

Molární veličiny

Relativní atomová hmotnost prvku A_r

- číslo, které udává kolikrát je hmotnost prvku větší než hmotnost atomové hmotnostní jednotky
- $A_r(X) = \frac{m_x}{m_u}$
- atomová hmotnostní jednotka je hmotnost dvanáctiny hmotnosti nuklidu ^{12}C ,
 $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Relativní molekulová hmotnost M_r

- číslo, které udává kolikrát je hmotnost molekuly větší než hmotnost atomové hmotnostní jednotky
- $M_r(AB) = \frac{m_{AB}}{m_u}$
- součet relativních atomových hmotností všech atomů v molekule
- př.: $M_r(\text{CaCO}_3) = A_r(\text{Ca}) + A_r(\text{C}) + 3A_r(\text{O})$
 $M_r(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 48$
 $M_r(\text{CaCO}_3) = 100$

Molární hmotnost M

- hmotnost 1 molu látky
- číselně rovná relativní molekulové hmotnosti
- př.: $M(\text{CaCO}_3) = 100 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 10^{-1} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$

Látkové množství n

- základní veličina soustavy SI
- jednotka 1 mol, $[n] = 1 \text{ mol}$
- 1 mol – množství látky, ve kterém je stejný počet elementárních jedinců (atomů, iontů, molekul), kolik je atomů uhlíku ve 12 gramech uhlíku ^{12}C
- výpočet látkového množství:
$$n = \frac{m}{M}, n = \frac{N}{N_A}, n = \frac{V}{V_{Mn}}$$

 $m \dots$ hmotnost, $M \dots$ molární hmotnost, $N \dots$ počet částic, $N_A \dots$ Avogadrova konstanta, $V \dots$ objem, $V_{Mn} \dots$ normální molární objem

Avogadrova konstanta N_A

- udává počet jedinců (atomů, iontů, molekul) v jednom molu látky
- $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Molární objem V_M

- objem 1 molu látky za daných podmínek
- jednotka – $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$, $[V_M] = \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

Normální molární objem V_{Mn}

- objem 1 molu látky za normálních podmínek ($p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $T = 273,15 \text{ K}$)
- pro jeden mol má hodnotu $22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$, resp. $22,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

Hustota ρ

- hmotnost objemové jednotky
- $\rho = \frac{m}{V}$
- $[\rho] = \text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Výpočty molárních veličin

Vypočítejte, jakou hmotnost v gramech představuje $1,51 \cdot 10^{23}$ atomů zlata a určete jakému látkovému množství tato hodnota odpovídá.

$A_r(\text{Au}) = 196,967$.

1 mol zlata má hmotnost 196,967 g a obsahuje $6,023 \cdot 10^{23}$ atomů zlata

$$\begin{array}{r} 6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomů Au} \dots\dots\dots 196,967 \text{ g Au} \\ 1,51 \cdot 10^{23} \text{ atomů Au} \dots\dots\dots x \text{ g Au} \\ \hline x = \frac{196,967 \text{ g} \cdot 1,5 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} \\ x = 49,381 \text{ g} \end{array}$$

Látkové množství zlata je dáno podílem hmotnosti a molární hmotnosti zlata

$$n(\text{Au}) = \frac{49,381 \text{ g}}{196,967 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$
$$n(\text{Au}) = 0,251 \text{ mol}$$

$1,51 \cdot 10^{23}$ atomů zlata odpovídá 0,251 molu Au tj. 49,381 g Au.

Vypočítejte, kolik atomů stříbra obsahuje 1 cm^3 stříbra.

$A_r(\text{Ag}) = 107,87$; $\rho(\text{Ag}) = 10,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Hmotnost stříbra vypočítáme pomocí objemu a hustoty $m = V \cdot \rho$.

$$m(\text{Ag}) = 1 \text{ cm}^3 \cdot 10,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = 10,5 \text{ g}$$

1 mol stříbra tj. 107,87 g Ag obsahuje $6,023 \cdot 10^{23}$ atomů stříbra

$$\begin{array}{r} 107,87 \text{ g Ag} \dots\dots\dots 6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomů Ag} \\ 10,5 \text{ g Ag} \dots\dots\dots x \text{ atomů Ag} \\ \hline x = \frac{10,5 \text{ g Ag} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ atomů Ag}}{107,87 \text{ g Ag}} \\ x = 5,863 \cdot 10^{22} \text{ atomů Ag} \end{array}$$

1 cm^3 Ag obsahuje $5,863 \cdot 10^{22}$ atomů stříbra.

Přírodní dusík je směsí dvou izotopů ${}^{14}_7\text{N}$ a ${}^{15}_7\text{N}$ o relativních atomových hmotnostech $A_r({}^{14}\text{N}) = 14,00307$ a $A_r({}^{15}\text{N}) = 15,00011$. Vypočítejte procentuální zastoupení obou izotopů v přírodním dusíku, víte-li, že relativní atomová hmotnost je 14,0067.

Procentuální zastoupení obou izotopů ve směsi označíme x (${}^{14}\text{N}$) a y (${}^{15}\text{N}$). Jejich součet musí odpovídat 100 %.

$$\begin{aligned}x + y &= 100 \Rightarrow x = 100 - y \\14,00307 \cdot x + 15,00011 \cdot y &= 100 \cdot 14,0067 \\14,00307 \cdot (100 - y) + 15,00011 \cdot y &= 100 \cdot 14,0067 \\1400,307 - 14,00307y + 15,00011y &= 1400,67 \\y &= \frac{0,36300}{0,99704} \% = 0,364\% \\x &= 100\% - 0,364\% \\x &= 99,636\%\end{aligned}$$

Procentuální zastoupení izotopů je 99,636% ${}^{14}_7\text{N}$ a 0,364% ${}^{15}_7\text{N}$.

Hmotnost směsi chloridu a bromidu draselného se převedením na halogenidy stříbrné zvýšila o 78,44%. Kolik procent bromidu draselného bylo ve směsi? $M_r(\text{KCl}) = 74,56$; $M_r(\text{KBr}) = 119,01$; $M_r(\text{AgCl}) = 143,32$; $M_r(\text{AgBr}) = 187,77$

Hmotnost směsi si zvolíme 100 g.

Součet hmotnosti chloridu draselného a bromidu draselného je 100 g.
 $m(\text{KCl}) + m(\text{KBr}) = 100 \text{ g}$

Hmotnost složky vyjádříme pomocí látkového množství složky a molární hmotnosti složky.

$$\begin{aligned}m(\text{KCl}) &= x \text{ molů KCl} \cdot M(\text{KCl}) \\m(\text{KBr}) &= y \text{ molů KBr} \cdot M(\text{KBr})\end{aligned}$$

$$x \cdot M(\text{KCl}) + y \cdot M(\text{KBr}) = 100 \text{ g} \quad (1)$$

Obdobně sestavíme druhou rovnici – počet molů chloridu a bromidu stříbrného musí být roven počtu molů chloridu a bromidu draselného.

$$x \cdot M(\text{AgCl}) + y \cdot M(\text{AgBr}) = 178,44 \text{ g} \quad (2)$$

Do rovnic dosadíme molární hmotnosti v $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$74,56x + 119,01y = 100 \quad (1)$$

$$143,32x + 187,77y = 178,44 \quad (2)$$

Z první rovnice vyjádříme x a dosadíme do druhé.

$$x = 1,3412 - 1,5962 y$$

$$192,22 - 228,76y + 187,77y = 178,44$$

$$y = \frac{13,78}{40,99}$$

$$y = 0,3362$$

$$m(\text{KBr}) = 0,3362 \text{ mol} \cdot 119,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m(\text{KBr}) = 40,01 \text{ g}$$

Směs obsahovala 40,01% bromidu draselného.