

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Univerzita Karlova

Študijný program: Didaktika chemie



Mgr. Matúš Ivan

Modelovanie predstáv žiakov o chemických princípoch s využitím matematiky

Modelling students' conceptions on chemical principles using mathematics

Dizertačná práca

Školiteľ: RNDr. Renata Šulcová, Ph.D.

Praha 2018

Prehlásenie

Prehlasujem, že som dizertačnú prácu spracoval samostatne, a že som uviedol všetky použité informačné zdroje a literatúru. Táto práca ani jej podstatná časť nebola predložená k získaniu iného alebo rovnakého akademického titulu.

V Prahe 31. 7. 2018

.....

Mgr. Matúš Ivan

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval mojej školiteľke pani RNDr. Renate Šulcovej, Ph.D. za jej podnetné rady, veľkú trpezlivosť pri riešení dizertačného projektu aj pri spisovaní dizertačnej práce a za profesionálne vedenie počas celého doktorského štúdia. Ďalej by som sa chcel poďakovať svojej rodine a priateľom za neustálu podporu.

Kľúčové slová

matematické modelovanie, chemické princípy, tvar a štruktúra molekúl, vizualizácia chemických štruktúr, interdisciplinarita chémie a matematiky

Ivan, Matúš: *Modelovanie predstáv žiakov o chemických princípoch s využitím matematiky*. (Dizertačná práca). Praha: Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, 2018.

Abstrakt

Hlavnými cieľmi dizertačného projektu je identifikácia „styčných plôch“ predmetov chémie a matematika a navrhnutie intervencií pre riešenia problematických častí vytypovaných oblastí.

Najprv bolo potrebné zanalyzovať dostupnú literatúru autorov z odboru, ktorí vo svojich dielach narazili na problematiku interdisciplinaritu matematiky a chémie. Časť rešerší bola venovaná vyhľadávaniu očakávaných výstupov v kurikulárnych dokumentov Českej republiky a Slovenskej republiky. V Českej republike to boli Rámcové vzdelávacie programy (RVP ZV, 2017 a RVP G, 2007). V Slovenskej republike to boli Štátny vzdelávací program ISCED 2 – nižšie sekundárne vzdelávanie (2015) a Štátny vzdelávací program ISCED 3A – vyššie sekundárne vzdelávanie (2015). Následne bola vykonaná analýza vzorky Školských vzdelávacích programov vybraných škôl v Českej republike. Výber vzorky bol uskutočnený ako proporcionálny a stratifikovaný vzhľadom k celkovému rozloženiu škôl v ČR.

Ďalej je popísaná metodológia výskumných nástrojov, ktoré boli použité pre naplnenie čiastkových cieľov dizertačnej práce, zahŕňa metódy položkovej analýzy, hĺbkových rozhovorov (interview), testovania didaktickým testom a štatistického vyhodnocovania dát.

Nasledujúca časť práce sa venuje vyhodnoteniu jednotlivých výskumných šetrení. Výskumné nástroje analýza kurikulárnych dokumentov, interview a položková analýza úloh testovania T. Cífkovej (2015) naplnili jeden z hlavných cieľov práce, a teda identifikáciu „styčných plôch“ vzdelávacích odborov matematika a chémie.

Posledná časť vyhodnotení výskumov sa venuje kvantitatívnemu a kvalitatívnemu hodnoteniu žiackych a študentských riešení testových úloh v následnom testovaní. Bolo zozbieraných 129 riešení testov pre analýzu. Z toho bolo 56 vyplnených študentmi prvého ročníku bakalárskeho štúdia (učiteľstvo chémie, biológia) a 76 testov bolo vyplnených stredoškólakmi v maturitných ročníkoch. Štatistická kvantitatívna analýza týchto riešení ukazuje, že muži dosahujú mierne lepší výsledok v testovaní (asi o 8 % z celkového počtu bodov dosiahnutelných v teste). Vzhľadom k úrovni vzdelávania sa dostávame k prekvapivému záveru, že v testovaní boli úspešnejší stredoškóláci (asi o 10 % z celkového počtu bodov dosiahnutelných v teste). Kvalitatívna analýza riešení poskytla predstavu, ako majú byť obsahovo zamerané intervencie (vo forme metodík, so

zahrnutím bádateľského prístupu k výučbe). Samotné intervencie tvoria poslednú kapitolu práce.

Zapojenie navrhovaných intervencií do praktickej gymnaziálnej výučby môže v budúcnosti pomôcť k vytvoreniu požadovaných kľúčových kompetencií uvedených v kurikulárnych dokumentoch.

Key words

mathematical modelling, chemical principles, shape and structure of the molecules, visualisation of chemical structures, chemistry and mathematics interdisciplinarity

Ivan, Matúš: *Modelling students' conceptions on chemical principles using mathematics*. (Ph.D. Thesis). Prague: Faculty of Science, Charles University, 2018.

Abstract

The primary aims of the dissertation project is identification of “contact areas” of subjects of chemistry and mathematics and creation of interventions to solve the problems of chosen areas.

At first, it was necessary to analyse available literature by the authors from the field, that have mentioned the problematics of interdisciplinarity between mathematics and chemistry. A part of literature research was dedicated to a search for the expected outcomes in curricular documents in Czech Republic and in Slovak Republic. In Czech Republic these were Framework Educational Programmes (RVP ZV, 2017 a RVP G, 2007). In Slovak Republic thee documents are State Educational programme ISCED 2 – lower secondary education (2015) and State Educational programme ISCED 3A – upper secondary education (2015). After that the analysis of a sample of School educational programmes of chosen schools in Czech Republic was conducted. The sample was chosen through proportional stratified selection according to the layout of schools in Czech Republic.

Next, the thesis contains the methodology of research tools that have been used to fulfil the aims of the thesis. These tools are the method of item analysis, interviews didactic testing and statistical evaluation of data.

The following part of the thesis is dedicated to evaluation of the parts of research investigations. The research tools – analysis of curricular documents, interview and the item analysis of the test items in testing conducted by T. Cífková (2015) have fulfilled one of the main aims of the thesis, the identification of the “contact areas” between the subjects of mathematics and chemistry.

The last part dedicated to the evaluation of the researches contains the qualitative and quantitative evaluation of the pupils' and students' solutions of the test tasks in the follow-up testing. The sample contained 129 tests, 56 of them were taken by the students of the 1st year of the bachelor's degree (chemistry teaching, biology) and 76 tests were taken by high school students during their graduation year. Statistical quantitative analysis of these tests shows that the male students gained slightly better assessment than the female students (approx. 8 % out of test max score). Considering the level of education of the tested students, the high school students were assessed better (approx. by 10 %). The qualitative analysis of the students' solutions was the source for the focus of content of the interventions (methods containing the inquiry approach to education). The interventions are included in the last chapter of the thesis.

The using of proposed interventions in practical high school education can help in the future to create the required key competences mentioned in the curricular documents.

Obsah

1	Úvod a ciele práce.....	8
1.1	Ciele práce.....	10
2	Teoretické východiská	12
2.1	Definície pojmov dôležitých vzhľadom k zameraniu práce.....	12
2.2	Rešerš literatúry	15
2.3	Rešerše vzdelávacích dokumentov na štátnej úrovni	19
2.4	Analýza vybraných školských vzdelávacích programov v Českej republike	25
3	Metodológia	29
3.1	Metóda položkovej analýzy	29
3.2	Metóda interview	36
3.3	Metóda testovania didaktickým testom.....	37
3.4	Metóda štatistického vyhodnocovania testov.....	39
4	Vyhodnotenie položkovej analýzy	44
4.1	Kvantitatívne vyhodnotenie položkovej analýzy	44
4.2	Diskusia záverov položkovej analýzy	45
5	Vyhodnotenie interview	46
5.1	Popis vzorky.....	46
5.2	Vyhodnotenie jednotlivých otázok.....	48
5.3	Diskusia záverov z prieskumných šetrení	55
6	Vyhodnotenie následného testovania.....	56
6.1	Testovaná vzorka	56
6.2	Reliabilita testu.....	56
6.3	Validita testu	57
6.4	Kvantitatívna analýza výsledkov testovania	58
6.5	Kvalitatívna analýza výsledkov testovania	61
6.6	Zhrnutie výsledkov testovania	77
7	Aktivity zamerané na modelovanie chemických konceptov založených na matematických princípoch	80
7.1	Aktivity zamerané na využitie geometrických poznatkov v chémii	80
7.1.1	Výpočet hustoty z mikroskopického hľadiska	80
7.1.2	Tvorba modelov použitím netradičných pomôcok.....	83
7.1.3	Výpočty väzbových uhlov v molekulách	85
7.2	Aktivity zamerané na využitie algebrických postupov v chémii	88
7.2.1	Výpočet tepelného zafarbenia reakcie.....	88
7.2.2	Výpočet stechiometrických koeficientov	91

7.3	Aktivity zamerané na matematickú logiku a prácu s tabuľkami a grafmi.....	93
7.3.1	Príprava zdravého jedálničku.....	93
7.3.2	Pojmy chiralita a symetria.....	95
7.4	Aktivity zamerané na využitie funkcionálnej analýzy	97
7.4.1	Definícia pH pomocou logaritmickej funkcie.....	97
7.4.2	Simulácia rádioaktívneho rozpadu.....	100
8	Diskusia výsledkov a záver.....	102
9	Zoznam literatúry.....	106
10	Zoznam tabuliek, grafov a obrázkov.....	111

Zoznam použitých skratiek

ČR – Česká republika

G – gymnázium

G4, G6, G8 – gymnázium so štvorročnou, šesťročnou alebo osemročnou dĺžkou štúdia

ISCED – The International Standard Classification of Education

ISCED 2 - The International Standard Classification of Education – nižšie sekundárne vzdelávanie (u nás odpovedá druhému stupňu základnej školy)

ISCED 3 – The International Standard Classification of Education – vyššie sekundárne vzdelávanie (u nás odpovedá vzdelávaniu na stredných školách)

RVJ – rozšírená výučba jazykov

RVP – rámcové vzdelávacie programy

RVP ZV – Rámcový vzdelávacie program pro základní vzdělávání

RVP G – Rámcový vzdelávacie program pro gymnázia

SPSS – The Statistical Package for the Social Sciences

SR – Slovenská republika

ŠVP – školský vzdelávacie program

UK – Univerzita Karlova

VŠ – vysoká škola

ZŠ – základná škola

1 Úvod a ciele práce

Mnohé kurikulárne dokumenty vyzdvihujú komplexnosť prístupu k vzdelávaniu. Táto požiadavka je kladená na žiakov zo strany spoločnosti, ktorá vyžaduje aby do nej prichádzali ľudia, ktorí sú nielen špecializovaní vo svojom odbore, ale sú schopní využívať aj poznatky z pridružených odborov. Predkladaná dizertačná práca sa venuje komplexnému prístupu k riešeniu problémov v chémii s využitím matematiky. Táto kombinácia predmetov je pre mňa prirodzená vzhľadom k môjmu predošlému štúdiu učiteľstva práve týchto dvoch predmetov teda chémie a matematiky na UK. Predošlé kvalifikačné práce (bakalárska a diplomová práca) boli obhájené na Matematicko-fyzikálnej fakulte UK. Už počas štúdia som spozoroval, že pre študentov (neskôr sa tento poznatok potvrdil aj pri praxi na stredných školách) sú všeobecne náročnejšie predmety (či ich časti), ktoré nie sú jednostranne zamerané na jeden vedný odbor, ale využívajú aj iné, konkrétne matematiku. Pozorovaním jednotlivých prípadov disproporcií medzi výsledkami študentov som dospel k názoru, že tematika interdisciplinarity matematiky a chémie je vhodná pre hlbšie preskúmanie. Príkladom môžu byť mnohí študenti učiteľstva kombinácie chémie – biológia, ktorí vykazovali výborné výsledky v biologických predmetoch aj vo väčšine chemických predmetov, ale zlyhali, či len s ťažkosťami uspeli pri predmetoch ako všeobecná chémia, základy matematiky a fyzikálna chémia.

Ďalším podnetom pre hlbšie preštudovanie problematiky uplatnenia matematiky v prírodovedných súvislostiach, predovšetkým v chémii bolo zistenie, že pre úroveň vyššieho sekundárneho vzdelávania neexistuje dostatočné množstvo dostupných vzdelávacích materiálov (na rozdiel od oblasti ISCED 2 kde sú dostupné rôzne úlohy a aktivity vrátane výskumu ich vplyvu na rozvoj spôsobností a kompetencií žiakov, napr. Cídlková et al., 2012; Mandíková et al., 2012 a iné). V oblasti tejto úrovne vzdelávania (ISCED 3) nie je publikovaných ani veľa výskumov o úspešnosti žiakov pri riešení interdisciplinárnych úloh prepájajúcich chémiu a matematiku.

Pôvodným prvoplánovým zámerom práce bolo skúmanie tvorby žiackych konceptov pri modelovaní chemických štruktúr. Už pri prvých pokusoch o hlbšie preniknutie do problematiky bolo ale jasné, že základným problémom nie je konkrétne chemické modelovanie, ale obecnější fenomén matematického modelovania. Matematické modelovanie sa totiž netýka len tvorby hmotných modelov, ale aj využitia

matematického aparátu pre prevedenie daného problému do matematickej symboliky. Po tomto prevedení už je možné daný problém riešiť pomocou matematického aparátu (matematických výpočtov, logického uvažovania, geometrickej predstavivosti, či funkčnej analýzy a pod.). Štúdia bola teda rozšírená a venovala sa problému aplikácií matematických poznatkov do chémie, ale aj konkretizácii matematických teórií pri riešení chemických problémov.

Pre komplexnejší a presnejší pohľad na problematiku modelovania predstáv žiakov bolo potrebné zahrnúť do výskumných šetrení niekoľko aspektov a zdrojov výskumu.

Prvá časť práce je venovaná teoretickým východiskám, ktoré podkladajú zámer práce a popisu metód, ktoré sú pri ďalších výskumoch použité. Zahŕňa rešerše literatúry dostupnej a odpovedajúcej zameraniu práce a rešerše štátnych kurikulárnych dokumentov v Českej i Slovenskej republike, vrátane analýzy školských vzdelávacích programov vybraných škôl v ČR. Ďalej popisuje metódy výskumu pomocou osobných rozhovorov – interview s učiteľmi predmetov chémie a matematika. Ďalším popísaným zdrojom dát pre výskum bola dizertačná práca T. Cífkovej (2015), ktorá vyhodnocovala na základe rozsiahleho testovania úroveň naplnenia očakávaných výstupov v chémii u žiakov stredných škôl v rokoch 2013 – 2014. Poslednou metódou, ktorá sa stala zdrojom potrebných informácií o špecifikách riešenej problematiky, je následné testovanie žiakov gymnázií a študentov bakalárskeho štúdia chémie, biológie a učiteľstva chémie. Výsledky tohto testovania sú vyhodnotené metódou podrobnej štatistickej analýzy.

Druhá časť práce sa venuje vyhodnoteniu jednotlivých častí výskumných šetrení, ktoré napomáha k pochopeniu vybranej problematiky – kurikulárnych dokumentov, interview s učiteľmi, následného testovania. Kvantitatívne vyhodnotenie vyššie zmienených štyroch zdrojov výskumu (ŠVP, pôvodné testovanie, interview a následné testovanie) bolo vykonané metódami matematickej štatistiky (základné štatistické charakteristiky výberových súborov, reliabilita a validita jednotlivých výskumných nástrojov). V následnom testovaní boli porovnávané skupiny testovaných riešiteľov rozdelené vzhľadom k pohlaviu a úrovni vzdelávania. Jednotlivé sú porovnané Študentovým dvojvýberovým t-testom pre zhodu stredných hodnôt. Kvalitatívne vyhodnotenie jednotlivých testových položiek obsahuje podrobnú analýzu chýb v riešení testovaných subjektov.

Tretia časť je venovaná návrhom intervencií v podobe metodík k výučbovým aktivitám a možným systematickým riešeniam danej problematiky.

1.1 Ciele práce

Vzhľadom k zameraniu práce boli vytýčené hlavné a vedľajšie ciele práce.

Hlavné ciele:

- Identifikovať spoločné, súvisiace a vzájomne prepojené oblasti – tzv. „styčné plochy“ vyučovacích predmetov matematika a chémia.
- Vybrať zo „styčných plôch“ tie problematické a vytvoriť sériu metodík pre vzdelávacie materiály, ktoré podporia prepojenie vzdelávacích odborov matematika a chémia.

K splneniu uvedených hlavných cieľov je potrebné splniť ciele vedľajšie:

- Analyzovať kurikulárne dokumenty a vzdelávacie programy Českej republiky a Slovenskej republiky.
- Analyzovať výsledky testovania úrovne znalostí a schopností v chémii žiakov gymnázií.
- Vybrať úlohy s interdisciplinárnym presahom matematiky a chémie a pripraviť kompilovaný didaktický test, ktorý bude napĺňať požadované charakteristiky.
- Analyzovať výsledky interview s učiteľmi chémie a matematiky.
- Prostredníctvom analýzy žiackych riešení jednotlivých položiek následného kompilovaného testu zistiť problémy žiakov pri riešení interdisciplinárnych úloh.
- Navrhnuť možné riešenie zistených problémov, ktoré žiaci majú s riešením úloh interdisciplinárneho charakteru a ktoré prepájajú matematiku a chémiu.
- Vytvoriť súbor návrhov aktivít a ich metodík pre učiteľov a overiť ich prakticky.

Teoretické východiská k riešenej problematike

2 Teoretické východiská

V kapitolách 2 a 3 sú rozobrané teoretické východiská pre riešenie problematiku. Obsahujú najmä rešerše literatúry venovanej popisovanej problematike. Následne sú popísané metódy, ktoré boli použité pri výskumných šetreniach. V závere tretej kapitoly sú uvedené základné štatistické pojmy, ktoré boli využité pri vyhodnocovaní výsledkov výskumných šetrení. Úvod kapitoly obsahuje definície často používaných pojmov, ktoré budú v práci využívané, tvoria teda pojmovú základňu práce. Radené sú abecedne pre lepšiu prehľadnosť.

2.1 Definície pojmov dôležitých vzhľadom k zameraniu práce

Didaktický test

Ide o skúšku ktorá sa orientuje na objektívne zisťovanie úrovne zvládnutia učiva určitou skupinou osôb. Od bežnej skúšky sa didaktický test líši najmä tým, že je navrhovaný, overovaný, hodnotený a interpretovaný podľa určitých dopredu stanovených pravidiel. (Chráska, 1999).

Dovednosť (spôsobnosť)

Jeden zo základných pojmov pedagogiky, ktorý ale stále nie je ustálený (Průcha et al., 2003). Pojem je využívaný v českom jazyku pre označenie spôsobilosti človeka pre výkon istej činnosti. V anglickom jazyku sa využíva pojem *skill*, ktorý sa prekladá ako spôsobnosť (Švec, 2008). Ďalej bude v tejto práci používaný pojem *spôsobnosť* ako ekvivalent pojmu *dovednosť*. V niektorých dielach pedagógov a didaktikov chémie na Slovensku sa môžeme stretnúť aj s pojmom *zručnosť*, využívaným ako ekvivalent pojmu *spôsobnosť*. (Ganajová, Sotáková, 2018)

Interdisciplinarita

Pojem interdisciplinarita zahŕňa kombináciu prístupov viacerých akademických disciplín do jednej aktivity. V konkrétnej školskej praxi hovoríme najmä o medzipredmetových vzťahoch či interakciách. Pri výučbe sa interdisciplinarita týka zaradovania učebných úloh, ktoré od žiaka vyžadujú znalosti a schopnosti špecifické pre viacero predmetov. (Skalková, 2007)

Kľúčové kompetencie

Kľúčové kompetencie predstavujú súbor vedomostí, spôsobností, schopností, postojov a hodnôt, ktoré sú dôležité pre osobný rozvoj jedinca, jeho aktívne zapojenie do

spoločnosti a budúce uplatnenie v živote (RVP, 2007). Kľúčové kompetencie sú vymedzené rámcovým vzdelávacím programom na úrovni, ktorú majú zvládnuť všetci žiaci, ktorí dokončia gymnaziálne vzdelávanie. Sú rozdelené do kategórií, ktoré ale spolu úzko súvisia: kompetencie pre učenie, kompetencie pre riešenie problémov, komunikatívne kompetencie, sociálne a personálne kompetencie, občianske kompetencie a kompetencie pre podnikavosť a pracovné kompetencie (na ZŠ).

Koncept (pojem)

Pojmy (koncepty) sú štruktúrované mentálne reprezentácie, ktoré kódujú súbor potrebných a dostatočných podmienok pre ich aplikáciu (Laurence, Margolis, 1999).

Kurikulárne dokumenty

Kurikulárne dokumenty sú pedagogické dokumenty, ktoré vymedzujú koncepciu, ciele a vzdelávací obsah danej etapy vzdelávania. V Českej republike je systém kurikulárnych dokumentov vytváraný a uplatňovaný na dvoch úrovniach: štátnej (Národní program vzdělávání, Rámcové vzdělávací programy, Školský zákon č. 561/2004 Sb.) a školskej (Školní vzdělávací programy). V Slovenskej republike sú záväznými kurikulárnymi dokumentami na štátnej úrovni Štátne vzdelávacie programy označené podľa európskej normy ISCED 2 – nižšie sekundárne vzdelávanie (Štátny vzdelávací program ISCED 2, 2015) a ISCED 3A – vyššie sekundárne vzdelávanie (štátny vzdelávací program ISCED 3A, 2015)

Modelovanie

Modelovanie v chémii má veľký význam pre lepšie pochopenie obsahu učiva chémie a pre tvorbu správnych chemických predstáv. Pojem modelovanie môžeme chápať vo viacerých významových úrovniach: (podľa: Průcha, Walterová, Mareš, 2001)

- a) zjednodušené zobrazovanie javu pomocou vhodných zobrazovacích prostriedkov znázorňujúcich iba tie rysy, ktoré sú podstatné z hľadiska cieľa, ktorý pri konštrukcii modelu sledujeme,
- b) formálne vyjadrenie skúmaného javu (systému) slúžiace ako vyjadrenie skutočnosti – napr. sústava rovníc.

Z týchto definícií vyplýva, že na modelovanie v chémii takisto môžeme nahliadnuť z viacerých uhlov pohľadu, a to ako na vizualizáciu štruktúr a javov mikrosвета alebo ako na využitie matematického aparátu pre popis chemických zákonitostí. Definíciu

z bodu a) môžeme chápať ako konkretizáciu definície z bodu b) a jej aplikáciu pre zobrazovanie štruktúry chemických látok a vysvetľovanie podstaty chemických dejov. (Nodzyńska, 2013)

Rámcový vzdelávací program (RVP)

RVP je kurikulárny dokument na štátnej úrovni, ktorý normatívne stanovuje všeobecný rámec vzdelávania, vymedzuje konkrétne ciele vzdelávania, kľúčové kompetencie, vzdelávací obsah a jeho organizačné usporiadanie a zásady pre tvorbu školských vzdelávacích programov. (RVP, 2007)

Školský vzdelávací program (ŠVP)

ŠVP je kurikulárny dokument na úrovni školy, ktorý prezentuje podobu vzdelávania na konkrétnej škole a jej profiláciu. ŠVP je spracovávaný na základe príslušného RVP. Riadi sa požiadavkami príslušného RVP a aj sa podľa neho uskutočňuje vzdelávanie na konkrétnej škole. ŠVP je povinnou súčasťou dokumentácie školy a musí byť prístupný verejnosti, vydáva ho riaditeľ školy.

Vyučovací predmet

Vzdelávací predmet je didaktické a organizačné spracovanie vzdelávacieho obsahu v konkrétnom ŠVP. Vyučovacie predmety vznikajú na základe vzdelávacích odborov vymedzených v RVP.

Vzdelávacia oblasť

Vzdelávacia oblasť je orientačne vymedzený celok vzdelávacieho obsahu. Chémia patrí do vzdelávacej oblasti Človek a príroda, matematika patrí do vzdelávacej oblasti Matematika a jej aplikácie. Sú tvorené jedným alebo viacerými blízkymi vzdelávacím odbormi.

Vzdelávací odbor

Vzdelávací odbor je samostatná časť vzdelávacej oblasti v RVP. Vymedzuje vzdelávací obsah, teda očakávané výstupy a učivo, ktoré je ďalej spracovávané na úrovni ŠVP.

2.2 Rešerš literatúry

Francesco Tonucci – Vyučovať alebo naučiť?

Toto dielo talianskeho pedagóga Francesca Tonucciho poskytuje ucelenú kritiku transmisívneho prístupu k vzdelávaniu a porovnáva ho s konštruktívnym prístupom. Školské vzdelávanie produkuje paralelné poznatky k poznatkom bežného života. Paralelné sú preto, že sú užitočné len v škole, ale sú ťažko využiteľné a prevediteľné do schopností, nástrojov spôsobností a teda aj do správania jedinca (Tonucci, 1994).

Základné rozdiely medzi konštruktívnou a transmisívnou školou autor zhŕňa v troch základných bodoch:

1. V transmisívnom modeli dieťa „nevie“ a do školy prichádza, aby sa všetko naučilo, v konštruktívnom modeli dieťa prichádza do školy, aby premýšľalo nad svojimi poznatkami, aby ich organizovalo, prehľadilo, obohatilo a rozvinulo – a to v skupine.
2. V transmisívnej škole učiteľ „vie“ a do školy prichádza aby naučil všetko toho, kto nič nevie. V konštruktívnej škole učiteľ zaisťuje, aby každý žiak mohol dosiahnuť čo najvyššej možnej úrovne (kognitívnej, sociálnej, operačnej) za účasti a príspevku všetkých.
3. Inteligencia je podľa transmisívneho modelu prázdna nádoba, ktorá sa postupne naplňuje ukladaním poznatkov na seba, v konštruktívnom modeli je to určitá oblasť, ktorá sa modifikuje a obohacuje reštruktúrovaním.

(podľa Tonucci, 1994)

Martin Bílek – Vybrané aspekty vizualizace přírodovědných předmětů

Postavenie obrazového materiálu vo výučbe chémie je určite nezastupiteľné. Pre správne využívanie vizualizácie vo výučbe si vyžaduje žiacku zručnosť vizuálnej gramotnosti, inak má obraz iba dekoratívnu úlohu. Vizuálna gramotnosť je v tejto publikácii definovaná ako:

- a) súbor vizuálnych kompetencií, ktoré môže človek rozvíjať prostredníctvom zraku a ďalších sensorických skúseností,
- b) naučená schopnosť interpretovať komunikáciu sprostredkovanú vizuálnymi symbolmi (obrazmi) a vytvárať pomocou vizuálnych symbolov správy,
- c) schopnosť prevádzať obrazové obsahy na verbálne vyjadrovanie a naopak,

d) schopnosť získať a vyhodnotiť vizuálnu informáciu z vizuálneho média.

(Bílek, 2007)

Táto definícia nepriamo vyjadruje potrebu interdisciplinárnych presahov matematiky do chémie hlavne v oblasti logického, abstraktného a symbolického myslenia.

Súčasťou publikácie je obrazový materiál vytvorených štruktúrnych modelov s využitím techniky máp elektrostatických potenciálov. Pomocou tejto techniky je možné farebne odlíšiť miesta s rôznym elektrostatickým potenciálom v molekule. Takto je možné žiakom priblížiť rôzne vlastnosti chemických štruktúr, ktoré súvisia práve s elektrostatickými potenciálmi.

Ďalej sa publikácia zaoberá klasifikáciou a formalizáciou obrazového materiálu vo výučbe chémie. Pri klasifikácii najviac vyzdvihuje klasifikáciu podľa funkcie: dekoratívnu, znázorňujúcu, organizujúcu, interpretujúcu, transformačnú, afektívne – motivačnú, koncentrujúcu pozornosť a kognitívne regulačnú. Podľa stupňa formalizácie môžeme obrazový materiál rozlíšiť na obraz s najnižším, stredným a najvyšším stupňom formalizácie – od fotografií cez názorné kresby až po schémy. Obrazový materiál je rovnako možné využiť v spätnoväzbových nástrojoch ako napr. didaktické testy s obrázkami.

V poslednej kapitole publikácia rieši otázky využitia ICT pri vizualizácii v chémii. Autor tu odkazuje na využívanie matematických vedomostí pri modelovaní, ale len v požiadavkách na učiteľa a nie na žiaka.

Małgorzata Nodzyńska – Wizualizacja w chemii i nauczaniu chemii

Obraz má nezastupiteľnú úlohu v kultúre už od počiatkov ľudského myslenia. Okrem kultúrneho významu má však aj ďalší rozmer, a to pre prenos informácií a komunikáciu. Pri vzdelávaní je obraz využívaný práve pre prenos informácií. Základným princípom pre správne využitie obrazu je konceptualizácia poznatkov a predošlá skúsenosť, ktoré využívame pri interpretácii obrazov. Aby obraz mohol efektívne splňať svoj cieľ pri vzdelávaní, je nutné, aby bol správne zasadený do kontextu a predovšetkým vysvetlený a popísaný príjemcovi. Dôležitým elementom pri prijímaní informácií je aj pochopenie prijímateľa, že obraz má rolu vo výučbe a nemá iba dekoratívny charakter. V didaktickom výskume sa dá obraz využiť pri rôznom grafickom spracovávaní analýz didaktických materiálov (podľa Nodzyńska, 2013).

V monografii autorka popisuje rôzne spôsoby využitia chemického modelovania pri výučbe chémie. Hodnotí predovšetkým miskoncepce, ktoré môžu vychádzať z využívania daného typu modelu. Pri materiálnych modeloch ide hlavne o chybné analógie (napr. farba guličky, ktorá predstavuje atóm môže vyvolať predstavu farebných atómov, naznačovanie väzby atómov pomocou tyčiniek, môže vyvolať predstavu, že jadrá atómov sú fyzicky prepojené). Materiálne modely poskytujú ale veľmi veľa výhod ako trojrozmernú vizualizáciu molekúl, dovoľujú nám priamu manipuláciu s modelom, priame pozorovanie vlastností modelu. Modely sú tiež používané ako učebné pomôcky v učebniciach (obrázok modelu či iná jeho vizualizácia). Statické obrázky bez presného slovného komentáru môžu opäť viesť k misinterpretácii modelu žiakom. Veľká rozmanitosť modelov môže vo vyššom stupni vzdelávania pomôcť žiakom pochopiť rôzne pohľady na modelovanú skutočnosť. V nižšom stupni vzdelávania však priveľká rozmanitosť modelov môže priniesť skôr zmätenie pre žiaka, ktorý ešte nie je schopný posúdiť vhodnosť modelu vzhľadom k črtám, ktoré zdôrazňuje či zanedbáva. Ďalej monografia predstavuje nový model mikrosveta navrhnutý podľa poznatkov kvantovej chémie. Výučba o časticovom zložení látok je momentálne stále vedená historickou cestou. Tým, že žiakom predstavujeme mylné predstavy vedcov z minulosti, môžeme vytvárať miskoncepce. Preto je vhodnejšie od začiatku chemického vzdelávania k tejto téme hneď pristupovať podľa súčasnej vedeckej teórie a poznatky prispôsobiť intelektuálnemu vývoju žiakov (Nodzyńska, 2013).

Od nového modelu výučby je vyžadovaná hlavne meritórna správnosť, minimalizácia chybných asociácií a neustála platnosť v celom vyučovacom procese od najnižšej po najvyššiu úroveň vzdelávania. V nižších stupňoch vzdelávania sa tento nový model ale neopiera o matematický aparát. Modelovanie chemických štruktúr evokuje priame zapojenie žiaka do procesu modelovania (Nodzyńska, 2013), preto modely využívané demonštračne učiteľom, či len ako obrázková príloha učebnice, sú skôr učebnými pomôckami. Aby sme mohli hovoriť o žiackom modelovaní, musí sa žiak do tejto aktivity aktívne zapojiť, a pritom využiť svoje poznatky z iných predmetov, hlavne matematiky a jej časti – stereometrie. V poslednej časti sú v monografii uvedené výsledky výskumov využitia nového navrhnutého modelu výučby poznatkov o mikrosvete. Ako výskumná metóda je využitá metóda VARK (Visual, Aural, Reading and Writing, Kinesthetic learning styles – štýly učenia podľa Neila Fleminga,

prostredníctvom zmyslov, preferencie: vizuálne, auditívne, na čítanie a písanie, kinestetické, podľa Fleming, Baume, 2006).

Vincentas Lamanauskas – Science and math teachers collaboration: How to develop it seeking pupil's success at school

Jedným z hlavných problémov školského vzdelávania je nízke (niekedy žiadne) zdôraznenie významu prírodných vied a technológií pre výber možného povolania žiakom. Dôvody pre tento stav sú viaceré – matematika je na stredných školách vyučovaná odkazovaním na vzorce a teórie, výučba nasleduje učebnice, v ktorých je nedostatok praktických príkladov problémov bežného života. Ďalším z dôvodov je nedostatočná a v mnohých prípadoch neefektívna spolupráca učiteľov matematiky a prírodných vied. Je zrejmé, že učitelia matematiky zadávajú úlohy, ktoré vyžadujú vsadenie do prírodovedného kontextu. Rovnako aj učitelia prírodných vied využívajú matematický aparát pre objasňovanie zákonitostí v chémii, fyzike či biológii. Problémom však je, že učitelia pracujú poväčšine samostatne. Spolupráca medzi učiteľmi prírodných vied je častejšia, ale učitelia matematiky spolupracujú s učiteľmi prírodných vied oveľa menej. (Lamanauskas, 2015)

Kolektív autorov – Matematika – Aktivně, aktuálně a s aplikacemi

Matematika človeka sprevádza celým životom. Mnohí ľudia, ktorí sa jej nevenujú, o tomto fakte ale nie sú presvedčení, dokonca veria, že matematiku vôbec nepotrebujú. Dôvodom tohto stavu je podľa autorov pretechnizovanie života a celková atmosféra spoločnosti, ktorá na jednej strane zdôrazňuje využitie matematiky v celom spektre vedných odborov, dokonca túto myšlienku zakotvuje v rôznych kurikulárnych dokumentoch, ale na druhej strane toto prepojenie v praxi nepodporuje, pretože zdanlivo neprináša priamy ekonomický efekt. Preto veľmi záleží na učiteľoch, ich prehľade o situácii, spôsobe výučby a na zásobe materiálov, ktoré im dovoľia využívať aplikácie matematiky v ich výučbových prístupoch (Bečvář et al, 2012).

2.3 Rešerše vzdelávacích dokumentov na štátnej úrovni

Kolektív autorov – Rámcový vzdelávací program pro gymnázia (2007, posledné revízie 2015)

Kurikulárny dokument Českej republiky Rámcový vzdelávací program pro gymnázia (2007) vymedzuje ciele vzdelávania na gymnáziách v Českej republike. Sú v súlade s princípmi sformulovanými v Národnom programe rozvoja vzdelávania v Českej republike (tzv. Bielej knihe – Kotásek et al., 2001). Vzdelávanie je zamerané na rozvoj tzv. kľúčových kompetencií.

Jedným z cieľov tejto dizertačnej práce je tvorba didaktických materiálov, ktoré môžu rozvíjať a podporiť nasledujúce kľúčové kompetencie.

Žiak:

a) uplatňuje pri riešení problémov vhodné metódy a získané vedomosti a spôsobilosti, okrem analytického a kritického myslenia využíva aj myslenie tvorivé s použitím predstavivosti a intuície;

b) používa s porozumením odborný jazyk a symbolické a grafické vyjadrenia informácií rôzneho typu;

c) rozumie oznámeniam rôzneho typu v rôznych komunikačných situáciách, správne interpretuje prijímané oznámenia a vecne argumentuje; v nejasných alebo sporných komunikačných situáciách pomáha dosiahnuť porozumenie.

Obsah vyučovania je v rámcových vzdelávacích programoch rozdelený do ôsmich vzdelávacích oblastí. Vyučovací predmet chémia je zaradený do vzdelávacej oblasti Človek a príroda, spolu s fyzikou, biológiou, geografiou a geológiou. Medzi hlavné ciele tejto vzdelávacej oblasti patrí odkrývanie zákonitostí, ktorými sa riadia prírodné procesy, pomocou metód vedeckého výskumu, hľadanie zákonitých súvislostí medzi aspektmi prírodných objektov a procesov, podnecovanie túžby žiakov po poznávaní rádu okolitého sveta, poznanie, že bariéry medzi jednotlivými úrovňami organizácie prírody reálne neexistujú, pochopenie významu hodnoty objektivity a pravdivosti poznania (RVP G, 2007). Z týchto cieľov vyplýva, že je nutný multidisciplinárny a interdisciplinárny prístup k tejto problematike.

Z hľadiska predkladaného dizertačného výskumného projektu sú dôležité nasledujúce ciele. Vzdelávanie v tejto vzdelávacej oblasti vedie žiaka k:

a) tvorbe modelu prírodného objektu či procesu umožňujúceho pre daný poznávací účel vhodne reprezentovať ich podstatné rysy či zákonitosti,

b) používaniu adekvátnych matematických a grafických prostriedkov k vyjadrovaniu prírodovedných vzťahov a zákonov,

c) spolupráci na plánoch či projektoch prírodovedného poznávania a k poskytovaniu dát či hypotéz získaných behom výskumu prírodných faktov ostatným ľuďom,

d) predvídaní priebehu študovaných prírodných procesov na základe znalostí všeobecných prírodovedných zákonov a špecifických podmienok.

Vyučovací obsah vyučovacieho predmetu chémie je špecifikovaný pomocou očakávaných výstupov a pomocou oddielu učivo. Očakávané výstupy sú formulované ako ciele pre žiaka, obsah učiva je uvedený len heslovito. Produkty môjho dizertačného výskumného projektu pomôžu naplniť niektoré očakávané výstupy.

Žiak:

1) ovláda chemické výpočty a uplatňuje ich pri riešení praktických problémov,

2) využíva znalosti o časticovej štruktúre látok a chemických väzbách k predvídaní niektorých fyzikálno-chemických vlastností látok a ich správania v chemických reakciách,

3) predvída priebeh typických reakcií anorganických zlúčenín,

4) zhodnotí vlastnosti atómu uhlíku významné pre štruktúru organických zlúčenín,

5) objasní štruktúru a funkciu zlúčenín potrebných pre dôležité chemické procesy prebiehajúce v organizmoch. (Vybrané podľa: RVP G, 2007)

Ciele 1) a 2) sa týkajú všeobecnej chémie, cieľ 3) sa týka anorganickej chémie, cieľ 4) je cieľom organickej chémie a posledný cieľ je cieľom biochemickej časti.

V matematickej časti môžeme tiež nájsť ciele, ktoré by mohli byť naplnené prostredníctvom praktickej činnosti žiaka pri riešení problémov v chemickom vzdelávaní, ako je zrejmé z nasledujúceho prehľadu.

Žiak:

1) vytvára hypotézy, zdôvodňuje ich pravdivosť a nepravdivosť, vyvracia nesprávne tvrdenia, zdôvodňuje postup a overuje správnosť riešenia problému,

2) odhaduje výsledky numerických výpočtov, rieši rovnice a nerovnice,

- 3) geometricky interpretuje číselné, algebrické a funkčné vzťahy, graficky znázorňuje riešenie rovníc a ich sústav,
 - 4) diskutuje a kriticky zhodnotí štatistické informácie a oznámenia,
 - 5) volí a využíva vhodné štatistické metódy pre analýzu a spracovanie dát (využíva IKT),
 - 6) reprezentuje graficky súbory dát, tabuľky diagramy a grafy
 - 7) využíva poznatky o funkciách pri riešení rovníc a určovaní kvantitatívnych vzťahov, načrtne grafy požadovaných funkcií a určí ich vlastnosti,
 - 8) modeluje závislosti reálnych dejov pomocou známych funkcií,
 - 9) používa, geometrické pojmy, vlastnosti geometrických útvarov, využíva náčrt pri riešení rovinného alebo priestorového problému,
 - 10) rieši planimetrické a stereometrické problémy motivované praxou,
 - 11) rieši úlohy pomocou zhodných a podobných zobrazení.
- (Vybrané podľa: RVP G, 2007)

Kolektív autorov – Rámcový vzdelávacie program pro základní vzdělávání (2017)

Rámcové vzdelávacie programy pre základné vzdelávanie platné vo svojej najnovšej verzii od roku 2013 vymedzujú požiadavky na vzdelávanie na základných školách v Českej republike. Rovnako ako v rámcových vzdelávacích programoch pre gymnáziá je obsah vzdelávania na základných školách rozdelený do vzdelávacích oblastí. Predmet chémie patrí do vzdelávacej oblasti Človek a príroda spolu s fyzikou, prírodopisom a zemepisom. Táto vzdelávacia oblasť si za hlavné ciele kladie, aby žiaci poznávali prírodu ako celistvý systém, uvedomovali si dôležitosť rovnováhy v prírode a jej ovplyvňovanie ľudskými zásahmi a boli otvorení alternatívnym názorom a rozvíjali si kritické myslenie a logické uvažovanie. V Rámcových vzdelávacích programoch pre základné vzdelávanie vo vzdelávacej oblasti Človek a príroda ale nenájdeme konkretizované ciele, ktoré by priamo súviseli s interdisciplinárnym prepojením chémie s matematikou, či jej časťami alebo s chemickým modelovaním štruktúr.

Autorský kolektív – Štátny vzdelávacie program pre gymnáziá v Slovenskej republike, ISCED 3A – vyššie sekundárne vzdelávanie (2015)

Tento kurikulárny dokument rámcovo určuje spôsob vzdelávania na gymnáziách v Slovenskej republike. Gymnaziálne vzdelávanie na Slovensku je podobne ako základné vzdelávanie rozčlenené do vzdelávacích oblastí. Predmet chémie je zaradený do vzdelávacej oblasti človek a príroda. V slovenskom Štátnom vzdelávacom programe

sú ciele vzdelávacej oblasti Človek a príroda podstatne viac konkretizované do vedomostí a spôsobností, vrátane zručností. Spomenutá vzdelávacia oblasť si za hlavný cieľ kladie dať žiakom základy prírodovednej gramotnosti, ktorá umožní žiakovi riešiť problémy tak, aby bol schopný:

- a) porozumieť prírodným aspektom vplyvujúcim na život človeka a vedieť vysvetliť prírodné javy vo svojom okolí,
- b) osvojiť si niektoré základné pojmy, zákony a metódy prírodných vied,
- c) osvojiť si základné postupy, ktorými prírodné vedy získavajú nové poznatky,
- d) vedieť získavať informácie o prírode a jej zložkách prostredníctvom vlastných pozorovaní a experimentov v laboratóriu a v prírode,
- e) docieľiť schopnosť pracovať s grafmi, tabuľkami, schémami, obrázkami, náčrtmi, mapami,
- f) vedieť využívať prostriedky IKT pri vyhodnocovaní a spracovaní získaných údajov,
- g) vytvárať si vlastný úsudok o tých aspektoch prírodovedných poznatkov, ktoré sú dôležité pre život spoločnosti (Štátny vzdelávací program ISCED 3A, 2015)

V tomto cieľovom zameraní môžeme priamo vidieť ciele, ktoré podporujú interdisciplinárny presah matematiky do chémie a chémie do matematiky a to hlavne v cieľoch e) a f).

Štátny vzdelávací program ISCED 3A je doplnený učebnými osnovami, ktoré bližšie špecifikujú obsahové a výkonové štandardy jednotlivých predmetov. Z výkonových štandardov vyberáme ciele, ktoré podporujú interdisciplinárny presah nami skúmaných predmetov, teda chémie a matematiky:

- 1) pripraviť roztok s daným hmotnostným zlomkom,
- 2) urobiť zápis o experimente pomocou textu, schém, náčrtu, tabuliek,
- 3) napísať vzťah pre výpočet hmotnostného zlomku a vysvetliť symboly v zápise,
- 4) vypočítať hmotnostný zlomok zložky v roztoku,
- 5) vypočítať hmotnosť rozpustenej látky a hmotnosť rozpúšťadla, ak je daný hmotnostný zlomok roztoku a hmotnosť roztoku,
- 6) vypočítať koncentráciu roztoku, ak je dané látkové množstvo a objem roztoku,
- 7) poznať značku a jednotku koncentrácie roztoku,
- 8) využiť poznatky o príprave roztokov pri ich príprave v domácnostiach,

- 9) poznať znamienko náboja elektrónu a protónu,
- 10) určiť počet elementárnych častíc v atóme prvku na základe známej hodnoty A , N , Z ,
- 11) chápať pojem orbitál, poznať maximálny počet elektrónov v orbitáloch s , p ,
- 12) poznať prvky s nízkou a vysokou hodnotou elektronegativity,
- 13) zistiť základné charakteristiky atómov z údajov z periodickej tabuľky prvkov
- 14) určiť oxidačné číslo atómov prvkov v niektorých chemických zlúčeninách,
- 15) načrtnúť štruktúru grafitu a diamantu,
- 16) predpokladať vlastnosti látok na základe ich zloženia a štruktúry,
- 17) rozlíšiť relatívnu atómovú a molekulovú hmotnosť a molárnu hmotnosť,
- 18) poznať význam Avogadrovej konštanty,
- 19) určiť molárnu hmotnosť zlúčeniny zo známych hodnôt molárnych hmotností prvkov,
- 20) napísať vzťah pre výpočet látkového množstva a vysvetliť symboly v zápise, vypočítať látkové množstvo látky a hmotnosť látky,
- 21) vypočítať hmotnosť reaktantu alebo produktu na základe zápisu chemickej rovnice reakcie,
- 22) vysvetliť význam stechiometrických koeficientov v chemickej rovnici,
- 23) určiť hodnotu reakčného tepla z 1. termochemického zákona,
- 24) určovať oxidačné čísla atómov prvkov v daných redoxných reakciách.

Výkonové štandardy sú rozpracované len v oblasti všeobecnej chémie. Nájde tu mnoho cieľov, ktoré podporujú využitie interdisciplinárnych vzťahov matematiky a chémie. Určite by sme mnoho vzťahov našli aj v ostatných oblastiach chémie, hlavne čo sa týka priestorovej štruktúry zlúčenín. Vzhľadom na povahu predmetu matematika a jej nadväznosti na chémiu, hlavne v oblasti všeobecnej chémie, môžeme predpokladať, že týchto cieľov bude podstatne menej.

Autorský kolektív – Štátny vzdelávací program pre 2. stupeň základnej školy v Slovenskej republike, ISCED 2 – nižšie sekundárne vzdelávanie (2015)

Tento kurikulárny dokument rámcovo špecifikuje vzdelávanie na 2. stupni základných škôl v Slovenskej republike. Vzdelávací systém je podobne ako v Českej republike rozdelený do vzdelávacích oblastí. Predmet chémia je zaradený do vzdelávacej oblasti Človek a príroda. Za hlavné ciele si táto vzdelávacia oblasť kladie poskytnúť žiakom

príležitosť skúmať prírodu ako celistvý systém, vzbudiť záujem žiaka o prírodu a dianie v nej a o hľadanie zákonitých súvislostí medzi pozorovanými javmi a vlastnosťami prírodných objektov, sprostredkovať žiakovi poznanie, že neexistujú bariéry medzi jednotlivými úrovňami organizácie prírody. Tento prístup si vyžaduje úzku spoluprácu predmetov ako fyzika, chémia, biológia, geografia a matematika. (Štátny vzdelávací program ISCED 2, 2015).

Súčasťou tohto kurikulárneho dokumentu sú na Slovensku tzv. Učebné osnovy, ktoré bližšie špecifikujú jednotlivé predmety a vymedzujú obsahový a výkonový štandard žiakov. Obsahový štandard vymedzuje pojmy, ktoré žiak musí ovládať a vedieť vysvetliť. Výkonový štandard je formulovaný v podobe cieľov pre žiaka. Z výkonového štandardu vyberáme ciele, ktoré podporujú interdisciplinárny presah matematiky do chémie:

- 1) pripraviť podľa návodu vodný roztok tuhej látky o určitom hmotnostnom percente,
- 2) vypočítať hmotnosť látky a vody potrebnej na prípravu roztoku určitej hmotnosti a hmotnostného percenta zložky roztoku,
- 3) určiť z hodnoty protónového čísla počet elektrónov v atóme,
- 4) určiť druh a počet atómov v konkrétnom príklade molekuly,
- 5) určiť oxidačné čísla atómov prvkov v halogenidoch a oxidoch,
- 6) porovnať hmotnosť 1 mólu atómov rôznych prvkov,
- 7) vypočítať molárnu hmotnosť zlúčenín zo známych molárnych hmotností atómov prvkov tvoriacich zlúčeninu
- 8) vypočítať látkové množstvo látky, ak je zadaná hmotnosť látky a molárna hmotnosť,
- 9) určiť v zápise chemickej reakcie oxidačné čísla atómov prvkov v reaktantoch a produktoch.

Uvedené výkonové štandardy priamo ukazujú na možnosť interdisciplinárneho presahu matematiky do chémie. Nájdeme ich však len v časti všeobecnej chémie. V organickej chémii, anorganickej chémii ani v biochémií už výkonové štandardy zamerané na matematiku nenájdeme. V týchto oblastiach chémie by sa ale uplatnila najviac geometria, a hlavne jej súčasť stereometria, pri popise priestorovej štruktúry zlúčenín.

2.4 Analýza vybraných školských vzdelávacích programov v Českej republike

Pre bližšie pochopenie zakotvenia problematiky v kurikulárnych dokumentoch na školskej úrovni bola vykonaná analýza školských vzdelávacích programov 22 gymnázií. Bola vybraná reprezentatívna vzorka gymnázií tak, aby svojimi charakteristikami odpovedala charakteristikám celkového súboru škôl v Českej republike. Charakteristiky ovplyvňujúce výber vzorky boli zriadovateľ a geografické rozpoloženie (Tabuľka 1)

Tabuľka 1 Reprezentatívna vzorka gymnázií v ČR a ich základné charakteristiky

Názov školy	Zriadovateľ	Zameranie	Poloha
Biskupské gymnázium, Brno	cirkevné	všeobecné	Morava
Waldorfské lyceum, Praha	súkromné	všeobecné	Praha
Nový PORG, Praha	súkromné	všeobecné	Praha
Akademia, Brno	súkromné	všeobecné	Morava
Soukromé Táborské gymnázium	súkromné	všeobecné + RVJ	Čechy
Přírodovědné gymnázium, Ostrava	súkromné	přírodovědné	Sliezsko
Gymnázium Čakovice, Praha	štátne	všeobecné + RVJ	Praha
Gymnázium Opatov, Praha	štátne	všeobecné	Praha
Gymnázium Botičská, Praha	štátne	přírodovědné	Praha
Matiční gymnázium, Ostrava	štátne	všeobecné	Sliezsko
Gymnázium Aš	štátne	všeobecné + RVJ	Čechy
Gymnázium Jateční, Ústí nad Labem	štátne	všeobecné	Čechy
Gymnázium Česká Lípa	štátne	všeobecné	Čechy
Gymnázium Český Brod	štátne	všeobecné + RVJ	Čechy
Gymnázium Františka Palackého, Valašské Meziříčí	štátne	všeobecné	Morava
Gymnázium Jeseník	štátne	všeobecné	Sliezsko
Gymnázium Mozartova, Pardubice	štátne	všeobecné	Čechy
Gymnázium Velké Meziříčí	štátne	všeobecné	Morava
Gymnázium Trhové Sviny, České Budějovice	štátne	všeobecné	Čechy
Gymnázium Františka Křižíka, Plzeň	štátne	všeobecné	Čechy
Gymnázium J. K. Tyla, Hradec Králové	štátne	všeobecné	Čechy
Gymnázium Slovanské náměstí, Brno	štátne	všeobecné + RVJ	Morava

Podľa tabuliek Ministerstva školstva, mládeže a telovýchovy ČR bolo rozloženie gymnázií podľa zriaďovateľa v školskom roku 2016/2017 nasledovné (Tabuľka 2).

Tabuľka 2 Porovnanie rozdelenie škôl podľa zriaďovateľa v ČR a vo vybranej vzorke (upravené podľa <http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/statistika-skolstvi/rocenky>)

Zriaďovateľ	ČR	Vzorka	ČR (%)	Vzorka (%)
Štátne	972	17	74,9 %	77,3 %
Súkromné	285	4	22,0 %	18,2 %
Cirkevné	40	1	3,1 %	4,6 %
Celkom	1297	22	100 %	100 %

Je vidieť, že rozloženie náhodnej vzorky približne odpovedá vzorke škôl v celej ČR. Počet škôl v jednotlivých skupinách podľa zriaďovateľa teda približne proporcionálne odpovedá počtu škôl v základnom súbore (tzn. v súbore škôl celej ČR). Ide teda o *proporcionálny stratifikovaný výber vzorky*, iným slovom kontrolovaný výber. Vzorka je teda zmenšeným modelom základného súboru (Chráska 2007).

V školských vzdelávacích programoch bolo hodnotené zastúpenie jednotlivých cieľov vo vzdelávacom predmete chémia a k nemu pridružených seminároch. Táto analýza poskytne obraz o tom, ako veľmi učitelia pri príprave ŠVP rozpracúvajú témy týkajúce sa medzipredmetových vzťahov matematiky a chémie. Zároveň poskytne aj náhľad na to, do akej miery sa týmto témam učitelia pri svojej príprave a vo svojich hodinách venujú a aký dôraz kladie škola ako celok na danú problematiku.

Jednotlivým ŠVP boli priradované body podľa miery rozpracovania vzdelávacích cieľov a ďalších kritérií - vid' Tabuľka 3. Body boli priradované vzhľadom k tomu, ako podrobne boli dané ciele rozpracované s porovnaním rozpracovanosti v RVP. Ak boli ciele týkajúce sa daného okruhu len prepísané z RVP, resp. ľahko modifikované, bolo pridelených 0 bodov. Ak ŠVP konkretizovalo tieto ciele v zmysle uvedenia konkrétnych čiastkových pojmov a cieľov, bol im pridelený 1 bod. Ak boli uvedené ciele navyše oproti RVP, ktoré by mohli pomôcť tvorbe kľúčových kompetencií, boli pridelené 2 body.

Tabuľka 3 Analýza ŠVP vybranej vzorky škôl

Oblasti matematiky	Algebra	Geometria	Logika	Funkcionálna analýza	Celkom
Vybrané školy v ČR					
Biskupské gymnázium Brno	1	1	0	0	2
Waldorfské lyceum Praha	1	1	1	0	3
Nový PORG	2	2	1	1	6
Akademia Brno	2	1	1	0	4
Soukromé Táborské gymnázium	2	2	0	0	4
Přírodovědné gymnázium, Ostrava	2	2	1	1	6
Gymnázium Čakovice, Praha	2	2	0	0	4
Gymnázium Opatov, Praha	2	1	2	0	5
Gymnázium Botičská, Praha	2	2	2	1	7
Matiční gymnázium, Ostrava	2	1	1	0	4
Gymnázium Aš	2	2	1	0	5
Gymnázium Jateční, Ústí nad Labem	2	1	1	0	4
Gymnázium Česká Lípa	1	1	1	0	3
Gymnázium Český Brod	2	1	0	0	3
Gymnázium Františka Palackého, Valašské Meziříčí	2	2	1	0	5
Gymnázium Jeseník	2	2	2	1	7
Gymnázium Mozartova, Pardubice	1	1	1	0	3
Gymnázium Velké Meziříčí	2	2	1	0	5
Gymnázium Trhové Sviny, České Budějovice	2	1	0	0	3
Gymnázium Františka Křižíka, Plzeň	2	1	1	0	4
Gymnázium J. K. Tyla, Hradec Králové	1	1	1	0	3
Gymnázium Slovanské náměstí, Brno	1	1	0	0	2

Analýzou týchto dát bolo zistené, že pri požadovanej presnosti 0,6 bodu (čo je 7,5 % z maximálneho počtu bodov) a spoľahlivosti 95 %, by mal byť rozsah súboru približne 21 škôl. Naša vzorka je teda dostatočná pre analýzu. Požadovaný rozsah vzorky bol zistený nasledujúcim výpočtom:

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot s^2}{\Delta^2} = \frac{1,96^2 \cdot 1,40^2}{0,6^2} = 20,92$$

Kde t_α je koeficient spoľahlivosti pre zvolenú spoľahlivosť α (pre spoľahlivosť 95 % má hodnotu 1,96) s je smerodajná odchýlka (s^2 je rozptyl súboru) a Δ je požadovaná presnosť resp. prípustná absolútna chyba (Chráska, 2007).

Z vybraných škôl boli štyri, ktoré získali viac než 5 bodov, učitelia týchto škôl podrobne rozpracovávajú ciele a obsah vyučovania. Je vidieť, že ide o školy, ktoré majú prírodovedné zameranie. 10 škôl získalo priemerné hodnotenie (4 alebo 5 bodov). Vzdelávacie ciele v ŠVP týchto škôl sú na základnej úrovni, sú rozpracované podrobnejšie než v RVP, ale neobsahujú ciele, ktoré by výrazne podporovali tvorbu a osvojenie kľúčových kompetencií. 8 škôl získalo nižšie hodnotenie (2 či 3 body). Tieto školy majú ŠVP v oblasti chémie rozpracované len na základnej úrovni podľa RVP. Vo svojom znení teda nepodporujú do vysokej miery komplexný prístup k riešeniu problémov. Samozrejme nemôžeme posudzovať kvalitu výučby na týchto gymnáziách podľa vytvorených ŠVP. Je treba si ale uvedomiť, že noví učitelia, ktorý prichádzajú do školy, by sa mali obrátiť práve na kurikulárne dokumenty školy, aby pochopili spôsob výučby a prístup školy ku žiakom.

3 Metodológia

V tejto kapitole sú uvedené teoretické základy metód použitých pri výskumných šetreniach dizertačného projektu.

3.1 Metóda položkovej analýzy

Pre prvý pohľad do problematiky predkladanej dizertačnej práce po rešeršiach literatúry bolo využité testovanie z rokov 2013 a 2014 popísané v dizertačnej práci T. Cífkovej „Úroveň znalostí a dovedností v chemii u žiakov gymnázií“ (Cífková 2015). Táto dizertačná práca sa vo svojom výskume opierala o testovanie žiakov gymnázií pomocou štyroch kvazištandardizovaných testov z oblastí všeobecnej, anorganickej, organickej chémie a biochémie. Výsledky výskumu zo spomínanej dizertačnej práce boli spracovávané pomocou software Statistical Package for the Social sciences (SPSS). Software poskytuje funkcie matematickej štatistiky a vyhodnocuje súbory dát. V následnom výskume môjho dizertačného projektu boli štatistické charakteristiky počítané pomocou odpovedajúcich vzorcov len s použitím software Microsoft Excel z balíčku Microsoft Office.

Vlastné testovanie bolo v roku 2016 rozšírené oproti záverom spomínanej dizertačnej práce z roku 2015 o ďalších 162 testov – testovaných bolo ešte 94 dievčat a 68 chlapcov. Vzorka doplneného testovania mala rozsah 1241 testov, z toho 422 zo všeobecnej chémie (26 doplnených testov), 393 z anorganickej chémie (56 doplnených testov), 302 z organickej chémie (59 doplnených) testov a 124 z biochémie (21 doplnených testov).

Pôvodne boli testy analyzované z pohľadu celkovej úspešnosti riešenia s ohľadom na faktor pohlavia, znalostných dimenzií a kognitívnych procesov využívaných pri riešení testových úloh (Cífková, 2015). Analýza žiackych riešení v mojej dizertačnej práci je vykonaná formou podrobnej položkovej analýzy vybraných položiek, v ktorých bol využitý nejaký matematický princíp. Zo štyroch pôvodných testov bolo preto vybraných 14 úloh, založených na použití matematického princípu pri riešení chemickej úlohy, pre následnú podrobnú analýzu.

Podrobnej položkovej analýze bolo podrobených nasledujúcich šesť úloh z testu zo všeobecnej chémie:

ÚLOHA 2 – všeobecná chémia

Vypočítajte hmotnosť vody, ktorá je potreba k prípravě 500 g roztoku NaOH, je-li hmotnostní zlomek w (NaOH) v soustavě 20 %.

Táto úloha bola zameraná na výpočet hmotnosti látky v zmesi. Z matematického aparátu vyžaduje schopnosť žiaka vyjadriť neznámu zo vzorca pomocou úprav lineárnych rovníc. Z pohľadu chémie vyžaduje znalosť vyjadrovania zloženia zmesi pomocou hmotnostného zlomku.

ÚLOHA 3 – všeobecná chémia

K následujícím modelům (3.1 – 3.3) přiřad'te odpovídající částice (A – E):

3.1 _____



A) H₂O

B) H₂O₂

3.2 _____



C) H₃O⁺

3.3 _____



D) C₂H₂

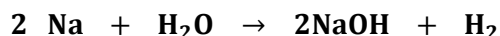
E) BeCl₂

Táto úloha je zameraná na rozpoznanie štruktúry zlúčeniny na základe znalosti jej sumárneho vzorca. Z matematického hľadiska vyžaduje priestorovú predstavivosť. Z chemického hľadiska vyžaduje schopnosť rozpoznať typ chemickej väzby v zlúčenine, schopnosť odvodiť tvar molekuly danej látky k jej sumárnemu vzorcu, základy elektrónovej konfigurácie.

ÚLOHA 5 – všeobecná chémia

Vypočítajte, jaký objem vodíku za normálných podmínek vznikne reakcií 2 g sodíku s vodou. Průběh reakce sodíku s vodou popisuje následující chemická rovnice:

$A_r(\text{Na}) = 23$, $A_r(\text{H}) = 1$, $A_r(\text{O}) = 16$



V tejto úlohe je testovaná schopnosť žiaka porozumieť zápisu chemickej reakcie – chemickej rovnici. Z matematického aparátu sú využité úpravy lineárnych rovníc, vyjadrenie neznámej zo vzorca. Z hľadiska chémie sa úloha zameriava na výpočty z chemickej rovnice, znalosť správania ideálneho plynu za normálnych podmienok (normálny molárny objem plynu) a zákon zachovania hmotnosti.

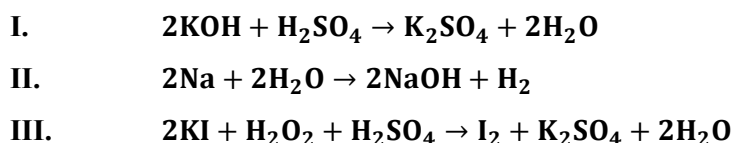
ÚLOHA 8 – všeobecná chémie

Po 15 hodinách rozpadu sledovaného radionuklidu bylo zjištěno, že se jeho množství snížilo na 12,5 % původního množství. Napište, jaký je poločas přeměny tohoto radionuklidu:

Úloha je zameraná na rádioaktívny rozpad látok. Z matematického hľadiska môže žiak využiť jednoduchý logický výpočet (trvanie rozpadu vydeli počtom polčasov rozpadu), alebo môže využiť kinetiku reakcií prvého rádu a teda exponenciálne rovnice. Z pohľadu chémie je potrebná znalosť definície polčasu reakcie prvého rádu.

ÚLOHA 11– všeobecná chémie

Rozhodněte o všech následujících tvrzeních (5.1 – 5.4) týkajících se níže uvedených rovnic, zda jsou pravdivá (ANO), či nikoli (NE):



- 11.1 Všechny uvedené rovnice jsou redoxního charakteru. ANO – NE
11.2 Oxidačním činidlem v reakci III. je peroxid vodíku H_2O_2 . ANO – NE
11.3 Redukčním činidlem v reakci III. je kyselina sírová H_2SO_4 . ANO – NE
11.4 Při reakci podle rovnice II. dochází k oxidaci na atomu vodíku. ANO – NE

Úloha je zameraná na redoxné reakcie. Z matematického hľadiska vyžaduje jednoduché algebrické výpočty (pri určovaní oxidačných čísel) a následnú logickú interpretáciu výsledkov. Z hľadiska chémie vyžaduje schopnosť určovať oxidačné čísla, znalosť a aplikáciu pojmov oxidácia, redukcia, oxidovadlo (oxidačné činidlo) a redukovadlo (redukčné činidlo).

ÚLOHA 12 – všeobecná chémie

Následující tabulka ukazuje hodnoty I. ionizační energie I vybraných atomů prvků:

značka prvku	Li	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Rb	Cs
I [kJ · mol ⁻¹]	513	496	738	577	786	1012	1000	1251	1520	419	403	376

Který z následujících atomů prvků vytváří nejsnáze kation?

- A) lithium
B) sodík
C) draslík
D) rubidium
-

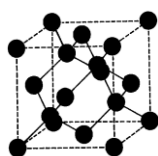
Úloha je zameraná na interpretáciu tabelovaných dát. Z matematického hľadiska vyžaduje porovnávanie prirodzených čísel a logický úsudok pri vyhodnocovaní dát. Z pohľadu chémie je nutná znalosť pojmu ionizačná energia a pochopenie jeho významu.

Z testu z anorganickej chémie boli vybrané pre podrobnú analýzu nasledujúce dve úlohy:

ÚLOHA 2 – anorganická chémie

Ke každému z nasledujúcich obrázků (2.1 – 2.3) napíšte názov príslušné modifikácie uhlíku s vyobrazenou štruktúrou:

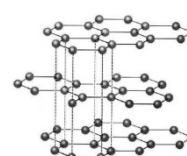
obrázek 2.1



obrázek 2.2



obrázek 2.3



modifikace: _____ modifikace: _____ modifikace: _____

Úloha je zameraná na rozpoznávanie štruktúr alotropických modifikácií uhlíku. Z matematického hľadiska vyžaduje priestorovú predstavivosť. Z hľadiska chémie je potrebné poznať názvy alotropických modifikácií a ich vlastností.

ÚLOHA 3 – anorganická chémie

Které z následujících tvrzení týkajících se vody je pravdivé?

- A) Těžká voda obsahuje dva atomy tritia.
- B) Vazby v molekule vody svírají úhel přibližně 104,5 °.
- C) Největší hustotu má voda v pevném skupenství, tedy v podobě ledu.
- D) Přechodná tvrdost vody je způsobená především hydrogenuhličitanem vápenatým a draselným.

Úloha je zameraná na poznatky o vode. Správna odpoveď vyžaduje z matematického hľadiska priestorovú predstavivosť a odhad pre rovinné uhly. Z chemického hľadiska je potrebné poznať fyzikálne a chemické vlastnosti vody ako čistej látky.

Z testu z organickej chémie boli vybrané pre podrobnú analýzu tri úlohy:

ÚLOHA 7 – organická chémie

Elementární analýzou bylo zjištěno, že sloučenina obsahuje 38,7 % uhlíku, 9,7 % vodíku a kyslík. Relativní molekulová hmotnost sloučeniny je 62. Jaký je souhrnný vzorec této sloučeniny?

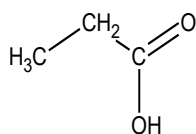
Úloha je zameraná na určenie sumárneho vzorca organickej zlúčeniny na základe elementárnej analýzy. Z matematického aparátu vyžaduje žiakovu schopnosť pracovať s pomerom a úmerou, úpravy rovníc a počítanie so zlomkami. Z chémie vyžaduje porozumeniu pojmu hmotnostný zlomok, relatívna molekulová hmotnosť.

ÚLOHA 13– organická chémia

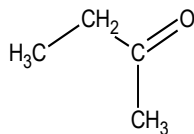
V laboratoři byly tři zásobní lahve s neznámými vzorky (13.1 – 13.3). K určení neznámých vzorků byly provedeny důkazové reakce, které shrnuje následující tabulka. Přiřaďte vzorce sloučenin (A – E) k zásobním lahvám (13.1 – 13.3):

reakce lahve se vzorkem	oxidace roztokem $K_2Cr_2O_7$	reakce na přítomnost karbonylu	reakce s Fehlingovým činidlem	reakce s CH_3COOH v přítomnosti H_2SO_4	vzorec (A-E) ?
lahve 13.1	negativní	pozitivní	negativní	negativní	
lahve 13.2	pozitivní	negativní	negativní	pozitivní	
lahve 13.3	pozitivní	pozitivní	pozitivní	negativní	

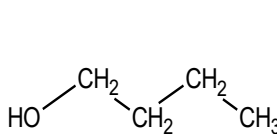
A)



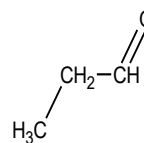
B)



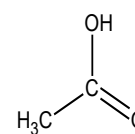
C)



D)



E)



Úloha je zameraná na rozpoznanie organickej zlúčeniny podľa jej špecifických reakcií. Z matematického aparátu vyžaduje najmä využitie matematickej výrokovej logiky. Z chémie vyžaduje znalosť reakcií organických chemických látok s rôznymi činidlami.

ÚLOHA 15 – organická chémia

Kolik elektronů tvoří dvojnou vazbu?

- A) 2
- B) 4
- C) 6
- D) 8

Úloha je zameraná na chemickú väzbu. Z matematiky vyžaduje základné početné operácie. Z chémie vyžaduje znalosť princípu vzniku chemickej väzby.

V teste z biochémie boli vybrané pre podrobnú analýzu ešte tri úlohy:

ÚLOHA 2 – biochémia

Transkripcí určité sekvence DNA vznikla sekvence mRNA s následujícím uspořádáním nukleotidů:

5'- CUGGCCCUAGGCCAGGGG – 3'

Napište správné uspořádání nukleotidů původního řetězce DNA, jejíž transkripcí vznikla uvedená sekvence mRNA:

Úloha je zameraná na proces proteosyntézy, konkrétne na jej prvý krok, a to transkripciu DNA do mRNA. Z hľadiska matematiky vyžaduje táto úloha logické uvažovanie. Z hľadiska chémie vyžaduje aplikáciu princípu komplementarity báz.

ÚLOHA 3 – biochémia

Pomocí následující tabulky určete a napište sekvenci aminokyselin bílkovinného řetězce, který je kódován následující sekvencí mRNA:

5'- CUGGCCCUAGGCCAGGGG – 3'

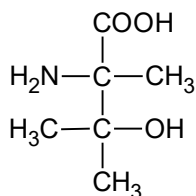
	U		C		A		G	
U	UUU	fenylalanin	UCU	serin	UAU	tyrosin	UGU	cystein
	UUC	fenylalanin	UCC	serin	UAC	tyrosin	UGC	cystein
	UUA	leucin	UCA	serin	UAA	stop	UGA	stop
	UUG	leucin	UCG	serin	UAG	stop	UGG	tryptofan
C	CUU	leucin	CCU	prolin	CAU	histidin	CGU	arginin
	CUC	leucin	CCC	prolin	CAC	histidin	CGC	arginin
	CUA	leucin	CCA	prolin	CAA	glutamin	CGA	arginin
	CUG	leucin	CCG	prolin	CAG	glutamin	CGG	arginin
A	AUU	izoleucin	ACU	treonin	AAU	asparagin	AGU	serin
	AUC	izoleucin	ACC	treonin	AAC	asparagin	AGC	serin
	AUA	izoleucin	ACA	treonin	AAA	lysin	AGA	arginin
	AUG	metionin	ACG	treonin	AAG	lysin	AGG	arginin
G	GUU	valin	GCU	alanin	GAU	kys.	GGU	glycin
	GUC	valin	GCC	alanin	GAC	asparagová	GGC	glycin
	GUA	valin	GCA	alanin	GAA	kys.	GGA	glycin
	GUG	valin	GCG	alanin	GAG	glutamová	GGG	glycin

Úloha je zameraná na druhý proces proteosyntézy – transláciu. Z matematického aparátu je potrebné pri riešení využiť interpretáciu dát a vyhľadávanie v tabuľke. Z chemického hľadiska je nutné aplikovať princíp translácie a komplementarity báz.

ÚLOHA 10 – biochémia

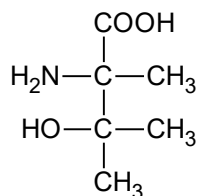
Rozhodněte o všech následujících vzorcích aminokyselin, zda se jedná o α -aminokyselinu (ANO), či nikoli (NE):

10.1



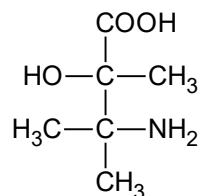
ANO – NE

10.2



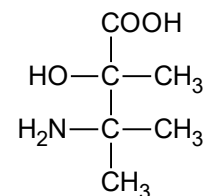
ANO – NE

10.3



ANO – NE

10.4



ANO – NE

Úloha je zameraná na rozpoznanie typu aminokyseliny podľa jej štruktúry. Z matematického hľadiska sa zapája matematická logika a interpretácia grafického zobrazenia. Z chémie je nutné využiť poznatky o názvosloví substitučných derivátov karboxylových kyselín.

V rokoch 2016, 2017 bolo prevedené následné testovanie, do ktorého bolo vybraných všetkých 14 typových úloh. Pretože test má obsahovať položky rôznych náročností a nižší počet testových položiek by znížil reliabilitu testu. (Chráska, 1999).

3.2 Metóda interview

Hĺbkový rozhovor je jednou z najčastejšie používaných metód na zber dát v kvalitatívnom výskume. Je to metóda založená na priamom pýtaní sa otázok, teda na verbálnej komunikácii výskumného pracovníka a respondenta. (Skalková et al., 1983)

Z hľadiska rolí ide o nesúmerný rozhovor. Na jednej strane vystupuje výskumník, ktorý príde do neznámeho prostredia za účelom získavania informácií, na strane druhej je prítomný objekt výskumu, ten, kto odpovedá (respondent). Výskumník má teda inú rolu než dotazovaný, pretože vedie rozhovor, vyberá otázky a ukončuje rozhovor. (Švaříček, Šed'ová, 2007)

Z hľadiska kladených otázok môžeme rozdeliť interview na tri druhy a to štruktúrované, pološtruktúrované a neštruktúrované. Štruktúrované interview by sa dalo označiť za zúčastnený dotazník tzn. že otázky a alternatívy odpovedí sú dopredu určené. Pološtruktúrované interview má určené otázky, môžu byť dostupné aj alternatívy odpovedí, ale odpovede respondenta môžu tieto alternatívy dopĺňať. Respondent môže tvoriť aj úplne nové alternatívy odpovedí. (Gavora, 2000)

Neštruktúrované interview sa líši od ostatných tým, že má iba dopredu určené otázky, ale neponúka alternatívy odpovedí. Takéto interview môže priniesť nové, neočakávané odpovede, ktoré sa ale zložitejšie vyhodnocujú.

Pre účel tejto dizertačnej práce bola zvolená metóda pološtruktúrovaného až neštruktúrovaného interview. Táto metóda poslúžila ako náhľad do problematiky interdisciplinárnych presahov matematiky do chémie. Interview bolo zamerané na otázky ohľadom najproblematickejších oblastí chémie, v ktorých je využívaný matematický aparát.

Otázky v interview boli vo väčšine prípadov otvorené, až na dve otázky, ktoré ponúkali výber možností, ale zároveň bolo možné doplniť aj vlastnú odpoveď. Interview obsahovalo 10 otázok, aby nevyčerpalo príliš subjekt výskumu a aby jeho dĺžka bola do 30 minút.

Interview bolo rozdelené na 2 druhy: interview s učiteľom chémie a interview s učiteľom matematiky. Výsledky interview sú zhrnuté v praktickej časti práce.

3.3 Metóda testovania didaktickým testom

Pre pochopenie problémov žiakov v skúmanej oblasti bol využitý didaktický test, ktorý bol následne štatisticky vyhodnotený. Testové úlohy tematicky odpovedali úlohám z pôvodného testovania T. Cífkovej (2015). Nový test obsahujúci 14 úloh splňuje charakteristiky kvazištandardizovaného testu, kognitívneho testu, výstupného testu, polytematického testu, objektívne skórovateľného testu, testu úrovne výkonu a testu výsledkov výučby.

Kvazištandardizovaný didaktický test

Štandardizovaný didaktický test je pripravovaný profesionálne, je dôkladne overený, takže sú známe jeho základné vlastnosti. Súčasťou štandardizovaného testu je manuál, z ktorého sa užívateľ dozvie o vlastnostiach testu a jeho správnom použití. Kvazištandardizovaný test je test, ktorý je pripravovaný dokonalejšie než bežný učiteľský test, ale nebola pri ňom vykonaná úplná štandardizácia. Sú známe niektoré z jeho vlastností a bývajú prístupné štandardy jeho hodnotenia.

Kognitívny didaktický test

Tento didaktický test overuje kognitívne znalosti (vychádza z taxonómie B. S. Blooma – kognitívne, afektívne a psychomotorické učenie). Test teda meria kvalitu (úroveň) poznania žiaka (Bloom et al., 1956; Skalková, 2007).

Výstupný didaktický test

Výstupný test je zadávaný žiakovi na konci výučbového obdobia alebo na konci určitého celku. Býva označovaný aj ako test sumatívny.

Polytematický didaktický test

Polytematické testy skúšajú učivo niekoľkých tematických celkov, sú preto náročnejšie na prípravu a konštrukciu.

Objektívne skórovateľný didaktický test

Objektívne skórovateľné testy obsahujú úlohy, o správnosti ktorých sa dá objektívne rozhodnúť. Nie každý test túto vlastnosť ale musí splňovať. Pre takýto test teda existujú dopredu dané jasné správne odpovede. Neobsahuje teda odpovede, na ktoré žiak odpovedá široko a voľne.

Didaktický test úrovne výkonu

Test úrovne výkonu na rozdiel od testu rýchlosti buďto neobsahuje časové obmedzenie alebo je časové obmedzenie nastavené tak, aby prerušil činnosť iba v prípade najpomalších žiakov. Časové obmedzenie teda nespôsobí zníženie celkového výsledku testu, inými slovami žiaci majú na test viac než dostatočný čas.

Didaktický test výsledkov výučby

Testy výsledkov výučby merajú to, čo sa žiaci v danej oblasti naučili. Od testu študijných predpokladov sa líšia tým, že nemerajú všeobecné predpoklady pre ďalšie vzdelávanie.

3.4 Metóda štatistického vyhodnocovania testov

Pri štatistickom vyhodnocovaní dát je možné pre základný prehľad využiť dve skupiny štatistických charakteristík a to miery polohy a miery variability. Pri vyhodnocovaní zozbieraných dát boli využité nasledujúce charakteristiky (Zvára, Štěpán, 2012):

Vážený aritmetický priemer

Je mierou polohy náhodnej veličiny x . Označuje sa \bar{x} a počíta sa vzorcom:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^n v_i},$$

kde x_i sú hodnoty náhodnej veličiny, v_i je ich váha a n je rozsah (počet prvkov) štatistického súboru. Vážený aritmetický priemer poskytuje odhad strednej hodnoty náhodnej veličiny, teda okolo akej hodnoty sa približne pohybujú hodnoty náhodnej veličiny.

Variačná šírka súboru

Označme x_{\max} najvyššiu hodnotu náhodnej veličiny x z celého súboru a x_{\min} jej najnižšiu hodnotu, potom variačnou šírkou (rozpätím) súboru (ozn. R) rozumieme rozdiel týchto dvoch hodnôt:

$$R = x_{\max} - x_{\min},$$

poskytuje odhad rozptylu hodnôt náhodnej veličiny.

Kvantil, kvartil, medián, medzikvartilové rozpätie

Kvantily je možné voliť ako ľubovoľné kladné reálne čísla menšie než 1. Väčšinou sa ale vyjadrujú v percentách v rozmedzí (0 %, 100 %). Označujeme ich písmenom K_i , čítame i -ty kvantil. Je mierou rozdelenia polohy náhodnej veličiny. Napr. hodnota K_{20} označuje dvadsiaty kvantil a znamená, že počet hodnôt náhodnej veličiny x , pre ktoré platí:

$$x < K_{20},$$

tvorí 20 % z celého náhodného súboru. Medzi význačné kvantily radíme 1., 2. a 3. kvartil Q_i (sú to hodnoty $K_{25} = Q_1$, $K_{50} = Q_2$ a $K_{75} = Q_3$). Kvantil K_{50} označujeme aj pojmom medián. Ako mieru variability v prípade použitia kvartilov je možné použiť medzikvartilové rozpätie Q :

$$Q = \frac{Q_3 - Q_1}{2},$$

kde Q_1 a Q_3 sú prvý a tretí kvartil.

Rozptyl a smerodajná odchýlka

Sú mierami variability náhodnej veličiny x . Rozptyl sa označuje symbolom s^2 a počíta sa pomocou vzorca:

$$s^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

použité symboly: x_i sú hodnoty náhodnej veličiny, \bar{x} je vážený aritmetický priemer a n je počet prvkov štatistického súboru. Smerodajná odchýlka sa počíta ako odmocnina z rozptylu a označuje sa s :

$$s = \sqrt{s^2}.$$

Rozptyl a smerodajná odchýlka poskytujú informáciu o tom ako veľmi sa budú hodnoty náhodnej veličiny v štatistickom súbore líšiť a odchyľovať od jeho strednej hodnoty. Spomenuté charakteristiky poskytujú odhad toho, kde sa hodnota náhodnej veličiny s najväčšou pravdepodobnosťou vyskytne.

Študentov t-test

T-test alebo Študentov t-test poskytuje informáciu o tom, či sa štatisticky významne odlišujú stredné hodnoty dvoch výberových súborov náhodnej veličiny s normálnym rozdelením. Nulovú hypotézu pri t-teste testujeme pomocou kritéria t , ktoré vypočítame:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}},$$

kde \bar{x}_1 a \bar{x}_2 sú vážené aritmetické priemery jednotlivých súborov, s je smerodajná odchýlka súboru ako celku (obe skupiny dohromady) a n_1 , n_2 sú počty prvkov jednotlivých súborov. Následne je potrebné vypočítať počet stupňov voľnosti Študentovho t- testu f :

$$f = n_1 + n_2 - 2$$

Pod hodnotou f vyhladáme v tabuľkách na určenej hladine významnosti $\alpha = 0,05$ kritickú hodnotu kritéria t ($t_{krit;0,05}$) a porovnáme ju s vypočítanou hodnotou kritéria t . Ak platí

$$t < t_{krit;0,05},$$

tak nulovú hypotézu prijímame (prijímame zhodu stredných hodnôt súborov), v opačnom prípade:

$$t > t_{krit;0,05},$$

nulovú hypotézu zamietame (stredné hodnoty skúmaných výberových súborov sa významne líšia).

Reliabilita

Reliabilita je štatistická veličina, ktorá udáva spoľahlivosť či hodnovernosť testu. Má význam relatívnej neprítomnosti chyby v meraní. Teoreticky by mala byť počítaná pomocou nameraného výsledku testom a skutočnej úrovne, ktorú testovaný dosahuje, čo v praxi samozrejme nie je možné. Preto sa nahradzuje inými veličinami, ktoré poskytujú jej odhad. Jednou z nich je Cronbachovo alfa. Všeobecne môže byť hodnota reliability testu rôzna. V praxi sa požaduje podľa Klinovho pravidla, aby reliabilita testu bola okolo 0,7. So zvyšujúcim počtom testových položiek sa reliabilita testu zvyšuje (Ganajová, 2015).

Cronbachovo alfa

Tento koeficient vychádza z predpokladu, že by všetky položky, ktoré merajú podobné princípy mali mať dostatočne vysokú koreláciu. Označujeme ho písmenom α a vypočítame podľa vzorca:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_t^2} \right),$$

kde n je počet testových položiek, s_i^2 je rozptyl i -tej položky a s_t^2 je rozptyl celého testu.

Validita

Validita je štatistická veličina, ktorá určuje platnosť výsledkov dosiahnutých testom. Pre testy sa využíva niekoľko druhov validity, a to: obsahová, kritériová, konštruktová, ekologická a inkrementálna.

Obsahová validita určuje to, či test meria skutočne to, čo sme chceli skúmať. Kritériová validita určuje, či sa výsledok testu zhoduje s vopred zadaným kritériom. Konštruktová validita určuje, či výsledok testu reprezentuje teoreticky stanovený konštrukt. Ekologická validita udáva mieru využiteľnosti výsledkov testu v praxi. Inkrementálna validita sa používa, ak test obsahuje viac subtestov a slúži na porovnanie nárastu validity vzhľadom k jednotlivým častiam.

Spearman-Brownov predikčný vzorec

V prípade, že test nedosahuje požadovanú reliabilitu, je možné využiť Spearman-Brownov predikčný vzorec, ktorý určuje ako sa musí zväčšiť dĺžka testu, aby sa dosiahla požadovaná reliabilita. Vzorec pre výpočet novej reliability:

$$\alpha_1 = \frac{m \cdot \alpha_0}{1 + (m - 1) \cdot \alpha_0},$$

kde α_0 je reliabilita pôvodného testu, α_1 je reliabilita nového testu a hodnota m je určená ako pomer dĺžky nového testu a pôvodného testu (teda koľkokrát má byť nový test dlhší než pôvodný). Po úprave dostaneme upravený vzorec, ktorý nám priamo povie pomer m :

$$m = \frac{\alpha_1 \cdot (1 - \alpha_0)}{\alpha_0 \cdot (1 - \alpha_1)}.$$

Výsledky výskumných šetření

4 Vyhodnotenie položkovej analýzy

4.1 Kvantitatívne vyhodnotenie položkovej analýzy

Vybraných 14 úloh z pôvodných 51 úloh z testovania T. Cífkovej bolo podrobených podrobnej položkovej analýze. Výsledky tejto analýzy zhrňa nasledujúca tabuľka (Tabuľka 4).

Tabuľka 4 Výsledky položkovej analýzy pôvodného testovania T. Cífkovej („+“ správne riešenie, „+/-“, čiastočne správne riešenie, „-“, nesprávne riešenie, „0“ bez pokusu o riešenie)

Test	Č. ú.	+	+/-	-	0	Princíp - chémia	Princíp - matematika
Všeobecná chémia	2	24,64%	-	75,36%	37,68%	Hmotnostný zlomok	Lineárne rovnice
	3	31,50%	46,80%	21,70%	8,30%	Štruktúra zlúčenín	Priestorová predstavivosť
	5	6,60%	-	93,40%	72,00%	Objem plynu	Lineárne rovnice
	8	16,10%	-	83,90%	44,80%	Rádioaktívny rozpad	Exponenciálna funkcia
	11	11,90%	33,60%	54,50%	17,90%	Redoxný dej	Algebraické výpočty
	12	46,70%	-	53,30%	3,10%	Ionizačná energia	Tabelované dáta
Anorganická chémia	2	4,20%	70,30%	36,41%	71,80%	Štruktúra alotrop. mod.	Priestorová predstavivosť
	3	12,50%	-	87,50%	28,50%	Vlastnosti vody	Priestorová predstavivosť
Organická chémia	7	20,90%	-	79,10%	56,60%	Elementárna analýza	Lineárne rovnice
	13	1,10%	12,00%	86,90%	65,10%	Chemické vl. org. látok	Logika, práca s dátami
	15	73,80%	-	26,20%	4,60%	Chemická väzba	Algebraické výpočty
Biochémia	2	46,70%	-	53,30%	20,20%	Transkripcia DNA	Logika, kombinatorika
	3	65,30%	-	34,70%	16,10%	Translácia DNA	Logika, práca s tabuľkou
	10	24,40%	41,40%	34,20%	7,10%	Štruktúra aminokyselín	Priestorová predstavivosť

Tabuľka zhrňa výsledky podrobnej položkovej analýzy testových položiek. Symbolické označenie „+“ znamená, že žiak riešil úlohu úplne správne a získal maximálny počet bodov (teda 2) Znak „+/-“ znamená, že žiak riešil úlohu čiastočne správne (v prípade štvorice odpovedí odpovedal správne trikrát, v prípade trojice dvakrát), alebo pri výpočte prišiel k výsledku, ktorý bol správny, ale nebol konečným riešením zadanej úlohy). Znak „-“ znamená, že žiak nevyriešil úlohu ani čiastočne správne. Znak „0“ znamená, že žiak sa úlohu ani nepokúsil riešiť (tieto výsledky sú teda zahrnuté aj pod znakom „-“). Jedinou výnimkou v hodnotení bola úloha č. 2 v teste z anorganickej

chémie, kde bol možný počet bodov 3, vzhľadom k jednotlivým trom odpovediam. Čiastočne správne riešenie dosiahli teda tí žiaci, ktorí získali 1 či 2 body; zároveň sa ale riešitelia s čiastočne správnym riešením môžu objaviť aj v stĺpci 0, ak nevyplnili aspoň jednu z odpovedí.

4.2 Diskusia záverov položkovej analýzy

Úspešnosť v riešení jednotlivých položiek bola porovnávaná s celkovou úspešnosťou jednotlivých kvazištandardizovaných didaktických testov. Podľa Cífkovej (2015) test zo všeobecnej chémie mal úspešnosť 38 %, test z anorganickej chémie mal úspešnosť 39 %, test z organickej chémie mal úspešnosť 42 %, test z biochémie mal úspešnosť 53 %. Z tabuľky (Tabuľka 4) je zrejmé, že 11 z vybraných 14 položiek malo priemernú úspešnosť nižšiu než bola priemerná úspešnosť konkrétneho testu, ktorého bola daná úloha súčasťou. Tieto úlohy teda znižovali priemerný výsledok testu. Iba tri úlohy mali úspešnosť vyššiu než bol priemerná úspešnosť pôvodného kvazištandardizovaného testu, a to úloha č. 12 zo všeobecnej chémie (elementárne porovnanie tabelizovaných číselných údajov a porozumenie významu pojmu ionizačná energia), úloha č. 15 z organickej chémie (kde išlo o správny počet elektrónov v chemickej väzbe) a úloha č. 3 z biochémie (správny výber tabelizovaných dát a porozumenie kódovaniu poradia aminokyselín v mRNA).

Všetky úlohy boli skompilované do nového testu pre následné testovanie. Do následného testovania bolo zaradených všetkých 14 typových úloh, pretože test má obsahovať položky rôznych náročností a nižší počet testových položiek by znížil reliabilitu testu. (Chráška, 1999). Nový test bol pripravovaný z toho dôvodu, aby sa žiaci nemohli vyhnúť úlohám, pri riešení ktorých je nutné použiť niektorý z matematických princípov, bádateľských postupov, logických úvah či matematických operácií. Na malej vzorke (jedna trieda maturantov) bolo overené, že test vyhovuje časovej náročnosti 45 minút, teda jednej vyučovacej hodine.

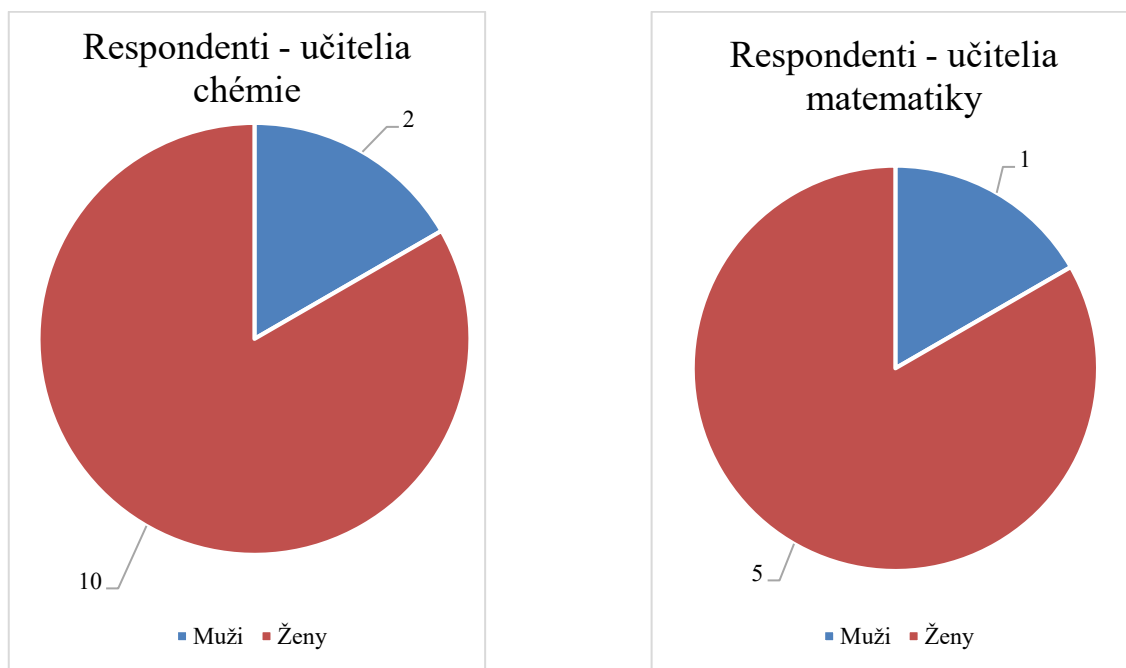
5 Vyhodnotenie interview

Interview boli vedené s učiteľmi chémie (v kombinácii s rôznymi aprobáciami) a s učiteľmi matematiky (v kombinácii s rôznymi aprobáciami). Respondentov zo skupiny učiteľov chémie bolo 12, zo skupiny učiteľov matematiky 6, 2 z respondentov sú aprobovaní vyučujúci oboch predmetov a preto sa zúčastnili oboch interview. Vzor interview vid' v Prílohe č. 1A (interview s učiteľom chémie) a Prílohe č. 1B (interview s učiteľom matematiky).

Interview bolo v tejto dizertačnej práci použité z dôvodu hlbšieho preniknutia do riešenej problematiky. Niektoré informácie by nám mohlo poskytnúť aj dotazníkové šetrenie, ktoré by určite bolo realizovateľné s oveľa vyšším počtom respondentov. Cieľom tejto časti výskumu bolo ale konkrétne odhaliť v osobných rozhovoroch možné problematické oblasti chémie a výučbové situácie, kde je využívaný matematický aparát a priamo zistiť problémy v žiackych postupoch, myslení a porozumení konkrétnym princípom.

5.1 Popis vzorky

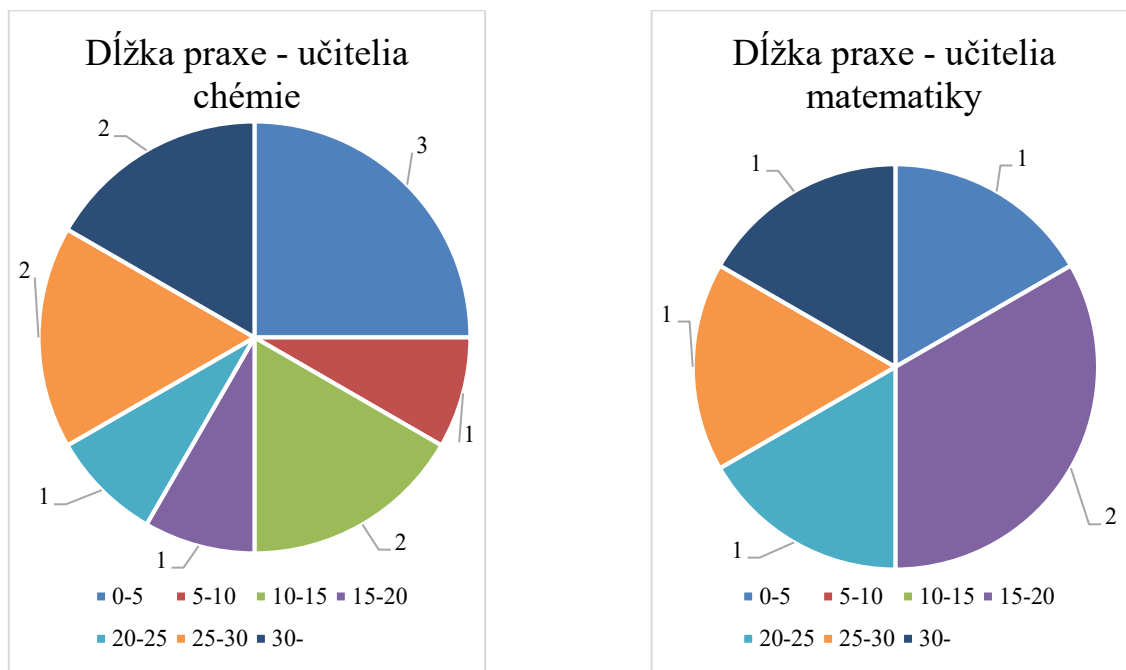
Medzi základné identifikačné údaje respondentov patrili pohlavie, dĺžka praxe, typ školy a odbory, ktoré škola poskytuje a aprobácia. Rozloženie podľa týchto špecifik poskytujú nasledujúce histogramy:



Graf 1 Rozloženie respondentov v jednotlivých skupinách podľa pohlavia

V oboch prípadoch tvorili muži približne 17 % vzorky. Tento stav odpovedá rozloženiu pohlaví v profesii učiteľstva (Graf 1).

Ďalší špecifikačný údaj bola dĺžka praxe v školstve. Rozloženie zhrňajú histogramy (Graf 2).

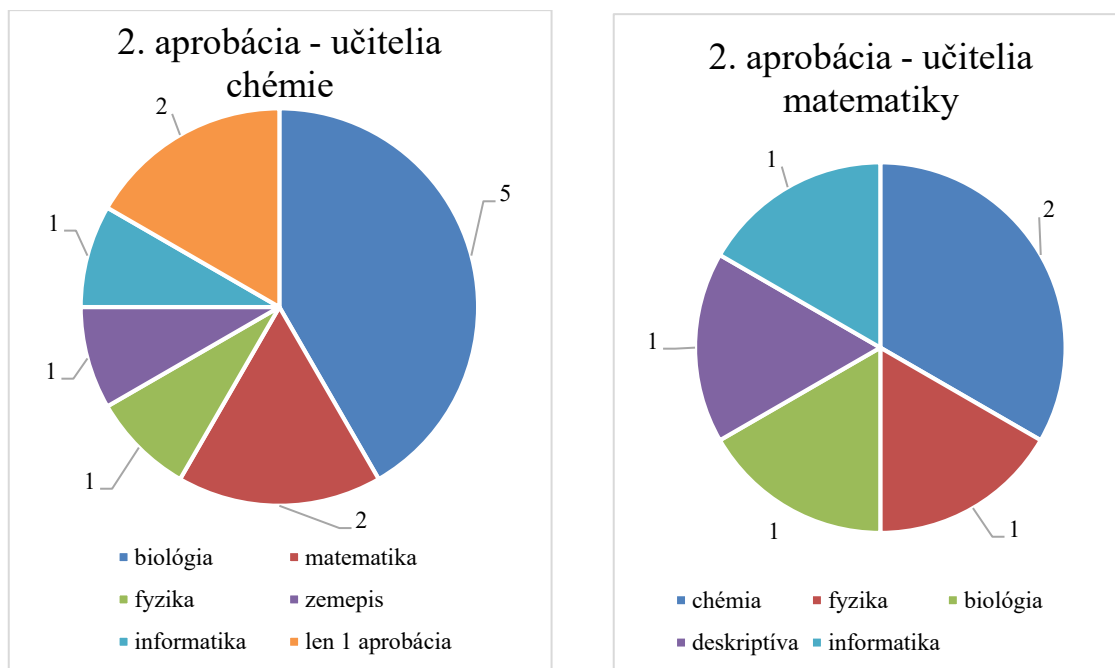


Graf 2 Rozloženie respondentov jednotlivých skupinách podľa dĺžky praxe v odpracovaných rokoch

Vzorka učiteľov chémie je pomerne rovnomerne rozdelená. Počet učiteľov s praxou do 15 rokov je rovnaký ako počet učiteľov s dlhšou praxou. Vzorka respondentov zo skupiny učiteľov matematiky je menej rovnomerne rozdelená, dôvodom je najmä menší rozsah vzorky.

Čo sa týka typu školy, resp. gymnázia (11 prípadov z učiteľov chémie a 5 prípadov z učiteľov matematiky), boli medzi respondentmi vyučujúci z osemročných gymnázií (6 zo skupiny vyučujúcich chémie a 1 zo skupiny vyučujúcich matematiky). Zo šesťročných gymnázií boli 3 chemici a 4 matematici. Štvorročné študijné odbory poskytovali všetky gymnáziá, na ktorých respondenti pôsobili. Respondenti z SOŠ boli obaja zo škôl s chemickým zameraním.

Všetci respondenti boli aprobovanými učiteľmi daného predmetu, ktorého sa interview týkalo. Rozdelenie podľa druhej aprobácie poskytujú nasledujúce histogramy (Graf 3).



Graf 3 Rozloženie respondentov podľa druhej aprobácie

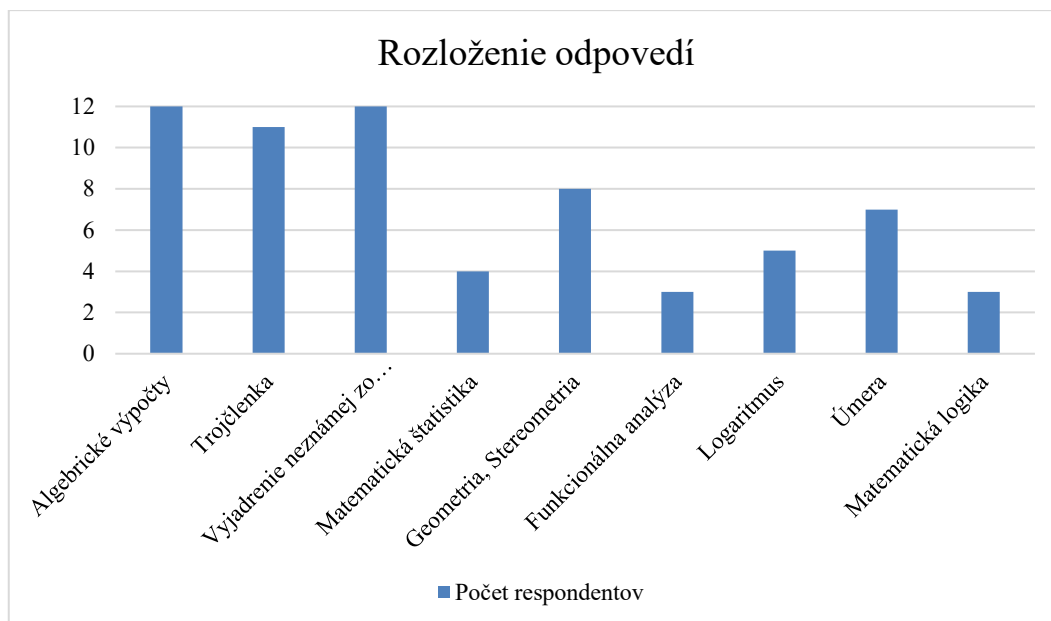
Vzhľadom k rozloženiu vzorky na základe druhého aprobačného predmetu môžeme predpokladať, že väčšina učiteľov nebude príliš klásť dôraz na medzipredmetové vzťahy matematiky a chémie, ale skôr na svoj iný aprobačný predmet. Táto situácia je prínosná najmä kvôli tomu, že na problematiku vznikne komplexnejší pohľad z viacerých odborných hľadísk.

5.2 Vyhodnotenie jednotlivých otázok

Interview s učiteľmi chémie obsahovalo 10 otázok a jeho trvanie bolo priemerne 25 minút. V prípade učiteľov matematiky interview obsahovalo 5 otázok (bola vylúčená časť interview o chemickom modelovaní) a jeho trvanie bolo v priemer 15 až 16 minút.

Interview s učiteľmi chémie

Prvá otázka bola zameraná na matematické princípy, ktoré učítelia využívajú pri výučbe chémie. Znenie: „Aké matematické princípy využívate pri výučbe chémie?“. Otázka bola polouzavretá s výberom možností, ale s možnosťou doplnenia vlastných odpovedí. Všetci respondenti sa zhodli, že isté matematické princípy používajú, čo bolo očakávané. Zhrnutie jednotlivých princíпов so zastúpením odpovedí jednotlivých respondentov poskytuje nasledujúci histogram (Graf 4):



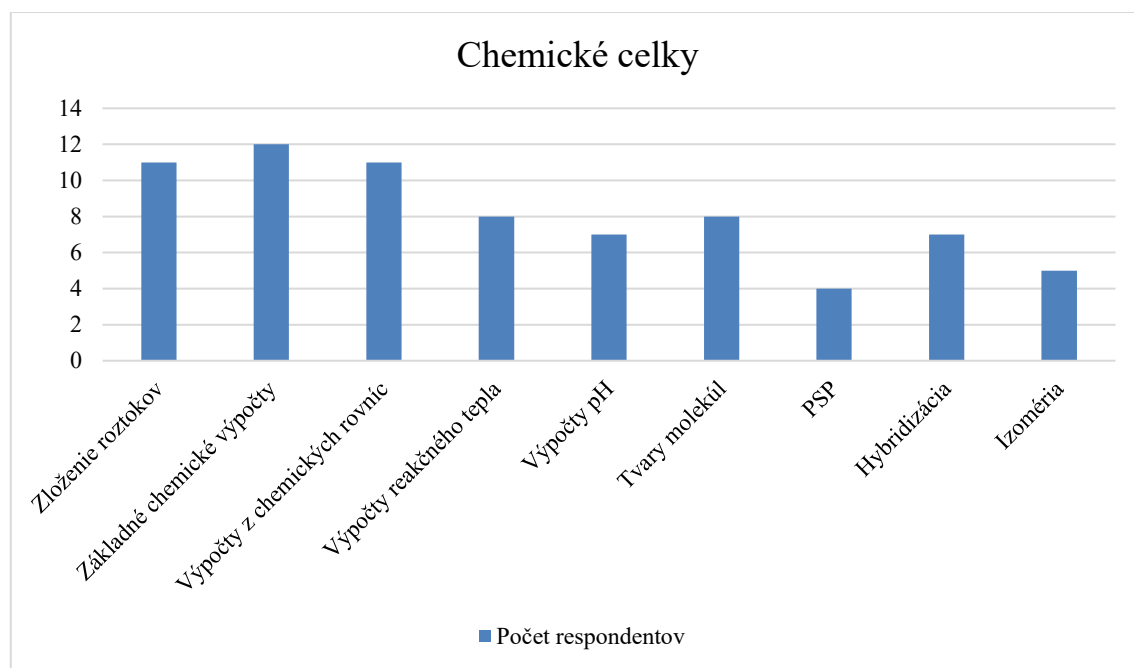
Graf 4 Rozloženie odpovedí respondentov na otázku o používaných matematických princípoch

V histograme vidíme, že základné princípy týkajúce sa algebraických výpočtov, učitelia zaraďujú do výučby bežne. Pokročilejšie matematické princípy (geometrické výpočty, štatistika, funkcionálna analýza) už ale zaraďujú menej, resp. si neuvedomujú ich nadväznosť na matematiku alebo nevysvetľujú ich podstatu (napr. poznatky o väzbových uhloch v molekule vody či metánu uvedú len ako fakt bez vysvetlenia a odkazu na stereometriu).

Druhá otázka nadväzovala na predošlú, respondenti mali vyjadriť svoj názor na to, či ich žiaci v momente, keď potrebujú využiť matematický princíp spomenutý v prvej otázke, tento princíp už ovládajú. Respondenti odpovedali vo väčšine prípadov záporne, niekedy bola odpoveď: „Áno, ale...“ Pri výučbe v ročníkoch nižších gymnázií sa stretávajú s problémom nedostatočného pochopenia významu premennej v algebraickom výraze. Žiakom v tejto oblasti robia problémy najmä bežné chemické zápisy typu $c(\text{NaOH})$, ktoré často chápajú ako dve nezávislé premenné. Podobné problémy nastávajú aj v nižších ročníkoch vyššieho gymnázia pri štvorročných študijných odboroch. Niektorí učitelia majú pocit, že musia vyložiť základy týchto princípov a tým zastupujú vyučujúceho matematiky. Ďalším z problémov je definícia pH v prvom ročníku vyššieho gymnázia, pretože vyžaduje od žiakov základné poznatky o logaritmoch. Tento problém riešia naučením postupu počítania logaritmov na kalkulačke, žiaci však už potom nezvládajú (alebo zvládajú len s ťažkosťami) pokročilejšie úlohy – napr. výpočet koncentrácie zo zadaného pH. Jedným z riešení je zmena ŠVP, ktorá prebehla

na niekoľkých školách, kedy sa previedlo toto učivo až do druhého ročníku vyššieho gymnázia. Väčšina vyučujúcich naráža na problém prevedenia úlohy z textovej podoby do podoby so zápisom pomocou matematických symbolov (matematizácia slovnej úlohy).

Tretia otázka sa venovala chemickým celkom, ktoré využívajú matematiku. Znenie: „V ktorých tematických celkoch chémie najviac využívate matematické princípy (a ktoré)? Odpovede zhŕňa histogram (Graf 5).



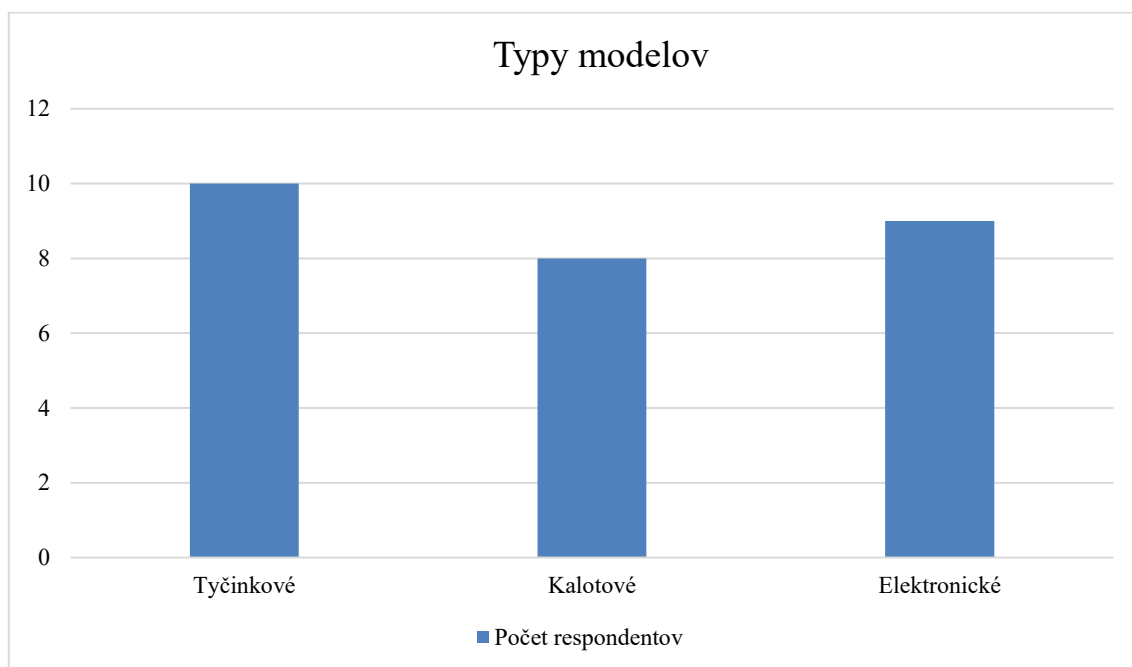
Graf 5 Rozloženie respondentov v otázke o chemických celkoch využívajúcich matematické princípy

Odpovede respondentov v tretej otázke približne odpovedajú rozloženiu odpovedí v prvej otázke. Žiadny z respondentov ale nespomenul oblasti reakčnej kinetiky či termodynamickej rovnováhy, v ktorých sa dá nadviazať na funkcionálnu analýzu či riešenie rovníc.

Štvrtá otázka sa zameriavala na didaktické materiály pre danú tému, ktoré učitelia využívajú. Pri výučbe využíva väčšina učiteľov (jedenásť odpovedí) bežne dostupné zbierky príkladov pre výučbu chemických výpočtov. Jeden z respondentov využíva výlučne vlastné materiály. Tretina respondentov (štyria) využívajú pri príprave výučby spomínaných tematických celkov materiály z vysokoškolských inštitúcií a z podkladov pre chemické olympiády v ČR či SR. Tiež osem respondentov využíva aj vlastné príklady. V ostatných celkoch využívajú texty učebníc či internet.

Ďalších päť otázok bolo zameraných na modelovanie chemických štruktúr a využívanie modelov pri výučbe chémie.

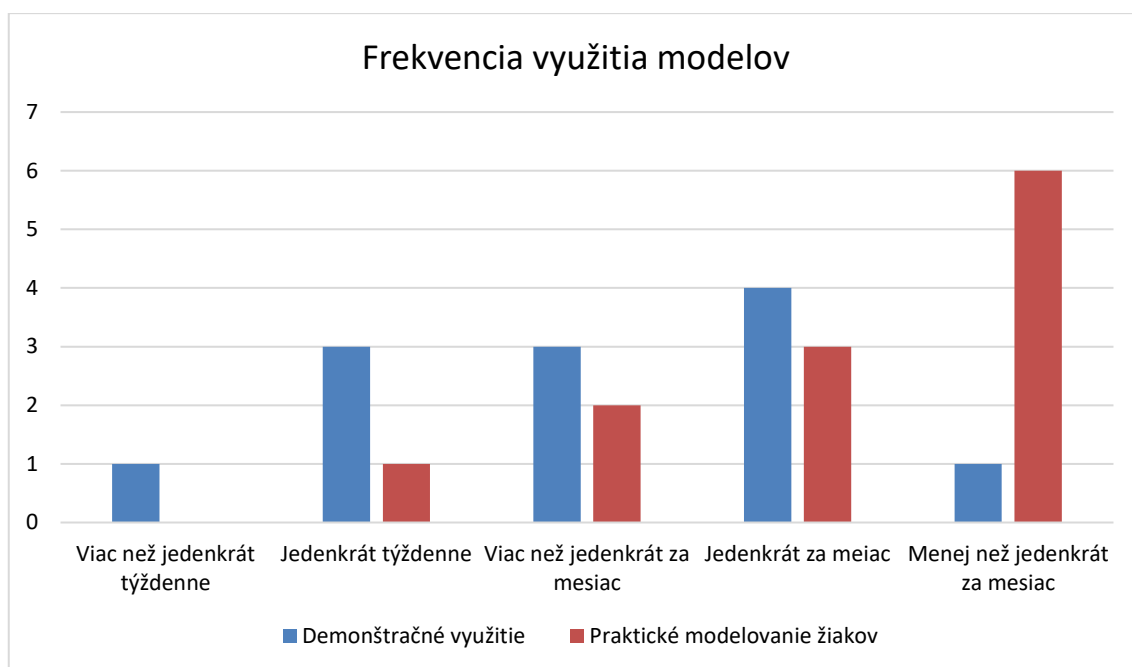
Ďalšia otázka sa venovala typom modelov, ktoré vyučujúci pri svojej výučbe využívajú. Odpovede sú zhrnuté v histograme (Graf 6).



Graf 6 Rozloženie odpovedí respondentov na otázku o typoch využívaných modelov vo výučbe

Všetci respondenti využívajú pri svojej výučbe nejakú formu materiálnych modelov. Najdostupnejšie typy modelov sú tyčinkové a elektronické modely. Kalotové modely využívajú učitelia len demonštračne pri frontálnej výučbe, pretože ich nemajú dostatočné množstvo pre žiacku prácu. Tyčinkové modely využívajú pre frontálnu aj praktickú výučbu. Elektronické modely využívajú v siedmich prípadoch iba demonštračne, dvaja respondenti využívajú tieto modely aj v praktickej výučbe žiakov. Pre elektronické modelovanie respondenti najčastejšie využívajú program ChemSketch, medzi ďalšími programami sa objavili Avogadro a MolView.

Šiesta otázka sa týkala frekvencie využívania modelov chemických štruktúr. Odpovede boli rozdelené do kategórií – frontálna výučba a praktické žiacke modelovanie. Odpovede sú zhrnuté v histograme (Graf 7).



Graf 7 Rozloženie odpovedí respondentov podľa frekvencie použitia modelov vo výučbe

Respondenti poukázali na to, že využívajú modely a modelovanie vo výučbe najmä vzhľadom na tematický celok, ktorý momentálne vyučujú. Najčastejšie to je v oblasti všeobecnej a organickej chémie. V oblasti anorganickej chémie už modely veľmi nevyužívajú, niektorí vyjadrili názor, že anorganická chémia je viac o zapamätaní si znalostí o vlastnostiach anorganických látok. Modely využívajú podstatne viac ako demonštračné pomôcky, než pri vlastnej praktickej činnosti žiakov. Šestina odpovedajúcich učiteľov (dvaja) uviedla, že ich žiaci pracujú s modelmi chemických štruktúr len niekoľkokrát za celé štúdium.

Ďalšia otázka sa týkala spôsobu využitia software pre modelovanie štruktúr. Znenie: „Keď využívate nejaký software pre modelovanie štruktúr, využívate ho aj počas hodín pre tvorbu modelov štruktúr alebo len počas domácej prípravy? Modelujú v software štruktúry aj žiaci?“ Z deviatich respondentov, ktorí pri výučbe využívajú elektronické modely, osem uviedlo, že si ich modelujú aj sami pri domácej príprave, ale len dvaja z nich zavádzajú praktickú výučbu modelovania žiakov do svojich hodín. Ostatní využívajú teda elektronické modely výhradne demonštračne.

Ôsma otázka zisťovala názor respondenta na prínos žiackeho modelovania pre žiaka. Päť respondentov si myslí, že pre žiaka je prínosné, aby vedel sám modelovať chemické štruktúry. Ďalší piati respondenti si myslia, že je modelovanie prínosné len pre niektorých žiakov. Dvaja respondenti nevidia v žiackom modelovaní prínos.

Z respondentov, ktorí v žiackom modelovaní vidia prínos pre všetkých žiakov, ako dôvod uviedli najmä lepšiu priestorovú predstavivosť a zručnosť pri práci s materiálnymi modelmi. Niektorí uvádzali ako dôvod aj lepšiu predstavu o časticovom zložení látok a hlbšie pochopenie ich vlastností.

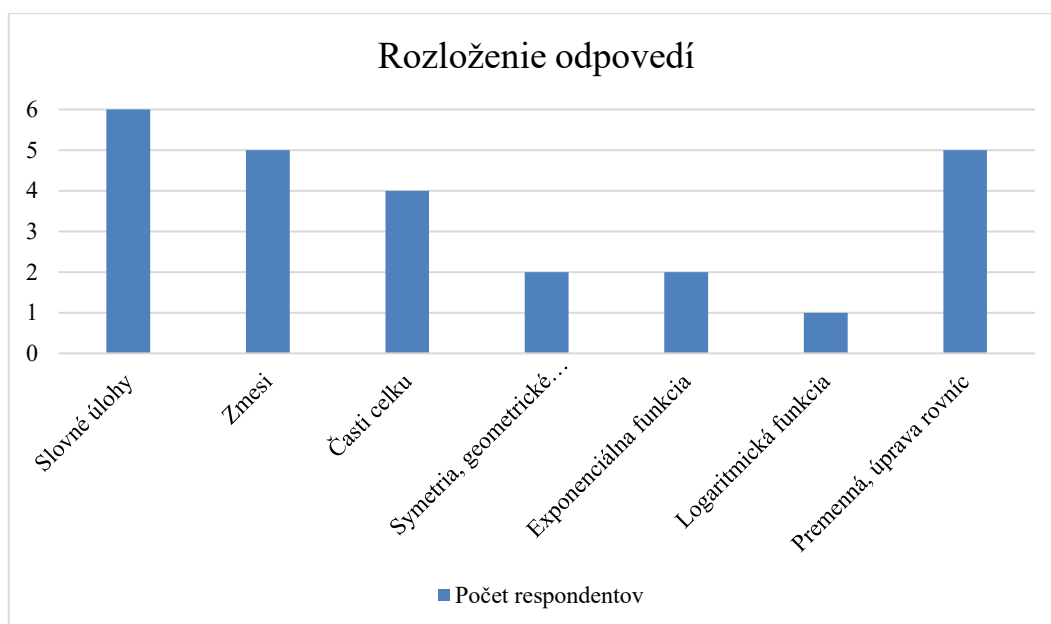
Deviata otázka sa venovala výhodám a ťažkostiam, s ktorými sa respondenti stretávali pri žiackom modelovaní. Najčastejším problémom bolo to, že žiaci berú modelovanie s reálnymi modelmi ako hru. Ďalším z problémov bolo, že žiaci musia pracovať v malých skupinách a vzhľadom k malému počtu modelovacích súprav na školách je potrebný menší počet žiakov. Niektorí z respondentov riešia tento problém rozdelením triedy na dve skupiny, pričom jedna pracuje s modelmi a druhá má inú prácu, a neskôr sa vymenia. Ďalšie problémy nastávajú pri samotnom modelovaní, žiaci si neprepoja poznatky z obcej chémie o teórii hybridizácie s konkrétnou geometrickou predstavou (napr. nevedia zvoliť správne hybridizovaný uhlík).

Posledná otázka sa zameriavala na nové didaktické materiály, ktoré by respondenti uvítali vzhľadom k danej tematike. Deväť respondentov by privítalo bádateľsky orientované aktivity vhodné aj pre nižšie ročníky. Siedmi z nich odpovedali, že by privítali najmä nové námety, ktoré by pre nich boli dostupné a dali by sa ľahko modifikovať. Štyria respondenti odpovedali, že materiály viac-menej sú, ale sú vhodné väčšinou len pre danú vekovú skupinu žiakov (nedajú sa použiť pri výučbe zároveň na nižšom i vyššom gymnáziu). Jeden z respondentov vyjadril názor, že by sa príprave materiálov z tejto tematiky mali venovať aj matematici, aby sa zamedzilo tvorbe nesprávnych konceptov (miskonceptí) a používaniu nesprávnej terminológie.

Interview s učiteľmi matematiky

Prvá otázka sa zameriavala na použitie úloh aplikačného charakteru v matematike. Všetci respondenti odpovedali kladne. Využívajú aplikačné úlohy prírodovedného charakteru, niektoré aj s presahom do chémie.

Druhá otázka sa venovala tematickým celkom matematiky, v ktorých využívajú matematici aplikačné úlohy s presahom do chémie. Odpovede zhŕňa histogram (Graf 8).



Graf 8 Rozloženie odpovedí respondentov z radov učiteľov matematiky v otázke o tematických celkoch s aplikáciou do chémie

Odpovede respondentov zo skupiny učiteľov matematiky sa do istej miery zhodujú s odpoveďami učiteľov chémie. Najväčšie zastúpenie je opäť vidno v oblasti základných algebrických výpočtov. Aplikáciu geometrie a funkcionálnej analýzy však už zaraďujú do svojich hodín len niektorí.

Tretia otázka sa venovala dostupným didaktickým materiálom, ktoré učitelia matematiky využívajú ako zdroj aplikačných úloh. Učitelia z gymnázií (piati z nich) uviedli, že využívajú zbierky dostupné k sadám učebníc, ktoré využívajú pri výučbe. Využívajú väčšinou učebnice od vydavateľstva Prometheus a Didaktis. Respondent z SOŠ uviedol, že využíva zbierky úloh určené pre SOŠ, kde je veľké množstvo aplikačných úloh. V Československu do 90. rokov minulého storočia dokonca existovali zbierky úloh zamerané na konkrétne študijné odbory stredných odborných škôl, ktoré priamo obsahovali aplikačné úlohy pre daný odbor. Tieto zbierky bývali vydávané v Československej republike Štátnym pedagogickým nakladateľstvom.

Štvrtá a piata otázka poskytli podobnú odpoveď. Jedna sa pýtala na tematické celky, v ktorých by respondenti privítali oporné didaktické materiály a piata otázka sa pýtala na ich formu. Najčastejšou odpoveďou (päť respondentov) v oboch prípadoch boli slovné úlohy. Učitelia v nich vidia najväčší problém pre žiakov najmä z dôvodu slabého porozumenia textu a neschopnosti previesť slovné zadanie do matematickej symboliky

(matematizácia). Opäť sa respondenti zo skupiny učiteľov matematiky zhodujú s respondentmi z druhej skupiny.

5.3 Diskusia záverov z prieskumných šetrení

Z vyhodnotenia položkovej analýzy úloh z dizertačnej práce „Úroveň znalostí a dovedností v chémii u žiakov gymnázií“ (Cífková 2015), interview s učiteľmi chémie a matematiky v Českej republike a v Slovenskej republike a vyhodnotením kurikulárnych dokumentov v Českej republike a v Slovenskej republike vyplynuli základné oblasti, tzv. „styčné plochy“ medzi predmetmi matematika a chémie, ktoré sú zhrnuté v tabuľke (Tabuľka 5)

Tabuľka 5 Zhrnutie "styčných plôch" matematiky a chémie

Matematická spôsobnosť	Oblasti aplikácie v chémii
Aplikácie algebrických výpočtov v chémii	<ul style="list-style-type: none"> ▪ použitie priamej a nepriamej úmernosti pri výpočtoch vo všeobecnej chémii, výpočty hmotnostných zlomkov a zloženia roztokov ▪ vyčísľovanie chemických rovníc ▪ vyjadrenie neznámej zo vzťahu fyzikálne-chemických veličín
Priestorová predstavivosť s využitím geometrie a stereometrie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ usporiadanie atómov a tvary molekúl a kryštálov ▪ modelovanie a konštrukcie štruktúrnych častíc ▪ zápis racionálneho vzorca podľa modelu molekuly ▪ grafické spracovanie štruktúrnych vzorcov
Analytické logické myslenie, interpretácia informácií z grafov a tabuliek	<ul style="list-style-type: none"> ▪ identifikácia zlúčeniny na základe daných vlastností ▪ zostavenie grafu z experimentálne nameraných hodnôt ▪ aplikácia logických princípov na vysvetlenie štruktúry a reaktivity chemických látok ▪ praktická aplikácia fyzikálne-chemických zákonov na úlohy v termochémii a chemickej kinetike
Uplatnenie funkcionálnej analýzy	<ul style="list-style-type: none"> ▪ priestorové tvary orbitálov a vysvetlenie vzniku chemických väzieb ▪ funkčné závislosti nameraných hodnôt fyzikálne-chemických veličín

Tabuľka zhrňa základné štyri oblasti matematiky, ktoré sú najviac využívané pri riešení rôznych chemických úloh. Zároveň predstavuje chémie podklad pre demonštráciu užitočnosti a významu teoretických matematických poznatkov zo spomínaných oblastí. V ďalšej časti práce sú analyzované chyby v žiackych riešeniach v následnom testovaní so zameraním práve na spomínané oblasti. V poslednej časti práce sú uvedené návrhy intervencií, ktoré sa taktiež opierajú o oblasti spomenuté v tabuľke (Tabuľka 5).

6 Vyhodnotenie následného testovania

6.1 Testovaná vzorka

Následné testovanie prebehlo v rokoch 2016 až 2017. Testovania sa zúčastnili žiaci gymnázií, ktorí boli v maturitnom ročníku a študenti prvých ročníkov bakalárskeho štúdia učiteľstva chémie na Prírodovedeckej fakulte Karlovej Univerzity. Vzorka pozostávala zo 73 žiakov gymnázií a z 56 študentov bakalárskeho štúdia. Zhrnutie rozloženia vzorky poskytuje Tabuľka 6.

Tabuľka 6 Rozdelenie vzorky testovaných žiakov a študentov

	Muži	% podiel mužov v skupine	Ženy	% podiel žien v skupine.	Σ	Σ (%)
Žiaci G	23	31,5	50	68,5	73	56,6
Študenti UK	16	28,6	40	71,4	56	43,4
Σ	39	30,2	90	69,8	129	100

V tabuľke je použitý symbol Σ , ktorý nahradzuje pojem celkový počet (celok).

Testovania sa zúčastnilo 30,2 % mužov a 69,8 % žien. Túto disproporciu si môžeme vysvetliť tým, že študenti UK boli z odboru učiteľstva chémie, pretože vo všeobecnosti o odbor učiteľstva majú vyšší záujem ženy než muži (Havlík, Kořa, 2007).

6.2 Reliabilita testu

Pre určenie vnútornej reliability testu bola použitá hodnota Cronbachovho alfa (α), ktoré bolo počítané podľa vzorca:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_t^2} \right) = 0,645,$$

kde n je počet testových položiek (v našom prípade 14), s_i^2 sú rozptyly jednotlivých položiek a s_t^2 je celkový rozptyl testu. Po dosadení príslušných hodnôt bola hodnota Cronbachovho alfa $\alpha = 0,645$. Následnou analýzou bolo zistené, že vylúčenie ktorejkoľvek z položiek by nezvýšilo a ani výrazne nezmenilo hodnotu Cronbachovho alfa (viď Tabuľka 7):

Tabuľka 7 Hodnoty Cronbachovho alfa pri vylúčení jednotlivých položiek testu

č. úlohy	1	2	3	4	5	6	7
α	0,610	0,639	0,619	0,614	0,622	0,616	0,615
č. úlohy	8	9	10	11	12	13	14
α	0,645	0,633	0,619	0,631	0,643	0,644	0,629

Ak by sme požadovali reliabilitu 0,7, tak po použití Spearman-Brownovho predikčného vzorca:

$$m = \frac{\alpha_1 \cdot (1 - \alpha_0)}{\alpha_0 \cdot (1 - \alpha_1)} = 1,29,$$

kde $\alpha_0 = 0,645$ je pôvodná reliabilita testu, $\alpha_1 = 0,7$ je požadovaná reliabilita testu a m je pomer novej dĺžky testu k pôvodnej dĺžke, zist'ujeme, že by test musel obsahovať ešte ďalšie 4 úlohy. Toto rozšírenie by nebolo možné vzhľadom na požadovanú časovú náročnosť testu 45 min.

6.3 Validita testu

Validita testu bola posudzovaná nezávislými kompetentmi z radov stredoškolských a vysokoškolských pedagógov. Boli vybraní traja skúsení posudzovatelia z radov vysokoškolských didaktikov chémie a piati z radov stredoškolských učiteľov chémie, biológie a matematiky.

Pre určenie reálnej konkrétnej hodnoty validity testu by bolo potrebné zistiť rozdiel medzi skutočnou znalosťou testovaného žiaka a jeho výsledkom v teste. Reálne je jasné, že skutočné znalosti žiaka nemôžeme presne objektívne posúdiť a kvantifikovať.

Jej maximálna hodnota je odmocnina z hodnoty reliability testu teda:

$$v_{\max} = \sqrt{\alpha} = \sqrt{0,645} = 0,803,$$

kde v_{\max} je maximálna hodnota validity testu a α je spomínaná hodnota Cronbachovho alfa, ktoré bolo využité ako miera reliability testu.

6.4 Kvantitatívna analýza výsledkov testovania

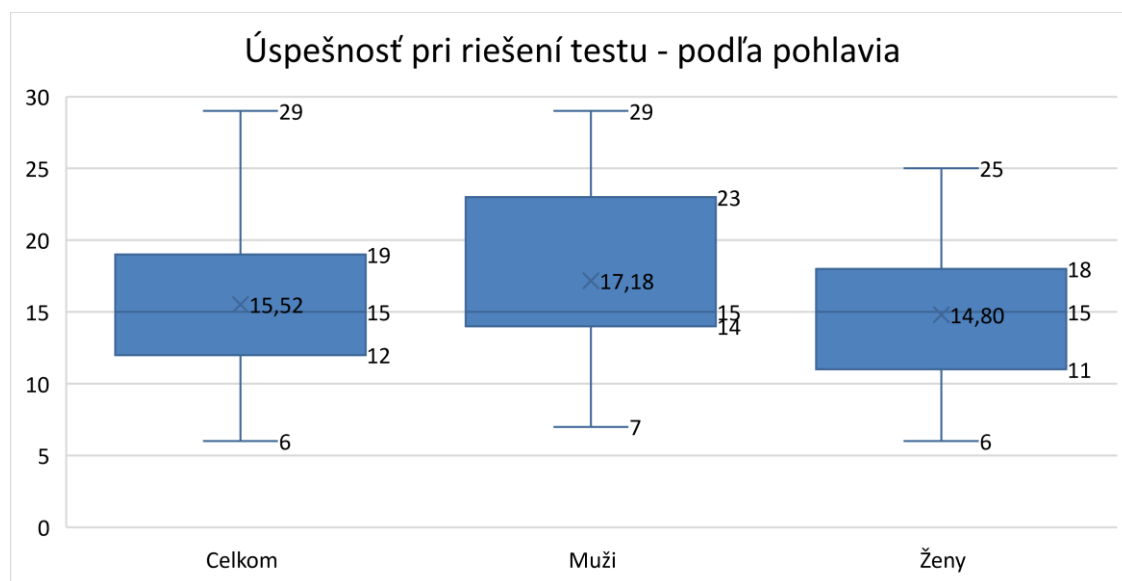
Úlohy boli hodnotené maximálnym počtom 2 bodov, výnimkou bola úloha č. 7, ktorá bola hodnotená 3 bodmi. Celkový maximálny počet bodov, ktoré bolo možné dosiahnuť, bol teda 29. Priemerné výsledky testovaných subjektov môžeme vidieť v tabuľke (Tabuľka 8).

Tabuľka 8 Celkové priemerné výsledky testovania

	Muži	Muži (%)	Ženy	Ženy (%)	Celkom	Celkom (%)
Žiaci G	18,48	63,8 %	16,02	55,2 %	16,79	57,9 %
Študenti UK	15,31	52,8 %	13,28	45,8 %	13,86	47,8 %
Celkom	17,18	59,3 %	14,80	51,0 %	15,52	53,5 %

Výsledky vzhľadom k pohlaviu

Nasledujúci graf zobrazuje výsledky testovania vzhľadom k pohlaviu testovaných (Graf 9):



Graf 9 Porovnanie výsledkov testovania vzhľadom k pohlaviu

Graf 9 je tzv. škatuľový graf, ktorý zobrazuje variabilitu štatistického súboru prostredníctvom medzikvartilového rozpätia, a polohu štatistického súboru pomocou mediánu a aritmetického priemeru súboru. Spodná čiara je minimum súboru – v celom súbore bolo minimum získaných bodov 6, minimum pre mužov bolo 7 bodov, minimum pre ženy 6 bodov. Spodná čiara škatule zobrazuje dolný (prvý) kvartil – celkovo 12 bodov, muži 14 bodov, ženy 11 bodov. Čiara vo vnútri škatule zobrazuje medián (druhý

kvartil), táto hodnota bola spoločná pre všetky tri súbory, 15 bodov. Krížik vyznačuje aritmetický priemer súboru – celkom 15,52 bodu, muži 17,18 bodu, ženy 14,80 bodu. Horná čiara škatule označuje horný (tretí kvartil) celkom 19 bodov, muži 22 bodov, ženy 18 bodov. Horná čiara zobrazuje maximum súboru – celkovo 29 bodov, muži 29 bodov, ženy 25 bodov. Charakteristiky týchto troch štatistických súborov zhŕňa nasledujúca tabuľka (Tabuľka 9).

Tabuľka 9 Zhrnutie štatistických charakteristík testovania vzhľadom k pohlaviu

Charakteristika	Počet	Šírka	Medzikvartilové rozpätie	Priemer	Medián	Rozptyl	Smerodajná odchýlka
Muži	39	22	4,5	17,18	15	34,4	5,87
Ženy	90	19	4,5	14,80	15	20,6	4,54
Celkom	129	23	3,5	15,52	15	26,0	5,10

Keď porovnáme výsledky mužov a žien študentovým dvojvýberovým t-testom zistíme, že hodnota kritéria t pre naše výberové súbory je:

$$t = \frac{17,18 - 14,8}{5,10} \cdot \sqrt{\frac{39 \cdot 90}{39 + 90}} = 2,434,$$

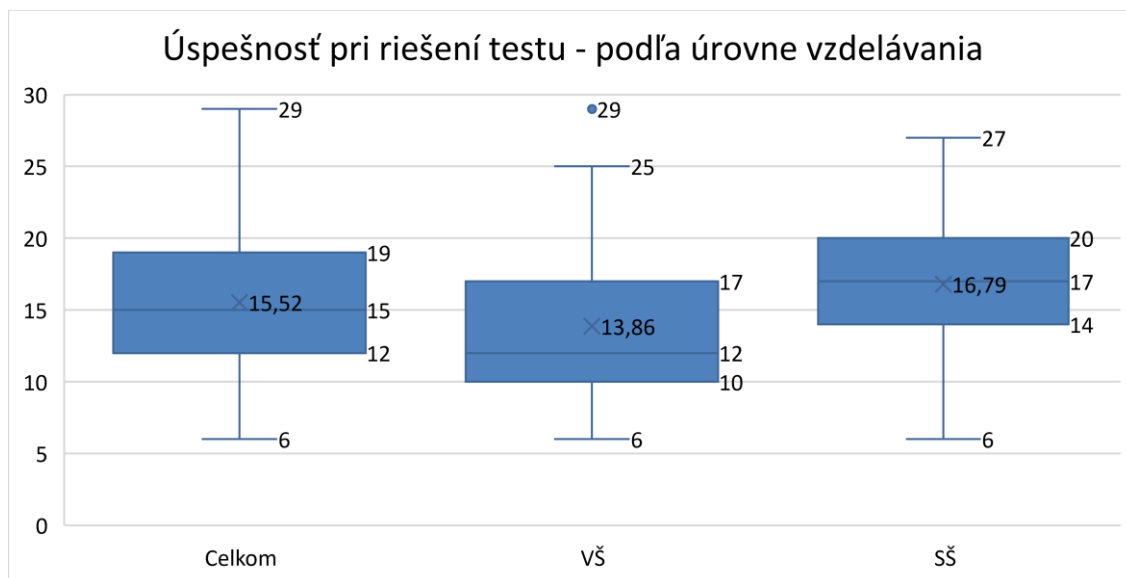
počet stupňov voľnosti vzhľadom k veľkostiam našich súborov je

$$f = 39 + 90 - 2 = 127$$

Pre tento počet stupňov voľnosti je na hladine významnosti $\alpha=0,05$ kritická hodnota kritéria t približne 1,98 (Chráska, 2007). Vypočítaná hodnota je vyššia, musíme odmietnuť nulovú hypotézu. Medzi strednými hodnotami výsledkov testovania v skupinách žien a mužov je štatisticky významný rozdiel. Muži dosiahli o niečo lepší výsledok (v priemere asi o 8 % z celkového možného počtu bodov, čo odpovedá približne jednej správne vyriešenej úlohe navyše).

Výsledky vzhľadom k stupňu vzdelania

Nasledujúci graf (Graf 10) zobrazuje výsledky testovania vzhľadom k úrovni vzdelávania (žiaci G a študenti VŠ).



Graf 10 Porovnanie výsledkov testovania vzhľadom k úrovni vzdelávania

Graf 10 opäť vo forme škatuľového grafu znázorňuje charakteristiky jednotlivých výberových súborov. Testovaní sú v tomto grafe rozdelení podľa úrovne vzdelávania, ktorého boli pri testovaní súčasťou. V oboch skupinách bolo minimum dosiahnutých bodov 6. Prvý kvartil bol pre vysokoškolákov 10 bodov a pre stredoškolákov 14 bodov. Medián hodnôt súboru vysokoškolákov má hodnotu 12 bodov, pre stredoškolákov je to 17 bodov. Tretí (horný) kvartil je v súbore vysokoškolákov 17 bodov, v súbore stredoškolákov je to 20 bodov. Vysokoškoláci dosiahli maximálne 25 bodov (až na jednu výnimku výsledku 29 bodov, teda maximálny možný počet). Hodnota 29 bodov sa vo výberovom súbore vysokoškolákov javí ako odľahlá. Stredoškoláci pri testovaní získali maximálne 27 bodov (taktiež len jeden testovaný). Aritmetický priemer súboru vysokoškolákov má hodnotu 13,86 bodu a v súbore stredoškolákov 16,79 bodu. Charakteristiky sú zhrnuté aj v tabuľke (Tabuľka 10).

Tabuľka 10 Zhrnutie štatistických charakteristík testovania vzhľadom k úrovni vzdelávania

Charakteristika	Počet	Šírka	Medzikvartilové rozpätie	Priemer	Medián	Rozptyl	Smerodajná odchýlka
VŠ	56	19	3,50	13,86	12	27,9	5,29
SŠ	73	21	3,00	16,79	17	21,4	4,63
Celkom	129	23	3,50	15,52	15	26,0	5,10

Keď porovnáme výsledky vysokoškolákov a stredoškolákov študentovým dvojvýberovým t-testom zistíme, že hodnota kritériá t pre naše výberové súbory je:

$$t = \frac{16,79 - 13,86}{5,10} \cdot \sqrt{\frac{56 \cdot 73}{56 + 73}} = 3,234,$$

počet stupňov voľnosti vzhľadom k veľkostiam našich súborov je

$$f = 56 + 73 - 2 = 127$$

Pre tento počet stupňov voľnosti je na hladine významnosti $\alpha=0,05$ kritická hodnota kritéria t približne 1,98 (Chráška, 2007). Vypočítaná hodnota je vyššia, musíme odmietnuť nulovú hypotézu. Medzi strednými hodnotami výsledkov testovania v skupinách vysokoškolákov a stredoškolákov je štatisticky významný rozdiel. Stredoškoláci dosiahli lepší výsledok (približne o 10 %, čo odpovedá približne jednej až dvom správne vyriešeným úlohám navyše).

6.5 Kvalitatívna analýza výsledkov testovania

Jednotlivé riešenia úlohy boli analyzované z kvalitatívneho hľadiska. Cieľom tejto analýzy bolo zistiť, akých chýb sa pri riešení dopúšťajú testované subjekty, aby bolo možné navrhnúť správnu intervenciu tohto stavu. Úspešnosť v tabuľkách pri jednotlivých úlohách udáva percentuálne zastúpenie testovaných v daných skupinách, ktorí riešili úlohu úplne správne.

Úloha č. 1

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
Zloženie roztoku	Vyjadrenie neznámej zo vzorca	56,16	41,07	49,61

Zadanie úlohy:

Vypočítajte hmotnosť vody, ktorá je potreba k prípravě 500 g roztoku NaOH, je-li hmotnostní zlomek w NaOH v soustavě 20 %.

Riešenie:

$$w(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m} = \frac{m - m(\text{H}_2\text{O})}{m}$$

Po úprave:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m - m \cdot w(\text{NaOH}) = 500 \text{ g} - (500 \text{ g} \cdot 0,2) = \mathbf{400 \text{ g}}$$

Samozrejme, pri riešení je možné použiť aj iné variácie výpočtu, napr. trojčlenku.

Najčastejšou chybou žiakov a študentov bol výpočet hmotnosti potrebného hydroxidu a nedopočítanie hmotnosti potrebnej vody. Túto chybu môžeme označiť za chybu z eufórie, kedy žiak dospeje k výsledku a raduje sa z toho, že mu to „pekne vyšlo“, ale tým pádom zabudne na dôkladné opätovné prečítanie zadania a výpočet nedokončí. Výsledok 100 g bol hodnotený 1 bodom (žiak preukázal pochopenie významu hmotnostného zlomku).

Pri zisku 0 bodov bolo najčastejšou chybou nesprávny zápis vzorca alebo nesprávna úprava (neboli správne využité ekvivalentné úpravy rovníc).

Úloha č. 2

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
Štruktúra zlúčenín	Geometria - stereometria	76,71	57,14	68,21

Zadanie úlohy:

K nasledujúcim modelům (2.1 – 2.3) priřadte odpovídající částice (A – E):

2.1 _____

2.2 _____

2.3 _____



A) H_2O

B) H_2O_2

C) H_3O^+

D) C_2H_2

E) BeCl_2

Riešenie:

Najprv môžeme vylúčiť vzorce zlúčenín, ktoré neobsahujú 4 atómy, keďže vidíme, že na obrázkoch sú len modely štvoratómových molekúl. Z elektrónovej konfigurácie valenčných vrstiev atómov určíme koľko σ -väzieb v danej molekule atómy tvoria a koľko voľných elektrónových párov im zostáva:

Atóm kyslíku v molekule H_2O_2 tvorí dve σ -väzby a zostávajú mu teda 2 voľné elektrónové páry, základná geometria jeho okolia je teda štvorsten (tetraéder), keďže modely nezobrazujú voľné elektrónové páry, bude okolie atómu kyslíku lomené.

Atóm kyslíku v oxóniovom katióne (H_3O^+) tvorí tri σ -väzby (jedna z nich vznikne ako koordinačne kovalentná) a obsahuje jeden voľný elektrónový pár. Vidíme, že väzby O – H sa zdajú byť pri modeli 2.2 kratšie než v molekule H_2O_2 , pretože ide o pohľad zhora. Molekula sa teda javí ako trojuholník, aj keď ide o deformovaný štvorsten (tetraéder).

Oba atómy uhlíku v molekule C_2H_2 tvoria dve sigma väzby a neobsahujú už žiadne voľné elektrónové páry (zvyšné elektróny sú využité pre tvorbu π -väzieb). Táto molekula teda musí mať lineárny tvar.

2.1 – B) H_2O_2 **2.2 – C)** H_3O^+ **2.3 – D)** C_2H_2

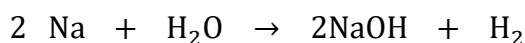
Najčastejšou chybou stredoškóľakov bolo zamenenie možností v podúlohe 2.1 a 2.3. Jedná sa o zámenu dvoch štvoratómových molekúl, nepochopenie významu prítomnosti sigma väzieb a voľných elektrónových párov pre tvar molekuly (resp. nepochopenie teórie hybridizácie molekulových orbitálov). Vysokoškóľáci sa tiež dopúšťali spomenutej chyby, ale k tomu ešte v podúlohe 2.2 vyberali možnosť A) H_2O . Táto chyba je spôsobená pravdepodobne nepozornosťou (možnosť A) stojí pred možnosťou C), a preto ju žiak zvolí skôr než sa dočíta k ďalším možnostiam.

Úloha č. 3

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
Stavová rovnica ideálneho plynu, výpočet z chemickej rovnice	Vyjadrenie neznámej zo vzorca	5,48	17,86	10,85

Zadanie úlohy:

Vypočítajte, jaký objem vodíku za normálných podmínek vznikne reakci 2 g sodíku s vodou. Průběh reakce sodíku s vodou popisuje následující chemická rovnice:



Riešenie:

Najprv je potrebné určiť látkové množstvo prítomného sodíku.

$$n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{2 \text{ g}}{23,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,0870 \text{ mol}$$

Potom sa využije zákon stálych zlučovacích pomerov a zákon zachovania hmotnosti pre výpočet látkového množstva vodíku.

$$\frac{n(\text{Na})}{n(\text{H}_2)} = \frac{2}{1} \rightarrow n(\text{H}_2) = \frac{n(\text{Na})}{2} = \frac{0,0870 \text{ mol}}{2} = 0,0435 \text{ mol}$$

Za normálnych podmienok má 1 mol plynu objem 22,4138 l.

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_m = 0,0435 \text{ mol} \cdot 22,4138 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1} = \mathbf{0,97 \text{ l}}$$

Úloha č. 3 bola jednou z mála, v ktorej vysokoškoláci uspeli lepšie než stredoškoláci. 44 % stredoškolákov sa ani nepokúsilo úlohu riešiť. Ak získali za úlohu jeden bod (z maxima 2 bodov) bolo to preto, že zanedbali zákon stálych zlučovacích pomerov (neuvažovali o tom, že látkové množstvo vodíku je polovičné oproti látkovému množstvu sodíku), alebo urobili chybu v prevode jednotiek. Pri vysokoškolákoch sa vyskytli chyby podobného charakteru. Navyiac sa tu vyskytli chyby z nepozornosti – výsledok uvedený vo forme látkového množstva (nedopočítaný objem). Túto chybu môžeme pripísať pravdepodobne neznalosti stavovej rovnice ideálneho plynu, či hodnoty pre normálny molárny objem plynu. Tému stavovej rovnice ideálneho plynu zaraďujú do výučby najmä učitelia fyziky, ale nie učitelia chémie. Väčšina žiakov sa stretne so stavovou rovnicou a jej aplikáciou v chémii až pri štúdiu na vysokej škole. Vysokoškoláci, ktorí mali za sebou už prednášky a cvičenia zo všeobecnej chémie, zrejme preto dosahovali lepší výsledok v tejto úlohe.

Úloha č. 4

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
počas rozpadu, reakcie 1. rádu	exponenciálna funkcia	47,95	14,29	33,34

Zadanie úlohy:

Po 15 hodinách rozpadu sledovaného radionuklidu bylo zjištěno, že se jeho množství snížilo na 12,5 % původního množství. Napište, jaký je poločas přeměny tohoto radionuklidu:

Riešenie:

Z definície polčasu rozpadu je zrejmé, že za čas $\tau_{1/2}$ sa rozpadne práve jedna polovica pôvodného množstva látky (či už z hľadiska hmotnosti alebo látkového množstva). Graficky teda rozpad z úlohy môžeme vyjadriť nasledovne:

$$100 \% \xrightarrow{\tau_{1/2}} 50 \% \xrightarrow{\tau_{1/2}} 25 \% \xrightarrow{\tau_{1/2}} 12,5 \%$$

Aby sa teda množstvo nuklidu znížilo na 12,5 % z pôvodného množstva, musia prebehnúť práve 3 polčasy rozpadu:

$$3 \cdot \tau_{1/2} = 15 \text{ h}$$

$$\tau_{1/2} = \mathbf{5 \text{ h}}$$

Pre riešenie je možné využiť aj exponenciálne rovnice:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^n = 0,125$$

Po úprave:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^n = \left(\frac{1}{2}\right)^3$$

$$n = 3,$$

kde n je počet polčasov rozpadu. Úloha sa následne dorieši tak, ako pri prvom spôsobe riešenia.

Väčšina testovaných sa snažila vyriešiť úlohu nejakou obdobou prvého spôsobu. Väčšina chýb bola ale spôsobená nerešpektovaním prítomnosti exponenciálnej funkcie. Žiaci aj študenti sa snažili využiť nepriamu úmernosť medzi časom a množstvom látky. Niektorí akoby do popisovaného deja vkladali ešte jeden polčas pred začatím deja, preto

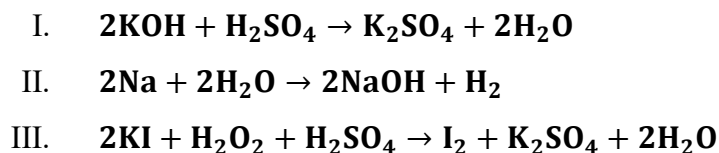
určili počet polčasov n na 4. Rôznou kombináciou popísaných chýb teda dospievali k výsledkom ako 60 h či 3,75 h.

Úloha č. 5

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
redoxný dej	algebraické úkony s malými celými číslami	54,79	30,36	44,18

Zadanie úlohy:

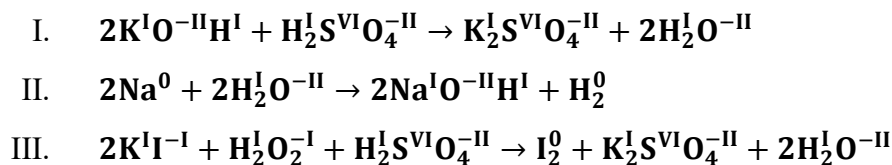
Rozhodnite o všetkých nasledujúcich tvrzeniach (5.1 – 5.4) týkajúcich sa nižšie uvedených rovníc, zda jsou pravdivá (ANO), či nikoli (NE):



- 5.1 Všetchny uvedené rovnice jsou redoxního charakteru. ANO – NE
 5.2 Oxidačním činidlem v reakci III. je peroxid vodíku H_2O_2 . ANO – NE
 5.3 Redukčním činidlem v reakci III. je kyselina sírová H_2SO_4 . ANO – NE
 5.4 Při reakci podle rovnice II. dochází k oxidaci na atomu vodíku. ANO – NE

Riešenie:

Prvým krokom je určenie formálnych oxidačných čísel atómov v jednotlivých reakciách a ich zápis do chemických rovníc:



Po určení oxidačných čísel (jednoduchými algebraickými výpočtami) sa aplikuje teória redoxných dejov. Prichádzame k záveru, že rovnice II. a III. sú redoxného charakteru, ale rovnica I. nie. Redukčným činidlom v rovnici II. je sodík, v rovnici III. jodidový

anión, oxidačným činidlom v rovnici II. je atóm vodíku vo vode a v rovnici II. atóm kyslíku v peroxide vodíku. Správne riešenie je teda:

5.1 – NE 5.2 – ANO 5.3 – NE 5.4 – NE

Aj keď úplne správne riešilo úlohu iba 42 % stredoškólkov a 25 % vysokoškólkov aspoň čiastočne správne (tri správne odpovede) ju vyriešilo 83 % stredoškólkov a 67 % vysokoškólkov. Najčastejšou chybou v oboch skupinách bola nesprávna odpoveď v podúlohe 5.1. Niektorí testovaní považovali za redoxný dej aj dej popísaný rovnicou I. Úloha má teda výrazne vyššiu (aspoň čiastočnú) úspešnosť než ostatné, je ale vidieť, že matematický princíp dosahuje iba jednoduché výpočty s malými celými číslami.

Úloha č. 6

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
ionizačná energia, vznik katiónu	porovnávanie čísel, práca s hodnotami v tabuľke	78,08	57,14	68,99

Zadanie úlohy:

Následujúci tabuľka ukazuje hodnoty I. ionizačnej energie I vybraných atómov prvků:

značka prvku	Li	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Rb	Cs
$I[\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}]$	513	496	738	577	786	1012	1000	1251	1520	419	403	376

Který z následujících atomů prvků vytváří nejsnáze kation?

- A) lithium
- B) sodík
- C) draslík
- D) rubidium

Riešenie:

Z definície ionizačnej energie vyplýva, že atóm s najnižšou ionizačnou energiou vytvorí kation najochotnejšie. Ionizačná energia je energia potrebná na odtrhnutie elektrónu z atómového obalu atómu, pričom vznikne kation. V tabuľke je potrebné vyhľadať teda

hodnoty pre štyri atómy, uvedené v jednotlivých možnostiach a následne ich porovnať. Jednotlivé hodnoty:

Li – $513 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; Na – $496 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; K – $419 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; Rb – $403 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Správna odpoveď je teda **D) rubidium**.

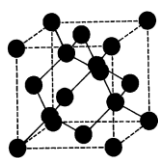
Najčastejšou nesprávnou odpoveďou v oboch skupinách bolo A) lithium. Možným vysvetlením pre túto chybu je zámena významu v definícii ionizačnej energie (ak by sa energia uvoľňovala pri vzniku katiónu), možnou chybou je aj nesprávne usporiadanie hodnôt, čo je ale nepravdepodobné, keďže táto operácia je elementárna.

Úloha č. 7

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
alotropické modifikácie, štruktúra	priestorová predstavivosť, stereometria	68,49	21,43	48,06

Ke každému z nasledujúcich obrázků (7.1 – 7.3) napíšte názov príslušnej modifikácie uhlíku s vyobrazenou štruktúrou:

obrázek 7.1



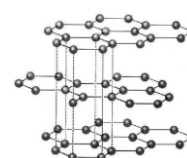
modifikace: _____

obrázek 7.2



modifikace: _____

obrázek 7.3



modifikace: _____

Riešenie:

Pre priradenie správnych modifikácií k jednotlivým štruktúram je potrebné buďto priamo memorovať jednotlivé štruktúry k ich modifikáciám, alebo mať prehľad o jednotlivých vlastnostiach alotropických modifikácií uhlíka, ktoré napovedia o tom ako vyzerá daná štruktúra. Diamant – pevný materiál s najvyššou tvrdosťou, grafit – stierateľný materiál – využíva sa ako tuha na písanie, fullereny – jedno z možných použití (stále vo výskume) je vloženie inej štruktúry do stredu fullerenu a jej prenos cez membrány (Grégr et al., 2005). Z tejto analýzy vyplýva jediné možné správne riešenie:

7.1 diamant

7.2 fulleren

7.3 grafit

Uznané boli aj alternatívne názvy fotbalen pre fulleren a tuha pre grafit.

Úloha bola hodnotená výnimočne inak, než ostatné. Za každú správnu odpoveď testovaný mohol získať 1 bod.

Najčastejšie bola nesprávna odpoveď v podúlohe 7.2 v oboch skupinách. Ide o modifikáciu, ktorá je novšia a zrejme ju nie každý z učiteľov zahrňuje do obsahu výučby, zároveň je to modifikácia, s ktorou sa žiaci a študenti v bežnom živote nestretnú tak často. V školskej výučbe sa spravidla doposiaľ nezaviedli niektoré súčasné objavy ohľadom alotropických modifikácií uhlíku, ako sú grafen či nanotrúbice a ďalšie. V niektorých prípadoch došlo k zámene modifikácie tuhy a diamantu, túto chybu si môžeme vysvetliť náhodným výberom správnej možnosti (žiak si zapamätal názvy, ale nie je schopný odvodiť podľa vlastností, ako by mala štruktúra vyzerat'). Približne 17 % z vysokoškolákov úlohu neriešilo vôbec.

Úloha č. 8

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
anorganická chémia, voda	priestorová predstavivosť, geometria, matematická logika	32,88	37,50	34,89

Zadanie úlohy:

Které z následujících tvrzení týkajících se vody je pravdivé?

- A) Těžká voda obsahuje dva atomy tritia.
- B) Vazby v molekule vody svírají úhel přibližně 104,5°.
- C) Největší hustotu má voda v pevném skupenství, tedy v podobě ledu.
- D) Přechodná tvrdost vody je způsobená především hydrogenuhličitanem vápenatým a draselným.

Riešenie:

Pre označenie správnej odpovede je potrebné mať niekoľko poznatkov o vode (ťažká voda, štruktúra molekuly vody, hustota vody pri rôznych skupenstvách, tvrdosť vody). Nesprávne možnosti sa dajú vylúčiť pomocou spomínaných poznatkov: A) ťažká voda

obsahuje deutérium, C) ľad v kvapalnej vode pláva (voda má teda nižšiu hustotu v pevnom skupenstve než v kvapalnom), D) prechodná tvrdosť vody je spôsobená hydrogenuhličitanom vápenatým, ale nie draselným (výrok je teda nepravdivý z hľadiska matematickej logiky, kedy konjunkcia dvoch výrokov, vyjadrená spojku „a“, je pravdivá len vtedy, keď sú pravdivé oba čiastkové výroky. Pravdivý je výrok B) pre jeho pravdivosť sa žiak či študent musí obrátiť na geometriu a odhad veľkosti uhlu. Štruktúra vody vychádza z tetraédrickej štruktúry ovplyvnenej tým, že sú tu prítomné dve σ -väzby a dva voľné elektrónové páry, pre hrubý odhad je možné využiť štruktúry rovnostranného trojuholníku a osemstenu, kde sú väzbové uhly 120° a 90° .

Najčastejšou nesprávnou odpoveďou bolo D), zrejme išlo o nesprávnu interpretáciu podľa matematickej logiky (ako je spomenuté v správnom riešení). Niekoľko nesprávnych odpovedí bolo aj C) – dá sa usúdiť, že niektorí žiaci nie sú schopní si prepojiť teoretický poznatok s praktickou skúsenosťou.

Úloha č. 9

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
hmotnostná analýza, hmotnostný a molárny zlomok	vyjadrenie neznámej zo vzorca, sústavy rovníc s viacerými neznámymi, celok a jeho časti	30,14	32,14	31,01

Zadanie úlohy:

Elementárni analýzou bylo zjištěno, že sloučenina obsahuje 38,7 % uhlíku, 9,7 % vodíku a kyslík. Relativní molekulová hmotnost sloučeniny je 62. Jaký je souhrnný vzorec této sloučeniny?

Riešenie:

Najprv musíme zostaviť sústavu rovníc z predpokladu, že zlúčenina obsahuje uhlík, vodík a kyslík, jej vzorec bude teda $C_xH_yO_z$:

$$x \cdot A_r(C) + y \cdot A_r(H) + z \cdot A_r(O) = M_r(C_xH_yO_z)$$

$$w(C) + w(H) + w(O) = 1,$$

Kde w je hmotnostný zlomok prvku v zlúčenine, A_r je relatívna atómová hmotnosť prvku, M_r je relatívna molekulová hmotnosť zlúčeniny a x, y, z sú stechiometrické indexy. (Vacík et al., 1999)

Hmotnostný zlomok kyslíku určíme z druhej rovnice:

$$w(\text{O}) = 1 - w(\text{C}) - w(\text{H}) = 1 - 0,387 - 0,097 = 0,516$$

Z definície hmotnostných zlomkov:

$$w(\text{C}) = \frac{x \cdot A_r(\text{C})}{M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)}$$

$$w(\text{H}) = \frac{y \cdot A_r(\text{H})}{M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)}$$

$$w(\text{O}) = \frac{z \cdot A_r(\text{O})}{M_r(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z)}$$

Z posledných troch rovníc priamo vypočítame hodnoty x, y a z (pre relatívne atómové hmotnosti použijeme zaokrúhlené hodnoty – $A_r(\text{C}) \doteq 12$, $A_r(\text{H}) \doteq 1$, $A_r(\text{O}) \doteq 16$):

$$0,387 = \frac{12 \cdot x}{62} \rightarrow x \doteq 2$$

$$0,097 = \frac{1 \cdot y}{62} \rightarrow y \doteq 6$$

$$0,516 = \frac{16 \cdot z}{62} \rightarrow z \doteq 2$$

Prvá rovnica sa dá použiť pre overenie správnosti výsledku:

$$2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 2 \cdot 16 = 24 + 6 + 32 = 62$$

Sumárny vzorec zlúčeniny je teda **$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$** .

Pre riešenie úlohy môžeme využiť aj inú trojicu rovníc, ktorú vyberieme zo súboru spomínaných.

Najčastejším nesprávnym výsledkom v oboch skupinách bol vzorec CH_3O . Dostaneme ho riešením úvahou, keď nerešpektujeme zadanú relatívnu molekulovú hmotnosť

skúmanej zlúčeniny. Medzi ďalšími nesprávnymi výsledkami boli riešenia, ktoré síce splňovali podmienku relatívnej molekulovej hmotnosti, ale nespĺňovali správny hmotnostný pomer (pri riešení došlo k zámene molárneho a hmotnostného zlomku).

Úloha č. 10

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
dôkazové reakcie v organickej chémii	matematická logika, práca s tabuľkou	13,70	7,14	10,85

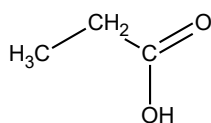
Zadanie úlohy:

V laboratoři byly tři zásobní lahve s neznámými vzorky (10.1 – 10.3). K určení neznámých vzorků byly provedeny důkazové reakce, které shrnuje následující tabulka.

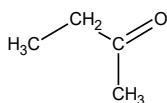
Přiřaďte vzorce sloučenin (A – E) k zásobním lahvám (10.1 – 10.3):

reakce	oxidace roztokem $K_2Cr_2O_7$	reakce na přítomnost karbonylu	reakce s Fehlingovým činidlem	reakce s CH_3COOH v přítomnosti H_2SO_4	vzorec (A-E) ?
lahve se vzorkem					
lahve 10.1	negativní	pozitivní	negativní	negativní	
lahve 10.2	pozitivní	negativní	negativní	pozitivní	
lahve 10.3	pozitivní	pozitivní	pozitivní	negativní	

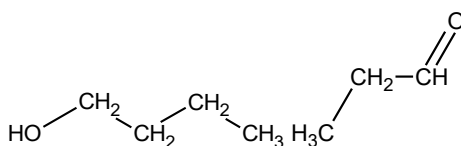
A)



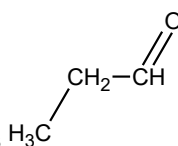
B)



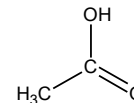
C)



D)



E)



Riešenie:

Pri riešení je potrebné postupne analyzovať výsledky a uvedomovať si, že pre jednu vzorku sú jednotlivé výsledky v konjunkcii (musia teda platiť zároveň). V ponuke možností sa vyskytujú organické látky – alkohol, aldehyd, ketón a dve karboxylové kyseliny. Testovanému stačí poznať výsledky niektorých z dôkazových reakcií a dokáže priradiť správne vzorky. Oxidácii roztokom $K_2Cr_2O_7$ podliehajú len alkoholy a aldehydy. Pozitívnu reakciu na prítomnosť karbonylu poskytnú aldehydy, ketóny ale aj karboxylové kyseliny. S Fehlingovým činidlom pozitívne reagujú aldehydy, ale nie

ketóny ani alkoholy. S kyselinou octovou v prítomnosti kyseliny sírovej môžu pozitívne reagovať alkoholy za vzniku esterov alebo za istých podmienok aj kyseliny za vzniku anhydridov, ale nie karbonylové zlúčeniny. Keď vezmeme do úvahy toto zdôvodnenie, je jasné práve jedno správne riešenie, a to: **10.1 – B), 10.2 – C) a 10.3 D).**

Táto úloha je jednou z najnáročnejších v celom teste. Testovaní sa jej ale nevyhýbali, skôr v prípade nesprávnych odpovedí tipovali výsledok. Niektorí označili v podúlohách 10.1 a 10.3 viac možností (nevyužili teda všetky indície). V oboch skupinách bola najúspešnejšie riešená podúloha 10.2 (pri stredoškólákoch dokonca 63 % správnych odpovedí). Táto úloha jasne poukazuje na to, že študenti nie sú dostatočne schopní logicky prepájať poznatky s interpretáciou experimentálne získaných dát z tabuľky. Nemalú rolu tu zohráva aj faktor zabúdania vedomostí, ktoré sú získavané len teoreticky (transmisívne), bez prvkov konštruktivizmu, v závislosti na časovom odstupe od nadobudnutia týchto poznatkov.

Úloha č. 11

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
teória chemickej väzby	prirodzené čísla, základné početné operácie	90,41	75,00	83,72

Zadanie úlohy:

Kolik elektronů tvoří dvojnou vazbu?

- A) 2
- B) 4
- C) 6
- D) 8

Riešenie:

Podľa teórie chemickej väzby založenej na zdieľaní elektrónových párov, každá väzba obsahuje dva elektróny. Pre tvorbu dvojnej väzby (dvoch elektrónových párov) sú potrebné $2 \cdot 2 = 4$ elektróny. Správna odpoveď je teda **B) 4**.

Najčastejšou nesprávnou odpoveďou bolo A) 2 elektróny. Táto chyba mohla vzniknúť dojemom, že väzbu tvorí len jeden elektrón alebo z nepozornosti (akoby šlo o väzbu jednoduchú). Ďalšou možnosťou výskytu nesprávnej odpovede A) je nepochopenie

významu pojmu „dvojná väzba“. Žiaci možno považujú za dvojnú väzbu len väzbu typu π a zabudnú na prítomnosť väzby σ , ktorá však musí vždy primárne vzniknúť medzi atómami, a až ďalšia väzba môže byť π -väzbou.

Úloha č. 12

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
transkripcia DNA	matematická logika	65,75	69,64	67,44

Zadanie úlohy:

Transkripciú určité sekvencie DNA vznikla sekvencia mRNA s nasledujúcim usporiadaním nukleotidů:



Napište správne usporiadání nukleotidů původního řetězce DNA, jejíž transkripci vznikla uvedená sekvence mRNA

Riešenie:

Na základe komplementarity báz sa bázy pri transkripcii párujú týmto spôsobom A – U, T – A, C – G, G – C. Pôvodná sekvencia DNA teda vyzerala takto:



Pri čiastočnom riešení bolo tolerované zabudnutie jednej bázy alebo prevrátenie celého reťazca (za práve jednu z týchto chýb bolo hodnotenie 1 bod).

Najčastejšími chybami v oboch skupinách boli spomínané chyby hodnotené ako čiastočne správne riešenie. Ďalšou chybou v riešeniach bolo využitie báz, ktoré sú prítomné len v RNA pri zápise pôvodnej sekvencie DNA (zápis uracylu miesto tymínu).

Úloha č. 13

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
translácia DNA	práca s tabuľkou	83,56	87,50	85,27

Zadanie úlohy:

Pomocí následující tabulky určete a napište sekvenci aminokyselin bílkovinného řetězce, který je kódován následující sekvencí mRNA:

5' – CUGGCCCUAGGCCAGGGG – 3'

	U		C		A		G	
U	UUU	fenylalanin	UCU	serin	UAU	tyrosin	UGU	cystein
	UUC	fenylalanin	UCC	serin	UAC	tyrosin	UGC	cystein
	UUA	leucin	UCA	serin	UAA	stop	UGA	stop
	UUG	leucin	UCG	serin	UAG	stop	UGG	tryptofan
C	CUU	leucin	CCU	prolin	CAU	histidin	CGU	arginin
	CUC	leucin	CCC	prolin	CAC	histidin	CGC	arginin
	CUA	leucin	CCA	prolin	CAA	glutamin	CGA	arginin
	CUG	leucin	CCG	prolin	CAG	glutamin	CGG	arginin
A	AUU	izoleucin	ACU	treonin	AAU	asparagin	AGU	serin
	AUC	izoleucin	ACC	treonin	AAC	asparagin	AGC	serin
	AUA	izoleucin	ACA	treonin	AAA	lysin	AGA	arginin
	AUG	metionin	ACG	treonin	AAG	lysin	AGG	arginin
G	GUU	valin	GCU	alanin	GAU	kys.	GGU	glycin
	GUC	valin	GCC	alanin	GAC	asparagová	GGC	glycin
	GUA	valin	GCA	alanin	GAA	kys.	GGA	glycin
	GUG	valin	GCG	alanin	GAG	glutamová	GGG	glycin

Riešenie:

V tabuľke vyhľadáme triplety z mRNA a priradíme k nim jednotlivé aminokyseliny, ktoré zapíšeme v danom poradí:

leucín – alanín – leucín – glycín – glutamín – glycín

Pri nesprávnych riešeniach testovaní z oboch skupín buďto obrátili poradie sekvencie mRNA alebo čítali triplety báz odzadu. Niektorí nedokázali vyčítať z tabuľky správne aminokyseliny.

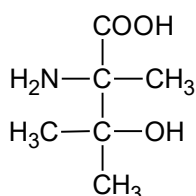
Úloha č. 14

Oblasť chémie	Oblasť matematiky	Úspešnosť (%)		
		SŠ	VŠ	Celkom
zobrazovanie štruktúr organických látok, aminokyseliny	priestorová predstavivosť	39,73	25,00	33,34

Zadanie úlohy:

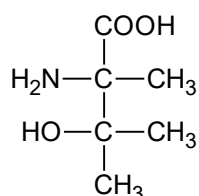
Rozhodnite o všetkých nasledujúcich vzorcoch aminokyselín, zda se jedná o α -aminokyselinu (ANO), či nikoli (NE):

14.1



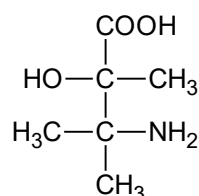
ANO – NE

14.2



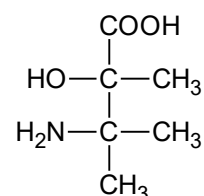
ANO – NE

14.3



ANO – NE

14.4



ANO – NE

Riešenie:

V jednotlivých vzorcoch je potrebné skontrolovať, či sa jedná o aminokyselinu a následne, či to je α -aminokyselina. Vo všetkých prípadoch vidíme, že štruktúry obsahujú funkčné skupiny $-\text{COOH}$ a $-\text{NH}_2$ ide teda o aminokyseliny. O správnosti, teda rozhodne len poloha skupiny $-\text{NH}_2$. Atóm uhlíku, ktorý je priamo naviazaný na funkčnú skupinu $-\text{COOH}$ je α -uhlík. Je teda vidieť, že v prvých dvoch prípadoch sa jedná o α -aminokyselinu, ale v druhých dvoch prípadoch nie.

14.1 – ANO, 14.2. – ANO, 14.3 – NE, 14.4 – NE.

Jednotlivé správne riešenia boli volené vo všetkých podúlohách približne v rovnakom počte prípadov (cca 60 %), pri vysokoškólákoch boli úspešnejšie podúlohy 14.1 a 14.3. Ako náročnejšie sa pre vysokoškólákov javia úlohy 14.2 a 14.4.

Vo všetkých úlohách s viacerými priradovacími podúlohami (úlohy č. 2, 5, 10, 14) boli priradené 2 body za správne vyriešenie všetkých podúloh a 1 bod v prípade, že bola nesprávne vyriešená práve jedna podúloha, všetky ostatné boli správne.

6.6 Zhrnutie výsledkov testovania

V nasledujúcej tabuľke (Tabuľka 11) sú zhrnuté porovnania úspešností stredoškôľakov a vysokoškôľakov v jednotlivých úlohách:

Tabuľka 11 Porovnanie úspešnosti (v %) stredoškôľakov a vysokoškôľakov a celková úspešnosť testovaných v jednotlivých úlohách testu

Úloha č.	1	2	3	4	5	6	7
VŠ	41,07	57,14	17,86	14,29	30,36	57,14	21,43
SŠ	56,16	76,71	5,48	47,95	54,79	78,08	68,49
Celkom	49,61	68,21	10,85	33,34	44,18	68,99	48,06
Úloha č.	8	9	10	11	12	13	14
VŠ	37,50	32,14	7,14	75,00	69,64	87,50	25,00
SŠ	32,88	30,14	13,70	90,41	65,75	83,56	39,73
Celkom	34,89	31,01	10,85	83,72	67,44	85,27	33,34

Z tabuľky vidíme, že stredoškôľáci dosiahli lepší výsledok v deviatich úlohách (zvýraznený v tabuľke zelenou farbou). Aj v kvantitatívnej analýze výsledkov testovania bolo vidieť, že stredoškôľáci mali lepší celkový výsledok než vysokoškôľáci. Tento stav je možné vysvetliť viacerými spôsobmi. Prvý je faktor zabúdania, pretože stredoškôľáci boli testovaní v maturitnom ročníku, kedy sa pripravujú na maturitnú skúšku. Vysokoškôľáci boli testovaní pred koncom prvého semestra bakalárskeho štúdia, kedy mali za sebou prednášky a cvičenia zo všeobecnej a anorganickej chémie. Druhý spôsob vysvetlenia je, že testovaní stredoškôľáci boli vybraní náhodne (z rôznych stredných škôl), ale vysokoškôľáci boli vybraní z radov študentov učiteľstva chémie a z odboru molekulárnej biológie. Z dlhodobého hľadiska sa stále ukazuje, že učiteľstvo si vyberajú zvyčajne študenti až ako druhú voľbu a preto sa medzi nimi objavujú takí, ktorí sú slabší než priemerní študenti.

Z pohľadu pohlavia dosiahli mierne lepších výsledkov muži než ženy. Tento rozdiel ale nie je výrazný (2,38 bodu, čo je asi 8 % z celkového možného počtu bodov). K podobným výsledkom dospeli aj iní výskumníci – Cífková (2015), Řezníčková et al. (2013).

Z výsledkov testovania v oboch skupinách vyplýva, že testovaní majú najnižšie vedomosti a spôsobilosti v oblastiach zameraných na chemické výpočty a teda využitie algebrického aparátu (úloha č. 3 a úloha č. 9), v oblastiach zameraných na analýzu výsledkov experimentu a matematickú logiku (úloha č. 10), v úlohách zameraných na chemické modelovanie a geometriu štruktúr (úloha č. 7 a úloha č. 14) a v úlohách zameraných na využitie funkcií (úloha č. 4). Výsledky odpovedajú zisteniam zo šetrení vyložených v predošlých kapitolách (viď Tabuľka 5). Vzdelávacie materiály popísané v ďalších kapitolách sa preto venujú práve týmto oblastiam.

Vzdelávacie materiály

7 Aktivity zamerané na modelovanie chemických konceptov založených na matematických princípoch

Jednotlivé aktivity sú koncipované ako námety pre učiteľa, ktorý sa pri práci so žiakmi môže orientovať metodikami, vyriešenými postupmi a didaktickými pokynmi. Matematické princípy sú vždy podrobne popísané a vysvetlené.

7.1 Aktivity zamerané na využitie geometrických poznatkov v chémii

Nasledujúce aktivity sú zamerané na využitie geometrických poznatkov v chémii. Ide o poznatky z rovinatej geometrie (planimetrie) ale aj z priestorovej geometrie (stereometrie). Využitie sú najmä poznatky z metrickej geometrie (meranie vzdialeností, uhlov, obsahov, povrchov a objemov geometrických objektov) ale aj z polohovej geometrie (vzájomná poloha telies).

7.1.1 Výpočet hustoty z mikroskopického hľadiska

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
3. – 4. (G4)	2 VH	kryštalické pevné látky	objem telesa

Aktivita je zameraná na priestorovú predstavivosť a aplikácie výpočtov objemov a povrchov telies do chémie. Pri tejto aktivite sa venujeme objemu gule, rotačného telesa, ktoré zaujímalo matematikov už od staroveku. Po odhalení časticového zloženia látok sa prijal geometrický tvar gule ako najlepšie znázornenie stavebných častíc hmoty – atómov (Ivan, Šulcová, 2014).

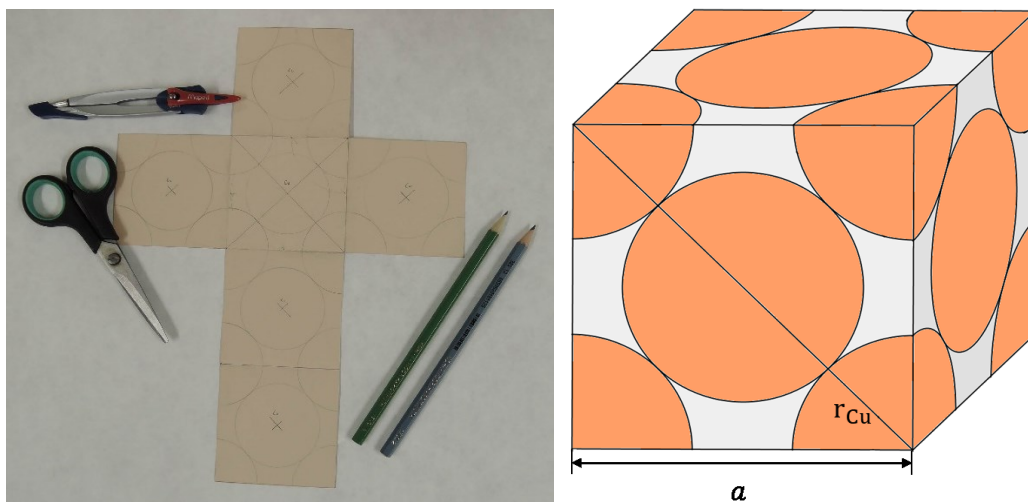
Motivácia

Aktivitu môžeme zahájiť diskusiou (Petty, 2002) o prepojení mikrosveta (časticového zloženia látok) a makrosveta (vlastností telies látok vytvorených). Súvislosti môžeme potom overiť pomocou predpokladu o vlastnosti telesa na základe štruktúry látky, z ktorej je vytvorené. Jedným z možných príkladov je výpočet hustoty kovu a následné overenie pomocou tabuliek, či experimentom.

Možná realizácia

Žiaci si vyberú ľubovoľný kov, pričom je dobré mať pripravený predmet, ktorý je z tohto kovu vytvorený. V tabuľkách či pomocou elektronických informačných zdrojov vyhľadajú informácie o štruktúre kovu. Príkladom môže byť meď. Tá kryštalizuje v plošne centrovanej kubickej sústave. Pri postupe v aktivite môžeme žiakom navrhnúť

(ak tak nespraviva sami), aby sa pokúsili zostrojiti' model využívanej kryštalickej sústavy (vid' Obrázok 1).



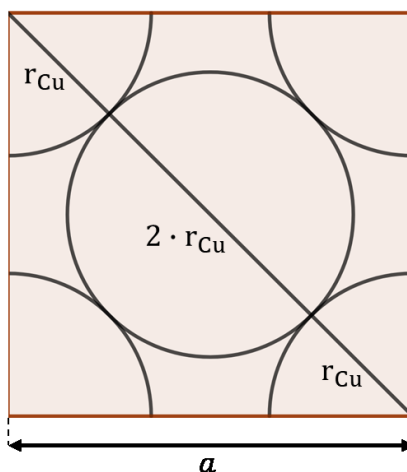
Obrázok 1 Modely plošne centrovanej kubickej sústavy; zľava materiálny model, model pripravený programom Geogebra

Je potrebné, aby si žiaci uvedomili význam pojmu jednotková bunka. Teoreticky sa naskladané jednotkové bunky opakujú donekonečna vedľa seba a vyplňajú priestor. Preto môžeme pri teoretickom výpočte využiť vlastnosti jednej bunky a považovať ich za vlastnosti celého telesa z danej látky. V prípade plošne centrovanej kubickej sústavy bude výpočet nasledujúci:

Výpočet počtu atómov, ktoré pripadajú na jednu jednotkovú bunku:

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

Uvažujeme, že atómy medzi sa dotýkajú – najlepšie tento fakt vidíme na stene jednotkovej bunky (Obrázok 2).



Obrázok 2 Rozloženie atómov v jednotkovej bunke plošne centrovanej kubickej kryštalickej sústavy

Z polomeru atómu medi ($r_{\text{Cu}} = 128 \text{ pm}$) dokážeme vypočítať rozmer jednotkovej bunky:

$$a = \sqrt{8} \cdot r_{\text{Cu}} = \sqrt{8} \cdot 128 \approx 306 \text{ pm}$$

Keď vieme, že jednotková bunka obsahuje 4 atómy medi, ktorej relatívna atómová hmotnosť je $A_r(\text{Cu}) = 63,55$, hustotu vypočítame:

$$\rho(\text{Cu}) = \frac{n \cdot A_r(\text{Cu}) \cdot m_u}{a^3} = \frac{4 \cdot 63,55 \cdot 1,661 \cdot 10^{-27}}{(3,06 \cdot 10^{-10})^3} = 8897 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3},$$

kde m_u je hmotnosť atómovej hmotnostnej jednotky (u) $1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ (podľa Vacík et al., 1995). Tabelizovaná hodnota hustoty pre meď je $8933 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Vohlídal, Julák, Štulík, 1999). Relatívna chyba oproti tabelizovanej hodnote je teda približne 0,4 %. Túto chybu môžeme zdôvodniť rôznymi nepravidelnosťami, ktoré môžu vzniknúť pri reálnej tvorbe kryštálu.

Výsledok a hodnotenie

Produktom práce žiakov sú modely kryštalickej štruktúry. Je možné ich hodnotiť po geometrickej stránke. Z chemického hľadiska hodnotíme výpočty hustoty jednotlivých zadaných látok a ich porovnanie s tabelizovanými hodnotami. Pri hodnotení je potrebné diskutovať rozdiely medzi teoretickou vypočítanou hodnotou a hodnotou z experimentu či tabuliek.

Didaktické poznámky

Aktivitu je vhodné prepojiť aj s biológiou (mineralógia). Experimentálne overenie môže byť vykonané pomocou hustomeru alebo meraním hmotnosti daného objektu a jeho objemu. Táto aktivita sa dá použiť vo forme nasmerovaného bádania (Ganajová, 2016).

7.1.2 Tvorba modelov použitím netradičných pomôcok

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
1. – 2. (G4)	2 VH	chemická štruktúra látok, tvary molekúl	priestorová geometria, telesá, uhly

Aktivita je zameraná na vlastné žiacke modelovanie. Využívajú sa pri ňom netradičné pomôcky, ktoré poskytujú výhodu oproti bežným predpripraveným stavebniciam. Žiaci musia tvar molekuly a polohu väzieb určiť samostatne, tým sa odstraňuje faktor „hrania sa so stavebnicou“. (Pozn. pojem hra tu je využitý v negatívnom zmysle, nie ako metóda didaktickej hry, ktorá má samozrejme pozitívny dopad na výučbu – Čtrnáctová, Čížková, 2010.)

Motivácia

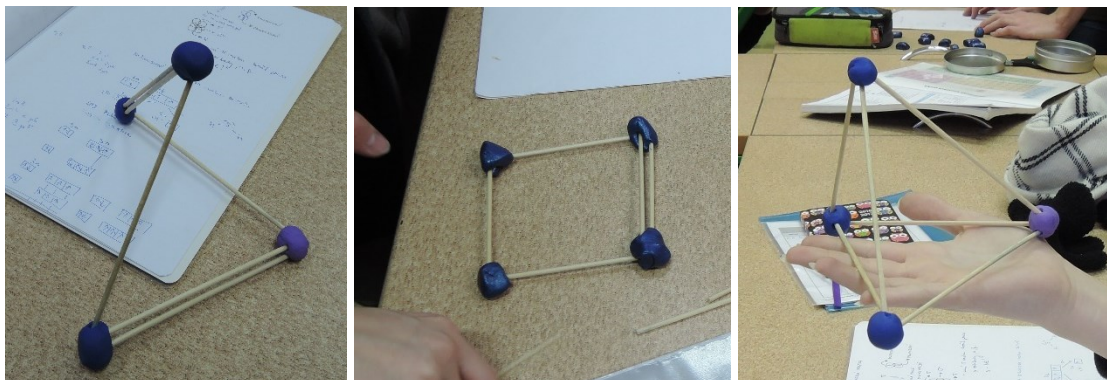
Žiakom predstavíme problém skúmania štruktúry látok. Motivujeme ich tým, že sami zo základných poznatkov z chémie, fyziky a matematiky budú schopní odhaliť štruktúru chemických častíc. Môžeme motivovať vybranými textami a obrázkami z histórie štúdia chemických štruktúr (viď napr. Novák, 2017). Diskusiou so žiakmi o podstate chemickej väzby a faktoroch, ktoré by mohli ovplyvňovať spôsob geometrického usporiadania častíc v molekulách, dospejeme k základným poznatkom z chémie, ktoré je potrebné využiť (elektrónová konfigurácia, väzbové a neväzbové elektrónové páry).

Podľa ročného obdobia, v ktorom aktivitu zaradíme do výučby, buďto využijeme prírodné materiály alebo umelé. Prírodné materiály žiaci dokážu nazbierať sami (úlohu treba zadať s dostatočným predstihom). Ak sa rozhodneme využiť modelovacie hmoty (plastelínu, modelínu), žiaci si ich tiež môžu priniesť sami. Väzby je možné modelovať pomocou špáradiel a špajlí.

Možná realizácia

Žiakom môžeme navrhnúť niekoľko chemických vzorcov zlúčenín, ktoré volíme tak, aby boli zastúpené atómy rôznych hybridizácií. Ako vhodné zlúčeniny do základného súboru sa osvedčili: H_2 , N_2 , H_2O , CO_2 , CH_4 , P_4 , PCl_5 a SF_6 (žiacke modely týchto

štruktúr vrátane miskoncepcií vid' Obrázok 3 a obrázky v prílohe č. 2). Žiaci môžu navrhovať aj ďalšie chemické zlúčeniny, čím vedú sami svoju výučbu k nami požadovanému cieľu.



Obrázok 3 Pokusy o vytvorenie modelu bieleho fosforu (P_4), zľava dve miskoncepce a správny model

Počas samostatného žiackeho modelovania so žiakmi diskutujeme ich výsledky a snažíme sa, aby samostatne pomenovávali a zdôvodňovali vybrané tvary molekúl. Dôležitou súčasťou aktivity je odhaľovanie a následné odstraňovanie nesprávnych prekonceptí a miskonceptí (Orolínová, Kotuľáková, 2014).

Výsledok a hodnotenie

Produktom aktivity sú žiacke modely, ktoré môžeme používať aj v nasledujúcich hodinách ako demonštračné modely. Pri tejto aktivite je potrebné zhodnotiť správne geometrické tvary molekúl. Žiakov môžeme požiadať, aby vypracovali zápis o aktivite, v ktorom zobrazia a pomenujú geometrické telesá, s ktorými sa pri aktivite zoznámili.

Didaktické poznámky

Aktivita je vedená ako riadené až nasmerované bádanie (Ganajová, 2016).

Žiaci riešia problém, ktorý je všeobecne sformulovaný učiteľom (odhaliť geometriu chemických štruktúr). Postupy, ktoré využívajú žiaci, sú do istej miery ovplyvnené učiteľom (navrhujeme pomôcky), žiak ale môže zvoliť vlastný prístup, vlastné materiály. Žiaci dopredu nepoznajú výsledok aktivity (geometrickú štruktúru žiaci odhaľujú samostatne).

7.1.3 Výpočty väzbových uhlov v molekulách

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
3. (G4)	1 VH	chemická štruktúra látok, chemická väzba	geometria, veľkosť uhla

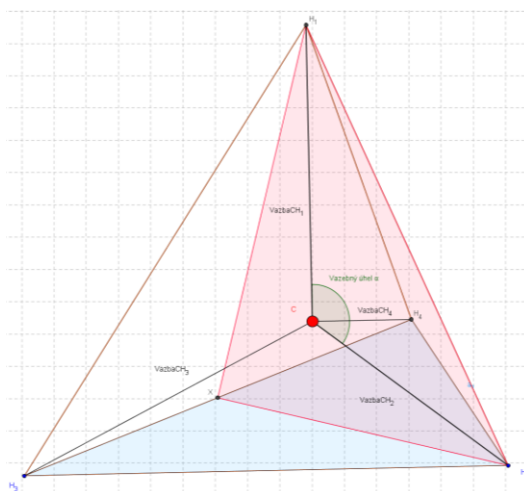
Aktivita je zameraná na výpočty väzbových uhlov v molekulách a ich vplyv na vlastnosti látok. Žiaci využívajú svoje poznatky z rovinatej i priestorovej geometrie. Nachádzajú zmysel v teoretických geometrických výpočtoch pri ich praktickom využití.

Motivácia

Motivovať v tejto aktivite môžeme nadviazaním na predošlú úlohu (odhaľovanie štruktúry molekúl). Žiaci sa budú zaujímať o to, kde sa dajú využiť ich teoretické matematické poznatky z oblasti goniometrických funkcií a trigonometrie. Takisto sa môžu zaujímať, ako ovplyvňuje väzbový uhol vlastnosti zlúčeniny.

Možná realizácia

Podobne ako v predošlej aktivite môžeme žiakom navrhnúť jednotlivé štruktúry. Žiaci si aj sami vyberú štruktúry, ktoré poznajú z predošlej aktivity. Žiaci sú väčšinou schopní určovať väzbové uhly bez výpočtu pri štruktúrach, ktoré majú lineárny tvar (180°), napr. molekula oxidu uhličitého (CO_2), tvar rovnostranného trojuholníka (120°), napr. molekula fluoridu boritého (BF_3), trigonálnej bipyramídy (90° a 120°), napr. molekula chloridu fosforečného (PCl_5), či pravidelného osemstenu (90°), napr. molekula fluoridu sírového (SF_6). Na problém narazia pri určovaní uhla v pravidelnom štvorstene, napr. v molekule metánu (CH_4). Tu je pre presné určenie uhla potrebné zapojiť geometrické výpočty. Vhodné je pred výpočtom urobiť odhad výsledku (uhol je niekde medzi väzbovým uhlom v rovnostrannom trojuholníku a v pravidelnom osemstene (medzi 90° a 120°). Jeden z možných postupov pri výpočte väzbového uhla je demonštrovaný na obrázku (Obrázok 4).



Obrázok 4 Rys geometrického modelu metánu (CH_4); jednotlivé atómy vodíku sú indexované 1-4 (vytvorené programom Geogebra)

Pomocou informačných zdrojov môžu žiaci určiť dĺžku väzby C – H na 110 pm (McMurry, 2004). Konkrétne určenie dĺžky väzby nie je dôležité (úloha sa dá riešiť aj abstraktne), ale konkretizácia hodnôt prispieva k jednoduchšiemu pochopeniu princípu. So stredmi atómov pracujeme ako s bodmi s označením C, H_1 , H_2 , H_3 a stred úsečky H_3H_4 označíme X (viď Obrázok 4).

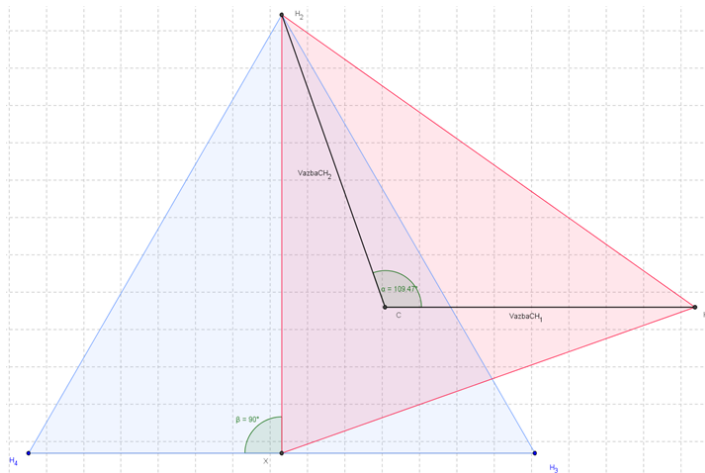
Ťažisko štvorstenu (poloha stredy atómu uhlíku) rozdeľuje výšku štvorstenu v pomere 3 : 1 (tento pomer môžu byť žiaci schopní určiť aj samostatne využitím poznatkov zo stereometrie). Výška štvorstenu v sa teda vypočíta:

$$v = \frac{4}{3} |\text{CH}_1| \doteq 146,7 \text{ pm}$$

Úsečka H_1H_2 je stranou štvorstenu. Jej dĺžka sa dá vypočítať zo vzťahu (Polák, 2015):

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

Pomocné vykreslenie situácie potrebnej pre výpočet uhla je zobrazené na obrázku (Obrázok 5).



Obrázok 5 Pomocné vykreslenie situácie pre výpočet väzbového uhla

Výpočet veľkosti uhla α je potom už len otázkou aplikácie kosínusovej vety v trojuholníku H_1H_2C :

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

Hodnotu veľkosti uhla môžu žiaci vyhľadať v tabuľkách alebo využiť kalkulačku. Veľkosť väzbového uhla α v metáne je:

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

Výsledok a hodnotenie

Produktom žiackej aktivity je postupný výpočet väzbového uhla zadanej molekuly. Žiaci môžu spracovať zápis o vykonanej aktivite, kde by mali zobraziť geometrické tvary molekúl a vyznačiť jednotlivé väzbové uhly (väčšinou využívajú pre zobrazovanie voľné rovnobežné premietanie). Je vhodné zhodnotiť aj presnosť náčrtov.

Didaktické poznámky

Aktivita odstraňuje transmisívny prístup pri výklade o väzbových uhloch. Pri samostatnej žiackej aktivite je potrebné so žiakmi postup diskutovať a nezavrňovať nápady, ktoré nevedú priamo k výsledku (obzvlášť v oblasti geometrických výpočtov, kedy je možné k správne výsledku dôjsť viacerými rôznymi postupmi). Úloha môže mať charakter riadeného bádania.

7.2 Aktivity zamerané na využitie algebrických postupov v chémii

Nasledujúce aktivity sú zamerané na využívanie algebrického aparátu v chémii. Žiaci si lepšie osvoja význam pojmu neznáma a jej vyjadrenie zo vzorca ako aj princípy riešenia lineárnych rovníc.

7.2.1 Výpočet tepelného zafarbenia reakcie

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
1. – 2. (G4)	2 VH	termochémia	úpravy rovníc, neznáma

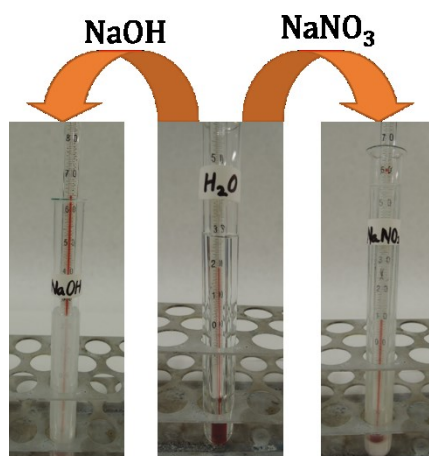
Aktivita je zameraná na výpočty reakčného tepla reakcie, či fyzikálne chemického deja. Žiaci na konkrétnych príkladoch, ktoré sú merateľné, overia význam pojmov exotermická a endotermická reakcia.

Motivácia

V tejto aktivite môžeme motivovať diskusiou o príkladoch dejov, ktoré sú exotermické a endotermické. Väčšina žiakov je schopná uviesť príklady exotermických dejov. S endotermickými dejmi je to už zložitejšie. Jedným z príkladov môžu byť hrejivé a chladiace vankúšiky. Žiakov týmto spôsobom môžeme priviesť k tepelným efektom rozpúšťania solí.

Možná realizácia

Žiaci si pripraví roztoky rôznych zlúčenín a pri ich rozpúšťaní merajú tepelný efekt pomocou teplomeru. Rozdelia soli do skupín podľa toho, či je ich rozpúšťanie endotermické alebo exotermické (viď Obrázok 6).



Obrázok 6 Výsledok experimentu exotermického a endotermického rozpúšťania

Niektorí žiaci sa budú zaujímať o to, či sa dá predpovedať, že rozpúšťanie danej soli je endotermické alebo exotermické len z jej zloženia. Pri tomto teoretickom odvodení využijeme aplikáciu 1. a 2. termochemického zákona:

1. termochemický zákon: Reakčné teplo danej reakcie a reakčné teplo tej istej reakcie prebiehajúcej opačným smerom je rovnaké až na znamienko.

2. termochemický zákon: (Izobarické) reakčné teplo danej reakcie je rovné súčtu reakčných tepeľ postupného sledu reakcií, ktoré vychádzajú z rovnakých reaktantov ako daná reakcia a končia rovnakými produktmi. (Atkins, 2010)

Tieto zákony definujú reakčné teplo ako stavovú funkciu. Z matematického hľadiska sa teda s reakčným teplom dá pracovať pomocou ekvivalentných úprav lineárnych rovníc. Zo štandardných zlučovacích tepeľ jednotlivých látok prítomných v danom chemickom deji je možné vypočítať tepelné zafarbenie ľubovoľného deja. Demonštrovať budeme na príkladoch z obrázku (Obrázok 6 na predošlej strane).

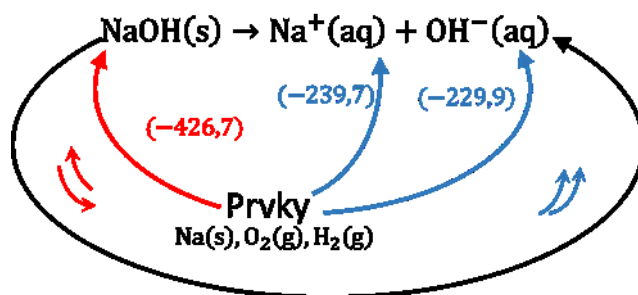
Výpočty sa opierajú o znalosť štandardných zlučovacích tepeľ jednotlivých látok (pre soli a ich ióny môžeme využiť napr. http://nshs-science.net/chemistry/common/pdf/R-standard_enthalpy_of_formation.pdf, alebo v chemických analytických tabuľkách – Vohlídal, Julák, Štulík, 1999).

V nasledujúcej tabuľke sú zhrnuté hodnoty potrebné pre výpočet pri vybraných zlúčeninách (Tabuľka 12).

Tabuľka 12 Štandardné zlučovacie entalpie vybraných látok a iónov

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

Pri výpočte s využitím zlučovacích entalpií využijeme grafické vysvetlenie princípu:



Obrázok 7 Grafické znázornenie výpočtu tepelného zafarbenia pri rozpúšťaní hydroxidu sodného

Obrázok 7 graficky popisuje spôsob výpočtu tepelného zafarbenia pri rozpúšťaní hydroxidu sodného. Z grafu potom priamo vyčítame ako máme vypočítať entalpiu tohto deja (červené šípky znamenajú, že čiastkový dej prebieha v protismere daného deja a modré šípky znamenajú, že čiastkové deje prebiehajú v smere daného deja). Aplikáciou oboch termochemických zákonov dostávame vzťah:

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

a využitím ekvivalentných úprav lineárnych rovníc dostávame výsledný vzťah:

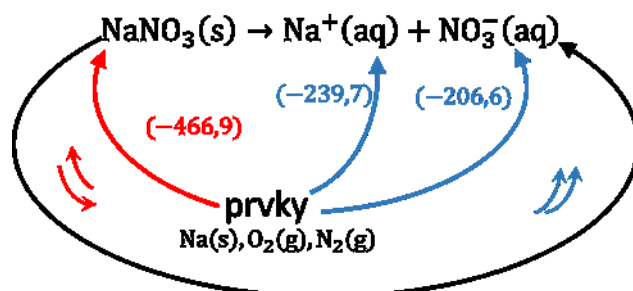
$$\Delta H_{298}^{\circ} = \Delta_{zluč}H_{298}^{\circ}(\text{Na}^+, \text{aq}) + \Delta_{zluč}H_{298}^{\circ}(\text{OH}^-, \text{aq}) - \Delta_{zluč}H_{298}^{\circ}(\text{NaOH}, \text{s}),$$

ktorý po dosadení hodnôt poskytne výsledok:

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

Ide teda o exotermickú reakciu, čo nám potvrdil aj experiment (viď Obrázok 6).

Obdobný postup výpočtu pre dusičnan sodný je naznačený v nasledujúcom obrázku (Obrázok 8).



Obrázok 8 Grafické znázornenie výpočtu tepelného zafarbenia pri rozpúšťaní dusičnanu sodného

Pri výpočte postupujeme analogicky:

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

a využitím ekvivalentných úprav lineárnych rovníc dostávame výsledný vzťah:

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

ktorý po dosadení hodnôt poskytne výsledok:

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

Ide teda o endotermickú reakciu, čo bolo opäť potvrdené experimentom.

Do istej miery môžeme tepelné efekty aj kvantifikovať (minimálne porovnaním teplotných rozdielov v roztokoch). Absolútna hodnota tepelného zafarbenia pre hydroxid sodný je väčšia než pre dusičnan a odpovedá tomu aj teplotný rozdiel. Samozrejme nemôžeme tento rozdiel kvantifikovať presne (úniky tepla do prostredia).

Výsledok a hodnotenie

Výsledkom práce žiakov sú postupy výpočtov. Hodnotíme správnosť výpočtov a diskutujeme s nimi prípadné chyby. Je potrebné dbať na presný zápis premenných a overovať, či žiaci rozumejú zápisom tepelných efektov pomocou entalpií (napr., že zápis $\Delta_{zluč} H_{298}^{\circ}(\text{NaNO}_3, \text{s})$ predstavuje jednu premennú).

Didaktické poznámky

Aktivita má prvky potvrdzujúceho a riadeného bádania. Poskytuje konštruktívny prístup k modelovaniu konceptov exotermická a endotermická reakcia. V následnosti na aktivitu môžeme žiakom zadať ďalšie soli, ktoré máme dostupné a overiť tieto poznatky na ďalších zlúčeninách.

7.2.2 Výpočet stechiometrických koeficientov

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
1. (G4)	1 VH	stechiometria, chemická rovnica	sústavy lineárnych rovníc

Aktivita je zameraná na aplikáciu riešenia sústav lineárnych rovníc. Využívajú sa princípy riešenia špecifických prípadov sústav, konkrétne sústav s nekonečným počtom riešení.

Motivácia

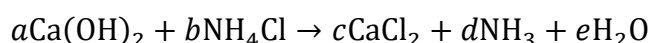
Pri výučbe vyčíslovania rovníc, ktoré nie sú redoxného charakteru, je možné využiť postup, pri ktorom zvolíme všetky stechiometrické koeficienty za neznáme. Môžeme

žiakom ukázať praktické využitie rovníc s nekonečným počtom riešení, pri ktorých je potrebné využiť parameter.

Možná realizácia

Rešpektovaním zákona zachovania hmotnosti dokážeme zostaviť sústavu rovníc pre tieto neznáme, ktorá bude mať nekonečne mnoho riešení. Súvisí to s tým, že stechiometrické koeficienty chemickej rovnice sú jednoznačné až na násobok.

Ukážka príkladu vyčíslenia rovnice reakcie hydroxidu vápenatého z chloridom amónnym, pri ktorej vzniká chlorid vápenatý, amoniak a voda:



Zo zákona zachovania hmotnosti:

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

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

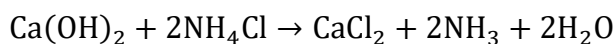
$$\text{H: } 2a + 4b = 3d + 2e$$

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

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

Riešením sústavy zistíme, že v súbore rovníc sú len štyri lineárne nezávislé rovnice, ale päť neznámych. Ide teda o sústavu rovníc s nekonečným počtom riešení a pre vyjadrenie jej riešenia je potrebné využiť parameter (t).

Riešenie je $K = \left\{ \left[\frac{t}{2}; t; \frac{t}{2}; t; t \right]; t \in \mathbb{R} \right\}$, K označuje množinu všetkých riešení sústavy rovnice, \mathbb{R} označuje množinu reálnych čísel. Toto riešenie získame, ak budeme uvažovať len o matematickej stránke vecí. Z chemického hľadiska musíme obmedziť parameter t len na prirodzené čísla. Ak chceme, aby súbor stechiometrických koeficientov obsahoval čo najmenšie, ale celé čísla, musíme zvoliť $t = 2$, a teda vyčíslená rovnica bude mať tvar:



Výsledok a hodnotenie

Produktom je vyčíslená rovnica. So žiakmi diskutujeme o prínose teoretických matematických poznatkov pri riešení špecifických prípadov sústav lineárnych rovníc. Po aktivite môžeme zaradiť písomné preskúšanie, v ktorom budeme vyžadovať vyčíslenie rovnice zadaným spôsobom.

Didaktické poznámky

Aktivita má charakter potvrdzujúceho bádania (žiaci overujú aplikáciu princípov potrebných pre vyčísľovanie rovníc). V tejto aktivite je hlavným prínosom lepšie uchopenie matematickej teórie ohľadom sústav lineárnych rovníc s nekonečným počtom riešení. Žiaci si často neuvedomujú fakt, že jednotlivé riešenia sa líšia od seba len násobkom, pričom túto skutočnosť v chémii pri vyčísľovaní rovníc rešpektujú. Toto vysvetlenie by mohlo byť prínosom aj pre učiteľov matematiky, ktorí potrebujú žiakom demonštrovať praktické využitie poznatkov zo svojho výkladu.

7.3 Aktivity zamerané na matematickú logiku a prácu s tabuľkami a grafmi

V nasledujúcich aktivitách si žiaci môžu precvičiť a pochopiť význam matematickej štatistiky, teórie množín a matematickej logiky pri zdôvodňovaní a vyhodnocovaní svojich činností.

7.3.1 Príprava zdravého jedálneho lístku

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
2. – 3. (G4)	4 VH	prírodné látky, základné zložky potravy	matematická štatistika, práca s tabuľkou

Aktivita je zameraná na prípravu zdravého jedálneho lístku. V žiakoch táto aktivita vzbudzuje záujem o zdravú stravu a správny životný štýl, ktorého tematika je v posledných rokoch veľmi aktuálna a preto je aj pre žiakov lákavá.

Motivácia

Približne týždeň pred zahájením aktivity žiakov poprosíme, aby si začali odkladať obaly od potravín, ktoré obsahujú tabuľky výživových hodnôt. Prvú vyučovaciu hodinu venujeme diskusii o tom, čo žiaci vnímajú pod pojmi zdravá výživa, správny životný štýl. Pre túto časť aktivity je vhodná metóda pojmovej mapy (Prokša et al., 2008) a brainstormingu (Kalhous et al., 2002). Vzhľadom k navrhnutým pojmom prispôbíme činnosti v praktickej časti. Pred začiatkom realizácie je vhodné rozdeliť žiakov do skupín podľa jednotlivých zložiek potravy (napr. sacharidy, bielkoviny, tuky, vitamíny a minerály).

Možná realizácia

Druhú a tretiu vyučovaciu hodinu venujeme realizácii. Vhodnou metódou pre túto tému môže byť projektové vyučovanie (Ganajová, 2010).

Žiaci by si mali okrem etikiet a tabuliek výživových hodnôt z potravín, ktoré bežne jedia, priniesť aj vzorky týchto potravín. Súčasťou aktivity môže byť overenie prítomnosti hlavných zložiek potravy v danej potravine. Jednotlivé skupiny, ktoré sa vytvoria v motivačnej fáze, overujú prítomnosť danej zložky v potravine. Pre dôkaz prítomnosti sacharidov je možné použiť test pomocou Lugolovho roztoku. Pre dôkaz tukov použijeme farbivo Sudán III. Výsledky dôkazových reakcií vid' na obrázku (Obrázok 9).



Obrázok 9 Dôkaz sacharidov a lipidov

Pre dôkaz bielkovín môžeme použiť dôkaz pomocou biuretovej reakcie (Obrázok 10).



Obrázok 10 Dôkaz bielkovín

Žiaci pomocou dôkazových reakcií zistia prítomnosť látok v potravinách, ktoré konzumujú. Z týchto dôkazových reakcií sa dá do istej miery odhadnúť aj kvantita prítomnej látky (porovnaním intenzity zafarbenia).

Výsledok a hodnotenie

Pri hodnotení môžeme využiť, že žiaci pracovali v skupinách. Jednotlivé skupiny môžu demonštrovať a prezentovať výsledky svojho experimentu. Produktom žiackeho bádania pri tejto aktivite by malo byť následné spracovanie zdravého jedálnička. Pri prezentácii jedálničkov môžeme pozorovať záujmy a hodnotovú orientáciu žiakov.

Didaktické poznámky

Aktivita má charakter nasmerovaného bádania. Dá sa realizovať formou projektového vyučovania. (Ivan, Šulcová, 2016a)

7.3.2 Pojmy chiralita a symetria

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
2. – 3. (G4)	2 VH	chiralita	symetria, teória množín, matematická logika

Aktivita je zameraná na správne pochopenie pojmov chiralita a symetria, chirálny (achirálny) a symetrický (asymetrický) objekt. Zároveň využíva základy matematickej logiky a teórie množín (množinových operácií).

Motivácia

Hlavnou otázkou v mysli žiaka by mal byť rozdiel medzi pojmami chiralita a asymetria. V mnohých učebniciach sa stretávame so stotožňovaním týchto dvoch pojmov. Je ale možné tieto pojmy za všetkých okolností stotožniť? Sú teda tieto pojmy rovnocenné alebo je množina objektov označených jedným pojmom podmnožinou množiny objektov označených druhým pojmom?

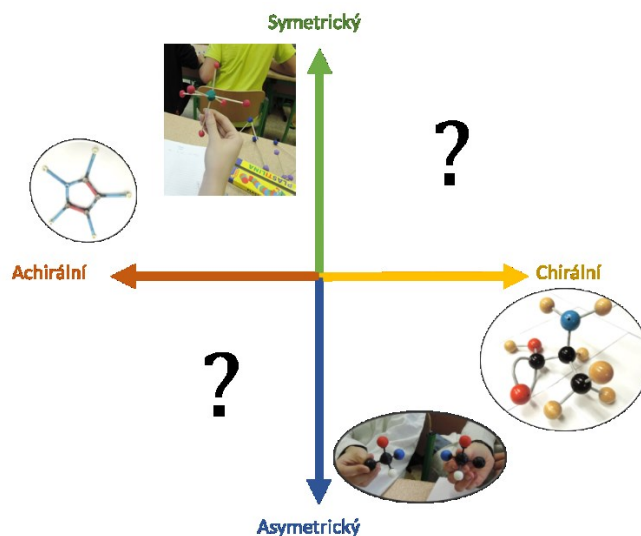
Možná realizácia

Potrebujeme materiály pre modelovanie – plastelínu, modelínu, nafukovacie balóniky, molekulové stavebnice apod. Žiakov necháme modelovať objekty, ktoré patria pod jednotlivé pojmy podľa ich definícií:

Symetrický objekt je také teleso, ktoré sa dá zobrazit' na seba nejakým geometrickým zobrazením okrem identity. (Mainzer, 2005)

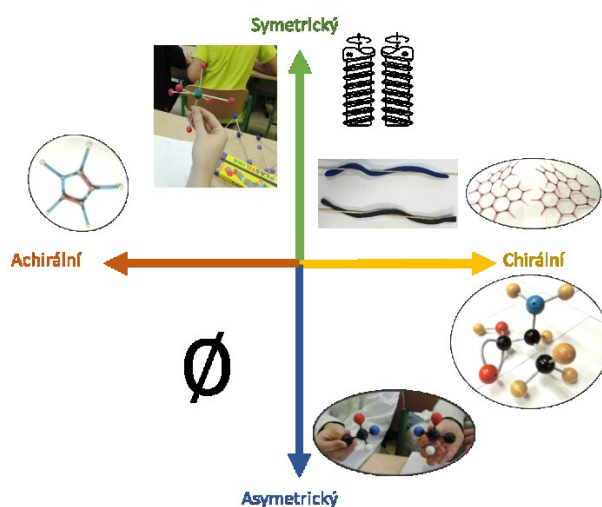
Chirálny objekt je také teleso, ktoré nie je možné posunutím alebo otočením stotožniť s jeho zrkadlovým odrazom. (Kelvin, 1894)

Žiaci sú väčšinou schopní namodelovať chirálne asymetrické objekty a achirálné symetrické objekty (viď Obrázok 11).



Obrázok 11 Rozdelenie modelovaných objektov do množín

Žiaci postupne samostatne dospejú k predmetom, ktoré sa hodia do pravej hornej časti. Väčšinou sa k tejto myšlienke dostanú, ak ich odvedieme od čistého chemického nazerania na problém a chceme od nich, aby hľadali príklady z bežného života (napr. závit skrutky). Žiaci teda namodelujú symetrický chirálny objekt (objekt musí mať symetriu vo forme dvojpočetnej osi – Fišer, 1980). Žiakom môžeme zadať za domácu úlohu, aby našli objekt, ktorý bude patriť do štvrtej skupiny – achirálny a asymetrický. Takýto objekt však neexistuje (viď Obrázok 12).



Obrázok 12 Rozdelenie objektov do množín, po úprave

Výsledok a hodnotenie

Produktom žiackej práce by malo byť grafické znázornenie súvislostí medzi pojmami. Môžeme zadať aj úlohu, aby vyjadrili pomocou matematickej logiky alebo teórie množín (pri spracovaní grafického výstupu môžu žiaci využiť napr. Vennove diagramy) výsledné pozorovanie. Hodnotiť môžeme jednotlivé výroky a zápisy množinových vzťahov. Pravdivé výroky o jednotlivých pojmoch:

Ak je objekt asymetrický, je chirálny.

Ak je objekt achirálny, je symetrický.

Existujú objekty chirálne a symetrické.

Neexistuje objekt achirálny asymetrický.

Didaktické poznámky

Žiaci si pri tejto aktivite môžu precvičiť základné pojmy z matematickej logiky a teórie množín. Na konkrétnom príklade vidia význam presného matematického vyjadrovania. Aktivita má charakter riadenej bádateľsky orientovanej výučby.

7.4 Aktivity zamerané na využitie funkcionálnej analýzy

Nasledujúce aktivity vysvetľujú význam funkčných závislostí v chémii. Na názorných príkladoch ukazujú dôležitosť funkcionálnej analýzy pre ostatné prírodné vedy a aplikáciu teoretických matematických poznatkov z oblasti funkcií.

7.4.1 Definícia pH pomocou logaritmickkej funkcie

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
2. (G4)	2 VH	pH	logaritmická funkcia

Aktivita vysvetľuje význam použitia logaritmickkej funkcie pri definícii pH.

Motivácia

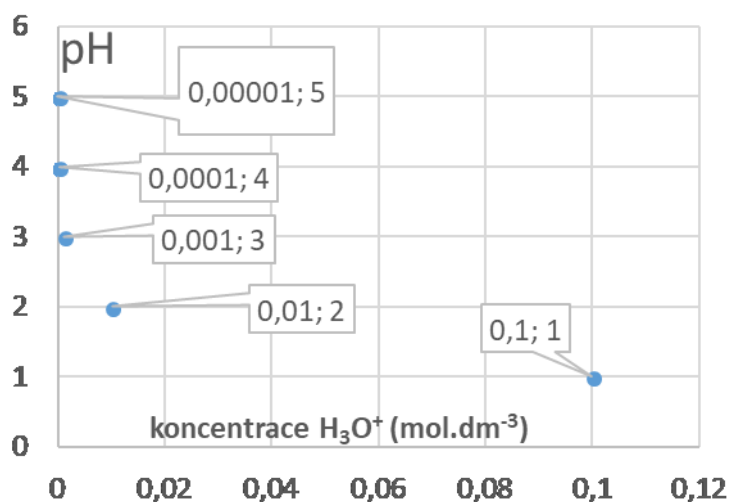
Pri definícii pH väčšinou uvedieme žiakom presnú matematickú formuláciu – teda, že pH je záporný dekadický logaritmus aktivity (relatívnej koncentrácie) oxóniových kationov prítomných v roztoku. Často sa môžeme pri tejto definícii stretnúť s otázkou: Prečo sa tu požíva logaritmus? Nestačilo by zdefinovať pH len pomocou koncentrácie oxóniových kationov?

Možná realizácia

Odpoveď na otázky uvedené v motivačnej časti žiaci nachádzajú pri realizácii aktivity. Pripravíme roztok silnej kyseliny s koncentráciou $1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$. Žiaci si v skupinách odoberú zásobný roztok, s ktorým budú ďalej pracovať. Zadáme úlohu, aby odhalili ako sa bude meniť pH roztoku vzhľadom na koncentráciu kyseliny. Žiaci zistia, že musia zásobný roztok kyseliny riediť (pomer 1 : 10 – žiaci na tento pomer prídu metódou pokus – omyl, ak by riedili roztoky napr. 1 : 2 hodnoty pH nebudú celé čísla). Postupne merajú pH riedených roztokov (môžeme využiť pH meter ale aj lakmusové papieriky). Namerané experimentálne hodnoty vynesú žiaci do grafu. Zisťujú, že graf vytvorený z hodnôt pH a koncentrácie je neprehľadný (graf logaritmickej funkcie). Postupne prídu na to, že graf by bol prehľadnejší, ak by sme zamenili hodnoty koncentrácie buďto za poradové číslo riedenia, alebo za hodnotu koncentrácie vyjadrenú exponentom mocniny so základom 10. Nový graf, ktorý vznikne, už je prehľadný – je to priamka (lineárna funkcia). Došlo k takzvanej linearizácii funkčnej závislosti.

Výsledok a hodnotenie

Produktom žiackeho bádania sú grafy funkčných závislostí pH na koncentracii (Obrázok 13) a pH na exponente mocniny (Obrázok 14).



Obrázok 13 Ilustračný graf žiackeho merania

Obrázok 13 ukazuje neprehľadný graf závislosti pH na koncentracii.

Laboratorná práca č. 1
 Téma: Protolytické reakcie
 Datum: 23. 10. 2017
 Úloha č. 1: Odvození závislosti pH na koncentraci silné kyseliny
 Úkol: Pozorujíc změny pH v závislosti na koncentraci roztoku silné kyseliny
 Chemikálie: roztok kyseliny chlorovodíkové (HCl.....), voda (..H₂O.....), lakmusový papírek
 Pomůcky: kádinka, hodinové sklíčko, kapátka, lakmusový papírek
 Postup: Připravím si si kapátku a pomocí ní navrstím kyselinu na h. sklíčko. Pomocí lakmusového papírku jím měřím pH roztoku a to několikrát. Vždy s jinou koncentrací roztoku.

Rovnice: $HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$

Pozorování: Změny barvy 1. papírku

1)	0,1M	1:0	červená barva 1. papírku	pH=1
2)	0,01M	1:9	červená barva 1. papírku	pH=2
3)	0,001M	1:99	červená barva 1. papírku	pH=3

Grafy:

Závěr: Barva lakmusového papírku se mění s koncentrací, tudíž se mění i pH.

Obrázok 14 Žiaci protokol s grafom po linearizácii

Pri hodnotení je potrebné zohľadniť graf linearizovanej závislosti. Diskutovať jeho podobu (priamka – graf lineárnej funkcie) a prínos (jednoduché vyhľadávanie pH vzorky so známou koncentráciou pri prevedení koncentrácie do tvaru 10^n).

Didaktické poznámky

Aktivita má charakter potvrdzujúceho bádania. Žiaci overujú poznatok, ktorý už majú, snažia sa pochopiť význam definície pH tak, ako je postavená.

Problémom pri realizácii tejto aktivity je práca s roztokmi koncentrovanej kyseliny. Z dôvodu dodržania bezpečnostných prepisov je nutné so žiakmi zopakovať pravidlá bezpečnosti pri práci v chemickom laboratóriu, obzvlášť pri práci s kyselinami a pripomenúť základné pravidlo pre riedenie kyselín (kyselinu vždy riedime tak, že odmerané množstvo vlejeme do pripraveného odmeraného množstva vody, nie naopak!)

7.4.2 Simulácia rádioaktívneho rozpadu

Ročník	Časová náročnosť	Celok - chémia	Celok - matematika
2. (G4)	2 VH	rádioaktivita, reakcie 1. rádu	exponenciálna funkcia

Aktivita je zameraná na pochopenie pojmu polčas rozpadu a na vývoj zmeny rýchlosti reakcie prvého rádu v priebehu deja.

Motivácia

Rádioaktívny rozpad nie je možné dobre pozorovať pri výučbe na strednej škole nielen z dôvodov bezpečnosti pri práci s takýmto materiálom. Nuklidy majú buďto príliš dlhý polčas rozpadu (nie je pozorovateľný v reálnom čase) alebo ak ho majú primeraný, bolo by žiarenie vznikajúce pri rozpade príliš nebezpečné. Žiaci si preto uvedomia potrebu simulácie rádioaktívneho rozpadu iným dejom. Z fyziky si prinášajú poznatky o definícii polčasu rozpadu látky:

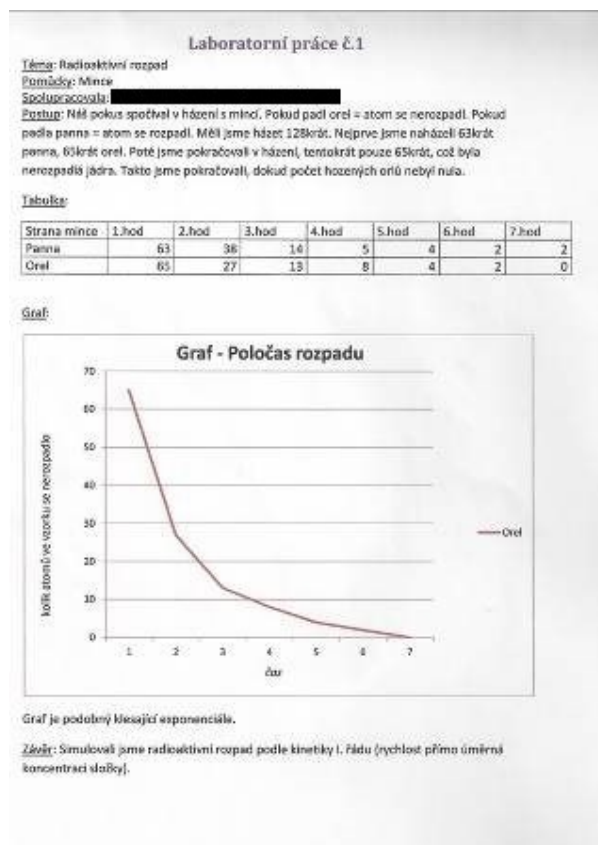
Polčas rozpadu látky je čas za ktorý sa rozpadne práve polovica jadier z pôvodného súboru jadier látky. (Atkins, de Paula, 2010)

Dá sa prepojiť spomenutá definícia s teóriou pravdepodobnosti? Aká je pravdepodobnosť, že sa dané jadro rozpadne za jeden polčas rozpadu? Žiaci postupne diskusiou prídu k poznatku, že pravdepodobnosť rozpadu daného jadra za jeden polčas rozpadu má hodnotu 0,5 (Ivan, Šulcová, 2016b).

Možná realizácia

Aby sme mohli simulovať rádioaktívny rozpad je teda potrebné vytvoriť modelový dej, ktorý pri svojej realizácii náhodného pokusu bude mať pravdepodobnosť práve 0,5. Takýmto dejom môže byť napr. hod mincou, či náhodný výber jedného z dvoch rôznofarebných predmetov rovnakého tvaru z uzavretej nádoby.

Žiaci si zvolia, ktorý výsledok náhodného pokusu znamená rozpad jadra (napr. pri hode mincou – padne rub). Pokus opakujú niekoľko krát (je vhodné použiť mocniny 2 napr. $2^7 = 128$). Zaznamenajú si počet výskytov náhodného javu znamenajúceho rozpad jadra. V ďalšej časti experiment opakujú, ale už so zníženým počtom „nerozpadnutých jadier“. Pokus opakujú, až kým sa všetky jadrá nerozpadnú. Namerané hodnoty vynesú do grafu a snažia sa odhalíť, o akú funkčnú závislosť ide, poprípade určiť aj jej analytický predpis (viď Obrázok 15).



Obrázok 15 Spracovanie výsledkov experimentu žiakom

Výsledok a hodnotenie

Produktom žiackeho bádania je grafické spracovanie závislosti rozpadu na počte polčasov rozpadu. Hodnotíme spracovanie dát žiakom (grafické znázornenie, tabuľka nameraných hodnôt). So žiakmi diskutujeme možnosť popisu deja funkčnou závislosťou. Počet jadier (n) je funkciou počtu polčasov rozpadu (i):

$$n = f(i) = n_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^i$$

Didaktické poznámky

Aktivita je vedená ako nasmerované bádanie. Overuje a uľahčuje správne pochopenie pojmu polčas rozpadu a demonštruje aplikáciu exponenciálnych funkcií v chémii. Aktivitu môžeme prepojiť s reakciami prvého rádu, ktoré prebiehajú rovnakým princípom.

8 Diskusia výsledkov a záver

Predkladaná dizertačná práca je venovaná modelovaniu predstáv žiakov v chémii, o chemických princípoch využívajúcich matematický aparát. V jednotlivých kapitolách venujúcich sa vyhodnoteniu výskumov sú na konci uvedené čiastkové diskusie zistených výsledkov. Nasledujúce odstavce zhrňujú a doplňujú tieto čiastkové diskusie.

V prvej kapitole je vysvetlená moja motivácia pre výber témy pre dizertačný projekt a naznačené možné cesty k naplneniu vytýčených cieľov, ktoré sú tu uvedené v systematickej štruktúre.

V druhej kapitole boli zhrnuté poznatky rôznych autorov, ktorí sa k zvolenej tematike priblížili vo svojich dielach práve v oblasti skúmania vzťahov medzi predmetmi chémia a matematika. Literárna rešerš sa venovala aj kurikulárnym dokumentom na štátnej úrovni – RVP pre gymnázia a pre základné vzdelávanie v ČR a Štátny vzdelávací program ISCED 2 a ISCED 3A v SR. Na úrovni školských kurikulárných dokumentov bola vykonaná analýza proporcionálneho stratifikovaného výberu ŠVP gymnázií v ČR. Z literárnej rešerše vyplynulo, že žiaci majú problémy pri riešení úloh, ktoré vyžadujú využitie matematických spôsobností v chémii. Tieto spôsobnosti žiakom chýbajú aj napriek tomu, že ich kurikulárne dokumenty vyzdvihujú. Rešeršou a analýzou ŠVP bol teda naplnený prvý z čiastkových cieľov dizertačnej práce.

Tretia kapitola podrobne popisuje metodológiu, ktorá je využitá pri riešení výskumného problému. Zvolené výskumné nástroje a metódy výskumu (podrobná položková analýza úloh z kvazištandardizovaných testov, interview s učiteľmi zmienených predmetov, testovanie didaktickým testom a štatistické vyhodnocovanie dát) dobre napomohli k odhaleniu spoločných a prelínajúcich sa obsahových častí („styčných plôch“) vzdelávacích odborov chémia a matematika, čím sa neskôr naplnil jeden z hlavných cieľov dizertačného projektu.

Ďalšie kapitoly sa venujú vyhodnoteniu výsledkov výskumných šetrení. Z položkovej analýzy úloh testovania popísaného v dizertačnej práci T. Cífkovej (2015) vyplynulo, že žiaci dosahujú všeobecne nižšej úspešnosti v úlohách vyžadujúcich využitie matematického aparátu. K podobným výsledkom dospeli aj iní výskumníci napr. K. Trčková (2016). Žiaci dosahovali nižšiu úspešnosť pri riešení multikomponentných úloh z chémie, ak v nich bol prítomný výpočet. Úlohy zameriavajúce sa na prácu s grafmi sú

taktiež problematické, ako dokladajú H. Cídlková a G. Kuběnová (2015). Týmito zisteniami sa naplnil druhý vedľajší cieľ dizertačnej práce.

Analyzované položky kvazištandardizovaného testovania boli vybrané pre následné testovanie a bol zostavený nový kompilovaný test zameriavajúci sa na interdisciplinárne úlohy z chémie a matematiky, čím bol naplnený tretí čiastkový cieľ.

Vyhodnotenie výsledkov interview s učiteľmi chémie a matematiky poskytlo spresnenie okruhov „styčných plôch“ vzdelávacích odborov chémie a matematiky (viď Tabuľka 5). Zároveň výsledky interview poskytli náhľad na to, ako by mali byť zamerané intervencie, ktoré pomôžu riešiť momentálnu situáciu a odhalené problémy (forma navrhnutých aktivít vrátane metodík, riešení a didaktických poznámok). Toto bol štvrtý čiastkový cieľ, čím sa uzavrelo plnenie prvého hlavného cieľu dizertačnej práce.

Šiesta kapitola poskytuje kvantitatívne a kvalitatívne vyhodnotenie následného testovania žiakov gymnázií a študentov prvého ročníka bakalárskeho štúdia. Kvantitatívne vyhodnotenie ukázalo, že pri testovaní dosiahla lepšie výsledky skupina mužov (približne o 8 % z celkového hodnotenia testu). Z hľadiska úrovne vzdelávania dosiahla lepší výsledok skupina stredoškóľakov (asi o 10 % z celkového hodnotenia testu). V oboch prípadoch šlo o štatisticky významné rozdiely medzi strednými hodnotami jednotlivých skupín, čo potvrdil Študentov t-test.

Kvalitatívna analýza následného testovania ukázala, že žiaci majú problémy:

- a) s vyjadrením neznámej zo vzorca,
- b) s aplikáciou algebrických postupov a riešením rovníc,
- c) s aplikáciou funkcionálnej analýzy,
- d) s aplikáciou matematickej logiky,
- e) s interpretáciou dát z tabuliek a grafov,
- f) s priestorovou predstavivosťou,
- g) s aplikáciou geometrických spôsobností,
- h) s aplikáciou matematickej štatistiky.

Určením týchto princípov, ktoré spôsobujú žiakom problémy, sa naplnil piaty z čiastkových cieľov dizertačnej práce.

Vzhľadom k uvedeným zisteniam boli navrhnuté intervencie, ktoré napomáhajú pri modelovaní chemických konceptov prostredníctvom matematiky a zároveň ukazujú žiakom využitie teoretických matematických spôsobností v chémii. Jednotlivé navrhnuté intervencie vo forme aktivít a ich metodík napomáhajú s riešením odhalených problémov, ako je naznačené v tabuľke (Tabuľka 13).

Tabuľka 13 Oblasti podporené jednotlivými aktivitami

Aktivita	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.2.1	7.2.2	7.3.1	7.3.2	7.4.1	7.4.2
Oblasť	f, g	f, g	b, f, g	a, b, e	b	e, h	d, f, g	c, e	c, h

Aktivity boli overené na malej vzorke žiakov gymnázia (obrazovú dokumentáciu dokladá Príloha č. 2). Pre overenie efektivity týchto metodík je potrebné vykonať ďalšie výskumy.

Ďalšou z možností, ktorá by mala pôsobiť v synergii s predstavenými vzdelávacími aktivitami, je reorganizácia jednotlivých celkov obsahu vzdelávania v ŠVP jednotlivých škôl. Synergia znamená spoluprácu, spoločné pôsobenie, označuje situácie, kedy výsledný účinok súčasne pôsobiacich zložiek je väčší než súhrn účinkov jednotlivých zložiek (Hartl, Hartlová, 2004).

V ideálnom prípade by učiteľ, ktorý vyučuje interdisciplinárne, mal mať poznatky z väčšiny, ak nie zo všetkých odborov príbuzných svojej aprobácii. To v dnešnej dobe ale s objemom informácií v jednotlivých vedných odboroch nie je možné, čo tvrdia aj mnohí historici vedy (napr. Burke, 2014). Preto je potrebná tímová spolupráca učiteľov nielen pri tvorbe ŠVP, ale aj pri bežnej výučbe. Pri tvorbe ŠVP jednotlivých škôl je potrebné zohľadniť jednotlivé obsahové celky predmetov a časovo ich zosúladiť tak, aby do seba zapadali.

Príkladmi dvojíc celkov vo vzdelávacích odboroch chémia a matematika, ktoré vo väčšine skúmaných ŠVP neboli zosynchronizované, sú celky v oblasti všeobecnej chémie: geometria molekúl (1. ročník CH) a stereometria (3. ročník M), pH a jeho výpočty (1. ročník CH) a logaritmická funkcia (2. ročník M), štatistické vyhodnocovanie experimentov (v priebehu celého štúdia CH) a matematická štatistika (3. ročník M). V anorganickej, organickej chémii a biochémii sa tieto disproporcie už znižujú, ale je vždy výhodné, ak si jednotliví učitelia medzi sebou aspoň približne

dohodnú časové rozmedzie celkov, ako napr. izoméria, symetria a chiralita v chémii a priestorová geometria a geometrické zobrazenia v matematike.

Navrhnutím intervencií a overením súboru návrhov aktivít s metodikami pre učiteľov boli naplnené posledné dva z čiastkových cieľov a zároveň druhý hlavný cieľ dizertačnej práce.

Výsledky predkladanej práce by sa mali stať príspevkom pre prekonávanie dlhoročného problému spojenia a medzipredmetového presahu vzdelávacích odborov chémie a matematiky. Dostatočná zásoba prostriedkov a materiálov, vedúcich žiakov k vlastnej aktívnej práci objaviteľskou cestou, by mohla uľahčiť učiteľom chémie, matematiky aj iných prírodovedných odborov prípravu a následnú didaktickú realizáciu interdisciplinárnych vyučovacích tém. Pre učiteľov chémie, ktorí nemajú v aprobácii matematiku, by sa vytvorené materiály mali stať dobrou oporou a vodidlom, preto aby sa nebáli zaraďovať do svojej výučby aj chemické úlohy založené na matematických princípoch.

Zapojenie navrhovaných intervencií do praktickej gymnaziálnej výučby môže v budúcnosti pomôcť k vytvoreniu požadovaných žiackych kľúčových kompetencií uvedených v kurikulárnych dokumentoch.

9 Zoznam literatúry

- Atkins, P. W. & J de Paula (2010) *Atkins' Physical Chemistry*. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-01-9954-337-3
- Bayerová, A., Cídllová, H. & H. Kuběňová (2013) Pohled žáků a učitelů na test vybraných žákovských dovedností v chemii. In: Prokša M. & C. Igaz (eds.) *ChemEdu Aktuálne smerovanie výskumov v dizertačných prácach z didaktiky chémie*. Bratislava: UK v Bratislave. ISBN 978-80-223-2582-0
- Bečvář et al. (2012) *Matematika Aktivně, aktuálně a s aplikacemi*. Praha: Nakladatelství P3K s.r.o. ISBN 978-80-87186-94-7
- Bílek M. et al. (2007) *Vybrané aspekty vizualizace učiva přírodovědných předmětů*. Hradec Králové: MILOŠ VOGNAR – M&V. ISBN 80-86771-21-0
- Bloom, B. S.; Engelhart, M. D.; Furst, E. J.; Hill, W. H. & D. R. Krathwohl (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York: David McKay Company. ISBN 978-05-8228-010-6
- Burke, P. (2014) *Social History of Knowledge: From the Encyclopaedia to Wikipedia. Vol. II*. Oxford: Polity Press. ISBN 978-74565-425
- Cídllová, H., Musilová, E. & M. Petrů (2012) *Ve dvou se to lépe táhne: Chemie – zeměpis*. Brno: Elportál. [online] [cit. 2018-06-15] Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps11/chem_zem/web/index.html>
- Cídllová, H. & G. Kuběňová (2015) Pracujeme s grafy stejným způsobem? In: Novotná, J. (ed.) *9. didaktická konference s mezinárodní účastí*. Brno: Masarykova univerzita. pp. 54-59. ISBN 978-80-210-8143-7
- Cífková, T. (2015) *Úroveň znalostí a dovedností v chemii u žáků gymnázií*. (dizertačná práce). Praha: PřF, UK.
- 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.
- Fleming, N. & D. Baume (2006) Learning styles again: VARKing up the right tree! In: *Educational developments*. [online] [cit. 2018-07-10] Dostupné z: <http://www.johnsilverio.com/EDUI6702/Fleming_VARK_learningstyles.pdf>
- Ganajová, M. et al. (2010) *Projektové vyučovanie v chémii*. Bratislava: ŠPÚ. ISBN 978-80-8118-058-3
- Ganajová, M. (2015) *Metodika tvorby učebných úloh a didaktických testov pre chémiu*. Košice: Prírodovedecká fakulta, UPJŠ. ISBN 978-80-8152-237-6
- 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
- Ganajová M. & I. Sotáková (2018) Ako naplňovať požiadavky pre výučbu chémie v 21. storočí. In: *Chemické listy*. Vol. 112(1). pp. 43-51. ISSN 0009-2770

- Gavora, P. (2000) *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno: Paido. ISBN 80-85931-79-6
- Grégr, J. et al. (2005) Modely modifikací uhlíku. In: Myška K. & P. Opatrný (eds.) *Modelování ve výuce chemie*. Hradec Králové: Gaudeamus. ISBN 80-7041-463-4
- Hartl, P. & H. Hartlová (2004) *Psychologický slovník*. Praha: Portál. ISBN 80-7178-303-X
- Havlík, R. & J. Kořá (2007) *Sociologie výchovy a školy*. Praha: Portál. ISBN 978-80-7367-327-7
- Chráska, M. (1999) *Didaktické testy*. Brno: Paido. ISBN 80-85931-68-0
- Chráska, M. (2007) *Metody pedagogického výzkumu*. Praha: Grada Publishing, a.s. ISBN 978-80-247-1369-4
- 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.
- Kolektiv autorov (2015) *Bádáme objavujeme a zkoumáme svět kolem nás CHEMIE, 1. díl*, Praha: Nakladatelství P3K s.r.o. ISBN 978-80-87343-48-7
- Kolektiv autorov (2015) *Bádáme objavujeme a zkoumáme svět kolem nás CHEMIE, 2. díl*, Praha: Nakladatelství P3K s.r.o. ISBN 978-80-87343-49-4
- Kolektiv autorov (2017) *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: NÚV [online]. [cit. 2018-07-16]. Dostupné z: <<http://www.msmt.cz/file/43792/>>
- Kolektiv autorov (2007) *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha: NÚV [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.msmt.cz/file/159/>>
- Kolektiv autorov (2013) *ŠVP Biskupské gymnázium Brno*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<https://www.bigy.cz/obsah/skolni-vzdelavaci-program>>
- Kolektiv autorov (2014) *ŠVP Střední škola – Waldorfské lyceum*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<https://www.wlyceum.cz/web/studium/ucebni-plan/svp-2014-pro-web-2/>>
- Kolektiv autorov (2014) *ŠVP Nový PORG - Krč*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<https://www.porg.cz/cz/novy-porg-krc/gymnazium/pro-studenty/59-skolni-vzdelavaci-plan-krc-gym>>
- Kolektiv autorov (2014) *ŠVP Kooperace, komunikace, konkurenceschopnost (Akademia, Brno)*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<https://www.akademy.cz/download/skolni-vzdelavaci-program-gymnazium-ctyrlete/>>

- Kolektív autorov (2015) *ŠVP Tábořské soukromé gymnázium*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.tabsg.cz/index.php?stranka=SVP>>
- Kolektív autorov (2012) *ŠVP Dvěře ke vzdělání otevřené (Gymnázium Čakovice)*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<https://gymcak.cz/dokumenty/>>
- Kolektív autorov (2007) *ŠVP Gymnázium Opatov* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://gymnazium-opatov.cz/index.php/component/content/featured#dokumenty>>
- Kolektív autorov (2017) *ŠVP Společně s přírodou (Gymnázium Botičská)* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gybot.cz/clanek/161-Spolecne-s-prirodou-skolni-vzdelavaci-program-SVP/index.htm>>
- Kolektív autorov (2013) *ŠVP Tradice, kvalita, budoucnost (Matiční gymnázium Ostrava)*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://mgo.cz/jj/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=8&Itemid=109>
- Kolektív autorov (2014) *ŠVP Gymnázium a střední odborná škola Aš*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gymas.cz/skola>>
- Kolektív autorov (2016) *ŠVP Na cestě k účelné škole (Gymnázium Jateční, Ústí nad Labem)*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gymjat.cz/vzdelavani/skolni-vzdelavaci-program>>
- Kolektív autorov (2016) *ŠVP Gymnázium Česká Lípa*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gym-cl.cz/index.php/obory-a-svp>>
- Kolektív autorov (2017) *ŠVP Gymnázium Český Brod*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gcbrod.cz/index.php?stranka=%A9vp>>
- Kolektív autorov (2013) *ŠVP Gymnázium Františka Palackého, Valašské Meziříčí*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<https://www.gfpvm.cz/svp>>
- Kolektív autorov (2013) *ŠVP Gymnázium Jeseník*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gymjes.cz/skolni-vzdelavaci-program2>>
- Kolektív autorov (2013) *ŠVP Gymnázium Mozartova, Pardubice*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gymozart.cz/student/dokumenty.html>>
- Kolektív autorov (2010) *ŠVP Gymnázium Velké Meziříčí*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://mail.gvm.cz/svp-vg/>>
- Kolektív autorov (2009) *ŠVP Gymnázium Trhové Sviny, České Budějovice*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gymtrhovesviny.cz/ucebni-plan/>>
- Kolektív autorov (2015) *ŠVP Vzdělání na míru (Gymnázium Františka Křižíka, Plzeň)*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<https://www.krizik.eu/gymnazium/skolni-vzdelavaci-programy/>>
- Kolektív autorov (2009) *ŠVP Gymnázium J. K. Tyla, Hradec Králové*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<https://www.gjkt.cz/zakladni-dokumenty/svp>>
- Kolektív autorov (2016) *ŠVP Gymnázium Slovanské náměstí, Brno*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.gymnaslo.cz/dokumenty/skolni-vzdelavaci-programy>>
- Kolektív autorov (2013) *ŠVP Přírodovědné gymnázium, Ostrava*. [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <<http://www.prigo.cz/gy/studium/>>

- Kolektív autorov (2015) *Štátny vzdelávací program pre 2. stupeň základnej školy v Slovenskej republike ISCED 2 – nižšie sekundárne vzdelávanie*. [online]. [cit. 2018-07-19] Dostupné z: <<http://www.statpedu.sk/sk/svp/statny-vzdelavaci-program/svp-druhy-stupen-zs/>>
- Kolektív autorov (2015) *Štátny vzdelávací program pre gymnázia v Slovenskej republike ISCED 3A – Vyššie sekundárne vzdelávanie*. [online]. [cit. 2018-07-19] Dostupné z: <<http://www.statpedu.sk/sk/svp/statny-vzdelavaci-program/svp-gymnazia/>>
- Kotásek et al. (2001) *Národní program rozvoje vzdělávání v ČR (Bílá kniha)*. Praha: MŠMT. ISBN 80-211-0372-8
- Lamanauskas V. (2014) Science and Math Teachers' Collaboration: How to Develop it Seeking Pupil's Success at School. In: *Problems of Education in the 21st Century*. Vol. 62. Šiauliai: Scientia Socialis. ISSN 1822-7864
- Laurence, S. & E. Margolis (1999) *Concepts: Core reading*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology. ISBN 0-262-13353-9
- Mainzer, K. (2005) *Symmetry and Complexity: The Spirit and Beauty of Nonlinear Science*. Singapur: World Scientific Publishing Company. ISBN 981-256-192-7
- Mandíková, D., Houfková, J. et al. (2012) *Úlohy pro rozvoj přírodovědné gramotnosti*. Praha: ČŠI. ISBN 978-80-905370-1-9
- MŠMT ČR (2017) *Statistické ročenky školství*. [online] [cit. 2018-06-15] Dostupné z: <<http://www.msmt.cz/vzdelavani/skolstvi-v-cr/statistika-skolstvi/rocenky>>
- Nodzyńska, M. (2013) *Wizualizacja w chemii i nauczaniu chemii*. Kraków: WNAP. ISBN 978-83-7271-751-1
- 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
- Průcha, J. et al. (2003) *Pedagogický slovník*, 4. vyd. Praha: Portál s.r.o. ISBN 80-7178-772-8
- Řezníčková, D. et al. (2013) *Dovednosti žáků ve výuce biologie, geografie a chemie*. Praha: Nakladatelství P3K s.r.o. ISBN 978-80-87343-24-1
- Skalková, J. et al. (1983) *Úvod do metodologie a metod pedagogického výzkumu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n. p.
- Skalková, J. (2007) *Obecná didaktika*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1821-7
- Švaříček, R. & K. Šedřová (2007) *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál s.r.o. ISBN 978-80-7367-313-0

- Švec, Š. (2008) *Anglicko-slovenský lexikón pedagogiky a andragogiky*. Bratislava: IRIS. ISBN 978-80-89256-21-1
- Tonucci, F. (1990) *Vyučovat nebo naučit?* Praha: PedF, UK.
- Trčková, K. (2016) *Multikomponentní učební úlohy ve výuce chemie*. (dizertačná práca) Praha: PřF, UK.
- Vacík, J. et al. (1995) *Chemie I (obecná a anorganická) pro gymnázia*. Praha: SPN. ISBN 80-85937-00-X
- Vacík, J. et al. (1999) *Přehled středoškolské chemie*. Praha: SPN. ISBN 80-7235-108-7
- Vohlídal, J., Julák, A. & K Štulík (1999) *Chemické analytické tabulky*. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-7169-855-5
- Zvára, K. & J. Štěpán (2012) *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Praha: Matfyzpress. ISBN 978-80-7378-218-4

10 Zoznam tabuliek, grafov a obrázkov

Tabuľky

Tabuľka 1 Reprezentatívna vzorka gymnázií v ČR a ich základné charakteristiky	25
Tabuľka 2 Porovnanie rozdelenie škôl podľa zriaďovateľa v ČR a vo vybranej vzorke	26
Tabuľka 3 Analýza ŠVP vybranej vzorky škôl	27
Tabuľka 4 Výsledky položkovej analýzy pôvodného testovanie T. Cífkovej	44
Tabuľka 5 Zhrnutie "styčných plôch" matematiky a chémie	55
Tabuľka 6 Rozdelenie vzorky testovaných žiakov a študentov	56
Tabuľka 7 Hodnoty Cronbachovho alfa pri vylúčení jednotlivých položiek testu	57
Tabuľka 8 Celkové priemerné výsledky testovania	58
Tabuľka 9 Zhrnutie štatistických charakteristík testovania vzhľadom k pohlaviu	59
Tabuľka 10 Zhrnutie štatistických charakteristík testovania vzhľadom k úrovni vzdelávania	60
Tabuľka 11 Porovnanie úspešnosti (v %) stredoškôľakov a vysokoškôľakov a celková úspešnosť testovaných v jednotlivých úlohách testu	77
Tabuľka 12 Štandardné zlučovacie entalpie vybraných látok a iónov	89
Tabuľka 13 Oblasti podporené jednotlivými aktivitami	104

Grafy

Graf 1 Rozloženie respondentov v jednotlivých skupinách podľa pohlavia	46
Graf 2 Rozloženie respondentov jednotlivých skupinách podľa dĺžky praxe v odpracovaných rokoch	47
Graf 3 Rozloženie respondentov podľa druhej aprobácie	48
Graf 4 Rozloženie odpovedí respondentov na otázku o používaných matematických princípoch	49
Graf 5 Rozloženie respondentov v otázke o chemických celkoch využívajúcich matematické princípy	50
Graf 6 Rozloženie odpovedí respondentov na otázku o typoch využívaných modelov vo výučbe	51
Graf 7 Rozloženie odpovedí respondentov podľa frekvencie použitia modelov vo výučbe	52
Graf 8 Rozloženie odpovedí respondentov z radov učiteľov matematiky v otázke o tematických celkoch s aplikáciou do chémie	54
Graf 9 Porovnanie výsledkov testovania vzhľadom k pohlaviu	58
Graf 10 Porovnanie výsledkov testovania vzhľadom k úrovni vzdelávania	60

Obrázky

Obrázok 1 Modely plošne centrovanej kubickej sústavy; zľava materiálny model, model pripravený programom Geogebra	81
Obrázok 2 Rozloženie atómov v jednotkovej bunke plošne centrovanej kubickej kryštalickej sústavy.....	82
Obrázok 3 Pokusy o vytvorenie modelu bieleho fosforu (P_4), zľava dve miskoncepce a správny model.....	84
Obrázok 4 Rys geometrického modelu metánu (CH_4); jednotlivé atómy vodíku sú indexované 1-4 (vytvorené programom Geogebra).....	86
Obrázok 5 Pomocné vykreslenie situácie pre výpočet väzbového uhlu.....	87
Obrázok 6 Výsledok experimentu exotermického a endotermického rozpúšťania	88
Obrázok 7 Grafické znázornenie výpočtu tepelného zafarbenia pri rozpúšťaní hydroxidu sodného	90
Obrázok 8 Grafické znázornenie výpočtu tepelného zafarbenia pri rozpúšťaní dusičnanu sodného	90
Obrázok 9 Dôkaz sacharidov a lipidov	94
Obrázok 10 Dôkaz bielkovín	94
Obrázok 11 Rozdelenie modelovaných objektov do množín	96
Obrázok 12 Rozdelenie objektov do množín, po úprave.....	96
Obrázok 13 Ilustračný graf žiackeho merania	98
Obrázok 14 Žiacky protokol s grafom po linearizácii	99
Obrázok 15 Spracovanie výsledkov experimentu žiakom.....	101

Prílohy

Priloha č. 1A Interview s učitel'om chémie

Typ školy:

Pohlaví:

Datum a čas:

Trvání rozhovoru:

Pohlaví:

1. Jak dlouho pracujete ve školství?
2. Jaké předměty vyučujete a jakou máte aprobaci?
3. Jaká je hodinová dotace chemie na Vaší škole?
4. Jaká je hodinová dotace matematiky na Vaší škole?
1. Jaké matematické principy využíváte během výuky chemie
 - výpočty
 - trojčlenka
 - vyjadřování neznámé ze vzorce
 - funkční analýza
 - stereometrické a planimetrické výpočty
 - matematickou statistiku
 - jiné
2. Pokud chcete využít některý z výše uvedených matematických principů ve výuce chemie, domníváte se, že ho žáci na potřebné úrovni znalostí a dovedností dobře zvládají? (uveďte konkrétně který z principů a do jaké míry)

3. Ve kterých tematických celcích chemie nejvíce využíváte matematické principy (a které)?

4. Využíváte při propojování matematických principů s chemií nějaký dostupný didaktický materiál? (Jestli ano, tak jaký, z jakého zdroje, popř. vlastní?)

5. Jaké vizualizační pomůcky a techniky využíváte ve své výuce? (modely, obrazové materiály ve fyzické či elektronické podobě, chemický software pro modelování atp., když ano: jaký typ? Kalotový, tyčinkový atd., u softwaru i název daného programu).
6. Jak často v hodině žáci pracují s modely chemických struktur? (rozlišujte, prosím, demonstrační použití a vlastní tvorbu modelů žáky)
více než jednou týdně jednou týdně více než jednou za měsíc jednou za měsíc
méně
7. Když využíváte nějaký software pro modelování struktur, využíváte ho i během hodin pro tvorbu modelů struktur nebo jenom během domácí přípravy? Modelují v softwaru struktury i žáci?
8. Myslíte si, že je přínosné a potřebné pro žáka, aby uměl modelovat chemické struktury?
9. Popište, prosím, výhody a obtíže, které jste zpozorovali během výuky s využitím žákovského modelování!
10. V kterém tématu propojujícím chemii s matematikou byste nejvíce ocenili opěrné didaktické materiály, případně jakého typu (učební úlohy s metodickými pokyny, didaktické testy, návody na badatelské aktivity...)?

Priloha č. 1B Interview s učiteřom matematiky

Typ školy:

Pohlaví:

Datum a čas:

Trvání rozhovoru:

1. Jak dlouho pracujete ve školství?
2. Jaké předměty vyučujete a jakou máte aprobaci?
3. Jaká je hodinová dotace chemie na Vaší škole?
4. Jaká je hodinová dotace matematiky na Vaší škole?
 1. Využíváte při výuce matematiky aplikační úlohy přírodovědného (zejména chemického) charakteru? (Jaké?)

2. Ve kterých tematických celcích matematiky nejvíce využíváte aplikace do oborů přírodních věd (chemie)?

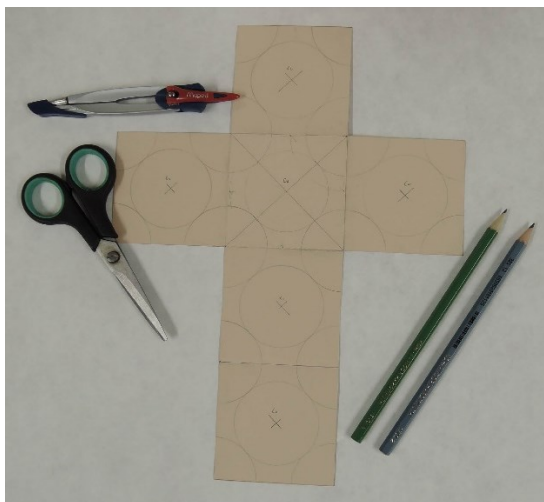
3. Znáte nějaký dostupný didaktický materiál s aplikačními úlohami z matematiky s přesahem do přírodovědných oborů? (Jestli ano, tak jaký, z jakého zdroje, popř. vlastní?)

4. V kterém tématu propojujícím chemii s matematikou byste nejvíce ocenili opěrné didaktické materiály

5. V jaké formě byste nejvíce přivítali opěrné didaktické materiály? (učební úlohy s metodickými pokyny, didaktické testy, návody na badatelské aktivity...)

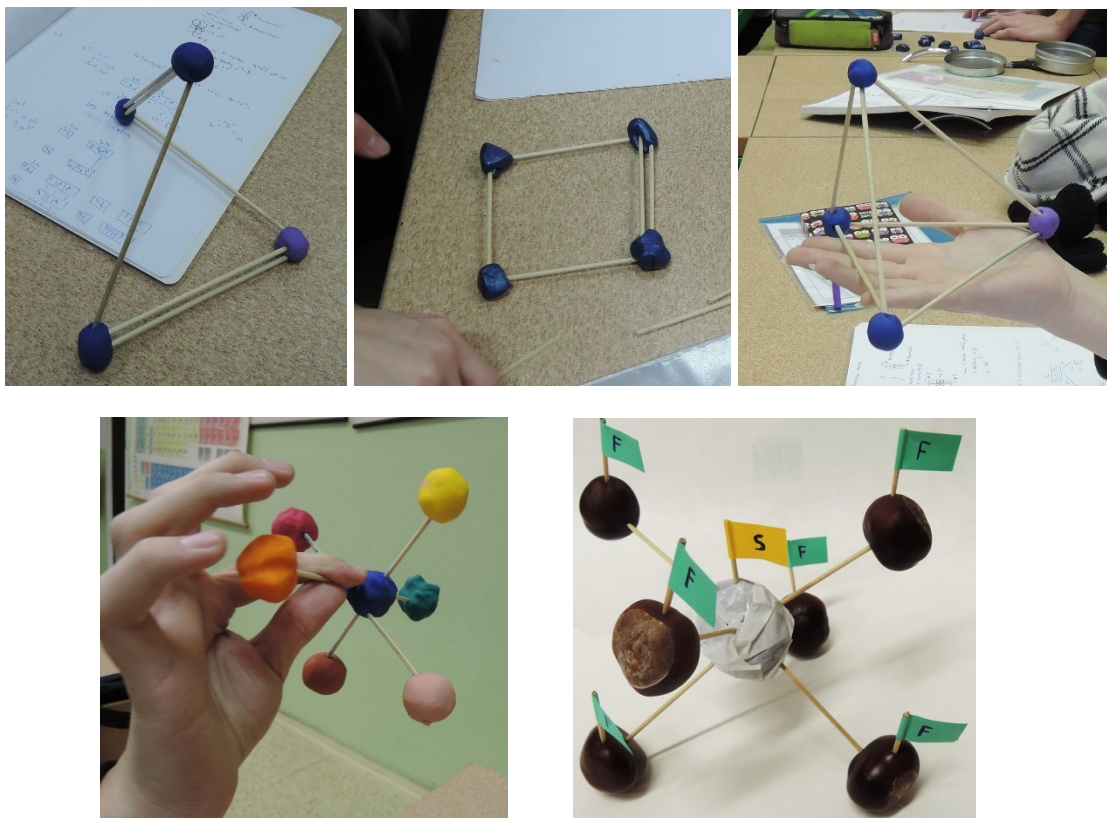
Príloha č. 2 Obrazová dokumentácia realizácie navrhnutých vzdelávacích aktivít

7.1.1 Výpočet hustoty z mikroskopického hľadiska

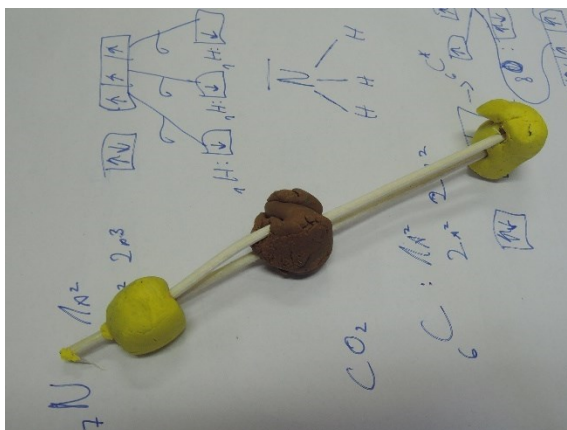


Obr. 1 Žiacka príprava pre model plošne centrovanej kubickej sústavy

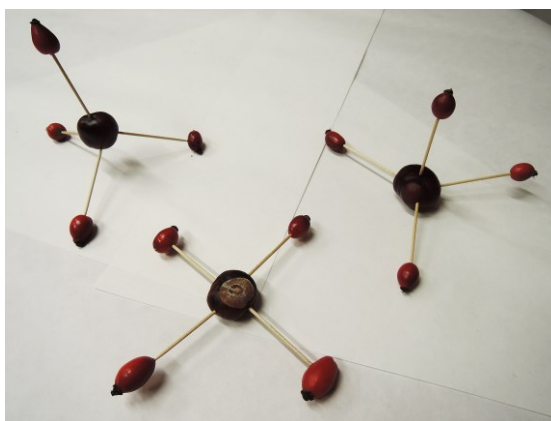
7.1.2 Tvorba modelov použitím netradičných pomôcok



Obr. 2 Model fluoridu sírového (zľava plastelínový, gaštanový)



Obr. 3 Plastelínový model oxidu uhličitého (CO_2)



Obr. 4 Gaštanový model metánu (vľavo hore správny model, ostatné - miskoncepce)



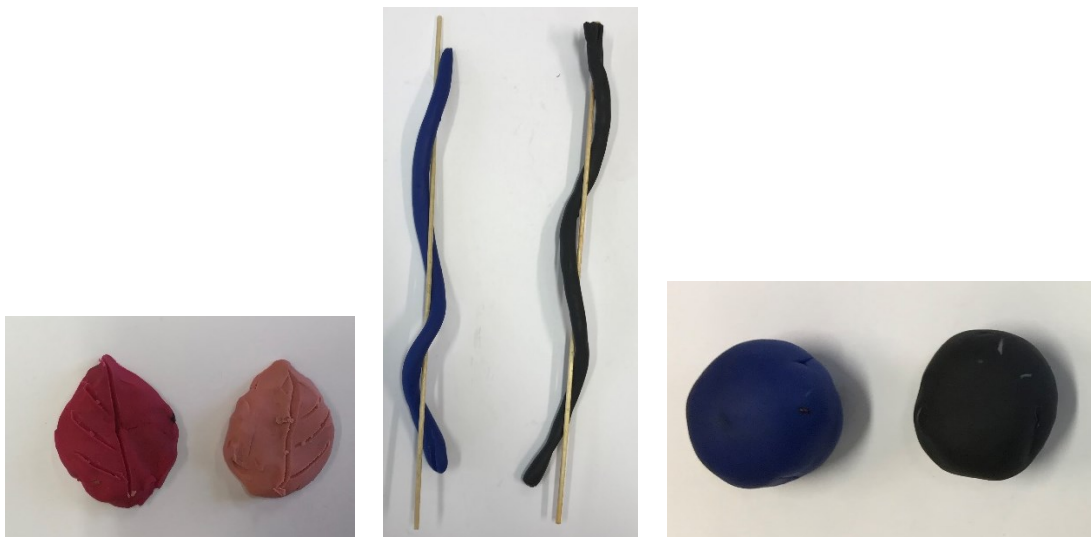
Obr. 5 Miskoncepčia pri tvorbe modelu amoniaku (NH_3) – nesprávne väzbové uhly

7.3.1 Príprava zdravého jedálnečku



Obr. 6 Jedálniček pripravený študentmi s grafom rozdelenia hlavných zložiek stravy

7.3.2 Pojmy chirality a symetria



Obr. 7 Zľava objekt chirálny asymetrický, chirálny symetrický, achirálny symetrický

7.4.1 Definícia pH pomocou logaritmickej funkcie



Obr. 8 Žiacka činnosť pri aktivite, záznam z činnosti formou laboratórneho protokolu

7.4.2 Simulácia rádioaktívneho rozpadu



Obr. 9 Zľava: žiaci pri aktivite simulácia rádioaktívneho rozpadu, jednotlivé ukážkové spracovania protokolov