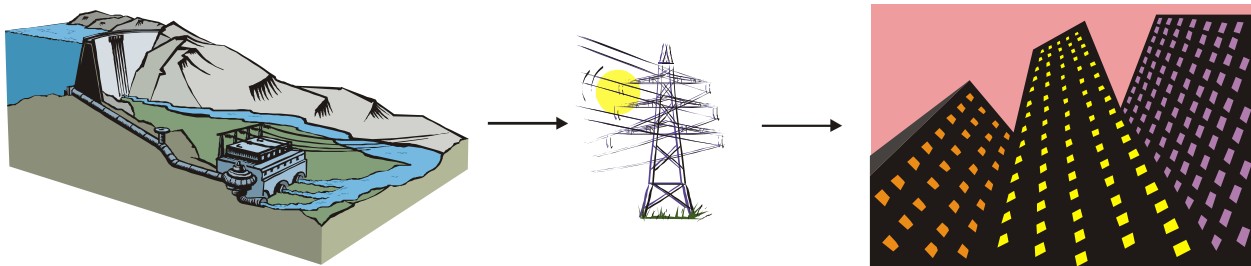


### 3.5. El transport del corrent elèctric

*Segons acabem de veure, el procediment per generar corrent continu o altern és semblant. Quan a l'ús, malgrat haver-hi aplicacions comunes com l'enllumenat (bombetes), en altres és necessari el corrent continu (com en un televisor).*

Per què la xarxa elèctrica és de corrent altern i no de corrent continu?

L'explicació està en que les centrals on es genera l'electricitat solen estar allunyades dels llocs en què aquesta s'utilitza (nuclis urbans i industrials). Això obliga a fer-ne ús de llargs cables conductors per al transport, en els que es produeix una pèrdua important d'energia (efecte Joule). Per reduir aquesta pèrdua en la mesura d'allò possible, convé treballar amb intensitats de corrent xicotetes, raó per la qual, si volem mantindre la quantitat d'energia que es transporta en un cert temps, haurem d'eleva la diferència de potencial.



D'acord amb els raonaments anteriors és molt convenient transportar l'energia elèctrica a una gran diferència de potencial. Açò presenta greus problemes, bé de tipus tècnic (generadors apropiats) com d'ús (caràcter perillós). Malgrat açò, es poden solucionar els problemes si transportem corrent altern, perquè existeix un dispositiu, anomenat transformador (que sols funciona amb corrent altern), que permet elevar o reduir (a conveniència) la diferència de

## 10. Magnetisme

potencial. Així, en les centrals on es produeix electricitat s'usen transformadors per elevar la diferència de potencial del corrent altern generat fins al valor que ens convinga (diversos centenars de milers de volts) i es transporta així fins a les proximitats dels llocs en què es va a utilitzar, on s'utilitzen de nou transformadors per baixar la diferència de potencial abans del seu ús (a uns milers de volts). En la majoria de les llars, el corrent que arriba és altern i la diferència de potencial de 220 V.

### 4. IMPACTE MEDIAMBIENTAL DE L'ENERGIA ELÈCTRICA

El consum de fonts d'energia no renovables com el petroli i els seus derivats i, en general l'ús creixent d'energia per part de més de 7500 milions de sers humans (any 2016), està produint un impacte tremend sobre el medi ambient, tan gran, que la nostra supervivència com espècie comença a córrer perill.

Sovint es pensa en l'electricitat com una espècie d'energia neta que no afecta el medi ambient. Potser perquè podem usar-la en les nostres cases per il·luminar, escalfar, refrigerar, etc., tan sols prement un interruptor, sense que vegem generar-se fums ni residus. És açò realment així?

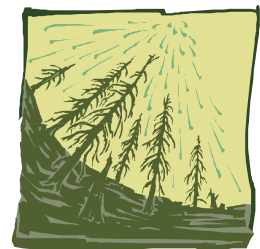
**A.23.** *Consideredu de què possibles formes es pot produir energia elèctrica i elaboreu una llista amb tots els efectes positius i negatius que puguen tindre sobre el medi ambient.*

Més del 95% de l'electricitat que utilitzem és generada mitjançant alternadors. Per aconseguir-la, com hem vist, s'ha de moure una bobina en les proximitats d'un imant. Però, per mantindre eixa bobina en moviment, hem comunicar-li energia. Eixa energia pot provindre, de vegades, d'un salt d'aigua (central hidroelèctrica) o del vent (parcs eòlics), però el més habitual és que s'utilitze vapor d'aigua. Per aconseguir-lo, l'aigua s'escalfa cremant carbó, fuel o gas (central tèrmica de combustible fòssil) o bé a partir de la fissió d'un material radioactiu com l'urani (central tèrmica de combustible nuclear).

**A.24.** *Quin impacte mediambiental produeixen les centrals tèrmiques?*

Una central elèctrica que utilitze carbó té, entre d'altres, dos greus inconvenients sobre el medi ambient:

**a)** Contribueix a augmentar la pluja àcida a causa, sobre tot, de que el carbó està impurificat amb sofre i, en cremar-lo, es produeixen òxids de sofre que van a parar a l'atmosfera i reaccionen amb l'aigua present a l'aire produint àcid sulfúric. Això provoca que l'aigua de pluja siga àcida i tinga la capacitat de destruir boscos així com augmentar l'acidesa de llacs, fent impossible la vida de plantes i animals en ells.



**b)** Contribueix a augmentar l'efecte hivernacle perquè, quan es crema carbó es produeix CO<sub>2</sub> (el principal causant d'aquest augment). L'energia que arriba a la Terra procedint del Sol escalfa el planeta i aquest reflecteix a l'espai part d'aquesta energia mitjançant radiació infraroja. Però el CO<sub>2</sub> present a l'atmosfera dificulta el pas d'aquesta radiació, reflectint-la de nou cap a la Terra, amb la qual cosa està augmentant la temperatura mitjana del planeta. El procés ha estat



intensificat en gran part degut a la combustió del carbó i altres combustibles fòssils com el petroli i tots els seus derivats, que estan fent augmentar molt la concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera i produint un vertader canvi climàtic.

En la producció d'electricitat a partir de la combustió de fuel, a més dels efectes anteriors cal tindre en compte que el fuel s'extrau del petroli i que el transport del cru de petroli des dels jaciments fins a les refineries (molt allunyades d'ells) comporta uns riscos indubtables sobre el medi ambient. Basta recordar a aquest respecte els ja nombrosos accidents ocorreguts amb alguns superpetroliers (com el Prestige) i els consegüents desastres ecològics produïts en abocar-se milers de tones de cru davant de les costes. A més, aquest procés d'esgotar ràpidament totes les reserves de petroli cremant-lo, quan a partir del mateix s'obtenen tants productes necessaris (des de fibres sintètiques a plàstics i medicaments) no sembla ésser una actitud molt intel·ligent.

Una central elèctrica que utilitzi un reactor nuclear no contribueix tant a l'efecte hivernacle ni a la pluja àcida. En canvi, suposa un risc molt important per al medi ambient i les persones, per la possibilitat d'un possible accident nuclear (**recordeu els de Chernobyl i Fukushima entre d'altres**) i també perquè aquestes centrals generen residus radioactius que estaran actius durant molts anys. On soterrar **amb seguretat durant milers d'anys** la gran quantitat de residus radioactius que estem generant? No és això potser una bomba de rellotgeria per als nostres descendents?

#### *A.25. Quin és l'impacte mediambiental de les centrals hidroelèctriques?*

En general una central hidroelèctrica aprofita el desnivell existent en un cert tram d'un riu per a produir energia elèctrica, la qual cosa suposa la transformació d'una zona fluvial en una zona amb un embassament d'aigua més o menys gran, amb una sèrie de conseqüències per al medi ambient, com les que s'exposen a continuació:

- Pèrdua de sòl per l'erosió provocada per les obres
- Destrucció de part de la vegetació de la zona a causa de les obres d'accés a la central (pistes o carreteres, presa, edificis annexos, etc.) i a la línia elèctrica.
- Desaparició de part de la flora i fauna de la zona a causa de l'alteració del seu medi natural
- Contaminació "estètica" deguda als canvis paisatgístics (camins, obres, línia elèctrica, grans canonades, etc.).
- Impacte de la línia elèctrica sobre les aus de la zona.
- Efecte "barrera" de la presa sobre algunes espècies piscícoles que realitzen migracions.
- Desaparició de l'activitat agrícola i ramadera en la zona embassada.
- Possible desaparició de pobles que portaven vivint en la zona durant molts anys abans d'inundar-la i trasllat forçós de les seues gents a altres llocs.

Malgrat les conseqüències anteriors, l'impacte de les centrals hidroelèctriques (sobretot de les xicotetes o "minicentrals") sobre el medi ambient és prou menor que el de les tèrmiques, ja que no emeten CO<sub>2</sub> ni òxids de sofre (no contribueixen a augmentar l'efecte hivernacle ni la pluja àcida) i, a més, el seu funcionament es basa en l'energia obtinguda de l'aigua en moviment i no en el consum de combustibles fòssils o d'urani (amb tots els inconvenients que això implica). D'altra banda, les centrals hidroelèctriques també tenen alguns efectes positius sobre l'ambient com, per exemple:

- En l'aigua dels embassaments s'eliminen matèries sedimentables per decantació, el que les fa utilitzables per abastar d'aigua potable a les poblacions.
- Control de possibles revingudes d'aigua evitant inundacions en zones més baixes.
- Increment en el nivell d'aigua en pous pròxims a l'embassament

## 10. Magnetisme

- Com es pot regular el cabal d'aigua després de l'embassament, és possible disposar d'un cabal mínim d'aigua en el riu, fins i tot durant l'estiu i també es poden controlar els regadius.

### A.26. Coneixeu altres formes d'obtenir energia elèctrica? Quin impacte ambiental poden tindre?

L'energia elèctrica també es pot obtenir d'altres formes com, per exemple: aprofitant les marees, l'energia cinètica de l'aire en moviment (aerogeneradors) o l'energia solar. L'impacte mediambiental de les centrals eòliques i solars és molt menor que en els altres casos. Però també existeix, ja que els enormes molins de vent col·locats als cims de les muntanyes o en les costes, tenen un indubtable impacte estètic, a més que afecten les aus, generen soroll en les seues proximitats i produeixen interferències en les comunicacions. Quant a les centrals solars, l'impacte sobre el medi ambient es deriva de la gran quantitat de terreny que es necessita. Així, en una zona amb almenys 2500 hores de sol a l'any, caldria ocupar en total uns 10 km<sup>2</sup> de terreny per obtenir una potència de 100 MW. Això significa una gran quantitat de sòl que queda sense ombra (el que pot afectar la flora i fauna local), a més d'una important modificació paisatgística. Per evitar aquest problemes, solen construir-se en zones desèrtiques.



L'energia elèctrica també es pot originar a partir de reaccions químiques (piles i bateries). Es tracta d'una forma habitual d'obtenir xicotetes quantitats d'energia elèctrica. Molts milions de joguets, d'aparells i instruments funcionen amb piles. Les piles permeten disposar d'energia amb molta autonomia (sols hem de transportar-les allà on anem), però algunes contenen substàncies tòxiques molt contaminants per al medi ambient (per exemple, metalls com el mercuri).

### A.27. Com disminuir l'impacte ambiental negatiu (directe o indirecte) de l'energia elèctrica?

Es poden fer moltes coses, que desgraciadament, no es realitzen en la mesura que caldria, per a reduir l'impacte mediambiental de l'energia elèctrica i aconseguir un desenvolupament sostenible, més respectuós amb la naturalesa. Nosaltres mateixos podem contribuir a aquest objectiu de manera fonamental (som molts milions de persones i, si totes fem un poc, en total és moltíssim). A títol d'exemple:

- Impulsar les minicentrals hidroelèctriques (de molt menys impacte sobre el medi ambient que les grans centrals, que exigeixen construir enormes embassaments).
- Utilitzar electrodomèstics de baix consum.
- A les ciutats, els equips de govern municipal haurien de ser conscients del problema i no malgastar tanta energia elèctrica. En algunes d'elles, com València, els fanals han proliferat tant que és difícil conciliar la son de nit si no es baixa la persiana o es corre la cortina i la contaminació lumínica impedeix veure el cel.
- No tindre en la casa més llums enceses de les que siguen necessàries.
- Afavorir l'ús d'energies renovables. Hem de tindre en compte que Espanya és considerat com un dels països amb major potencial per a generar energia elèctrica a partir del vent, el sol i l'aigua. Tanmateix, més del 90 % de l'energia que consumim es basa en matèries primeres no renovables (i que, a més, nosaltres pràcticament no tenim) com el petroli, carbó, urani i gas.

Això ens fa ser un país excessivament dependent dels altres quant a l'energia, amb tot el que això implica.

- Utilitzar piles recarregables i làmpades de baix consum
- No tirar les piles (de cap tipus), làmpades, o tubs fluorescents al fem, sinó dipositar-los en els contenidors que hi ha a l'efecte (o demanar que instal·len eixos contenidors en el barri, l'escola, comerços, etc.).
- L'ús de panells solars per a la calefacció en els nous edificis hauria de ser obligatori. També caldria afavorir la instal·lació per particulars (allí on fóra possible) d'aerogeneradors i panells solars així com la possibilitat de que venguen l'energia sobrant a les grans companyies elèctriques.

Per finalitzar, convé realitzar una xicoteta reflexió: L'ús de l'energia en general i de l'energia elèctrica en particular està repartit de forma molt desigual en la humanitat. Hi ha molts milions de famílies que no disposen d'energia elèctrica a les seues cases i és just que aspiren a la millor qualitat de vida que aquesta els proporcionaria. Què ocurriria si demà tots els éssers humans disposaren de la mateixa energia i aparells elèctrics que un nord-americà mitjà, mantenint la resta de coses igual? L'esgotament de recursos i l'impacte ambiental ocasionat produirien un desastre de proporcions incalculables en molt pocs mesos. La diferència de la realitat amb aquest supòsit tan sols radica en el temps (en compte de pocs mesos, si no prenem mesures ja, seran uns anys).

D'acord amb les consideracions anteriors, l'ús i la generalització d'energies més respectuoses amb el medi ambient i polítiques socials més justes (dissenyades per aconseguir un desenvolupament sostenible per a tots) junt amb un control de la natalitat (polítiques demogràfiques responsables per part de tots els governs), són avui en dia més necessaris que mai en un planeta que abans pareixia no tindre límits però que ara ..... se'ns ha quedat xicotet.

## RECAPITULACIÓ

Com s'indicava a l'inici d'aquest llibre, mitjançant l'electricitat podem disposar d'energia amb la qual produir canvis que ens interessen.

Els darrers dos capítols han estat dedicats a estudiar la forma d'obtindre un corrent elèctric amb el què poder disposar d'energia per produir canvis. En el primer de ells, hem vist la necessitat de disposar d'una diferència de potencial entre els extrems d'un fil conductor i que els generadors compleixen eixa funció. S'han introduït i manejat conceptes molt importants, com el de potencial i diferència de potencial, resistència elèctrica, etc. També hem estudiat la llei d'Ohm, els factors de què depèn la resistència d'un fil conductor i la forma d'associar resistències. En el segon, hem pogut apreciar l'existència d'una estreta relació entre el magnetisme i l'electricitat i com d'aquesta relació s'han derivat una sèrie de línies d'investigació que han permès la producció de corrent elèctric a gran escala, la construcció de motors elèctrics, etc.

Esperem doncs, que aquest curs, haja servit com un primer pas per acostar-se a la física i química, que haja ajudat a percebre la utilitat d'aquestes dues ciències per comprendre i aprofitar els canvis materials.

En el pròxim curs, ens centrarem, principalment, en estudiar un tipus especialment interessant de canvis: els anomenats canvis mecànics, en els que s'estudien els canvis de posició i de velocitat que poden experimentar els objectes i, tot seguit, aprofundirem en l'estudi de les reaccions químiques que hem començat en aquest.

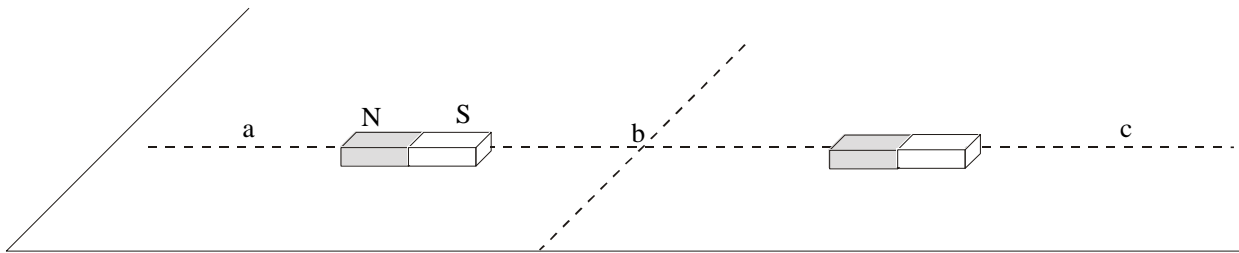
## 10. EL MAGNETISME I EL CORRENT ELÈCTRIC. ACTIVITATS DE REFORÇ

1. Esmenteu alguna diferència entre les forces elèctriques (ja estudiades anteriorment) i les magnètiques

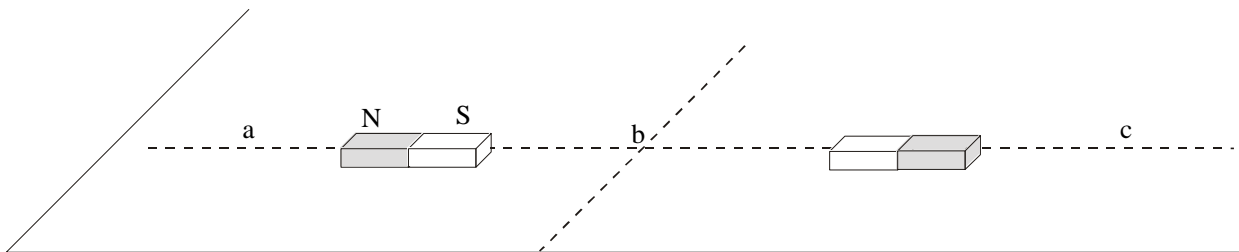
2. Si posem una brúixola en el sòl pla i horitzontal i ens movem cap a on assenyalava el pol N de l'agulla, avançarem aproximadament cap a:

- a) El pol N geogràfic
- b) El pol S geogràfic
- c) L'est
- d) L'oest

3. Dibuixeu una agulla magnètica que pot girar lliurement sobre el seu centre quan es situe en les posicions a, b i c, de la figura adjunta. (Ha de veure's quin és el pol N i S de l'agulla).



4. Dibuixeu una agulla magnètica que pot girar lliurement sobre el seu centre quan es situe en les posicions a, b i c, de la figura adjunta. (Ha de veure's quin és el pol N i S de l'agulla).



5. Quina fou la conclusió més important que es va extraure de l'experiència d'Oersted?

- a) El magnetisme i l'electricitat són dos fenòmens de naturalesa totalment distinta i no tenen res a veure un amb l'altre
- b) L'electricitat i el magnetisme són dos fenòmens relacionats entre si.



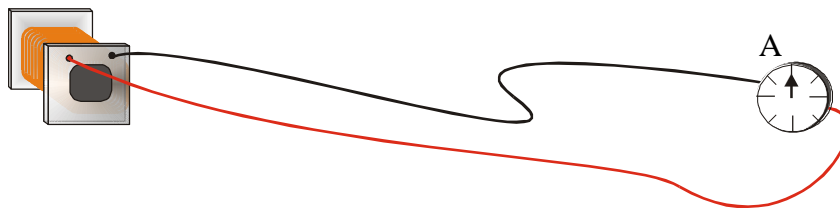
**6.** L'experiència d'Oersted mostrà que (assenyala vertader o fals a l'esquerra de cada proposició):

a) Entre els imants i les càrregues elèctriques en repòs s'exerceixen forces d'atracció i de repulsió

b) Entre els imants i les càrregues elèctriques en moviment (corrent elèctric) s'exerceixen forces d'atracció i de repulsió.

**7.** Quina diferència hi ha entre un solenoide i un electroimant?

**8.** En el dispositiu adjunt, què farieu perquè passara un corrent elèctric per l'amperímetre?



**9.** Expliqueu com es pot construir un imant amb una pila, un clau d'acer i fil conductor. Ajuda't d'un dibuix.

**10.** Indiqueu dues formes d'aconseguir que un electroimant siga més potent:

**11.** Assenyaleu vertader o fals a l'esquerra de cada proposició:

a) Tota càrrega elèctrica és atreta (o repel·lida) per un imant

b) Tot corrent elèctric té efectes magnètics

c) Tot imant pròxim a una bobina origina en ella un corrent elèctric.

