

Př. 1: Urči relativní atomovou hmotnost uhlíku ${}^1_6\text{C}$.

m_u je dvanáctinou klidové hmotnosti atomu ${}^{12}_6\text{C} \Rightarrow A_{r,{}^{12}_6\text{C}} = 12$

Př. 2: Jakých hodnot budou dosahovat relativní atomové hmotnosti prvků? Proč?

Hmotnost atomu je v podstatě součtem hmotností jeho nukleonů (elektrony jsou příliš lehké) \Rightarrow relativní atomové hmotnosti prvků by měly být kladná celá čísla (nebo čísla jim blížká), která se rovnají počtu nukleonů v jádře

Př. 3: V tabulkách najdi A_r a s její pomocí vypočti hmotnost atomů u následujících prvků:

a) vodík b) železo c) zlato

a) vodík $A_r = 1,0079 \Rightarrow m_a = A_r \cdot m_u = 1,0079 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,6737 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

b) železo $A_r = 55,847 \Rightarrow m_a = A_r \cdot m_u = 55,847 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 9,3469 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

c) zlato $A_r = 196,97 \Rightarrow m_a = A_r \cdot m_u = 196,97 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 3,2708 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$

Proč je v tabulách u uhlíku uvedeno $A_r = 12,011$? Proč nejsou A_r prvků celá čísla, když hmotnost prvku přibližně odpovídá počtu jeho nukleonů?

- prvky se v přírodě obvykle vyskytují jako směs izotopů (atomy se stejným počtem protonů a různým počtem neutronů) \Rightarrow prvek je tedy tvořen směsí atomů s různou hmotností
- nukleony vázané v jádře mají menší hmotnost než když existují samostatně (hmotnostní úbytek, více si řekneme později)

\Rightarrow v tabulkách jsou udávány střední relativní atomové hmotnosti pro směs izotopů v poměrech obvyklých v přírodě

Pedagogická poznámka: Následující příklad je samozřejmě možné vynechat a tak regulovat časový průběh hodiny.

Př. 4: Dokumentuj oba předchozí efekty na tabulce, která ukazuje izotopové složení jednotlivých prvků.

| prvek | střední relativní atomová hmotnost | izotopové složení |
|--------|------------------------------------|--|
| vodík | 1,0079 | ${}^1_1\text{H}$ - 99,985%, ${}^2_1\text{H}$ - 0,015% |
| uhlík | 12,011 | ${}^{12}_6\text{C}$ - 98,8%, ${}^{13}_6\text{C}$ - 1,1% |
| železo | 55,847 | ${}^{54}_{26}\text{Fe}$ - 5,81%, ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ - 91,64% ${}^{57}_{26}\text{Fe}$ - 2,21%, ${}^{58}_{26}\text{Fe}$ - 0,034% |
| zlato | 196,97 | ${}^{197}_{79}\text{Au}$ - 100% |

vodík: v přírodě se vyskytuje i těžší vodík ${}^2_1\text{H}$, tím by se střední relativní atomová hmotnost zvýšila, ale málo v porovnání s uvedenou hodnotou (pouze na 1,00015, kdybychom počítali $A_r({}^1_1\text{H}) = 1$ a $A_r({}^2_1\text{H}) = 2$) \Rightarrow hraje roli i to, že protony v jádře vodíku nejsou vázané a jsou tedy těžší než nukleony v jádře uhlíku, podle nichž se stanovuje hodnota m_u

uhlík: $A_r(\text{C}) > 12$, protože uhlík je směsí izotopu ${}^{12}_6\text{C}$ s těžším izotopem ${}^{13}_6\text{C}$

železo: procentní zastoupení izotopu ${}^{54}_{26}\text{Fe}$ je větší než zastoupení těžších izotopů \Rightarrow střední A_r je menší než by vycházela pro nejčastější izotop ${}^{56}_{26}\text{Fe}$

zlato: zlato se skládá z jediného stabilního nuklidu ${}^{197}_{79}\text{Au}$ \Rightarrow hmotnost nukleonů v jádře zlata je menší než hmotnost nukleonů v jádře uhlíku (zřejmě jsou více vázány)

Př. 5: (BONUS) Zkus vysvětlit, proč se pro určování relativní atomové hmotnosti raději používají (používaly) zlomky hmotnosti atomu uhlíku (dříve kyslíku) než přesná hodnota hmotnosti atomu vodíku ${}^1_1\text{H}$.

Proton v jádře vodíku ${}^1_1\text{H}$ není vázán s žádným jiným nukleonem, proto je jeho hmotnost zřejmě větší než je typická hmotnost nukleonů vázaných ve složitějších jádrech. Proto je pro vyjadřování poměrné hmotnosti výhodnější použít hmotnost nukleonu ve složitějších jádrech.

Velká část látek se skládá z molekul \Rightarrow **relativní molekulová hmotnost** M_r

Př. 6: Definuj přibližný význam relativní molekulové hmotnosti M_r . Napiš pro relativní molekulovou hmotnost přesný definiční vztah.

Relativní atomová hmotnost A_r přibližně udává kolikrát je atom těžší než atom vodíku ${}^1_1\text{H}$.

Relativní molekulová hmotnost je dána vztahem $M_r = \frac{m_m}{m_u}$, **kde** m_m **je hmotnost molekuly a** m_u **je atomová hmotnostní jednotka.**

Pedagogická poznámka: Zejména sestavování vzorce pro M_r je velmi zajímavé. Studenti se snaží v čitateli zlomku uplatnit postup na výpočet M_r z relativních atomových hmotností. Ptám se jich, jak velké hodnoty by z takového vzorce mohli očekávat. Opět jde o to, aby měli představu o tom, jak velké hodnoty různé veličiny mají.

V tabulkách nejsou relativní molekulové hmotnosti uvedeny. Je to zbytečné, protože ji snadno určíme z relativních atomových hmotností atomů, ze kterých je molekula složena:

$$M_r(\text{CH}_4) = A_r(\text{C}) + 4 \cdot A_r(\text{H}) = 12,011 + 4 \cdot 1,0079 = 16,043$$

Př. 7: Vypočti relativní molekulovou hmotnost a hmotnost molekuly:

a) CO_2 b) vody c) kyseliny siřičité

a) CO_2

$$M_r(\text{CO}_2) = A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 12,011 + 2 \cdot 15,999 = 44,009$$

$$m_m = M_r \cdot m_u = 44,009 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 7,3079 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

b) vody

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1,0079 + 15,999 = 18,015$$

$$m_m = M_r \cdot m_u = 18,015 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 2,9915 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

c) kyseliny siřičité

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_3) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1,0079 + 32,06 + 3 \cdot 15,999 = 82,07$$

$$m_m = M_r \cdot m_u = 82,07 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,363 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

Př. 8: Urči počet částic, které obsahuje 12 g uhlíku $^{12}_6\text{C}$.

1 atom uhlíku $^{12}_6\text{C}$ má hmotnost $12 \cdot m_u = 12 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,9926 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

$$12 \text{ g} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

použijeme přímou úměrnost

$$1 \text{ atom} \quad \dots \quad 1,9926 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

$$x \text{ atomů} \quad \dots \quad 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$$

$$\frac{x}{1,2 \cdot 10^{-2}} = \frac{1}{1,9926 \cdot 10^{-26}} \Rightarrow x = \frac{1,2 \cdot 10^{-2}}{1,9926 \cdot 10^{-26}} = 6,0221 \cdot 10^{23}$$

12 g uhlíku obsahuje $6,0221 \cdot 10^{23}$ částic

Nespočítali jsme ledajaké číslo. Jde o číselné vyjádření **Avogadrovy konstanty**

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$. Tento počet částic používáme jako **typické množství mikroskopických částic**, které **dohromady dají množství látky vnímatelné člověkem**.

Abychom nemuseli neustále používat obrovskou hodnotu Avogadrovy konstanty

($6,0221 \cdot 10^{23}$ částic) zavádíme novou veličinu **látkové množství n** (udává počet částic látky).

Jednotkou látkového množství je **1 mol**.

O stejnorodé soustavě (soustava z jediného druhu částic) říkáme, že má látkové množství 1 mol, jestliže obsahuje $6,02 \cdot 10^{23}$ částic (jinými slovy – obsahuje stejném množství částic, kolik obsahuje atomů 12 g nuklidu uhlíku $^{12}_6\text{C}$)

\Rightarrow

- vzorec pro výpočet látkového množství: $n = \frac{N}{N_A}$ (kde N je počet částic látky)
- Avogadrova konstanta není bezrozměrná $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Pedagogická poznámka: Oba následující příklady slouží k upevnění vztahu:

$$1 \text{ mol} \Leftrightarrow 6,02 \cdot 10^{23} \text{ částic.}$$

Př. 9: Urči z paměti počet částic látky, pokud je látkové množství látky rovno:

- a) 2 mol b) 0,01 mol c) 10^5 mol d) 0,005 mol

$$\text{a) } 2 \text{ mol} \Rightarrow 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 12,04 \cdot 10^{23} = 1,204 \cdot 10^{24} \text{ částic}$$

$$\text{b) } 0,01 \text{ mol} \Rightarrow 0,01 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{21} \text{ částic}$$

$$\text{c) } 10^5 \text{ mol} \Rightarrow 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{28} \text{ částic}$$

$$\text{d) } 0,005 \text{ mol} \Rightarrow 0,005 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 0,01 \cdot 0,5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 0,01 \cdot 3,01 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{21} \text{ částic}$$

Př. 10: Urči z paměti látkové množství látky, pokud obsahuje:

a) $6,02 \cdot 10^{25}$ b) $12,04 \cdot 10^{20}$ c) 602 částic

a) $6,02 \cdot 10^{25} = 100 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ částic $\Rightarrow n = 100$ mol

b) $12,04 \cdot 10^{20} = 2 \cdot 0,001 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ částic $\Rightarrow n = 0,002$ mol

c) $602 = 100 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-23} = 10^{-21} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ částic $\Rightarrow n = 10^{-21}$ mol

Shrnutí: Hmotnosti atomů (molekul) můžeme vyjadřovat tím, kolikrát jsou těžší než atom vodíku – relativní atomovou (molekulovou) hmotností.