

## 1 Tema 1. Els gasos i el seu comportament

### Exercici 1

Un conductor comprova la pressió dels pneumàtics pel matí aviat, quan la temperatura és de  $15^{\circ}\text{C}$ , i és de  $1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Al migdia la temperatura és 15 graus més elevada. Quina és la pressió dels pneumàtics ara?

### Exercici 2

Dalt de l'Everest, la pressió atmosfèrica és de 0,33 atm i la temperatura de 50 sota zero. Quina és la densitat de l'aire si en CN és de  $1.29 \text{ g dm}^{-3}$ ?

### Exercici 3

Calcular el volum molar d'un gas ideal a condicions normals (1 atm i  $0^{\circ}\text{C}$ ).

### Exercici 4

Quant gas hi ha en una mostra de volum  $0.5 \text{ dm}^3$ , a  $80^{\circ}\text{C}$  i 800 Torr de pressió?

### Exercici 5

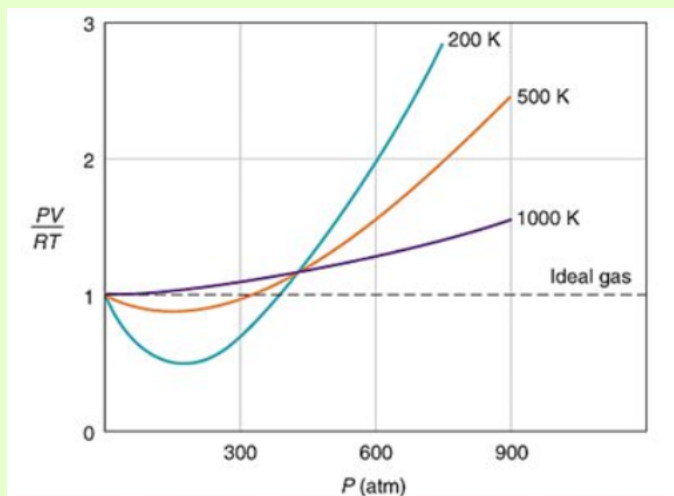
Pots calcular el volum ocupat per molècula en un gas ideal a CN?. Es troben dues molècules molt freqüentment en un gas a baixa pressió?

### Exercici 6

Si a CN la densitat d'un gas ideal és de  $2.62 \text{ g dm}^{-3}$ , quina és la seva massa molar? i quina densitat tindrà a 300 K i  $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$   $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ ?

### Exercici 7

Què passa segons l'Equació de van der Waals si la pressió es fa propera a zero o bé la temperatura es fa molt gran per a un gas real? La figura mostra el factor de compressibilitat per a un mateix gas a diferents temperatures



### Exercici 8

La composició percentual, en massa, de l'aire sec al nivell del mar és, aproximadament,  $N_2/O_2/Ar=75.5/23.2/1.3$ . Quina és la pressió parcial de cada component quan la pressió total és 1.20 atm?

En 100gr d'aire tindrem 75.5, 23.2 i 1.3 gr de  $N_2$ ,  $O_2$  i Ar, respectivament. Podem calcular la seva fracció molar calculant el número de mols de cadascun i dividint pel total. Després, només cal multiplicar per la pressió corresponent i sabrem la pressió parcial de cada component:

$$n_{N_2} = 75.5g \cdot \frac{1mol}{28.02g} = 2.69mol$$

$$n_{O_2} = 23.2g \cdot \frac{1mol}{32.00g} = 0.725mol$$

$$n_{Ar} = 1.3g \cdot \frac{1mol}{39.95g} = 0.033mol$$

	$N_2$	$O_2$	Ar
Fracció molar	0.780	0.210	0.0096
Pressió parcial (nivell del mar)/atm	0.780	0.210	0.0096
Pressió parcial ( $P_T = 1.20atm$ )/atm	0.936	0.252	0.012

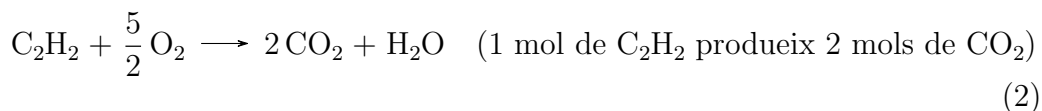
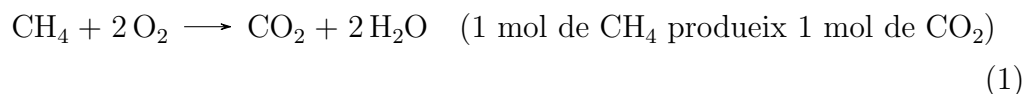
**Exercici 9**

Una barreja de metà  $\text{CH}_4$  i d'acetilè  $\text{C}_2\text{H}_2$  ocupava un cert volum a una pressió total de 63 mmHg. La mostra es va cremar a  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ . Se'n va recollir el  $\text{CO}_2$  en el mateix volum inicial i la mateixa temperatura inicial, i es va veure que la seva pressió era de 96 mmHg. Quina era la fracció de metà a la mescla de gasos inicials?

Definim  $x$  com la fracció molar de metà ( $\text{CH}_4$ ) i  $y$  com la fracció molar d'acetilè ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ):

$$x + y = 1$$

Les reaccions de combustió són:



Si tenim un nombre total de mols  $n$ , llavors:

- Mols de metà:  $xn$
- Mols d'acetilè:  $yn$

Els mols de  $\text{CO}_2$  formats són:

$$n_{\text{CO}_2} = xn + 2yn$$

Com que el volum i la temperatura es mantenen constants, segons la llei dels gasos ideals la pressió és directament proporcional als mols:

Així:

$$P_{\text{CO}_2} = (xn + 2yn) \cdot \frac{P_{\text{total}}}{n}$$

Substituint els valors donats:

$$96 = (x + 2y) \cdot 63$$

d'on

$$x + 2y = \frac{32}{21}$$

Ara ja podem resoldre el sistema:

$$x + y = 1 \quad (3)$$

$$x + 2y = \frac{32}{21} \quad (4)$$

i obtenim

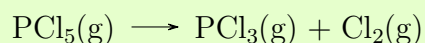
$$x = 1 - \frac{11}{21} = \frac{10}{21}$$

Per tant, la fracció de metà en la mescla inicial és:

$$\frac{10}{21} \approx 0.476 \quad \text{o} \quad 47.6\%$$

### Exercici 10

Una mostra de  $\text{PCl}_5$ , que pesa 2.69 g, es va col·locar en un flascó d'1.00 L i es va evaporar completament a una temperatura de 25 °C. La pressió observada a aquesta temperatura va ser 1.00 atm. Existeix la possibilitat que una part del  $\text{PCl}_5$  s'hagi dissociat d'acord amb l'equació:



Quines són les pressions parcials del  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{PCl}_3$  i  $\text{Cl}_2$  en aquestes condicions experimentals? (Adaptat de [?])

La solució d'aquest problema implica diverses etapes. Per determinar si s'ha dissociat una part del  $\text{PCl}_5$ , calculem primerament la pressió que s'hauria observat si no s'hagués dissociat el  $\text{PCl}_5$ . Això es pot calcular a partir del nombre de mols de  $\text{PCl}_5$  utilitzats, juntament amb el volum i la temperatura del flascó. Com que el pes molecular del  $\text{PCl}_5$  és  $208 \text{ g mol}^{-1}$ , el nombre de mols de  $\text{PCl}_5$  inicialment presents en el flascó és:

$$n = 2.69 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{208 \text{ g}} = 0.0129 \text{ mol}.$$

La pressió corresponent a aquest nombre de mols seria:

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{(0.0129 \text{ mol})(0.082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(523.15 \text{ K})}{1.00 \text{ L}} = 0.553 \text{ atm.}$$

Com que la pressió observada és superior a aquesta, s'ha de produir certa dissociació del  $\text{PCl}_5$ . Aplicant la llei de les pressions parcials, podem escriure:

$$P_{\text{PCl}_5} + P_{\text{PCl}_3} + P_{\text{Cl}_2} = P_t = 1.00 \text{ atm.} \quad (5)$$

Ara observem que:

Atès que es produeix un mol de  $\text{PCl}_3$  i un mol de  $\text{Cl}_2$  per cada mol de  $\text{PCl}_5$  dissociat,

$$P_{\text{Cl}_2} = P_{\text{PCl}_3}, \quad P_{\text{PCl}_5} = 0.553 \text{ atm} - P_{\text{Cl}_2}.$$

i podem reescriure l'Equació 5 com:

$$0.553 \text{ atm} - P_{\text{Cl}_2} + P_{\text{Cl}_2} + P_{\text{Cl}_2} = 1.00 \text{ atm.}$$

Resolent, obtenim:

$$P_{\text{Cl}_2} = 0.447 \text{ atm,}$$

i

$$P_{\text{PCl}_3} = 0.447 \text{ atm,} \quad P_{\text{PCl}_5} = 0.106 \text{ atm.}$$

### Exercici 11

Perquè hi ha diferències entre els quocients de capacitat calorífica ( $C_P/C_V$ ) de gasos monoatòmics respecte els diatòmics? (Adona't que si un gas monoatòmic ideal, pel fet d'estar només augmentant la seva energia cinètica translacional té una  $C_V = \frac{3}{2}R$ , es pot entendre que per a cada component (eix) necessita  $\frac{1}{2}R$ )

Els quocients de la capacitat calorífica dels gasos diatòmics són molt menors que 1,67, i hem d'esbrinar la raó d'aquestes desviacions.

Primerament, notem que  $C_V$ , la capacitat calorífica deguda al moviment de translació de les molècules, és igual a  $\frac{3}{2}R$ , i que hi ha tres components independents de velocitat associats amb el moviment de translació. Per tant, podem inferir que cadascun dels tres moviments de translació independents contribueix amb  $\frac{1}{2}R$  a la capacitat calorífica molar. Sobre aquesta base, podríem esperar que, si algun altre tipus de moviment fos accessible a les molècules de gas, hi hauria més contribucions a la capacitat molar i aquestes entrarien en unitats de  $\frac{1}{2}R$ .

A més de tenir els tres moviments de translació, una molècula diatòmica pot rotar al voltant del seu centre de massa segons dos modes mútuament perpendiculars i independents. Assignant  $\frac{1}{2}R$  com la contribució de cadascun d'aquests moviments a la capacitat calorífica, tenim:

$$C_V = \underbrace{\frac{3}{2}R}_{\text{traslació}} + \underbrace{\frac{1}{2}R + \frac{1}{2}R}_{\text{rotació}} = \frac{5}{2}R,$$

$$C_P = C_V + R = \frac{7}{2}R,$$

$$\frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{7}{5} = 1,40.$$

### Exercici 12

Qui es mou més ràpid, una molècula d'oxigen o una de nitrogen en dues mostres d'aquests gasos a la mateixa temperatura? Pots explicar perquè la pressió és independent de la natura de les molècules?

### Exercici 13

Calcula la velocitat mitjana de les molècules d'hidrògen a 25°C.

### Exercici 14

Considerant que no es comporta idealment, calcula la temperatura de 10 mol de monòxid de carboni (CO) sotmesos a una pressió de 5 kPa en un volum de 2 m<sup>3</sup>.

L'equació de Van der Waals per gasos reals és:

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

on  $a$  i  $b$  són constants que depenen de la naturalesa del gas. En el nostre cas:

- Nombre de mols:  $n = 10 \text{ mol}$
- Pressió:  $P = 5 \text{ kPa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101.325 \text{ kPa}} = 0.0493 \text{ atm}$
- Volum:  $V = 2 \text{ m}^3 = 2000 \text{ L}$
- Constants de Van der Waals per CO:
  - $a = 1.4850 \text{ L}^2 \text{ atm mol}^{-2}$
  - $b = 0.03985 \text{ L mol}^{-1}$
- Constant dels gasos:  $R = 0.0821 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Calculem el terme de correcció de la pressió:

$$P + \frac{an^2}{V^2} = 0.0493 + \frac{(1.4850)(10)^2}{(2000)^2} = 0.0493 \text{ atm}$$

Calculem el volum corregit:

$$V - nb = 2000 - (10 \times 0.03985) = 2000 - 0.3985 = 1999.6 \text{ L}$$

Es pot veure com l'efecte de la no idealitat en aquest gas és molt reduït. Substituïm a l'equació:

$$(0.0493)(1999.6) = (10)(0.0821)T$$

$$T = \frac{98.57}{0.821} = 120 \text{ K}$$

**Exercici 15**

Perquè  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$  tenen una desviació negativa respecte al comportament del gas ideal a pressions i temperatures moderades, mentre que l'He i el  $\text{H}_2$  presenten una desviació positiva en les mateixes condicions?