



PŘÍRODOVĚDECKÁ
FAKULTA
Univerzita Karlova

Aktivity pro využití matematických dovedností v chemii na SŠ

(Vzdělávací materiály a podklady pro učitele)

Autor:

Mgr. Matůš Ivan, Ph.D.

Překlad ze slovenského originálu

a revize textu:

RNDr. Renata Šulcová, Ph.D.

Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 2018

Obsah

Úvodem	3
1 Aktivity zaměřené na využití geometrických poznatků v chemii.....	4
1.1 Výpočet hustoty z mikroskopického hlediska	4
1.2 Tvorba modelů použitím netradičních pomůcek	8
1.3 Výpočty vazebných úhlů v molekulách	12
2 Aktivity zaměřené na využití algebraických postupů v chemii.....	18
2.1 Výpočet tepelného zabarvení reakce	18
2.2 Výpočet stechiometrických koeficientů	23
3 Aktivity zaměřené na matematickou logiku a práci s tabulkami a grafy.....	25
3.1 Příprava zdravého jídelníčku	25
3.2 Pojmy chiralita a symetrie	29
4 Aktivity zaměřené na využití funkcionální analýzy	33
4.1 Definice pH pomocí logaritmické funkce	33
4.2 Simulace radioaktivního rozpadu	37
Seznam literatury	40

Úvodem ...

Kurikulární dokumenty vyzdvihují komplexnost přístupu ke vzdělávání, což je požadavek kladený na žáky společností požadující člověka, který je nejen specialistou ve svém oboru, ale též dokáže využívat vědomosti a dovednosti nabyté při vzdělávání v ostatních oborech. Materiál by se mohl stát podkladem pro překonávání dlouhodobého problému spojení a mezipředmětového přesahu matematiky a přírodovědných vzdělávacích oborů, speciálně chemie. Následující náměty a příklady jsou určeny především těm učitelům, kteří mají zájem o uplatňování matematických kompetencí žáků v přírodovědném vzdělávání. Učitelům usnadňují prakticky zpřístupnit mezipředmětové vazby matematiky a chemického vzdělávání a otvírají cestu k multidisciplinárnímu pojetí výuky chemie. Pro učitele chemie jsou určeny čtyři oblasti aktivit, které podporují komplexní přístup k řešení problémů v předmětu chemie.

Kromě učitelů chemie by materiál mohl zaujmout i učitele matematiky, kteří hledají vhodné demonstrace a praktické využití nabytých teoretických matematických vědomostí a dovedností. Zároveň však může stejně posloužit i těm učitelům, kteří nemají v aprobaci matematiku, při zpřístupňování složitějšího obsahu učiva v chemii založeného na matematických operacích.

Aktivity pomohou žákům přirozenou cestou aplikovat teoretické matematické vědomosti v reálných chemických situacích. Také jim usnadní interdisciplinární přístup při řešení matematicky založených úloh v chemii. Využívání matematických principů při řešení interdisciplinárních úloh nebývá pro žáky zcela automatickou či primárně oblíbenou záležitostí. Přesto právě při takovýchto aktivitách se jim nabízejí cesty k rozvíjení kreativních, logických i originálně badatelských postupů myšlení pro vyřešení interdisciplinárních úloh.

Vzhledem k tomu, že řešení základních výpočtových úloh v chemii (např. hmotnostní zlomek, vyjadřování koncentrací roztoků, ředění roztoků, výpočty z chemických rovnic) je natolik opakovaným tématem v mnohých učebnicích i odborných publikacích, je následující materiál zaměřen především na opomíjené oblasti interdisciplinárních přesahů oborů chemie a matematiky.

Cílem nabízených aktivit je umožnit učitelům, jejich žákům a zájemcům o chemii snazší, a přitom poutavou cestu světem chemie.

Aktivity zaměřené na modelování chemických konceptů založených na matematických principech

Jednotlivé aktivity jsou koncipovány jako náměty pro učitele, kteří se při práci s žáky mohou orientovat metodikami, vyřešenými postupy a didaktickými pokyny. Matematické principy jsou vždy podrobně popsány a vysvětleny.

1 Aktivity zaměřené na využití geometrických poznatků v chemii

Následující aktivity jsou zaměřeny na využití geometrických poznatků v chemii. Jde o poznatky z rovinné geometrie (planimetrie), ale též z prostorové geometrie (stereometrie). Využity jsou především poznatky z metrické geometrie (měření vzdáleností, úhlů, obsahů, povrchů a objemů geometrických objektů), ale též z polohové geometrie (vzájemná poloha těles).

1.1 Výpočet hustoty z mikroskopického hlediska

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
3. – 4. (G4)	2 VH	krystalické pevné látky	objem tělesa

Aktivita je zaměřena na prostorovou představivost a aplikace výpočtů objemů a povrchů těles do chemie. Při této aktivitě se věnujeme objemu koule, rotačního tělesa, které zajímalo matematiky už od starověku. Po odhalení částicového složení látek byl přijat geometrický tvar koule jako nejlepší pro znázornění stavebních částic hmoty – atomů (Ivan, Šulcová, 2014).

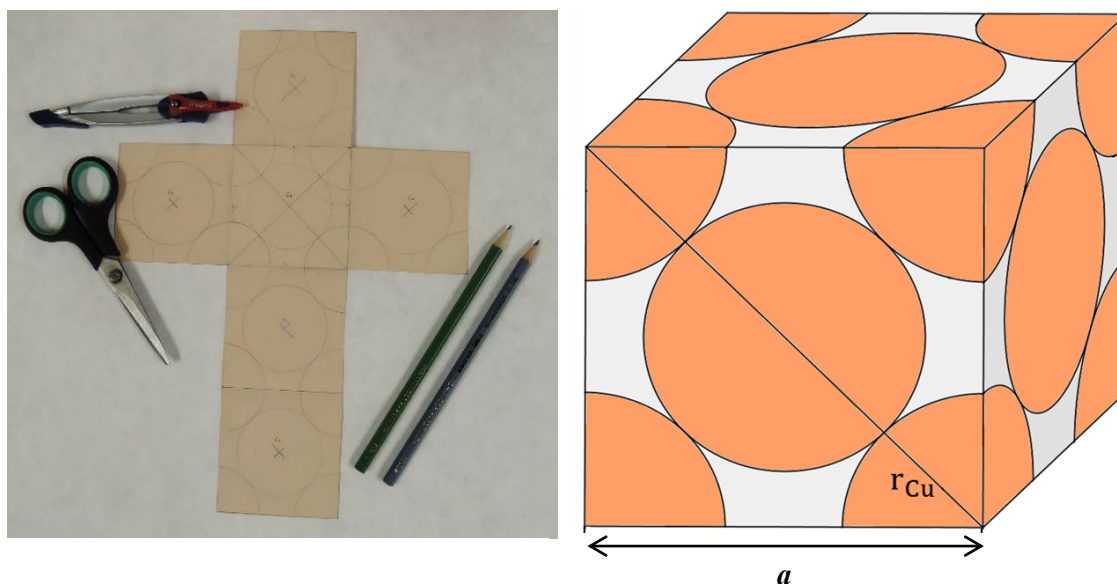
Motivace

Aktivitu můžeme zahájit diskusí (Petty, 2002) o propojení mikrosvěta (částicového složení látek) a makrosvěta (vlastností těles z látek vytvořených). Souvislosti lze potom ověřit pomocí předpokladu o vlastnostech tělesa na základě struktury látky, z které je těleso vytvořeno. Jedním z modelových příkladů je výpočet hustoty kovu a následné ověření vypočtené hodnoty pomocí tabulek či experimentálně.

Možná realizace

Žáci si vyberou libovolný kov, přičemž je dobré mít připravený předmět, který je z tohoto kovu vytvořen. V tabulkách nebo pomocí elektronických informačních zdrojů pak vyhledají informace o struktuře kovu. Příkladem může být měď. Ta krystalizuje

v plošně centrované kubické soustavě. Pro postup v této aktivitě můžeme žákům navrhnout (pokud to již neudělali sami), aby se pokusili sestrojít model plošně centrované kubické krystalické soustavy (viz Obrázek 1).



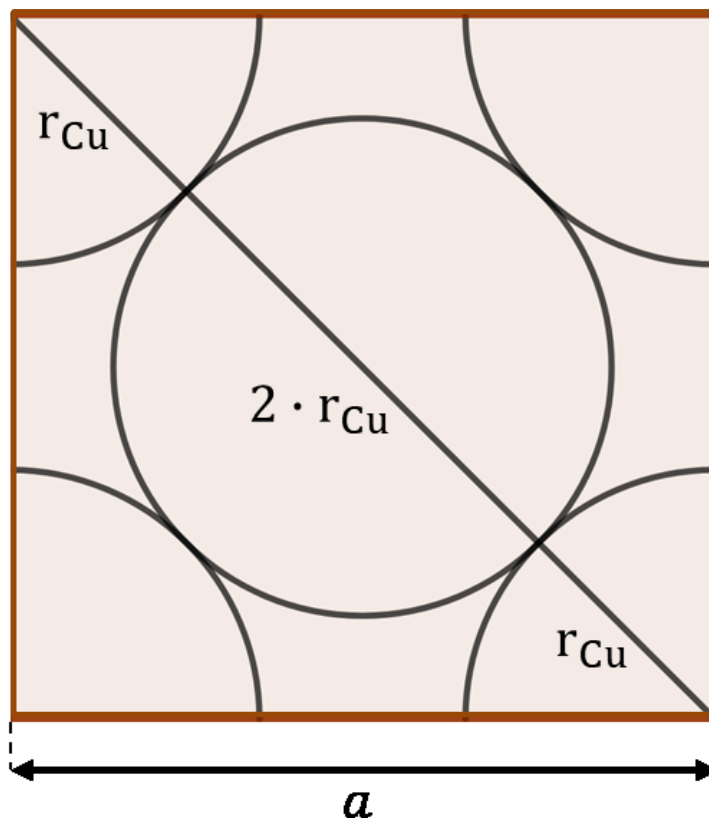
Obrázek 1 Modely plošně centrované kubické soustavy; zleva – tvorba papírového modelu; model připravený v programu Geogebra

Je nezbytné, aby si žáci uvědomili význam pojmu *jednotková buňka*. Teoreticky se naskládané jednotkové buňky opakují donekonečna vedle sebe, a tím vyplňují prostor. Při teoretickém výpočtu proto můžeme využít vlastností jedné buňky a považovat je za vlastnosti celého tělesa, vytvořeného z dané látky. V případě plošně centrované kubické soustavy bude výpočet následující:

Výpočet počtu atomů, které připadají na jednu jednotkovou buňku:

$$n = 6 \cdot \frac{1}{2} + 8 \cdot \frac{1}{8} = 4$$

Uvažujeme, že atomy mědi se dotýkají – nejlépe tento fakt vidíme na stěně jednotkové buňky (Obrázek 2).



Obrázek 2 Rozložení atomů v jednotkové buňce plošně centrované kubické krystalové soustavy
 Z poloměru atomu mědi ($r_{\text{Cu}} = 127,8 \text{ pm}$ – viz Vohlídal et al., 1999) dokážeme vypočítat rozměr jednotkové buňky:

$$a = \sqrt{8} \cdot r_{\text{Cu}} = \sqrt{8} \cdot 127,8 = 361,47298 \text{ pm} \doteq 3,6147 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Když víme, že jednotková buňka obsahuje čtyři atomy mědi, jejíž relativní atomová hmotnost je $A_r(\text{Cu}) = 63,546$, můžeme vypočítat hustotu dle následujícího vzorce:

$$\begin{aligned} \rho(\text{Cu}) &= \frac{n \cdot A_r(\text{Cu}) \cdot m_u}{a^3} = \frac{4 \cdot 63,546 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27}}{(3,6147 \cdot 10^{-10})^3} = \\ &= 8936,5587 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \doteq \mathbf{8937 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}} \end{aligned}$$

kde m_u je hmotnost atomové hmotnostní jednotky (u) $1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (podle: Vacík et al., 1995). Tabelizovaná hodnota hustoty pro měď v plošně centrované kubické soustavě je $8933 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Vohlídal et al., 1999), což přibližně odpovídá vypočtené hodnotě.

Rozdíl mezi vypočtenou a tabelizovanou hodnotou lze zdůvodnit nepravidelnostmi při reálném vzniku krystalu, protože plošně centrovaná kubická soustava představuje nejtěsnější možné uspořádání atomů.

Výsledek a hodnocení

Produktem práce žáků jsou modely krystalických struktur. Ty je možno vyhodnotit po geometrické stránce. Z chemického hlediska hodnotíme výpočty hustoty jednotlivých zadaných látek a jejich porovnání s tabelizovanými hodnotami. Při hodnocení je potřebné diskutovat rozdíly mezi teoretickou vypočítanou hodnotou a hodnotou zjištěnou experimentálně nebo z tabulek.

Didaktické poznámky

Aktivitu je vhodné propojit také s biologií (mineralogií). Experimentální ověření může být provedeno pomocí hustoměru nebo měřením hmotnosti daného objektu a jeho objemu. Tato aktivita se dá použít formou nasměrovaného bádání (Ganajová, 2016).

1.2 Tvorba modelů použitím netradičních pomůcek

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
1. – 2. (G4)	2 VH	chemická struktura látek, tvary molekul	prostorová geometrie, tělesa, úhly

Aktivita je zaměřena na vlastní žákovské modelování. Využívají se přitom netradiční pomůcky, které poskytují výhodu oproti běžným předpřipraveným stavebnicím. Žáci musí tvar molekuly a polohu vazeb určit samostatně. Tím se odstraňuje faktor „hraní si se stavebnicí“. (Pozn.: pojem *hra* tu je využitý v negativním smyslu, nikoli jako metoda didaktické hry, která má samozřejmě pozitivní dopad na výuku – Čtrnáctová, Čížková, 2010.)

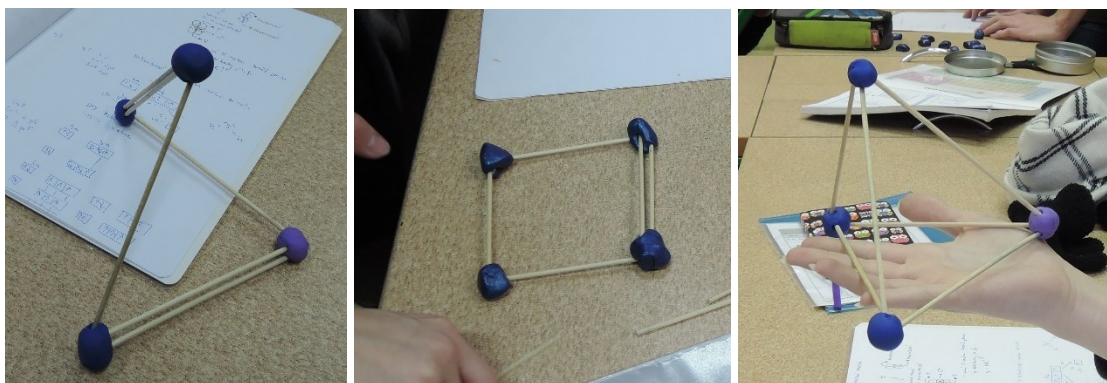
Motivace

Žákům představíme problém zkoumání struktury látek. Motivujeme je tím, že oni sami ze základních poznatků z chemie, fyziky a matematiky budou schopni odhalit strukturu chemických částic. K tomu lze použít vybrané texty a obrázky z historie studia chemických struktur (viz např. Novák, 2017). Diskusí s žáky o podstatě chemické vazby a faktorech, které by mohly ovlivňovat způsob geometrického uspořádání částic v molekulách, dospějeme k základním poznatkům z chemie, které bude třeba využít: elektronová konfigurace, vazebné a nevazebné elektronové páry.

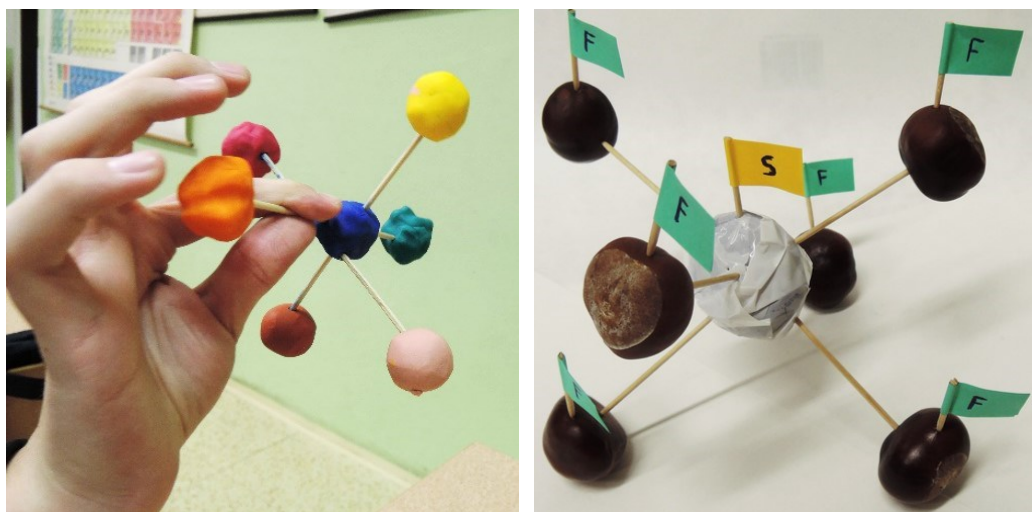
Podle ročního období, v kterém aktivitu zařadíme do výuky, buďto využijeme přírodní nebo umělé materiály. Přírodní materiály žáci dokážou nasbírat sami (úkol je třeba zadat s dostatečným předstihem). Pokud se rozhodneme využít modelovací hmoty (plastelínu, modelínu), žáci si je též mohou přinést sami. Vazby je možné modelovat pomocí párátek a špejlí.

Možná realizace

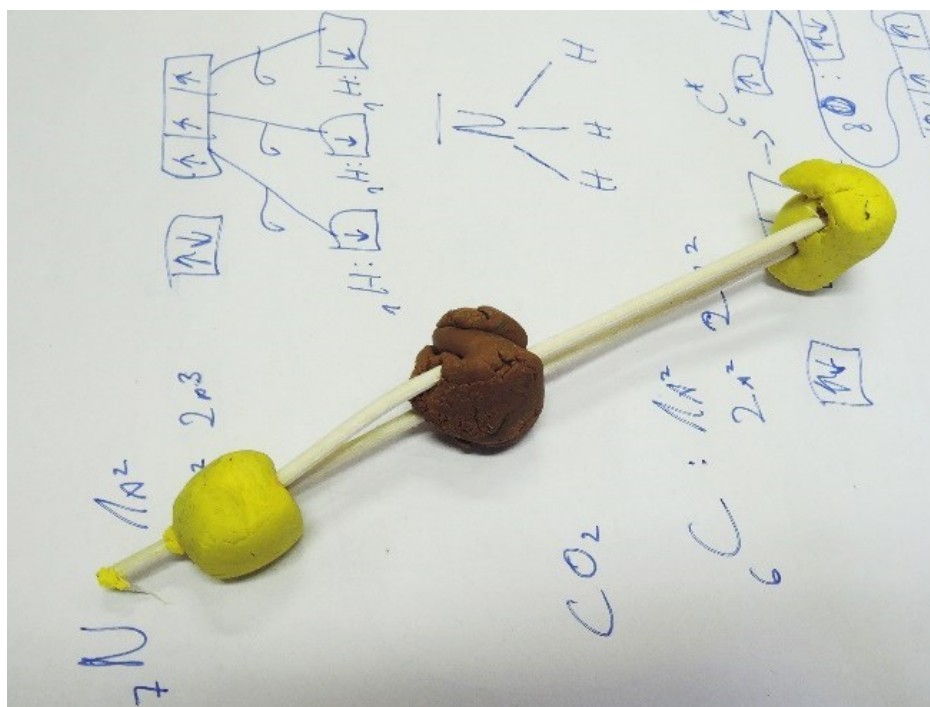
Žákům navrhne několik chemických vzorců prvků a sloučenin, které volíme tak, aby byly zastoupeny atomy s různými hybridizacemi. Jako vhodné molekuly prvků a sloučenin do základního souboru se osvědčily: H_2 , N_2 , H_2O , CO_2 , CH_4 , P_4 , PCl_5 a SF_6 (žákovské modely těchto struktur včetně miskoncepcí – viz Obrázek 3 až Obrázek 7). Žáci mohou navrhnout též další chemické sloučeniny, čímž vedou sami svou výuku k námi požadovanému cíli.



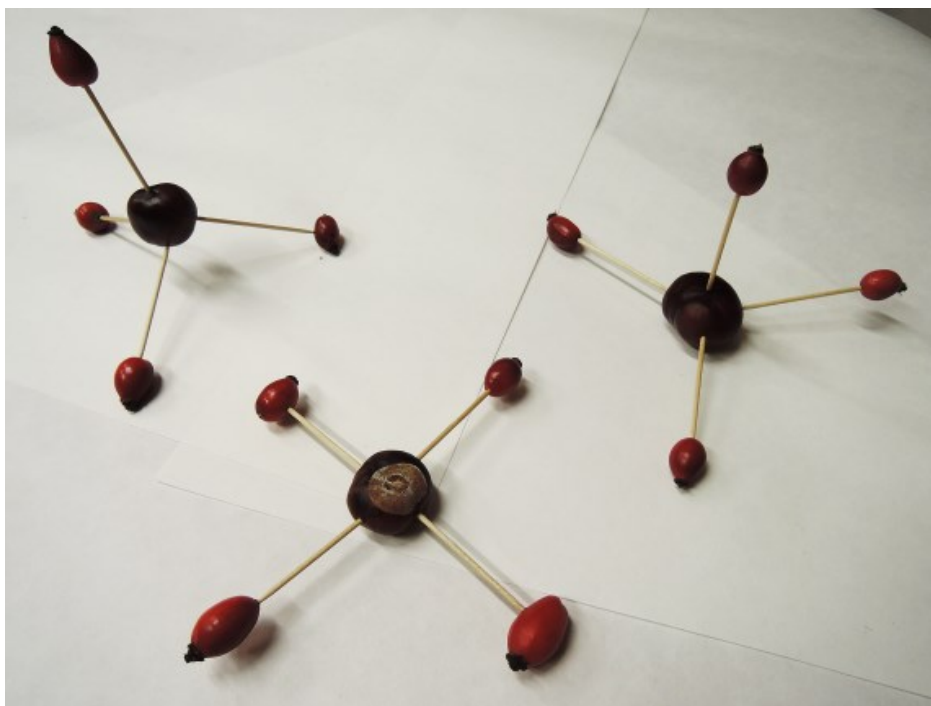
Obrázek 3 Pokusy o vytvoření modelu bílého fosforu (P_4); zleva dvě miskoncepce a správný model



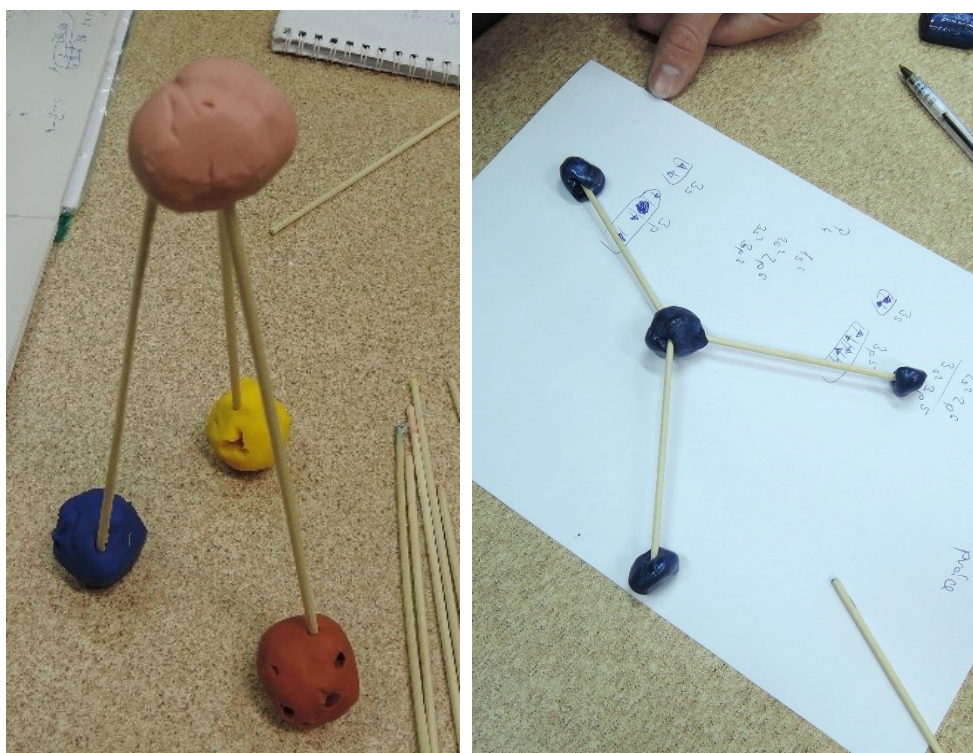
Obrázek 4 Model fluoridu sírového (zleva plastelínový, kaštanový)



Obrázek 5 Plastelínový model oxidu uhličitého (CO_2)



Obrázek 6 Kaštanový model methanu (vlevo nahoře správný model; ostatní jsou miskoncepce)



Obrázek 7 Miskoncepce při tvorbě modelu amoniaku (NH_3) – nesprávné vazebné uhly

Během samostatného žákovského modelování se žáky diskutujeme jejich výsledky a snažíme se, aby samostatně pojmenovávali a zdůvodňovali vybrané tvary molekul. Důležitou součástí aktivity je odhalování a následné odstraňování nesprávných prekonceptů a miskonceptů (Orolínová, Kotuláková, 2014).

Výsledek a hodnocení

Produktem této aktivity jsou žákovské modely, které lze využívat i v následujících hodinách jako demonstrační modely. Při této aktivitě je nezbytné zhodnotit správně geometrické tvary molekul. Žáky můžeme požádat, aby vypracovali zápis o aktivitě – protokol, v kterém zobrazí a pojmenují geometrická tělesa, s nimiž se při aktivitě seznámili.

Didaktické poznámky

Aktivita je vedena jako řízené až nasměrované bádání (Ganajová, 2016).

Žáci řeší problém, který je všeobecně zformulovaný učitelem (odhalit geometrii různých chemických struktur). Postupy, kterých žáci využívají, jsou do jisté míry ovlivněny učitelem (navrhujeme pomůcky), ale každý žák může zvolit vlastní přístup, vlastní materiály. Žáci dopředu neznají výsledek aktivity (geometrickou strukturu přitom odhalují samostatně).

1.3 Výpočty vazebných úhlů v molekulách

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
3. (G4)	1 VH	chemická struktura látek, chemická vazba	geometrie, velikost úhlu

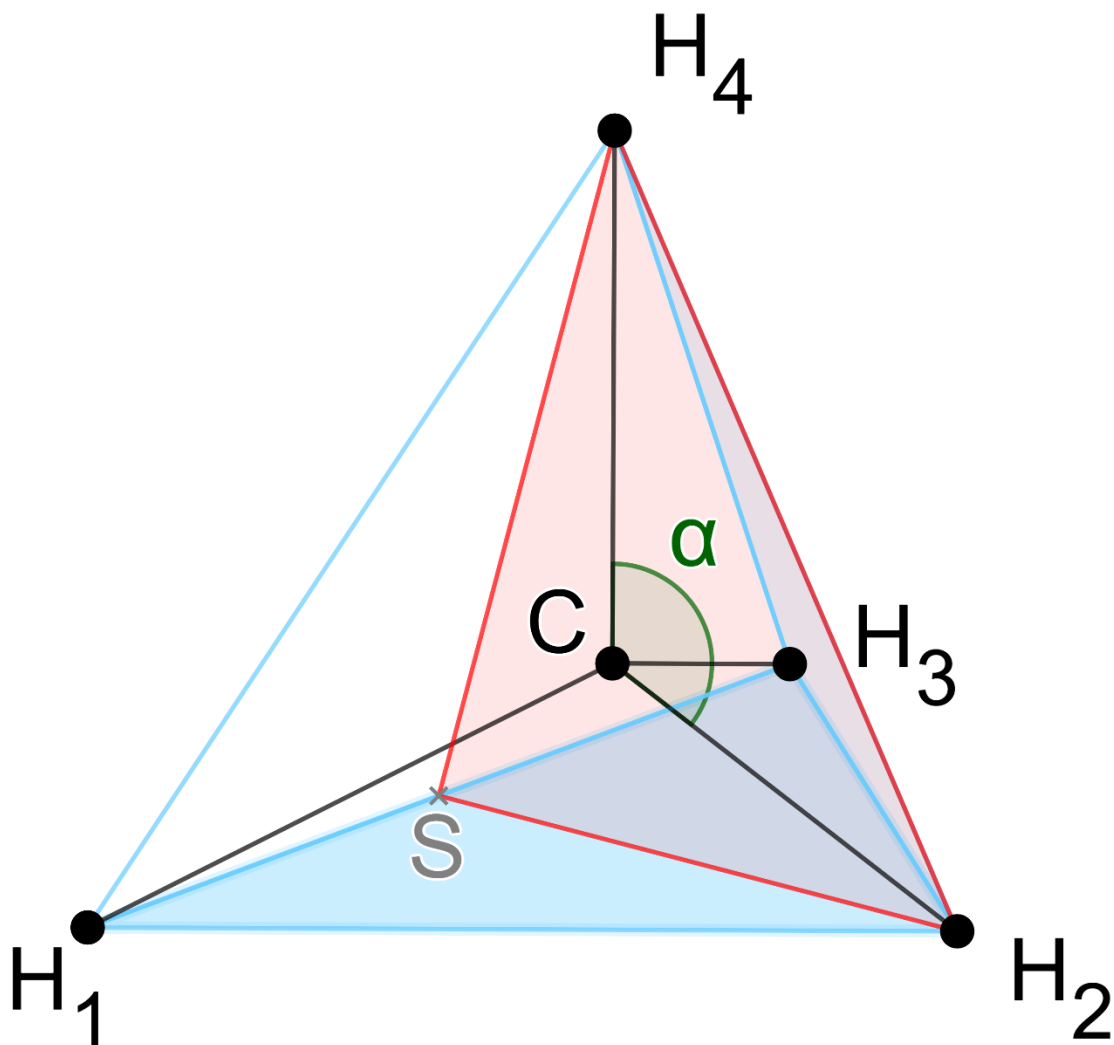
Aktivita je zaměřená na výpočty vazebných úhlů v molekulách a jejich vliv na vlastnosti látek. Žáci využívají své poznatky z rovinné i prostorové geometrie. Nacházejí smysl praktického využití teoretických geometrických výpočtů.

Motivace

Motivovat žáky k této aktivitě lze v návaznosti na předešlou úlohu (odhalování struktury molekul). Žáci se budou zajímat o to, kde se dají využít jejich teoretické matematické poznatky z oblasti goniometrických funkcí a trigonometrie. Stejně se mohou zajímat ale i o to, jak ovlivňuje vazebný úhel vlastnosti sloučeniny.

Možná realizace

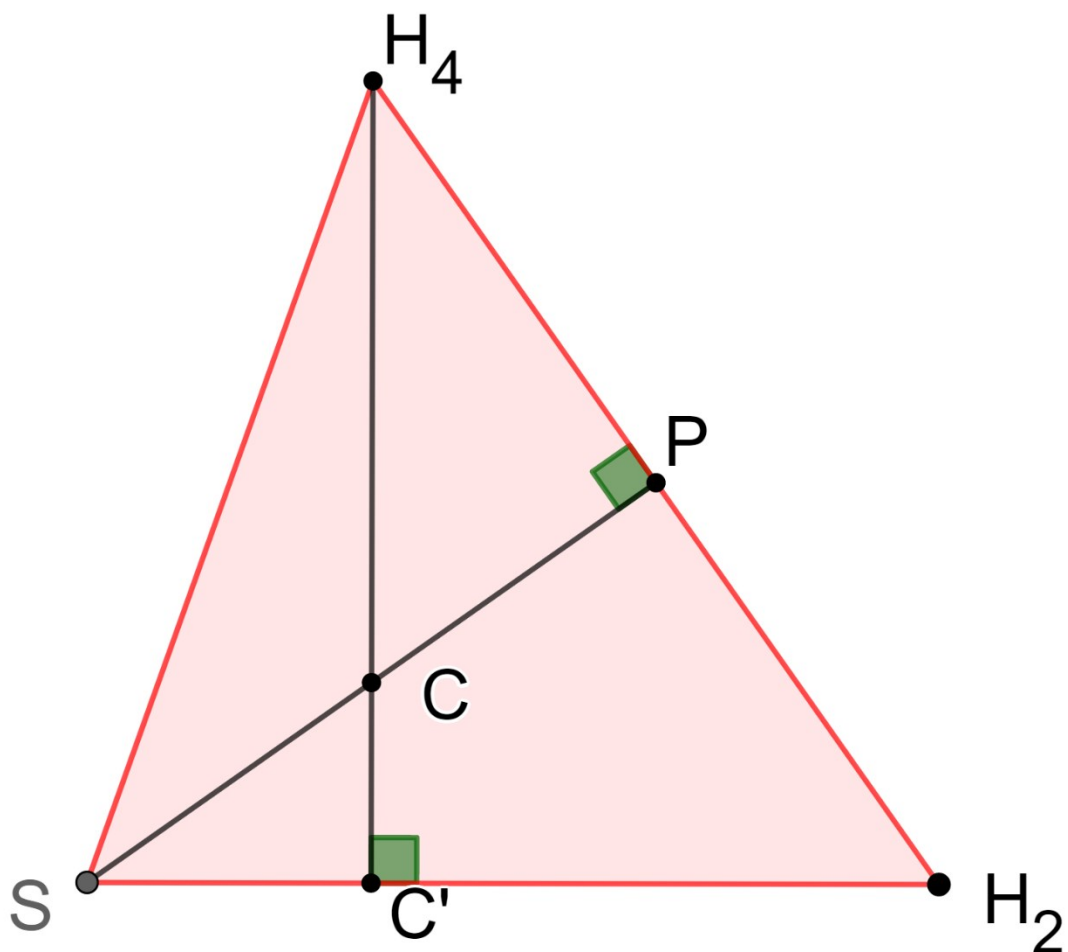
Podobně jako v předešlé aktivitě můžeme žákům navrhnout jednotlivé struktury nebo si žáci sami vyberou struktury, s kterými se seznámili v předešlé aktivitě. Žáci jsou většinou schopni určovat vazebné úhly bez výpočtu u takových struktur, které mají lineární tvar (180°), např. molekula oxidu uhličitého (CO_2), tvar rovnostranného trojúhelníku (120°), např. molekula fluoridu boritého (BF_3), trigonální bipyramidy (90° a 120°), např. molekula chloridu fosforečného (PCl_5), či pravidelného osmistěnu (90°), např. molekula fluoridu sírového (SF_6). Na problém však narazí při určování úhlu v pravidelném čtyřstěnu, např. v molekule methanu (CH_4). Zde je pro přesné určení úhlu nezbytné zapojit geometrické výpočty. Před výpočtem je vhodné udělat odhad výsledku (úhel je někde mezi vazebným úhlem v rovnostranném trojúhelníku a v pravidelném osmistěnu (mezi 90° a 120°). Jeden z možných postupů při výpočtu vazebného úhlu je demonstrován na obrázku (viz Obrázek 8).



Obrázek 8 Rys geometrického modelu methanu (CH₄); jednotlivé atomy vodíku jsou indexovány 1-4, úsečky CH₁, CH₂, CH₃ a CH₄ reprezentují vazby v molekule methanu, α je úhel mezi vazbami C – H (vytvořeno v programu Geogebra)

Pomocí informačních zdrojů si žáci mohou vyhledat délku vazby C – H: např. podle McMurry (2004) je to 110 pm. Konkrétně určení délky vazby není důležité (úloha se dá řešit i abstraktně), ale konkretizace hodnot veličin přispívá k jednoduššímu pochopení principu. Se středy atomů pracujeme jako s body s označením C, H₁, H₂, H₃, H₄ a střed úsečky H₁H₃ označíme S (viz Obrázek 8).

Těžiště čtyřstěnu (poloha středu atomu uhlíku) rozděluje výšku čtyřstěnu v poměru 3 : 1. Odvození:



Obrázek 9 Pomocné vykreslení situace pro důkaz (zelené čtverečky značí pravý úhel).

Označme C' těžiště trojúhelníku $H_1H_2H_3$ a bod P patu kolmice z bodu S na úsečku H_2H_4 (viz Obrázek 9). Trojúhelníky CPH_4 a $H_2C'H_4$ jsou podobné podle věty uu – úhel při H_4 je sdílen oběma trojúhelníky a oba trojúhelníky jsou pravoúhlé. Musí tedy platit:

$$\frac{|CH_4|}{|H_2H_4|} = \frac{|PH_4|}{|H_4C'|}$$

Trojúhelník SH_2H_4 je rovnoramenný, a proto bod P půlí stranu H_2H_4 . Bod C' je zároveň těžištěm rovnostranného trojúhelníku $H_1H_2H_3$ a proto rozděluje jeho výšku (těžnici) v poměru 1:2. Výška rovnostranného trojúhelníku je $\frac{\sqrt{3}}{2}$ krát delší než jeho strana (H_1H_2 , H_2H_3 , H_3H_1 ale i H_2H_4). Dosazením do vztahu dostaneme:

$$\frac{|\text{CH}_4|}{|\text{H}_2\text{H}_4|} = \frac{\frac{1}{2} |\text{H}_2\text{H}_4|}{\frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot |\text{H}_2\text{H}_4|}$$

Po úpravě

$$|\text{CH}_4| = \frac{\sqrt{6}}{4} \cdot |\text{H}_2\text{H}_4|$$

Dále z Pythagorovy věty pro trojúhelník $\text{H}_2\text{C}'\text{H}_4$ plyne:

$$|\text{C}'\text{H}_4| = \sqrt{|\text{H}_2\text{H}_4|^2 - \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot |\text{H}_2\text{H}_4|\right)^2} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot |\text{H}_2\text{H}_4|$$

Označíme-li výšku čtyřstěnu v což je délka úsečky $|\text{C}'\text{H}_4|$ tak po dosazení do poměru získáme:

$$\frac{|\text{CH}_4|}{v} = \frac{\frac{\sqrt{6}}{4} \cdot |\text{H}_2\text{H}_4|}{\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot |\text{H}_2\text{H}_4|} = \frac{3}{4}$$

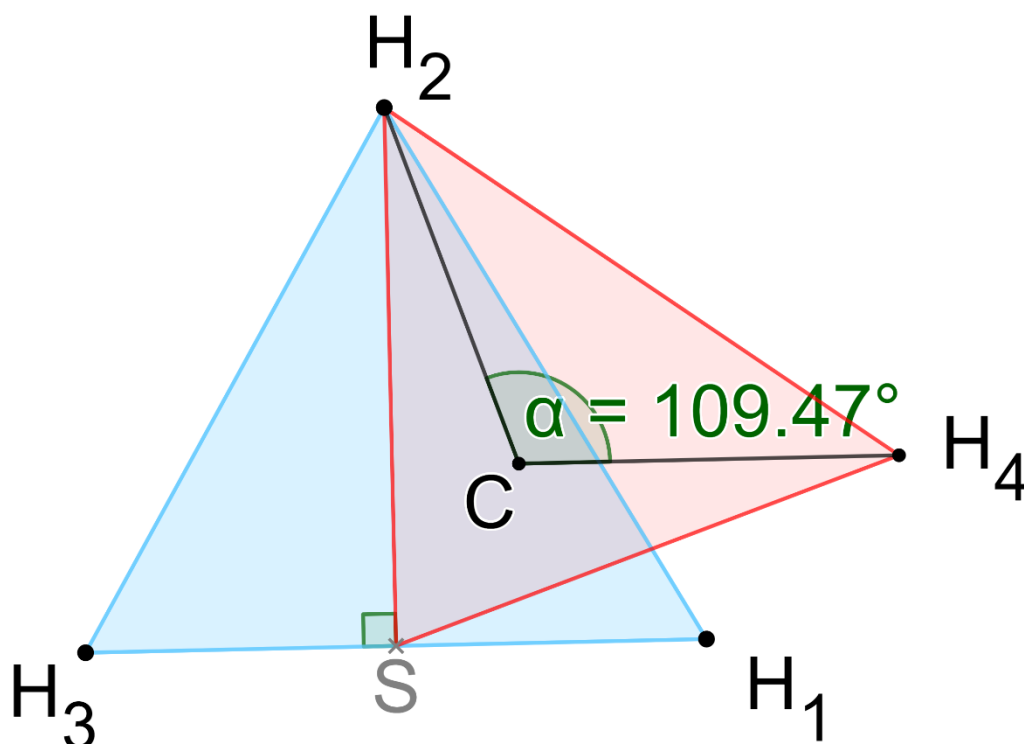
Výška čtyřstěnu v sa tedy vypočítá:

$$v = \frac{4}{3} |\text{CH}_4| \doteq 146,7 \text{ pm}$$

Úsečka H_1H_2 je stranou čtyřstěnu. Její délku $|\text{H}_1\text{H}_2|$ lze vypočítat ze vztahu, který je výše odvozen:

$$|\text{H}_1\text{H}_2| = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot v = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \cdot 146,7 = 179,7 \text{ pm}$$

Pomocné vykreslení situace potřebné pro výpočet úhlu je zobrazeno na obrázku (Obrázek 10).



Obrázek 10 Pomocné vykreslení situace pro výpočet úhlu mezi vazbami C – H v molekule methanu
 Výpočet velikosti úhlu α je potom už pouze otázkou aplikace kosinové věty v trojúhelníku H_1H_2C :

$$\cos \alpha = \frac{|H_1H_2|^2 - |H_1C|^2 - |H_1C|^2}{-2 \cdot |H_1C| \cdot |H_1C|} \doteq -0,3344$$

Symbol $|H_1H_2|$ označuje délku úsečky H_1H_2 .

Hodnotu velikosti úhlu mohou žáci dohledat v tabulkách nebo ji vypočítat pomocí kalkulačky. Velikost vazebného úhlu α v methanu je:

$$\alpha \doteq 109,47^\circ$$

Výsledek a hodnocení

Produktem žákovské aktivity je postupný výpočet vazebného úhlu mezi atomy uhlíku a vodíků v zadané molekule. Žáci by měli vypracovat zápis o vykonané aktivitě – protokol, kde by měli zobrazit geometrické tvary molekul a vyznačit jednotlivé vazebné

úhly (většinou s použitím volného rovnoběžného promítání pro zobrazování úhlů). Pak je vhodné zhodnotit též přesnost náčrtů.

Didaktické poznámky

Aktivita odstraňuje transmisivní přístup při výkladu o vazebných úhlech. Při samostatné žákovské aktivitě je třeba s žáky postup diskutovat a nezavrhovat nápady, které nevedou přímo k výsledku (obzvláště v oblasti geometrických výpočtů, kde je možné k správnému výsledku dojít více různými postupy). Úloha může mít charakter řízeného bádání.

2 Aktivity zaměřené na využití algebraických postupů v chemii

Následující aktivity jsou zaměřeny na využívání algebraického aparátu v chemii. Žáci si lépe osvojí význam pojmu neznámá a její vyjádření ze vzorce, stejně jako principy řešení lineárních rovnic.

2.1 Výpočet tepelného zabarvení reakce

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
1. – 2. (G4)	2 VH	termochemie	úpravy rovnic, neznámá

Aktivita je zaměřená na výpočty reakčního tepla reakce nebo fyzikálně-chemického děje. Žáci si ověří na konkrétních příkladech pokusů, které jsou experimentálně měřitelné, význam pojmů exotermická a endotermická reakce.

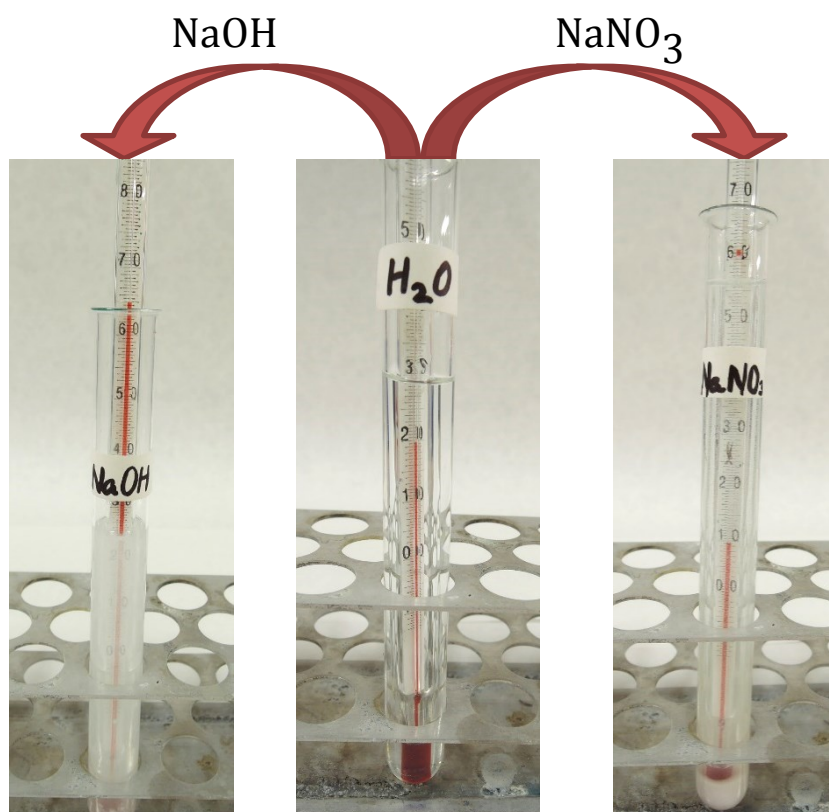
Motivace

K této aktivitě lze žáky motivovat diskusí o příkladech dějů, které jsou exotermické a endotermické. Většina žáků je schopná uvést příklady exotermických dějů, s endotermickými ději je to již ale složitější. Jedním z příkladů mohou být hřejivé a chladicí polštářky. Žáky můžeme tímto způsobem přivést k tepelným efektům rozpouštění solí.

Možná realizace

Žáci si připraví roztoky různých sloučenin (např. NaOH, CaSO₄, K₂CO₃, KCl, NH₄NO₃ a NaNO₃) a při jejich rozpouštění měří tepelný efekt pomocí teploměru. Potom rozdělí soli do skupin podle toho, zda jejich rozpouštění bylo endotermické nebo exotermické (viz Obrázek 11).

Někteří žáci se budou zajímat o to, zda se dá předpovědět, že rozpouštění určité sloučeniny (soli) bude endotermický nebo exotermický děj pouze ze složení zkoumané sloučeniny.



Obrázek 11 Výsledek experimentu exotermického a endotermického rozpouštění

Při tomto teoretickém odvození využijeme aplikaci 1. a 2. termochemického zákona:

1. termochemický zákon (Lavoisier a Laplace): Hodnota reakčního tepla přímé reakce a reakčního tepla zpětné reakce (tj. stejné reakce, ale probíhající opačným směrem za stejných podmínek) je stejná, až na znaménko (+/-). (Vacík, 2017)

2. termochemický zákon (Hessův): (Izobarické) reakční teplo určité reakce je stejné jako součet reakčních tepel postupného sledu reakcí, které vycházejí ze stejných reaktantů (jako daná reakce) a končí stejnými produkty. (Vacík, 2017); jinými slovy též: Výsledná hodnota reakčního tepla nezáleží na průběhu chemické reakce, ale pouze na jeho počátečním a konečném stavu.

Tyto zákony definují reakční teplo jako stavovou funkci. Z matematického hlediska se tedy s reakčním teplem dá pracovat pomocí ekvivalentních úprav lineárních rovnic. Ze standardních slučovací tepel jednotlivých látek přítomných v daném chemickém ději je možné vypočítat tepelné zabarvení libovolného děje. Demonstrovat budeme na příkladech z obrázku (viz Obrázek 11 na předešlé straně).

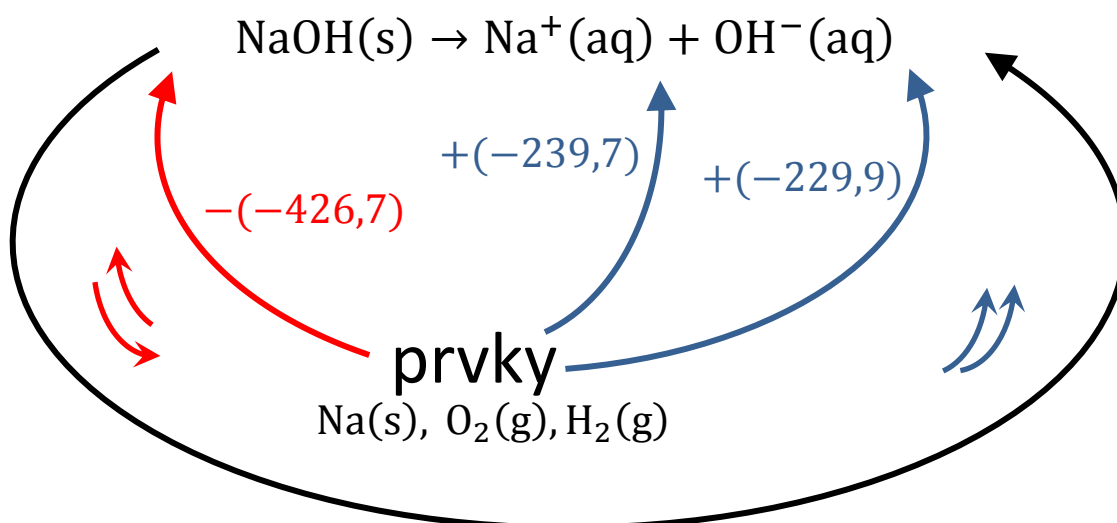
Výpočty se opírají o znalost standardních slučovacích tepel jednotlivých látek (pro soli a jejich ionty můžeme využít např. http://nshs-science.net/chemistry/common/pdf/R-standard_enthalpy_of_formation.pdf) nebo vyhledat hodnoty standardních slučovacích tepel látek v chemických analytických tabulkách – Vohlídal et al., 1999).

V následující tabulce jsou shrnuty hodnoty potřebné pro výpočty pro vybrané sloučeniny (Tabulka 1).

Tabulka 1 Standardní slučovací entalpie vybraných látek a iontů

Látka	$\Delta_{\text{sluč}}H_{298}^{\ominus}$ [kJ. mol ⁻¹]
NaNO ₃ (s)	-466,9
NaOH(s)	-426,7
Na ⁺ (aq)	-239,7
NO ₃ ⁻	-206,6
OH ⁻	-229,9

Při výpočtu s využitím slučovacích entalpií využijeme grafické vysvětlení principu:



Obrázek 12 Grafické znázornění výpočtu tepelného zabarvení při rozpouštění hydroxidu sodného
 Obrázek 12 graficky popisuje způsob výpočtu tepelného zabarvení při rozpouštění hydroxidu sodného. Z grafu potom přímo vyčteme, jak máme vypočítat entalpii tohoto

děje (červené šipky znamenají, že částečný děj probíhá v protisměru daného děje a modré šipky znamenají, že částečné děje probíhají ve směru daného děje). Aplikací obou termochemických zákonů dostáváme vztah:

$$\Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{NaOH}, \text{s}) + \Delta H_{298}^{\circ} = \Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{Na}^+, \text{aq}) + \Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{OH}^-, \text{aq}),$$

a využitím ekvivalentních úprav lineárních rovnic dostáváme výsledný vztah:

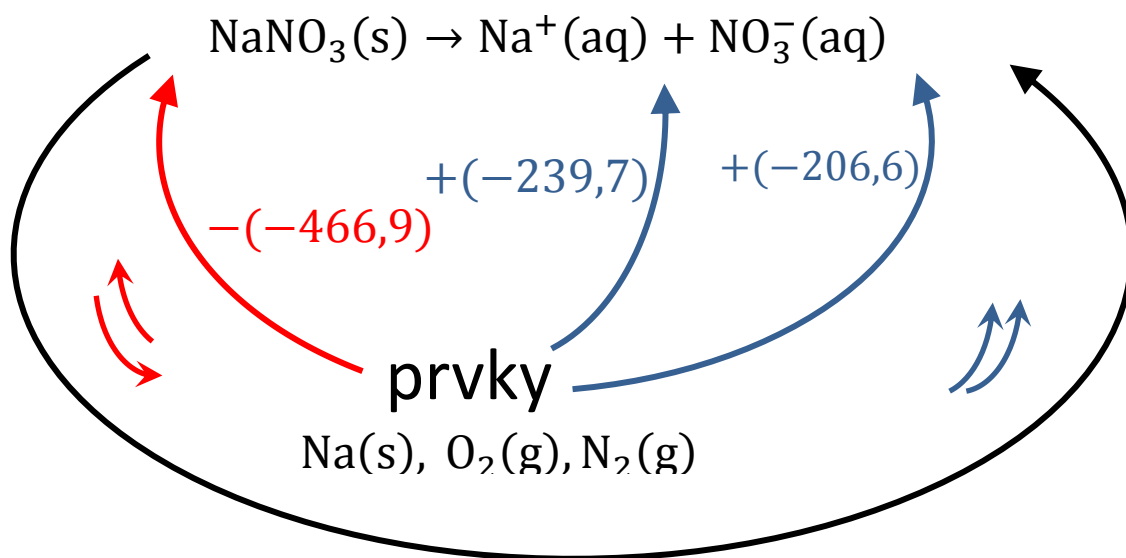
$$\Delta H_{298}^{\circ} = \Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{Na}^+, \text{aq}) + \Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{OH}^-, \text{aq}) - \Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{NaOH}, \text{s}),$$

který po dosazení hodnot poskytne výsledek:

$$\Delta H_{298}^{\circ} = +(-239,7) + (-229,9) - (-426,7) = -42,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Jedná se tedy o exotermickou reakci, což nám potvrdil i experiment (viz Obrázek 11).

Obdobný postup výpočtu pro dusičnan sodný je naznačen v následujícím obrázku (Obrázek 13).



Obrázek 13 Grafické znázornění výpočtu tepelného zabarvení při rozpouštění dusičnanu sodného
 Při výpočtu postupujeme analogicky:

$$\Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{NaNO}_3, \text{s}) + \Delta H_{298}^{\circ} = \Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{Na}^+, \text{aq}) + \Delta_{sluč}H_{298}^{\circ}(\text{NO}_3^-, \text{aq}),$$

a využitím ekvivalentních úprav lineárních rovnic dostáváme výsledný vztah:

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \Delta_{sluč} H_{298}^{\circ}(\text{Na}^+, \text{aq}) + \Delta_{sluč} H_{298}^{\circ}(\text{NO}_3^-, \text{aq}) - \Delta_{sluč} H_{298}^{\circ}(\text{NaNO}_3, \text{s}),$$

který po dosazení hodnot poskytne výsledek:

$$\Delta H_{298}^{\circ} = +(-239,7) + (-206,6) - (-466,9) = +20,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Jedná se tedy o endotermickou reakci, což bylo opět potvrzeno experimentem.

Do jisté míry můžeme tepelné efekty též kvantifikovat (minimálně porovnáním teplotních rozdílů v roztocích). Absolutní hodnota tepelného zabarvení pro hydroxid sodný je větší než pro dusičnan sodný a odpovídá tomu i teplotní rozdíl. Samozřejmě nemůžeme tento rozdíl kvantifikovat přesně (nezabráníme únikům tepla do prostředí).

Výsledek a hodnocení

Výsledkem práce žáků jsou postupy výpočtů. Hodnotíme správnost výpočtů a diskutujeme s nimi případné chyby. Je potřebné dbát na přesný zápis proměnných a ověřovat, zda žáci rozumí zápisům tepelných efektů pomocí entalpií (např., že zápis $\Delta_{sluč} H_{298}^{\circ}(\text{NaNO}_3, \text{s})$ představuje jednu proměnnou).

Didaktické poznámky

Aktivita má prvky potvrzujícího a řízeného bádání. Poskytuje konstruktivní přístup k modelování konceptů exotermická a endotermická reakce. V následnosti na aktivitu můžeme žákům zadat další soli, které máme dostupné a ověřit tyto poznatky na dalších sloučeninách.

2.2 Výpočet stechiometrických koeficientů

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
1. (G4)	1 VH	stechiometrie, chemická rovnice	soustavy lineárních rovníc

Aktivita je zaměřená na aplikaci řešení soustav lineárních rovnic. Využívají se principy řešení specifických případů soustav, konkrétně soustav s nekonečným počtem řešení.

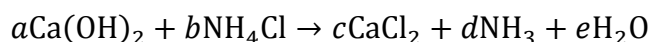
Motivace

Při výuce vyčíslování rovnic, které nejsou redoxního charakteru, je možné využít postup, při kterém zvolíme všechny stechiometrické koeficienty za neznámé. Můžeme žákům ukázat praktické využití rovnic s nekonečným počtem řešení, při kterých je potřebné využít parametr.

Možná realizace

Respektováním zákona zachování hmotnosti dokážeme sestavit soustavu rovnic pro neznámé (stechiometrické koeficienty), která bude mít nekonečně mnoho řešení. Souvisí to s tím, že stechiometrické koeficienty chemické rovnice jsou jednoznačné (až na násobek).

Ukázka příkladu vyčíslení rovnice reakce hydroxidu vápenatého s chloridem amonným, při které vzniká chlorid vápenatý, amoniak a voda:



Ze zákona zachování hmotnosti:

$$\text{Ca: } a = c$$

$$\text{O: } 2a = e$$

$$\text{H: } 2a + 4b = 3d + 2e$$

$$\text{N: } b = d$$

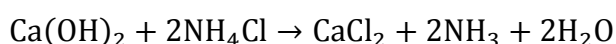
$$\text{Cl: } b = 2c$$

Řešením soustavy zjistíme, že v souboru rovnic jsou jenom čtyři lineárně nezávislé rovnice, ale pět neznámých. Řešení pomocí matic:

$$\left(\begin{array}{ccccc|c} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & -3 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \sim \left(\begin{array}{ccccc|c} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 4 & 2 & -3 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 0 & 0 & 0 \end{array}\right) \sim \left(\begin{array}{ccccc|c} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \end{array}\right)$$

Jde tedy o soustavu rovnic s nekonečným počtem řešení a pro vyjádření jejího řešení je třeba využít parametr (t).

Řešení je $K = \left\{ \left[\frac{t}{2}; t; \frac{t}{2}; t; t \right]; t \in \mathbb{R} \right\}$, K označuje množinu všech řešení soustavy rovnice, \mathbb{R} označuje množinu reálných čísel. Toto řešení získáme, když budeme uvažovat pouze matematickou stránku věci. Z chemického hlediska musíme omezit parametr t jen na přirozená čísla. Chceme-li, aby soubor stechiometrických koeficientů obsahoval co nejmenší, ale celá čísla, musíme zvolit $t = 2$. Pak vyčíslená rovnice bude mít tvar:



Výsledek a hodnocení

Produktem je vyčíslená rovnice. S žáky diskutujeme přínos teoretických matematických poznatků při řešení specifických případů soustav lineárních rovnic. Po aktivitě můžeme zařadit písemné přezkoušení, v kterém budeme vyžadovat vyčíslení rovnice zadaným způsobem.

Didaktické poznámky

Aktivita má charakter potvrzujícího bádání (žáci ověřují aplikaci principů potřebných pro vyčíslování rovnic). V této aktivitě je hlavním přínosem lepší pochopení matematické teorie týkající se soustav lineárních rovnic s nekonečným počtem řešení. Žáci si často neuvědomují fakt, že jednotlivá řešení se liší od sebe jen násobkem, přičemž tuto skutečnost v chemii při vyčíslování rovnic respektují. Toto vysvětlení by mohlo být přínosem též pro učitele matematiky, kteří potřebují žákům demonstrovat praktické využití poznatků ze svého výkladu matematické teorie.

3 Aktivity zaměřené na matematickou logiku a práci s tabulkami a grafy

V následujících aktivitách si žáci mohou procvičit a pochopit význam matematické statistiky, teorie množin a matematické logiky při zdůvodňování a vyhodnocování svých činností.

3.1 Příprava zdravého jídelníčku

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
2. – 3. (G4)	4 VH	přírodní látky, základní složky potravy	matematická statistika, práce s tabulkou

Aktivita je zaměřená na přípravu zdravého jídelníčku. V žácích tato aktivita vzbuzuje zájem o zdravou stravu a správný životní styl. Takováto tematika je v posledních letech velmi aktuální, a proto je i pro žáky lákavá.

Motivace

Přibližně týden před zahájením aktivity žáky požádáme, aby si začali odkládat obaly od potravin, které obsahují tabulky výživových hodnot. První vyučovací hodinu věnujeme diskusi o tom, co žáci vnímají pod pojmy zdravá výživa, správný životní styl. Pro tuto část aktivity je vhodná metoda pojmové mapy (Prokša et al., 2008) a brainstormingu (Kalhous et al., 2002). Vzhledem k navrženým pojmům přizpůsobíme činnosti v praktické části. Před začátkem realizace je vhodné rozdělit žáky do skupin podle jednotlivých složek potravy (např. sacharidy, bílkoviny, tuky, vitamíny a minerály).

Možná realizace

Druhou a třetí vyučovací hodinu věnujeme realizaci. Vhodnou metodou pro toto téma může být projektové vyučování, kam jsou zařazeny též badatelské aktivity (Ganajová, 2010).

Žáci by si měli kromě etiket a tabulek výživových hodnot z potravin, které běžně jí, přinést též vzorky těchto potravin. Součástí aktivity může být experimentální ověření přítomnosti hlavních složek potravy v dané potravíně. Jednotlivé skupiny, které se vytvoří v motivační fázi, ověřují přítomnost dané složky v potravíně.

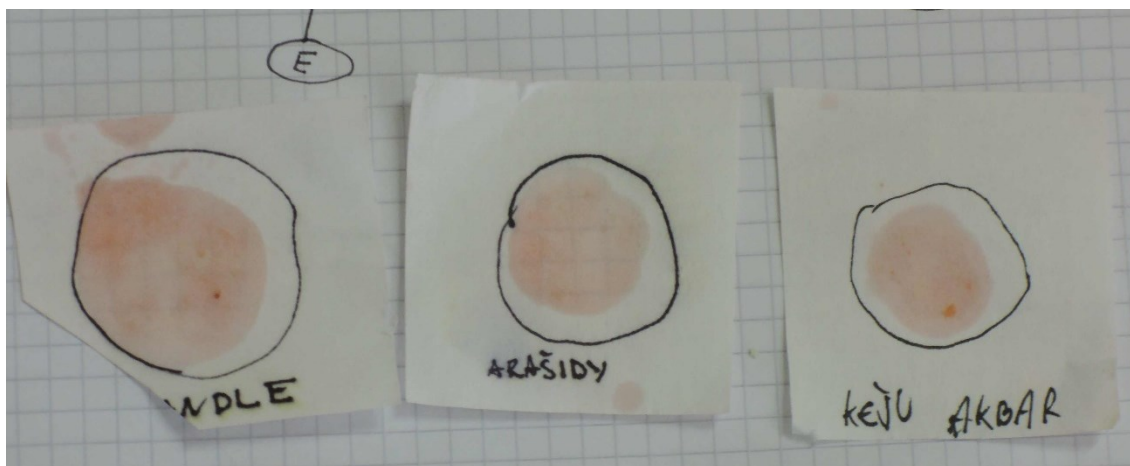
Pro důkaz přítomnosti sacharidů je možné použít test (viz Obrázek 14) pomocí Lugolova roztoku (1 g KI a 0,35 g I₂ se rozpustí ve 100 cm³ destilované vody) nebo

přímo testovat vzorky pomocí přípravků z lékárny (Jodisol nebo Betadine). Důkaz škrobu v potravinách je založen na reakci jódu s amylosou, jejíž přítomnost se projevuje vznikem tmavého, modročerného zbarvení. Pokud se zbarvení přikápnutého roztoku nezmění, jde o negativní výsledek, škrob není ve vzorku přítomen (podle Šulcová, Böhmová, 2007).



Obrázek 14 Důkaz přítomnosti / nepřítomnosti sacharidů

Pro důkaz přítomnosti tuků lze využít jednoduchého experimentu s použitím ethanolového roztoku červeného azobarviva Sudan. Toto barvivo je dobře rozpustné v tucích. Na filtrační papírek se nanese rozetřené jádro ořechu nebo olejnatého semena. Papírek se namočí asi na dvě minuty do ethanolového roztoku Sudanu, poté se vyjme a proplachuje v kádince s čistým ethanolem, dokud se nevymyje přebytečné barvivo. Sudanová červeň ve styku s mastnou skvrnou na papírku přejde do míst, kde je obsažen tuk z jádra ořechu (podle Šulcová, Böhmová, 2007). (viz Obrázek 15)



Obrázek 15 Důkaz přítomnosti lipidů

Pro důkaz přítomnosti bílkovin lze použít jednoduchý důkaz pomocí biuretové reakce. Připravíme si vzorky, ve kterých budeme dokazovat přítomnost bílkoviny. Pokud není vzorek potravinový tekutý, je vhodné jej nakrájet (roztlouci) nadrobno a vylouhovat v malém množství horké vody. Potom se přidá 10% roztok NaOH (kontrolujeme, zda je vzniklý roztok dostatečně zásaditý). Poté se přidá 5% roztok CuSO_4 a po chvíli již lze pozorovat barevné změny. Pozitivním důkazem přítomnosti bílkoviny je fialové či růžové zbarvení roztoku (viz Obrázek 16) způsobené tvorbou komplexů měďnatých iontů s rozpustnými bílkovinami v zásaditém prostředí. (podle Šulcová, Böhmová, 2007).



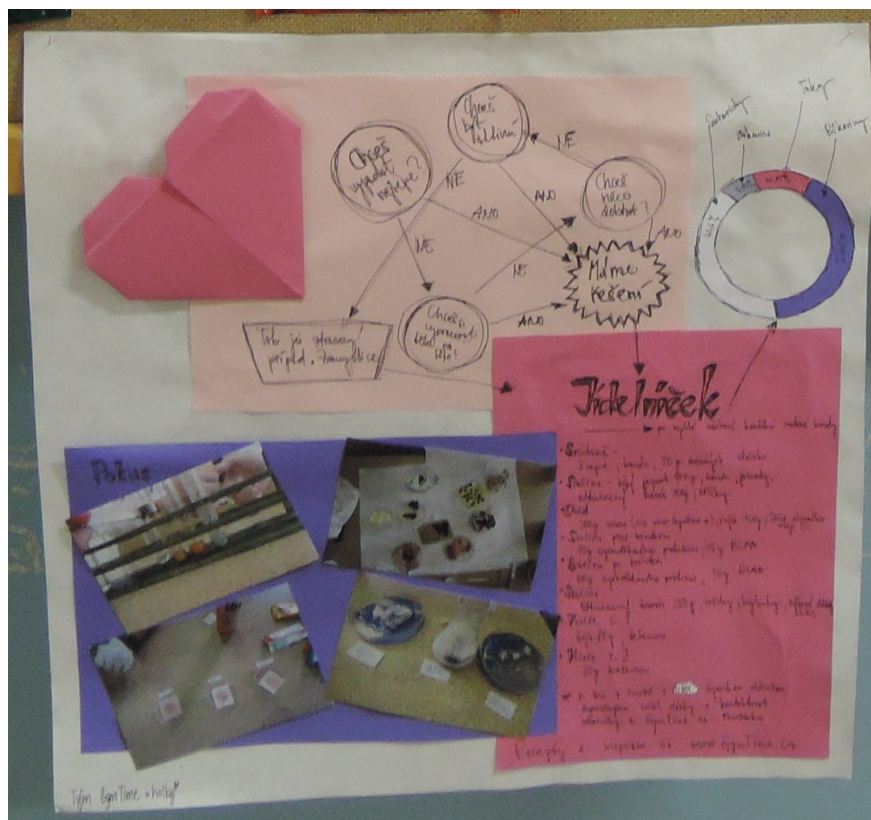
Obrázek 16 Důkaz bílkovin

Žáci pomocí důkazových reakcí tak zjišťují přítomnost látek v potravinách, které běžně konzumují. Z uvedených důkazových reakcí se dá do jisté míry odhadnout i kvantita přítomné látky (porovnáním intenzity zabarvení).

Výsledek a hodnocení

Při hodnocení můžeme využít skutečnosti, že žáci pracovali ve skupinách. Jednotlivé skupiny mohou demonstrovat a prezentovat výsledky svého experimentu. Produktem žakovského bádání při této aktivitě by mělo být následné zpracování zdravého jídelníčku (viz Obrázek 17).

Při prezentaci jídelníčků můžeme pozorovat zájmy a hodnotovou orientaci žáků.



Obrázek 17 Jídelníček připravený studenty s grafem rozdělení hlavních složek stravy

Didaktické poznámky

Aktivita má charakter nasměrovaného bádání. Lze ji realizovat formou projektového vyučování. (Ivan, Šulcová, 2016a)

3.2 Pojmy chiralita a symetrie

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
2. – 3. (G4)	2 VH	chiralita	symetrie, teorie množin, matematická logika

Aktivita je zaměřená na správné pochopení pojmů chiralita a symetrie, chirální (achirální) a symetrický (asymetrický) objekt. Zároveň využívá základy matematické logiky a teorie množin (množinových operací).

Motivace

Hlavní otázkou v mysli žáka by měl být rozdíl mezi pojmy chiralita a asymetrie. V mnohých učebnicích se setkáváme se ztotožňováním těchto dvou pojmů. Je ale možné tyto pojmy za všech okolností ztotožnit? Jsou tedy tyto pojmy rovnocenné nebo je množina objektů označených jedním pojmem podmnožinou množiny objektů označených druhým pojmem?

Možná realizace

Potřebujeme materiály pro modelování – plastelínu, modelínu, nafukovací balóčky, molekulové stavebnice apod. Žáky necháme modelovat objekty (viz Obrázek 19), které patří pod jednotlivé pojmy (symetrie – asymetrie, chiralita – achiralita) podle jejich definic:

Symetrický objekt je takové těleso, které lze zobrazit samo na sebe některým z geometrických zobrazení kromě identity. (Mainzer, 2005)

Chirální objekt je takové těleso, které nelze pouhým posunutím nebo otočením ztotožnit s jeho zrcadlovým obrazem. (Kelvin, 1894)

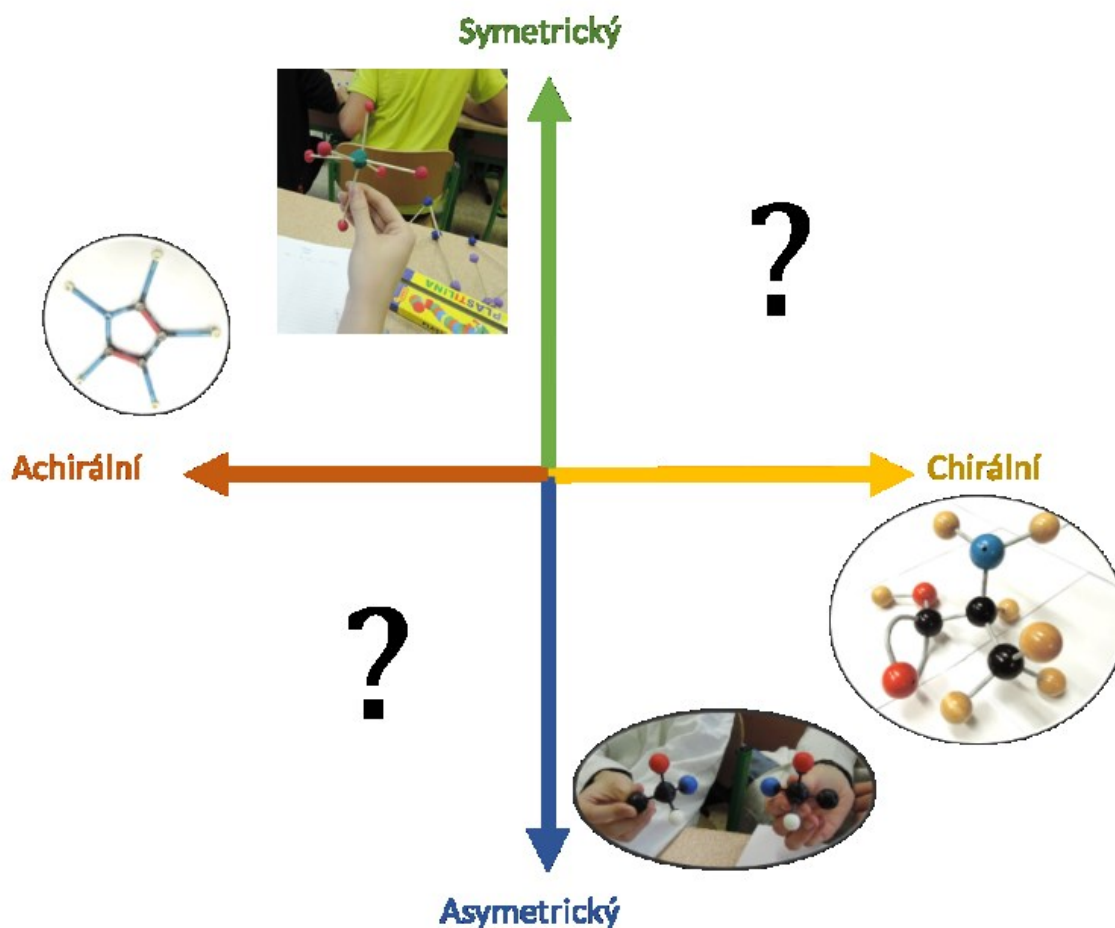


Obrázek 18 Zleva: objekty chirální asymetrické a achirální symetrické.



Obrázek 19 Objekty chirální symetrické

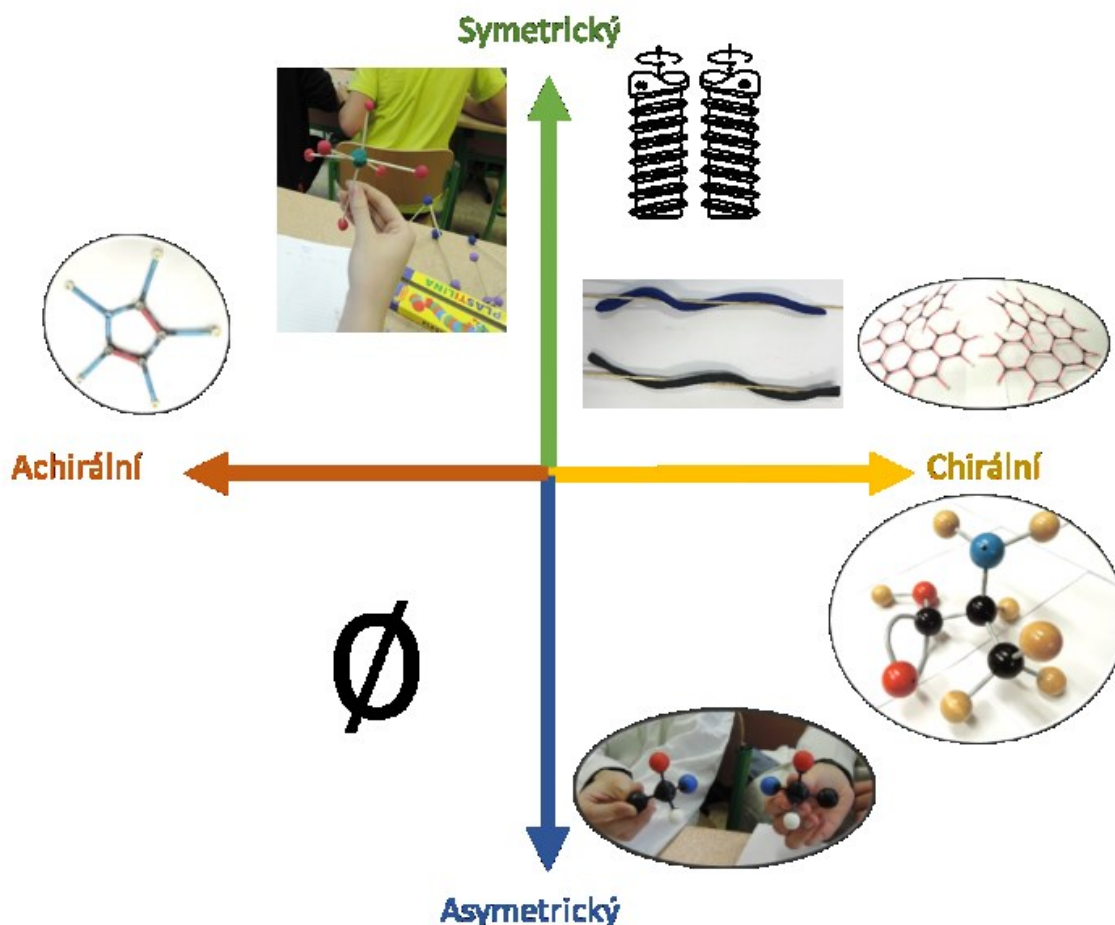
Žáci jsou většinou schopni namodelovat chirální asymetrické objekty a achirální symetrické objekty (viz Obrázek 20).



Obrázek 20 Rozdělení modelovaných objektů do množin

Žáci postupně samostatně dospějí k předmětům, které se hodí do pravé horní části. Většinou se k této myšlence dostanou, když je odvedeme od čistého chemického

nahlížení na problém a chceme od nich, aby hledali příklady z běžného života (např. závit šroubu). Žáci tedy namodelují symetrický chirální objekt (objekt musí mít symetrii ve formě dvoučetné osy – Fišer, 1980). Mezi takové objekty patří např. pravo- a levotočivá šroubovice nebo některé složitější chemické struktury organických látek. Žákům můžeme zadat za domácí úkol, aby našli objekt, který bude patřit do čtvrté skupiny – achirální a asymetrický. Takovýto objekt však neexistuje (viz Obrázek 21).



Obrázek 21 Rozdělení objektů do množin, po úpravě

Výsledek a hodnocení

Produktem žákovské práce by mělo být grafické znázornění souvislostí mezi pojmy. Můžeme zadat též úlohu, aby žáci výsledné pozorování vyjádřili pomocí matematické logiky nebo teorie množin (při zpracování grafického výstupu mohou využít např. Vennovy diagramy). Hodnotit můžeme jednotlivé výroky a zápisy množinových vztahů.

Pravdivé výroky o jednotlivých pojmech:

Když je objekt asymetrický, je chirální.

Když je objekt achirální, je symetrický.

Existují objekty chirální a symetrické.

Neexistuje objekt achirální asymetrický.

Didaktické poznámky

Žáci si při této aktivitě mohou procvičit základní pojmy z matematické logiky a teorie množin. Na konkrétním příkladu vidí význam přesného matematického vyjadřování. Aktivita má charakter řízené badatelsky orientované výuky.

4 Aktivity zaměřené na využití funkcionální analýzy

Následující aktivity vysvětlují význam funkčních závislostí v chemii. Na názorných příkladech ukazují důležitost funkcionální analýzy pro ostatní přírodní vědy a aplikaci teoretických matematických poznatků z oblasti funkcí.

4.1 Definice pH pomocí logaritmické funkce

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
2. (G4)	2 VH	pH	logaritmická funkce

Aktivita vysvětluje význam použití logaritmické funkce při definici pH.

Motivace

Při definici pH většinou uvedeme žákům přesnou matematickou formulaci – tedy, že pH je záporný dekadický logaritmus aktivity (relativní koncentrace) oxoniových kationtů přítomných v roztoku. Často se můžeme při této definici setkat s otázkou: Proč se tu používá logaritmus? Nestačilo by definovat pH pouze pomocí koncentrace oxoniových kationtů?

Možná realizace

Odpověď na otázky uvedené v motivační části žáci nacházejí při realizaci aktivity. Připravíme roztok silné jednosytné kyseliny s koncentrací $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, např. kyseliny chlorovodíkové. Zadáme úlohu, aby odhalili, jak se bude měnit pH roztoku vzhledem ke koncentraci kyseliny. Žáci zjistí, že musí zásobní roztok kyseliny ředit (poměr 1 : 10 – žiaci na tento poměr přijdou metodou pokus – omyl, pokud by ředili roztoky např. 1 : 2, hodnoty pH nebudou celá čísla). (Z důvodů bezpečnosti práce pro první měření doporučujeme, aby učitel provedl ředění kyseliny v poměru 1 : 10 demonstračně sám.) Žáci si potom ve skupinách odeberou zásobní roztok, s kterým budou dále pracovat. Postupně měří pH ředěných roztoků (můžeme využít pH-metr. ale i univerzální indikátorové papírky – viz Obrázek 22).

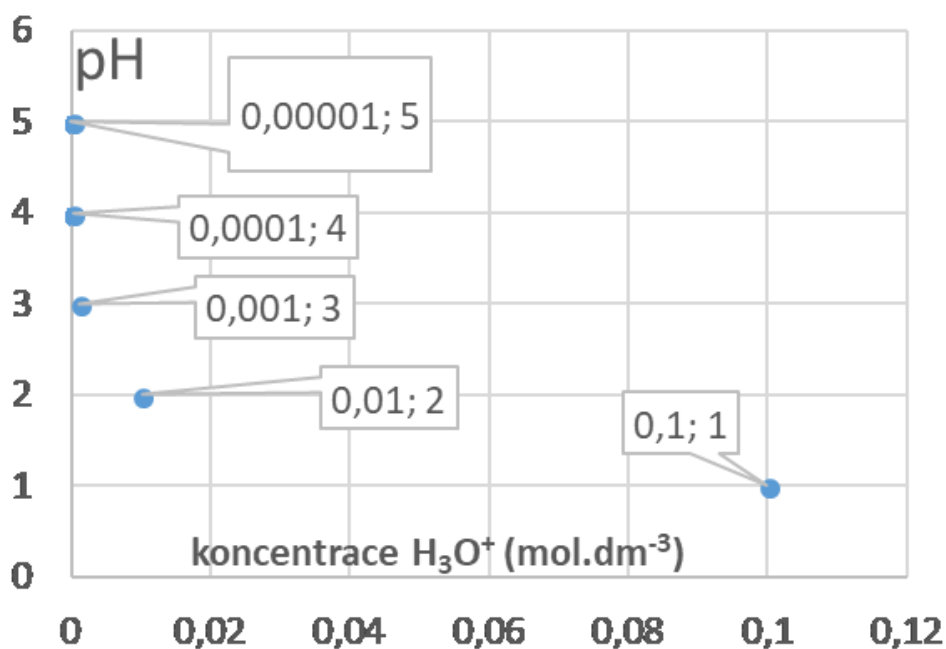


Obrázek 22 Žakovské činnosti při aktivitě

Naměřené experimentální hodnoty vynesou žáci do grafu. Zjišťují, že graf vytvořený z hodnot pH a koncentrace je nepřehledný (graf logaritmické funkce). Postupně přijdou na to, že graf by byl přehlednější, kdybychom zaměnili hodnoty koncentrace buďto za pořadové číslo ředění nebo za hodnotu koncentrace vyjádřené exponentem mocniny se základem 10. Nový graf, který vznikne, už je přehledný – je to přímka (lineární funkce). Došlo k takzvané *linearizaci funkční závislosti*.

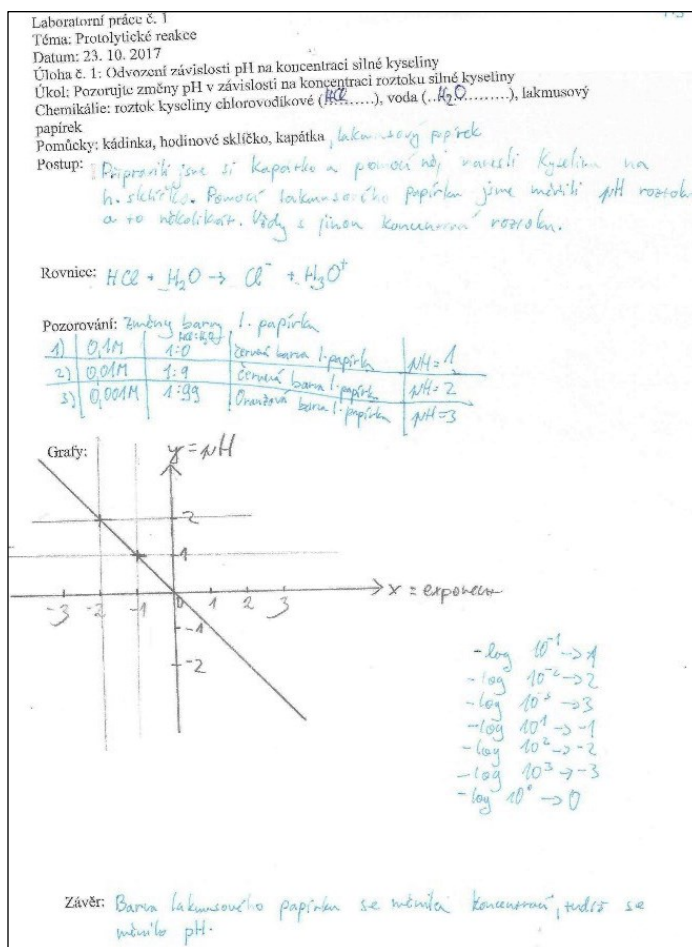
Výsledek a hodnocení

Produktem žakovského bádání jsou grafy funkčních závislostí pH na koncentraci (Obrázek 23) a pH na exponentu mocniny (Obrázek 24).



Obrázek 23 Ilustrační graf žákovského měření

Obrázek 23 ukazuje nepřehledný graf závislosti pH na koncentraci.



Obrázek 24 Žákovský protokol s grafem po linearizaci

Při hodnocení je nutno zohlednit graf linearizované závislosti a diskutovat jeho podobu (přímka – graf lineární funkce). Hlavním přínosem aktivity je jednoduché určení pH vzorku se známou koncentrací a převedení číselného vyjádření koncentrace (v jednotkách $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) do tvaru násobku 10^n , (což představuje tzv. „vědecký tvar čísla“).

Didaktické poznámky

Aktivita má charakter potvrzujícího bádání. Žáci ověřují poznatek, který už mají, snaží se pochopit význam definice pH tak, jak je formulovaná.

Problémem při realizaci této aktivity je práce s roztoky koncentrované kyseliny. Z důvodu dodržení bezpečnostních předpisů je nutné se žáky zopakovat pravidla bezpečnosti při práci v chemické laboratoři, obzvláště při práci s kyselinami a připomenout základní pravidlo pro ředění kyselin (kyselinu vždy ředíme tak, že odměřené množství vlijeme do připraveného odměřeného množství vody, nikoliv naopak!)

4.2 Simulace radioaktivního rozpadu

Ročník	Časová náročnost	Celek – chemie	Celek – matematika
2. (G4)	2 VH	radioaktivita, reakce 1. řádu	exponenciální funkce

Aktivita je zaměřená na pochopení pojmu poločas rozpadu a na vývoj změny rychlosti reakce prvního řádu v průběhu děje.

Motivace

Radioaktivní rozpad není možné dobře pozorovat při výuce na střední škole nejen z důvodů bezpečnosti při práci s takovýmto materiálem. Nuklidy mají buďto příliš dlouhý poločas rozpadu (není pozorovatelný v reálném čase) nebo když ho mají přiměřený, bylo by záření vznikající při rozpadu příliš nebezpečné. Žáci si proto uvědomí potřebu simulace radioaktivního rozpadu jiným dějem. Z fyziky si přináší poznatky o definici poločasu rozpadu látky:

Poločas rozpadu látky je čas, za který se rozpadne právě polovina jader z původního souboru jader látky. (Atkins, de Paula, 2010)

Lze propojit vzpomenu definici s teorií pravděpodobnosti? Jaká je pravděpodobnost, že se dané jádro rozpadne za jeden poločas rozpadu? Žáci postupně v diskusi přijdou k poznatku, že pravděpodobnost rozpadu daného jádra za jeden poločas rozpadu má hodnotu 0,5 (Ivan, Šulcová, 2016b).

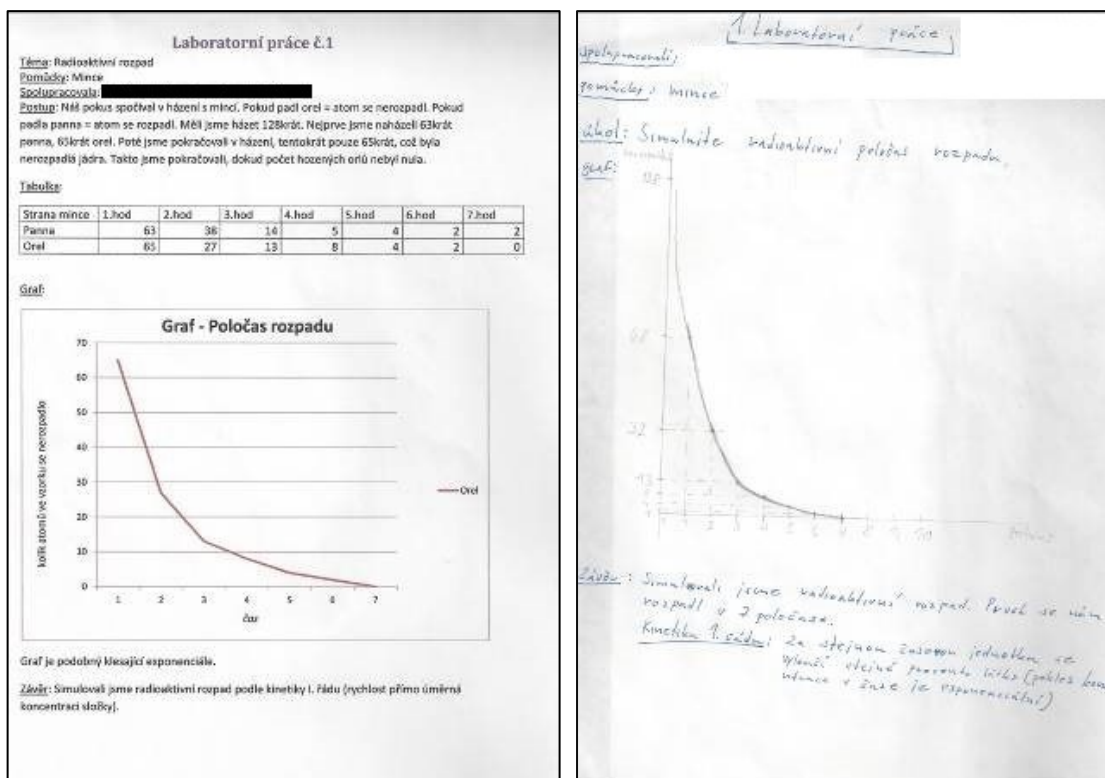
Možná realizace

Abychom mohli simulovat radioaktivní rozpad, je nutno vytvořit modelový děj, který při své realizaci náhodného pokusu bude mít pravděpodobnost právě 0,5. Takovýmto dějem může být např. hod mincí nebo náhodný výběr jednoho ze dvou různobarevných předmětů stejného tvaru z uzavřené nádoby.



Obrázek 25 Žáci při aktivitě simulace radioaktivního rozpadu

Žáci si zvolí, který výsledek náhodného pokusu znamená rozpad jádra (např. při hodu mincí – padne rub). Pokus opakují několikrát (je vhodné použít mocniny čísla dvě, např. $2^7 = 128$). Zaznamenají si počet výskytů náhodného jevu znamenajícího rozpad jádra. V další části experiment opakují, ale už se sníženým počtem „nerozpadlých jader“. Pokus opakují, až dokud se všechna jádra nerozpadnou. Naměřené hodnoty vynesou do grafu a snaží se odhalit, o jakou funkční závislost jde, popřípadě určit i její analytický předpis (viz Obrázek 26).



Obrázek 26 Ukázka zpracování výsledků experimentu žáky

Výsledek a hodnocení

Produktem žákovského bádání je grafické zpracování závislosti rozpadu na počtu poločasů rozpadu. Hodnotíme zpracování dat žáky (grafické znázornění, tabulka naměřených hodnot). Se žáky diskutujeme možnost popisu děje funkční závislostí. Počet jader (n) je funkcí počtu poločasů rozpadu (i):

$$n = f(i) = n_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^i ; n_0 \dots \text{počáteční (výchozí) počet jader}$$

Didaktické poznámky

Aktivita je vedená jako nasměrované bádání. Ověřuje a ulehčuje správné pochopení pojmu poločas rozpadu a demonstruje aplikaci exponenciálních funkcí v chemii. Aktivitu můžeme propojit a uplatnit při zkoumání reakcí prvního řádu, které probíhají na shodném principu.

Seznam literatury

- Atkins, P. W. & J. de Paula (2010) *Atkins' Physical Chemistry*. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-01-9954-337-3
- Čtrnáctová, H. & V. Čížková (2010) Inovace obsahu a metod výuky přírodních věd v současné společnosti. In: *Chemické rozhledy*. Bratislava: Iuventa. roč. 11. č. 5. ISSN 1335-8391
- Fišer, J. (1980) *Úvod do molekulové symetrie: Aplikace teorie grup v chemii*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.
- Ganajová, M. et al. (2010) *Projektové vyučovanie v chémii*. Bratislava: ŠPÚ. ISBN 978-80-8118-058-3
- Ganajová, M. (2016) Bádateľsky orientovaná výučba so zameraním na overovanie porozumenia a rozvoja bádateľských zručností. In: Ivan, M. & R. Šulcová (eds.) *11. Mezinárodní seminář studentů doktorského studia oboru Didaktika chemie*. Praha: Nakladatelství P3K, s.r.o. ISBN 978-80-87343-59-3
- Ivan, M. & R. Šulcová (2014) Interdisciplinárne skúmanie štruktúry látok s podporou matematiky. In: *Biológia ekológia chémia* (časopis pre školy), roč. 18, č. 4, s. 24-28. ISSN 1338-1024
- Ivan, M. & R. Šulcová (2016a) Healthy menu according to statistical records. In: Rusek, M. (ed.) *Projektové vyučování v přírodovědných předmětech XIII*. Praha: UK, Pedagogická fakulta. pp 113-118. ISBN 978-80-7290-864-6
- Ivan, M. & R. Šulcová (2016b) Educational means for simultaneous development of complex scientific thinking. In: Nodzyńska, M. & W. Kopek-Putala (eds.) *Teaching of science subjects in higher and highest education*. Cracow: Pedagogical University of Cracow, pp 7-18. ISBN 978-83-8084-038-6
- Kalhous, Z. et al. (2002) *Školní didaktika*. Praha: Portál. ISBN 80-7178-253-X
- Kelvin, T. W. (1894) *The molecular tactics of a crystal*. Oxford: Clarendon Press.
- Mainzer, K. (2005) *Symmetry and Complexity: The Spirit and Beauty of Nonlinear Science*. Singapur: World Scientific Publishing Company. ISBN 981-256-192-7
- McMurry, J. (2004) *Organická chemie*. Brno: VUTIUM. ISBN 978-80-214-3291-8
- Novák, M. (2017) *Počátky strukturní teorie a grafického znázorňování struktury chemických sloučenin*. Praha: VŠCHT. ISBN 978-80-7080-974-7
- Orolínová, M. & K. Kotuláková (2014) *Rozvoj spôsobilosti vedeckej práce v podmienkach kontinuálneho vzdelávania učiteľov*. Trnava: Typi Universitatis Tyrnaviensis. ISBN 978-80-8082-828-8
- Petty, G. (2002) *Moderní vyučování*. Praha: Portál. ISBN 80-7178-681-0
- Polák, J. (2015) *Přehled středoškolské matematiky*. Praha: Prometheus. ISBN 978-80-7196-458-2
- Prokša, M. et al. (2008) *Metodológia pedagogického výskumu a jeho aplikácia v didaktikách prírodných vied*. Bratislava: UK v Bratislave. ISBN 978-80-223-2562-2
- Šulcová R. & H. Böhmová (2007) *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. Praha: UK v Praze, PřF. ISBN 978-80-86561-81-3
- Vacík, J. et al. (1995) *Chemie I (obecná a anorganická) pro gymnázia*. Praha: SPN. ISBN 80-85937-00-X
- Vacík, J. (2017) *Obecná chemie* (2. vyd.). Praha: Knihovna chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy. ISBN 978-80-7444-050-2
- Vohlídal, J., Julák, A. & K. Štulík (1999) *Chemické analytické tabulky*. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-7169-855-5