

Metodika chemických výpočtů

Zařazení učiva:

Obecná chemie: SŠ – 1. a 2. ročník, 6—15 hod (součástí i laboratorních cvičení)

Výchozí situace podle RVP ZV:

- | | |
|---------------------|--|
| Směsi: | • Žák vypočítá složení roztoků, připraví prakticky roztok daného složení |
| Chemické reakce | • Žák přečte chemické rovnice a s užitím zákona zachování hmotnosti vypočítá hmotnost výchozí látky nebo produktu |
| Chemie a společnost | • Žák se orientuje v přípravě a využívání různých látek v praxi a jejich vlivech na životní prostředí a zdraví člověka |

Učivo *chemických výpočtů* bývá na SŠ zařazováno různorodě. Následující seznam shrnuje přístupy zařazení učiva podle nejběžnějších českých učebnic.

V rámci ostatních kapitol obecné chemie

Snad nejběžnějším způsobem zařazení chemických výpočtů je napříč teoretickými bloky učiva obecné, potažmo fyzikální chemie. Konkrétní zařazení jednotlivých témat pak záleží na ŠVP i libovůli učitele chemie. Mezi učebnice, které postupně chemické výpočty dávají a zařazují je mezi jednotlivé teoretické celky patří:

- Mareček, Honza: Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl (*Hmotnost atomu, Látkové množství, Vyčíslování a výpočty z chemických rovnic, Koncentrace roztoků, Hmotnostní zlomek, Hmotnostní procento, Objemové procento, Molární koncentrace, Ředění roztoků, Koncentrace roztoků a výpočty z rovnic, Standardní slučovací teplo, Standardní spalné teplo, Vyjadřování kyselosti a zásaditosti látek*)
- Mareček, Honza: Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl (*Elektrochemie*)
- Taktik: Obecná chemie 1. díl (*Hmotnost atomů, Stavová rovnice, Koncentrace roztoků, Ředění roztoků, Stechiometrické výpočty, Chemická termodynamika, Měření kyselosti a zásaditosti, Oxidačně redukční reakce*)

Vyčleněné do jedné kapitoly

Některé učebnice přistupují k problematice chemických výpočtů jako k celku. Proto obsahují jednu kapitolu věnovanou všem chemickým výpočtům. Většinou se jedná o učebnice, jejichž cílem je sumarizovat základní poznatky z chemie na SŠ, ať už k přípravě na maturitní zkoušku či jako studijní text k přijímacím zkouškám na VŠ.

- Didaktis: Odmaturuj z chemie (*Výpočet reakčního tepla z tabelovaných hodnot, Množství látek, Výpočty z chemických vzorců, Složení roztoků, Mísení roztoků, Výpočty z chemických rovnic, Výpočet stechiometrických koeficientů chemických rovnic, Výpočet pH*)
- Streblová: Souhrnné texty z chemie, 1. díl (*Hmotnost atomů a molekul, Látkové množství, Výpočty z chemických vzorců, Koncentrace roztoků, Změny ve složené roztoků, Termochemie, Výpočet pH roztoků silných kyselin a zásad, Výpočet pH roztoků slabých kyselin a zásad, Neutralizace a acidobazické titrace, Součinné rozpustnosti, Redoxní rovnice*)

- Jiří Vacík & kolektiv: Přehled středoškolské chemie (*Hustota, molární objem a molární hmotnost, Hmotnostní zlomek, Složení a vzorce chemických sloučenin, Objemový zlomek, Molární zlomek, hmotnostní koncentrace a molární koncentrace, Změny složení roztoků, Výpočet látkového množství reagujících látek, Výpočet hmotností reagujících látek a jejich roztoků, Výpočet objemů reagujících látek a plynů*)
- SPN – pedagogické nakladatelství: Chemie pro střední školy (*Látkové množství, Výpočty z chemického vzorce, Látková koncentrace, Výpočty z chemické rovnice, Tepelné změny při chemických reakcích*)

Učebnice věnovaná chemickým výpočtům

Posledním ze zmíněných přístupů je vyčlenění problematiky chemických výpočtů do samostatné učebnice. S tímto přístupem se setkáváme u dvou českých učebnic. První z nich je druhým dílem stejnojmenné řady, ta druhá se zaměřuje spíše na čtenáře připravujícího se na VŠ.

- Obrátil, Sáblík: Obecná chemie II. (*Hmotnost atomů a molekul, Látkové množství, Hustota, hmotnostní a objemový zlomek, Koncentrace, Výpočty z chemického vzorce, Ředění roztoků, Ideální plyn, Vyčíslování chemických rovnic, Výpočty z chemických rovnic, Základy reakční kinetiky, Základy chemických rovnováh, Rozpustnost a srážení reakce, Výpočty pH, Termochemie, Galvanický článek, Elektrolýza*)
- Fikr: Jak porozumíme chemickým výpočtům 2 (*Výpočty ze vzorce – látkové množství, Výpočty na složení roztoků, Výpočty pH, Výpočty z rovnice*)

Jestliže rozvrstvíme příklady do celého učiva obecné chemie, dáváme žákům větší možnost k zapamatování a pochopení jednotlivých oddílů. Zároveň takový přístup umožňuje soustavné věnování se příkladům a studenti je tedy chápou jako nedílnou součást studia chemie.

Pokud zvolíme postup opačný, tedy probrání učiva chemických výpočtů naráz, musíme u studentů vytvořit dobrou strukturu mezi jednotlivými různými výpočty, aby se neslévaly do jedné nepochopené hromady. Někteří studentům však může tento přístup vyhovovat, pokud mají všechny výpočty srozumitelně na jednom místě.

Organizace tématu v RVP G:

- | | |
|--------------------|--|
| Učivo: | <ul style="list-style-type: none"> • Veličiny a výpočty v chemii • Soustavy látek a jejich složení • Stavba atomu • Tepelné změny při chemických reakcích • Rychlost chemických reakcí a chemická rovnováha |
| Očekávané výstupy: | <ul style="list-style-type: none"> • Žák provádí chemické výpočty a uplatňuje je při řešení praktických problémů |

Vhodné materiály

1. Mareček, Honza: *Chemie sbírka příkladů, 2001*
2. Fikr: *Jak porozumíme chemickým výpočtům 2, druhé rozšířené vydání 2010*
3. Streblová: *Souhrnné texty z chemie pro přípravu k přijímacím zkouškám I. díl*
4. Obrátil, Sáblík: *Chemie pro spolužáky: Obecná chemie II.*, potažmo i pracovní sešit k učebnici
5. Jarolímková: *Chemické výpočty ve výuce chemie na střední škole* – https://is.muni.cz/th/pgo31/DP_Jarolimkova_Chemicke_vypocty_.pdf

Didaktické poznámky

Zadávání příkladů

- Pokud zadáváme příklady slovně, je vhodné ptát se i na veličiny (tj. hmotnost, objem, či látkové množství látky), ne jen na jednotky (tj. kolik gramů, mililitrů či molů) (Fikr 2010). Variováním otázky tázající se na jednotky můžeme pracovat například s převodem jednotek. Avšak zvláště u příkladů týkajících se výpočtu látkového množství, bychom měli dbát i na dostatečné tázání se na veličinu. Následující ukázka uvádí dva možné způsoby, jak zadat příklad na výpočet látkového množství.

1. *Kolik molů zlata je obsaženo ve 14 karátovém prstenu, který váží 2,34 g?*

2. *Jaké je látkové množství zlata, které bylo použito na výrobu 14 karátového prstenu o váze 2,34 g?*

Jestliže upřednostníme druhý způsob zadání, pak si žák upevňuje a opakuje novou veličinu látkové množství, jeho značku a jednotku. Jestliže příklady zadáváme především prvním způsobem, u studentů se veličina látkového množství odsouvá do pozadí a redukuje se pouze na počet molů. Tázáním se studentů především na jednotky veličin můžeme vybudovat u studentů (zvláště v případě látkového množství, které je nové) představu, že se dá pojmu vyhnout.

- Příklady v hodině navíc řadíme od těch jednoduchých ke složitějším. Z toho důvodu je vhodné si příklady dopředu spočítat, aby nás pak v hodině některý krok nepřekvapil. Zároveň je vhodné mít dostatek příkladů v zásobě pro šikovnější studenty, ti poté mohou počítat vlastním tempem.
- Obecně je pro studenty jednodušší pracovat s příklady učebnicového typu, ty však jen málo rozvíjí jejich čtenářskou gramotnost. Jestliže už studenti ovládají základní vztahy, je vhodné zařadit i příklady s delším slovním zadáním, které obsahují třeba i informace navíc.

Řešení příkladů

- První fází po přečtení zadání je vypsání zjištěných informací. Nechejme studentům čas k samostatnému zpracování zadaných veličin a hodnot. Zároveň dbejme na jejich správný zápis i s jednotkami. Díky tomu má žák přehled o možných cestách vedoucích k řešení. Samotná přehlednost a správnost zápisu je pak stěžejním krokem pro výpočet.
- Pro správný odhad dané situace je velmi vhodné prvotní vypsání všech zadaných hodnot ze zadání. Ve chvíli, kdy studenti vidí označené veličiny s jejich jednotkami, lépe mohou navrhnout postup vedoucí k výsledku. Některým může pomoci i tzv. zpětný pohled do zrcátka, tedy že si napíše vztah, ve kterém se vyskytuje hledaná veličina, a pak zjišťují, co všechno pro její určení potřebují. Takto postupují, dokud neumí spočítat a vyjádřit všechny potřebné mezikroky.
- Zpracování zadání může vypadat různě, někteří volí vypisování důležitých informací, jiní barevně podtrhávají přímo v zadání.
- Někdy může k porozumění zadání pomoci i obrázek. A to především při ředění roztoků, počítání koncentrace, či při výpočtech vycházejících z titrace a přípravy odměrného roztoku. Ilustrujme proto studentům zadání jednoduchými náčrtky kádinek a odměrných baněk.
- Je-li výpočet jednokrokový (vzorec, trojčlenka) motivujme studenty k učinění odhadu výsledku. Jedině tak získají cit a v případě hrubé chyby ji dokážou odhalit.

- Často bývá problémem jednotka spočtené veličiny. Studentům může pomoci dopsání veličiny do vzorce během výpočtu. Výsledné číslo tak nestojí samo o sobě, ale rovnou má patřičnou jednotku. Uveď me příklad.

$$c = \frac{n}{V} = \frac{2 \text{ mol}}{4 \text{ dm}^3} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ dm}^3} = \frac{1}{2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{6,022 \cdot 10^{23}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1 \frac{1}{\text{mol}^{-1}} = 1 \text{ mol}$$

$$m = n \cdot M = 2,3 \text{ mol} \cdot 15,999 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 36,7977 \text{ mol} \cdot \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 36,7977 \text{ g}$$

- Během výpočtů je dobré se se studenty stále vracet k zadání. Pokud tedy učiníme nějaký mezivýpočet, zeptejme se studentů, co jsme právě spočítali a k čemu nám získané číslo slouží a jaké má jednotky. Jedině tak mají studenti neustále pevnou půdu pod nohama a nemůže se stát, že počítají bezmyšlenkovitě pouhým dosazováním do zapamatovaných vztahů.
- Nedílnou součástí výpočtů je i práce s kalkulačkou. Jistě může student v hodinách často používat i telefon, avšak při písemném přezkoušení mu jej jen stěží dovolíme. Někteří studenti pak najednou mohou mít problém se zadáním potřebných operací do kalkulačky. Je tedy výhodnější výpočty rovnou trénovat s vlastní kalkulačkou.
- Největším problémem bývá zadávání většího množství početních operací do kalkulačky, především pak co se týče dělení dalším výrazem. Spousta studentů zapomíná, které operace kalkulačka vyhodnocuje jako první a nedbá při jejich zápisu přednosti matematických operací. Uveď me příklad:

Jaký je hmotnostní zlomek chloridu sodného, který vznikl rozpuštěním 17 gramů soli ve 25 mililitrech vody?

Žák, který nerozumí práci s kalkulačkou zadá následující výpočet:

$$w = 17 \div 17 + 25 = 26$$

Navíc si většinou neuvědomí, jak velké chyby se dopustil, když mu hmotnostní zlomek vyšel větší než jedna. Žák, který rozumí práci s kalkulačkou pak výpočet zadá následovně:

$$w = 17 \div (17 + 25) \doteq 0,40$$

Správné zacházení s kalkulačkou je pak potřeba především při výpočtech pH.

- Během výpočtů, které se skládají z kombinace většího množství vztahů, je vhodné nejprve vyjádřit hledanou neznámou a až v posledním kroku dosadit známé hodnoty. Tento postup se však většině studentů nezamlouvá, práci s čísly mají obecně raději, než práci s proměnnými, a proto raději počítají dílčí veličiny. I tak je ale můžeme motivovat ke tréninku vyjadřování proměnné. Nespornými výhodami jsou většinou kratší zápisy a především menší riziko chyby během opisování, nemluvě o přesnějším výsledku, jelikož nezaokrouhlujeme mezivýsledky.
- Pokud studentům ukážeme více cest vedoucích k řešení, je dobré pobavit se i o výhodnosti daného přístupu vzhledem ke zadání. U nematematicky obratných studentů mohou být různé způsoby na škodu, studenti se mohou lehce ztratit. Učitel by ale měl být schopen porozumět různým přístupům k řešení.

Platné číslice¹

Problematika platných číslic není obvykle v chemii na SŠ stěžejní částí výpočtů. Většinou se žáci s problematikou seznamují později ve fyzice. Z tohoto důvodu web platné číslice při výpočtech nezohledňuje a výsledky uvádí zaokrouhlené (ve většině případů) na dvě desetinná místa tak, jak je v chemii na SŠ zvykem. Nadanějším studentům (či v semináři) ale můžeme problematiku platných číslic představit a během výpočtů využít.

- Další oblastí, ve které studenti často tápou, je zaokrouhlování. Můžeme tedy zvolit více přístupů, buď zaokrouhlovat např. na dvě desetinná místa, či využít pravidla pro platné číslice. Jestliže sčítáme/odčítáme hodnoty, pak má smysl zaokrouhlit na takový řád, který se platný pro všechny sčítance.

$$2,05 + 1000,3 + 12,31 + 1,00 = ?$$

Společný platný řád pro všechny sčítance je desetina, zaokrouhlíme tedy na desetiny.

$$2,05 + 1000,3 + 12,31 + 1,00 = 1015,66 \doteq 1015,7$$

Pokud násobíme/dělíme, pak má smysl uvádět ve výsledku tolik platných cifer, kolik jich má číslo s nejmenším počtem platných cifer.

$$2,05 \cdot 5,24 \cdot 15,0031 \cdot 1,0 = ?$$

Číslem s nejmenším počtem platných cifer je poslední činitel (1,0 - dvě platné cifry), proto výsledek uvedeme na přesnost dvou cifer.

$$2,05 \cdot 5,24 \cdot 15,0031 \cdot 1,0 = 947,3257402 \doteq 950$$

Výsledek tedy známe s přesností na desítky.

Zaokrouhlit na větší počet desetinných míst (než udávají pravidla o platných číslicích) může být vhodné jen tehdy, pokud se jedná o mezivýpočet, pak je lepší zaokrouhlit alespoň o jednu platnou cifru více (tj. $947,3257402 \doteq 947$).

- V základních hodinách věnovaných výpočtům však mohou být platné číslice na škodu, neboť odvádí studentovu pozornost od samotného jádra problému, kterým je výpočet. Z toho důvodu je vhodnější platné číslice zasadit do výuky až tehdy, kdy studenti umí počítat příklady samostatně a bezchybně.

Zápis výsledku

- Každý výpočet by měl obsahovat odpověď. Nejenže je tak jasně dáno, kterou hodnotu považujeme za odpověď na otázku, ale samotnou formulací odpovědi, která je ve formě celé smysluplné věty, podporujeme i čtenářskou gramotnost studentů.
- Pokud důsledně dbáme na uvádění odpovědí, není nutné výsledky (obvykle dvakrát) podtrhovat. V tomto případě se však může stát (pokud student odpověď neuvede), že (zvláště když student zapíše spoustu mezivýpočtů) můžeme být na pochybách, které číslo žák považuje za výsledek.

¹Více podrobností k problematice platných číslic nalezneme například zde: https://physics.ujep.cz/~eheljnova/UTM/prezentace/3_prezentace_UTM_zaokr_cviceni.

Hodnocení

- Jestliže hodnotíme výpočty, měli bychom se zaměřovat především na postup, nikoli pouze na výsledek. Správné logické kroky během výpočtu jsou mnohdy cennější než správný výsledek (zvláště pokud se na papíře objeví bez důležitých mezikroků).