

**Lo stato gassoso****Esercizio**

Una certa quantità di gas cloro, alla pressione di 1,5 atm, occupa il volume di 0,58 litri. Calcola il volume occupato dal gas se la pressione viene portata a 2,0 atm e se la temperatura rimane costante.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isoterme perché  $T_1 = T_2$ .

$$P_1 = 1,5 \text{ atm}$$

$$V_1 = 0,58 \text{ litri}$$

$$P_2 = 2,0 \text{ atm}$$

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 * V_1}{P_2} = \frac{1,5 \text{ atm} * 0,58 \text{ litri}}{2,0 \text{ atm}} = 0,435 \text{ litri}$$

Risposta.  $V_2 = 0,435 \text{ litri}$ .

**Esercizio**

Un certo gas occupa, in condizioni normali (c.n.), il volume  $V = 15,0$  litri. Calcola il volume occupato dal gas se la pressione sale a 12 atm e la temperatura non varia.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isoterme perché  $T_1 = T_2$ .

Le condizioni normali (c.n.) presentano  $P = 1,0$  atm e  $T = 273,15$  °K (cioè  $t = 0$  °C).

$$P_1 = 1,0 \text{ atm}$$

$$V_1 = 15,0 \text{ litri}$$

$$P_2 = 12 \text{ atm}$$

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 * V_1}{P_2} = \frac{1,0 \text{ atm} * 15,0 \text{ litri}}{12 \text{ atm}} = 1,250 \text{ litri}$$

Risposta.  $V_2 = 1,250 \text{ litri}$ .

**Esercizio**

Una certa quantità di idrogeno è contenuta in una bombola da 10,0 litri alla pressione di 4,5 atm. Calcola la pressione esercitata dal gas se esso viene trasferito in una bombola da 15,0 litri, operando a temperatura costante.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isoterme perché  $T_1 = T_2$ .

$$P_1 = 4,5 \text{ atm}$$

$$V_1 = 10,0 \text{ litri}$$

$$V_2 = 15,0 \text{ litri}$$

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 * V_1}{V_2} = \frac{4,5 \text{ atm} * 10,0 \text{ litri}}{15,0 \text{ litri}} = 3,0 \text{ atm}$$

Risposta.  $P_2 = 3,00 \text{ atm}$ .

**Esercizio**

Una data massa di ossigeno è contenuta in una bombola da 5,0 litri alla pressione di 2,0

atm. Calcola: a) la pressione esercitata dal gas se esso viene trasferito in una bombola da 8,0 litri; b) quale volume occuperebbe il gas alla pressione di 5 atm. Le trasformazioni avvengono a temperatura costante.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isoterme perché  $T_1 = T_2$ .

$$P_1 = 2,0 \text{ atm}$$

$$V_1 = 5,0 \text{ litri}$$

$$V_2 = 8,0 \text{ litri}$$

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 * V_1}{V_2} = \frac{2,0 \text{ atm} * 5,0 \text{ litri}}{8,0 \text{ litri}} = 1,25 \text{ atm}$$

$$P_1 = 2,0 \text{ atm}$$

$$V_1 = 5,0 \text{ litri}$$

$$P_2 = 5,0 \text{ atm}$$

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 * V_1}{P_2} = \frac{2,0 \text{ atm} * 5,0 \text{ litri}}{5,0 \text{ atm}} = 2,0 \text{ litri}$$

Risposta. a)  $P_2 = 1,25 \text{ atm}$ ; b)  $V_2 = 2,0 \text{ litri}$ .

**Esercizio**

4,00 m<sup>3</sup> di gas butano sono sottoposte alla pressione di 5320 mm Hg. Calcola la pressione del gas se il volume, a temperatura costante, viene portato a 8,00 m<sup>3</sup>. Esprimi la pressione calcolata, in atm, bar, mbar.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isoterme perché  $T_1 = T_2$ .

$$P_1 = 5320 \text{ mm Hg}$$

$$V_1 = 4,00 \text{ litri}$$

$$V_2 = 8,00 \text{ litri}$$

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 * V_1}{V_2} = \frac{5320 \text{ mm Hg} * 4,00 \text{ litri}}{8,00 \text{ litri}} = 2660 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ atm} : 760 \text{ mm Hg} = x \text{ atm} : 2660 \text{ mm Hg}$$

$$x \text{ atm} = \frac{1 \text{ atm} * 2660 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} = 3,50 \text{ atm}$$

$$1 \text{ atm} : 101325 \text{ Pa} = 3,50 \text{ atm} : x \text{ Pa}$$

$$x \text{ Pa} = \frac{101325 \text{ Pa} * 3,50 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 354637,5 \text{ Pa}$$

$$10^5 \text{ Pa} : 1 \text{ bar} = 354637,5 \text{ Pa} : x \text{ bar}$$

$$x \text{ bar} = \frac{1 \text{ bar} * 354637,5 \text{ Pa}}{10^5 \text{ Pa}} = 3,546375 \text{ bar}$$

$$3,546375 \text{ bar} \approx 3546,375 \text{ mbar}$$

Risposta. **3,50 atm; 3,546375 bar; 3546,375 mbar.**

**Esercizio**

Un certo gas che a 30 °C occupa il volume di 200,0 litri, viene riscaldato a 80 °C, man-

## Esercizi – Le leggi dei gas

tenendo costante la pressione. Calcola il volume del gas alla nuova temperatura.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isobare perché  $P_1 = P_2$ .

$$t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 303,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$t_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 353,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

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

$$V_2 = \frac{V_1 * T_2}{T_1} = \frac{200,0 \text{ litri} * 353,15^\circ\text{K}}{303,15^\circ\text{K}} = 232,987 \text{ litri} \approx 233 \text{ litri}$$

Risposta.  $V_2 = 232,987$  litri.

**Esercizio**

Calcola a quale temperatura (in  $^\circ\text{C}$ ) bisogna portare 8,0 litri di ossigeno che si trovano a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  perché il volume raddoppi, mantenendo costante la pressione.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isobare perché  $P_1 = P_2$ .

$$t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 298,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$V_1 = 8,0 \text{ litri}$$

$$V_2 = 2 * V_1 = 16,0 \text{ litri}$$

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

$$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{2 * V_1}$$

$$T_1 = \frac{T_2}{2}$$

$$T_2 = T_1 * 2 = 298,15 * 2 = 596,30^\circ\text{K}$$

$$t_2 = (T_2 - 273,15) \text{ }^\circ\text{C} = (596,30 - 273,15) \text{ }^\circ\text{C} = 323,15 \text{ }^\circ\text{C}$$

Risposta.  $t_2 = 323,15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Esercizio**

Una bombola contiene gas butano alla pressione di 2280 mm Hg e alla temperatura di  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Se la temperatura scende a  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ , qual è la nuova pressione? Esprimi il risultato in atm.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isovolumiche (isometriche o isòcore) perché  $V_1 = V_2$ .

$$P_1 = 2280 \text{ mm Hg}$$

$$t_1 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 291,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$t_2 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 263,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 * T_2}{T_1} = \frac{2280 \text{ mmHg} * 263,15^\circ\text{K}}{291,15^\circ\text{K}} = 2060,732 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ atm} : 760 \text{ mm Hg} = x \text{ atm} : 2060,732 \text{ mm Hg}$$

$$x \text{ atm} = \frac{1 \text{ atm} * 2060,732 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} = 2,711 \text{ atm}$$

Risposta.  $P_2 = 2,711 \text{ atm}$ .

### Esercizio

Calcola a quale temperatura (in °C) bisogna portare un dato volume di idrogeno, che a 10 °C ha una pressione di  $5,0 * 10^5 \text{ Pa}$ , affinché passi a 2,0 atm.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isovolumiche (isometriche o isòcore) perché  $V_1 = V_2$ .

$$t_1 = 10^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 283,15^\circ\text{K}$$

$$P_1 = 5,0 * 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 2,0 \text{ atm}$$

$$1 \text{ atm} : 101325 \text{ Pa} = 2,0 \text{ atm} : x \text{ Pa}$$

$$x \text{ Pa} = \frac{101325 \text{ Pa} * 2,0 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 202650 \text{ Pa}$$

$$\frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2}$$

$$T_2 = \frac{T_1 * P_2}{P_1} = \frac{283,15^\circ\text{K} * 202650 \text{ Pa}}{5 * 10^5 \text{ Pa}} = 110,71^\circ\text{K}$$

$$t_2 = (T_2 - 273,15)^\circ\text{C} = (110,71 - 273,15)^\circ\text{C} = -162,44^\circ\text{C}$$

Risposta.  $t_2 = -162,44^\circ\text{C}$ .

### Esercizio

Calcola la pressione (in atm) che occorre esercitare su una certa massa di gas che, a 70 °C, occupa un volume di  $2,2 * 10^3$  litri ed è sottoposto ad una pressione di  $3,2 * 10^5 \text{ Pa}$ , affinché occupi il volume di 1500 litri, mantenendo costante la temperatura.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isoterme perché  $T_1 = T_2$ .

$$t_1 = 70^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 343,15^\circ\text{K}$$

$$V_1 = 2,2 * 10^3 \text{ litri} = 2200 \text{ litri}$$

$$P_1 = 3,2 * 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_2 = 1500 \text{ litri}$$

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 * V_1}{V_2} = \frac{3,2 * 10^5 \text{ Pa} * 2200 \text{ litri}}{1500 \text{ litri}} = 4,693 * 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} : 101325 \text{ Pa} = x \text{ atm} : (4,693 * 10^3) \text{ Pa}$$

$$x \text{ atm} = \frac{1 \text{ atm} * 4,693 * 10^3 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa}} = 4,632 \text{ atm}$$

Risposta.  $P_2 = 4,632 \text{ atm}$ .

## Esercizi - Le leggi dei gas

**Esercizio**

Calcola il volume di una massa di ossigeno che alla temperatura di  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  occupa il volume  $V = 1,5 \cdot 10^3\text{ mL}$ , se essa viene scaldata fino a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La pressione rimane costante.

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isobare perché  $P_1 = P_2$ .

$$t_1 = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = 253,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$V_1 = 1,5 \cdot 10^3\text{ mL} = 1,5\text{ litri}$$

$$t_2 = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 268,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

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

$$V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{1,5\text{ litri} \cdot 268,15\text{ }^{\circ}\text{K}}{253,15\text{ }^{\circ}\text{K}} = 1,589\text{ litri}$$

Risposta.  $V_2 = 1,589\text{ litri}$ .

**Esercizio**

Una bombola contiene gas metano alla pressione di 3800 torr e alla temperatura di  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Calcola la pressione (in atm, bar, mm Hg) se la temperatura scende a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Risoluzione*

Applichiamo la legge delle isovolumiche (isometriche o isòcore) perché  $V_1 = V_2$ .

$$P_1 = 3800\text{ torr}$$

$$t_1 = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = 298,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$t_2 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 273,15\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{3800\text{ torr} \cdot 273,15\text{ }^{\circ}\text{K}}{298,15\text{ }^{\circ}\text{K}} = 3481,37\text{ torr}$$

$$1\text{ atm} : 760\text{ torr} = x\text{ atm} : 3481,37\text{ torr}$$

$$x\text{ atm} = \frac{1\text{ atm} \cdot 3481,37\text{ torr}}{760\text{ torr}} = 4,581\text{ atm}$$

$$1\text{ atm} : 101325\text{ Pa} = 4,581\text{ atm} : x\text{ Pa}$$

$$x\text{ Pa} = \frac{101325\text{ Pa} \cdot 4,581\text{ atm}}{1\text{ atm}} = 464144,29\text{ Pa}$$

$$10^5\text{ Pa} : 1\text{ bar} = 464144,29\text{ Pa} : x\text{ bar}$$

$$x\text{ bar} = \frac{1\text{ bar} \cdot 464144,29\text{ Pa}}{10^5\text{ Pa}} = 4,641\text{ bar}$$

Risposta. **3481,37 torr o mm Hg; 4,581 atm; 4,641 bar.**

**Esercizio**

18,0 litri di gas alla temperatura di  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  esercitano una pressione di 3,0 atm. Calcola la

pressione (in atm) necessaria affinché il gas occupi un volume di 15,0 litri, alla temperatura di 100 °C.

*Risoluzione*

$$V_1 = 18,0 \text{ litri}$$

$$t_1 = 20 \text{ °C}$$

$$T_1 = 293,15 \text{ °K}$$

$$P_1 = 3,0 \text{ atm}$$

$$V_2 = 15,0 \text{ litri}$$

$$t_2 = 100 \text{ °C}$$

$$T_2 = 373,15 \text{ °K}$$

$$\frac{P_1 * V_1}{T_1} = \frac{P_2 * V_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1 * V_1 * T_2}{T_1 * V_2} = \frac{3,0 \text{ atm} * 18,0 \text{ litri} * 373,15 \text{ °K}}{293,15 \text{ °K} * 15,0 \text{ litri}} = \frac{20150,100}{4397,250} \text{ atm} = 4,582 \text{ atm}$$

Risposta.  $P_2 = 4,582 \text{ atm}$

### Esercizio

55,0 litri di gas butano, alla pressione di 2,5 atm e alla temperatura di 15 °C, vengono riscaldati a 60 °C. Calcola il volume che il gas assume se viene compresso a 6,0 atm.

*Risoluzione*

$$V_1 = 55,0 \text{ litri}$$

$$P_1 = 2,5 \text{ atm}$$

$$t_1 = 15 \text{ °C}$$

$$T_1 = 288,15 \text{ °K}$$

$$P_2 = 6,0 \text{ atm}$$

$$T_2 = 60 \text{ °C}$$

$$T_2 = 333,15 \text{ °K}$$

$$\frac{P_1 * V_1}{T_1} = \frac{P_2 * V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1 * V_1 * T_2}{T_1 * P_2} = \frac{2,5 \text{ atm} * 55,0 \text{ litri} * 333,15 \text{ °K}}{288,15 \text{ °K} * 6,0 \text{ litri}} = \frac{45808,125}{1728,900} \text{ litri} = 26,496 \text{ litri} \approx 26,5 \text{ litri}$$

Risposta.  $V_2 = 26,5 \text{ litri}$ .

### Esercizio

3,5 m<sup>3</sup> di azoto si trovano alla pressione di 2,0 atm e alla temperatura di 65 °C. Calcola la temperatura alla quale, sottoponendo il gas alla pressione di 3,0 atm, esso assume il volume di 4,0 m<sup>3</sup>.

*Risoluzione*

$$V_1 = 3,5 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 2,0 \text{ atm}$$

$$t_1 = 65 \text{ °C}$$

$$T_1 = 338,15 \text{ °K}$$

$$V_2 = 4,0 \text{ m}^3$$

$$P_2 = 3,0 \text{ atm}$$

$$\frac{P_1 * V_1}{T_1} = \frac{P_2 * V_2}{T_2}$$

## Esercizi - Le leggi dei gas

$$\frac{T_1}{P_1 \cdot V_1} = \frac{T_2}{P_2 \cdot V_2}$$

$$T_2 = \frac{T_1 \cdot P_2 \cdot V_2}{P_1 \cdot V_1} = \frac{338,15^\circ\text{K} \cdot 3,0 \text{ atm} \cdot 4,0 \text{ m}^3}{2,0 \text{ atm} \cdot 3,5 \text{ m}^3} = \frac{4057,800}{7,0}^\circ\text{K} = 579,69^\circ\text{K}$$

$$t_2 = (T_2 - 273,15)^\circ\text{C} = (579,69 - 273,15)^\circ\text{C} = 306,54^\circ\text{C}$$

Risposta.  $t_2 = 306,54^\circ\text{C}$ .

**Esercizio**

Calcola la pressione esercitata da 1,5 mol di biossido di carbonio  $\text{CO}_2$  contenuto in un recipiente del volume di 55,0 litri a  $150^\circ\text{C}$ .

*Risoluzione*

$$n = 1,5 \text{ moli}$$

$$V = 55,0 \text{ litri}$$

$$t = 150^\circ\text{C}$$

$$T = 423,15^\circ\text{K}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{1,5 \cdot 0,0821 \cdot 423,15}{55,0} = 0,947 \text{ atm}$$

Risposta.  $P = 0,947 \text{ atm}$ .

**Esercizio**

Calcola il volume occupato da 7,50 g di metano,  $\text{CH}_4$  (MM = 16,043) alla pressione di 3039 mbar e alla temperatura di  $25^\circ\text{C}$ .

*Risoluzione*

$$P = 3039 \text{ mbar} \equiv 3,039 \text{ bar}$$

$$t = 25^\circ\text{C}$$

$$T = 298,15^\circ\text{K}$$

$$1 \text{ bar} : 10^5 \text{ Pa} = 3,039 \text{ bar} : x \text{ Pa}$$

$$x \text{ Pa} = \frac{10^5 \text{ Pa} \cdot 3,039 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 303900 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} : 101325 \text{ Pa} = x \text{ atm} : 303900 \text{ Pa}$$

$$x \text{ Pa} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 303900 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa}} = 2,999 \text{ atm} \approx 3,0 \text{ atm}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot V = \frac{g \cdot R \cdot T}{\text{MM}}$$

$$V = \frac{g \cdot R \cdot T}{\text{MM} \cdot P} = \frac{7,50 \cdot 0,0821 \cdot 298,15}{16,043 \cdot 3,0} = \frac{183,586}{48,129} = 3,814 \text{ litri}$$

Risposta.  $V = 3,814 \text{ litri}$ .

**Esercizio**

Una bombola da 5,0 litri contiene 0,2 kg di ossigeno,  $\text{O}_2$  (MM = 32). Calcola la pressione del gas alla temperatura di  $15^\circ\text{C}$ .

*Risoluzione*

$$V = 5,0 \text{ litri}$$

$$0,2 \text{ kg O}_2 \equiv 200 \text{ g O}_2$$

$$t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = 288,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g * R * T}{MM}$$

$$P = \frac{g * R * T}{MM * V} = \frac{200 * 0,0821 * 288,15}{32,0 * 5,0} = \frac{4731,423}{160,0} = 29,571 \text{ atm}$$

Risposta.  $P = 29,571 \text{ atm}$ .

### Esercizio

Calcola a quale temperatura (in  $^\circ\text{C}$ ) 2,00 g di ammoniaca,  $\text{NH}_3$  ( $MM = 17,032$ ) occupano un volume di 500 mL, alla pressione di 2280 mm Hg.

*Risoluzione*

$$g \text{ NH}_3 = 2,00$$

$$V = 500 \text{ mL} \equiv 0,5 \text{ litri}$$

$$P = 2280 \text{ mm Hg} \equiv \frac{2280}{760} \text{ atm}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$T = \frac{P * V}{n * R} = \frac{P * V}{\frac{g}{MM} * R} = \frac{\frac{2280}{760} * 0,5}{\frac{2,00}{17,032} * 0,0821} = \frac{2280 * 0,5 * 17,032}{760 * 2,00 * 0,0821} = \frac{19416,480}{124,792} = 155,59^\circ\text{K}$$

$$t = (T - 273,15) \text{ }^\circ\text{C} = (155,59 - 273,15) \text{ }^\circ\text{C} = -117,56 \text{ }^\circ\text{C}$$

Risposta.  $t = -117,56 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Esercizio

Calcola la massa (g) di idrogeno ( $MM = 2,016$ ) contenuta in una bombola da 10,0 litri se la pressione del gas è di 2,0 atm e la temperatura di  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Risoluzione*

$$V = 10,0 \text{ litri}$$

$$P = 2,0 \text{ atm}$$

$$t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = 293,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$n = \frac{P * V}{R * T}$$

$$\frac{g}{MM} = \frac{P * V}{R * T}$$

$$g_{\text{H}_2} = \frac{P * V * MM}{R * T} = \frac{2,0 * 10,0 * 2,016}{0,0821 * 293,15} = \frac{40,320}{24,068} = 1,675 \text{ g}$$

Risposta. **1,675 g di idrogeno.**

### Esercizio

## Esercizi - Le leggi dei gas

Quante moli di ossigeno  $O_2$  (MM = 32) sono contenute in una bombola da 10,0 litri alla pressione di 4558,5 mbar e alla temperatura di 28 °C.

*Risoluzione*

$$V = 10,0 \text{ litri}$$

$$P = 4558,5 \text{ mbar} \equiv 4,5585 \text{ bar}$$

$$t = 28 \text{ °C}$$

$$T = 301,15 \text{ °K}$$

$$1 \text{ bar} : 10^5 \text{ Pa} = 4,5585 \text{ bar} : x \text{ Pa}$$

$$x \text{ Pa} = \frac{10^5 \text{ Pa} * 4,5585 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 455850 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} : 101325 \text{ Pa} = x \text{ atm} : 455850 \text{ Pa}$$

$$x \text{ Pa} = \frac{1 \text{ atm} * 455850 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa}} = 4,499 \text{ atm} \approx 4,5 \text{ atm}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$n_{O_2} = \frac{P * V}{R * T} = \frac{4,5 * 10,0}{0,0821 * 301,15} = \frac{45,00}{24,724} = 1,820 \text{ moli}$$

Risposta. **n = 1,820 moli di ossigeno.**

**Esercizio**

Calcola quante moli di gas metano,  $CH_4$  (MM = 16,043) e quanti grammi sono contenuti, in c.n., in 200 litri di tale gas.

*Risoluzione*

Le condizioni normali (c.n.) presentano  $P = 1,0 \text{ atm}$  e  $T = 273,15 \text{ °K}$  (cioè  $t = 0 \text{ °C}$ ).

$$P * V = n * R * T$$

$$n_{CH_4} = \frac{P * V}{R * T} = \frac{1,0 * 200}{0,0821 * 273,15} = \frac{200,0}{22,426} = 8,918 \text{ moli}$$

$$g_{CH_4} = n_{CH_4} * MM_{CH_4} = 200 * 16,043 = 143,077 \text{ grammi}$$

Risposta. **8,918 moli; 143,077 grammi.**

**Esercizio**

Una bombola da 15,0 litri contiene cloro  $Cl_2$  (MM = 70,914) alla pressione di 80,0 atm e alla temperatura di 18 °C. Si apre la valvola e si fanno uscire 3,0 kg di gas. Calcola la pressione esercitata ora dal gas, se rimane costante la temperatura.

*Risoluzione*

Si lavora in condizioni isoterme, per cui  $T_1 = T_2$ .

$$V = 15,0 \text{ litri}$$

$$P = 80,0 \text{ atm}$$

$$t = 18 \text{ °C}$$

$$T = 291,15 \text{ °K}$$

$$P_1 * V = n_1 * R * T$$

$$n_1 = \frac{P_1 * V}{R * T}$$

$$\frac{g_1}{MM} = \frac{P_1 * V}{R * T}$$

$$g_1 = \frac{P_1 * V * MM}{R * T} = \frac{80,0 * 15,0 * 70,914}{0,0821 * 291,15} = \frac{85096,80}{23,903} = 3560,027 \text{ grammi iniziali di CO}_2$$

Si fanno uscire dalla bombola 3000 g di CO<sub>2</sub>.

Il volume della bombola rimane costante.

Nella bombola rimangono:

$$g_2 = g_1 - 3000 = 3560,027 - 3000 = 560,027 \text{ grammi di CO}_2$$

Si calcola quindi la pressione finale P<sub>2</sub> di questa quantità di gas:

$$P_2 = \frac{g_2 * R * T}{V * MM} = \frac{560,027 * 0,0821 * 291,15}{15,0 * 70,914} = \frac{13386,558}{1063,71} = 12,585 \text{ atm}$$

Risposta. P<sub>2</sub> = **12,585 atm**.

### Esercizio

Calcola la pressione (in Pa) esercitata da 42,0 g di azoto N<sub>2</sub> (MM = 28,016) in un recipiente del volume di 25,0 litri, alla temperatura di - 20 °C.

*Risoluzione*

$$V = 15,0 \text{ litri}$$

$$P = 80,0 \text{ atm}$$

$$t = - 20 \text{ °C}$$

$$T = 253,15 \text{ °K}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P = \frac{g * R * T}{V * MM} = \frac{42,0 * 0,0821 * 253,15}{25,0 * 28,016} = \frac{872,912}{700,40} = 1,246 \text{ atm}$$

$$1 \text{ atm} : 101325 \text{ Pa} = 1,246 \text{ atm} : x \text{ Pa}$$

$$x \text{ atm} = \frac{101325 \text{ Pa} * 1,246 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 126281,826 \text{ Pa}$$

Risposta. P = **126281,826 Pa**.

### Esercizio

Calcola la densità (g/litro) dell'ammoniaca NH<sub>3</sub> (MM = 17,032) alla pressione di 2,5 atm e alla temperatura di 37 °C.

*Risoluzione*

$$t = 37 \text{ °C}$$

$$T = 310,15 \text{ °K}$$

$$P = 2,5 \text{ atm}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g}{MM} * R * T$$

$$\frac{P * MM}{R * T} = \frac{g}{V} = d$$

$$d = \frac{2,5 * 17,032}{0,0821 * 310,15} = \frac{42,580}{25,463} = 1,672 \frac{\text{g}}{\text{litro}}$$

Risposta. d = **1,672 g/litro**.

## Esercizi - Le leggi dei gas

**Esercizio**

Calcola la densità (g/litro) dell'idrogeno (MM = 2,016) alla temperatura di 100 °C e alla pressione di 6080 mm Hg.

*Risoluzione*

$$t = 100 \text{ °C}$$

$$T = 373,15 \text{ °K}$$

$$P = 6080 \text{ mmHg} = \frac{6080}{760} \text{ atm}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g}{MM} * R * T$$

$$\frac{P * MM}{R * T} = \frac{g}{V} = d$$

$$d = \frac{6080 * 2,016}{760 * 0,0821 * 373,15} = \frac{12257,280}{23283,067} = 0,526 \frac{\text{g}}{\text{litro}}$$

Risposta. **d = 0,526 g/litro.**

**Esercizio**

Calcola la pressione (in atm) di una massa di biossido di carbonio, CO<sub>2</sub> (MM = 44,011) con densità d = 2,5 g/litro, alla temperatura di 10 °C.

*Risoluzione*

$$d = \frac{g}{V} = 2,5 \frac{\text{g}}{\text{litro}}$$

$$t = 10 \text{ °C}$$

$$T = 283,15 \text{ °K}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g}{MM} * R * T$$

$$P = \frac{g}{V} * \frac{R * T}{MM}$$

$$P = 2,59 * \frac{0,0821 * 283,15}{44,011} = \frac{58,117}{44,011} = 1,321 \text{ atm}$$

Risposta. **P = 1,321 atm.**

**Esercizio**

Calcola la massa molare di un gas che, alla pressione di 1,5 atm e alla temperatura di 50 °C, ha una densità d = 4,01 g/litro.

*Risoluzione*

$$P = 1,5 \text{ atm}$$

$$d = \frac{g}{V} = 4,01 \frac{\text{g}}{\text{litro}}$$

$$t = 50 \text{ °C}$$

$$T = 323,15 \text{ °K}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P \cdot V = \frac{g}{MM} \cdot R \cdot T$$

$$MM = \frac{g \cdot R \cdot T}{V \cdot P}$$

$$MM = 4,01 \cdot \frac{0,0821 \cdot 323,15}{1,5} = \frac{106,388}{1,5} = 70,925 \text{ u.m.a.}$$

Risposta.  $MM = 70,925 \text{ g/mol}$ .

### Esercizio

Una miscela gassosa, che ha una pressione di 40,0 atm, ha la seguente composizione in volume: 35,0 %  $\text{NH}_3$ ; 15,0 %  $\text{O}_2$ ; 50,0 %  $\text{H}_2$ . Calcola la pressione parziale dei tre gas.

*Risoluzione*

$$P_{\text{totale}} : 100\% = P_{\text{gas}} : x\%$$

$$40,0 : 100 = P_{\text{NH}_3} : 35$$

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{40,0 \cdot 35}{100} = 14,0 \text{ atm}$$

$$40,0 : 100 = P_{\text{O}_2} : 15,0$$

$$P_{\text{O}_2} = \frac{40,0 \cdot 15,0}{100} = 6,0 \text{ atm}$$

$$40,0 : 100 = P_{\text{H}_2} : 50,0$$

$$P_{\text{H}_2} = \frac{40,0 \cdot 50,0}{100} = 20,0 \text{ atm}$$

Risposta.  $P_{\text{NH}_3} = 14,0 \text{ atm}$  ;  $P_{\text{O}_2} = 6,0 \text{ atm}$  ;  $P_{\text{H}_2} = 20,0 \text{ atm}$

### Esercizio

In una bombola sono contenuti 40,0 g di solfuro di idrogeno,  $\text{H}_2\text{S}$  ( $MM = 34,082$ ) e 12,0 g di  $\text{H}_2$  ( $MM = 2,016$ ), alla pressione totale di 5,0 atm.

Calcola la pressione parziale del due gas.

*Risoluzione*

$$n_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{g_{\text{H}_2\text{S}}}{MM_{\text{H}_2\text{S}}} = \frac{40,0}{34,082} = 1,17364$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{g_{\text{H}_2}}{MM_{\text{H}_2}} = \frac{12,0}{2,016} = 5,95238$$

$$n_{\text{totali}} = n_{\text{H}_2\text{S}} + n_{\text{H}_2} = 1,17364 + 5,95238 = 7,12602$$

$$X_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{n_{\text{totali}}} = \frac{1,17364}{7,12602} = 0,1647$$

$$X_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{totali}}} = \frac{5,95238}{7,12602} = 0,8353$$

$$P_{\text{H}_2\text{S}} = X_{\text{H}_2\text{S}} \cdot P_{\text{totale}} = 0,1647 \cdot 5,0 = 0,8325 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = X_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{totale}} = 0,8353 \cdot 5,0 = 4,1175 \text{ atm}$$

Risposta.  $P_{\text{H}_2\text{S}} = 0,8325 \text{ atm}$  ;  $P_{\text{H}_2} = 4,1175 \text{ atm}$

## Esercizi - Le leggi dei gas

**Esercizio**

Un contenitore da 20,0 litri contiene a 20 °C una miscela di metano, CH<sub>4</sub> (MM = 16,043) e propano C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> (MM = 44,67) alla pressione di 8 bar. Calcola la pressione parziale (in atm) dei due gas, sapendo che nel contenitore sono presenti 1,60 moli di metano.

*Risoluzione*

$$V_{\text{totale}} = 20 \text{ litri}$$

$$P_{\text{totale}} = 8 \text{ bar} = \frac{8 \cdot 10^5}{101325} \text{ atm} = 7,8954 \text{ atm}$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$n_{\text{totali}} = \frac{P_{\text{totale}} \cdot V_{\text{totale}}}{R \cdot T} = \frac{7,8954 \cdot 20}{0,0821 \cdot 293,15} = 6,6561 \text{ moli}$$

$$X_{\text{CH}_4} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{n_{\text{totali}}} = \frac{1,6}{6,6561} = 0,2439$$

$$P_{\text{CH}_4} = X_{\text{CH}_4} \cdot P_{\text{totale}} = 0,2439 \cdot 7,8954 = 1,9254 \text{ atm}$$

$$P_{\text{C}_3\text{H}_8} = P_{\text{totale}} - P_{\text{CH}_4} = 7,8954 - 1,9254 = 5,970 \text{ atm}$$

**Risposta.**  $P_{\text{CH}_4} = 1,9254 \text{ atm}$ ;  $P_{\text{C}_3\text{H}_8} = 5,970 \text{ atm}$

**Esercizio**

Calcola le pressioni parziali (atm) e la massa (g) di Cl<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> presenti in un recipiente da 20,0 litri, alla temperatura di 30 °C e alla pressione di 815 torr, sapendo che la composizione percentuale della miscela è: 15,0 % Cl<sub>2</sub>; 18,0 % O<sub>2</sub>; 67,0 % N<sub>2</sub>.

*Risoluzione*

$$V = 20,0 \text{ litri}$$

$$t = 30 \text{ °C}$$

$$T = 303,15 \text{ °K}$$

$$P_{\text{totale}} = 815 \text{ torr} = \frac{815}{760} \text{ atm} = 1,072 \text{ atm}$$

$$815:100 = P_{\text{Cl}_2} : 15,0$$

$$P_{\text{Cl}_2} = \frac{815 \cdot 15,0}{100} = 122,250 \text{ torr}$$

$$P_{\text{Cl}_2} = \frac{122,250}{760} \text{ atm} = 0,161 \text{ atm}$$

$$815:100 = P_{\text{O}_2} : 18,0$$

$$P_{\text{O}_2} = \frac{815 \cdot 18,0}{100} = 146,700 \text{ torr}$$

$$P_{\text{O}_2} = \frac{146,700}{760} \text{ atm} = 0,193 \text{ atm}$$

$$815:100 = P_{\text{N}_2} : 67,0$$

$$P_{\text{N}_2} = \frac{815 \cdot 67,0}{100} = 546,050 \text{ torr}$$

$$P_{N_2} = \frac{546,050}{760} \text{ atm} = 0,718 \text{ atm}$$

$$P_{\text{totale}} = P_{Cl_2} + P_{O_2} + P_{N_2} = 0,161 + 0,193 + 0,718 = 1,072 \text{ atm (vedisopra)}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g}{MM} * R * T$$

$$g = \frac{P * V * MM}{R * T}$$

$$g_{Cl_2} = \frac{0,161 * 20,0 * 70,914}{0,0821 * 303,15} = \frac{228,343}{24,889} = 9,174 \text{ g}$$

$$g_{O_2} = \frac{0,193 * 20,0 * 31,999}{0,0821 * 303,15} = \frac{123,516}{24,889} = 4,963 \text{ g}$$

$$g_{N_2} = \frac{0,718 * 20,0 * 28,016}{0,0821 * 303,15} = \frac{402,310}{24,889} = 16,164 \text{ g}$$

**Risposta.**  $P_{Cl_2} = 0,161 \text{ atm}$ ;  $P_{O_2} = 0,193 \text{ atm}$ ;  $P_{N_2} = 0,718 \text{ atm}$ ;  $g_{Cl_2} = 9,174$ ;  $g_{O_2} = 4,963$ ;  $g_{N_2} = 16,164$

### Esercizio

Una bombola da 10,0 litri, contiene 30,0 g di azoto  $N_2$  (MM = 28,016) e 16,0 g di ossigeno  $O_2$  (MM = 32,0), alla temperatura di 37 °C. Calcola le pressioni parziali dei due gas e la pressione totale.

*Risoluzione*

$$t = 37 \text{ °C}$$

$$T = 310,15 \text{ °K}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P = \frac{n * R * T}{V}$$

$$P = \frac{g * R * T}{MM * V}$$

$$P_{N_2} = \frac{30,0 * 0,0821 * 310,15}{28,016 * 10,0} = \frac{30,0}{28,016} * 2,546 = 2,727 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = \frac{16,0 * 0,0821 * 310,15}{32,0 * 10,0} = \frac{16,0}{32,0} * 2,546 = 1,273 \text{ atm}$$

$$P_{\text{totale}} = P_{N_2} + P_{O_2} = 2,727 + 1,273 = 4,000 \text{ atm}$$

**Risposta.**  $P_{N_2} = 2,727 \text{ atm}$ ;  $P_{O_2} = 1,273 \text{ atm}$ ;  $P_{\text{totale}} = 4,000 \text{ atm}$

### Esercizio

Una miscela gassosa ha la seguente composizione percentuale: 45,0 %  $SO_3$  (MM = 80,066); 55,0 %  $O_2$  (MM = 32,0) e una pressione totale di 10 bar. Calcola le pressioni parziali (in atm).

*Risoluzione*

## Esercizi - Le leggi dei gas

$$P_{\text{totale}} = 10 \text{ bar} = \frac{10 \cdot 10^5}{101325} \text{ atm} = 9,869 \text{ atm}$$

$$9,869:100 = P_{\text{SO}_3}:45,0$$

$$P_{\text{SO}_3} = \frac{9,869 \cdot 45,0}{100} = 4,441 \text{ atm}$$

$$9,869:100 = P_{\text{O}_2}:55,0$$

$$P_{\text{O}_2} = \frac{9,869 \cdot 55,0}{100} = 5,428 \text{ atm}$$

verifica del risultato:

$$P_{\text{totale}} = P_{\text{SO}_3} + P_{\text{O}_2} = 4,441 + 5,428 = 9,869 \text{ atm}$$

**Risposta.**  $P_{\text{SO}_3} = 4,441 \text{ atm}$ ;  $P_{\text{O}_2} = 5,428 \text{ atm}$

**Esercizio**

Una miscela di gas, formata da 5,00 g O<sub>2</sub>; 8,00 g N<sub>2</sub> e 0,50 g He (MM = 4,002), esercita una pressione di 12,0 atm a 20 °C.

Calcola: a) il volume occupato dalla miscela di gas; b) la pressione parziale dei tre gas.

*Risoluzione*

Nota: ossigeno ed azoto sono molecole biatomiche, l'elio è un gas nobile monoatomico.

t = 20 °C

T = 293,15 °K

$$n_{\text{O}_2} = \frac{g}{\text{MM}_{\text{O}_2}} = \frac{5,00}{32,0} = 0,1563$$

$$n_{\text{N}_2} = \frac{g}{\text{MM}_{\text{N}_2}} = \frac{8,00}{28,016} = 0,2856$$

$$n_{\text{He}} = \frac{g}{\text{m.at.}_{\text{He}}} = \frac{0,50}{4,002} = 0,1249$$

$$n_{\text{totali}} = n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} + n_{\text{He}} = 0,1563 + 0,2856 + 0,1249 = 0,5668$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,5668 \cdot 0,0821 \cdot 293,15}{12,0} = 1,137 \text{ litri}$$

Calcolo le frazioni molari dei gas che compongono la miscela.

$$X_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{totali}}} = \frac{0,1563}{0,5668} = 0,2758$$

$$X_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2}}{n_{\text{totali}}} = \frac{0,2856}{0,5668} = 0,5039$$

$$X_{\text{He}} = \frac{n_{\text{He}}}{n_{\text{totali}}} = \frac{0,1249}{0,5668} = 0,2203$$

verifica del risultato:

$$X_{\text{totale}} = X_{\text{O}_2} + X_{\text{N}_2} + X_{\text{He}} = 0,2758 + 0,5039 + 0,2203 = 1,0000$$

$$P_{\text{O}_2} = X_{\text{O}_2} \cdot P_{\text{totale}} = 0,2758 \cdot 12,0 = 3,31 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} = X_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{totale}} = 0,5039 \cdot 12,0 = 6,05 \text{ atm}$$

$$P_{\text{He}} = X_{\text{He}} * P_{\text{totale}} = 0,2204 * 12,0 = 2,64 \text{ atm}$$

verifica del risultato:

$$P_{\text{totale}} = P_{\text{O}_2} + P_{\text{N}_2} + P_{\text{He}} = 3,31 + 6,05 + 2,64 = 12,00 \text{ atm}$$

**Risposta.**  $P_{\text{O}_2} = 3,31 \text{ atm}$  ;  $P_{\text{N}_2} = 6,05 \text{ atm}$  ;  $P_{\text{He}} = 2,64 \text{ atm}$

### Esercizio

Una miscela gassosa ha la seguente composizione percentuale (in volumi): 10% di  $\text{CO}_2$ , 40% di  $\text{N}_2$ , 28% di  $\text{O}_2$  e 22% di  $\text{CO}$ .

Calcolare: la massa molecolare media, la composizione percentuale in peso e la densità media della miscela gassosa in condizioni normali di temperatura e pressione.

*Risoluzione*

Nota: le masse molecolari dei singoli gas componenti sono arrotondate.

Si ha a disposizione la seguente tabella:

composto	%	MM
$\text{CO}_2$	10	44
$\text{N}_2$	40	28
$\text{O}_2$	28	32
$\text{CO}$	22	28

$$\text{MM}:100 = \text{g}:\%$$

$$g = \frac{\text{MM} * \%}{100}$$

$$g_{\text{CO}_2} = \frac{\text{MM}_{\text{CO}_2} * \%_{\text{CO}_2}}{100} = \frac{44 * 10}{100} = 4,4 \text{ grammi}$$

$$g_{\text{N}_2} = \frac{\text{MM}_{\text{N}_2} * \%_{\text{N}_2}}{100} = \frac{28 * 40}{100} = 11,2 \text{ grammi}$$

$$g_{\text{O}_2} = \frac{\text{MM}_{\text{O}_2} * \%_{\text{O}_2}}{100} = \frac{32 * 28}{100} = 8,96 \text{ grammi}$$

$$g_{\text{CO}} = \frac{\text{MM}_{\text{CO}} * \%_{\text{CO}}}{100} = \frac{28 * 22}{100} = 6,16 \text{ grammi}$$

$$\bar{g} = g_{\text{CO}_2} + g_{\text{N}_2} + g_{\text{O}_2} + g_{\text{CO}} = 4,4 + 11,2 + 8,96 + 6,16 = 30,72$$

Nota:  $\bar{\text{MM}} = 30,72 \text{ u.m.a.}$  è la massa molecolare media della miscela gassosa.

Calcolo della composizione % p/p dei componenti della miscela gassosa:

$$30,72 : 100 = 4,4 : x$$

$$x = \frac{100 * 4,4}{30,72} = 14,323\% \text{ di } \text{CO}_2$$

$$30,72 : 100 = 11,2 : y$$

$$y = \frac{100 * 11,2}{30,72} = 36,458\% \text{ di } \text{N}_2$$

$$30,72 : 100 = 8,96 : z$$

$$z = \frac{100 * 8,96}{30,72} = 29,167\% \text{ di } \text{O}_2$$

$$30,72 : 100 = 6,16 : w$$

## Esercizi - Le leggi dei gas

$$x = \frac{100 * 6,16}{30,72} = 20,052\% \text{ di CO}_2$$

verifica del risultato:

$$14,323\% + 36,458\% + 29,167\% + 20,052\% = 100,000\%$$

Calcolo della densità media della miscela gassosa in c.n. ( $P = 1 \text{ atm}$  e  $T = 273,15 \text{ °K}$ ).

$$P * V = n * R * T$$

$$P = \frac{n * R * T}{V}$$

$$P = \frac{\bar{g}}{MM} * \frac{R * T}{V}$$

$$P = \frac{\bar{g}}{V} * \frac{R * T}{MM}$$

$$P = \bar{d} * \frac{R * T}{MM}$$

$$\bar{d} = \frac{P * MM}{R * T} = \frac{1,00 * 30,72}{0,0821 * 273,15} = \frac{30,72}{22,426} = 1,370 \frac{\text{g}}{\text{litro}}$$

**Risposta.**  $MM = 30,72 \text{ u.m.a.}$ ; 14,323% di  $\text{CO}_2$ ; 36,458% di  $\text{N}_2$ ; 29,167% di  $\text{O}_2$ ;

20,052% di  $\text{CO}$ ;  $\bar{d} = 1,370 \frac{\text{g}}{\text{litro}}$

**Esercizio**

Un miscuglio gassoso contiene  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{vapore})}$ . Si sa che, alla temperatura di  $22 \text{ °C}$ , un volume di  $1158,7 \text{ mL}$  di esso ha  $P_{\text{CO}_2} = 730 \text{ torr}$  e  $P_{\text{H}_2\text{O}_{(\text{vapore})}} = 19,8 \text{ torr}$ .

Determinare: a) i volumi parziali di  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{vapore})}$ ; b) le quantità in grammi di  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{vapore})}$ .

*Risoluzione*

$$t = 22 \text{ °C}$$

$$T = 295,15 \text{ °K}$$

$$P_{\text{CO}_2} = 730 \text{ torr} = 730 \text{ mm Hg} = \frac{730}{760} \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}_{(\text{v})}} = 19,8 \text{ torr} = 19,8 \text{ mm Hg} = \frac{19,8}{760} \text{ atm}$$

$$P_{\text{totale}} = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}_{(\text{v})}}$$

$$P_{\text{totale}} = 730 + 19,8 = 749,8 \text{ torr}$$

Calcolo dei volumi parziali dei gas componenti

Nelle formule usiamo l'indice 1 per il vapore acqueo e l'indice 2 per l'anidride carbonica.

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

$$P_1 : P_2 = V_2 : V_1$$

Applico la proprietà del comporre per le proporzioni:

$$(P_1 + P_2) : P_1 = (V_2 + V_1) : V_2$$

$$749,8 : 730 = 1158,7 : V_2$$

$$V_2 = \frac{P_{\text{CO}_2} * V_{\text{totale}}}{P_{\text{totale}}} = \frac{730 * 1158,7}{749,8} = 1128,102 \text{ mL di CO}_2$$

$$V_1 = V_{\text{totale}} - V_2 = 1158,7 - 1128,102 = 30,598 \text{ mL di H}_2\text{O}_{(\text{vapore})}$$

Calcolo le quantità in grammi dei gas componenti

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g * R * T}{MM}$$

$$g_{\text{CO}_2} = \frac{P * V * MM}{R * T} = \frac{730 * 1,1587 * 44}{760 * 0,0821 * 295,15} = 2,209 \text{ grammi di anidride carbonica}$$

$$g_{\text{H}_2\text{O}_{(\text{v})}} = \frac{P * V * MM}{R * T} = \frac{19,8 * 1,1587 * 18,016}{760 * 0,0821 * 295,15} = 0,022 \text{ grammi di vapore acqueo}$$

**Risposta.**  $g_{\text{CO}_2} = 2,209$ ;  $g_{\text{H}_2\text{O}_{(\text{v})}} = 0,022$

### Esercizio

Un miscuglio gassoso si trova alla temperatura  $t = 500 \text{ }^\circ\text{C}$  e alla pressione  $P_{\text{totale}} = 600 \text{ atm}$ . Contiene il 48,6 % in peso di  $\text{N}_2$  ed il resto è costituito da  $\text{NH}_3$  e  $\text{H}_2$ .

Sapendo che la densità media del miscuglio è di 195,3 g/litro trovare: la massa molecolare media del miscuglio gassoso, le percentuali in volume dei singoli componenti e le pressioni parziali dell'ammoniaca e dell'idrogeno.

*Risoluzione*

$$t = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = 773,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

Si ha la seguente tabella:

composto	% in peso
$\text{N}_2$	48,6%
$\text{NH}_3$	x%
$\text{H}_2$	y%

da cui si ricava:

$$x\% + y\% = 100,0\% - 48,6\% = 51,4\%$$

$$x\% + y\% = 51,4\%$$

$$x + y = (51,4/100) = 0,514$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g}{MM} * R * T$$

$$P = \frac{g}{MM} * \frac{R * T}{V}$$

$$P = \frac{g}{V} * \frac{R * T}{MM}$$

$$P = d * \frac{R * T}{MM}$$

$$\overline{MM} = \frac{\overline{d} * R * T}{P} = \frac{195,3 * 0,0821 * 773,15}{600} = 20,662 \text{ u.m.a.}$$

## Esercizi - Le leggi dei gas

Calcolo i grammi di  $N_2$  presenti:

$$48,6 : 100 = g N_2 : 28$$

$$g_{N_2} = \frac{48,6 * 28}{100} = 13,608 \text{ grammi}$$

Calcolo i (g  $NH_3$  + g  $H_2$ ) presenti:

$$(g NH_3 + g H_2) = 20,662 - 13,6908 = 7,054$$

$$x\% : 100 = g NH_3 : 17,024$$

$$g_{NH_3} = \frac{x\% * 17,024}{100}$$

$$y\% : 100 = g H_2 : 2,016$$

$$g_{H_2} = \frac{y\% * 2,016}{100}$$

$$\frac{x\% * 17,024}{100} + \frac{y\% * 2,016}{100} = 7,054$$

$$x\% * 17,024 + y\% * 2,016 = 705,4$$

Ricordando che:  $x\% + y\% = 51,4\%$ , si ricava  $x\% = 51,4 - y\%$ .

Sostituendo opportunamente, si ottiene:

$$(51,4 - y\%) * 17,024 + y\% * 2,016 = 705,4$$

$$875,03 - y\% * 17,024 + y\% * 2,016 = 705,4$$

$$875,03 - 705,4 = y\% * (17,024 - 2,016)$$

$$169,634 = y\% * 15,008$$

$$y\% = \frac{169,634}{15,008} = 11,30$$

La  $y\%$  di  $H_2$  è 11,30.

La  $x\%$  di  $N_2$  sarà:  $x\% = 100 - 11,30 = 40,10$

$$P_{\text{gas}} = \%_{\text{gas}} * P_{\text{totale}}$$

$$P_{N_2} = \%_{N_2} * P_{\text{totale}} = \frac{40,1 * 600}{100} = 240,60 \text{ atm}$$

$$P_{H_2} = \%_{H_2} * P_{\text{totale}} = \frac{11,3 * 600}{100} = 67,80 \text{ atm}$$

**Risposta.**  $\overline{MM} = 20,662$ ;  $\%H_2 = 11,30$ ;  $\%N_2 = 40,10$ ;  $P_{N_2} = 240,60 \text{ atm}$ ;

$$P_{H_2} = 67,80 \text{ atm}$$

**Esercizio**

Un miscuglio gassoso è formato da  $N_2$  per il 41,5%, da una certa quantità di  $SO_3$  che esercita una pressione parziale di 1,63 atm e da ulteriori quantità di  $O_2$  ed  $SO_2$ .

Sapendo che alla temperatura  $t = 450 \text{ }^\circ\text{C}$  si ha una pressione totale del miscuglio di 3,2 atm e che la densità media del miscuglio è  $d = 2,9949 \text{ g/litro}$ , si chiede di determinare: la massa molecolare media del miscuglio gassoso, le percentuali in volume di  $SO_2$  e di  $O_2$  e le loro pressioni parziali.

*Risoluzione*

$$t = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T = 773,15 \text{ }^\circ\text{K}$$

Per facilitare i ragionamenti sui calcoli delle percentuali dei volumi dei gas componenti,

si immagini di avere un volume totale  $V_{\text{totale}} = 100$  litri.

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g}{MM} * R * T$$

$$P = \frac{g}{MM} * \frac{R * T}{V}$$

$$P = \frac{g}{V} * \frac{R * T}{MM}$$

$$P = d * \frac{R * T}{MM}$$

$$\overline{MM} = \frac{\overline{d} * R * T}{P} = \frac{2,9949 * 0,0821 * 723,15}{3,2} = 55,5653 \text{ u.m.a.}$$

Definita come  $X_{\text{gas}}$  la frazione molare (o volumica) del gas, si ricava:

$$P_{\text{gas}} = X_{\text{gas}} * P_{\text{totale}}$$

$$X_{\text{gas}} = \frac{P_{\text{gas}}}{P_{\text{totale}}}$$

$$X_{\text{SO}_3} = \frac{P_{\text{SO}_3}}{P_{\text{totale}}} = \frac{1,63}{3,2} = 0,5094$$

Si capisce che, per un  $V_{\text{totale}} = 100$  litri, si ha:  $\%V_{\text{SO}_3} = 50,94\%$

$$V_{\text{N}_2} + V_{\text{SO}_3} = 41,5 + 50,94 = 92,44 \text{ litri}$$

$$V_{\text{O}_2} + V_{\text{SO}_2} = 100,00 - 92,44 = 7,56 \text{ litri}$$

Ragionando in frazioni volumiche:  $X_{\text{O}_2} + X_{\text{SO}_2} = 0,0756$

Calcolo della pressione parziale di  $\text{N}_2$ :

$$P_{\text{N}_2} = X_{\text{N}_2} * P_{\text{totale}} = 0,415 * 3,2 = 1,328 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} + P_{\text{SO}_3} = 1,328 + 1,63 = 2,958 \text{ atm}$$

$$P_{\text{O}_2} + P_{\text{SO}_2} = 3,200 - 2,958 = 0,242 \text{ atm (confrontare questo dato con la verifica finale)}$$

Si utilizza la seguente formula che lega la massa molecolare media del miscuglio gassoso alle singole frazioni molari e alle masse molecolari dei gas componenti:

$$\overline{MM} = MM_A * X_A + MM_B * X_B + MM_C * X_C + MM_D * X_D$$

Sostituendo opportunamente:

$$55,5653 = 28,02 * 0,415 + 80,6 * 0,5094 + 31,999 * X_{\text{O}_2} + 64,0648 * X_{\text{SO}_2}$$

$$55,5653 = 11,6283 + 40,7826 + 31,999 * X_{\text{O}_2} + 64,0648 * X_{\text{SO}_2}$$

$$3,1544 = 31,999 * X_{\text{O}_2} + 64,0648 * X_{\text{SO}_2}$$

Conoscendo la relazione precedente:  $X_{\text{O}_2} + X_{\text{SO}_2} = 0,0756$ , si ha  $X_{\text{SO}_2} = 0,0756 - X_{\text{O}_2}$

Sostituendo opportunamente:

$$3,1544 = 31,999 * X_{\text{O}_2} + 64,0648 * (0,0756 - X_{\text{O}_2})$$

$$3,1544 = 31,999 * X_{\text{O}_2} + 4,8422 - 64,0648 * X_{\text{O}_2}$$

$$31,999 * X_{\text{O}_2} = 1,6889$$

## Esercizi – Le leggi dei gas

$$X_{O_2} = \frac{1,6889}{31,999} = 0,0527 \text{ o, detto altrimenti, } \%V_{O_2} = 5,27\%$$

$$X_{SO_2} = 0,0756 - 0,0527 = 0,0229 \text{ o, detto altrimenti, } \%V_{SO_2} = 2,29\%$$

Calcolo delle pressioni parziali:

$$P_{O_2} = X_{O_2} * P_{totale} = 0,0527 * 3,2 = 0,1686 \text{ atm}$$

$$P_{SO_2} = X_{SO_2} * P_{totale} = 0,0229 * 3,2 = 0,0734 \text{ atm}$$

Verifica del risultato:

$$P_{O_2} + P_{SO_2} = 3,200 - 2,958 = 0,242 \text{ atm}$$

**Risposta.**

$$MM = 55,5653 ; \%V_{O_2} = 5,27\% ; \%V_{SO_2} = 2,29\% ; P_{O_2} = 0,1686 \text{ atm} ; P_{SO_2} = 0,0734 \text{ atm}$$

**Esercizio**

Un volume di 20 mL di  $H_2$  viene raccolto in una provetta graduata, precedentemente riempita d'acqua, ad una temperatura di 25 °C e ad una pressione  $P = 760$  torr.

Calcolare la quantità in grammi di gas  $H_2$  secco, sapendo che la tensione di vapore dell'acqua, a 25 °C, è  $P_{H_2O(vapore)} = 24$  torr.

Determinare inoltre la frazione molare ed il volume parziale di  $H_2$ .

*Risoluzione*

$$t = 25 \text{ °C}$$

$$T = 298,15 \text{ °K}$$

$$P_{totale} = P_{gas\ sec\ co} + P_{H_2O(vapore)}$$

$$P_{totale} = P_{H_2\ sec\ co} + P_{H_2O(vapore)}$$

$$P_{H_2\ sec\ co} = P_{totale} - P_{H_2O(vapore)} = 760 - 24 = 736 \text{ torr}$$

$$P * V = n * R * T$$

$$P * V = \frac{g}{MM} * R * T$$

$$g_{H_2\ sec\ co} = \frac{P * V * MM}{R * T} = \frac{736 * 0,020 * 2,016}{760 * 0,0821 * 298,15} = \frac{29675,520}{18603,367} = 0,0016$$

$$P_{H_2\ sec\ co} = X_{H_2\ sec\ co} * P_{totale}$$

$$X_{H_2\ sec\ co} = \frac{P_{H_2\ sec\ co}}{P_{totale}} = \frac{736}{760} = 0,968$$

$$V_{H_2\ sec\ co} = X_{H_2\ sec\ co} * V_{totale} = 0,968 * 20 = 19,368 \text{ mL}$$

**Risposta.**  $g_{H_2\ sec\ co} = 0,0016 ; X_{H_2\ sec\ co} = 0,968 ; V_{H_2\ sec\ co} = 19,368 \text{ mL}$

**Esercizio**

Una quantità di gas  $N_2$  umido ha un volume di 1418 mL e si trova alla pressione  $P_{totale}$  di 745 torr. Il gas umido è formato da 1,573 g di  $N_2$  secco e da 0,02605 g di  $H_2O(vapore)$ .

Determinare le pressioni parziali e i volumi parziali dei singoli componenti e calcolare la temperatura del miscuglio in °C.

*Risoluzione*

$$n_{N_2} = \frac{g_{N_2}}{MM_{N_2}} = \frac{1,573}{28,02} = 0,0561$$

$$n_{H_2O} = \frac{g_{H_2O}}{MM_{H_2O}} = \frac{0,02605}{18,016} = 0,0014$$

$$n_{N_2} + n_{H_2O} = 0,0561 + 0,0014 = 0,0575$$

Calcolo delle frazioni molari

$$X_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_{totali}} = \frac{0,0561}{0,0575} = 0,9749$$

o, detto altrimenti: 97,49% di  $N_2$  secco

$$X_{H_2O} = 1 - X_{N_2} = 1 - 0,9749 = 0,0251$$

o, detto altrimenti: 2,51% di  $H_2O$  vapore

Calcolo dei volumi parziali

$$V_{N_2 \text{ secco}} = X_{N_2 \text{ secco}} * V_{totale} = 0,9749 * 1418 = 1382,37 \text{ mL}$$

$$V_{H_2O(\text{vapore})} = V_{totale} - V_{N_2 \text{ secco}} = 1418 - 1382,37 = 35,63 \text{ mL}$$

$$P_{N_2 \text{ secco}} = X_{N_2 \text{ secco}} * P_{totale} = 0,9749 * 745 = 726,30 \text{ torr}$$

$$P_{H_2O(\text{vapore})} = P_{totale} - P_{N_2 \text{ secco}} = 745 - 726,30 = 18,70 \text{ torr}$$

Calcolo della temperatura del miscuglio gassoso

$$P * V = n * R * T$$

$$T = \frac{P * V}{n * R} = \frac{745 * 1,418}{760 * 0,0575 * 0,0821} = \frac{1056,41}{3,59} = 294,45 \text{ °K}$$

$$t = (T \text{ °K} - 273,15) \text{ °C} = (294,45 - 273,15) \text{ °C} = 21,30 \text{ °C.}$$

**Risposta.**

$$V_{N_2 \text{ secco}} = 1382,37 \text{ mL} ; V_{H_2O(\text{vapore})} = 35,63 \text{ mL} ; P_{N_2 \text{ secco}} = 726,30 \text{ torr} ; P_{H_2O(\text{vapore})} = 18,70 \text{ torr} ;$$

$$t = 21,30 \text{ °C.}$$