

Látkové množství

Zařazení učiva:

Obecná chemie: ZŠ – 8. třída
SŠ – 1. ročník, 1–3 hod (1–2 hod základní výuka, 1 hod laboratorní cvičení)

Výchozí situace:

Znalosti ze **ZŠ (chemie)**: Žák je seznámen s pojmem látkového množství a ví, že jeho jednotkou je mol. Umí napsat značku látkového množství a ví, kolik částic jeden mol představuje.

Znalosti ze **ZŠ (fyzika)**: Žák zařadí látkové množství mezi základní jednotky soustavy SI.

Učivo *Látkové množství* může být na **SŠ** zařazováno hned na několika odlišných místech učiva prvního ročníku. Podle nejčastějších středoškolských učebnic může být přístup k tématu následující.

1. Mareček, Honza: Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl

Kapitola je zařazena po probrání učiva chemické vazby a předchází tématu chemická rovnice (str. 52–54). Kromě pojmu látkového množství se zavádí i pojem molární hmotnost (ačkoli velmi okrajově) a molární objem. Kapitola dává dohromady i souvislost jednotky látkového množství s počtem skutečně reagujících částic v chemické rovnici.

Výhody

- dávkování výpočtů během celého učiva (probírání po menších tematických celcích)
- podpoření představy o koeficientech v chemické rovnici a jejich skutečném významu
- názorné ukázání užitečnosti zavedených pojmů v praxi
- možnost provázání tématu s výpočty z chemických rovnic
- zařazení pojmu společně s pojmy souvisejícími (molární hmotnost a objem)

Nevýhody

- zavedení pojmu až později v rámci učiva (nemožnost operovat s látkovým množstvím dříve)

2. Taktik: Obecná chemie 1. díl

Kapitola věnující se Látkovému množství se v učebnici nenachází, samotný pojem *mol* není v učebnici podrobně představen. Je však použit v rámci učiva o skupenských stavech látek, konkrétně při uplatnění Avogadrova zákona (str. 53). S termíny látkové množství a mol učebnice nadále pracuje u stavové rovnice ideálního plynu. Samotný vztah propojující látkové množství s molární hmotností a skutečnou hmotností uvádí až v rámci učiva o složení roztoků (str. 68). Učebnice proto může představovat dva přístupy k zařazení tématu. A to v rámci kapitoly o ideálních plynech navíc s předpokladem, že čtenář veličinu již vlastně zná. Nebo později v rámci učiva o složení roztoků, společně s výpočty týkající se složení roztoků.

Výhody

- dávkování výpočtů během celého učiva
- propojení s pojmem molární hmotnost a s hodnotou molárního objemu
- propojení se stavovou rovnicí ideálního plynu
- možnost operovat s pojmem dříve (u kapitol složení roztoků a ideální plyny)

Nevýhody

- látkové množství je zavedeno v rámci stavové rovnice a není mu přikládáno nějakého většího významu
- jednotka mol je uvedena v souvislosti s plyny a nikoli i s dalšími látkami
- pojem látkové množství se považuje za známý (jako stavová veličina) a není v učebnici podrobně představen
- samotné využití látkového množství pro výpočty je nedostatečné – stává se jen prostředkem k výpočtu, ale postrádá nějakého většího a hlubšího významu
- pokud je učivo složení roztoků probíráno hned v úvodu prvního ročníku, může být téma složité pro nematematicky obratné studenty, navíc nedostatečné vysvětlení pojmu látkové množství vede k jeho nepochopení a pouze automatickému využívání bez většího smyslu

3. Didaktis: Odmaturuj z chemie

Učebnice vyčleňuje všechny pojmy týkající se důležitých chemických veličin a výpočtů do samostatné kapitoly (str. 37-50). Látkové množství je uvedené jako první. Uvedené zařazení vhodně představuje další z přístupů zařazení učiva o látkovém množství, a to společně se všemi ostatními veličinami a výpočty, často navíc hned v úvodních hodinách prvních ročníků. Podobný přístup k zařazení nalezneme i v učebnici od autorky Evy Streblové: *Souhrnné texty z chemie 1. díl* (str. 73–92) či v *Chemii pro střední školy* od nakladatelství SPN (str. 27–29).

Výhody

- možnost přistupovat k souhrnné kapitole o výpočtech jako k příloze, a tedy ji opakovaně využívat od začátku výuky
- ucelenost a propojení souvisejících veličin a pojmů
- pokud probíráme téma složení roztoků a hmotnostní zlomek, potřebujeme pojmy o molární (a tedy i pojem mol) a relativní hmotnosti

Nevýhody

- náročnost tématu na začátku výuky – velké riziko odrazení nematematicky obratných studentů
- zahrnutí studentů veškerými výpočty naráz může vést k nedostatečnému ukotvení jednotlivých odlišných přístupů
- odtrženost od teorie, z výpočtů se stává samostatná kapitola, místo aby byly součástí každého tématu
- odtrženost látkového množství od teorie k chemickým reakcím

Vzhledem k tomu, že látkové množství je jednou ze základních jednotek SI, může být téma probíráno i v rámci fyziky ve 2. ročníku SŠ, jak naznačuje vzorový ŠVP¹. Je tedy vhodné se s učiteli fyziky domluvit na stejném

¹<https://clanky.rvp.cz/clanek/c/G/10497/vytvarime-skolni-vzdelavaci-programy-fyzika-fyzikalni-vzdelavani-.html>

značení i používání stejných hodnot pro hmotnostní jednotku a Avogadrovu konstantu, aby nedocházelo ke zbytečnému zmatení studentů.

Organizace tématu v RVP G:

- Učivo:
- Veličiny a výpočty v chemii
 - Soustavy látek a jejich složení
- Očekávané výstupy:
- Žák provádí chemické výpočty a uplatňuje je při řešení praktických problémů

Výukové cíle:

- Žák má vizuální představu o velikosti čísla, které představuje jeden mol.
- Žák vlastními slovy vysvětlí, proč jeden mol různých látek má různou hmotnost.
- Žák stanoví přibližnou hodnotu částic představujících jeden mol ($6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$).
- Žák stanoví látkové množství prvků v daných sloučeninách podle vzorce.
- Žák rozumí vztahu mezi molem, jako jednotkou látkového množství, a Avogadrovou konstantou.
- Žák aplikuje tento vztah při výpočtu látkového množství a počtu částic, dokáže pracovat se vztahy odvozenými a sám je odvozuje.
- Žák vlastními slovy vysvětlí, k čemu je zavedení veličiny látkového množství prospěšné.

Osnova:

1. Látkové množství (1–3 hodiny)

- Mol jako počet částic.
- Definice molu a veličiny látkové množství.
- Avogadrova konstanta a její vztah k látkovému množství.
- Základní vztah pro výpočet látkového množství ze znalosti počtu částic, vztahy odvozené.
- Látkové množství v chemickém vzorci a reakci.

Klíčové poznatky:

- Látkové množství je veličina, která usnadňuje výpočty s chemickými látkami, protože v sobě nese poměr hmotností mezi jednotlivými prvky. Její jednotkou je mol.
- Mol je název pro velmi velké číslo $6,022 \cdot 10^{23}$.
- Avogadrova konstanta představuje počet částic (koček, lidí, atomů, protonů, aj.) v jednom molu. Proto má i jednotku mol^{-1} .
- Číselné koeficienty ve vzorcích či chemických rovnicích určují počet molů (prvků / sloučenin).

Motivace:

Ze života: Některé věci se kupují po balení – například vanička vajíček, tučec pastelek, basa piv. Místo konkrétního čísla udávajícího počet dané věci tak použijeme slovo, které tento počet představuje – pár představuje 2, vanička vajíček představuje 10, tučec znamená 12 a klasická basa je 20. Stejně tak jeden mol představuje číslo, které usnadňuje počítání chemických látek.

Anglicky psané učebnice či výukové materiály na téma látkového množství často využívají homonyma *mole* (jako mol) a *mole* (jako krtek). Můžeme se tak setkat s různými vtipy či infografikami dávajícími krta do souvislosti s chemickou jednotkou mol. I čeština může využít homonyma, mol jako hmyz a chemická jednotka.²

Chemická: Představme si chemickou reakci zinku se sírou. Výsledným produktem je sulfid zinečnatý. Ze zápisu rovnice je jasné, že pokud chceme připravit jen jednu molekulu sulfidu zinečnatého, potřebujeme právě jeden atom zinku a jeden atom síry.



Zeptejme se studentů: *Kolik atomů zinku a síry potřebuji, pokud chci připravit 2 molekuly sulfidu zinečnatého? Co když chci připravit 100 molekul? Nakonec, co když chci připravit právě $6,022 \cdot 10^{23}$ molekul, protože se mi to číslo prostě líbí?* Studenti postupně ekvivalentně zvětšují potřebný počet atomů síry i zinku. Položme proto následující otázku: *Jak si tedy do reakční misky mám odměřit/odpočítat tento velký počet atomů zinku a síry pro reakci? Mám vzít nějakou pikopinzetu, a po jednom počítat atomy do misky jako Popelka?* Studenti jistě odpoví, že tohle není správné řešení. Většinou navrhnou i použít váhy a zkusit množství zvážit. Použijeme tedy jejich myšlenku s vážením. K rozbourání představy, že stačí navázat stejné množství obou látek můžeme použít animaci ([8]) simulující velikost jednotlivých atomů a s tím související i odlišnou hmotnost těchto látek. Po zhlédnutí animace by měli být žáci schopni pochopit, že látkové množství (mol) dvou různých prvků se vyskytuje v rovnici jako stechiometrický koeficient a také, že jeden mol různých látek se hmotností liší. Analogicky tomu tak tedy bude i v případě molekul a sloučenin.

Vhodné aktivity

- Nechat studenty počítat zrnka čočky/rýže jako ilustrace atomů. Čočka představuje například zinek, rýže představuje síru. Jak se dá urychlit počítání? Navrhne studentům použít jako jednotku (náhrada molu) lžiči (můžeme počítání propojit s animací).
- Pomocí relativně přesných vah navažovat různá množství chemických látek pro představu, jak velké tvoří hromádky.
- Nechat studenty v odměrném válci odměřit (většinou si tipují), kolik bude jeden mol vody.
- Umístíme velkou sklenici doprostřed třídy. Každý žák odpočítá, kolik zrníček čočky chce a přinese je do sklenice. Na papír u sklenice zaznamená, kolik zrníček přinesl. S narůstajícím počtem zrníček čočky můžeme nadnést velikost jednoho molu jako počet $6,022 \cdot 10^{23}$ zrníček čočky – jeden mol je tedy pouze jiný název pro takto velké číslo.

²Milan Bárta: *Jak (ne)vyhodit školu do povětří*, str. 43, uvádí příběh odkazující se na skutečnost, že není mol jako mol. Zároveň navrhuje na experimentální vážení molu různých látek.

Vhodné materiály

1. Mareček, Honza: *Chemie sbírka příkladů*, 2001, str. 35–43
2. Fikr: *Jak porozumíme chemickým výpočtům 2, druhé rozšířené vydání 2010*, str. 9–11
3. Streblová: *Souhrnné texty z chemie pro přípravu k přijímacím zkouškám I. díl*, str. 74, 76
4. Obrátil, Sáblík: *Chemie pro spolužáky: Obecná chemie II.*, str 20–24, potažmo i pracovní sešit k učebnici
5. Video pro ilustraci velikosti čísla 10^{23} (Powers of ten): <https://www.youtube.com/watch?v=0fKBhvdJuy0&t=9s> (Popřípadě jiné období, kde bude rozvoj až do čísla 10^{23})
6. Nová definice molu: <https://edu.rsc.org/analysis/a-new-definition-for-the-mole/3008601.article>
7. Infografika: Co je to mol: <https://webcentrum.muni.cz/webchemie-vypocty/chemicke-vypocty-1/2-latkove-mnozstvi/22-vztahy-pro-avogadrova-konstantu-a-latkove-mnozstvi>
8. Animace reakce zinku se sírou: „<https://webcentrum.muni.cz/webchemie-vypocty/chemicke-vypocty-1/2-latkove-mnozstvi/21-avogadrova-konstanta-a-latkove-mnozstvi>“
9. Animace skládání chemické reakce jako toast: <https://webcentrum.muni.cz/webchemie-vypocty/chemicke-vypocty-1/2-latkove-mnozstvi/23-latkove-mnozstvi-v-chemicke-reakci>

Didaktické poznámky

Velikost čísel

- Než se se studenty pustíme do tématu látkového množství a molu, přesvědčme se o tom, že mají základní představu o velikosti čísel. Nechejme je ukázat, kolik je jeden metr, kolik je 10 metrů. Žáci mohou přinést věc, o které si myslí, že váží 100 g. Příklady je možné variovat.
- Další možností, jak dát jasnější představu studentům o velikosti čísel je například video *Powers of ten* ([5]).

Definice molu a veličina látkové množství

- Studentům je třeba vysvětlit, že počítání s látkami je obecně problém – záleží například na skupenství látky. Nejjednodušší je proto počítat s částicemi, nicméně ty jsou velmi malé, a proto potřebujeme jinou veličinu pro jejich zastoupení.
- Podle nové definice je mol název pro takto velké číslo 602 214 076 000 000 000 000 000. Napišme jej (celé) na tabuli, ať si studenti lépe uvědomí jeho rozměr. Následně je vhodné i zapsat číslo vědeckým zápisem ($6,022 \cdot 10^{23}$, pozor, někdy se můžeme setkat s přístupem špatného zaokrouhlení čísla na $6,023 \cdot 10^{23}$ kvůli snadnějšímu memorování).
- Stará definice³ se stále vyskytuje v mnoha materiálech na internetu i v tištěných učebnicích, je vhodné proto studenty na tento fakt upozornit.

³<https://webcentrum.muni.cz/webchemie-vypocty/chemicke-vypocty-1/latkove-mnozstvi/avogadrova-konstanta-a-latkove-mnozstvi>

- Je třeba, aby bylo studentům naprosto jasné, že jeden mol různých látek nemusí vážit stejně. Můžeme proto například se studenty hmotnost jednoho molu koček (při běžné hmotnosti 5 kg kočky) například s porovnáním hmotnosti jednoho molu čočky (jedno zrníčko má přibližně hmotnost 1 mg). Je možné zvolit jiné oblíbené zvířátko třídy – nechme studenty si vybrat.
- Není vhodné veličinu *látkové množství* nahrazovat slovy „počet molů“. Je to stejné, jako bychom místo slova *hmotnost* používali „počet gramů“. Ačkoli se tato poznámka může zdát zbytečná, je třeba si uvědomit, že látkové množství je pro mnoho studentů veličinou novou. Pokud se používání termínu *látkové množství* v příkladech či výkladu vyhýbáme, nepodporujeme ukotvení této veličiny v hlavách studentů. To se pak často projeví tím, že student umí látkové množství spočítat, ví že existují jednotky mol, ale neví, co veličina označená *n* skutečně vyjadřuje a může mít problém v navazujících kapitolách (např. stavová rovnice).
- Užitečnost látkového množství lze buď demonstrovat již nabídnutým postupem s chemickou reakcí zinku se sírou, či analogickou „chemickou reakcí“ při skládání toastů, párků v rohlíku, ...

Avogadrova konstanta a její vztah k látkovému množství

- Vzhledem k nové definici molu je pro studenty matoucí, proč jednomu číslu říkat dvěma způsoby. Vysvětlíme studentům, že Avogadrova konstanta tvoří jakýsi pomyslný most (konstanta úměrnosti) mezi látkovým množstvím a počtem částic, a to proto, že Avogadrova konstanta udává **počet částic v 1 molu**. Je tedy jasné, že musí mít i jednotku!

Základní vztah pro výpočet látkového množství

- Zatím nemáme k dispozici pojem molární hmotnost, přichází tedy v úvahu pouze vzorec pro stanovení látkového množství z počtu částic.
- Nechejme studenty vyjadřovat různé neznámé ze vzorce pro výpočet látkového množství společně s odvozením jednotky. Nejenže si vztah lépe zapamatují, ale dokáží s ním pak dle potřeby manipulovat.
- Pro ilustraci užitečnosti Avogadrovy konstanty spočítejme se studenty látkové množství například obyvatel České republiky / EU / světa.

Modelový výpočet: K červnu 2023 čítala Česká Republika 10 873 553 obyvatel.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol} \dots\dots\dots 6,022 \cdot 10^{23} \text{ obyvatel} \\ x \text{ mol} \dots\dots\dots 10\,873\,553 \text{ obyvatel} \end{array}$$

Pak látkové množství obyvatel České republiky činí přibližně $1,8 \cdot 10^{-17}$ mol.

- Vhodné pro zajímavost jsou i výpočty zakládající se na tom, jaké látkové množství zlata (či dalších zajímavých látek nebo prvků) máme v těle. Pro zadání příkladů je vhodné použít AI.

Látkové množství v chemickém vzorci a v chemické reakci

- Napišme na tabuli vzorce sloučenin / chemické rovnice a nechejme žáky stanovit jednotlivé počty atomů a molů všech přítomných prvků. Klíčový poznatek studenta spočívá v pochopení, že jeden mol sloučeniny, například vody, obsahuje dva moly vodíku a jeden mol kyslíku. Pokud studenti s touto úvahou mají problém, nastíníme podobný postup jako v případě reakce zinku a síry: *Jedna molekula vody je složena ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku, dvě molekuly vody ..., sto molekul vody ..., jeden mol molekul vody ...*