

# Gasos

*Miquel Seco*

[miquel.seco@qi.ub.es](mailto:miquel.seco@qi.ub.es)

*Juan C. Paniagua*

[jpaniagua@ub.edu](mailto:jpaniagua@ub.edu)

Universitat de Barcelona

Setembre de 2008



Aquesta presentació està subjecta a una llicència de  
Reconeixement - NoComercial - CompartirIgual (by-nc-sa)  
(vegeu <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>)

## Estats d'agregació

### Gasos ideals

Equació dels gasos ideals

Teoria cineticomolecular

### Mescles de gasos

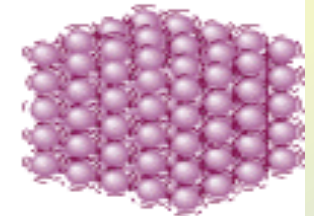
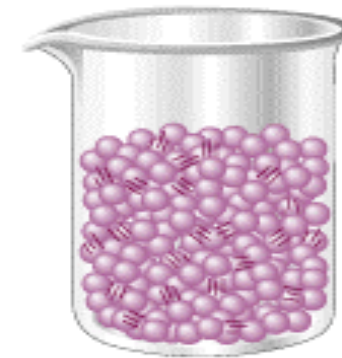
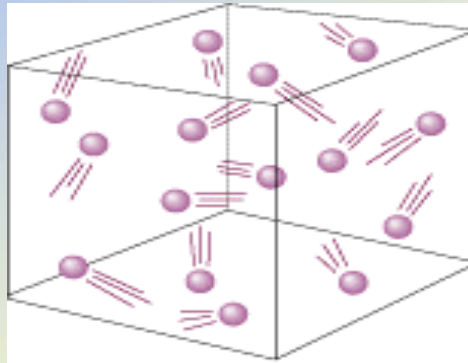
Pressió parcial

Llei de Dalton

Pressió de vapor

### Gasos reals

# Estats d'agregació

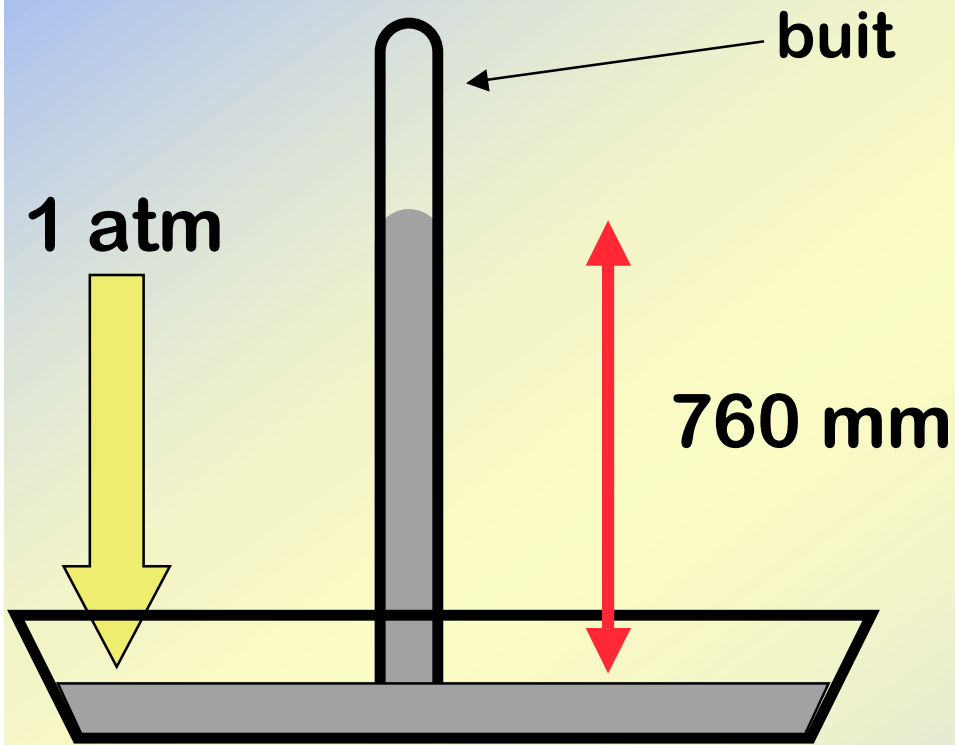


Propietat	Gas	Líquid	Sòlid
Densitat	Baixa	Alta (com els sòlids)	Alta
Forma	S'expandeix fins a ocupar tot el recipient	Prend la forma de la part inferior del recipient	Fixa
Compressibilitat	Gran	Petita	Petita
Expansió tèrmica	Moderada	Petita	Molt petita

# Unitats

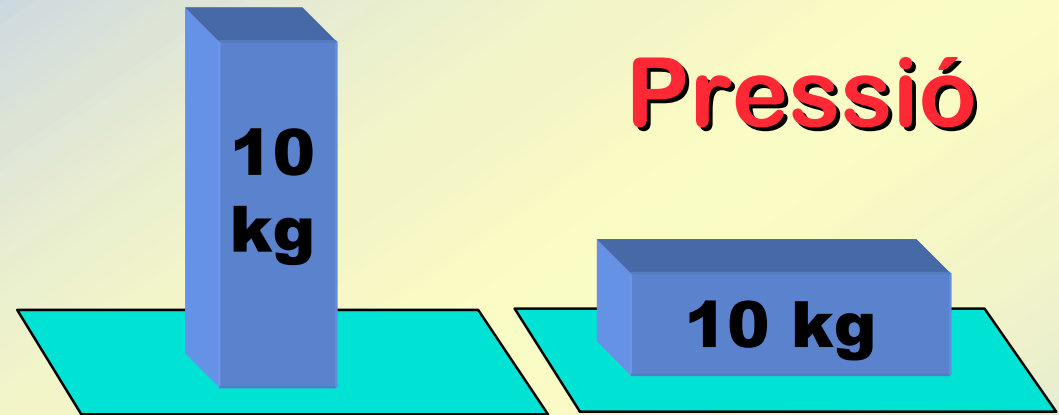
<b>Volum (<math>V</math>)</b>	$\text{m}^3, \text{dm}^3 (\text{l}, \text{L})$
<b>Temperatura Celsius (<math>t</math>)</b>	$^{\circ}\text{C}$ (grau Celsius)
<b>Temperatura Fahrenheit (<math>t_F</math>)</b>	$t_F/^{\circ}\text{F} = (9/5) t/^{\circ}\text{C} + 32$
<b>Temperatura absoluta (<math>T</math>)</b>	K (kelvin) $T/\text{K} = t/^{\circ}\text{C} + 273,15$
<b>Pressió (<math>P</math>)</b>	Pa (pascal), hPa, atm, bar, mmHg
<b>Quantitat de substància (<math>n</math>)</b>	mol

## Força/Superfície



Baròmetre

## Pressió



$$\begin{aligned} m &= V \rho \\ &= 76,0 \text{ cm}^3 \times 13,5951 \text{ g/cm}^3 \\ &= 1033,2276 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= m g \\ &= 1,0332276 \text{ kg} \times 9,80665 \text{ ms}^{-2} \\ &= 10,132501 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= F / S \\ &= 10,132501 \text{ N} / 0,0001 \text{ m}^2 \\ &= 101325,01 \text{ Pa} \approx 1013,25 \text{ hPa} \\ &= 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

# Unitats de pressió

## Unitat

## Equivalència en el SI

pascal	1 Pa	= 1 N m <sup>-2</sup>
bar	1 bar	= 10 <sup>5</sup> Pa
atmosfera	1 atm	= 1,01325 × 10 <sup>5</sup> Pa
torr	1 Torr	= 1/760 atm = 133,32237 Pa
mm de mercuri	1 mmHg	= 133,32239 Pa
kilos per cm <sup>2</sup>	1 kp/cm <sup>2</sup>	= 0,980665 × 10 <sup>5</sup> Pa
pounds per sq inch	1 psi	= 6894,76 Pa

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= 1,01325 \text{ bar} = 760 \text{ Torr} \approx 760 \text{ mmHg} \\ &\approx 1013 \text{ mbar} = 1013 \text{ hPa} \\ &\approx 1,033 \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$



## Exemple

- Si la pressió atmosfèrica al nivell del mar és d'1 atm, quina serà la pressió que suporta un submarinista que busseja a 10 m de profunditat?

Massa d'una columna d'aigua d'1 cm<sup>2</sup> de secció:

$$m = V \rho = 1000 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ g}$$

Pressió exercida per l'aigua:

$$P = m g / S = 1 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m s}^{-2} / 0,0001 \text{ m}^2 = 98 \text{ 000 Pa} \approx 1 \text{ atm}$$

Pressió total que suporta el submarinista  $\approx 2$  atm (xifres!)

- Repetiu el càlcul per a una profunditat de 20 m.

*Solució:*  $\approx 3$  atm

# Llei dels gasos ideals

$$PV = nRT$$

$$\begin{aligned} R \text{ (constant dels gasos)} &= 8,3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 0,082058 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 0,083145 \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 1,9872 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ &= 62,364 \text{ torr L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \end{aligned}$$

**Llei experimental per a pressions baixes**

**(combinació de les lleis de Boyle i Mariotte,  
Charles i Gay-Lussac, i Avogadro)**

## Exemple

- Quin volum ocupa 1,00 mol de gas ideal a 0 °C i 1,00 bar?

$$PV = nRT$$

$$1,00 \text{ bar} \times V = 1,00 \text{ mol} \times R \times 273,15 \text{ K}$$

$$R = 0,083145 \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$V = 22,7 \text{ L (xifres significatives!)}$$

- Repetiu el càlcul per a 1,00 mol de gas ideal a 0 °C i 1,00 atm.

*Solució:* 22,4 L



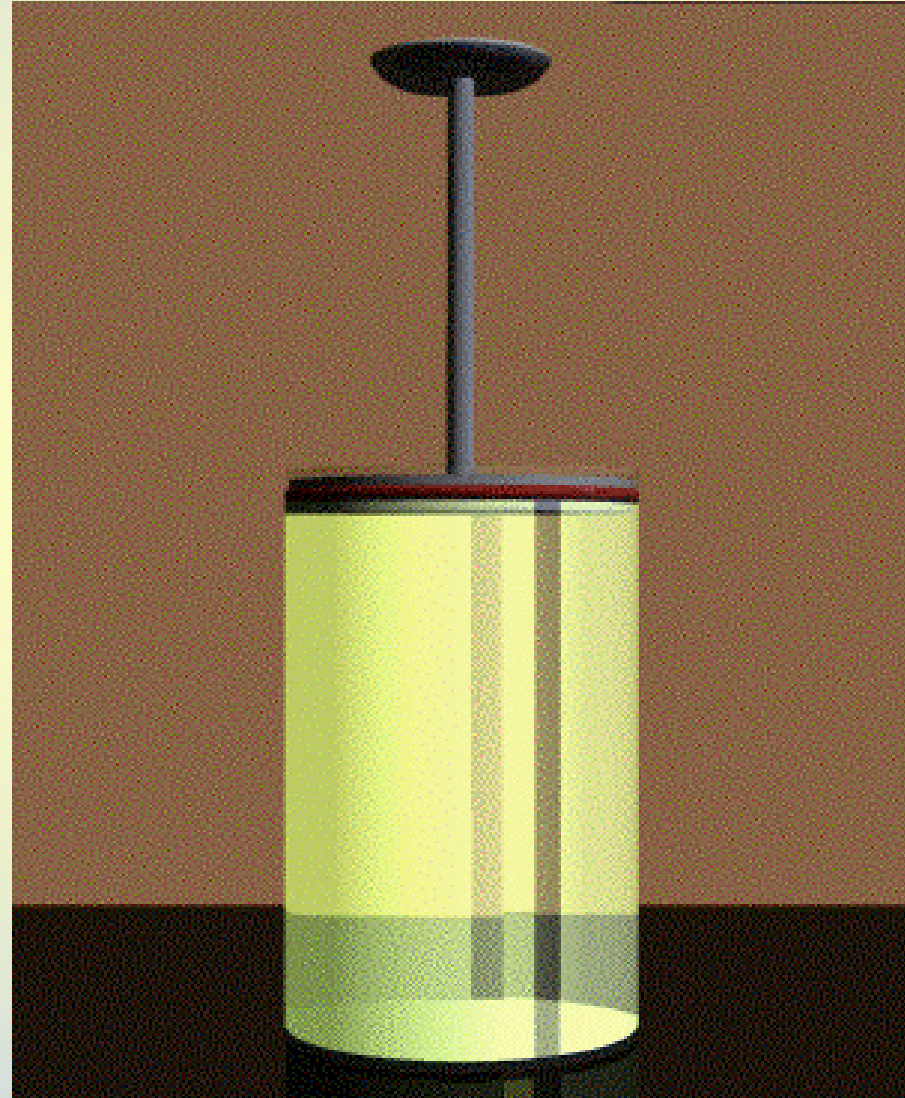
# Llei de Boyle-Mariotte

A temperatura constant la pressió d'un gas és inversament proporcional al volum que ocupa (xeringa!)

$$P_1 V_1 = nRT \rightarrow P_2 V_2 = nRT$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{constant}$$

$$P = \text{constant} / V$$



## Exemple

Si un gas ideal ocupa un volum de 4,5 L a 1,0 atm, quin volum ocuparà si el comprimim fins a 3,0 atm mantenint-lo a la mateixa temperatura?

$$P_1 V_1 = nRT \rightarrow P_2 V_2 = nRT$$

$$1,0 \text{ atm} \times 4,5 \text{ L} = nRT \rightarrow 3,0 \text{ atm} \times V_2 = nRT$$

$$1,0 \text{ atm} \times 4,5 \text{ L} = 3,0 \text{ atm} \times V_2$$

$$V_2 = \frac{1,0 \text{ atm} \times 4,5 \text{ L}}{3,0 \text{ atm}} = 1,5 \text{ L}$$

# Llei de Charles i Gay-Lussac

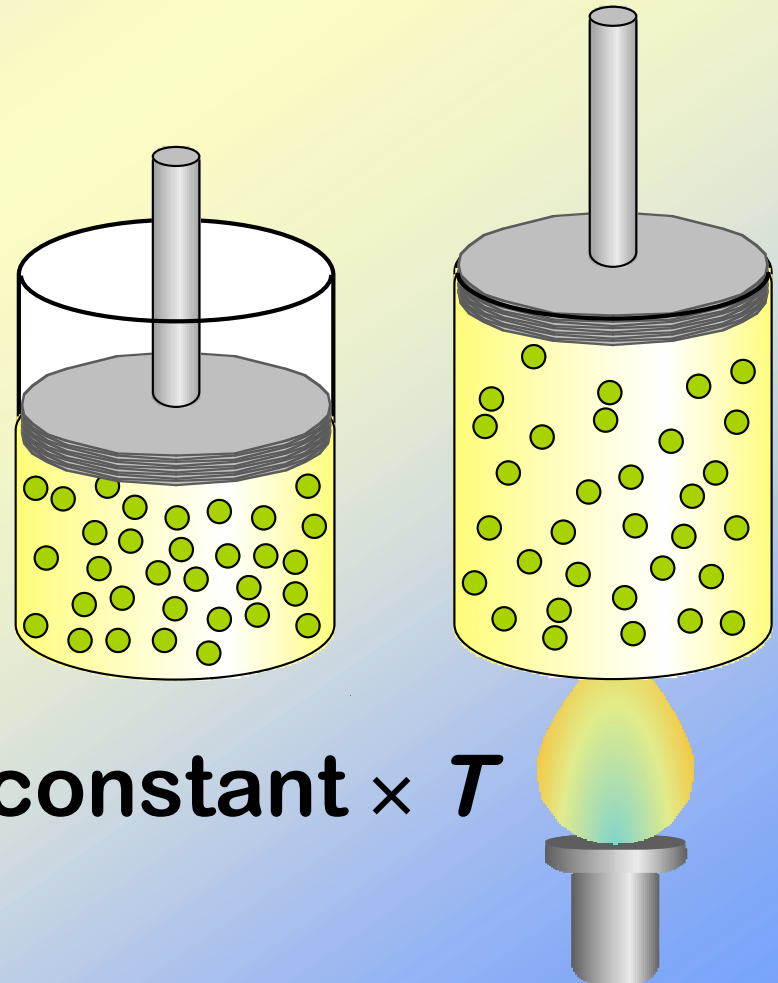
A presió constant, el volum que ocupa un gas és directament proporcional a la seva temperatura absoluta

$$PV_1 = nRT_1 \rightarrow PV_2 = nRT_2$$

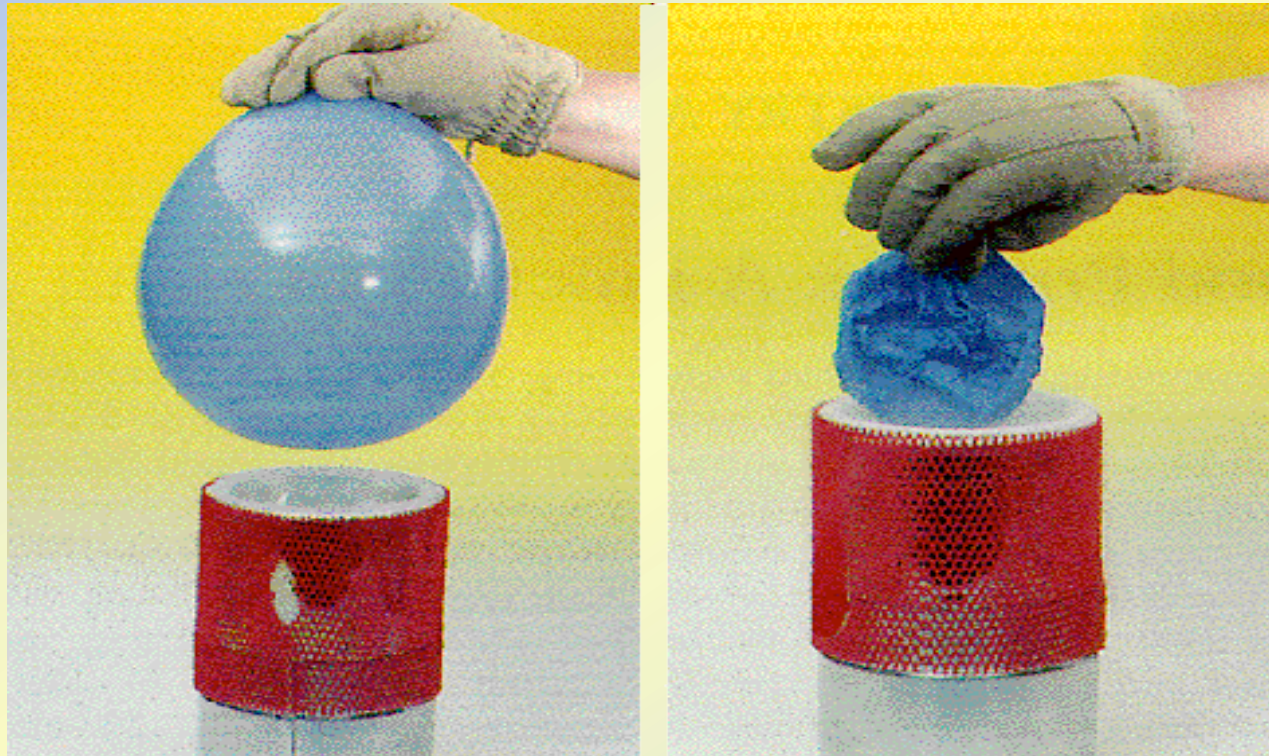
dividint les dues equacions:

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

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{constant} \quad V = \text{constant} \times T$$



# Llei de Charles i Gay-Lussac



Si posem un globus ple d'aire a prop de nitrogen líquid (77 K) observarem que el volum es redueix.



## Exemple

Si un gas ideal ocupa un volum de 3,0 L a 250 K, quin volum ocuparà si l'escalfem fins a 450 K sense que canviï la pressió?

$$PV_1 = nRT_1 \rightarrow PV_2 = nRT_2$$

$$P \times 3 \text{ L} = nR \times 250 \text{ K} \rightarrow P \times V_2 = nR \times 450 \text{ K}$$

dividint les dues equacions:

$$\frac{3 \text{ L}}{V_2} = \frac{250 \text{ K}}{450 \text{ K}}$$

$$V_2 = \frac{3 \text{ L} \times 450 \text{ K}}{250 \text{ K}} = 5,4 \text{ L}$$



# Hipòtesi d'Avogadro

Volums iguals de gasos diferents a la mateixa temperatura i pressió contenen el mateix nombre de molècules

$$PV = n_A RT$$

$$PV = n_B RT$$

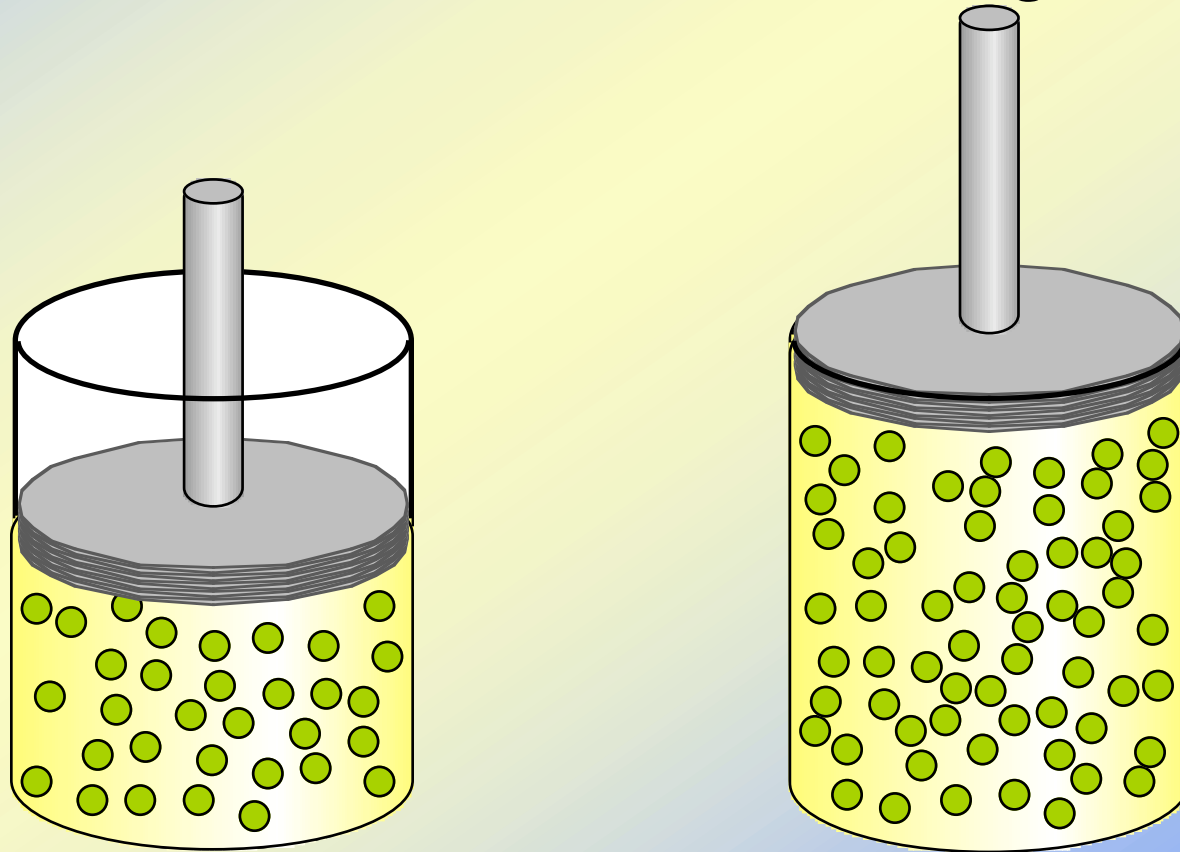
dividint les dues equacions:

$$\frac{n_A}{n_B} = 1$$

$$n_A = n_B$$

# Hipòtesi d'Avogadro

Si el segon recipient té el doble de molècules que el primer ocuparan el doble de volum (a unes mateixes  $T$  i  $P$ ), independentment de la massa molar del gas ideal.



# Massa molar i densitat

$$P V = n R T$$



$$P V = \frac{m}{M} R T$$

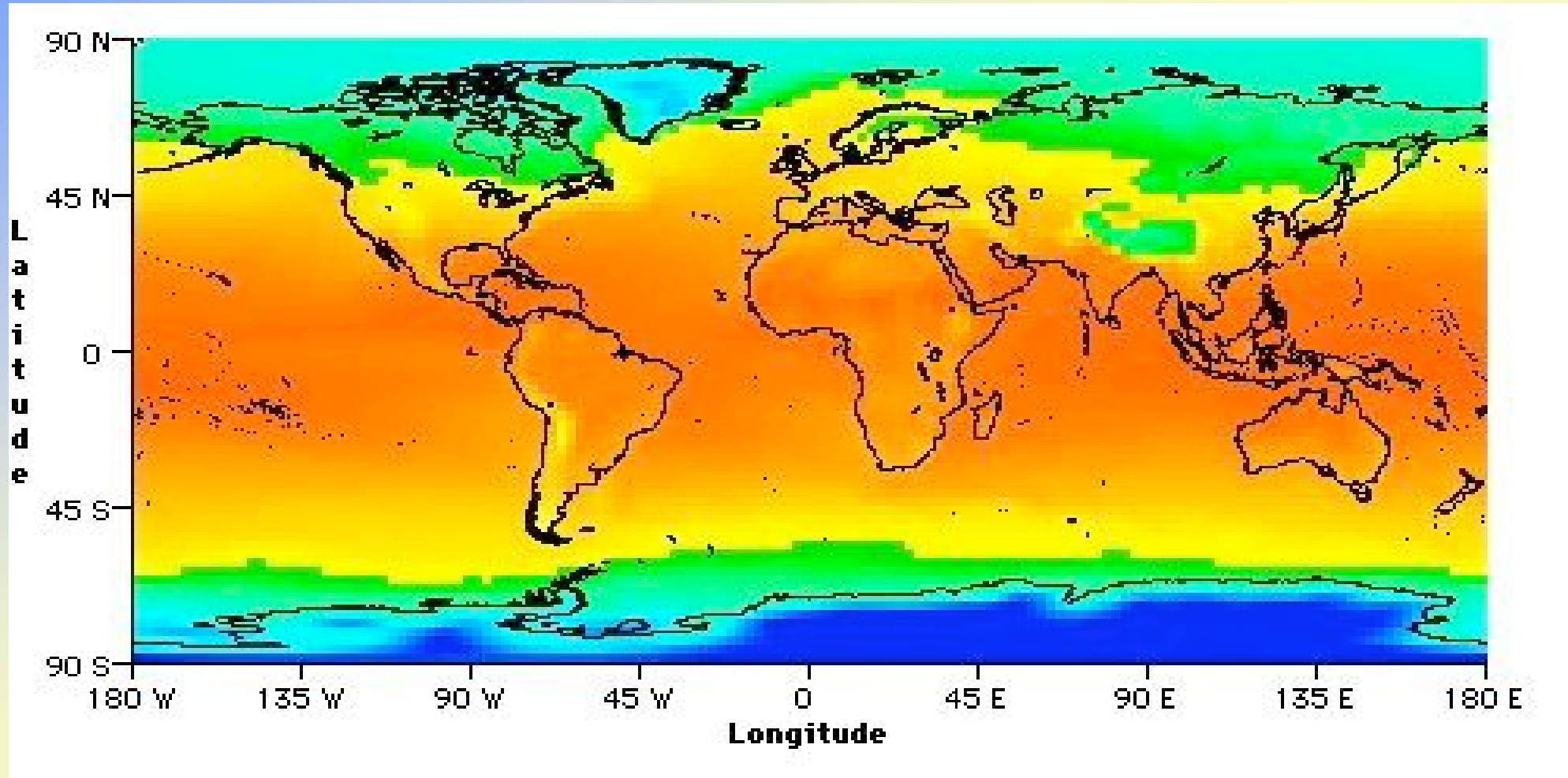
*massa molar*



$$P M = \frac{m}{V} R T$$

*densitat ( $\rho$ )*

# Temperatura global mitjana



kelvins →

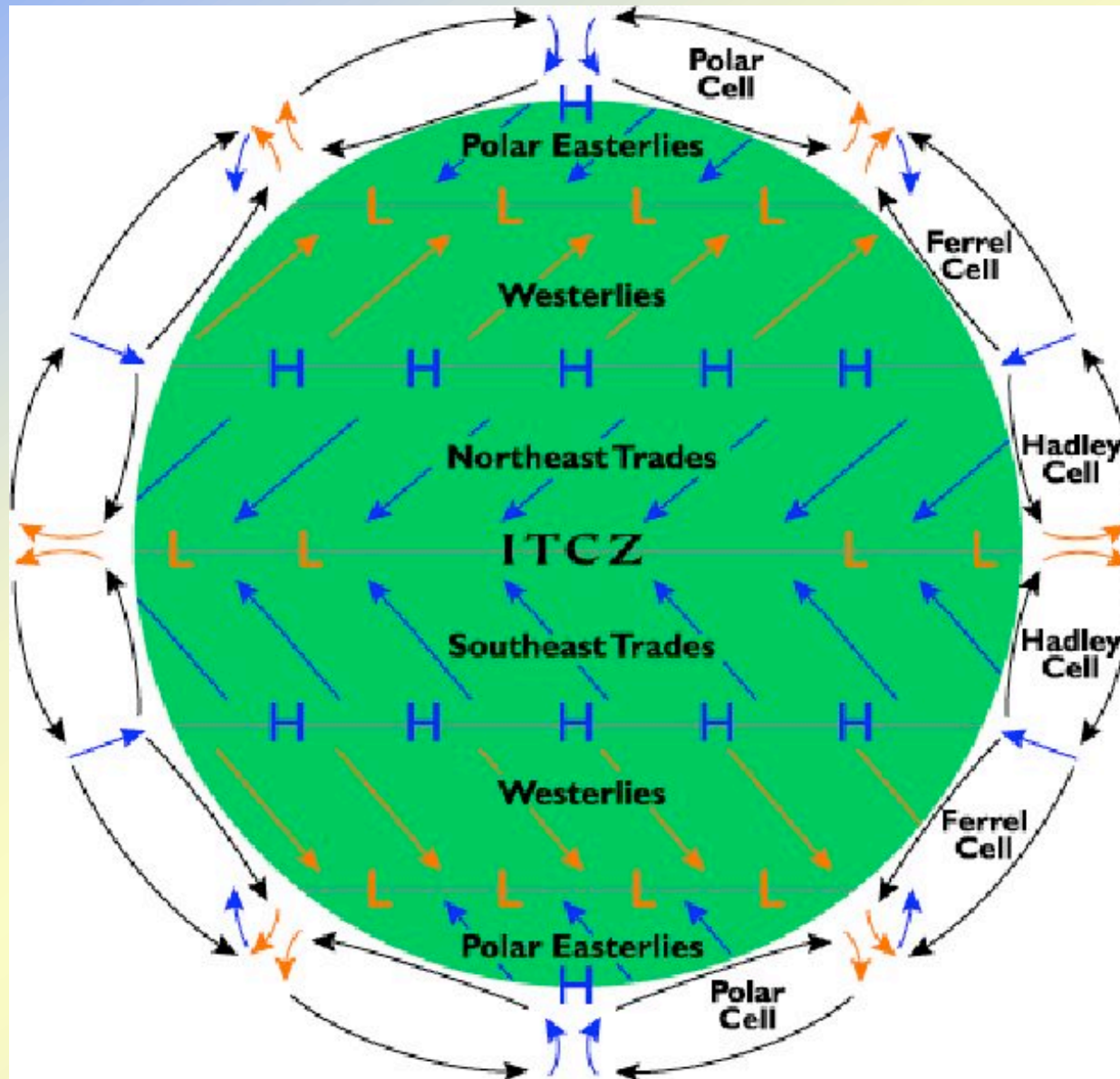
229      251      273      295      318

graus Celsius →

-44      -21      0      +22      +45

$$PM = \rho R T$$

# Règim general de vents





## Exemple

A quina pressió (expressada en bar) haurem de comprimir 1,0 kg de nitrogen perquè càpiguen en una bombona de 10 L a 20 °C?

$$M_N = 14,0067 \text{ g/mol}$$

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

$$P \times 10 \text{ L} = (1000 \text{ g} / 28,0 \text{ g mol}^{-1}) R \times 293,15 \text{ K}$$

$$R = 0,083145 \text{ bar L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$P = 87 \text{ bar}$$

# Problema 1

- Suposem que l'èmbol d'una xeringa buida està ajustat a la marca de  $10 \text{ cm}^3$  i que la pressió ambient és d'1 bar. Si tapem la sortida de la xeringa (sense l'agulla!) amb un dit i premem l'èmbol fins a la marca de  $2 \text{ cm}^3$ , quina pressió agafarà l'aire interior?
- *Solució: 5 bar*

## Problema 2

- Suposem que l'èmbol d'una xeringa buida està ajustat a la marca de  $8,0 \text{ cm}^3$  i que la temperatura ambient és de  $18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Si tapem la sortida de la xeringa amb un dit i l'escalfem amb la mà fins que l'aire interior agafi una temperatura de  $36,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , quin volum ocuparà aquest aire? (suposeu que l'èmbol es mou sense fricció).
- *Solució:*  $8,5 \text{ cm}^3$

## Problema 3

- Suposem que l'èmbol d'una xeringa buida està ajustat a la marca de  $8,0 \text{ cm}^3$ , que la temperatura ambient és de  $18,0 \text{ }^\circ\text{C}$  i que la pressió és de  $1013 \text{ hPa}$ . Si tapem la sortida de la xeringa amb un dit i l'escalfem amb la mà sense deixar que es mogui l'èmbol fins que l'aire interior agafi una temperatura de  $36,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , quina pressió tindrà aquest aire?
- *Solució:*  $1,1 \times 10^2 \text{ hPa}$  (no  $1077 \text{ hPa}$ !)

## Problema 4

- Si punxem una pilota plena d'heli a 20 °C i 1020 hPa amb una xeringa de 10 cm<sup>3</sup> i l'omplim d'heli, quina massa d'heli haurà entrat a la xeringa? (Suposeu que la pressió dins la pilota es manté pràcticament constant.)

$$M_{\text{He}} = 4,003 \text{ g/mol}$$

- *Solució:* 1,7 mg



## Problema 5

- El manòmetre d'una bombona de HCl gasós marca una pressió de 1850 hPa. Si la temperatura del gas és de 20 °C, quina serà la seva densitat?

$$M_{\text{H}} = 1,008 \text{ g/mol}, M_{\text{Cl}} = 35,453 \text{ g/mol}$$

- *Solució:* 2,77 g/l (SI: kg/m<sup>3</sup>)

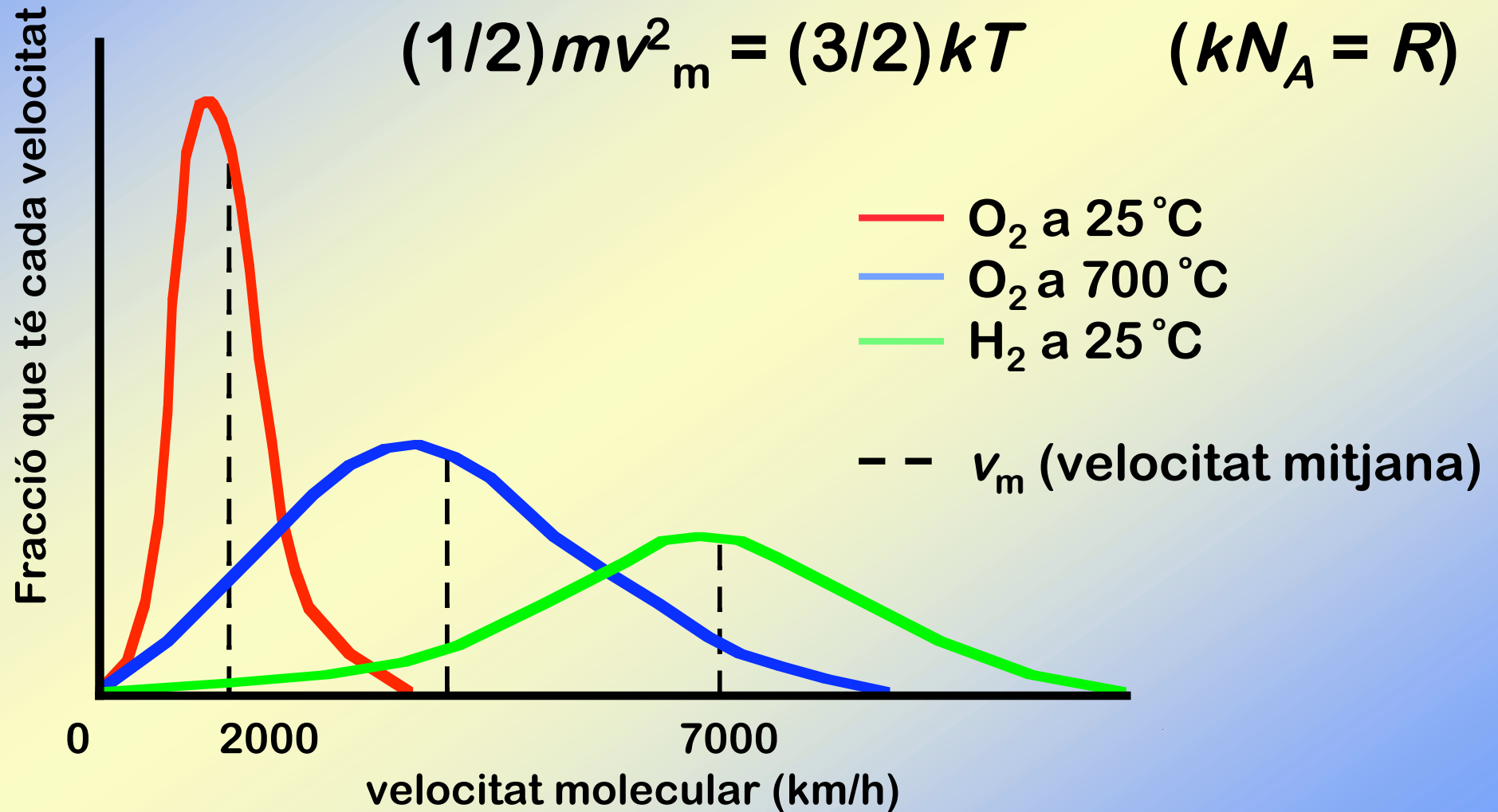
# Teoria cineticomolecular

Es basa en un model dels gasos a escala atòmica:

- Els gasos consisteixen en àtoms o molècules molt petites en relació amb la distància que les separa (a 0 °C i 1 atm el volum per molècula de O<sub>2</sub> és unes 2500 vegades el volum d'una molècula).
- El nombre de partícules és molt elevat ( $2 \times 10^{19}$  per cm<sup>3</sup> a 25 °C i 1 atm).
- Les molècules de gasos es mouen a molta velocitat (les de H<sub>2</sub> ho fan a  $\approx 7000$  km/h a 25 °C).
- Les molècules xoquen elàsticament entre elles i contra les parets del recipient molt sovint (per al O<sub>2</sub> a 25 °C i 1 atm  $\approx 3 \times 10^{23}$  xocs cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

# Teoria cineticomolecular

$$\left(\frac{1}{2}\right)mv_m^2 = \left(\frac{3}{2}\right)kT \quad (kN_A = R)$$



# Mescles de gasos

En una mescla gasosa que conté  $n_A$  mols d'un gas A,  $n_B$  mols d'un gas B,  $n_C$  mols d'un gas C,... a una pressió (total)  $P$ , es defineix la *pressió parcial* d'un dels gasos, per exemple del gas A, com

$$p_A \equiv P \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C + \dots} = P x_A$$

$$p_A + p_B + p_C + \dots = P (x_A + x_B + x_C + \dots) = P$$

És a dir, la pressió total  $P$  d'una mescla de gasos és la suma de les pressions parcials de cada gas.

## Problema 6

- Els components principals de l'atmosfera de Mart són  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  i Ar en proporcions molars de 95 %, 3 % i 2 % aproximadament. Quina és la pressió parcial de cadascun d'aquests gasos en un punt on la pressió total és de 7,0 hPa?
- *Solució:* 6,7 hPa; 0,2 hPa i 0,1 hPa.  
(errors relatius diferents!)



## Problema 7

El nitrogen produeix efectes narcòtics si es respira a pressions parcials superiors a unes 3 atm (borratxera del bussejador), tot i que aquest límit varia molt d'unes persones a unes altres.

a) Tenint en compte que l'aire té 78 % de  $N_2$  (proporció molar), quina és la pressió total màxima que tolerarà un submarinista en l'aire comprimit de les bombones?

b) La pressió de l'aire que respira ha de ser semblant a la pressió de l'aigua perquè no pateixin els timpans ni la caixa toràcica. A quina profunditat es podrà baixar amb aire comprimit sense patir efectes narcòtics?

*Solució: a) 4 atm; b) 30 m.*

## Problema 8

A banda del possible efecte narcotizant del nitrogen, la respiració d'aire a pressió elevada té altres inconvenients:

- es dissol massa nitrogen a la sang (descompressió),
- l'augment de la densitat de l'aire dificulta la respiració,
- l'oxigen és tòxic a pressions parcials i temps de respiració elevats.

Per això s'utilitzen, entre d'altres, mescles d'heli i oxigen per baixar a més de 30 m de profunditat (l'heli té poc efecte narcòtic i, com que és més lleuger, es difon més ràpidament que el  $N_2$  i es respira més fàcilment).

Quina és la relació entre les densitats de l'heli i del nitrogen en iguals condicions de  $P$  i  $T$ ?

*Solució:*  $\rho_{\text{nitr}} / \rho_{\text{he}} = 7$

# Mescles ideals de gasos ideals

## Llei de Dalton

(vàlida per a mescles de gasos a baixa pressió)

La pressió parcial d'un gas en una mescla és igual a la pressió que tindria el gas si ocupés, tot sol, el volum total de la mescla a la temperatura d'aquesta:

$$p_A V = n_A RT$$

Si sumem aquestes equacions per a cada component de la mescla:

$$PV = (n_A + n_B + n_C + \dots) RT$$

## Exemple

Una bombona de 10 L que conté gas propà a 5,0 bar es connecta amb una altra de 20 L que conté  $N_2$  a 15 bar. Si les dues bombones estan a la mateixa temperatura,

*a)* quina serà la pressió parcial de cada gas després que s'hagin barrejat els continguts de les dues bombones?

*b)* quina serà la pressió total de la mescla?



## Exemple

**Solució:**

a) D'acord amb la llei de Dalton, la pressió parcial del propà en la mescla serà la pressió que tindria si estigués sol en tot el volum:

$$p_{\text{pro}} V = n_{\text{pro}} RT \quad \rightarrow \quad p_{\text{pro}} \times 30 \text{ L} = n_{\text{pro}} RT$$

Com que en la primera bombona el propà estava sol:

$$P_1 V_1 = n_{\text{pro}} RT \quad \rightarrow \quad 5,0 \text{ bar} \times 10 \text{ L} = n_{\text{pro}} RT$$

$$p_{\text{pro}} \times 30 \text{ L} = 5,0 \text{ bar} \times 10 \text{ L} \quad \Rightarrow \quad p_{\text{pro}} = 1,7 \text{ bar}$$

El mateix per al nitrogen:

$$p_{\text{N}_2} \times 30 \text{ L} = 15,0 \text{ bar} \times 20 \text{ L} \quad \Rightarrow \quad p_{\text{N}_2} = 10 \text{ bar}$$

b) Pressió total = suma de les pressions parcials:

$$P = p_{\text{pro}} + p_{\text{N}_2} = 1,7 \text{ bar} + 10 \text{ bar} = 12 \text{ bar}$$



## Problema 9

L'hèlix és una mescla d'heli i oxigen que s'utilitza en ampolles de busseig per a immersions profundes. S'han comprimit 12 L de  $O_2$  i 60 L de He, mesurats a 1,0 atm i 25 °C, dins una ampolla de busseig de 10 L a temperatura constant.

a) Quina serà la pressió total de l'ampolla? Aquesta mescla, fins a quina profunditat permetrà baixar sense que pateixin els tímpanes?

b) Quina serà la pressió parcial de l'oxigen?

*Solució:* a) 7,2 atm; uns 60 m; b) 1,2 atm

## Solució del problema 9

a) Dins l'ampolla:  $PV = (n_{\text{ox}} + n_{\text{He}})RT$ .

Calculem els nombres de mols a partir de les dades dels gasos abans de ficar-los a l'ampolla:

$$1,0 \text{ atm} \times 12 \text{ L} = n_{\text{ox}} \times 0,08206 \times 298,15 \text{ K}; n_{\text{ox}} = 0,490 \text{ mol}$$

$$1,0 \text{ atm} \times 60 \text{ L} = n_{\text{He}} \times 0,08206 \times 298,15 \text{ K}; n_{\text{He}} = 2,452 \text{ mol}$$

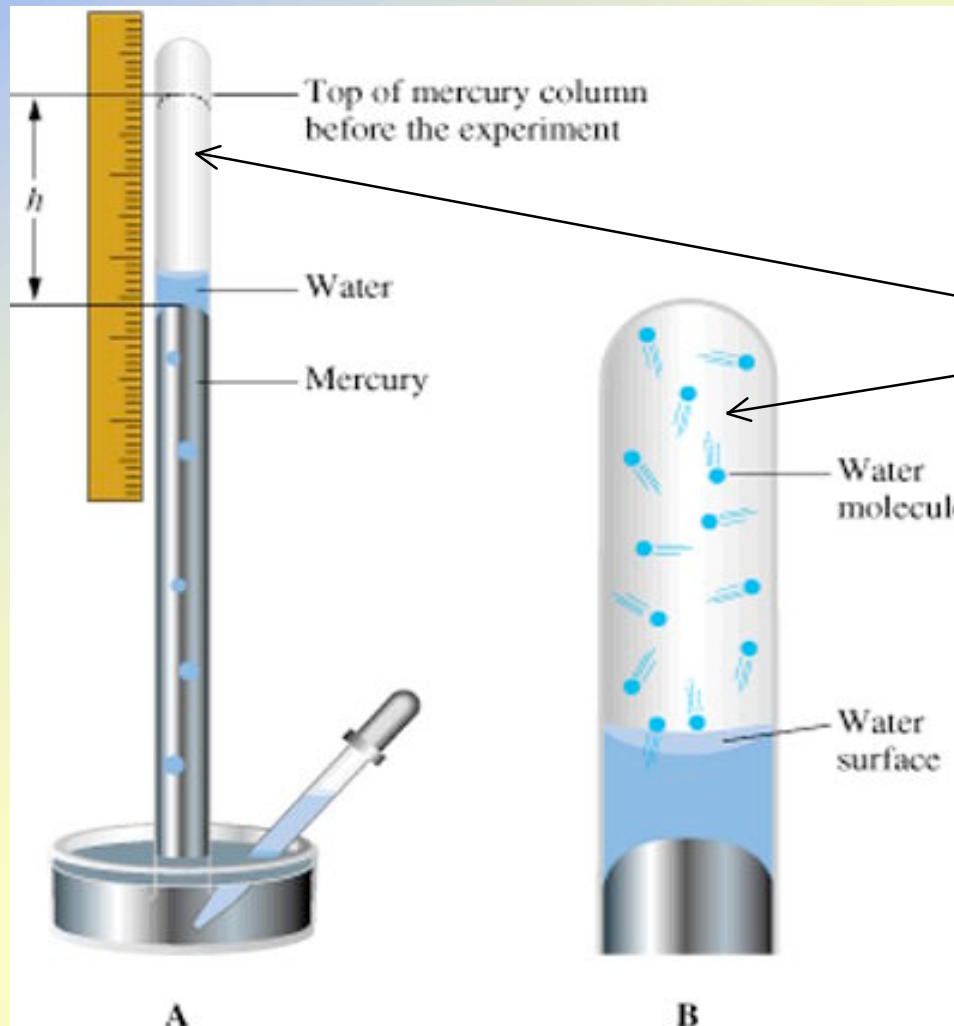
$$P \cdot 10 \text{ L} = (0,490 + 2,452) \text{ mol} \times 0,08206 \times 298,15 \text{ K}$$

$$P = 7,2 \text{ atm (fins a uns 60 m)}$$

b) Pressió parcial de l'oxigen dins l'ampolla:

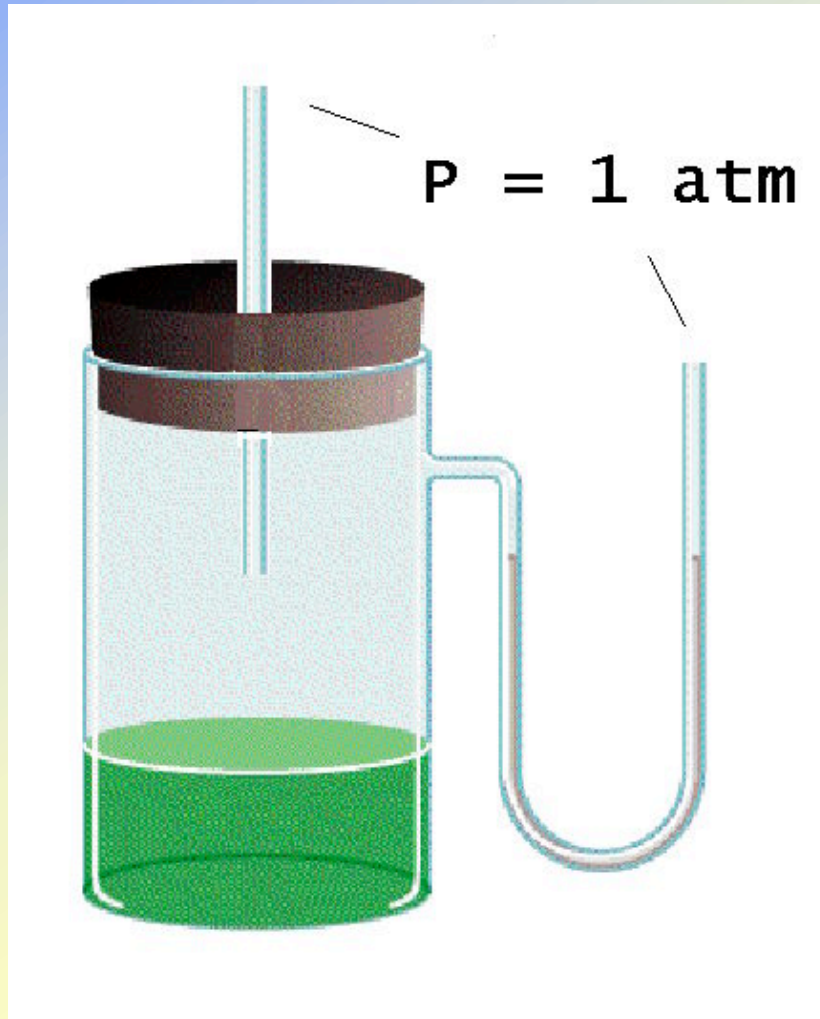
$p_{\text{ox}} = P x_{\text{ox}} = 7,2 \text{ atm} \times (0,490/2,942) = 1,2 \text{ atm}$  (es pot respirar unes 3,5 h sense problemes de toxicitat)

# Pressió de vapor (aigua pura)

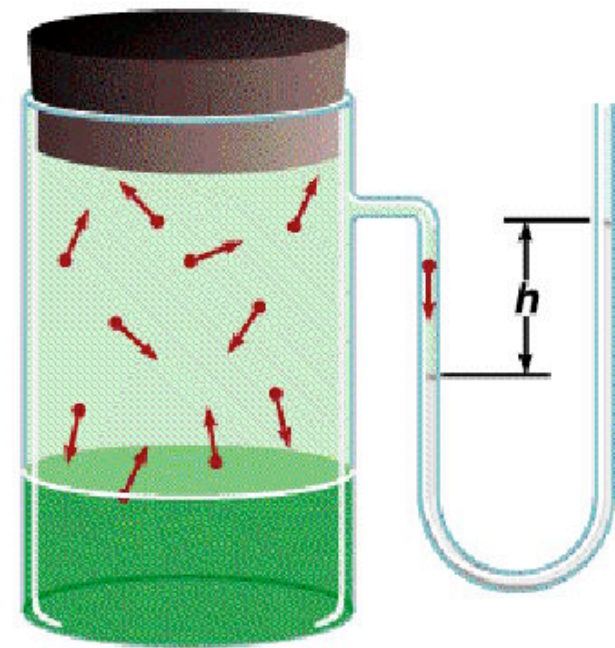


$$PV = nRT$$

# Pressió de vapor (aigua + aire)

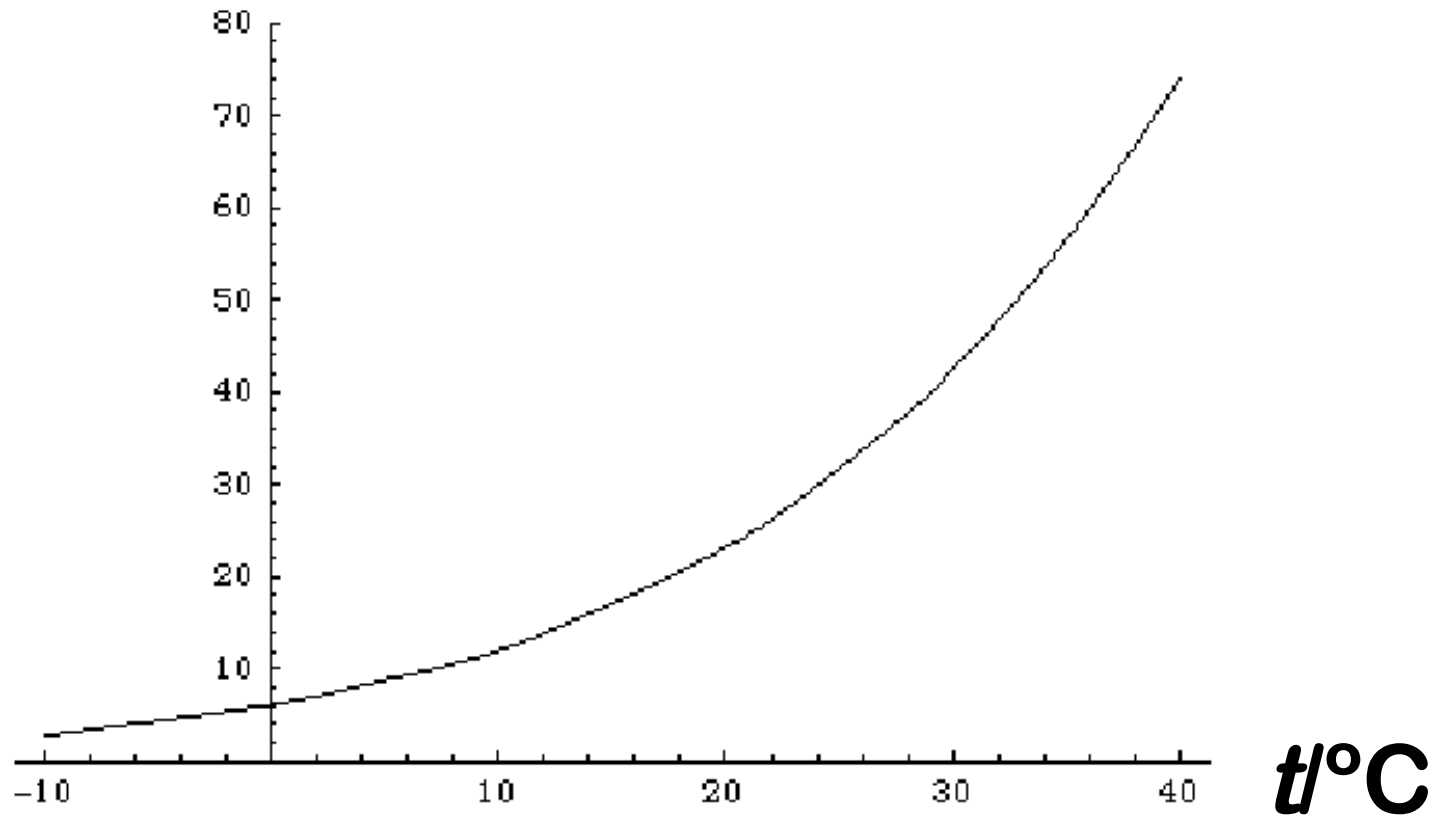


$$p_{\text{aigua}} V = n_{\text{aigua}} RT$$



# Pressió de vapor de l'aigua vs temperatura

$p_{\text{vapor aigua}}/\text{hPa}$





# Humitat relativa

Aire saturat d'aigua (equilibri):

$$p_{\text{aigua}} = p_{\text{vapor aigua}}$$

$$p_{\text{vapor aigua}} V = n_{\text{max aigua}} RT$$

Aire no saturat d'aigua (no equilibri):

$$p_{\text{aigua}} < p_{\text{vapor aigua}}$$

$$p_{\text{aigua}} V = n_{\text{aigua}} RT$$

$$\begin{aligned} \text{humitat relativa} &= 100 \times p_{\text{aigua}} / p_{\text{vapor aigua}} \\ &= 100 \times n_{\text{aigua}} / n_{\text{max aigua}} \\ &< 100 \% \end{aligned}$$

# Humitat relativa

$$\rho_{\text{aigua}} M_{\text{aigua}} = \rho_{\text{aigua vapor}} RT$$

$$\rho_{\text{vapor aigua}} M_{\text{aigua}} = \rho_{\text{max aigua vapor}} RT$$

$$\text{humitat relativa} = 100 \times \rho_{\text{aigua vapor}} / \rho_{\text{max aigua vapor}}$$

## Aire sobresaturat d'aigua:

$$\rho_{\text{aigua}} > \rho_{\text{vapor aigua}}$$

humitat relativa > 100 %

(el vapor d'aigua condensa)

## Problema 10

- La densitat del vapor d'aigua en aire saturat a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  és de  $17,3\text{ g/m}^3$ . Si l'aire d'aquesta habitació està a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  i conté  $10\text{ g/m}^3$  d'aigua, quina serà la humitat relativa?

- *Solució: 58 %*

## Problema 11

- Les pressions de vapor de l'aigua a  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  són, respectivament,  $12,3\text{ hPa}$  i  $25,0\text{ hPa}$ .
- a) Si la humitat relativa dins un cotxe tancat a  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  és del  $60\%$ , quina serà la pressió parcial de l'aigua?
- b) Si els vidres del cotxe es troben a una temperatura de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , s'entelaran les finestres? (tingueu en compte que la làmina d'aire que està en contacte amb les finestres es trobarà pràcticament a  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- *Solució:* a)  $15\text{ hPa}$ ; b) sí.

## Humitat relativa i xafogor

**humitat relativa baixa** ⇒

velocitat d'evaporació alta ⇒

la suor refresca molt

**humitat relativa alta** ⇒

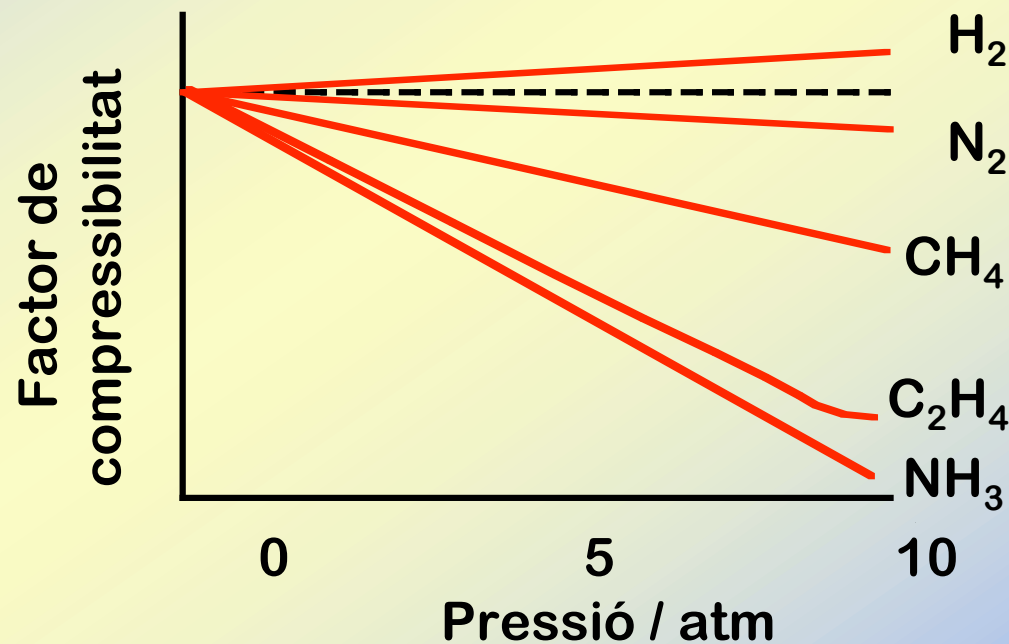
velocitat d'evaporació baixa ⇒

la suor refresca poc i sembla que la temperatura sigui més alta  
(temperatura de xafogor)



# Gasos reals

Podem dibuixar una gràfica del factor de compressibilitat ( $PV/nRT$ ) dels diferents gasos. Si el gas és ideal, hauria de donar un valor d'1 per a pressió i temperatura qualssevol.



# Gasos reals

A pressions altes els gasos es desvien fortament del comportament ideal.

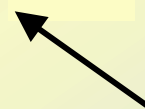
## Per què?

- El volum molecular deixa de ser negligible.
- Les forces intermoleculares adquireixen un paper rellevant. L'energia de les molècules deixa de ser només cinètica. Els xocs moleculars deixen de ser elàstics (no es conserva l'energia cinètica).

# Equació de Van der Waals

És una modificació de la dels gasos ideals que té en consideració les forces d'atracció intermoleculars i el volum molecular.

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



volum mesurat més gran que el disponible

pressió mesurada més petita que la ideal a causa de les forces d'atracció intermoleculars

# Constants de Van der Waals

<b>Gas</b>	<b><i>a</i> / L<sup>2</sup> atm mol<sup>-2</sup></b>	<b><i>b</i> / L mol<sup>-1</sup></b>
<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>4,170</b>	<b>0,037 07</b>
<b>Ar</b>	<b>1,345</b>	<b>0,032 19</b>
<b>Cl<sub>2</sub></b>	<b>6,493</b>	<b>0,056 22</b>
<b>He</b>	<b>0,034</b>	<b>0,023 70</b>
<b>H<sub>2</sub></b>	<b>0,244</b>	<b>0,026 61</b>
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>1,390</b>	<b>0,039 13</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>5,464</b>	<b>0,030 49</b>
<b>Xe</b>	<b>4,194</b>	<b>0,051 05</b>

## Problema 12

- Una bombona de 25,0 L conté 2 mols de clor gasós a 20 °C. Calculeu la pressió a l'interior de la bombona utilitzant
  - a) la llei dels gasos ideals,
  - b) la llei de Van der Waals.
- *Solució: a) 1,96 atm; b) 1,92 atm*



## Problema 13

- La manxa d'una bicicleta té un volum de  $1131 \text{ cm}^3$  i està plena d'aire a una pressió d' $1,02 \text{ atm}$ . Tanquem la sortida amb el dit i la comprimim fins que el volum d'aire és de  $517 \text{ cm}^3$ .
- Si la temperatura de l'aire no canvia, quina serà la pressió de l'aire dins la manxa?
- *Solució:*  $2,23 \text{ atm}$

## Problema 14

- Un gas està tancat en un vas cilíndric tapat amb un èmbol que llisca sense fregament. Quan l'introduïm en un forn, l'èmbol es desplaça i el gas passa a ocupar un volum 2,56 vegades superior al que ocupava a 100 °C. La pressió dins el forn és la mateixa que a fora.
- Quina temperatura Celsius té el forn?
- *Solució:* 682 °C

## Problema 15

- Un globus aerostàtic s'omple amb heli a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $1,0\text{ atm}$ . Després d'enlairar-se i fer un llarg viatge cap al nord l'heli s'ha refredat fins a una temperatura de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Si el volum no ha canviat, quina serà la pressió dins el globus a aquesta temperatura?
- *Solució:*  $0,87\text{ atm}$

## Problema 16

- Quina massa d'hidrogen es necessita per omplir un globus aerostàtic de 10,00 kL a 1,00 atm i 30 °C?

$$M_{\text{H}} = 1,008 \text{ g/mol}$$

- *Solució:* 810 g

## Problema 17

- Quina densitat té l'hidrogen a una pressió d'1,32 atm i una temperatura de  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  ?

$$M_{\text{H}} = 1,008 \text{ g/mol}$$

- *Solució:* 0,142 g/L

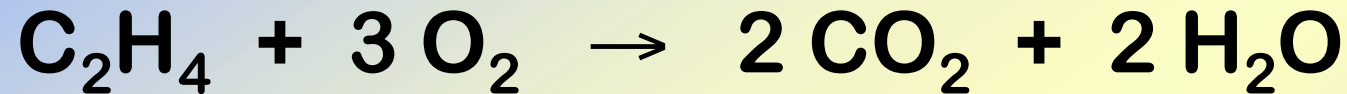


## Problema 18

- Una mostra gasosa d'un compost de fluor i carboni conté 7,94 g de carboni i 37,66 g de fluor i ocupa 7,40 L a 0 °C i 1,00 atm.
- Determineu la massa molar del compost i la seva fórmula molecular.  
 $M_C = 12,011 \text{ g/mol}$   
 $M_F = 18,998 \text{ g/mol}$
- *Solució:* 138 g/mol,  $C_2F_6$

## Problema 19

- L'etilè crema amb oxigen segons la reacció:



3,51 L d'etilè a 25 °C i 4,63 atm reaccionen completament amb oxigen. El vapor d'aigua generat es recull a 130 °C i 0,955 atm.

- Quin volum de vapor d'aigua s'haurà recollit?
- *Solució:* 46,0 L

## Problema 20

- La hidrazina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ), un combustible per a coets, es prepara per reacció d'amoniac amb una solució d'hipoclorit sòdic:



- Quin volum d'amoniac gasós a  $10^\circ\text{C}$  i  $3,63 \text{ atm}$  es necessita per produir  $15,0 \text{ kg}$  d'hidrazina?

$$M_{\text{N}} = 14,0067 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{H}} = 1,00794 \text{ g/mol}$$

- *Solució:*  $5,99 \times 10^3 \text{ L}$

## Problema 21

- Un hidrocarbur sòlid es crema amb aire en un recipient tancat i produeix una barreja de gasos que tenen una pressió total de 3,34 atm. L'anàlisi de la mescla dóna un contingut de 0,340 g de vapor d'aigua, 0,792 g de diòxid de carboni, 0,288 g d'oxigen, 3,790 g de nitrogen i cap més gas.
- Calculeu la fracció molar i la pressió parcial del diòxid de carboni en aquesta mescla.

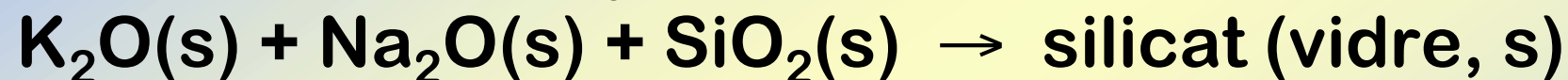
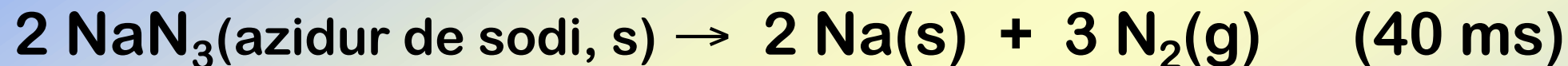
$$M_H = 1,00794 \text{ g/mol}, M_O = 15,99994 \text{ g/mol}$$

$$M_C = 12,0107 \text{ g/mol}, M_N = 14,0067 \text{ g/mol}$$

- *Solució:* 0,0993; 0,332 atm

## Problema 22

- Quan es dispara un coixí de seguretat (*air bag*) es produeixen les reaccions següents:



- Quants litres de nitrogen a 800 Torr i 30 °C es produiran a partir de 132 g de  $\text{NaN}_3$  si les reaccions anteriors són completes?

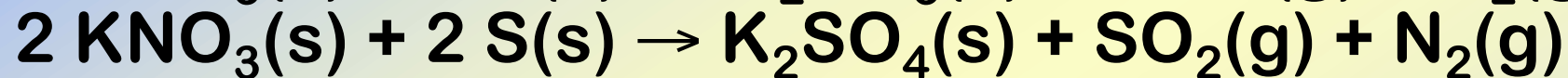
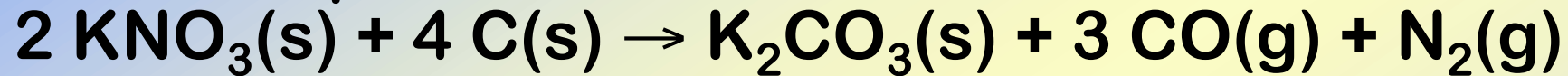
$$M_{\text{N}} = 14,0067 \text{ g/mol}, M_{\text{Na}} = 22,9898 \text{ g/mol}$$

- *Solució:* 76,8 L



## Problema 23

- La pólvora negra és una barreja de nitrat de potassi, carbó i sofre en proporcions molars de 2:2:1. Quan s'escalfa suficientment es produeixen dues reaccions exotèrmiques:



Si cremem una quantitat de pólvora que conté 4,0 mols de  $\text{KNO}_3$ , 4,0 de  $\text{C}$  i 2,0 de  $\text{S}$ , i els gasos produïts agafen una temperatura de  $500^\circ\text{C}$ , quin volum ocuparan a una pressió de 1013 hPa? Quina serà la pressió parcial de cada gas en la mescla produïda?

- **Solució:**  $0,38 \text{ m}^3$ ;  $p(\text{CO}) = 5,1 \times 10^2 \text{ hPa}$ ;  $p(\text{N}_2) = 3,4 \times 10^2 \text{ hPa}$ ;  $p(\text{SO}_2) = 1,7 \times 10^2 \text{ hPa}$ .