2.1.9 Molární veličiny III

Předpoklady: 020108

Opakování z minulé hodiny:
1 mol … $6,02\cdot10^{23}$ částic … $M_r\cdot10^{-3}$ kg … $22,4\cdot10^{-3}$ m^3 (pouze plyn za normálních podmínek)

Pedagogická poznámka: Všechny příklady v hodině spočítat s celou třídou nelze. Je třeba si vybrat, zda úvodní příklady, výpočty z rovnic nebo srovnávací výpočty z konce hodiny.

Př. 1: Kolik atomů je v 1 g zlata?

$A_r(\text{Au})=196,97 \Rightarrow M_m(\text{Au})=196,7\cdot10^{-3}$ kg

Přímá úměrnost:

$6,02\cdot10^{23}$ částic … $196,7\cdot10^{-3}$ kg

x částic … $0,001$ kg

$$\frac{x}{0,001}=\frac{6,02\cdot10^{23}}{196,7\cdot10^{-3}} \Rightarrow x=\frac{6,02\cdot10^{23}}{196,97\cdot10^{-3}}\cdot0,001=3,06\cdot10^{21}$$

V 1 g zlata je $3,06\cdot10^{21}$ atomů.

Př. 2: Kolik molů představuje $5,7\cdot10^{22}$ atomů zlata?

Přímá úměrnost:

$6,02\cdot10^{23}$ částic … 1 mol

$5,7\cdot10^{22}$ částic … x m^3

$$\frac{x}{1}=\frac{5,7\cdot10^{22}}{6,02\cdot10^{23}} \Rightarrow x=1\cdot\frac{5,7\cdot10^{22}}{6,02\cdot10^{23}}\text{ mol}=0,095\text{ mol}$$

$5,7\cdot10^{22}$ atomů zlata představuje látkové množství 0,095 mol.

Př. 3: Kolik molekul oxidu uhličitého má za normálních podmínek objem 1 litr?

Přímá úměrnost:

$6,02\cdot10^{23}$ částic … $22,4\cdot10^{-3}$ m^3

x částic … $1\,l=0,001$ m^3

$$\frac{x}{0,001}=\frac{6,02\cdot10^{23}}{22,4\cdot10^{-3}} \Rightarrow x=\frac{6,02\cdot10^{23}}{22,4\cdot10^{-3}}\cdot0,001=2,69\cdot10^{22}\text{ částic}$$

1 litr oxidu uhličitého obsahuje za normálních podmínek $2,69\cdot10^{22}$ částic.

Př. 4: Kolik molů částic tvoří 1 litr rtuti?

Pozor: Nemůžeme použít úměru: 1 mol … $22,4 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}^3$, protože molární objem mají pouze plyny za normálních podmínek, rtuť je kapalná.
Musíme z objemu určit hmotnost a z ní pak vypočítat molární množství.

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = 13\,500 \cdot 0,001\ \mathrm{kg} = 13,5\ \mathrm{kg}$$

Hledáme látkové množství odpovídající dané hmotnosti $\Rightarrow$ využíváme úměru: 1 mol … $M_r \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$.

$$A_r(\mathrm{Hg}) = 200,6 \Rightarrow M_m(\mathrm{Hg}) = 200,6\ \mathrm{g} = 200,6 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$$

Přímá úměrnost:

$6,02 \cdot 10^{23}$ částic … $200,6 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$

x částic … $13,5\ \mathrm{kg}$

$$\frac{x}{13,5} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{200,6 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{200,6 \cdot 10^{-3}} \cdot 13,5 = 4,05 \cdot 10^{25}$$

V 1 litru rtuti je $4,05 \cdot 10^{25}$ atomů.

Pedagogická poznámka: U následujícího příkladu ukazuji první část na tabuli, druhou nechávám studenty začít samostatně, zda si všimnou, jiného poměru molů.

Př. 5: Urči hmotnost oxidu uhličitého, který vznikne úplným spálením 5 kg metanu. Kolik kilogramů vzdušného kyslíku si při této reakci spotřebuje.

Chemická rovnice: $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$.

a) hmotnost oxidu uhličitého

Z rovnice vyplývá: z jednoho molu metanu vznikne jeden mol oxidu uhličitého $\Rightarrow$ nahradíme moly molárními hmotnostmi a máme vztah pro hmotnosti.

$$M_r(CO_2) = A_r(C) + 2 \cdot A_r(O) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \Rightarrow M_m(CO_2) = 44 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$$

$$M_r(CH_4) = A_r(C) + 4 \cdot A_r(H) = 12 + 4 \cdot 1 = 16 \Rightarrow M_m(CH_4) = 16 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$$

1 mol metanu … $16 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$ … 1 mol CO_2 … $44 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$

$5\ \mathrm{kg}$ … $x\ \mathrm{kg}$

$$\frac{x}{5} = \frac{44 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 5 \cdot \frac{44}{16}\ \mathrm{kg} = 14\ \mathrm{kg}$$

b) hmotnost kyslíku

Z rovnice vyplývá: na spálení jednoho molu metanu potřebujeme dva moly molekulárního kyslíku O_2.

$$M_r(O_2) = 2 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 16 = 32 \Rightarrow M_m(O_2) = 32 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$$

1 mol metanu … $16 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$ … 2 moly O_2 … $2 \cdot 32 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg}$

$5\ \mathrm{kg}$ … $x\ \mathrm{kg}$

$$\frac{x}{5} = \frac{2 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{16 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 5 \cdot \frac{64}{16}\ \mathrm{kg} = 20\ \mathrm{kg}$$

Při spálení 5 kg metanu vznikne 14 kg oxidu uhličitého a spotřebuje se 20 kg vzdušného kyslíku.

Př. 6: Jedním z kroků při výrobě kyseliny sírové je oxidace oxidu siřičitého na oxid sírový. Kolik tun oxidu siřičitého budeme potřebovat na výrobu 15 tun oxidu sírového? Kolik při tom spotřebujeme kyslíku?

Chemická rovnice: $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$.

a) hmotnost oxidu uhličitého

Z rovnice vyplývá: ze dvou molů oxidu siřičitého vzniknou dva moly oxidu sírového (vztah můžeme zkrátit na: z jednoho molu oxidu siřičitého vznikne jeden mol oxidu sírového).

$M_r(SO_2) = A_r(S) + 2 \cdot A_r(O) = 32 + 2 \cdot 16 = 64 \Rightarrow M_m(SO_2) = 64 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$

$M_r(SO_3) = A_r(S) + 3 \cdot A_r(O) = 32 + 3 \cdot 16 = 80 \Rightarrow M_m(CH_4) = 80 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$

1 mol SO_2	…	$64 \cdot 10^{-3}$ kg	…	1 mol SO_3	…	$80 \cdot 10^{-3}$ kg
		x tun		…		15 tun

$$\frac{x}{15} = \frac{64 \cdot 10^{-3}}{80 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 15 \cdot \frac{64}{80}\,\text{t} = 12\,\text{t}$$

b) hmotnost kyslíku

Z rovnice vyplývá: na výrobu jednoho molu oxidu sírového potřebujeme jeden mol molekulárního kyslíku O_2.

$M_r(O_2) = 2 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 16 = 32 \Rightarrow M_m(O_2) = 32 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$

2 moly SO_3	…	$2 \cdot 80 \cdot 10^{-3}$ kg	…	1 mol O_2	…	$32 \cdot 10^{-3}$ kg
		15 tun		…		x tun

$$\frac{x}{15} = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 80 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = 15 \cdot \frac{32}{2 \cdot 80}\,\text{t} = 3\,\text{t}$$

Na výrobu 15 tun oxidu sírového potřebujeme 3 tuny kyslíku.

Dodatek: Ze zákona zachování hmotnosti (v rovnici vystupují pouze tři látky, hmotnost dvou z nich známe) je možné určit hmotnost kyslíku prostým odečtením $15 - 12 = 3$. Pokud na to nikdo z žáků neupozorní, je třeba jim to připomenout a probrat, proč jsme stejnou věc nemohli udělat v příkladu 4.

Př. 7: Urči objem třaskavého plynu (směs plynného vodíku a kyslíku), který vznikne elektrolýzou 1,5 kg vody.

Chemická rovnice: $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$.

Přímá úměrnost: ze dvou molů vody vzniknou 3 moly plynu.

$M_r(H_2O) = 2 \cdot A_r(H) + A_r(O) = 2 \cdot 1{,}0 + 16 = 18 \Rightarrow M_m(H_2O) = 18 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$

2 mol vody	…	$2 \cdot 18 \cdot 10^{-3}$ kg	…	3 moly plynu	…	$3 \cdot 22{,}4 \cdot 10^{-3}\,\text{m}^3$
		1,5 kg		…		$x\,\text{m}^3$

$$\frac{x}{1{,}5} = \frac{3 \cdot 22{,}4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow x = \frac{1{,}5 \cdot 3 \cdot 22{,}4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}\,\text{m}^3 = 2{,}8\,\text{m}^3$$

Elektrolýzou 1,5 kg vody vznikne $2{,}8\,\text{m}^3$ třaskavého plynu.

Př. 8: Na stůl ukápla kapka vody o objemu $0{,}1\,\text{ml}$. Za jak dlouho by se kapka vypařila, kdyby se každou sekundu z jejího povrchu uvolnil (a tím se změnil v páru) 1 milión molekul?

$V = 0{,}1\,\text{ml} = 10^{-4}\,\text{l} = 10^{-7}\,\text{m}^3$

Určíme počet molekul, které kapka obsahuje a pak můžeme snadno určit dobu odpařování.

Hmotnost kapky: $m = V \cdot \rho = 1 \cdot 10^{-7} \cdot 1000\,\text{kg} = 10^{-4}\,\text{kg}$.

$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1{,}0 + 16 = 18 \;\Rightarrow\; M_m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$

$6{,}02 \cdot 10^{23}$ částic … $18 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$

x částic … $10^{-4}\,\text{kg}$

$$\frac{x}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = \frac{10^{-4}}{18 \cdot 10^{-3}} \;\Rightarrow\; x = 6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{10^{-4}}{18 \cdot 10^{-3}} = 3{,}3 \cdot 10^{21} \text{ částic}$$

Každou sekundu se odpaří 10^6 částic $\Rightarrow$ odpařování trvá $\dfrac{3{,}3 \cdot 10^{21}}{10^6}\,\text{s} = 3{,}3 \cdot 10^{15}\,\text{s}$.

$3{,}3 \cdot 10^{15}\,\text{s} = 100000000\,\text{let}$

Vypařování kapky o objemu $0{,}1\,\text{ml}$ by trvalo 100 miliard let.

Př. 9: Velmi „účinným“ homeopatickým lékem je natrum muriaticum. Jde o lék připravovaný opakovaným ředěním z mořské soli (NaCl). Tento lék se připravuje takto: 21 dní necháme louhovat matečnou surovinu v roztoku alkoholu. Po přefiltrování roztoku získáme matečnou tinkturu (ta ještě není homeopatickým lékem). Matečnou tinkturu smícháme v poměru 1:99 se 70% roztokem čistého alkoholu. Vzniklý roztok 100x prudce protřepáme (tím dojde k „dynamizaci“ roztoku. Tato část procedury je prý velmi důležitá) a tak získáme homeopatický lék v nejnižším (a tedy nejméně účinném ředění) 1C (centezimální – setinné ředění). Pokud odebereme část získaného roztoku a stejným způsobem ho opět naředíme, získáme lék v ředění 2C (účinnější) a stejným způsobem můžeme postupovat do nekonečna. Účinnost léku stoupá s počtem ředění.

a) Urči počet iontů NaCl ve výsledném léku při ředění C15, pokud byl v matečním roztoku 1l rozpuštěn 1g soli.

b) Kolik litrů 70% roztoku lihu je potřeba k přípravě 1 l výsledného léčivého roztoku.

c) Kolikrát musí být roztok během své přípravy protřepán.

Na základě spočtených údajů vysvětli:

d) Proč se dnes k výrobě homeopatických léků většinou neužívá roztok lihu, ale destilovaná voda.

e) Proč se léky při přípravě neprotřepávají ručně, ale pomocí strojů. A kudy ze stroje do léku proudí duchovní energie (dynamis), která při dynamizaci zvyšuje účinnost léku.

a) Během každého ředění se počet iontů Na a Cl v roztoku zmenší 100x $\Rightarrow$ spočteme si počet iontů v počátečním roztoku a poté budeme dělit.

$M_r(\text{NaCl}) = A_r(\text{Na}) + A_r(\text{Cl}) = 23 + 35 = 58 \;\Rightarrow\; M_m(\text{NaCl}) = 58 \cdot 10^{-3}\,\text{kg}$

Přímá úměrnost:

$6{,}02 \cdot 10^{23}$ částic … $58\,\text{g}$

x částic … $1\,\text{g}$

$$\frac{x}{1} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{58} \Rightarrow x = 1,04 \cdot 10^{22} = 10^{22}$$

počet částic:

po prvním ředění … $\frac{1}{100} \cdot 10^{22}$

po druhém ředění … $\frac{1}{100} \cdot \left(\frac{1}{100} \cdot 10^{22} \right) = \frac{10^{22}}{100^2}$

…

po x-tém ředění … $\frac{10^{22}}{100^x}$

Po 15 ředěních $\frac{10^{22}}{100^{15}} = \frac{10^{22}}{10^{30}} = 10^{-8} \Rightarrow$ v léku C15 je průměrně 10^{-8} iontu Na a stejné množství iontů Cl.

b) Při ředění C15 musíme 15x dolévat 0,99 l 70% alkoholu $\Rightarrow$ na přípravu 1 litru léku potřebujeme 14,85 litru 70 % roztoku alkoholu.

c) Při ředění C15 musíme 15x opakovat 100 protřepání $\Rightarrow$ protřepáváme 1500x.

d) Destilovaná voda je daleko levnější než 70% roztok lihu.

e) Strojové protřepávání je daleko levnější než protřepávání lidskou rukou. Kudy ze stroje proudí do léku duchovní energie (dynamis), bohužel nevíme.

Shrnutí: 1 mol … $6,02 \cdot 10^{23}$ částic … $M_r \cdot 10^{-3}$ kg … $22,4 \cdot 10^{-3}$ m^3 (pouze plyn za normálních podmínek).