

8 | Reaccions químiques. Càlculs estequiomètrics



Els progressos que la química ha aconseguit, sobretot en les últimes dècades, han permès a l'ésser humà de disposar de matèries que han influït en el seu gènere de vida.

Als centres d'investigació, els químics descobreixen contínuament noves reaccions químiques de les quals en resulten substàncies que no es troben a la natura, moltes de les quals d'un valor incalculable.

1 | Importància de les reaccions químiques

En el curs de la seva vida, l'ésser humà ha de satisfer un conjunt de necessitats materials. Per fer-ho, transforma i consumeix els productes que troba al seu abast. En el desenvolupament dels avenços científics i tecnològics, la química ocupa un lloc molt important i es fa cada vegada més diversa i ramificada.

Pocs esdeveniments de la nostra vida queden fora de l'abast de la química. Perquè els aliments arribin a nosaltres en bones condicions es necessiten productes químics. La majoria de la roba que portem és sintètica, fem servir colorants i altres productes per al seu processament. El sabó, els detergents, els metalls, el vidre, les pintures, els plàstics, els fertilitzants i nous materials com les fibres de vidre o les resines, tots són resultat de reaccions químiques. També ho són els medicaments, les vitamines, els anestèsics, les vacunes o els antibiòtics, productes que permeten controlar moltes malalties que altrament serien mortals. La repercussió global més evident de la importància d'aquests productes ha estat la millora de qualitat de vida i també la major longevitat.

Però alhora que l'activitat industrial creix i es desenvolupa, una manca de previsió i de respecte pel medi ambient, sobretot en els darrers seixanta anys, ha fet que la preservació del planeta, i la seva capacitat per el manteniment de la vida, sigui un dels temes que més afecta la població del segle XXI.

La indústria química ha estat responsable de molts problemes relacionats amb el medi, però en els darrers anys, s'han investigat i posat en marxa nombrosos sistemes de control, per reduir o eliminar la contaminació i per utilitzar fonts d'energies renovables a nivells econòmicament acceptables.

2 | Reaccions químiques

EXPERIÈNCIA

En un tub d'assaig col·loquem una quantitat petita de llimadures de ferro (0,5 g aproximadament). A continuació, afegim uns 10 cm³ d'àcid sulfúric 1 mol/dm³. Immediatament observarem la formació de bombolles de gas, que resulten ser hidrogen, H₂. També comprovarem com el tub d'assaig s'escalfa. Al cap de poc temps, les llimadures de ferro han «desaparegut» i en el tub queda un líquid de color verdós.

Si col·loquem aquest líquid en una càpsula i deixem evaporar l'aigua, queden uns cristalls de color verdós, que són un compost químic anomenat sulfat de ferro (II), de fórmula FeSO₄.

Les substàncies obtingudes són completament diferents de les que es tenien en un inici. En efecte, a partir d'un sòlid i un líquid s'ha obtingut un gas que s'ha difós a l'atmosfera i una substància de color verdós que ha quedat dissolta en l'aigua i s'ha desprès energia en forma de calor.



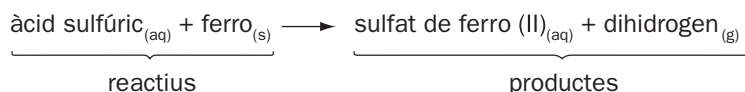
Quan a partir d'una o més substàncies se n'obtenen una altra o unes altres de propietats característiques diferents de les propietats de les substàncies inicials, es diu que s'ha produït una **reacció química**.

Una reacció química s'anomena, també, un fenomen químic o un canvi químic.

Tota reacció química va acompanyada d'**alliberament** o d'**absorció d'energia**. Generalment, aquesta energia es desprèn o s'absorbeix en forma de calor.

En una reacció química, les substàncies inicials que reaccionen s'anomenen **reactius** i les substàncies obtingudes, **productes de reacció**.

En l'experiència proposada, el ferro ha reaccionat amb l'àcid sulfúric i s'ha obtingut sulfat de ferro (II) i dihidrogen. La reacció química que s'ha produït podem indicar-la així:

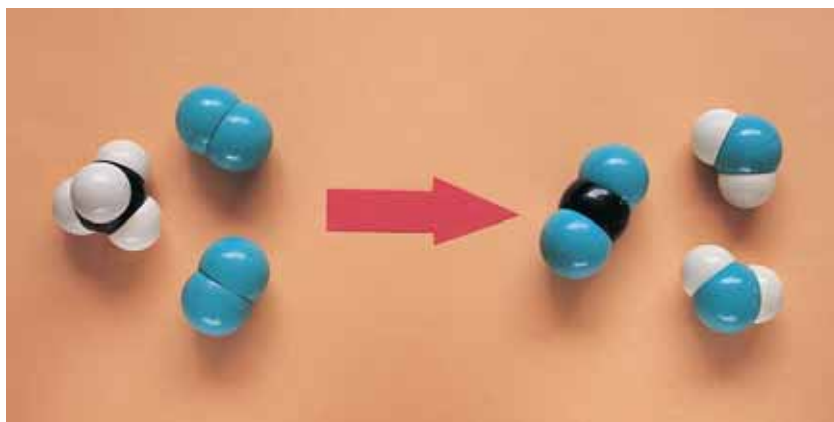


Recorda que el subíndex (aq) significa aquós, és a dir, dissolt en aigua; (s) indica sòlid i (g) indica gas.

3 | Equacions químiques

Com intervenen els àtoms, les molècules o els ions en les reaccions químiques? Com es representen les reaccions químiques? Ho explicarem amb un exemple de reacció química en què intervenen molècules senzilles i ajudant-nos de models moleculars.

El gas natural està format sobretot per metà, $\text{CH}_4(g)$. En reaccionar aquest gas amb el dioxigen, s'obté diòxid de carboni i vapor d'aigua. Aquesta reacció desprèn energia en forma de calor i llum. És una combustió. Observa que el nombre i la classe d'àtoms que formen les substàncies inicials i finals són els mateixos però agrupats de manera diferent.



1 molècula de metà reacciona amb 2 molècules d'oxigen i s'obtenen 1 molècula de diòxid de carboni i 2 molècules d'aigua.

Una **reacció química** consisteix en una reagrupació d'àtoms que, ordenant-se de manera diferent de com estaven inicialment, constitueixen noves substàncies pures. El nombre i la classe d'àtoms que formen les substàncies inicials i finals són els mateixos, però agrupats de manera diferent, ja que la massa dels productes resultants d'una reacció química és igual a la massa dels reactius (Llei de Lavoisier).

Les reaccions químiques es representen de manera abreviada mitjançant l'ús de les fórmules de les substàncies pures que intervenen en el procés.

La reacció química que hem descrit s'escriu així:



Aquesta expressió s'anomena **equació química**.

Els nombres que es col·loquen davant de les fórmules dels reactius i dels productes s'anomenen **coeficients de l'equació química** o **coeficients estequiomètrics**.

Una equació química és una representació simbòlica d'un procés real i que ens indica el balanç de matèria d'aquest procés.



1. En el cremador es produeix la reacció de combustió del gas natural amb l'oxigen.

En efecte; observa que en l'exemple proposat l'equació no solament expressa que el metà i el dioxigen reaccionen per donar diòxid de carboni i vapor d'aigua, sinó que a més indica en quina proporció reaccionen. Per cada molècula de metà que reacciona es necessiten dues molècules de dioxigen i s'obté una molècula de diòxid de carboni i dues molècules d'aigua.

Una equació química ha d'estar **igualada**, és a dir, el nombre d'àtoms de cada element ha de ser el mateix en cada un dels membres de l'equació.

Mai no s'ha d'igualar una equació química modificant els subíndexs de les fórmules, ja que això equivaldria a substituir una substància per una altra.

4 | Mols i reaccions químiques

En la reacció d'exemple entre el metà i el dioxigen, és important adonar-se que, encara que reaccionin masses petitíssimes d'ambdós gasos, hi intervé un nombre extraordinàriament gran de molècules de metà i d'oxigen. Aquestes molècules es mouen en un moviment ràpid i incessant, xocant les unes amb les altres, i s'obtenen moltíssimes molècules de diòxid de carboni i aigua. És per això que en química s'utilitza el mol com a unitat de quantitat de substància.

L'equació química:

	$\text{CH}_{4(g)}$	+	$2 \text{O}_{2(g)}$	$\rightarrow$	$\text{CO}_{2(g)}$	+	$2 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$
no només ens indica que:	1 molècula de metà	reacciona amb	2 molècules d'oxigen	i s'obté	1 molècula de diòxid de carboni	i	2 molècules d'aigua
sinó també que:	$6,02 \times 10^{23}$ molècules de metà	reaccionen amb	$2 \times 6,02 \times 10^{23}$ molècules d'oxigen	i s'obté	$6,02 \times 10^{23}$ molècules de diòxid de carboni	i	$2 \times 6,02 \times 10^{23}$ molècules d'aigua
que és el mateix que dir:	1 mol de metà	reacciona amb	2 mols d'oxigen	i s'obté	1 mol de diòxid de carboni	i	2 mols d'aigua

Així doncs:

Els coeficients estequiomètrics d'una equació química indiquen en quina proporció intervenen en la reacció els mols de reactius i de productes de la reacció.

Si a més utilitzem les masses molars, podem saber en quina proporció intervenen en la reacció les masses dels reactius i de productes de la reacció.

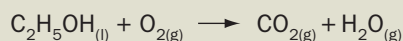
5 | Igualació d'equacions químiques senzilles

És important saber igualar equacions químiques. En els exemples desenvolupats a continuació aprendràs a igualar equacions químiques senzilles.

EXEMPLES

1. L'alcohol de fórmula molecular $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ és un líquid d'olor agradable. En reaccionar amb el dioxigen de l'aire, s'obté diòxid de carboni (gas) i vapor d'aigua. Aquesta reacció desprèn energia en forma de calor i llum (combustió). Escriu l'equació química corresponent.

Per plantejar l'equació química corresponent, escriurem a l'esquerra de la fletxa les fórmules dels reactius i a la seva dreta, les fórmules químiques dels productes de la reacció:



L'equació química així escrita no està igualada.

Observa que cada molècula de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ conté 2 àtoms de carboni. Per tant, si tot el carboni d'una molècula d'alcohol passa a formar molècules de CO_2 , per cada molècula de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ que reaccioni se'n formaran 2 de CO_2 .

En una molècula d'alcohol hi ha sis àtoms d'hidrogen. Com que tot l'hidrogen contingut en una molècula passa a formar molècules d'aigua, per cada molècula de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ se'n formaran tres d'aigua.

Per tant, podem escriure:



I posem una ratlla a sota dels compostos que ja hem igualat.

Per obtenir 2 molècules de CO_2 i 3 d'aigua son necessaris 7 àtoms d'oxigen. Atès que una molècula d'alcohol aporta un àtom d'oxigen, es necessiten tres molècules de dioxigen per reaccionar amb una d'alcohol.

Així doncs, l'equació química igualada serà:



Aquesta equació indica que, per cada mol d'alcohol que reacciona, es necessiten tres mols de dioxigen i s'obtenen dos mols de diòxid de carboni i tres mols d'aigua.

S'anomena **combustió** tota reacció química que es desenvolupa amb alliberament d'energia en forma de calor i de llum. Les reaccions de combustió més importants són les que es produeixen per reacció d'una substància amb el dioxigen. Diem aleshores que la substància crema. El **combustible** és la substància que crema i el **comburent** és la substància que fa possible la combustió.



2. En escalfar el clorat de potassi, compost sòlid de fórmula KClO_3 , es descompon en clorur de potassi, KCl (sòlid), i dioxigen, O_2 .

Per escriure l'equació química corresponent, seguirem el mateix esquema que el proposat per igualar la reacció entre l'alcohol i el dioxigen:

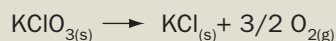


Procedim a igualar l'equació química.

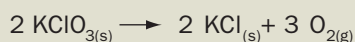
Ho farem directament en mols, ja que el KClO_3 i el KCl no formen molècules sinó que són compostos iònics.

Observem que tot el clor i el potassi del KClO_3 passen a formar KCl . Per tant, per cada mol de clorat potàssic descompost s'obtindrà un mol de clorur de potassi. Ara només falta igualar l'oxigen. Cada mol de KClO_3 conté 3 mols d'àtoms d'oxigen. Per tant, en descompondre's un mol de clorat de potassi es formaran $3/2$ mols de O_2 .

La nostra equació igualada serà:



Perquè no apareguin coeficients fraccionaris, podem multiplicar per dos tots els coeficients estequiomètrics:



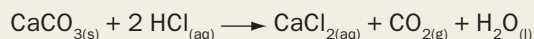


Reacció dels carbonats amb l'àcid clorhídric

El marbre està format sobretot de carbonat de calci.

- a) Col·loca en un tub d'assaig gran trossos petits de marbre. Afegeix a continuació àcid clorhídric diluït. Podràs observar una efervescència provocada pel diòxid de carboni que s'obté (Fig. a).

L'equació química corresponent és:



Si col·loques un llumí encès a la boca del tub, s'apaga ja que el diòxid de carboni no serveix per a la combustió.

Pots repetir l'experiència utilitzant carbonat de magnesi o carbonat de sodi. Anota les teves observacions i escriu les equacions químiques corresponents.

- b) Observa la figura b. Torna a repetir la reacció entre el carbonat de calci i l'àcid clorhídric, però fent bombollear el gas obtingut per una solució saturada d'hidròxid de calci anomenada **aigua de calç**. Aquesta solució permet detectar la presència de CO_2 , perquè aquest gas reacciona amb l'hidròxid de calci i s'obté carbonat de calci insoluble i aigua. Observa com la solució d'aigua de calç, inicialment incolora, s'enterboleix.

Escriu l'equació química corresponent.

6 | Reaccions químiques i càlculs estequiomètrics

Una equació química, una vegada igualada, ens permet relacionar les quantitats de reactius i de productes que intervenen en la reacció química corresponent. Això té una gran importància en química, ja que podem calcular la quantitat de reactiu o de reactius necessaris per obtenir una determinada quantitat de producte o de productes de la reacció. Igualment permet calcular la quantitat de producte o de productes obtinguts a partir d'una determinada quantitat de reactiu.

Aquests càlculs s'anomenen **càlculs estequiomètrics** i la part de la química que estudia aquestes relacions numèriques entre quantitats de reactius i de productes s'anomena **estequiometria**.

EXEMPLES

3. El pentà (líquid) de fórmula molecular C_5H_{12} , reacciona amb el dioxigen –crema–, i s'obté diòxid de carboni i vapor d'aigua. L'equació química corresponent és:



- a) Quina quantitat (nombre de mols) de diòxid de carboni, $n(CO_2)$, s'obté si reaccionen 3 mols de pentà?
- b) Calcula la massa d'aigua obtinguda si reaccionen 360 g de pentà.

- a) L'equació química (1) ens indica que, per cada mol de C_5H_{12} que reacciona, s'obtenen 5 mols de CO_2 .

La quantitat de CO_2 obtinguda, $n(CO_2)$, serà:

$$n(CO_2) = 3 \text{ mol } C_5H_{12} \times \frac{5 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_5H_{12}} = \mathbf{15 \text{ mol de } CO_2}$$

- b) Primer calculem la quantitat de pentà que reacciona:

$$n(C_5H_{12}) = 360 \text{ g } C_5H_{12} \times \frac{1 \text{ mol } C_5H_{12}}{72 \text{ g } C_5H_{12}} = 5 \text{ mol de } C_5H_{12}$$

Segons l'equació química (1), per cada mol de pentà que reacciona s'obtenen 6 mols d'aigua. Per tant, la quantitat d'aigua obtinguda és:

$$n(H_2O) = 5 \text{ mol } C_5H_{12} \times \frac{6 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_5H_{12}} = 30 \text{ mol } H_2O$$

La massa de 30 mols de H_2O és:

$$m(H_2O) = 30 \text{ mol } H_2O \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = \mathbf{540 \text{ g de } H_2O}$$

La massa d'aigua obtinguda es pot calcular directament utilitzant successivament els corresponents factors de conversió. Així:

$$m(H_2O) = 360 \text{ g } C_5H_{12} \times \underbrace{\frac{1 \text{ mol } C_5H_{12}}{72 \text{ g } C_5H_{12}}}_a \times \underbrace{\frac{6 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_5H_{12}}}_b \times \underbrace{\frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O}}_c = \mathbf{540 \text{ g de } H_2O}$$

En multiplicar la massa de pentà pel primer factor **a**, els grams de pentà es converteixen en mols de pentà. En multiplicar per **b**, ens donarà els mols d'aigua obtinguts que, multiplicats per **c**, ens donarà la massa, en grams, d'aigua obtinguda.

4. El zinc (sòlid) reacciona amb l'àcid sulfúric diluït i s'obté sulfat de zinc ($ZnSO_4$) que queda dissolt en l'aigua i el dihidrogen que es desprèn en forma de bombolles gasoses.

- a) Escriu l'equació química corresponent al procés indicat.
- b) Calcula el volum de dihidrogen mesurat en condicions estàndard (10^5 Pa) i a 0°C , que es podrà obtenir en reaccionar 3,28 g de zinc amb un excés d'àcid sulfúric.



- b) Segons l'equació química, per cada mol de zinc que reacciona s'obté un mol de $\text{H}_{2(\text{g})}$ que, a 0°C i 10^5 Pa , ocupa $22,7 \text{ dm}^3$.

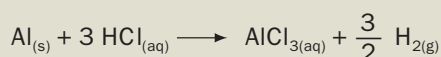
Utilitzant els corresponents factors de conversió:

$$V(\text{H}_2) \text{ obtingut} = 3,28 \text{ g Zn} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{65,4 \text{ g Zn}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Zn}} \times \frac{22,7 \text{ dm}^3 \text{ H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = \mathbf{1,14 \text{ dm}^3 \text{ H}_2}$$

5. Es té un aliatge lleuger de magnesi i alumini. Per conèixer la seva composició, es fan reaccionar **2,00 g d'aliatge amb un excés d'àcid clorhídric**. El magnesi i l'alumini reaccionen amb l'àcid clorhídric i s'obté, respectivament, **clorur de magnesi i clorur d'alumini solubles**. En cada reacció es desprèn dihidrogen.

Si el dihidrogen obtingut ocupa un volum de 2,02 L, mesurats en c. n., calcula la composició, expressada en tant per cent en massa, de l'aliatge analitzat.

Les reaccions que tenen lloc són:



El volum total de dihidrogen obtingut és la suma del que s'ha obtingut en les dues reaccions. Si x és la massa (en grams) de magnesi en la mostra, $(2,00 - x)$ serà la massa (en grams) d'alumini.

Podem plantejar l'equació següent, d'acord amb l'estequiometria de les dues equacions:

$$\left[x \text{ g Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24,3 \text{ g Mg}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Mg}} + (2,00 - x) \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{27,0 \text{ g Al}} \times \frac{1,5 \text{ mol H}_2}{1 \text{ mol Al}} \right] \times \frac{22,4 \text{ L H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 2,02 \text{ L de H}_2$$

Fent les operacions $x = 1,45 \text{ g}$.

Per tant, els 2,00 g d'aliatge contenen 1,45 g de Mg i 0,55 g de Al. Si expressem aquest resultat en tant per cent en massa, tenim:

$$\% \text{ de Mg} = \frac{1,45 \text{ g Mg}}{2,00 \text{ g d'aliatge}} \times 100 \text{ g aliatge} = \mathbf{72 \%}; \quad \% \text{ de Al} = 100 - 71 = \mathbf{28 \%}$$



Tant el magnesi com l'alumini reaccionen amb l'àcid clorhídric. En una reacció i en l'altra es desprèn dihidrogen.

EXEMPLE

6. El benzè, C_6H_6 , és un líquid a temperatura ordinària. Els seus vapors són tòxics i cancerígens. La seva densitat a $20^\circ C$ és de 878 kg/m^3 . El benzè crema amb el dioxigen i s'obté diòxid de carboni i vapor d'aigua.

Si es cremen 200 cm^3 de benzè a $20^\circ C$, calcula:

- El volum d'aire necessari per a la seva combustió, mesurat a $20^\circ C$ i $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$.
- La massa de diòxid de carboni obtingut.
- El nombre de molècules de vapor d'aigua obtingudes.

Dada: L'aire conté un 21% en volum de dioxigen.

- a) L'equació química corresponent al procés que ha tingut lloc és:



o també:



Segons l'equació química, per cada mol de C_6H_6 que reacciona es necessiten 7,5 mols de O_2 . La quantitat (nombre de mols) de C_6H_6 que reacciona és:

$$n(C_6H_6) = 0,20 \text{ dm}^3 C_6H_6 \times \frac{878 \text{ g } C_6H_6}{1 \text{ dm}^3 C_6H_6} \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_6}{78 \text{ g } C_6H_6} = 2,25 \text{ mol } C_6H_6$$

La quantitat de dioxigen necessària és:

$$n(O_2) = 2,25 \text{ mol } C_6H_6 \times \frac{7,5 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_6H_6} = 16,9 \text{ mol } O_2$$

Per calcular el volum ocupat pel dioxigen, aplicarem:

$$pV = nRT \quad \text{i} \quad V = \frac{nRT}{p}$$

substituint:

$$V(O_2) = \frac{16,9 \text{ mol } O_2 \times 8,31 \text{ J} \times 293 \text{ K}}{1,01 \times 10^5 \text{ Pa}} = 0,41 \text{ m}^3 \text{ de } O_2$$

El volum de l'aire necessari és:

$$V(\text{aire}) = 0,41 \text{ m}^3 O_2 \times \frac{100 \text{ dm}^3 \text{ d'aire}}{21 \text{ dm}^3 \text{ de } O_2} = \mathbf{1,95 \text{ m}^3 \text{ d'aire}}$$

- b) Segons l'equació química, per cada mol de C_6H_6 que reacciona s'obtenen 6 mols de CO_2 . La massa de CO_2 obtinguda en reaccionar els 2,25 mol de C_6H_6 és:

$$m(CO_2) = 2,25 \text{ mol } C_6H_6 \times \frac{6 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_6H_6} \times \frac{44,0 \text{ g de } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = \mathbf{594 \text{ g } CO_2}$$

- c) Segons l'equació química, per cada mol de C_6H_6 que reacciona, s'obtenen 3 mols de H_2O . El nombre de molècules de H_2O obtingudes, N, és:

$$\begin{aligned} N(H_2O) &= 2,25 \text{ mol } C_6H_6 \times \frac{3 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_6H_6} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ molècules de } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = \\ &= \mathbf{4,06 \times 10^{24} \text{ molècules de } H_2O} \end{aligned}$$



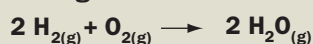
Reactiu limitant

Quan fem una reacció química, és gairebé impossible afegir la quantitat estequiomètrica exacta de cada reactiu. El més probable és que un dels reactius es transformi completament, i en quedi dels altres. El reactiu que s'acaba primer és el **reactiu limitant**. Els reactius sobrants són les **substàncies que estan en excés**.

EXEMPLES

7. A temperatura ambient, el dihidrogen no reacciona amb el dioxigen, però en fer saltar una guspira elèctrica en una mescla d'ambdós gasos, té lloc una reacció química molt violenta: es produeix una explosió.

El dihidrogen reacciona amb el dioxigen i s'obté aigua. L'equació química corresponent és:



Es disposa d'una mescla formada per 10 g de H_2 i 10 g de O_2 . Una vegada que els gasos han reaccionat, calcula el volum de vapor d'aigua obtingut mesurat a 200°C i 10^5 Pa .

Segons l'equació química, per cada mol de O_2 que reacciona es necessiten 2 mols de H_2 i s'obtenen 2 mols de H_2O .

La quantitat inicial de cada reactiu és:

$$n(\text{H}_2) = 10 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} = 5,0 \text{ mol H}_2$$

$$n(\text{O}_2) = 10 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{32 \text{ g O}_2} = 0,31 \text{ mol O}_2$$

Si reaccionessin els 5,0 mols de dihidrogen es necessitarien 2,50 mols de dioxigen i només es disposa de 0,31 mol de dioxigen. Per tant, el dihidrogen hi és en excés, ja que no disposa de prou dioxigen per reaccionar. El dioxigen, en canvi, està en defecte; és el reactiu limitant.

La substància que està en defecte, el reactiu limitant, reacciona totalment i consumeix el nombre de mols necessaris de la que està en excés.

En el nostre exemple, el dioxigen reaccionarà totalment. En acabar la reacció, a més de l'aigua obtinguda, quedarà dihidrogen sense reaccionar.

Per tant, la quantitat de H_2O obtinguda és:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,31 \text{ mol O}_2 \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol O}_2} = 0,62 \text{ mol H}_2\text{O}$$

Per calcular el volum ocupat pel vapor d'aigua obtingut aplicarem l'equació dels gasos perfectes:

$$p V = n R T \quad \text{d'on} \quad V = \frac{n R T}{p}$$

Substituint:

$$V = \frac{0,62 \text{ mol} \times 8,31 \text{ J} \times 473 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa K mol}} = 0,024 \text{ m}^3 = \mathbf{24 \text{ dm}^3 \text{ de vapor d'aigua}}$$

8. El propà, $\text{C}_3\text{H}_{8(g)}$, és un combustible important. En la seva combustió completa s'obté diòxid de carboni i vapor d'aigua.

a) Escriu l'equació química corresponent a la combustió del propà (gas).

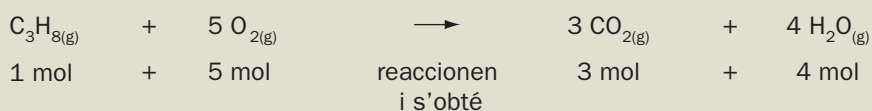
b) Inicialment es té una mescla gasosa formada per 80 cm³ de dioxigen i 10 cm³ de propà. Una vegada els gasos han reaccionat, calcula el volum final de la mescla gasosa si tots els gasos estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura.

(Nota: Considera l'aigua obtinguda en estat gasós.)

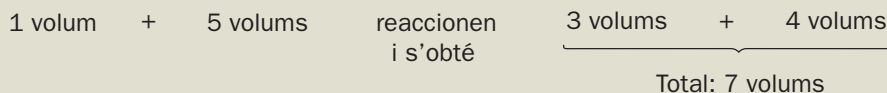


b) Si tots els gasos estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura, el volum ocupat per un mol de propà és el mateix que l'ocupat per un d'oxigen, de diòxid de carboni o de vapor d'aigua.

Per tant, si:



també



La mescla reaccionant conté inicialment 10 cm³ de C_3H_8 i 80 cm³ de O_2 . D'acord amb l'equació química, els 10 cm³ de C_3H_8 necessiten només 50 cm³ de O_2 per reaccionar totalment i, per tant, el O_2 hi és en excés. El C_3H_8 hi és en defecte i és, doncs, el reactiu limitant.

En acabar la reacció, a més de CO_2 i $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, quedarà O_2 sense reaccionar.

Volum de gas obtingut (mescla de CO_2 i H_2O):

$$V = 10 \text{ cm}^3 \text{ de } \text{C}_3\text{H}_8 \times \frac{7 \text{ cm}^3 \text{ de gas}}{1 \text{ cm}^3 \text{ de } \text{C}_3\text{H}_8} = 70 \text{ cm}^3 \text{ de gas}$$

Volum de O_2 sobrant = volum de O_2 inicial – volum de O_2 reaccionat = (80 – 50) cm³ = 30 cm³.

Volum de la mescla gasosa després de la reacció = 70 cm³ + 30 cm³ = 100 cm³.

És important observar que, quan es tracta de reaccions entre gasos i tots estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura, els coeficients estequiomètrics indiquen també en quina proporció intervenen en la reacció els volums de reactius i productes de la reacció.



Impureses dels reactius

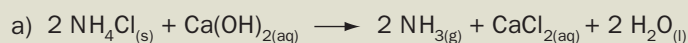
És difícil tenir reactius amb una puresa del 100 %. Habitualment tenen restes d'altres espècies químiques, que considerem **impureses**. Si en una reacció obtenim menys quantitat de productes que els esperats teòricament, pot ser degut a que els reactius no siguin totalment purs, és a dir, que tinguin un cert **tant per cent d'impureses**.

EXEMPLE

9. El clorur d'amoni (sòlid) reacciona en calent amb una solució d'hidròxid de calci i s'obté amoníac (gas), clorur de calci i aigua.

a) Escriu l'equació química corresponent al procés indicat.

b) En reaccionar amb un excés d'hidròxid de calci, una mostra de 3,00 g d'un clorur d'amoni comercial impurificat amb clorur de potassi, s'obtenen 1,27 dm³ d'amoníac (gas) mesurats a 20 °C i 1,00 × 10⁵ Pa. Calcula el tant per cent d'impureses que conté la mostra analitzada.



b) La quantitat de NH_{3(g)} obtinguda podem calcular-la aplicant:

$$n(\text{NH}_3) = \frac{p V}{R T}$$

Substituint:

$$n(\text{NH}_3) = \frac{1,00 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1,27 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 293 \text{ K}} = 0,052 \text{ mol NH}_3$$

D'acord amb l'equació química, la massa de clorur d'amoni que ha reaccionat és:

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,052 \text{ mol NH}_3 \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{Cl}}{1 \text{ mol NH}_3} \times \frac{53,5 \text{ g NH}_4\text{Cl}}{1 \text{ mol NH}_4\text{Cl}} = 2,79 \text{ g de NH}_4\text{Cl}$$

En 3,00 g de clorur d'amoni comercial només 2,79 g són de clorur d'amoni pur i la resta, 0,21 g, són impureses.

El tant per cent d'impureses en la mostra analitzada és:

$$\% \text{ d'impureses} = \frac{0,21 \text{ g d'impureses}}{3 \text{ g de mostra}} \times 100 \text{ g de mostra} = \mathbf{7,00 \%}$$

Rendiment d'una reacció

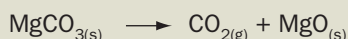
Moltes vegades, en una reacció química s'obté una massa menor de producte del que es pot esperar teòricament. S'anomena **rendiment de la reacció** a la relació entre la massa de producte obtingut i la massa de producte teòric. S'expressa en tant per cent.

EXEMPLE

10. El carbonat de magnesi (sòlid) constitueix el mineral anomenat magnesita. En escalfar-lo fortament es descompon en òxid de magnesi (sòlid) i diòxid de carboni.

Calcula la massa de magnesita (en la qual la riquesa en MgCO_3 és del 90,0 %) necessària per obtenir 10,0 g d'òxid de magnesi, si el rendiment de l'operació és del 80 %.

L'equació química corresponent al procés indicat és:



Si el rendiment fos del 100 %, per cada 100 mols de MgCO_3 descompost s'obtindrien 100 mols de MgO . Atès que el rendiment és del 80 %, per cada 100 mols de MgCO_3 obtenim només 80 mols de MgO . Per tant, la massa de MgCO_3 (pur) necessària per obtenir els 10,0 g de MgO serà:

$$m(\text{MgCO}_3) = 10 \text{ g MgO} \times \frac{1 \text{ mol MgO}}{40,3 \text{ g MgO}} \times \frac{100 \text{ mol MgCO}_3}{80 \text{ mol MgO}} \times \frac{84,3 \text{ g MgCO}_3}{1 \text{ mol MgCO}_3} = 26,1 \text{ g MgCO}_3 (\text{pur})$$

Si es disposa d'una magnesita d'un 90 % de riquesa, significa que de cada 100 g només 90 g són de MgCO_3 . La resta són impureses. Per tant, la massa de magnesita necessària serà:

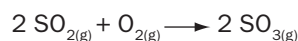
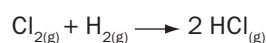
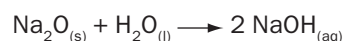
$$m(\text{magnesita}) = 26,1 \text{ g MgCO}_3 \times \frac{100,0 \text{ g magnesita}}{90,0 \text{ g MgCO}_3} = \mathbf{29,1 \text{ g de magnesita}}$$

7 | Tipus de reaccions químiques

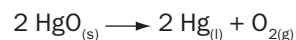
Hi ha moltes classes de reaccions químiques. Des del punt de vista elemental i general es poden classificar en reaccions de combinació, reaccions de descomposició, reaccions de substitució o desplaçament i reaccions de doble descomposició.

a) Reaccions de combinació. Són reaccions en les quals dos o més elements o compostos formen, en reaccionar, un únic compost.

Exemples:



b) Reaccions de descomposició. Són reaccions en les quals s'obtenen dues o més espècies químiques —elements o compostos— a partir d'un compost determinat. Exemples:



c) Reaccions de substitució o desplaçament. Són reaccions en què un element desplaça un altre d'un compost. Exemples:



d) Reaccions de doble desplaçament. Son reaccions en què dos elements es desplacen mútuament a partir de llurs compostos. Són reaccions de bescanvi. Exemples:

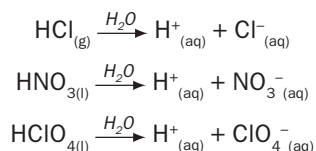


A més a més de la classificació elemental que hem explicat hi ha altres criteris generals per classificar les reaccions químiques. Un dels quals, segurament més útil, es refereix a la pròpia naturalesa de la reacció química que es fa. Així, tenim reaccions de neutralització, de precipitació, d'oxidació-reducció, d'hidròlisi, de complexació, etc. En aquest curs s'inicia l'estudi de les tres primeres.

8 | Reaccions de neutralització o reaccions àcid-base

Dues famílies de compostos molt importants en química són els àcids i les bases, i les reaccions àcid-base estan entre les més importants en els sistemes químics i biològics. Els **àcids** tenen sabor agre, molts reaccionen amb alguns metalls, com el zinc, el magnesi, el ferro, etc. produint hidrogen gasós, quan reaccionen amb els carbonats alliberen diòxid de carboni, són capaços de canviar el color d'alguns pigments vegetals i en solució aquosa condueixen el corrent elèctric. Les **bases** tenen gust amarg, són sabonoses al tacte, canvien el color d'alguns pigments vegetals, però amb un color diferent que els àcids i les seves solucions també són conductores del corrent elèctric.

La primera explicació sobre la seva naturalesa la va donar Svante August Arrhenius, un químic suec, l'any 1884. Va definir l'**àcid** com una substància capaç d'alliberar ions H^+ quan es troba en solució aquosa. Així l'àcid clorhídric, HCl , l'àcid nítric, HNO_3 , i l'àcid perclòric, HClO_4 , són àcids perquè en aigua s'ionitzen:

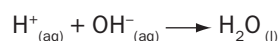


Quan un àcid en solució diluïda pot ionitzar-se totalment és un **àcid fort**, en cas contrari, quan només allibera una part dels ions hidrogen que té, se l'anomena **àcid feble**.

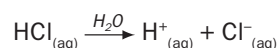
Una **base** és una substància que, en solució aquosa, allibera ions OH^- . Així l'hidròxid de sodi, NaOH , és una base perquè en aigua s'ionitza:



La reacció més important dels àcids i les bases és la reacció de neutralització. Consisteix en la combinació de H^+ de l'àcid amb l'ió OH^- de la base per tal de donar aigua:



A més de l'aigua s'obté també una sal. Vegem-ne un exemple: suposem que reaccionen l'àcid clorhídric i l'hidròxid de sodi, l'àcid clorhídric és un àcid fort que, en solució aquosa, està totalment ionitzat:



Àcids forts:

àcid perclòric	HClO_4
àcid permangànic	HMnO_4
àcid nítric	HNO_3
àcid sulfúric	H_2SO_4
àcid iodhídric	HI
àcid bromhídric	HBr
àcid clorhídric	HCl

Hi ha molts àcids febles. Alguns dels més coneguts són: l'àcid acètic, CH_3COOH , l'àcid metanoic, HCOOH , i l'àcid carbònic, H_2CO_3 .

Reaccions àcid-base a la vida quotidiana

La mesura de l'acidesa o la basicitat d'un determinat producte és molt important, tant en els processos naturals com en els industrials i al laboratori.

Així, per exemple, en la indústria agroalimentària, el color i el sabor de la mantega, la fermentació dels formatges i de les conserves alimentàries depenen del seu grau d'acidesa o basicitat.

En la producció del vi, la cervesa, en la indústria farmacèutica i en la dels cosmètics, el control de l'acidesa o la basicitat és indispensable.

Si una solució és massa àcida, es pot neutralitzar en part amb una base, i viceversa, si una solució és massa bàsica es pot neutralitzar en part afegint un àcid.

Són bases fortes els hidròxids dels metalls alcalins i els de calci, estronci, bari.

Una solució és més àcida com més gran és la concentració d'ions hidrogen, $H^+_{(aq)}$. Una solució és més bàsica com més gran és la concentració d'ions hidròxid $OH^-_{(aq)}$.

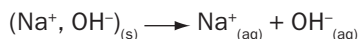
Generalment, aquestes concentracions són petites i resulta còmode expressar l'acidesa o basicitat d'una solució fent servir una escala numèrica que va del 0 al 14, i que s'anomena **escala de pH**.

Una solució àcida té un pH inferior a 7. Com més àcida és una solució, més petit és el seu pH.

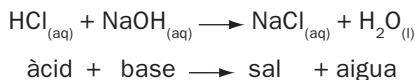
Una solució bàsica té un pH superior a 7. Com més bàsica és una solució, més gran és el seu pH.

Un pH igual a 7 significa que la solució és neutra, no és àcida ni bàsica.

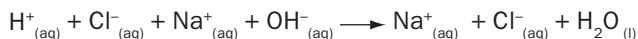
L'hidròxid de sodi és un compost iònic que, en solució aquosa, està totalment dissociat en els seus ions:



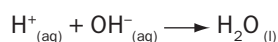
En mesclar totes dues solucions té lloc la reacció de neutralització:



Que, en forma iònica, és:



Com es pot observar, els ions Cl^- i Na^+ no intervenen en la reacció, estan igual al principi que al final de la reacció; són **contraions** o **ions espectadors**. Per tant la reacció real de neutralització és:



La sal que s'obté cristal·litzada si s'evapora l'aigua, prové de l'anió de l'àcid i el catió de l'hidròxid.

Generalitzant, quan es neutralitza una solució d'un àcid amb un hidròxid o viceversa, s'obté aigua i una solució d'una sal en aigua (si la sal és soluble).

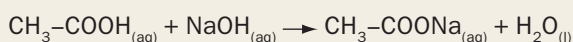
Aquestes reaccions es diuen de neutralització perquè les propietats de l'àcid queden "neutralitzades" per l'acció de la base i viceversa.

EXPERIÈNCIA

Determinació de l'acidesa d'un vinagre utilitzant una solució d'hidròxid de sodi de concentració coneguda

L'acidesa del vinagre és deguda a l'àcid acètic, CH_3-COOH , que conté.

L'equació química corresponent a la reacció de neutralització de l'àcid amb l'hidròxid de sodi és:



Material i productes necessaris

Matràs aforat de 250 cm³, erlenmeyer de 200 cm³, pipeta graduada de 25 cm³, bureta de 50 cm³, vas de precipitats de 100 cm³, suport i pinces de bureta, solució d'hidròxid de sodi 0,2 mol/dm³, fenolftaleïna (indicador), vinagre de color clar, aigua destil·lada.

Procediment

Mesurem amb la pipeta 25 cm³ de vinagre i els introduïm en un matràs aforat de 250 cm³. Afegim aigua fins a l'enrasament. Cal agitar bé.

Netegem la bureta i l'esbandim amb uns 5 cm³ de la solució de NaOH.

Afegim a la bureta uns 40 cm³ de la solució de NaOH. Obrim la clau i deixem sortir suaument la solució fins que s'ompli la punta de la bureta. Anotem el volum inicial.

Introduïm a l'erlenmeyer 15 cm³ de la solució continguda en el matràs aforat. Afegim 50 cm³ d'aigua i dues gotes de fenolftaleïna. Agitem.

Afegim lentament la solució bàsica, agitant al mateix temps l'erlenmeyer. Parem quan la solució tingui un dèbil color rosat. Anotem el volum consumit de la solució bàsica.

Repetim la neutralització dues o tres vegades.

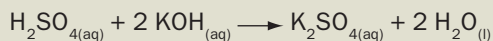
Amb les dades obtingudes, calculem els grams d'àcid acètic dissolts en cada litre de vinagre de partida.

Observa que en aquesta experiència hem determinat la massa de l'àcid present en una solució a partir d'una solució d'una base de concentració coneguda. Aquest mètode d'anàlisi quantitativa s'anomena **anàlisi volumètrica**.

EXEMPLES

- 11. Una solució conté 0,56 g d'hidròxid de potassi dissolt. Calcula el volum d'àcid sulfúric 0,10 mol/dm³ necessari per a la seva neutralització.**

La reacció química corresponent a la neutralització de l'hidròxid amb l'àcid és:



Segons l'equació, cada mol de H_2SO_4 reacciona amb 2 mols de KOH.

Per tant, els mols de H_2SO_4 necessaris per neutralitzar els 0,56 g de KOH són:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,56 \text{ g KOH} \times \frac{1 \text{ mol KOH}}{56 \text{ g KOH}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol KOH}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

El volum de solució àcida necessari per a la neutralització serà:

$$V_{\text{solució}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \times \frac{1 \text{ dm}^3}{0,10 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 0,050 \text{ dm}^3 = \mathbf{50 \text{ cm}^3}$$

En afegir unes gotes d'un indicador anomenat fenolftaleïna a una solució d'un hidròxid, apareix un color rosa violat característic.



- 12. Es mesclen 100 cm³ de solució d'hidròxid de bari 0,1 mol/dm³ (solució 1) amb 50 cm³ d'àcid clorhídric de la mateixa concentració (solució 2). Suposant volums additius, calcula:**

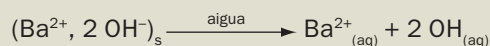
- La concentració d'ions hidròxid en la solució obtinguda.
- La nova concentració d'ions bari.

(Nota: volums additius significa que, en barrejar dues solucions, el volum total obtingut és la suma dels volums mesclats.)

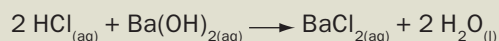
- a) L'àcid clorhídric és un àcid fort i en solució diluïda es troba totalment ionitzat:



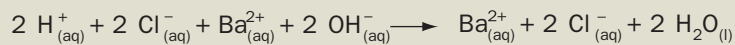
L'hidròxid de bari, $\text{Ba}(\text{OH})_2$, és un compost iònic. En solució aquosa es troba totalment dissociat:



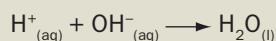
En mesclar les dues solucions, té lloc la reacció de neutralització:



Que en forma iònica és:



Observa que els ions Cl^- i els ions Ba^{2+} no intervenen d'una manera directa en el procés, ja que estan igual al principi que al final de la reacció. Per tant, la reacció de neutralització és:



Abans de mesclar les dues solucions, tenim:

$$\text{Solució 1: } n(\text{OH}^-) = 0,1 \text{ dm}^3 \times \frac{0,1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2}{1 \text{ dm}^3} \times \frac{2 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2} = 0,02 \text{ mol OH}^-$$

$$\text{Solució 2: } n(\text{H}^+) = 0,05 \text{ dm}^3 \times \frac{0,1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ dm}^3} \times \frac{1 \text{ mol H}^+}{1 \text{ mol HCl}} = 0,005 \text{ mol H}^+$$

En mesclar ambdues solucions, 0,005 mol H^+ reaccionen amb 0,005 mol OH^- i s'obtenen 0,005 mol de H_2O . Els ions OH^- hi són en excés.

La quantitat de $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ que no reacciona és:

$$n(\text{OH}^-) = 0,02 - 0,005 = 0,015 \text{ mol OH}^-$$

Si el volum total de la solució és $(100 + 50) \text{ cm}^3$, la concentració d'ions hidròxid en la solució resultant és:

$$[\text{OH}^-] = \frac{0,015 \text{ mol OH}^-}{0,150 \text{ dm}^3 \text{ solució}} = \mathbf{0,1 \text{ mol/dm}^3}$$

b) La quantitat d'ions bari és la mateixa al principi que al final de la reacció, però no la seva concentració.

$$n(\text{Ba}^{2+}) = 0,1 \text{ dm}^3 \times \frac{0,1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2}{1 \text{ dm}^3} \times \frac{1 \text{ mol Ba}^{2+}}{1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2} = 0,01 \text{ mol Ba}^{2+}$$

La concentració d'ions bari final és:

$$[\text{Ba}^{2+}] = \frac{0,01 \text{ mol Ba}^{2+}}{0,150 \text{ dm}^3 \text{ solució}} = \mathbf{0,07 \text{ mol/dm}^3}$$

La pluja àcida

La degradació de molts boscos de la Selva Negra, els Vosges i el Jura a Alemanya, França i Suïssa, respectivament, va ser la causa que va cridar l'atenció dels científics sobre l'anomenada pluja àcida, una pluja d'acidesa molt superior a la normal.

La pluja natural no contaminada és lleugerament àcida a causa del diòxid de carboni que, quan es dissol en l'aigua, dóna lloc a l'àcid carbònic, H_2CO_3 . El grau d'acidesa de les pluges àcides és molt més alt a causa de la presència, fonamentalment, d'àcid sulfúric, H_2SO_4 , i d'àcid nítric, HNO_3 , dissolts en l'aigua.

El pH de l'aigua de la pluja no contaminada és aproximadament de 5,6. En algunes zones s'han trobat valors de pH compresos entre 3,5 i 4,5 i, fins i tot, hi ha localitats on s'han observat valors de pH inferiors a 2. El problema afecta qualsevol zona, industrialitzada o no.

El procés que hi té lloc és el següent: un dels gasos contaminants de l'atmosfera, el diòxid de sofre, SO_2 , es pot oxidar i passar a triòxid de sofre, el qual, quan reacciona amb l'aigua de pluja, produeix l'àcid sulfúric. Altres contaminants, els òxids de nitrogen, donen lloc a la formació d'àcid nítric, que també queda dissolt en l'aigua de pluja.

D'on provenen el diòxid de sofre i els òxids de nitrogen?

Aquests contaminants poden tenir un origen natural. Així, per exemple, els volcans en erupció en desprenen, juntament amb altres gasos.

Però la contaminació principal és artificial; la provoca l'ésser humà. Les emissions de gasos com a conseqüència de combustions a altes temperatures, com les que es duen a terme en les centrals tèrmiques i en els motors de combustió, són les principals causants de la pluja àcida.

L'acidesa excessiva de l'aigua de pluja provoca canvis importants en la química del sòl i, per tant, afecta els ecosistemes terrestres i aquàtics.

L'acidificació dels llacs i els rius afecta sobretot els peixos, que són molt sensibles a les variacions de pH. Cap espècie de peix no pot subsistir en un pH inferior a 4,5. En el cas dels ecosistemes terrestres, el sòl s'empobreix de nutrients, la qual cosa afecta negativament les poblacions de bacteris que descomponen la matèria orgànica. Alguns arbres, com els pins i els avets, es veuen molt afectats. És el que passa amb els boscos de l'Europa Central.

La pluja àcida afecta també els edificis, els monuments, les pintures i les estructures metàl·liques, i amenaça la salut de les persones i els animals.

La pluja àcida és un exemple de contaminació transfronterera, és a dir, els contaminants no tenen fronteres i els gasos produïts en un país poden desplaçar-se a grans distàncies i manifestar els seus efectes lluny del lloc on s'ha originat la contaminació. Per exemple, les pluges àcides d'Escòcia, Noruega i Suècia han estat atribuïdes a les indústries d'Anglaterra, i les de la Selva Negra a la conca del Ruhr, a Alemanya.

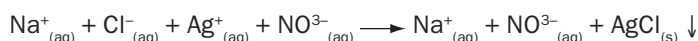


9 | Reaccions de precipitació

Les reaccions de precipitació es caracteritzen per la formació d'un producte sòlid que anomenem precipitat. La formació del precipitat és deguda al fet que una de les substàncies formades no és soluble en l'aigua i, per tant, roman en forma sòlida. Per exemple, si mengem una solució de clorur de sodi amb una altra de nitrat de plata es forma un precipitat de clorur de plata de color blanc:



Si escrivim aquesta reacció en forma iònica tenim:



Els ions sodi i nitrat no intervenen directament en la reacció. Són contraions o ions espectadors. Com que el nitrat de sodi és una sal soluble, queda en la solució, però el clorur de plata és insoluble i per això precipita en forma sòlida.

A més de la temperatura, la solubilitat d'una substància iònica depèn de la naturalesa del seu reticle cristal·lí. Així hi ha sals molt solubles, com tots els nitrats, acetats, clorats i perclorats dels metalls alcalins; en canvi la majoria dels sulfurs, hidròxids i carbonats (excepte els de metalls alcalins) són insolubles.

EXPERIÈNCIA

Obtenció d'un compost insoluble

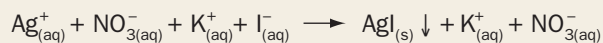
El clorur de plata, el bromur de plata i el iodur de plata són insolubles en aigua.

1. Col·loca en un tub d'assaig 5 cm³ de solució de nitrat de plata. Afegeix a continuació 2 o 3 cm³ de solució de iodur de potassi. Observa la formació d'una substància de color groc **insoluble** en aigua: s'ha obtingut un precipitat de iodur de plata.

L'equació química corresponent al procés indicat és:

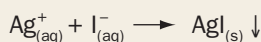


Com que en la solució aquosa la majoria de les sals estan totalment ionitzades, l'equació química anterior escrita en forma iònica és:



Observa que els ions nitrat, NO₃⁻, i els ions potassi, K⁺, no intervenen de manera directa en el procés, ja que estan igual al principi com al final de la reacció.

Per tant, la reacció que en realitat ha tingut lloc podem expressar-la per l'equació iònica:



2. Repeteix l'experiència utilitzant una solució de clorur de sodi o clorur de potassi en lloc de iodur de potassi. Anota les teves observacions.

Quina reacció química creus que ha tingut lloc?



El precipitat groc és de iodur de plata

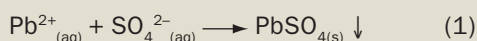
EXEMPLES

- 13.** Si sabem que el sulfat de plom (II) és un compost molt insoluble, calcula la massa de sulfat de plom (II) que s'obtindrà quan mesquem 200 cm³ d'una solució de nitrat de plom (II) 0,10 mol dm⁻³ amb 300 cm³ d'una solució de sulfat de sodi 0,20 mol dm⁻³.

Quan mesquem les solucions de nitrat de plom (II) i sulfat de sodi té lloc la reacció:



Com que el sulfat de plom (II) és una sal molt insoluble no es pot quedar dissolta i precipita en forma sòlida. La reacció iònica és:



Per tant, per saber la massa de precipitat obtinguda cal calcular primer la quantitat d'ions Pb²⁺ i SO₄²⁻ presents en la solució:

$$n(\text{Pb}^{2+}) = 0,200 \text{ dm}^3 \text{ solució} \times \frac{0,10 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2}{1 \text{ dm}^3 \text{ solució}} \times \frac{1 \text{ mol Pb}^{2+}}{1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2} = 0,020 \text{ mol Pb}^{2+}$$

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,300 \text{ dm}^3 \text{ solució} \times \frac{0,20 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ dm}^3 \text{ solució}} \times \frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} = 0,060 \text{ mol SO}_4^{2-}$$

Segons l'equació (1), per cada ió plom (II) necessitem un ió sulfat, per tant els ions sulfat estan en excés i són els ions plom (II) els que reaccionaran totalment.

La massa de sulfat de plom (II) obtinguda és:

$$m(\text{PbSO}_4) = 0,02 \text{ mol Pb}^{2+} \times \frac{1 \text{ mol PbSO}_4}{1 \text{ mol Pb}^{2+}} \times \frac{303,3 \text{ g PbSO}_4}{1 \text{ mol PbSO}_4} = \mathbf{6,07 \text{ g PbSO}_4}$$

DOCUMENT

Aigües dures i aigües blanes

Les propietats i els usos de l'aigua depenen molt de la quantitat d'ions calci i magnesi presents. Des d'aquest punt de vista, les aigües es classifiquen en crues o molles, dites tècnicament **dures**, i en fines o fades, dites tècnicament **blanes**.

Una **aigua dura** conté en solució quantitats importants (de l'ordre de 50 mg/L o més) d'ions Ca²⁺ i Mg²⁺. Qualsevol altre ió de metall pesant, com per exemple l'ió Fe²⁺, contribueix a la duresa de l'aigua.

Aquests ions reaccionen amb el sabó i s'obté una substància insoluble, que impedeix la formació d'escuma i perjudica, per tant el rentat. Aquestes aigües no couen bé els llegums.

Una **aigua blana** és la que, ja d'origen o bé per tractament de desenduriment, conté en solució quantitats molt petites o nul·les d'ions calci, magnesi, o altres metalls pesants. Cou bé els llegums.

Els detergents sintètics utilitzats actualment tenen l'avantatge que no reaccionen amb els ions calci i magnesi.

L'aigua dura pot tornar-se blana, afegint-hi carbonat de sodi o potassi, per precipitar els ions calci i magnesi en sals de carbonats, o per mitjà d'intercanvi iònic amb resines sintètiques.



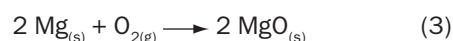
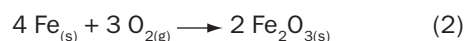
L'obtenció industrial dels metalls a partir dels seus compostos es fa amb processos redox.

10. Reaccions d'oxidació-reducció

Les reaccions d'oxidació-reducció, o d'una manera més simplificada **reaccions redox**, són reaccions de transferència d'electrons, és a dir una espècie química cedeix un o més electrons a una altra espècie química que els accepta.

El primer concepte d'oxidació, donat ja per Lavoisier el 1778, era el de la combinació d'una substància amb l'oxigen.

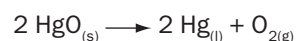
Les reaccions següents són exemples de processos d'oxidació:



Diem que el sodi, el ferro i el magnesi s'han **oxidat** o que han sofert una **oxidació**.

La disminució o pèrdua d'oxigen en un compost s'anomena **reducció**.

Les reaccions següents són exemples de processos de reducció:



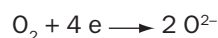
L'òxid de mercuri (II) es «redueix» a metall i l'òxid de ferro (III) es redueix a òxid de ferro (II).

Una vegada coneguda l'estructura interna dels àtoms i observant el canvi electrònic que té lloc en els processos descrits, es va poder estendre el concepte d'oxidació-reducció a reaccions en què no intervé l'oxigen, amb la qual cosa el camp de les reaccions redox quedà molt ampliat.

Considerem de nou la reacció d'oxidació del sodi (reacció 1). Tenint en compte que l'òxid de sodi és un compost iònic, podem escriure:



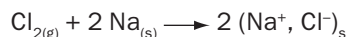
En formar-se l'òxid de sodi, el sodi ha perdut electrons. Els electrons que perd el sodi, els guanya l'oxigen:



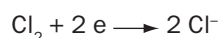
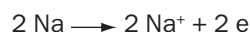
Anàlogament, en les reaccions (2) i (3), el ferro i el magnesi, en reaccionar, perden electrons i l'oxigen els guanya.

Des del punt de vista electrònic, el Na, Fe i Mg, en **oxidar-se, perden electrons**.

Considerem ara la reacció següent en què no intervé l'oxigen:



Tenint en compte el balanç electrònic:



La reacció del clor amb el sodi és anàloga a la formació de l'òxid de sodi. El clor fa el paper de l'oxigen en les reaccions anteriors.

Així doncs, des del punt de vista electrònic, el concepte d'oxidació-reducció és més ampli:

Una **oxidació** és un procés en què una espècie química (àtom, molècula o ió) perd electrons.

Una **reducció** és un procés en què una espècie química (àtom, molècula o ió) guanya electrons.

S'anomena **oxidant** tota espècie química que pot provocar una oxidació. Un oxidant, en reaccionar, **es redueix**.

S'anomena **reductor** tota espècie química que pot provocar una reducció. Un reductor, en reaccionar, **s'oxida**.

Sempre que una espècie química guanyi electrons, n'hi ha d'haver una altra que, simultàniament, els perdi. En la reacció global, anomenada reacció redox, el nombre d'electrons guanyats per l'oxidant és igual al nombre d'electrons perduts pel reductor.

Tots els metalls són reductors, ja que, en reaccionar, sempre es converteixen en ions positius. Els metalls alcalins i els alcalinoterris són reductors «forts», és a dir, amb poca energia, perden fàcilment electrons.

Entre els no-metalls, l'hidrogen i el carboni s'usen freqüentment com a agents reductors.

Com a agents oxidants, són d'ús freqüent els halògens i l'oxigen. Són oxidants «forts», molt usats, l'àcid nítric concentrat, els nitrats, permanganats, dicromats, l'ió ceri (IV), etc.



2. El sofre reacciona amb el sodi i s'obté sulfur de sodi. En aquesta reacció, el sofre guanya electrons, és l'oxidant, i el sodi els perd, és el reductor.

3. El permanganat de potassi KMnO_4 i el dicromat de potassi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ en solució aquosa, són molt usats al laboratori com a agents oxidants.

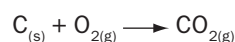
Hi ha reaccions entre compostos covalents en què no hi ha una transferència real d'electrons i, això no obstant, també són considerades reaccions redox.

D'acord amb el concepte de nombre d'oxidació, explicat en la unitat 6, diem que:

Una oxidació és un procés en què un àtom d'una espècie química augmenta el seu nombre d'oxidació.

Una reducció és un procés en què un àtom d'una espècie química disminueix el seu nombre d'oxidació.

Així, per exemple, en la reacció:

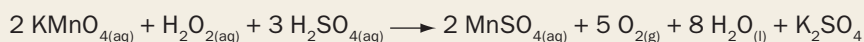


El carboni s'oxida, perquè passa de nombre d'oxidació 0 a +IV. L'àtom d'oxigen es redueix, perquè disminueix el seu de 0 a -II.

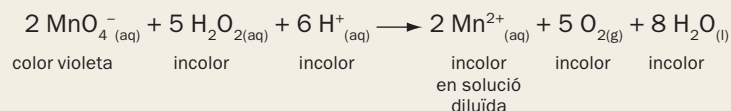
Volumetria redox

Es tracta de determinar la composició d'una solució de peròxid d'hidrogen (aigua oxigenada), fent-la reaccionar en medi àcid amb una solució de permanganat de potassi de concentració coneguda.

L'equació química corresponent a la reacció que té lloc és:



L'equació iònica és:



Observa que els ions SO_4^{2-} , i els ions K^+ , ambdós incolòrs, no intervenen en el procés.



Flascó d'aigua oxigenada.

Per fer aquesta experiència utilitzarem aigua oxigenada comprada a la farmàcia.

Mesura amb una pipeta (netejada abans amb aigua destil·lada i solució problema) 10 cm^3 de la solució a valorar. Posa el líquid en un matràs aforat de 100 cm^3 . Afegeix aigua destil·lada a poc a poc i agita per homogeneïtzar el contingut del matràs. Completa amb molt de compte fins a la marca d'aforament. Afegeix les últimes gotes d'aigua amb un comptagotes o una pipeta.

Renta de nou la pipeta amb aigua i uns cm^3 de la solució diluïda. Mesura amb la pipeta 10 cm^3 de la solució diluïda i passa'ls a un erlenmeyer. Dilueix amb uns 25 cm^3 d'aigua i afegeix-hi 10 cm^3 d'àcid sulfúric 6 M. A continuació, ves-hi afegint solució de permanganat de potassi 0,02 M continguda en una bureta, agitant al mateix temps la solució de l'erlenmeyer, fins aconseguir el punt final. Aquest és fàcil de visualitzar, ja que l'única espècie acolorida que intervé en la reacció és l'ió MnO_4^- .

Mentre hi hagi H_2O_2 en la solució a valorar, el medi és incolòr, però una gota en excés de permanganat de potassi fa que la solució adquireixi una pàl·lida coloració violeta permanent.

Amb el volum de solució de permanganat de potassi utilitzat, calcula la composició de l'aigua oxigenada del flascó d'origen. Expressa el resultat en g/L.

Repeteix l'operació. Els resultats han de concordar.



Valoració de peròxid d'hidrogen amb permanganat de potassi $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$.

a) La decoloració immediata dels ions permanganat indica que a l'erlenmeyer hi ha peròxid d'hidrogen sense reaccionar.
b) Punt final de la valoració. Observa que en aquesta volumetria redox s'utilitza com a indicador el mateix reactiu valorant.

EXPERIÊNCIA

$$2 \text{KMnO}_{4(aq)} + 10 \text{FeSO}_{4(aq)} + 8 \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow 2 \text{MnSO}_{4(aq)} + 5 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_{3(aq)} + \text{K}_2\text{SO}_{4(aq)} + 8 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$

Segons l'equació química es necessiten 2 mol de KMnO_4 per reaccionar amb 10 mol de FeSO_4 , per tant:

$$m(\text{FeSO}_4) = 0,025 \text{ dm}^3 \text{ solúció} \times \frac{0,01 \text{ mol KMnO}_4}{1 \text{ dm}^3 \text{ solúció}} \times \frac{10 \text{ mol FeSO}_4}{2 \text{ mol KMnO}_4} \times \frac{151,9 \text{ g FeSO}_4}{1 \text{ mol FeSO}_4} = 0,19 \text{ g FeSO}_4$$

De tota la massa de mineral, només 0,19 grams són de sulfat de ferro (II). El percentatge de sulfat de ferro (II) a la mostra és:

$$\% (\text{FeSO}_4) = \frac{0,19 \text{ g FeSO}_4}{1,0 \text{ g mostra}} \times 100 \text{ g mostra} = \mathbf{19,0 \%}$$

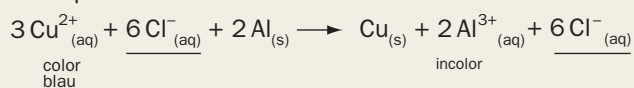
1. Col·loca, en un vas de precipitats de 100 cm³, uns 25 cm³ de solució blava de clorur de coure (II) i seguidament introdueix en la solució una làmina d'alumini (Fig. a).

Podràs observar la formació d'un dipòsit de coure sobre l'alumini. La solució empal·lideix lentament (Fig. b).

L'equació química corresponent al procés indicat és:



L'equació química escrita en forma iònica és:



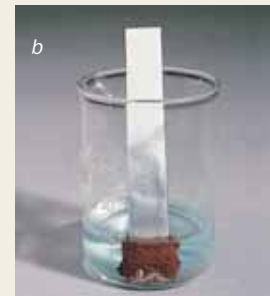
Observa que els ions clorur, Cl^- , estan tant al principi com al final de la reacció. Per tant, la reacció que en realitat ha tingut lloc ve expressada per l'equació iònica:



Els ions clorur són **ions espectadors**.

En aquesta reacció, l'alumini és el reductor i l'ió coure (II) és l'oxidant.

Per què la solució empal·lideix lentament?



2. Repeteix la mateixa experiència utilitzant un clau de ferro en lloc de l'alumini. Anota'n les observacions. Quina reacció química creus que hi ha tingut lloc?

11 | Reaccions químiques i energia



4. La reacció entre el zinc i l'àcid sulfúric desprèn energia en forma de calor. És una reacció exotèrmica. Si toquem les parets del tub d'assaig, podem comprovar que està calent.



5. El tub d'assaig conté òxid de mercuri (II) de color ataronjat. En escalfar-lo, es descompon en mercuri i oxigen. És una reacció endotèrmica. Observa les petites gotes de mercuri que apareixen en les parets del tub d'assaig.



6. En reaccionar el magnesi amb el dioxigen, es desprèn majoritàriament energia lluminosa.

Ja hem explicat que totes les reaccions químiques van acompanyades de despreniment o absorció d'energia.

En la formació d'un enllaç s'allibera energia, i viceversa: per trencar qual-sevol enllaç es necessita aportació d'energia.

En les reaccions en què els productes tenen menys energia que els reaccionants, l'excés d'energia s'allibera en tenir lloc la reacció.

Així, la reacció del zinc amb l'àcid sulfúric és:

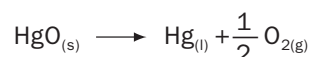


i va acompanyada de despreniment d'energia en forma de calor (Fig. 4).

Totes les reaccions químiques que tenen lloc amb despreniment d'energia en forma de calor s'anomenen **exotèrmiques**.

En les reaccions en què els productes tenen més energia que els reactius, cal aportar contínuament energia perquè tingui lloc la reacció.

Per exemple, per descompondre l'òxid de mercuri (II) en mercuri i oxigen:



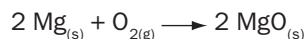
cal escalfar-lo. Si s'allunya el focus calorífic, la reacció s'atura. Aquesta reacció química, per tant, absorbeix energia en forma de calor (Fig. 5).

Totes les reaccions químiques que tenen lloc amb absorció d'energia en forma de calor s'anomenen **endotèrmiques**.

Una bona part de l'energia utilitzada tant en la indústria com en la llar, procedeix de reaccions fortament exotèrmiques (combustió del carbó, del gas natural, del propà, del butà, etc.).

Ara bé, en una reacció química, l'energia no sempre s'absorbeix o se cedeix en forma de calor, encara que sigui el més freqüent.

Així, per exemple, en reaccionar el magnesi –metall de color gris– amb el dioxigen, es forma òxid de magnesi –de color blanc– i l'energia es desprèn majoritàriament en forma d'**emissió de llum** (Fig. 6).



Per contra, la reacció de la **fotosíntesi** es produeix en les plantes verdes amb **absorció de llum**.



En efectuar una **electròlisi**, per exemple, de l'aigua acidulada, es desprèn dioxigen en l'ànode i dihidrogen en el càtode, és a dir, a partir d'aigua s'obté dihidrogen i dioxigen:



Aquesta reacció química ha estat possible gràcies a una **energia elèctrica consumida**. Una pila voltaica o un generador de corrent continu proporciona l'energia elèctrica necessària per descompondre l'aigua en els seus elements.

Així mateix, l'energia obtinguda en una reacció química pot aparèixer en forma d'energia elèctrica. Aquest fenomen té lloc en les piles voltaiques. El procés que es desenvolupa a dins d'una pila és invers al que s'efectua durant l'electròlisi. Dins de la pila voltaica té lloc una reacció química que **produeix energia elèctrica**.

La part de la ciència que estudia els intercanvis d'energia que tenen lloc en els processos físics, químics o nuclears s'anomena **termodinàmica**.

*Quan una reacció es realitza a pressió constant, l'energia, en forma de calor, despesa o absorbeix, s'anomena **variació d'entalpia** i se simbolitza amb el símbol ΔH . Quan ΔH és negatiu, els reactius tenen més energia que els productes i la reacció és exotèrmica; quan ΔH és positiu, els reactius tenen menys energia que els productes i la reacció és endotèrmica:*

$\Delta H < 0$ reacció exotèrmica

$\Delta H > 0$ reacció endotèrmica

EXPERIÈNCIA

Experiència filmada en el CD



Reaccions químiques i energia

1. Col·loca en una càpsula uns 5 g de petits cristalls de sulfat de coure (II) pentahidratat, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, sòlid de color blau (Fig. a).

Escalfa durant uns minuts, remonent amb una vareta de vidre, el contingut de la càpsula. Obtindràs un sòlid blanc, que és sulfat de coure (II) anhidre, CuSO_4 (Fig. b).

Aquest procés és exotèrmic o endotèrmic?

Deixa refredar la càpsula i el seu contingut. Si afegeixes aigua gota a gota sobre el sòlid blanc i fred, el color blau torna a aparèixer (Fig. c). Toca les parets de la càpsula. El procés és ara exotèrmic o endotèrmic?



2. Col·loca en un tub d'assaig uns 2 g de sucre i escalfa'l durant uns minuts.

Observa com el sucre es fon i després es va transformant, a poc a poc, en una substància espessa anomenada caramel. Si continues escalfant-lo, obtindràs un sòlid negre i porós; és carboni pur. Durant l'escalfament podràs observar com en les parets del tub es condensen petites gotes d'aigua.

Si la fórmula molecular del sucre o sacarosa és $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ i es transforma en carboni i vapor d'aigua, escriu l'equació química corresponent i indica si el procés és exotèrmic o endotèrmic.

12 | Velocitat de les reaccions químiques

EXPERIÈNCIA

1. Afegim una petita quantitat de zinc, dividit finament, sobre àcid sulfúric contingut en un vas de precipitats o en un tub d'assaig.

La reacció entre el metall i l'àcid s'inicia instantàniament i al cap de molt poca estona tot el zinc ha desaparegut i s'ha obtingut sulfat de zinc, soluble en aigua, i s'ha després dihidrogen. La reacció és **ràpida i exotèrmica**.

2. Tirem un tros petit de sodi (més petit que una lletia) a l'aigua. La reacció del sodi amb l'aigua és **ràpida i exotèrmica**.

3. En canvi, si exposem un tros de ferro a la intempèrie, reacciona lentament amb l'oxigen de l'aire (diem que el ferro es rovella). La reacció és **molt lenta**. Per aconseguir observar la formació d'una capa d'òxid de color groguenc, cal que passin hores i, de vegades, fins i tot dies.

L'experiència ens ensenya que totes les reaccions químiques necessiten un cert temps per completar-se, però unes reaccions químiques són molt ràpides i, en canvi, d'altres poden ser molt lentes.

De la mateixa manera que diem que la velocitat d'un mòbil és l'espai recorregut en cada unitat de temps, podem establir la següent definició:

La velocitat d'una reacció és la quantitat de substància reaccionant que es transforma o desapareix en la unitat de temps i per unitat de volum.

En el primer exemple proposat (zinc més àcid sulfúric), la velocitat de reacció és gran, ja que reacciona o es transforma molt zinc en cada segon. La reacció entre el sodi i l'aigua es produeix a una velocitat encara més gran. En canvi, en el tercer exemple, la reacció es produeix a molt poca velocitat, ja que la quantitat de ferro rovellat en un segon és molt petita.

És important per al químic poder controlar una reacció, és a dir, augmentar-ne o disminuir-ne la velocitat com li convingui. Com podem disminuir la velocitat de la reacció entre el zinc i l'àcid sulfúric i augmentar la velocitat de la reacció entre el ferro i el dioxigen?

Observa que una espelma, una estella de fusta o un fragment de carbó poden estar en contacte amb l'aire sense que passi res. Però, per què n'hi ha prou de començar la reacció amb l'escalfor d'un llumí o una petita flama perquè l'espelma, la fusta o el carbó reaccionin amb el dioxigen fins a consumir-se del tot? Per què una mescla de gas butà (o gas natural) i aire pot estar sense reaccionar durant un temps indefinit, però n'hi ha prou amb la reacció d'un llumí encès o que salti una guspira per provocar una ràpida reacció i fins i tot una explosió?

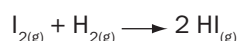
Per respondre aquestes preguntes aprofundirem primer una mica més en l'estudi de la reacció química.

13 | Model dels xocs moleculars

Els sòlids, els líquids i els gasos estan formats per àtoms, molècules i ions. Com vam veure en el model cineticomolecular de la matèria, podem establir que, en els gasos, les partícules estan en moviment continu, xoquen les unes amb les altres i contra les parets del recipient que les conté. El mateix passa amb els líquids, però les seves partícules estan més juntes i la velocitat és menor. En els sòlids, les partícules ocupen posicions determinades i només vibren al voltant d'una posició fixa.

En comunicar calor o una altra forma d'energia a un cos, les partícules que el formen reben l'energia esmentada i augmenten la velocitat; per tant, augmenten l'**energia cinètica**. Perquè es produeixi una transformació química és condició necessària que les partícules que reaccionen –ja siguin àtoms, molècules o ions– xoquin les unes amb les altres. Però no tots els xocs entre les partícules que constitueixen els reactius produeixen un canvi químic, n'hi ha que en xocar reboten sense experimentar cap mena de transformació.

Suposem la reacció química entre gasos:



Perquè es produeixi una reacció química cal que xoquin les molècules de iode i hidrogen i, a més, amb prou energia per trencar els enllaços I-I i H-H. Si la velocitat que tenen les molècules en el moment del xoc és petita –les molècules tenen poca energia–, reboten sense produir reacció química. Així doncs:

Perquè tingui lloc una reacció química, cal que les partícules posseeixin una energia superior a la de les partícules que només xoquen i reboten.

14 | Factors que influeixen en la velocitat d'una reacció

Efecte de la concentració sobre la velocitat d'una reacció

EXPERIÈNCIA

Tornem a la reacció proposada a l'apartat 11.



Col·loquem la mateixa quantitat de zinc en tres tubs d'assaig.

En el primer tub hi afegim 10 cm³ d'àcid sulfúric força concentrat.

En el segon tub, 10 cm³ d'àcid sulfúric diluït.

En el tercer, 10 cm³ d'àcid sulfúric molt diluït.

Observem que la velocitat de la reacció és més gran en el primer tub, després en el segon i la reacció més lenta té lloc en el tercer tub.

Aquests resultats experimentals estan en consonància amb el nostre model de xocs moleculars. En efecte, en **augmentar la concentració** de l'àcid, augmenta el nombre de partícules per unitat de volum, els xocs contra la superfície del zinc són més freqüents i això ocasiona un **augment en la velocitat de la reacció**. Una **disminució de la concentració** de l'àcid produeix un efecte contrari: **disminueix la velocitat de la reacció**.

Efecte de l'estat de divisió d'un sòlid sobre la velocitat d'una reacció



7. Les branques petites cremen molt més ràpid que els troncs.

S'entén fàcilment que si en una reacció química un dels reactius és un sòlid i l'altre un líquid (o gas), la velocitat de la reacció augmenta en augmentar la superfície de contacte entre el sòlid i el líquid (o el gas).

Per tant, **com més finament estigui dividit el sòlid, més ràpidament reaccionarà**.

Així, per exemple, la fusta crema amb l'oxigen de l'aire i s'obté diòxid de carboni, vapor d'aigua i cendres. Però un tronc gran de fusta crema lentament, la velocitat de la reacció és petita. Ara bé, si aquest tronc s'esmicola en petites estelles, aquestes cremen molt més de pressa: la reacció transcorre a una velocitat més gran que abans.

Efecte de la temperatura sobre la velocitat de la reacció

Experimentalment es pot observar que **la velocitat d'una reacció augmenta en augmentar la temperatura del sistema que reacciona**.

Per què un augment de la temperatura augmenta la velocitat de la reacció? Segons el model dels xocs moleculars, en augmentar la temperatura d'una substància les partícules augmenten la seva velocitat, és a dir, es mouen més de pressa i la seva energia cinètica és més gran. Per tant, augmentarà el nombre de xocs per unitat de temps i també augmentarà l'eficàcia dels xocs.

Tornant a una de les preguntes formulades al principi: per què una espelma, un tros de fusta o el carbó poden estar en contacte amb l'aire sense que passi res, i en canvi n'hi ha prou d'iniciar la reacció amb l'escalfor d'un llumí perquè l'espelma, la fusta o el carbó reaccionin amb l'oxigen de l'aire fins a consumir-se del tot?

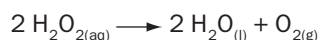
Primer raonarem el cas del carbó. L'energia aportada pel llumí s'utilitza perquè unes quantes partícules de carboni i dioxigen adquireixen l'energia suficient perquè el xoc sigui eficaç i comenci així la reacció en un punt. Com que aquesta reacció és exotèrmica, un cop començada desprèn l'energia suficient per escalfar les partícules contigües que llavors ja tenen prou energia per entrar en reacció. D'aquesta manera la reacció es propaga a tota la massa.

El mateix raonament resulta aplicable a la combustió d'una espelma, la fusta, el butà i el gas natural. En aquests dos darrers casos la producció d'energia en forma de calor i la propagació de la reacció a tota la massa són tan ràpides que la reacció es produeix de manera explosiva.

Catalitzadors

Els **catalitzadors** són substàncies que augmenten la velocitat d'una reacció, sense que aparentment prenguin part en el procés, ja que al final de la reacció els trobem tal com estaven al començament.

Així, per exemple, una solució aquosa de peròxid d'hidrogen (dissolució coneguda com aigua oxigenada) es descompon lentament a temperatura ordinària segons:



Però si a la solució s'afegeix òxid de manganès (IV) sòlid, MnO_2 , la reacció indicada passa de lenta a ràpida, la qual cosa es comprova perquè l'oxigen es desprèn ràpidament i provoca una forta efervescència. Però, al final, hi ha la mateixa quantitat de MnO_2 que hi havia al començament de la reacció. El MnO_2 ha servit de **catalitzador** de la reacció (Fig. 8b).

Les vitamines, els ferments, les hormones i els enzims són **biocatalitzadors**. La seva presència en els éssers vius fa possible que es desenvolupin reaccions químiques que, quan es fan al laboratori, són extremament lentes.

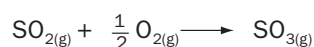
Com s'explica l'acció d'un catalitzador? Perquè les espècies químiques passin de l'estat inicial a l'estat final en una reacció, han de salvar una "barrera" d'energia que s'anomena **energia d'activació**.

A una temperatura donada, una reacció serà més lenta com més gran sigui la seva energia d'activació. Si s'aconsegueix disminuir, d'alguna manera, l'energia d'activació, la velocitat de reacció augmentarà.

Les substàncies que compleixen aquesta missió sense alterar l'estat inicial i l'estat final de la reacció i sense que experimentin canvis en la seva composició, encara que hi siguin presents en quantitats mínimes, s'anomenen catalitzadors.

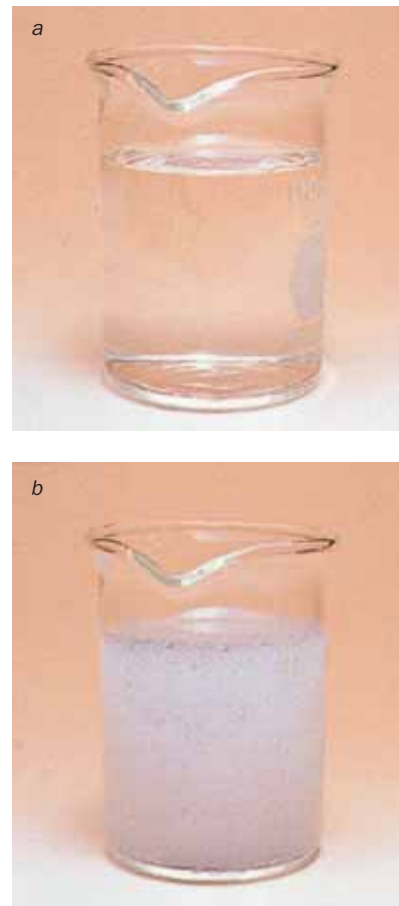
S'anomena **catàlisi** el procés de canvi de velocitat de les reaccions químiques per acció dels catalitzadors. Hi ha dos tipus de catàlisi: l'homogènia i l'heterogènia.

En la **catàlisi homogènia** el catalitzador actua dispers homogèniament en el medi de reacció. Un exemple de catàlisi homogènia és la de la reacció següent:



Està catalitzada per la presència de NO (gas). Com que totes les substàncies que hi intervien són gasos, constitueixen un sistema homogeni i formen una sola fase.

En la **catàlisi heterogènia** generalment el catalitzador és un sòlid i el sistema reaccionant, un gas.



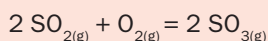
8. La descomposició del peròxid d'hidrogen és accelerada per la presència d'una petita quantitat de MnO_2 . L'òxid de manganès (IV) actua com a catalitzador d'aquest procés.

El catalitzador no és reactiu ni producte de la reacció.

Importància dels catalitzadors en la química industrial

La catàlisi heterogènia té una gran importància industrial. Per exemple l'obtenció de l'amoníac a partir dels seus elements: $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 = 2 \text{NH}_{3(g)}$, és possible industrialment gràcies a la utilització de catalitzadors en fase heterogènia. D'aquesta manera la reacció és ràpida a temperatures relativament baixes.

Un altre exemple important de catàlisi heterogènia és l'obtenció de l'àcid sulfúric (una de les indústries de més transcendència econòmica) en la qual es catalitza la reacció:



L'amoníac i l'àcid sulfúric són dos productes químics que es produeixen industrialment en grans quantitats. S'ha arribat a dir que la producció d'àcid sulfúric d'un país és una mesura del seu grau de desenvolupament.

Altres exemples són la hidrogenació d'olis per obtenir greixos sòlids, craqueig del petroli, etc.

També tenen importància industrial els **biocatalitzadors**. Es fan servir, per exemple, per a la fermentació del pa i del most i per a la producció del formatge, del vinagre i de la cervesa.

En la fabricació del vinagre, les bótes que contenen el vi no estan del tot plenes i estan obertes perquè l'oxigen de l'aire oxidi l'alcohol i el converteixi en àcid acètic. Aquest àcid és el responsable de l'acidesa del vinagre.



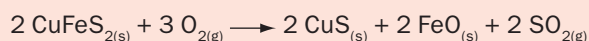
La reacció és catalitzada per uns enzims (*Mycoderma aceti*) que es troben en totes les begudes alcohòliques.

Obtenció d'algunes substàncies elementals a partir de minerals

El **ferro** és el metall més utilitzat i el segon més abundant a la Terra després de l'alumini. Les menes de ferro més importants són l'hematites, l'òxid de ferro (III), Fe_2O_3 ; la magnetita, Fe_3O_4 , i la siderita, FeCO_3 . El ferro s'obté en els alts forns reduint el mineral de ferro amb monòxid de carboni o hidrogen:



El **coure** és suficientment inert per trobar-lo lliure, encara que en poca quantitat, a la naturalesa. S'obté a partir dels seus minerals, especialment de la calcopirita (CuFeS_2):

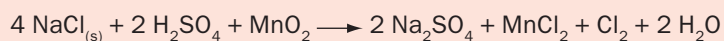


L'**alumini** és el metall més abundant a la Terra. La font principal d'alumini és la bauxita, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$.

El **fluor** es troba a la naturalesa en minerals com la fluorita, CaF_2 o la criolita, Na_3AlF_6 .

El **clor** es troba en la naturalesa principalment en forma de clorurs. Aquests clorurs estan dissolts en aigua de mar, i en dipòsits salins formats per evaporació d'antics mars.

Podem obtenir clor al laboratori mitjançant la reacció:



El **brom** es troba en forma de bromurs en l'aigua de mar, encara que en quantitats més petites que els clorurs. Els bromurs s'oxiden amb clor i s'obté brom gasós:





RESUM

Diem que ha tingut lloc una **reacció química**, quan a partir d'una o més substàncies se n'obtenen unes altres de propietats característiques completament diferents.

Una **equació química** és una representació simbòlica d'un procés que té lloc en la realitat i que ens indica el balanç de matèria d'aquest procés.

Tota reacció química va sempre acompanyada d'alliberament o absorció d'energia. Generalment aquesta energia és desprèn o s'absorbeix en forma de calor.

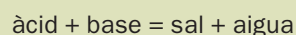
S'anomenen **exotèrmiques** totes les reaccions químiques que tenen lloc amb despreniment d'energia en forma de calor. S'anomenen **endotèrmiques** totes les reaccions químiques que necessiten absorbir energia per produir-se.

Hi ha moltes **classes de reaccions químiques**. Des d'un punt de vista elemental es poden classificar en: reaccions de combinació, de descomposició, de substitució o desplaçament i de doble descomposició.

- **Reaccions de combinació:** són les reaccions en què dos elements o compostos es formen en reaccionar un únic compost.
- **Reaccions de descomposició:** són reaccions en què s'obtenen dos o més espècies químiques a partir d'un compost determinat.
- **Reaccions de substitució o desplaçament:** són les reaccions en què un element desplaça un altre d'un compost.
- **Reaccions de doble desplaçament:** són reaccions en què dos elements es desplacen mútuament a partir de llurs compostos.

Una altra manera de classificar les reaccions químiques, segurament més útil, es refereix a la pròpia naturalesa de la reacció química que té lloc. Així, tenim reaccions de neutralització, de precipitació, d'àcid-base, d'oxidació-reducció...

- **Reaccions de neutralització:** consisteixen en la combinació de H^+ de l'àcid amb els ions OH^- de l'hidròxid o base:



- **Reaccions de precipitació:** són reaccions en què s'obté un producte sòlid insoluble que s'anomena precipitat.

- **Reaccions d'oxidació-reducció o reaccions redox:** són reaccions de transferència d'electrons. Una espècie química cedeix un o més electrons a una altra espècie química que els capta.

Una espècie química que en reaccionar perd electrons, s'oxida i és el **reductor**.

Una espècie química que en reaccionar guanya electrons, es redueix i és l'**oxidant**.

La **velocitat d'una reacció** es pot definir com la quantitat de substància reaccionant que es transforma o desapareix en cada unitat de temps i per unitat de volum. Hi ha reaccions químiques molt ràpides, en canvi d'altres poden ser molt lentes.

Els factors que influeixen en la velocitat d'una reacció són:

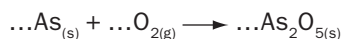
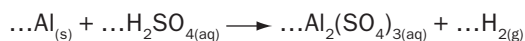
- La concentració de les solucions de les substàncies que reaccionen.
- L'estat de divisió en què es troben els reactius.
- La temperatura.
- Els catalitzadors.



ACTIVITATS

1 És el mateix reacció química que equació química? Explica-ho.

2 Col·loca davant de cada fórmula el coeficient estequiomètric adequat perquè cada equació química quedi igualada.



Llegeix cada equació química fent intervenir els mols de reactius i de productes de la reacció.

3 Comenta la frase: «Una equació química és una representació simbòlica d'un procés real».

4 El carbonat de calci, CaCO_3 (sòlid), és molt abundant en la natura. El marbre i la pedra calcària estan constituïts per aquest compost. En escalfar-lo, el carbonat de calci es descompon en òxid de calci, CaO (sòlid), i diòxid de carboni, CO_2 . L'òxid de calci se'l coneix amb el nom de calç viva i és molt utilitzat en construcció.

- Escriu l'equació química corresponent al procés indicat.
- Calcula quants mols de diòxid de carboni es poden obtenir en descompondre's per la calor 100 g de carbonat de calci.
- Quants grams d'òxid de calci s'obtindran en escalfar 2 mols de carbonat de calci?



Òxid de calci.

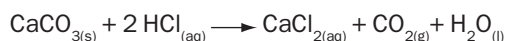
5 El diclor és un gas de color groc verdós molt tòxic. En reaccionar amb l'hidrogen s'obté un altre gas anomenat clorur d'hidrogen, HCl .

- Escriu l'equació química corresponent al procés indicat.
- Llegeix l'equació química fent intervenir els volums relatius dels gasos, si tots ells estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura.
- Calcula quants litres de clorur d'hidrogen s'obtindran si reaccionen 10 litres de diclor, si els gasos estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura?
- Calcula quants grams de diclor poden reaccionar amb 100 grams d'hidrogen.

6 El zinc reacciona amb l'àcid clorhídric diluït i s'obté clorur de zinc, que queda dissolt en l'aigua, i dihidrogen, que es desprèn en forma de gas.

- Escriu l'equació química corresponent.
- Calcula quants mols de HCl es necessiten per reaccionar amb 3 g de zinc.
- Calcula el volum de dihidrogen obtingut mesurat a 27°C i $1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$, si reaccionen 0,2 mol de zinc.

7 En tirar unes gotes d'àcid clorhídric sobre un tros de marbre, es desprenen unes bombolles gasoses que són de diòxid de carboni. Té lloc la reacció següent:



- Quants grams de diòxid de carboni s'obtindran si reaccionen 2 g de carbonat de calci?
- Quin volum d'àcid clorhídric 0,5 mol/litre es necessita per reaccionar amb 50 g de carbonat de calci?
- Quants grams de pedra calcària del 97 % de riquesa en carbonat de calci fan falta per obtenir 200 cm^3 de diòxid de carboni mesurat a 22°C i 10^5 Pa ?
- Calcula quantes molècules d'aigua s'obtindran si reaccionen 0,5 mol de carbonat de calci.

8 L'etanol, C_2H_5OH , anomenat simplement alcohol, és un líquid incolor d'olor agradable i de densitat 790 kg/m^3 . Té una gran aplicació en perfumeria, en la preparació de productes químics, begudes i com a combustible. L'alcohol crema amb el dioxigen de l'aire i s'obté diòxid de carboni i vapor d'aigua.

- Escriu l'equació química corresponent al procés indicat i calcula quin volum de diòxid de carboni mesurat en c. n. s'obtindrà si reaccionen 50 g d'alcohol.
- Si l'aire conté aproximadament un 20% en volum de dioxigen, calcula quin volum d'aire en c. n. es necessita per reaccionar amb 50 cm^3 d'alcohol.
- Calcula quantes molècules de vapor d'aigua s'obtindran si reaccionen 10 g d'alcohol.
- Si en cremar una certa quantitat d'alcohol s'obtenen $1,5 \text{ dm}^3$ de gasos, calcula el volum de dioxigen que ha reaccionat, si tots els gasos estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura.

9 El monòxid de nitrogen reacciona amb el dioxigen i s'obté diòxid de nitrogen. Totes les espècies químiques que hi intervenen són gasos.

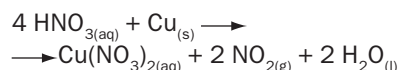
- Escriu l'equació química corresponent al procés indicat.
- Calcula el volum de dioxigen i el de monòxid de nitrogen necessaris per obtenir 100 dm^3 de diòxid de nitrogen, si tots els gasos estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura.



El gas de color terrós és diòxid de nitrogen.

10 En fer reaccionar àcid nítric concentrat, líquid incolor, i coure, s'obté diòxid de nitrogen, que és un gas tòxic de color terrós.

Calcula el volum de diòxid de nitrogen obtingut a 40°C i 1013 hPa , si es fan reaccionar $0,3 \text{ g}$ de coure amb excés d'àcid nítric:



11 Es neutralitzen, amb àcid sulfúric diluït, 100 cm^3 d'una solució d'hidròxid de bari $0,20 \text{ mol/dm}^3$. La sal obtinguda és insoluble en aigua.

- Escriu l'equació química corresponent al procés que ha tingut lloc.
- Després de neutralitzar, es filtra i s'asseca la sal obtinguda. Quina n'és la massa?



En afegir àcid sulfúric diluït a una solució d'hidròxid de bari, s'obté un precipitat blanc de sulfat de bari.

12 El metà, $\text{CH}_{4(g)}$, és el component principal del gas natural. Reacciona amb el dioxigen O_2 (crema), i s'obté diòxid de carboni i vapor d'aigua.

- Escriu l'equació química corresponent.
- Calcula la quantitat d'aigua obtinguda en cremar 100 dm^3 de CH_4 , mesurat a 25°C i 101 kPa .
- Calcula el volum de diòxid de carboni obtingut si reaccionen 20 dm^3 de metà, si tots els gasos estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura.

d) Es mesclen 5 dm³ de metà i 20 dm³ de dioxigen mesurats els dos en c. n. Quants grams d'aigua s'obtingran?

- 13** Un tros de ferro de 10 g exposat a la intempèrie augmenta 0,5 g. Suposant que només s'hagi format òxid de ferro (III), quina massa de ferro quedarà sense oxidar?



- 14** a) Escribe l'equació química corresponent a la combustió de propà, C₃H_{8(g)}.
 b) Calcula el nombre de mols de diòxid de carboni obtinguts en la combustió d'1,0 dm³ de propà mesurats a 25 °C i 1,01 × 10⁵ Pa.
 c) Calcula el volum d'aire a 1,01 × 10⁵ Pa i 25 °C que es necessita per reaccionar amb el volum de propà indicat a l'apartat b).
 (Dada: L'aire conté un 21% en volum de dioxigen.)

- 15** En fer saltar una guspira elèctrica a una mescla de dihidrogen i dioxigen, s'obté aigua.
 Esté inicialment una mescla formada per 100 cm³ de H₂ i 100 cm³ de O₂. Calcula el volum final, una vegada que els gasos han reaccionat, si tots ells estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura.
 (Nota: Considera que l'aigua obtinguda es troba en estat gasós.)

- 16** a) Escribe l'equació química corresponent a la combustió de l'età, C₂H_{6(g)}, i també la del butà, C₄H_{10(g)}.
 b) Es té inicialment una mescla gasosa formada per 0,50 dm³ d'età, 2,5 dm³ de butà i 20 dm³ de dioxigen. Una vegada que els gasos han reaccionat, calcula el volum final si tots els gasos estan mesurats en les mateixes condicions de pressió i temperatura.

(Nota: Considera l'aigua obtinguda en estat gasós.)

- 17** Un recipient tancat de 10 dm³ conté una mescla de 2,0 g de metà, 2,0 g de propà i 20 g de dioxigen. En saltar una guspira elèctrica, els gasos reaccionen i s'obté diòxid de carboni i vapor d'aigua.
 a) Escribe les equacions químiques corresponents als processos que han tingut lloc.
 b) Indica, raonant-ho, després de fer els càlculs necessaris, quin és el reactiu que s'hi troba en excés.
 c) Calcula la massa total dels productes obtinguts i la massa de reactiu que queda sense reaccionar.

- 18** El sulfur de zinc (sòlid), reacciona amb el dioxigen i s'obté òxid de zinc (sòlid) i diòxid de sofre (gas).
 a) Escribe l'equació química corresponent al procés indicat.
 b) Es fa reaccionar una mescla formada per 10 g de sulfur de zinc i 20 L de dioxigen mesurats en c. n.
 Calcula quin volum de gasos es tindrà, en c. n., quan s'hagin obtingut 5,0 g d'òxid de zinc.

- 19** El zinc reacciona amb l'àcid clorhídric diluït i s'obté clorur de zinc que queda dissolt en l'aigua i l'hidrogen.
 En un vas de precipitats que conté 3,5 g de zinc s'afegeixen 200 cm³ d'un àcid clorhídric del 25,8% en massa i densitat 1 140 kg/m³.
 a) Indica després de fer els càlculs necessaris, quin és el reactiu limitant.
 b) Calcula el volum de dihidrogen obtingut mesurat a 25 °C i 1,01 × 10⁵ Pa.

- 20** En escalfar carbonat de magnesi, MgCO₃, es descompon en òxid de magnesi i diòxid de carboni.
 a) Escribe l'equació química corresponent al procés indicat.
 b) Calcula quants litres de diòxid de carboni, mesurats a 300 K i 1,01 × 10⁵ Pa, s'obtenen en escalfar 200 g d'un carbonat de magnesi del 90% de puresa.



- 21** L'amoníac (gas) s'obté industrialment per reacció del dinitrogen amb el dihidrogen.
- Escriu l'equació química corresponent al procés indicat.
 - Dins d'un recipient s'introdueixen 30 mols de N_2 i 30 mols de H_2 . Calcula els mols de cada espècie química després d'haver obtingut 10 mols d'amoníac.
- 22** L'amoníac (gas) es pot obtenir en el laboratori escalfant una sal amònica –com per exemple el clorur d'amoni– amb hidròxid de sodi:
- $$NH_4Cl_{(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NH_{3(g)} + NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$
- En reaccionar amb excés d'hidròxid de sodi, una mostra de 5,35 g d'un clorur d'amoni impurificat amb clorur de sodi, s'obtenen 2,22 dm³ d'amoníac mesurats a 27 °C i $1,01 \times 10^5$ Pa.
- Calcula la composició, en tant per cent en massa, de la mostra analitzada.
- 23** a) Escriu l'equació química corresponent a la neutralització d'una solució d'hidròxid de calci i la d'una d'hidròxid de potassi amb àcid clorhídric.
- b) Calcula el volum d'àcid clorhídric 0,1 mol/dm³ necessari per neutralitzar una solució que conté 0,50 g d'hidròxid de calci i 0,27 g d'hidròxid de potassi.
- 24** L'hidròxid de calci és molt poc soluble en l'aigua.
- A 25 °C es prepara una solució saturada d'hidròxid de calci i es filtra. Per neutralitzar 10,0 cm³ de la solució filtrada s'han necessitat 7,2 cm³ d'àcid clorhídric 0,05 mol/dm³. Calcula el nombre d'ions calci existents en cada cm³ de la solució saturada.
- 25** Es disposa de tres solucions que contenen:
- 0,1 g d'hidròxid de calci.
 - 0,1 g d'hidròxid d'estronci.
 - 0,1 g d'hidròxid de bari.
- Si coneixem les masses atòmiques del calci, l'estronci i el bari, raona, sense fer càlculs, quina d'aquestes tres solucions necessita més quantitat d'àcid clorhídric per ser neutralitzada.
- 26** Es té una mescla d'hidròxid de potassi i clorur de potassi, la composició de la qual es vol conèixer.
- 1,0 g de la mescla es dissol en aigua fins a obtenir 100 cm³ de solució. 10,0 cm³ d'aquesta dissolució necessiten 8,0 cm³ d'àcid sulfúric 0,10 mol/dm³ per a la seva neutralització. Calcula el tant per cent en massa de cada component en la mescla analitzada. (Nota: El clorur de potassi no reacciona amb la solució d'àcid sulfúric.)
- 27** El monòxid de nitrogen (gas), en reaccionar amb l'oxigen, s'oxida i s'obté diòxid de nitrogen (gas).
- Per oxidació de 100 g de monòxid de nitrogen s'obtenen 100 g de diòxid de nitrogen. Calcula el rendiment d'aquest procés
- 28** L'àcid acètic, CH_3COOH , s'obté industrialment per reacció del metanol, CH_3OH , amb el monòxid de carboni.
- Calcula el volum de solució d'àcid acètic del 80 % en massa i densitat 1 070 kg/m³ que es podrà obtenir, en fer reaccionar 20 kg de metanol amb 20 kg de monòxid de carboni, si el rendiment és del 90 %.
- 29** Es té un aliatge d'alumini i zinc, la composició del qual es vol conèixer. Per a això, es tracta una mostra de 0,50 g amb excés d'àcid clorhídric diluït. El zinc i l'alumini reaccionen amb l'àcid clorhídric i s'obtenen, respectivament, clorur de zinc i clorur d'alumini que queden dissolts en l'aigua. En cada reacció s'allibera dihidrogen.
- L'hidrogen obtingut mesurat en 27 °C i $1,01 \times 10^5$ Pa, ocupa un volum de 0,511 dm³.
- Escriu les equacions químiques corresponents als processos que han tingut lloc.
 - Calcula la composició d'aquest aliatge en tant per cent en massa.
- 30** En la indústria aeronàutica s'utilitza el magnali, aliatge format per un 90 % en massa d'alumini i un 10 % en massa de magnesi.
- Una mostra d'1,38 g de magnali es fa reaccionar amb un excés d'àcid clorhídric 2 mol/dm³.

Calcula:

- El volum de la solució d'àcid clorhídric que ha reaccionat amb els 1,38 g d'aliatge.
- El volum total de dihidrogen obtingut a 27 °C i $1,01 \times 10^5$ Pa.

31

En introduir una làmina de coure en una solució incolora de nitrat de plata, s'observa la formació d'un dipòsit de plata sobre el coure. La solució passa lentament d'incolora a blava.

- Escriu l'equació química corresponent al procés que ha tingut lloc. Quins ions no prenen part en el procés? Quin nom reben aquests ions?
- Per què la solució passa lentament d'incolora a blava?



La solució de nitrat de plata és incolora.



A la solució de nitrat de plata s'ha introduït una làmina de coure.

32

Classifica les reaccions següents en reaccions àcid-base, precipitació o redox:

- $2 \text{Al}_{(s)} + 6 \text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow 2 \text{AlCl}_{3(aq)} + 3 \text{H}_{2(g)}$
- $\text{KOH}_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow \text{KCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- $2 \text{Mg}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow 2 \text{MgO}_{(s)}$
- $\text{CH}_{4(g)} + 2 \text{O}_{2(g)} \longrightarrow \text{CO}_{2(g)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(g)}$
- $\text{H}_3\text{PO}_{4(aq)} + 3 \text{NaOH}_{(aq)} \longrightarrow \text{Na}_3\text{PO}_{4(aq)} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_{2(aq)} + 2 \text{NaCl}_{(aq)} \longrightarrow \text{PbCl}_{2(s)} + 2 \text{NaNO}_{3(aq)}$

Raona la teva resposta.

33

Proposa exemples de reaccions exotèrmiques i endotèrmiques d'interès industrial.

34

Escriu, per a cada una de les reaccions següents, la semirreacció de reducció i la semirreacció d'oxidació. En cada reacció indica quina espècie química és l'oxidant i quina és la reductora.

- $4 \text{Na}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow 2 \text{Na}_2\text{O}_{(s)}$
- $\text{Zn}_{(s)} + \text{S}_{(s)} \longrightarrow \text{ZnS}_{(s)}$
- $2 \text{Al}_{(s)} + 6 \text{HCl}_{(aq)} \longrightarrow 2 \text{AlCl}_{3(aq)} + 3 \text{H}_{2(g)}$
- $\text{Mg}_{(s)} + \text{F}_{2(g)} \longrightarrow \text{MgF}_{2(s)}$

35

Per neutralitzar 1,15 g d'una mescla d'hidròxid de sodi i d'hidròxid de potassi es necessiten 48,3 cm³ d'àcid sulfúric 0,25 M. Calcula la massa d'hidròxid de sodi que hi ha a la mescla.

36

El sodi s'oxida ràpidament en contacte amb l'oxigen de l'aire. Inicialment tenim una mostra de sodi pur de 5,0 g. Al cap d'un cert temps de deixar-la a l'aire lliure, la mostra té una massa de 6,0 g. Calcula la massa de sodi que encara queda sense oxidar.

37

Explica la influència de la temperatura sobre la velocitat de reacció.

38

- Suposa que fem reaccionar zinc amb àcid clorhídric. Justifica la influència de la concentració de l'àcid en la velocitat de reacció.
- Dissenya una experiència que ens mostri que no és el volum de l'àcid emprat sinó la seva concentració el factor que influeix en la velocitat de reacció.

39

Què són els biocatalitzadors?

Investiga

40

Investiga els additius alimentaris: avantatges i inconvenients.

41

Investiga els processos químics que tenen lloc quan preparam:

- Un bistec a la brasa.
- Un ou ferrat.

A www.ecasals.net trobaràs una llista de pàgines web que t'ajudaran a iniciar la teva investigació. No oblidis consultar també enciclopèdies i llibres especialitzats.