



## Unitat 1. La matèria

### Activitats

1. Cerca informació sobre els isòtops del carboni a Internet o a la biblioteca. Quines característiques especials té el carboni 14?

El carboni 14 té 6 protons i 8 neutrons. És radioactiu. El seu temps de semidesintegració permet datar l'antiguitat dels jaciments prehistòrics. Encara que en molt petita quantitat, se'n troba arreu.

També existeix el carboni 13, amb 6 protons i 7 neutrons. No és radioactiu.

2. A què et sembla que es deu que el carboni tingui una massa atòmica relativa de 12,011 i no de 12?

El 98,9% del carboni és l'isòtop 12, de 6 protons i 6 neutrons. Quasi un 1,1% pertany al carboni 13. A més hi ha traces arreu de carboni 14 radioactiu.

Si es fa la mitjana:

$(0,989 \cdot 12) + (0,11 \cdot 13) = 12,011$  u, que és la massa molecular mitjana del carboni.

3. El potassi és un element químic de gran importància, ja que moltíssimes substàncies en contenen. N'hi ha tres isòtops: el potassi 39, el potassi 40 i el potassi 41. El nombre atòmic ( $Z$ ) en tots els casos és 19. Calcula quants neutrons, protons i electrons té cadascun dels isòtops de potassi.

El potassi té 19 protons sempre. L'isòtop 39 té:  $39 - 19 = 20$  neutrons. L'isòtop 40 en té 21, de neutrons i és radioactiu. L'isòtop 41 té 22 neutrons.

El més abundant és el 39. La massa molecular mitjana dels tres isòtops és 39,1 u.

4. La massa atòmica que apareix a la taula periòdica per al potassi (aproximada a un decimal) és de 39,1. Un dels isòtops de potassi es troba en una proporció del 93,4%. Quin és? Per què?

La massa molecular mitjana és 39,1. Per tant, el més abundant ha de ser l'isòtop 39, ja que els altres tenen masses de 40 i 41.

5. Calcula la massa molecular del clorur d'hidrogen.

- a) Quantes molècules estan contingudes en aquesta massa molecular?

La massa molecular del clorur d'hidrogen és:

$$\text{HCl: } 1,01 + 35,45 = 36,46 \text{ u}$$

- b) Quants àtoms de clor i quants àtoms totals estan continguts en aquesta massa molar?

Si agafem 36,46 g de clorur d'hidrogen, tindrem el que es coneix per un mol de HCl. I un mol de qualsevol substància conté  $6,023 \cdot 10^{23}$  molècules de HCl. Per tant, hi haurà con-

tinguts  $6,023 \cdot 10^{23}$  àtoms, en aquest cas de clor. I entre clor i hidrogen tindrem, doncs:

$$6,023 \cdot 10^{23} \cdot 2 = 12,04 \cdot 10^{23} \text{ àtoms entre clor i hidrogen.}$$

6. El propà és un gas combustible que es troba en jaciments petrolífers i de gas natural. Si se'l comprimeix es torna líquid. La seva fórmula és  $\text{C}_3\text{H}_8$ .

Tenim una bombona de propà que conté 10 kg comprimits d'aquesta substància en estat líquid.

Si la massa atòmica del carboni és de 12,01 i la de l'hidrogen és d'1,01, calcula:

- a) Quina és la massa molecular del propà?

El propà és el  $\text{C}_3\text{H}_8$  i, per tant, la massa molecular serà:

$$3 \cdot 12,011 + 8 \cdot 1,01 = 44,113 \text{ u}$$

i la massa molar és 44,11 grams/mol

- b) Quants mols de propà conté la bombona?

$$10 \text{ kg propà} = \frac{10000 \text{ g} \cdot 1 \text{ mol propà}}{44,11 \text{ g}} = 226,70 \text{ mol}$$

- c) Quantes molècules contindrà de propà?

$$226,70 \text{ mol} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 1365,45 \cdot 10^{23} \text{ molècules}$$

7. Si fem que la cantonada d'un full de paper porós toqui l'aigua que hi ha, per exemple, en un got, al cap d'una estona tot el paper està mullat. Passa el mateix si repetim l'experiment amb un drap de cotó o una tovallola. Explica per què s'acaba mullant tot el material si només en suquem una mínima part a l'aigua.

En el paper o cotó, entre les seves fibres o fils es formen petits canals o conductes microscòpics. L'aigua hi entra per un procés d'adsorció, i per capil·laritat el líquid avança al llarg del paper o teixit. La capil·laritat és deguda a les tensions superficials del líquid, en aquest cas de l'aigua i la cel·lulosa o cotó del paper o drap.

8. Si diposites amb molt de compte una agulla de cosir sobre la superfície quieta de l'aigua, sura. A què és degut aquest fenomen?

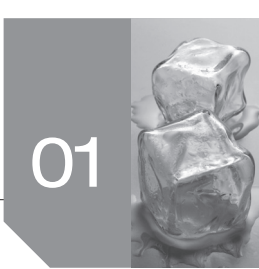
En dipositar horitzontalment l'agulla damunt l'aigua, no trenquem la pel·lícula en tensió que formen les molècules de la superfície. És la tensió superficial.

9. Tenim un pistó ple d'aire a  $6 \cdot 10^5$  Pa que ocupa un volum de 2 L. Si deixem expandir el pistó i mantenim constant la temperatura fins que el manòmetre indiqui  $2 \cdot 10^5$  Pa, quin serà el nou volum del pistó?

En tractar-se d'un procés a temperatura constant hem d'aplicar la llei de Boyle-Mariotte:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2; 6 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 2 \text{ L} = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot V_2 \text{ d'on } V_2 = 6 \text{ L}$$

10. Tenim un pistó amb 1 L d'aire a la temperatura de 313 K i  $6 \cdot 10^5$  Pa de pressió. Fixem la tija del pistó de manera que no es pugui moure l'èmbol. Refredem el pistó i tot l'aire



que conté fins a 273 K. Quina serà la nova pressió de l'aire a l'interior del pistó?

Es tracta d'un procés a volum constant. Per tant, haurem d'aplicar la llei de Charles-Gay-Lussac, que diu:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \text{ en què substituïnt les dades:}$$

$$\frac{6 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{313 \text{ K}} = \frac{p_2}{273 \text{ K}} \rightarrow p_2 = 5,23 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

**11. Tenim 20 litres d'oxigen en condicions normals (101 300 Pa i 0 °C). De quantes molècules consta?**

101 300 Pa i 0 °C = 273 K. Sabem que 1 mol de qualsevol gas en aquestes condicions ocupa 22,4 litres. Si fem la proporció

$$\frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} = \frac{x \text{ mol}}{20 \text{ L}} \rightarrow x = 0,893 \text{ mol}$$

i com que 1 mol conté  $6,023 \cdot 10^{23}$  molècules podem dir que:

$$0,893 \text{ mol} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23}}{1 \text{ mol}} = 5,38 \cdot 10^{23} \text{ molècules}$$

**12. Sabries dir per què els globus aerostàtics d'aire calent ascendeixen en l'atmosfera?**

Els globus tenen aire calent al seu interior. L'aire calent és menys dens que l'aire fred. Per tant, els globus tendiran a pujar segons el principi d'Arquimedes, en ser menys densos que l'aire que els envolta.

**13. A quina pressió està un mol de gas que ocupa un volum de 10 litres a una temperatura de 25 °C?**

$$10 \text{ L} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$25 \text{ °C} = 298 \text{ K}$$

$$1 \text{ mol gas}$$

L'equació dels gasos:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$p \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ (J/mol} \cdot \text{K)} \cdot 298 \text{ K} \rightarrow \\ \rightarrow p = 247757 \text{ Pa}$$

**14. En una combustió de propà amb un excés d'oxigen hem obtingut uns fums calents que tenen la composició en volum següent: 50 % d'aigua, 37,5 % de diòxid de carboni i 12,5 % d'oxigen. Si el recipient que els conté està a 2 atm de pressió, calcula les pressions parcials de cada gas.**

$$50\% \text{ d'aigua, } 37,5\% \text{ CO}_2 \text{ i } 12,5\% \text{ O}_2$$

$$\text{Pressió total: } 2 \text{ atm}$$

Les pressions parcials són directament proporcionals als volums ocupats per cada gas. Per tant:

$$\text{— El vapor d'aigua tindrà una pressió parcial de } 0,5 \cdot 2 \text{ atm} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{— El CO}_2 \text{ tindrà una pressió parcial de } 0,375 \cdot 2 \text{ atm} = 0,75 \text{ atm}$$

$$\text{— L'oxigen tindrà una pressió parcial de } 0,125 \cdot 2 \text{ atm} = 0,25 \text{ atm}$$

Si sumem les tres pressions parcials observem que donen  $1 + 0,75 + 0,25 = 2 \text{ atm}$ ,  $p$  total.

## Activitats finals

**1. Un àtom determinat té 6 protons, 8 neutrons i 6 electrons.**

**a) Quin és el seu nombre atòmic?**

Nombre atòmic ( $Z$ ) = nombre de protons. Per tant,  $Z = 6$ .

**b) Quin és el seu nombre màssic?**

Nombre màssic ( $A$ ) = nombre de protons + nombre d'electrons. Per tant,  $A = 6 + 8 = 14$ .

**2. Un altre àtom té un nombre màssic de 234 i té 92 electrons. Quants neutrons i protons té?**

Té 142 neutrons i 92 protons. És l'àtom d'urani.

**3. L'element clor té 2 isòtops amb les masses i l'abundància que s'indiquen tot seguit:**

| Isòtop | Massa (u) | Abundància (% en àtoms) |
|--------|-----------|-------------------------|
| Cl-35  | 35        | 77,35                   |
| Cl-37  | 37        | 22,65                   |

**Quina és la massa atòmica de l'element?**

$$\text{Massa atòmica} = \frac{35 \cdot 77,35 + 37 \cdot 22,65}{100} = 35,453 \text{ u/àtom}$$

**4. A quina quantitat de substància (mol) equivalen 85 g de CO<sub>2</sub>?**

$$85 \text{ g CO}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} = 1,93 \text{ mol CO}_2$$

**5. A quants grams equivalen 6,200 mol d'or?**

$$6,200 \text{ mol Au} \cdot \frac{196,97 \text{ g Au}}{1 \text{ mol Au}} = 1221,21 \text{ g d'Au}$$

**6. A quants grams equivalen 1,35 mol de glucosa, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>?**

$$1,35 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot \frac{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 243 \text{ g de C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

**7. Tenim 10,787 g d'argent i volem saber:**

**a) A quina quantitat de substància (mol) equival aquesta massa?**

$$10,787 \text{ g Ag} \cdot \frac{1 \text{ mol Ag}}{107,87 \text{ g Ag}} = 0,1 \text{ mol Ag}$$

**b) Quants àtoms hi ha?**

$$0,1 \text{ mol Ag} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ àtoms Ag}}{1 \text{ mol Ag}} = \\ = 6,023 \cdot 10^{22} \text{ àtoms de Ag}$$

**8. Sempre que escalfem un gas, augmenta de volum?**

En els gasos les forces d'atracció entre partícules són pràcticament nul·les, per tant pateixen una variació important del vo-



lum amb la temperatura. Si s'escalfa un gas, la rapidesa amb què es mouen les partícules augmenta i també, el **volum**. Però si el gas està tancat en un recipient, no pot augmentar de volum. Aleshores la propietat que s'incrementa és la **pressió gasosa**, ja que el nombre de xocs de les partícules de gas contra les parets del recipient que el conté és molt més gran.

9. Tenim 20 L de gas a 30 °C. Si augmentem la temperatura fins als 60 °C, és a dir, el doble, a pressió constant, tindrem el doble de volum?

No, ja que s'està parlant de temperatures Celsius. La llei de Charles i Gay-Lussac fa referència i només és aplicable a temperatures absolutes o Kelvin. De fet, Charles i Gay-Lussac van comprovar que, a pressió constant, en augmentar la temperatura d'un gas un grau Celsius, el volum del gas augmentava en 1/273 parts el seu volum original. D'aquest fet experimental va sorgir una nova escala de temperatures, l'**escala absoluta o Kelvin**. Si resollem la qüestió:

$$T_1 = 30 \text{ °C} = 303 \text{ K}; T_2 = 60 \text{ °C} = 333 \text{ K}; V_1 = 20 \text{ dm}^3$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = K'$$

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{20 \cdot 333}{303} = 21,98 \text{ dm}^3$$

10. Sabem que a la pressió atmosfèrica normal de 101,3 kPa, l'aigua bull a 373 K. És aquesta la temperatura que té l'aigua quan bull dins d'una olla de pressió quan hi coem la verdura? Raona-ho.

Dins d'una olla a pressió la temperatura d'ebullició és notablement superior a 100 °C. En haver-hi vapor d'aigua a pressió damunt de la interfase líquid-gas, la temperatura d'ebullició és més alta; aquest fet fa que la cocció sigui més ràpida.

11. És certa l'afirmació que una disminució de la pressió exercida sobre un líquid fa que bulli a menys temperatura?

Sí, en disminuir la pressió, les partícules de la superfície del líquid tenen més facilitat per passar a estat gasós. Aquest principi és el que s'utilitza en l'evaporació industrial.

12. És cert que, en augmentar la pressió exercida sobre un líquid, bull a més temperatura? Raona-ho.

Sí. A les molècules de la interfase líquid-gas els costa molt més abandonar la fase líquida, ja que les molècules de la fase gasosa, en ser més nombroses i tenir molta més energia cinètica, ho impedeixen. Aquesta propietat s'utilitza en les olles a pressió i en els generadors de vapor industrials (calderes), on l'aigua sovint es fa bullir a més de 250 °C.

13. Un procés isotèrmic és el que es produeix a temperatura constant. La investigació d'aquest procés fou pionera dins l'estudi de les ciències empíriques (o experimentals). Boyle la va desenvolupar a Anglaterra, i Mariotte, a França.

Si tenim 10 m<sup>3</sup> d'aire a 150 kPa de pressió i 293 K de temperatura, quin volum ocuparan si s'expandeixen isotèrmicament ( $T$  constant) fins a 50 kPa?

50 kPa és un terç de 150 kPa; és a dir, hem disminuït la pressió tres vegades i, a més, el procés és isotèrmic. Per tant, si apliquem la llei de Boyle: ( $p_1V_1 = p_2V_2$ ), el volum augmentarà tres vegades i passarà a ser de 30 m<sup>3</sup>.

14. Un procés isòbar és el que té lloc a pressió constant. La majoria de processos que duem a terme al laboratori o a la cuina es fa a pressió atmosfèrica, i, com que aquesta pressió és gairebé constant, aquests experiments es fan a pressió constant. L'hidrogen és un gas molt poc dens, molt menys que l'aire. És força inflamable. Com que és tan lleuger, en un principi s'aprofitava per omplir globus aerostàtics anomenats *dirigibles*. L'enorme risc d'incendi va provocar que s'abandonés la tècnica de volar amb hidrogen, i ara el substitueix l'heli.

Si disposem de 5 m<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> a 298 K i 8 · 10<sup>5</sup> Pa, quin volum ocuparà si l'escalfem isobàricament (pressió constant) fins a 313 K?

Apliquem la llei de Charles:  $V/T = k$  a pressió constant.

$$\frac{5 \text{ m}^3}{298 \text{ K}} = \frac{x}{313 \text{ K}} \rightarrow x = \frac{313 \cdot 5}{298} = 5,25 \text{ m}^3$$

15. Un procés isocor és el que s'efectua a volum constant. A la natura no són gaire freqüents. En canvi, en el món de la tecnologia química són molt habituals. Si disposem de 5 m<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> a 298 K i 8,00 · 10<sup>5</sup> Pa, quina pressió assolirà si l'escalfem a volum constant (isocòricament) fins a 313 K?

Apliquem la llei de Gay-Lussac:  $p/T = k$  a volum constant.

$$\frac{8 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{298 \text{ K}} = \frac{x}{313 \text{ K}} \rightarrow x = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 313}{298} = 8,40 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

16. Calcula quina és la massa de nitrogen, N<sub>2</sub>, i la quantitat d'aquesta substància que ocupa un volum de 10 L a una temperatura de 200 °C i 0,9 atm. ( $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ )

Apliquem l'equació d'estat dels gasos ideals:

$$pV = nRT = (m/M)RT$$

$$0,9 \text{ atm} \cdot 10 \text{ L} = \frac{m}{28,01 \text{ g/mol}} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L}/\text{K} \cdot \text{mol} \cdot 473 \text{ K}$$

D'aquí deduïm:  $m = 6,5 \text{ g N}_2$ .

Ara podem calcular el nombre de mols de N<sub>2</sub> per factors de conversió:

$$6,5 \text{ g N}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol N}_2}{28,01 \text{ g N}_2} = 0,23 \text{ mol N}_2$$

17. L'heli és un gas noble que es troba a l'atmosfera en quantitats molt petites. El concepte de noble, en química, és sinònim de poc reactiu. Per tant, l'heli difícilment reaccionarà amb altres substàncies. A més, l'heli és poc dens; s'aprofita per omplir globus dirigibles com a substitut de l'hidrogen.

Si hem recollit 0,250 L d'heli, He, a una pressió d'1,5 · 10<sup>5</sup> Pa i a una temperatura de 295 K, calcula el volum que tindrà l'heli si l'expandim fins a la pressió atmosfèrica i a la temperatura de 0 °C.



Les molècules en estat gasós es mouen a gran velocitat i separen les unes de les altres en unitats discretes; per tant, la mateixa matèria ocupa molt més volum que en estat líquid o sòlid.

Apliquem la llei d'estat dels gasos ideals:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\frac{1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{295 \text{ K}} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot V_2}{273 \text{ K}}$$

I n'obtenim que:  $V_2 = 3,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,343 \text{ L}$

**18. Explica per què un gas, en augmentar de temperatura, augmenta de pressió.**

En augmentar la temperatura, augmenta la velocitat i l'energia cinètica de les molècules, les quals, per tant, colpejaran molt més sovint les parets del recipient on es troben. Aquests xocs són els responsables de la pressió, que augmenta.

**19. Disposem de 10 m<sup>3</sup> de gas hidrogen i 10 m<sup>3</sup> de gas oxigen a temperatura i pressió ambientals (273 K i 760 mmHg).**

**a) En quin dels dos volums diries que hi ha més molècules?**

Segons la llei d'Avogadro, 10 m<sup>3</sup> d'hidrogen contenen el mateix nombre de mols i de molècules que 10 m<sup>3</sup> d'oxigen, ja que les condicions de  $p$  i  $T$  són iguals.

**b) Sabries calcular quin és el nombre de molècules i la quantitat de substància de cada gas?**

Apliquem l'equació d'estat dels gasos ideals:  $pV = nRT$

$$1 \text{ atm} \cdot 10^4 \text{ L} = n \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L/K} \cdot \text{mol} \cdot 273 \text{ K}$$

I n'obtenim que  $n = 446,7 \text{ mol}$

Apliquem el nombre d'Avogadro per factors de conversió i n'obtenim que:

$$446,7 \text{ mol} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ molècules}}{1 \text{ mol}} =$$

$$= 2,69 \cdot 10^{26} \text{ molècules}$$

**20. La relació entre els volums dels dos gasos principals continguts en l'aire és del 21% de O<sub>2</sub> i el 79% de N<sub>2</sub>. Troba la proporció entre el nombre de molècules d'un gas i de l'altre.**

A igual  $p$  i  $T$ , volums iguals de gasos diferents contenen el mateix nombre de partícules. Per tant, si el volum de O<sub>2</sub> és del 21%, aquest valor també és el de la proporció de nombre de molècules i de mols de O<sub>2</sub>. El de N<sub>2</sub> és, per tant, del 79%. La relació entre el nombre de les molècules és, doncs:

$$\frac{21 \text{ molècules O}_2}{79 \text{ molècules N}_2} = \frac{26 \text{ molècules O}_2}{100 \text{ molècules N}_2} =$$

$$= 0,2658 \text{ molècules O}_2/1 \text{ molècula N}_2$$

**21. Recorda que tots els gasos nobles són monoatòmics. Quina és la relació en volum de qualsevol gas monoatòmic respecte a un altre de diatòmic, si tots dos són a la mateixa temperatura i a la mateixa pressió? Per què?**

Tant és que els gasos siguin monoatòmics, diatòmics, tetraatòmics... Les lleis que els regeixen són les mateixes. Per tant, la relació en volums a iguals condicions de  $p$  i  $T$  és 1:1.

**22. El concepte de massa molecular correspon a substàncies pures, com ara l'oxigen i el nitrogen. Tanmateix, es pot pensar en una hipotètica massa molecular (que anomenem *aparent*) per a una mescla de gasos i que s'ha de calcular tenint en compte la proporció de gasos a la mescla.**

L'aire és un exemple de mescla de dos gasos. Sabries calcular-ne la massa molecular aparent?

La  $M$  d'un gas és la massa que tenen les  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$  molècules que conté. El  $N_A$  és el nombre de molècules contingudes en un mol. Recordem que un mol de qualsevol gas conté el mateix nombre de molècules. El volum de qualsevol gas és directament proporcional al nombre de molècules que té. Per tant, si en l'aire la relació en volum dels gasos és de N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> = 79/21, indica que la relació en molècules també és de 79/21, i per tant, la participació, en tant per u, en la massa molecular de la mescla és de 0,79 per al N<sub>2</sub> i de 0,21 per a l'O<sub>2</sub>. Així la massa molecular aparent ( $M$ ) de l'aire serà:

$$M = \frac{21 \cdot 32,00 + 79 \cdot 28,01}{100} = 28,8 \text{ g/mol}$$

**23. Quina massa hi ha en 22,4 litres d'aire en condicions normals de pressió i temperatura?**

Qualsevol gas en condicions normals ocupa 22,4 L. Per tant, aquest volum contindrà la massa corresponent a la massa aparent de l'aire; és a dir, 28,8 g.

**24. Molts alpinistes, quan pugen a més de 8000 m, es veuen obligats a emprar oxigen. El motiu és que allà dalt la pressió atmosfèrica és més baixa. A uns 8000 m d'altitud, la pressió atmosfèrica és aproximadament de 300 mmHg. En canvi, a nivell del mar és d'uns 760 mmHg.**

Si la temperatura habitual a 8000 metres és aproximadament de -40 °C, sabries calcular la densitat de l'aire a aquesta altitud, si sabem que la densitat a la cota zero del nivell del mar és d'1,29 kg/m<sup>3</sup>?

Hi ha dues maneres de resoldre el problema:

a) A 273 K la densitat és de 1,29 kg/m<sup>3</sup>, per tant:

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= d_1 \cdot (RT_1/M_1) \\ p_2 &= d_2 \cdot (RT_2/M_2) \end{aligned} \right\} \frac{p_1}{p_2} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$p_1 = \left( \frac{300}{760} \right) \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_2 = \left( \frac{760}{760} \right) \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Per tant:

$$\frac{(300/760) \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{(760/760) \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = \frac{x}{1,29 \text{ kg/m}^3} = \frac{233 \text{ K}}{273 \text{ K}}$$

I n'obtenim que:

$$x = 0,595 \text{ kg/m}^3$$





b) El problema també es pot resoldre d'aquesta altra manera:

$$d = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} = \frac{(300/760) \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0288 \text{ kg/mol}}{8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 233 \text{ K}}$$

$$x = 0,60 \text{ kg/m}^3$$

25. El metà és un gas que s'utilitza com a combustible i que s'extreu de jaciments subterranis semblants als pous de petroli, mesclat amb altres gasos, com ara l'età i l'etè, els quals sovint s'aprofiten per fer plàstics.

Un dipòsit d'emmagatzematge de gas, de 400 m<sup>3</sup> de volum, conté metà a 5 · 10<sup>5</sup> kPa de pressió i 29 °C. Calcula el nombre de molècules i la quantitat de metà contingut al dipòsit.

Apliquem l'equació d'estat dels gasos ideals:  $pV = nRT$

$$5 \cdot 10^8 \text{ Pa} \cdot 400 \text{ m}^3 = n \cdot (8,314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}) (273 + 29) \text{ K}$$

I n'obtenim que  $n = 7,97 \cdot 10^7$  mol de CH<sub>4</sub>

Per factors de conversió:

$$7,97 \cdot 10^7 \text{ mol} \cdot \frac{6,023 \cdot 10^{23} \text{ molècules}}{1 \text{ mol}} = 4,8 \cdot 10^{31} \text{ molècules de CH}_4$$

26. En les mateixes condicions de pressió i temperatura, quin gas és més dens, el metà o el butà?

El butà té més massa molecular. Per exemple, en condicions normals:

$$1 \text{ mol metà} = 16 \text{ g} = 22,4 \text{ L} \rightarrow d = \frac{m}{V} = \frac{16}{22,4} = 0,71 \text{ g/L}$$

$$1 \text{ mol butà} = 58 \text{ g} = 22,4 \text{ L} \rightarrow d = \frac{m}{V} = \frac{58}{22,4} = 2,59 \text{ g/L}$$

El butà és més dens que el metà.

27. Disposem de 2,54 g d'acetona pura a 18 °C. L'escalfem a 177 °C i es vaporitza i ocupa un volum d'1 L. Coneixem la fórmula de l'acetona i sabem que la seva massa molar és de 58,04 g. Volem comprovar si el manòmetre instal·lat al baló indica correctament la pressió. Quin valor mesurat en pascals hauria d'assenyalar?

Tenim 2,54 g de CH<sub>3</sub>-CO-CH<sub>3(l)</sub> a 18 °C i sabem que la massa molar de l'acetona és 58,04 g/mol.

Per tant, apliquem l'equació següent i n'obtenim:

$$p = \frac{mRT}{MV} = \frac{2,54 \text{ g} \cdot 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot (177 + 273)}{58,04 \text{ g} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 1,636 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Per tant, el manòmetre hauria d'indicar 1,42 · 10<sup>5</sup> Pa.

28. El clorur d'hidrogen és gasós, però és molt soluble en aigua. Se'n fan dissolucions aquoses, que anomenem àcid clorhídric o sulfumant.

Si disposem de HCl gasós a 0,983 · 10<sup>5</sup> Pa i a 296 K, i mesurant la massa i el volum del baló que el conté hem calculat

que té una densitat d'1,460 kg/m<sup>3</sup>, calcula la massa molecular aproximada del clorur d'hidrogen gasós.

Apliquem l'equació d'estat dels gasos ideals:  $pV = nRT = (m/M)RT$  d'on  $M = dRT/p$ .

$$M = \frac{1,460 \text{ kg/m}^3 \cdot 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 296 \text{ K}}{0,983 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 0,0365 \text{ kg/mol}$$

Per tant, la massa molecular aproximada del clorur d'hidrogen gasós és 36,5 g/mol.

29. Tenim dos recipients amb dos líquids purs incoloros. Com ho faries per saber quin és el recipient que conté aigua?

(Dada: a 1 atm,  $T_e$  aigua = 100 °C)

Observaríem quina és la temperatura d'ebullició a pressió atmosfèrica.

30. Introduïm 35 g de N<sub>2</sub> i 14 g de O<sub>2</sub> en una bombona de 25 dm<sup>3</sup>, i l'escalfem a 543 K. Calcula les pressions parcials i la pressió total de la mescla.

$$35 \text{ g N}_2 = 1,25 \text{ mol N}_2 \rightarrow p(\text{N}_2) \cdot 0,025 = 1,25 \cdot 8,31 \cdot 543 \rightarrow p(\text{N}_2) = 2,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$14 \text{ g O}_2 = 0,4375 \text{ mol O}_2 \rightarrow p(\text{O}_2) \cdot 0,025 = 0,4375 \cdot 8,31 \cdot 543 \rightarrow p(\text{O}_2) = 7,89 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$p(\text{N}_2) + p(\text{O}_2) = 3,04 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

31. Calcula les pressions parcials que exerceixen els gasos que formen una mescla de 18 g de O<sub>2</sub>, 13 g de SO<sub>2</sub> i 23 g de SO<sub>3</sub>, a 295 K, si entre els tres ocupen un volum d'1 L.

$$M(\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{SO}_2) = 64 \text{ g/mol}$$

$$M(\text{SO}_3) = 80 \text{ g/mol}$$

Calculem els mols de O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i SO<sub>3</sub>:

$$18 \text{ g O}_2 \cdot (1 \text{ mol O}_2/32 \text{ g O}_2) = 0,56 \text{ mol O}_2$$

$$13 \text{ g SO}_2 \cdot (1 \text{ mol SO}_2/64 \text{ g SO}_2) = 0,20 \text{ mol SO}_2$$

$$23 \text{ g SO}_3 \cdot (1 \text{ mol SO}_3/80 \text{ g SO}_3) = 0,29 \text{ mol SO}_3$$

Ara ja podem calcular les pressions parcials de cada gas:

$$p(\text{O}_2) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,56 \text{ mol O}_2 \cdot 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 295 \text{ K} \rightarrow p(\text{O}_2) = 1,37 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$p(\text{SO}_2) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,20 \text{ mol SO}_2 \cdot 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 295 \text{ K} \rightarrow p(\text{SO}_2) = 0,49 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

$$p(\text{SO}_3) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,29 \text{ mol SO}_3 \cdot 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 295 \text{ K} \rightarrow p(\text{SO}_3) = 0,71 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

Per tant, la pressió total és:

$$p = 1,37 \cdot 10^3 \text{ kPa} + 0,49 \cdot 10^3 \text{ kPa} + 0,71 \cdot 10^3 \text{ kPa} = 2,57 \cdot 10^3 \text{ kPa}$$

o també, com que el nombre de mols total és 0,56 + 0,20 + 0,29 = 1,05 mol

$$p \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 1,05 \text{ mol} \cdot 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)} \cdot 295 \text{ K}$$

N'obtenim que la pressió total és 2,57 · 10<sup>3</sup> kPa.



32. És cert que quan un líquid bull, la seva temperatura es manté constant? Raona-ho.

Quan un líquid bull, la seva temperatura roman sempre constant, sempre que sigui un líquid pur. Si es tracta d'una solució o mescla de líquids, la temperatura no roman constant. Quan un líquid no és pur, s'evapora més ràpidament la part més volàtil i la composició del líquid varia progressivament i, per tant, també el punt d'ebullició.

33. Sabries dir què són les bombolles que es formen quan l'aigua comença a bullir?

Les bombolles que puguen en bullir l'aigua són principalment d'aigua en estat gasós. També n'hi ha unes quantes que són de l'aire que hi havia dissolt en l'aigua quan estava més freda. La solubilitat de l'aire en l'aigua és major a menor temperatura.

34. L'èter dietílic té un punt d'ebullició de 35 °C; l'etanol, de 78 °C; el mercuri, de 357 °C.

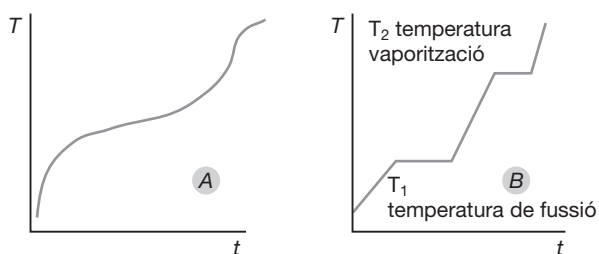
- Quin dels tres és més volàtil?
- Quin s'evapora més de pressa a temperatura ambient a pressió atmosfèrica?

L'èter dietílic és el més volàtil i s'evaporarà ràpidament a temperatura ambient.

35. Per què una substància quan sublima, és a dir, quan passa de sòlid a gas directament, augmenta tant de volum si no varia el nombre de partícules?

Un sòlid té les seves partícules tocant-se entre si. En un gas les partícules estan separades les unes de les altres. Per tant, la mateixa quantitat de partícules generarà molt més volum.

36. Escalfem dues mostres de substàncies diferents i obtenim les corbes d'escalfament següents (fig. 1.23):



- Quina de les dues representa una substància pura?
- Assenyalat la temperatura de fusió i la temperatura d'ebullició de la substància pura.

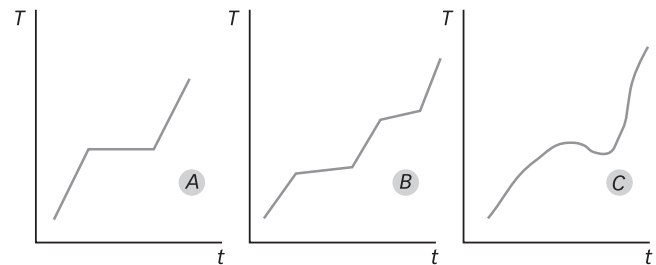
Si es tracta d'una substància pura, durant la fusió o l'ebullició la temperatura no puja. Per això el gràfic amb les dues ratlles horitzontals (B) correspon a una substància pura.

37. Al laboratori determinem la  $T_e$  de l'acetona i s'observa que comença a bullir a 62 °C. Es pot afirmar que l'acetona que tenim al laboratori és pura?

(Dada: a 1 atm,  $T_{e \text{ acetona}} = 56,5 \text{ °C}$ )

No, i no es pot saber què la impurifica.

38. Observant les corbes següents d'escalfament d'uns sòlids (fig. 1.24), determina quines de les substàncies A, B i C són pures.



L'única substància pura és la A, ja que presenta una zona horitzontal que correspon a la calor latent de fusió. Les substàncies B i C no són pures, sinó mescles.

39. Un recipient tancat a 25 °C i 1 atm conté 1 g de  $O_2$ . Hi introduïm 1 g de  $H_2$ , mantenint constants el volum i la temperatura. Quina de les afirmacions següents és certa:

- La pressió parcial de l'oxigen disminueix, perquè ara només representa el 50% de la massa continguda al recipient.
- La pressió parcial de l'oxigen no varia, perquè hi ha el mateix nombre de mols d'oxigen que abans.
- La pressió total serà el doble de la pressió inicial, perquè la massa total és el doble.
- La pressió total disminueix, perquè es forma aigua líquida per reacció entre l'oxigen i l'hidrogen.

La resposta correcta és la b). Per tant, si apliquem la fórmula dels gasos ideals, com es conserva constant el volum i la temperatura, la pressió depèn del nombre de mols.

40. L'òxid de ferro(III) es pot reduir a òxid de ferro(II) per reacció amb monòxid de carboni:



La reacció té lloc en un recipient tancat que es manté a temperatura constant. Quina de les afirmacions següents, referides a la pressió total del recipient, és certa:

- Augmenta al llarg de la reacció.
- Disminueix al llarg de la reacció.
- Es manté constant al llarg de la reacció.
- No es pot controlar, perquè hi ha espècies sòlides en el sistema.

La resposta correcta és c), perquè el volum dels components gasosos, que són els que afecten a la pressió, no varia (1 mol als reactius i 1 als productes). Per tant, com la temperatura i el volum són constants i no varia el nombre de mols gasosos, la pressió es manté constant.

41. En un mateix recipient hi ha 5 mol de metà i 3 mol de monòxid de carboni, que exerceixen una pressió total de 3 atm contra les parets.



a) Troba la pressió parcial de cada gas.

$$3 \text{ atm} \frac{5}{8} = 1,875 \text{ atm metà}$$

$$3 \text{ atm} \frac{5}{8} = 1,125 \text{ atm monòxid de carboni}$$

b) Troba la temperatura si el volum del recipient és de 80 litres.

$$pV = nRT$$

$$3 \text{ atm} \cdot 80 \text{ L} = 8 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot T \rightarrow 365,85 \text{ K}$$

c) Si al recipient s'introdueixen 11 g de diòxid de carboni, sense variar la temperatura, calcula la pressió final de la mescla i justifica com varia la pressió parcial del metà.

$$11 \text{ g CO}_2 \frac{1 \text{ mol}}{(12 + 2 \cdot 16) \text{ g}} = 0,25 \text{ mol CO}_2$$

$$pV = nRT$$

$$p \cdot 80 \text{ L} = 8,25 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 365,85 \text{ K} = 3,094 \text{ atm}$$

La pressió parcial del metà no variarà degut a que no varien ni les condicions ni el nombre de mols.

(Dades: masses atòmiques: C = 12; O = 16; H = 1; R = 8,31 J·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup> = 0,082 atm·L·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>)

## Quimitest

- L'oxigen té una massa atòmica de 15,99 u. Això vol dir que:
  - Té una massa 15,99 vegades més gran que la de l'isòtop H<sub>1</sub>.
  - Té la massa de 15,99 neutrons.
  - Té la massa de 15,99 protons.
  - Cap de les anteriors.
  - Cap de les anteriors.
- El nitrogen és un compost de molècula diatòmica. La seva massa atòmica relativa és de 14 u. Quina de les afirmacions següents és certa?
  - 6,023 · 10<sup>23</sup> molècules de nitrogen tenen una massa de 14 g.
  - No sabem quina massa tenen 6,023 · 10<sup>23</sup> molècules de nitrogen.
  - La seva massa molar és de 14 g.
  - 28 g de nitrogen contenen 6,023 · 10<sup>23</sup> molècules.
  - 28 g de nitrogen contenen 6,023 · 10<sup>23</sup> molècules.
- Un mol d'àtoms d'alumini té una massa de 26,98 g. Això vol dir que:
  - L'alumini és unes 27 vegades més pesant que la molècula d'hidrogen.
  - No podem establir cap relació entre la massa molar de l'alumini i la de l'hidrogen.
  - L'àtom d'alumini és aproximadament unes 27 vegades més pesant que l'àtom de l'isòtop.
  - Totes les respostes anteriors no són certes.
  - L'àtom d'alumini és aproximadament unes 27 vegades més pesant que l'àtom de l'isòtop.
- Una habitació té un volum de 25 m<sup>3</sup> (25 000 L). Quantes molècules d'aire conté?
  - No ho podem saber.
  - No és correcte parlar de molècules d'aire, sinó de molècules de nitrogen, d'oxigen, etc.
  - El mateix que hi hauria en una altra habitació idèntica.
  - Totes les anteriors són falses.
  - No és correcte parlar de molècules d'aire, sinó de molècules de nitrogen, d'oxigen, etc.
- Un vidre de la finestra és un:
  - Cristall.
  - Sòlid cristal·lí.
  - No ho podem saber sense analitzar-lo.
  - Sòlid amorf.
  - Sòlid amorf.
- Una mescla gasosa conté 30 mol de nitrogen i 20 mol d'oxigen. Si la pressió total de la mescla és de 5 atm, les pressions parcials de cada gas són:
  - 3 atm nitrogen i 2 atm oxigen.
  - 2 atm nitrogen i 3 atm oxigen.
  - 1,5 atm nitrogen i 1 atm oxigen.
  - No ho podem saber amb exactitud.
  - 3 atm nitrogen i 2 atm oxigen.
- L'aire té un 21 % d'oxigen i un 79 % de nitrogen (percentatges en volum). Això significa que:
  - 100 g d'aire contenen 21 g d'oxigen i 79 g de nitrogen.
  - 100 L d'aire equivalen a 21 L d'àtoms d'oxigen i 79 L d'àtoms de nitrogen.
  - De cada 100 molècules d'aire, 21 molècules són d'oxigen i la resta són de nitrogen.
  - No podem saber quantes molècules tenen 100 L d'aire.
  - 100 L d'aire equivalen a 21 L d'àtoms d'oxigen i 79 L d'àtoms de nitrogen.