

Univerzita Karlova v Praze
Pedagogická fakulta
Katedra Chemie a Didaktiky Chemie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Chemické pokusy jako prostředky výuky vybraných chemických výpočtů na SŠ

Chemical experiments as a means of teaching selected chemical calculations at upper
secondary school

Kateřina Bělohoubková

Vedoucí práce: RNDr. Kateřina Chroustová, Ph.D.

Studijní program: Specializace v pedagogice

Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání se sdruženým studiem
Matematika se zaměřením na vzdělávání

Potvrzuji, že jsem bakalářskou práci na téma Chemické pokusy jako prostředky výuky vybraných chemických výpočtů na SŠ vypracovala pod vedením vedoucí práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Berouně 11. 7. 2022

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat RNDr. Kateřině Chroustové, Ph.D. za odborné vedení, velikou ochotu a obětavý přístup, které mi během zpracování bakalářské práce poskytovala. Mé díky patří také RNDr. Veronice Machkové, Ph.D. z Univerzity Hradec Králové za odborný posudek a věcné připomínky k mé práci.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá podporou výuky vybraných chemických výpočtů na středních školách prostřednictvím realizace žákovských chemických pokusů.

Teoretická část této práce zahrnuje přehled typů chemických výpočtů v tématech výuky chemie na středních školách, který vychází z analýzy očekávaných výstupů středoškolského vzdělávání uvedených v RVP G a ve vybraných RVP SOV s chemickým zaměřením, dále z analýzy výstupů ve vybraných ŠVP a vybraných učebnicích chemie pro střední školy. Na základě této analýzy byl zpracován přehled chemických výpočtů pro střední školy, který zahrnuje: základní chemické veličiny a výpočty, soustavy látek a jejich složení, vyčíslování rovnic, výpočty pH a tepelné změny při chemických reakcích. V teoretické části také nalezneme kapitulu o chemických pokusech.

V praktické části jsou navrženy a odladěny chemické pokusy pro žákovské laboratorní úlohy, jejichž prostřednictvím bude žákům předvedena a vysvětlena potřeba daného chemického výpočtu. V praktické části nalezneme celkem 7 chemických pokusů, které podporují výuku chemických výpočtů: molární hmotnost a objem, látkové množství a koncentrace, složení roztoků, vyčíslování rovnic, stechiometrické výpočty, výpočty pH či výpočty relativních výtěžků. Navržené chemické pokusy byly odzkoušeny v laboratoři a následně posouzeny odborníkem z oblasti didaktiky chemie. Po obdržení odborného posudku došlo k úpravám a zapracování připomínek. Jednotlivé pokusy jsou doplněny o postřehy a zkušenosti z jejich realizace a jsou připraveny tak, aby mohly být využity ve výuce chemie.

Klíčová slova

Chemické pokusy, chemické výpočty, sbírka pokusů

Abstract

The bachelor thesis deals with the selected collection of chemical calculations by implementing the chemical experiments to teach Chemistry effectively at secondary schools. The beginning of this bachelor thesis is to describe the types of chemical calculations included in the main areas of Chemistry taught at secondary schools. The overview is based on both expected outcomes of the Framework Education Programme for Grammar schools, Secondary Vocational schools of Chemistry and School Curriculum, including textbooks. Overview of chemical calculations has been prepared and includes: basic chemical quantities and calculations, systems of substances and their composition, balancing equations, pH calculations and thermal changes during chemical reactions. We also find a chapter on chemical experiments in the theoretical part of the bachelor thesis.

The practical part of the bachelor thesis focuses on supporting the teaching of selected chemical calculations in secondary schools through the implementation of chemical experiments. The practical part deals with designing and analysing particular laboratory assignments as a teaching method of the selected collection of chemical calculations at secondary schools. We find seven chemical experiments supporting the teaching of: molar mass and volume, substance amount and concentration, composition of solutions, balancing equations, stoichiometric calculations, pH calculations or calculations of relative yields.

Chemical experiments included in the practical part have been performed in the laboratory and evaluated by an expert. Adjustments were made and comments were incorporated after receiving an expert opinion. The above-mentioned chemical experiments are supplemented by observations and implementation experience and prepared for Chemistry lessons.

Keywords

Chemistry experiments, chemical calculations, experiments collection

Obsah

ÚVOD	7
1 TEORETICKÁ ČÁST	8
1.1 CHEMICKÉ VÝPOČTY V RÁMCOVÝCH VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH (RVP)	8
1.1.1 <i>Chemie a chemické výpočty v RVP G.....</i>	9
1.1.2 <i>Chemie a chemické výpočty v RVP SOV.....</i>	9
1.2 CHEMICKÉ VÝPOČTY VE ŠKOLNÍCH VZDĚLÁVACÍCH PROGRAMECH (ŠVP)	11
1.2.1 <i>Chemické výpočty v ŠVP vybraných škol.....</i>	11
1.2.2 <i>Vyhodnocení analýzy ŠVP</i>	15
1.3 CHEMICKÉ VÝPOČTY V UČEBNICÍCH PRO STŘEDNÍ ŠKOLY	17
1.3.1 <i>Učebnice Nakladatelství Olomouc</i>	17
1.3.2 <i>Učebnice Státního pedagogického nakladatelství</i>	18
1.3.3 <i>Učebnice nakladatelství Didaktis</i>	18
1.3.4 <i>Vyhodnocení analýzy učebnic.....</i>	19
1.4 PŘEHLED CHEMICKÝCH VÝPOČTŮ PRO STŘEDNÍ ŠKOLY	21
1.4.1 <i>Základní chemické veličiny a výpočty.....</i>	21
1.4.2 <i>Soustavy látek a jejich složení</i>	24
1.4.3 <i>Vyčíslování rovnic</i>	29
1.4.4 <i>Výpočet pH</i>	32
1.4.5 <i>Tepelné změny při chemických reakcích.....</i>	33
1.5 ŠKOLNÍ CHEMICKÉ POKUSY	35
1.5.1 <i>Chemické pokusy jako podpora výuky chemických výpočtů.....</i>	35
2 PRAKTICKÁ ČÁST	37
2.1 POKUS Č. 1: JE KONCENTRACE SPRÁVNÁ?	40
2.2 POKUS Č. 2: NAFUKOVÁNÍ BALONKU POMOCÍ CHEMICKÉ REAKCE.....	43
2.3 POKUS Č. 3: REKRISTALIZACE MODRÉ SKALICE.....	46
2.4 POKUS Č. 4: PŘÍPRAVA CHLORIDU MĚDNATÉHO	52
2.5 POKUS Č. 5: JAKÁ BUDE HODNOTA pH?	56
2.5.1 <i>Jaká bude hodnota pH kyseliny?</i>	56
2.5.2 <i>Jaká bude hodnota pH zásady?</i>	59
2.6 POKUS Č. 6: VYTVOŘTE ROZTOK O DANÉ HODNOTĚ pH	62
2.7 POKUS Č. 7: ZMĚNY pH PŘI TITRACI	65
3 ZÁVĚR.....	73
LITERATURA	74
SEZNAM TABULEK	78
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	78

Úvod

Téma bakalářské práce Chemické pokusy jako prostředky výuky vybraných chemických výpočtů na SŠ bylo zvoleno se záměrem využitelnosti bakalářské práce v budoucí praxi učitele chemie. Téma chemických výpočtů bývá pro žáky na základních i středních školách obtížné, a ne příliš oblíbené téma (Rusek & Škoda, 2014; Rychtera et al., 2019), je to způsobeno i tím, že jeho výuka ve většině případů probíhá odtrženě od praxe (Wichterle, 2010). Proto je bakalářská práce zaměřena na navrzení a odladění chemických pokusů určených pro využití v podobě žákovských laboratorních úloh, které by výuku chemických výpočtů podpořily.

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je přehled typů chemických výpočtů v tématech výuky chemie na střední školách, který vychází z očekávaných výstupů středoškolského vzdělávání uvedených v Rámcových vzdělávacích programech pro gymnázia a Rámcových vzdělávacích programech pro střední odborné vzdělání s chemickým zaměřením a ve vybraných Školních vzdělávacích programech a učebnicích. Praktická část obsahuje soubor odladěných chemických pokusů, které jsou východiskem pro laboratorní úlohy žáků a jsou zaměřeny na výuku chemických výpočtů. Praktické úlohy budou zpestřujícím prostředkem v hodinách, jak pro žáky, tak i pro začínajícího učitele. Pro sepsání bakalářské práce byly vytyčeny následující cíle:

- Prvním dílčím cílem v teoretické části je analýza Rámcových vzdělávacích programů, školních vzdělávacích programů na jednotlivých školách včetně jejich vzájemného porovnání a analýza vybraných učebnic.
- Druhým dílčím cílem v teoretické části je vyhotovení přehledu chemických výpočtů pro výuku na středních školách.
- Hlavním cílem bakalářské práce je navrhnout a odladit ilustrativní chemické pokusy pro žákovské laboratorní úlohy, jejichž prostřednictvím bude žákům předvedena a vysvětlena potřeba daného chemického výpočtu.

1 Teoretická část

Teoretická část bakalářské práce se zaměřuje na očekávané výstupy, které jsou v rámci učiva chemických výpočtů uvedeny v kurikulárních dokumentech a učebnicích pro gymnázia a střední odborné školy. V teoretické části nalezneme přehled jednotlivých typů chemických výpočtů a také kapitulu o chemických pokusech. Chemické výpočty jsou pro žáky v chemii jednou z nejméně oblíbených částí výuky chemie (Rusek & Škoda, 2014). Pro jejich podobnost s matematikou a nutnost využívat matematické operace je pro žáky leckdy obtížné se chemickými výpočty zabývat (Rychtera et al., 2019). Aby si žáci učivo co nejefektivněji zapamatovali, je vhodné ve výuce zkombinovat více činností. Žák si z přečteného textu odnese pouze 10 % informací, z výkladu, který žák poslouchá si odnese až o 10 % informací víc. Pokud je do výuky zařazen demonstrační pokus, v paměti si žák uchová až 70 % poznatků a pokud žák provádí pokus sám, zapamatuje si až 90 % informací (Mokrejšová, 2009).

1.1 Chemické výpočty v Rámcových vzdělávacích programech (RVP)

„Rámcové vzdělávací programy (RVP) tvoří obecně závazný rámec pro tvorbu školních vzdělávacích programů škol všech oborů vzdělání v předškolním, základním, základním uměleckém, jazykovém a středním vzdělávání. Do vzdělávání v České republice byly zavedeny zákonem č. 561/2004 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (školský zákon).“ (NÚV – Národní ústav pro vzdělávání, 2011)

RVP jsou spolu se Strategií 2030+ kurikulární dokumenty (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, 2022). RVP vymezují rámce vzdělání jednotlivých etap, tj. předškolní, základní, střední či jiné vzdělání, a v jednotlivých oblastech: konkrétní cíle, formy, obsah učiva, podmínky ukončování vzdělání a jeho průběh (NÚV – Národní ústav pro vzdělávání, 2011; Gelová, 2017).

Na základě RVP si pak jednotlivé školy sestavují takzvané školní vzdělávací programy. Jejich obsahem je uspořádání učiva do jednotlivých předmětů či modulů, stanovení cílů, obsah a časový plán vzdělání či podmínky přijímání uchazečů (NÚV – Národní ústav pro vzdělávání, 2011).

RVP středního vzdělání navazují na RVP pro základní vzdělání a dělí se na RVP pro gymnázia (dále RVP G) a RVP pro střední odborné vzdělání (dále RVP SOV) (NÚV – Národní ústav pro vzdělávání, 2011).

1.1.1 Chemie a chemické výpočty v RVP G

Vzdělávací obor chemie je v RVP G zahrnutý do vzdělávací oblasti s názvem Člověk a příroda spolu s obory fyzika, biologie, geografie a geologie. V rámci této oblasti se žák seznamuje s metodami přírodních věd a snaží se osvojit si vybrané empirické i teoretické metody přírodovědných výzkumů a aktivně je s nabitými poznatky ve výuce využívat. V RVP G se chemie dělí na 4 tematické celky vzdělávacího obsahu, kterými jsou: Obecná chemie, Anorganická chemie, Organická chemie a Biochemie (Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007a).

V RVP G se problematikou chemických výpočtů zabývá především tematický celek s názvem Obecná chemie. Očekávané výstupy, které se objevují v tomto tematickém celku zní následovně: „žák provádí chemické výpočty a uplatňuje je při řešení praktických problémů“ (Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007a).

Chemické výpočty můžeme v rámci RVP G nalézt i v tematických celcích s názvy Anorganická chemie a Organická chemie. Související očekávané výstupy zní: „žák využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v anorganické chemii; ... žák využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v organické chemii“ (Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007a). Kvalitativní a kvantitativní analýza vyžaduje znalosti základních chemických výpočtů, jako jsou například: látková a hmotnostní koncentrace, výpočty pH, výpočty hmotností či složení látek (Křížek & Šíma, 2015).

RVP G obsahuje v tematickém celku Obecná chemie učivo s názvem *veličiny a výpočty v chemii a soustavy látek a jejich složení*, do kterého můžeme zařadit chemické výpočty jako je například výpočet látkové koncentrace, molárního a objemového zlomku, hustoty či směšování roztoků. Ze samotného RVP G ale nevyplývá, jaké typy chemických výpočtů by žáci měli ovládat.

1.1.2 Chemie a chemické výpočty v RVP SOV

Každý typ střední odborné školy má vlastní Rámcový vzdělávací program. Tyto programy se rozlišují jak podle odbornosti dané školy, tak i podle typu zakončení studia na dané střední škole. V RVP SOV (2020) je vzdělávací obor chemie zařazen do vzdělávací oblasti Přírodovědné vzdělání, jehož cílem je žáky naučit využívat přírodovědné poznatky v budoucím profesním i občanském životě, klást si otázky, týkající se okolního světa a hledat k nim relevantní odpovědi, které budou založeny na důkazech. Jelikož jsou nároky jednotlivých oborů

na přírodovědné vzdělání rozlišné, bylo zpracováno více variant tohoto vzdělání pro dané obory.

Spolu s chemickým vzděláním se v oblasti Přírodovědného vzdělání objevuje ještě vzdělání fyzikální, biologické a ekologické.

Pro analýzu byly vybrány RVP SOV pro vzdělávací obor 28-44-M/01 Aplikovaná chemie, a druhé analyzované RVP SOV bylo RVP pro vzdělávací obor 78-42-M/04 Zdravotní lyceum. Tyto obory jsou zakončeny maturitní zkouškou.

V RVP SOV pro vzdělávací obor 28-44-M/01 Aplikovaná chemie i pro vzdělávací obor 78-42-M/04 Zdravotní lyceum se analogicky jako v RVP G problematikou chemických výpočtů zabývá tematický celek s názvem Obecná chemie. Očekávané výstupy RVP SOV pro vzdělávací obor 28-44-M/01 Aplikovaná chemie, které se objevují v tematickém celku Obecné chemie ve variantě A zní následovně: „žák vyjádří složení roztoků různým způsobem, připraví roztok požadovaného složení; ... žák запиše chemickou reakci chemickou rovnicí a vyčíslí ji; ... žák provádí jednoduché chemické výpočty při řešení praktických chemických problémů“ (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, 2020). Ve variantě B se pak setkáme s následujícími očekávanými výstupy: „žák vyjádří složení roztoků a připraví roztok požadovaného složení; ... žák provádí jednoduché chemické výpočty, které lze využít v odborné praxi“ (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, 2020). V RVP SOV ve variantě A si můžeme povšimnout, že je obsah učiva chemie rozsáhlejší a podrobnější, než ve variantě B či v RVP G. Ve variantě A se s tematikou chemických výpočtů vyskytuje učivo s názvem: látkové množství, jednoduché výpočty v chemii a chemické rovnice. Ve variantě B pak nalezneme pouze učivo s názvem: výpočty v chemii, stejně tak, jako tomu bylo v RVP G (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, 2020). Očekávané výstupy RVP SOV pro vzdělávací obor 78-42-M/04 Zdravotní lyceum, které se objevují v tematickém celku Obecné chemie zní následovně: „žák vyjádří složení roztoků různým způsobem, připraví roztok požadovaného složení; ... žák запиše chemickou reakci chemickou rovnicí a vyčíslí ji; ... žák provádí jednoduché chemické výpočty při řešení praktických chemických problémů“ (Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy, 2020). Chemické výpočty nalezneme v učivu s názvem: látkové množství, výpočty v chemii a chemické rovnice. Očekávané výstupy RVP SOV pro vzdělávací obor 78-42-M/04 Zdravotní lyceum se shodují s očekávanými výstupy RVP SOV pro vzdělávací obor 28-44-M/01 Aplikovaná chemie.

1.2 Chemické výpočty ve školních vzdělávacích programech (ŠVP)

Školský zákon č. 561/2004 Sb. společně s RVP zavádí tzv. Školní vzdělávací programy (dále ŠVP), což jsou kurikulární dokumenty školní úrovně. ŠVP si každá škola sestavuje sama a musí být v souladu s příslušným RVP. Očekávané výstupy, které jsou uvedeny v ŠVP se musí shodovat s očekávanými výstupy, které nalezneme v RVP (NÚV – Národní ústav pro vzdělávání, 2011; Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007b).

1.2.1 Chemické výpočty v ŠVP vybraných škol

Z RVP G a RVP SOV jednoznačně nevyplývá, jaké chemické výpočty by žáci měli po dokončení středoškolského vzdělání ovládat. Jednotlivé školy si tedy v rámci svých ŠVP mohou zvolit jaké chemické výpočty do výuky zařadí.

Učivo chemických výpočtů je podrobněji rozpracováno v ŠVP jednotlivých škol. V rámci bakalářské práce byla provedena analýza ŠVP pěti vybraných středních škol, které se nachází v Praze, či Středočeském kraji. Z gymnázií byla vybrána dvě s laboratoří a jedno bez laboratoře a následně pak ze středních odborných škol byla vybrána střední zdravotnická škola a chemická střední odborná škola.

ŠVP gymnázií

Prvním gymnáziem, jehož ŠVP bylo zkoumáno je *Gymnázium Joachima Barranda v Berouně* (2020). V tomto ŠVP nalezneme, kromě učiva a očekávaných výstupů, ještě pokrytí průřezových témat. Týdenní hodinová dotace předmětu chemie na tomto gymnáziu činí 2-2-2-0 od prvního do čtvrtého ročníku. Tzn., že výuka je realizována od prvního do třetího ročníku, popřípadě si žáci mohou zvolit prohlubující seminář Systematizace poznatků z chemie. Toto gymnázium nemá vlastní laboratoř, výuka je realizována v učebně přírodních věd, která má k dispozici počítač a projektor s videem.

V prvním ročníku studia na tomto gymnáziu nalezneme chemické výpočty v tematickém celku Obecná chemie, ve kterém se objevují očekávané výstupy: „žák zapíše symboly jednotlivých veličin, vyhledá jejich hodnoty v tabulkách, řeší příklady s použitím definičních a odvozených vztahů; ... žák popíše kinetiku chemických reakcí, uvede příklady využití pozitivních a negativních katalyzátorů v praxi, aplikuje termochemické zákony při výpočtu reakčního tepla z termochemických rovnic, zapíše vztah pro rovnovážnou konstantu a vypočítá její hodnotu, posoudí vliv na rovnovážné složení směsi změnou koncentrace, teploty, tlaku, vyčíslí chemickou

rovnici a vypočítá pH roztoků silných kyselin a zásad“ (Gymnázium Joachima Barranda Beroun, 2020).

K těmto očekávaným výstupům se váže učivo: veličiny a jejich jednotky, látkové množství, molární hmotnost a objem, hmotnostní a objemový zlomek, molární koncentrace, vyčíslování rovnic, výpočty pH, výpočty v termochemii a výpočty z rovnic, směšovací rovnice a stavová rovnice.

Na tomto gymnáziu jsou chemické výpočty zahrnuty i ve volitelném semináři ve třetím ročníku. V tematickém celku Bezpečnost práce v chemii a chemické výpočty nalezneme očekávaný výstup, který zní následovně: „žák vypočítává hmotnosti, složení a koncentraci látek, pH“. (Gymnázium Joachima Barranda Beroun, 2020)

Druhým gymnáziem, jehož ŠVP bylo zkoumáno, je **Gymnázium Kolín** (2017). V tomto ŠVP nalezneme, kromě učiva a očekávaných výstupů předmětu, ještě pokrytí průřezových témat a doplňující informace k danému předmětu. Týdenní hodinová dotace předmětu chemie na tomto gymnáziu činí 2-2-2-0 od prvního do čtvrtého ročníku. Gymnázium Kolín má vlastní laboratoř, a proto je výuka ve druhém ročníku čtyřletého gymnázia, resp. v sextě osmiletého gymnázia, doplněna o laboratorní cvičení v chemické laboratoři metodou skupinových prací.

Během studia na tomto gymnáziu jsou chemické výpočty zahrnuty v následujících očekávaných výstupech: „žák provádí chemické výpočty a uplatňuje je při řešení praktických problémů; ... žák využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v anorganické chemii; ... žák využívá znalosti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v organické chemii.“ (Gymnázium Kolín, 2017).

V prvním ročníku jsou chemické výpočty zahrnuty v učivu: soustavy látek a jejich složení, veličiny a výpočty v chemii a tepelné změny při chemických reakcích. Jednotlivé výpočty v tomto ŠVP nejsou příliš konkretizovány.

Ve třetím ročníku v Semináři a cvičení z chemie se téma chemických výpočtů objevuje v tematických celcích Chemické výpočty (z chemických rovnic, roztoky, výpočty ze vzorců), Obecná chemie (termochemie, chemické rovnováhy) a Organická chemie (výpočty).

Třetím gymnáziem, jehož ŠVP bylo zkoumáno je **Gymnázium Jiřího Ortena** (2016). V tomto ŠVP nalezneme, kromě učiva a očekávaných výstupů předmětu, ještě pokrytí průřezových témat. Týdenní hodinová dotace předmětu chemie na tomto gymnáziu je 2-2-2-0 od prvního do

čtvrtého ročníku. Výuka chemie na Gymnáziu Jiřího Ortena probíhá v poloodborné učebně chemie vybavené na demonstrační pokusy, ve školní laboratoři a v počítačové učebně.

V prvním ročníku studia na tomto gymnáziu nalezneme chemické výpočty v tematických celcích Složení roztoků, Základní charakteristiky látek, Chemické reakce a Termochemie s očekávanými výstupy: „žák uvede symbol, rozměr a vztah pro výpočet hmotnostního zlomku a objemového zlomku; ... žák řeší početní úkoly na složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák je schopen připravit roztok uvedeného složení; ... žák aplikuje vztahy pro výpočet látkového množství při řešení příkladů; ... žák aplikuje vztah pro výpočet A_r na konkrétních příkladech; ... žák aplikuje zákon zachování hmotnosti v podobě vyčíslení reakčních schémat a žák aplikuje první a druhý termochemický zákon při řešení úkolů.“ (Gymnázium Jiřího Ortena, 2016).
Ve druhém ročníku, v rámci tematických celků Chemická kinetika, Chemická rovnováha a Protolytické nalezneme očekávané výstupy: „žák používá vztah pro výpočet látkové koncentrace při výpočtech; ... žák používá vztah pro výpočet rychlosti chemické reakce při výpočtech a vypočítá pH vodných roztoků silných kyselin a zásad; ... žák odvodí vztah pro výpočet součinu rozpustnosti konkrétní srážecí reakce a odvodí obecný vztah pro výpočet rovnovážné konstanty“ (Gymnázium Jiřího Ortena, 2016).

V prvním ročníku jsou chemické výpočty zahrnuty v učivu s názvem: hmotnostní zlomek, objemový zlomek, relativní atomová hmotnost, relativní molekulová hmotnost, látkové množství, změna enthalpie ΔH , molární reakční teplo Q_m . V druhém ročníku nalezneme chemické výpočty v učivu s názvem: látková koncentrace, rychlost chemických reakcí, pH, rovnovážná konstanta a součin rozpustnosti. Ve volitelném přírodovědném semináři žák může následně prohlubovat již nabitě znalosti.

ŠVP středních odborných škol

První střední odbornou školou byla ***Střední zdravotnická škola v Berouně obor Zdravotnické lyceum*** (Střední zdravotnická škola Beroun, 2021). V tomto ŠVP nalezneme kromě očekávaných výstupů a učiva, ještě průřezová témata. Týdenní hodinová dotace předmětu chemie na této odborné škole je 2-2-2-2 od prvního do čtvrtého ročníku. Tato střední odborná škola zařazuje do výuky chemie i praktická cvičení, která jsou do rozvrhu zařazována nepravidelně.

V prvním ročníku studia na této střední škole nalezneme chemické výpočty v tematických celcích Chemické výpočty a Chemický děj, které zahrnují očekávané výstupy: „žák vyjádří složení roztoků různým způsobem, připraví roztok požadovaného složení; ... žák zapíše

chemickou reakci chemickou rovnicí a vyčíslí ji, provádí jednoduché chemické výpočty při řešení praktických úkolů, vysvětlí pojem entalpie, slučovací teplo a spalné teplo“ (Střední zdravotnická škola Beroun, 2021).

V tomto tematickém celku je zahrnuto učivo: atomová hmotnost, molekulová hmotnost, molární hmotnost a objem, látkové množství, výpočty ze vzorců a rovnic, koncentrace roztoků a reakční a spalná tepla.

Ve čtvrtém ročníku by se žák měl naučit ovládat učivo: řešit úlohy na molární hmotnost a molární objem, řešit úlohy na výpočty z chemických rovnic, vyčíslovat redoxní rovnice a vypočítat pH slabých i silných kyselin a zásad.

V prohlubujícím nepovinném semináři z chemie ve třetím a čtvrtém ročníku, se již žáci nesetkají s novými chemickými výpočty, pouze prohlubují svoje znalosti získané ze studia.

Druhou střední odbornou školou, jejíž ŠVP bylo zkoumáno je **Masarykova střední škola chemická** (Masarykova střední škola chemická, 2021). V tomto ŠVP nalezneme kromě očekávaných výstupů a učiva ještě průřezová témata. Týdenní hodinová dotace předmětu Obecné a anorganické chemie na této odborné škole je 4-0-0-0, hodinová dotace předmětu organické chemie je 0-5-0-0, hodinová dotace předmětu fyzikální chemie je 0-0-4-0, hodinová dotace předmětu biochemie je 0-0-0-2, hodinová dotace předmětu chemické laboratorní cvičení je 3-2-0-2 a hodinová dotace předmětu chemická technika je 0-0-3-3. Kromě společné výuky si žáci volí tzv. profilující okruhy, ve kterých je prohlubována jejich znalost chemie ve vybraných oblastech. Žáci si mohou ve třetím a čtvrtém ročníku zvolit prohlubující seminář z chemie.

Na této střední škole nalezneme chemické výpočty v prvním ročníku v tematických celcích: Atomová a molární hmotnost, látkové množství, koncentrace – výpočty, Stechiometrické výpočty a Chemické reakce. Očekávané výstupy těchto tematických celků zní: „žák *definuje základní pojmy, vypočítá stechiometrický vzorec sloučeniny, vypočítá složení roztoků, potřebná množství složek a popíše základní separační metody; ... žák vyčíslí chemickou rovnici, vypočítá množství vstupujících a vystupujících látek pro danou reakci, zapíše chemickou rovnici a vyčíslí ji a provádí jednoduché chemické výpočty při řešení praktických problémů; ... žák vysvětlí co studuje chemická termodynamika, a vysvětlí, kdy se teplo uvolňuje a kdy spotřebovává, vysvětlí na příkladech vliv koncentrace, teploty, tlaku a katalýzy na rychlost reakce“* (Masarykova střední škola chemická, 2021). Ve druhém ročníku je součástí předmětu Organická chemie očekávaný výstup: „žák *vypočítá stechiometrický vzorec organické sloučeniny, vypočítá*

množství reaktantů a produktů pro zadanou syntézu uhlovodíků, vypočítá s využitím hmotnostní bilance složení kombinovaných rozpouštědel; ... žák vypočítá množství a koncentrace výchozích látek pro vybranou výrobu organické sloučeniny, stanoví relativní výtěžek syntézy a zatížení životního prostředí vlivem vzniku vedlejších produktů“ (Masarykova střední škola chemická, 2021).

Žák by měl po prvním ročníku ovládat učivo látkové množství, molární hmotnost prvků a sloučenin, znát atomovou hmotnostní jednotku, vypočítat relativní hmotnost atomů a molekul, hmotnostní zlomek, složení roztoků, rozpustnost, ředění a směšování roztoků a musí ovládat stechiometrické vzorce a výpočty, vyčíslování rovnic, vysvětlit chemickou rovnováhu, rychlost reakce a reakční teplo. Po druhém ročníku by měl žák ovládat učivo výpočty složení kombinovaných rozpouštědel, stechiometrický výpočet reaktantů pro zadanou syntézu uhlovodíků, určit stechiometrický vzorec, vypočítat výchozí látky a jejich přípravu v určité koncentraci a měl by ovládat výpočty relativního výtěžku a vyhodnocení množství vedlejších produktů.

1.2.2 Vyhodnocení analýzy ŠVP

Na základě provedené analýzy vyplývá, že žáci by po dokončení vybraných středních škol měli ovládat základní chemické výpočty (atomová a molekulová hmotnost, látkové množství, molární hmotnost, látkovou koncentraci) a veličiny, výpočty pH (které nejsou ve všech ŠVP konkretizovány), vyčíslování rovnic a měli by ovládat základní výpočty v termochemii (viz Tabulka 1). Až na výjimky jsou chemické výpočty v ŠVP těchto středních škol konkrétně rozpracovány. V rámci učiva chemie se v ŠVP středních škol až na výjimky nesetkáme se stavovou rovnicí ideálního plynu. U většiny vybraných škol nalezneme toto téma v předmětu Fyzika.

Analýzou chemických výpočtu v ŠVP jiných vybraných středních škol se ve svých pracích zabývaly též Frolíková (2021) a Horáková (2021). Ze všech těchto analýz také vyplývá, že ne všechny střední školy mají ŠVP podrobně rozpracovány a že úrovně žáků v ovládání chemických výpočtů po absolvování středních škol jsou rozličné.

Tabulka 1: Chemické výpočty obsažené v jednotlivých ŠVP

Chemické výpočty	Gymnázium Joachima Barranda	Gymnázium Kolín	Gymnázium Jiřího Ortena	Střední zdravotnická škola v Berouně	Masarykova střední škola chemická
složení, ředění, směšování roztoků	✓	✓	✓	✓	✓
hmotnostní a objemový zlomek	✓	není konkretizováno	✓	✓	✓
látková koncentrace	✓	není konkretizováno	✓	✓	✓
relativní atomová/molekulová hmotnost	×	není konkretizováno	✓	✓	✓
molární hmotnost a objem	✓	není konkretizováno	✓	✓	✓
látkové množství	✓	není konkretizováno	✓	✓	✓
vyčíslování rovnic	✓	není konkretizováno	✓	✓	✓
stechiometrické výpočty	✓	✓	✓	✓	✓
výpočet relativního výtěžku	×	není konkretizováno	×	×	✓
chemické rovnováhy	✓	✓	✓	×	✓
výpočty pH	✓	není konkretizováno	✓	✓	×
výpočty v termochemii	✓	✓	✓	✓	✓
stavová rovnice	✓	×	×	×	×

1.3 Chemické výpočty v učebnicích pro střední školy

Z průzkumného šetření nejpoužívanějších středoškolských učebnic chemie na gymnáziích od Huvarové (2010) vyplývá, že nejvíce využívanými učebnicemi ve výuce chemie je série Chemie pro gymnázia (Mareček & Honza, 1998a, 1998b, 2000). Tuto sérii učebnic v jejím šetření označilo 67 % ze 147 dotazovaných respondentů. V šetření Klečky (2011), který se rovněž zabýval rozborem nejpoužívanějších učebnic chemie, tuto učebnici označilo 75 % ze 112 dotazovaných respondentů. Na druhém místě se pak v přehledu nejpoužívanějších učebnic v obou průzkumech umístil Přehled středoškolské chemie (Vacík et al., 1990, 1995). Odmaturuj z chemie! (Benešová & Satrapová, 2002) podle Huvarové (2010) využívá k výuce 28 % dotazovaných respondentů.

Na základě výsledků výše uvedených šetření byly pro analýzu vybrány tyto učebnice chemie: Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl, 2. díl, 3. díl (Mareček & Honza, 1998a, 1998b, 2000), Přehled středoškolské chemie (Vacík et al., 1995) a dále pak Odmaturuj! z chemie (Benešová & Satrapová, 2002).

1.3.1 Učebnice Nakladatelství Olomouc

Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl (Mareček & Honza, 1998a)

Na konci první kapitoly s názvem Atom je zmíněna hmotnost atomu, která obsahuje atomovou hmotnostní jednotku, vztahy pro výpočet relativní atomové a molekulové hmotnosti. Celá třetí kapitola nesoucí název Látkové množství je věnována výpočtům látkového množství nejprve v závislosti na Avogadrově konstantě a následně je zde uveden vztah pro výpočet látkového množství pomocí hmotnosti a molekulové hmotnosti. Kromě teoretické části se zde čtenář setká i se dvěma podrobně řešenými příklady, otázkami a úkoly. Ve čtvrté kapitole jsou zařazeny chemické rovnice a jejich vyčíslování, na které navazují výpočty z chemických rovnic. Pátá kapitola s názvem Homogenní a heterogenní směsi, obsahuje vztahy pro výpočty hmotnostního zlomku a procenta, objemového procenta a látkové koncentrace. Každý vztah je doplněn o vzorový příklad i s řešením. Tato kapitola obsahuje také výpočty na ředění roztoků pomocí křížového pravidla a výpočty koncentrací roztoků a výpočty z chemických rovnic. Učebnice také obsahuje kapitolu s názvem Chemická termodynamika, ve které si žák vyzkouší výpočet standardního slučovacího i spalného tepla. V učebnici se též lze setkat se vztahem pro vyjádření rovnovážné konstanty a základními výpočty pH a pOH, které jsou podrobněji zpracovány ve třetím díle této série.

Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl (Mareček & Honza, 1998b)

Na začátku druhého dílu se žáci v první kapitole s názvem Elektrochemie seznamují s Nernstovo-Petersovou a Nernstovou rovnicí, dále jsou zde uvedeny příklady na výpočet redoxních potenciálů. V této publikaci najdeme sérii řešených příkladů, otázky a úkoly na zopakování.

Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl (Mareček & Honza, 2000)

V posledním díle této série se žáci setkávají s rovnovážnou konstantou, iontovým součinem vody a s výpočty pH silných a slabých jednosytných i vícesytných kyselin a zásad. V této publikaci najdeme jak sérii řešených příkladů, tak i otázky a úkoly na zopakování.

1.3.2 Učebnice Státního pedagogického nakladatelství

Přehled středoškolské chemie (Vacík et al., 1995)

V této publikaci se v kapitole s názvem Obecná chemie nejprve setkáme s fyzikálními veličinami a jejich jednotkami. Žák se následně seznámí s výpočty hmotnosti a energie, výpočty látkového množství v závislosti na Avogadrově konstantě a následně plynule přechází k výpočtům molární hmotnosti a k relativní atomové a molekulové hmotnosti. V podkapitole s názvem Stechiometrické výpočty si žák osvojí vztah pro výpočet hustoty, molárního objemu, hmotnostního a objemového zlomku, hmotnostní a objemové koncentrace a látkové koncentrace. Učebnice se dále zabývá složením a mísením roztoků, využitím křížového pravidla a výpočty látkového množství, hmotnosti a objemu reagujících látek a plynů. Následuje vyčíslování chemických rovnic a podkapitola Termochemie. Žák se zde seznamuje s reakčním teplem, termochemickými zákony a s výpočty reakčního, slučovacího a spalného tepla. Na následujících stránkách se čtenář seznamuje s Guldberg-Waageovým zákonem, disociací vody a výpočty pH. U výpočtů objemu plynů narazíme na zmínku o stavové rovnici. Tato publikace je poměrně podrobně rozpracována. Ke každé veličině zde nalezneme její charakteristiku, a příklady s řešením a teorií.

1.3.3 Učebnice nakladatelství Didaktis

Odmaturuj! z chemie (Benešová & Satrapová, 2002)

V této publikaci se žáci nejprve v páté kapitole s názvem Reakční kinetika setkávají s kinetickou rovnicí a s Arrheniovou rovnicí. Na tuto kapitolu navazuje kapitola s názvem Termochemie, která je věnována termochemickým zákonům a výpočtům reakčního tepla. V této části žáci naleznou dva ilustrativní příklady. V kapitole s názvem Rovnováhy v roztocích

elektrolytů se autoři zabývají vyjádřením rovnovážné konstanty, iontovým součinem vody a pH. Osmá kapitola s názvem Důležité veličiny a výpočty v chemii je pak celá věnována chemickým výpočtům. Žák se v podkapitole Důležité veličiny v chemii seznámí s výpočty látkového množství v závislosti na Avogadrově konstantě a následně plynule přechází k výpočtům molárního objemu a hmotnosti. Následují výpočty relativní atomové a molekulové hmotnosti, hustoty, hmotnostního a objemového zlomku a látkové koncentrace. Ke každé zmíněné veličině, je v této učebnici uvedena její charakteristika, jednotka a vztahy pro výpočet. Následující podkapitola Chemické výpočty se věnuje jednotlivým příkladům. U každého příkladu lze nalézt zadání, postup řešení a odpověď. Mezi chemickými výpočty nalezneme výpočty z chemických vzorců, složení roztoků a jejich mísení, výpočty z chemických rovnic a jejich vyčíslování a výpočty pH. U výpočtů pH je pouze varianta se silnými kyselinami a zásadami.

1.3.4 Vyhodnocení analýzy učebnic

Na základě provedené analýzy nejpoužívanějších středoškolských učebnic chemie na gymnáziích vyplývá, že žáci by po nastudování těchto publikací měli ovládat základní chemické výpočty (atomová a molekulová hmotnost, látkové množství, molární hmotnost, látkovou koncentraci) a veličiny, výpočty pH, vyčíslování rovnic a měli by ovládat výpočty v termochemii (viz Tabulka 2). Ve všech těchto učebnicích jsou chemické výpočty podrobně rozpracovány a popsány. U každého chemického výpočtu také nalezneme příklady na procvičení. Stejně jako tomu bylo v analýze ŠVP, tak i v této analýze učebnic se až na výjimky nesetkáme se stavovou rovnicí ideálního plynu, naopak chemické rovnováhy se vyskytují ve všech třech publikacích. Tyto učebnice vznikly před zavedením RVP a z analýzy ŠVP by se mohlo zdát, že ŠVP kopírují spíše učebnice než RVP, ale nelze to bez dalšího výzkumu takto zobecnit, i přesto, že chemické výpočty nejsou v RVP příliš konkrétně rozpracované.

Tabulka 2: Chemické výpočty obsažené v jednotlivých učebnicích

Chemické výpočty	Chemie pro čtyřletá gymnázia 1. díl, 2. díl, 3. díl	Přehled středoškolské chemie	Odmaturuj! z chemie
složení, ředění, směšování roztoků	✓	✓	✓
hmotnostní a objemový zlomek	✓	✓	✓
látková koncentrace	✓	✓	✓
relativní atomová/molekulová hmotnost	✓	✓	✓
molární hmotnost a objem	×	✓	✓
látkové množství	✓	✓	✓
vyčíslování rovnic	✓	✓	✓
stechiometrické výpočty	✓	✓	✓
výpočet relativního výtěžku	×	×	×
chemické rovnováhy	✓	✓	✓
výpočty pH	✓	✓	✓
výpočty v termochemii	✓	✓	✓
stavová rovnice	×	✓	×

1.4 Přehled chemických výpočtů pro střední školy

1.4.1 Základní chemické veličiny a výpočty

Mezi základní chemické veličiny řadíme hmotnost atomů a molekul, látkové množství, molární hmotnost a objem a hustotu (Vacík, 1986).

Hmotnost atomů a molekul

Hmotnost atomů a molekul je velmi významná charakteristika látek. Na počátku devatenáctého století jejich hodnoty ještě nebyly známé. Z Daltonových zákonů ale vyplynulo, že jejich přesná hodnota zpravidla v dané úloze není klíčová. Stačí znát v jakém poměru se látky slučují (Vacík, 1986). Jelikož hmotnosti atomů a molekul jsou velmi malé (například hmotnost protonu vodíku $m(H) = 1,663\,55 \times 10^{-27} \text{ kg}$) byla k jejich vyjadřování zavedena vedlejší jednotka, tzv. atomová hmotnostní jednotka (Čtrnáctová et al., 1991; Trhlíková, 2015).

Atomová hmotnostní jednotka

Atomová hmotnostní jednotka má značení u a je definována jako $\frac{1}{12}$ hmotnosti atomu $^{12}_6\text{C}$ a její velikost je $m_u = 1,660\,57 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Nejčastěji se však v chemii setkáme s relativním vyjádřením hmotnosti (Vacík et al., 1990).

Relativní atomová a molekulová hmotnost

Relativní atomovou hmotnost atomu X značíme $A_r(X)$ a jedná se o podíl hmotnosti atomu $m(X)$ ku atomové hmotnostní konstantě m_u .

Vyjadřujeme ji pomocí vzorce: $A_r(X) = \frac{m(X)}{m_u}$

Relativní atomová hmotnost je bezrozměrná veličina a říká nám, kolikrát je hmotnost atomu X větší než atomová hmotnostní konstanta (Vacík, 1986; Vacík et al., 1990).

Relativní molekulovou hmotnost molekuly Y značíme $M_r(Y)$ a jedná se o podíl hmotnosti molekuly $m(Y)$ ku atomové hmotnostní konstantě m_u .

Vyjadřujeme ji pomocí vzorce: $M_r(Y) = \frac{m(Y)}{m_u}$

Relativní molekulovou hmotnost lze také získat pomocí součtu atomových hmotností všech prvků vyskytujících se v dané molekule (Vacík et al., 1990).

Hodnoty relativní atomové a molekulové hmotnosti lze nalézt v Matematických, fyzikálních a chemických tabulkách (Mikulčák et al., 2007).

Molární hmotnost

Molární hmotnost nám vyjadřuje hmotnost soustavy, jejíž látkové množství je jednotkové neboli je to hmotnost takového množství částic, jejíž látkové množství je jeden mol (Špalková & Vyskočilová, 2014). Molární hmotnost značíme M a je určena podílem hmotnosti ku látkovému množství dané látky (Vacík et al., 1990). Jednotka molární hmotnosti je $\text{kg} \times \text{mol}^{-1}$ v chemii častěji využívána dílčí jednotka $\text{g} \times \text{mol}^{-1}$.

Molární hmotnost má velký význam při určování látkového množství.

Vztah pro výpočet molární hmotnosti je: $M = \frac{m}{n}$

- M je molární hmotnost
- n je látkové množství
- m je hmotnost

Molární objem

Molární objem je roven podílu objemu ku látkovému množství dané soustavy za stanovených teplotních a tlakových podmínek (Špalková & Vyskočilová, 2014). Molární objem vyjadřuje, jaký objem má jeden mol dané látky. Jednotkou molárního objemu je $\text{m}^3 \times \text{mol}^{-1}$ nebo také $\text{l} \times \text{mol}^{-1}$ a značíme ho V_m .

Vztah pro výpočet molárního objemu je: $V_m = \frac{V}{n}$

- V_m je molární objem
- n je látkové množství
- V je objem plynu

Nebo lze také pro výpočet použít vztah: $V_m = \frac{\rho}{M}$

- V_m je molární objem
- M je molární hmotnost
- ρ je hustota

Standardní molární objem

Standardní molární objem je objem jednoho molu ideálního plynu za standardních podmínek. Standardní molární objem značíme V_m^0 a jeho hodnota plyne z Avogadrova zákona, který zní: „Ve stejných objemech různých plynů a par je za stejného tlaku a teploty stejný počet molekul.“

(Vacík, 1986, s. 17). Za standardních podmínek je $T = 273,15\text{ K}$ a tlaku $p = 101\,325\text{ Pa}$ je jeho hodnota.

$$V_m^0 = 22,41 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times \text{mol}^{-1} \text{ (Sirotek \& Karlíček, 2005)}$$

Hustota

Hustota je podíl hmotnosti dané látky ku objemu roztoku (Špalková & Vyskočilová, 2014) neboli nám říká, jaká je hmotnost jednoho m^3 v kilogramu látky (Sirotek & Karlíček, 2005). Hustotu značíme řeckým písmenem ró, tj. ρ a její jednotkou je $\text{kg} \times \text{m}^{-3}$ nebo $\text{g} \times \text{cm}^{-3}$.

Vztah pro výpočet hustoty je: $\rho = \frac{m}{V}$

- ρ je hustota
- m je hmotnost
- V je objem roztoku

Nebo lze také pro výpočet použít vztah: $\rho = \frac{M}{V_m}$

- ρ je hustota
- V_m je molární objem
- M je molární hmotnost

Látkové množství

„Látkové množství, symbol n , systému je mírou počtu specifikovaných elementárních entit. Elementární entitou může být atom, molekula, iont, elektron nebo jakákoliv jiná částice či specifikovaná skupina částic.“ (Český metrologický institut, 2018)

Látkové množství je jednou ze sedmi základních jednotek soustavy SI a vyjadřuje nám počet částic (entit) v dané obecnější soustavě (Vacík et al., 1990). Značíme ho n a jeho jednotka je **mol**. Nová definice látkového množství byla přijata dne 16. 11. 2018 Generální konferencí pro míry a váhy. Jeden *mol* látky obsahuje právě tolik částic, kolik je obsaženo atomů ve 12 gramech uhlíku ^{12}C (Vacík 1986).

„Jeden mol obsahuje přesně $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ elementárních entit. Toto číslo je fixovaná číselná hodnota Avogadrovy konstanty, N_A , je-li vyjádřena v jednotce mol^{-1} a je nazývána Avogadrovo číslo.“ (Český metrologický institut, 2018)

Výpočet látkového množství

Podle definice je látkové množství určeno pomocí vztahu: $n = \frac{N}{N_A}$

- n je látkové množství
- N je počet částic v dané látce
- N_A je Avogadrova konstanta s hodnotou $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$

Látkové množství lze též vyjádřit pomocí vztahu: $n = \frac{m}{M}$

- n je látkové množství
- m je hmotnost
- M je molární hmotnost

či pomocí obdobného vztahu: $n = \frac{V}{V_m}$

- n je látkové množství
- V je objem plynu
- V_m je molární objem

Látkové množství lze také vyjádřit jako součin látkové koncentrace a objemu daného roztoku, a to pomocí vztahu: $n = c \times V$

- n je látkové množství
- V je objem roztoku
- c je látková koncentrace

1.4.2 Soustavy látek a jejich složení

Složení směsí

Mezi veličiny pro výpočet složení směsí řadíme hmotnostní, molární a objemový zlomek, látkovou, hmotnostní a molekulovou koncentraci, molalitu a výpočty pro směřování roztoků (Vacík, 1986).

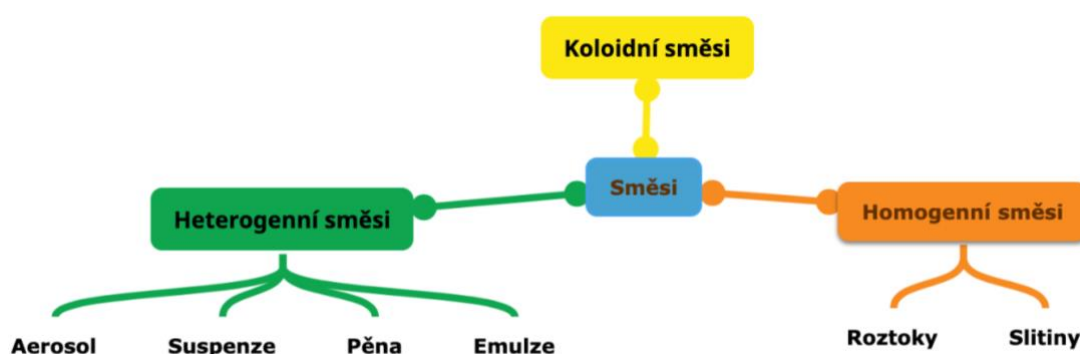
Směs je soustava, která je složená ze dvou a více chemicky čistých látek. Za směs tedy lze považovat například vzduch, který je složen z kyslíku, dusíku, vodních par atd. (Vacík et al., 1990). Jejich dělení (viz Obrázek 1) závisí na vlastnostech jednotlivých látek či složek (Trtílek et al., 1979).

„Podle velikosti částic můžeme směsi dělit na **homogenní** ($< 10^{-9} \text{ m}$), **koloidní** ($10^{-9} - 10^{-7} \text{ m}$) a **heterogenní** ($> 10^{-7} \text{ m}$).“ (Břížďala, 2022)

Složky **homogenních směsí** nelze rozeznat okem. Homogenní směsi dělíme na slitiny a roztoky a podle množství rozpuštěné látky hovoříme buď o roztoku nasyceném, nenasyceném či přesyceném. V nasyceném roztoku je rozpuštěno právě tolik látky, kolik plyne z chemické rovnováhy, v přesyceném roztoku se daná látka dál již nerozpouští a u nenasyceného roztoku dál dochází k rozpouštění přidávané látky (Břížďala, 2022). Roztoky mohou být pevné kapalné či plynné (Vacík, 1986).

Heterogenní směsi neboli také směsi různorodé, jsou takové směsi, ve kterých lze rozpoznat jednotlivé složky. Tyto směsi dělíme na emulzi, suspenzi, aerosol a pěnu (Břížďala, 2022).

V **koloidních směsích** lze okem identifikovat, že daná směs je tvořena více složkami. Do koloidních směsí řadíme například krev či mléko (Břížďala, 2022)



Obrázek 1: Dělení směsí

Směšování roztoků

Ke směšování roztoků dochází smícháním dvou a více různých roztoků stejné látky (Špalková & Vyskočilová, 2014). Při směšování vycházíme z faktu, že výsledná hmotnost je součtem hmotností všech roztoků, které se nacházejí v dané směsi.

Při směšování roztoků, vycházíme ze základního vztahu:

$$\sum m_i = m_1 + m_2 + \dots + m_n$$

$$m_i w_i = m_1 w_1 + m_2 w_2 + \dots + m_n w_n$$

- m_1, m_2, m_n jsou hmotnosti roztoků vstupujících do směsi
- w_1, w_2, w_n jsou hmotnostní zlomky roztoků vstupujících do směsi
- m_i je hmotnost výsledného roztoku
- w_i je hmotnostní zlomek výsledného roztoku

Nebo lze pro směřování roztoků použít vztah:

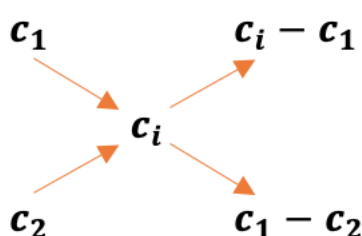
$$\sum n_i = n_1 + n_2 + \dots + n_n$$

$$c_i V_i = c_1 V_1 + c_2 V_2 + \dots + c_n V_n$$

- c_1, c_2, c_n jsou molární koncentrace roztoků vstupujících do směsi
- V_1, V_2, V_n jsou objemy roztoků vstupujících do směsi
- c_i je molární koncentrace výsledného roztoku
- V_i je objem výsledného roztoku

Pro výpočty směřování roztoků lze použít křížové pravidlo (viz Obrázek 2).

Z křížového pravidla poté vychází vztah:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{c_i - c_1}{c_1 - c_2}$$


Obrázek 2: Křížové pravidlo pro směřování roztoků

Hmotnostní zlomek

Hmotnostní zlomek nám říká, jaký je podíl hmotnosti látky A v dané soustavě (Špalková & Vyskočilová, 2014). Hmotnostní zlomek značíme w a jedná se o bezrozměrnou veličinu (Sirotek & Karlíček, 2005). Hmotnostní zlomek nabývá hodnot $0 \leq w \leq 1$. Rovná-li se hmotnostní zlomek 0, znamená to, že se látka v dané soustavě vůbec nevyskytuje. Rovná-li se hmotnostní zlomek 1, znamená to, že se kromě dané látky v soustavě nic nevyskytuje.

Velice často se v chemii setkáme s termínem hmotnostní procento. Hmotnostní procento je vyjádření hmotnostního zlomku pomocí procent. Hodnota hmotnostního zlomku vynásobená 100 nám říká, jaké je hmotnostní procento dané látky ve směsi.

Vztah pro výpočet hmotnostního zlomku je: $w_A = \frac{m_A}{m_S}$

- w_A je hmotnostní zlomek (bezrozměrná veličina)
- m_A je hmotnost látky A
- m_S je hmotnost soustavy

Vztah pro výpočet hmotnostního procenta: $w_A = \frac{m_A}{m_S} \times 100$

Molární zlomek

Molární zlomek nám slouží k vyjádření látkového množství složených soustav (Vacík, 1986). Stejně jako u hmotnostního zlomku se jedná o bezrozměrnou veličinu, která nabývá hodnot od 0 do 1 (Sirotek & Karlíček, 2005). Značíme jej x_A a jedná se o podíl látkového množství n_A látky A a látkového množství n_S celé soustavy S (Vacík, 1986). Molární zlomek můžeme rovněž vyjadřovat v molárních procentech (Sirotek & Karlíček, 2005).

Vztah pro výpočet molárního zlomku je: $x_A = \frac{n_A}{n_S}$

- x_A je molární zlomek (bezrozměrná veličina)
- n_A je látkové množství látky A
- n_S je látkové množství soustavy S

Vztah pro výpočet molárního procenta je: $x_A = \frac{n_A}{n_S} \times 100$

Objemový zlomek

Objemový zlomek nám vyjadřuje podíl objemu látky A ku objemu celé soustavy. Využívá se především při vyjadřování plyných či kapalných soustav. Stejně jako u molárního a hmotnostního zlomku, tak i u objemového zlomku se jedná o bezrozměrnou veličinu, která nabývá hodnot od 0 do 1. Objemový zlomek můžeme rovněž vyjadřovat v objemových procentech (Sirotek & Karlíček, 2005). Značíme jej φ_A a jedná se o podíl objemu V_A látky A a objemu V_S celé soustavy S .

Vztah pro výpočet objemového zlomku je: $\varphi_A = \frac{V_A}{V_S}$

- φ_A je objemový zlomek (bezrozměrná veličina)
- V_A je objem látky A
- V_S je objem soustavy

Vztah pro výpočet molárního procenta je: $\varphi_A = \frac{V_A}{V_S} \times 100\%$

„Vzhledem k platnosti Avogadrova zákona (stejná látková množství plynů za stejných podmínek zaujímají stejný objem) je obsah složky v soustavě plynů vyjádřený molárním zlomkem rovný objemovému zlomku. Tedy $\varphi_A = x_A$.“ (Sirotek & Karlíček, 2005, s. 38)

Látková koncentrace

Látková koncentrace je odvozená jednotka soustavy SI. Kromě názvu látková koncentrace se též můžeme setkat s názvem molární koncentrace, či molarita. Látkovou koncentraci značíme c a její jednotkou je $\text{mol} \times \text{m}^{-3}$. V praxi se také lze setkat s dílčí jednotkou $\text{mol} \times \text{dm}^{-3}$. Látková koncentrace je dána podílem látkového množství soustavy A ku jejímu objemu (Vacík, 1986).

Vztah pro výpočet molární koncentrace je: $c = \frac{n_A}{V}$

- c je látková koncentrace
- n_A je látkové množství
- V je objem roztoku

Vyjádření látkové koncentrace pomocí jiných veličin

$$c = \frac{n_A}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{\frac{m}{\rho}} = \frac{\rho}{M}$$

Kromě látkové koncentrace se v chemii můžeme setkat ještě s koncentrací hmotnostní, či molekulovou.

Hmotnostní koncentrace

Hmotnostní koncentrace $\delta(A)$ je dána podílem hmotnosti m_A a celkového objemu roztoku (Vacík, 1986).

Vztah pro výpočet hmotnostní koncentrace je: $\delta(A) = \frac{m_A}{V}$

- $\delta(A)$ je hmotnostní koncentrace
- m_A je hmotnost látky A
- V je objem roztoku

Molekulová koncentrace

Molekulovou koncentraci značíme $C(A)$. Je to podíl počtu molekul $N(A)$ ku celkovému objemu směsi (Vacík, 1986).

Vztah pro výpočet molekulové koncentrace je: $C(A) = \frac{N(A)}{V}$

- $C(A)$ je molekulová koncentrace
- $N(A)$ je počet molekul

- V je objem roztoku

Molalita

Molalita je vztah pro výpočet koncentrace, u které nezávisí na teplotních podmínkách.

„Molalita $c_m(A)$ látky A je dána podílem látkového množství n_A látky A a hmotnosti rozpouštědla m .“ (Vacík, 1986, s. 20)

Ve většině zředěných roztoků, je hmotnost použitého rozpouštědla přibližně 1 kg.

Vztah pro výpočet molality je: $c_m(A) = \frac{n_A}{m}$

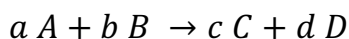
- $c_m(A)$ je molalita
- n_A je látkové množství
- m je hmotnost

1.4.3 Vyčíslování rovnic

Chemická rovnice nám popisuje průběh chemické reakce, při níž nám ze vstupních látek (reaktantů) vznikají látky nové (produkty) (Sirotek & Karlíček, 2005; VŠCHT, 2019). Ukazuje, jaké látky a v jakém množství spolu reagují. Poměr reagujících látek nám udávají takzvané stechiometrické koeficienty, jejichž výpočet vychází ze zákona zachování hmotnosti. Při chemických reakcích zanikají původní chemické vazby a vznikají nové. (Vacík et al., 1990).

Je-li zadané reakční schéma, doplňujeme pouze stechiometrické koeficienty. Je-li zadaná chemická rovnice pouze pomocí výchozích látek, je potřeba doplnit i produkty dané chemické reakce (Čtrnáctová et al., 1991).

Obecná podoba chemické rovnice je:



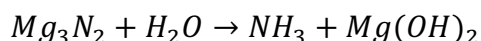
kde A, B jsou látky vstupující do reakce, C, D jsou produkty a a, b, c, d jsou stechiometrické koeficienty udávající poměr daných látek v chemické reakci.

Při vyčíslování chemických rovnic musíme dbát na to, aby počet atomů jednotlivých látek byl na obou stranách shodný. Zároveň součet molárních hmotností vynásobených látkovým množstvím se musí shodovat a v rovnicích, které jsou zadané v iontovém tvaru, musí být počet elektrických nábojů na obou stranách shodný (Pospíšilová, 2021; Šrámek, 2000).

Vyčíslování rovnic beze změny oxidačního čísla

Jedny ze základních rovnic jsou chemické rovnice, ve kterých nedochází ke změně oxidačního čísla. U vyčíslování takovýchto rovnic stačí tedy dodržovat pravidlo, že na obou stranách dané rovnice, musí být počet atomů jednotlivých látek shodný (Vacík et al., 1995). Vyčíslování rovnice si ukážeme na následujícím příkladu.

Mějme rovnici reakce nitridu manganatého s vodou za vzniku amoniaku a hydroxidu manganatého:

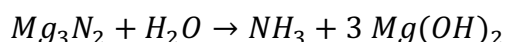


Na první pohled je z této rovnice jasné, že počty atomů jednotlivých látek se na obou stranách rovnice neshodují, viz Tabulka 3.

Tabulka 3: Vyčíslování reakce nitridu manganatého s vodou: první krok

<i>Levá strana rovnice</i>	<i>Pravá strana rovnice</i>
Mg 3×	Mg 1×
N 2×	N 1×
O 1×	O 2×
H 2×	H 5×

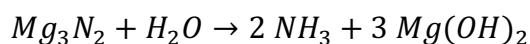
Musíme tedy počty atomů na levé i pravé straně vynásobit takovým číslem, aby se jejich počet na obou stranách rovnal. Začneme-li u manganu, zjistíme, že mangan na pravé straně rovnice, musíme vynásobit číslem 3 a poměr daných atomů se nám změní, viz Tabulka 4.



Tabulka 4: Vyčíslování rovnice reakce nitridu manganatého s vodou: druhý krok

<i>Levá strana rovnice</i>	<i>Pravá strana rovnice</i>
Mg 3×	Mg 3×
N 2×	N 1×
O 1×	O 6×
H 2×	H 9×

Nyní stejnou operaci provedeme u dusíku.

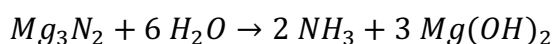


Poměr atomů v rovnici se nám změní takto, viz Tabulka 5.

Tabulka 5: Vyčíslování rovnice reakce nitridu manganatého s vodou: třetí krok

<i>Levá strana rovnice</i>	<i>Pravá strana rovnice</i>
Mg 3×	Mg 3×
N 2×	N 2×
O 1×	O 6×
H 2×	H 12×

Z Tabulky č. 5 můžeme vidět, že na levé a pravé straně rovnice máme kyslík a vodík v poměru 1:6 takže nyní už stačí jen vodu na levé straně rovnice vynásobit a počet všech atomů se v rovnici bude rovnat, viz Tabulka 6.



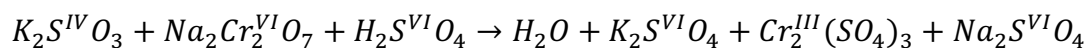
Tabulka 6: Vyčíslování rovnice reakce nitridu manganatého s vodou: čtvrtý krok

<i>Levá strana rovnice</i>	<i>Pravá strana rovnice</i>
Mg 3×	Mg 3×
N 2×	N 2×
O 6×	O 6×
H 12×	H 12×

Vyčíslování rovnic oxidačně redukčních

Druhým typem základních rovnic jsou chemické rovnice, v nichž dochází ke změně oxidačního čísla. U takových rovnic je potřeba vyčíslit změnu oxidačních čísel tak, aby náboj a počet atomů na obou stranách byl shodný (Vacík et al., 1995).

Mějme rovnici reakce siřičitanu draselného s kyselinou sírovou a dichromanem sodným za vzniku vody, síranu draselného, síranu chromitého a síranu sodného:



V dané rovnici došlo ke změně elektronů, viz Tabulka 7.

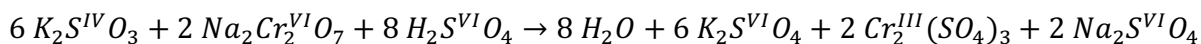
Tabulka 7: Změna počtů elektronů v rovnici reakce siřičitanu draselného s kyselinou sírovou a dichromanem sodným

	<i>Prvek</i>	<i>Změna oxidačního čísla</i>	<i>Počet odevzdaných/přijatých elektronů</i>	<i>Záměna</i>
Redukce	2× Cr	VI → III	6–	2+
Oxidace	S	IV → VI	2+	6–

Elektrony, které byly během reakce zredukované a zoxidované, je potřeba doplnit tak, aby se počty atomů na obou stranách rovnice rovnaly. V Tabulce č. 7 vidíme, že po záměně musíme

dát číslo 2 před chrom, který změnil oxidační číslo a stejně tak postupovat v případě síry. Zbylé stechiometrické koeficienty pak dopočítáme stejně jako u acidobazických reakcí.

Vyčíslená rovnice má tedy nyní tvar:



1.4.4 Výpočet pH

Potential of hydrogen, pH, nebo také vodíkový exponent, je záporný dekadický logaritmus koncentrace iontů H_3O^+ , který v chemii určuje kyselost či zásaditost daných látek (Vacík et al., 1990). Kyselost vodných roztoků se za standardních podmínek pohybuje v rozmezí 10^{-1} až $10^{-15} \text{ mol} \times \text{dm}^3$ a pro její zjednodušení byla zavedena tzv. logaritmická stupnice kyselosti, také známá jako stupnice pH, viz Tabulka 8 (Vacík, 1986; Vacík et al., 1990).

Tabulka 8: PH stupnice, upraveno dle (Vacík, 1986)

pH															
H_3O^+	10	10^{-1}	10^{-3}	10^{-5}	10^{-7}	10^{-9}	10^{-11}	10^{-13}	10^{-15}						
OH^-	10^{-15}	10^{-13}	10^{-11}	10^{-9}	10^{-7}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-1}	10						
	prostředí kyselé				neutrální		prostředí zásadité								

Následně roztoky dělíme podle hodnot pH, viz Tabulka 9.

Tabulka 9: Dělení roztoků podle hodnoty pH, upraveno dle (Vacík et al., 1995)

Kyselost a zásaditost vodných roztoků	Koncentrace iontů	Hodnota pH
Neutrální roztoky	$[H_3O^+] = [OH^-]$	pH = 7
Kyselé roztoky	$[H_3O^+] > [OH^-]$	pH < 7
Zásadité roztoky	$[H_3O^+] < [OH^-]$	pH > 7

Výpočet pH silných kyselin a zásad

Silné kyseliny v roztocích plně disociují, díky tomu není pro výpočet pH potřeba znát disociační konstantu (Špalková & Vyskočilová, 2014; Vacík, 1986).

„Jelikož v roztoku dochází k úplné disociaci kyseliny nebo zásady, musí se koncentrace vzniklých $[H_3O^+]$ resp. $[OH^-]$ iontů rovnat výchozí látkové koncentraci kyseliny $[HA]$ resp. zásady $[BOH]$, které lze označit také c_{AH} či c_{BOH} .“ (Špalková & Vyskočilová, 2014, s. 22)

Vztah pro výpočet pH silných kyselin si zavedeme jako:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$c_{AH} = c[H_3O^+]$$

$$pH = -\log(c_{AH})$$

Vztah pro výpočet pOH silných zásad si zavedeme jako:

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$c_{BOH} = c[OH^-]$$

$$pOH = -\log (c_{BOH})$$

Z tabulky č. 8 vyplývá, že součin koncentrací $[H_3O^+]$ iontů a $[OH^-]$ iontů je roven 10^{-14} a z toho plynou vztahy: $[H_3O^+] \times [OH^-] = 10^{-14} \wedge pH + pOH = 14$

Výpočet pH slabých kyselin a zásad

Slabé kyseliny nejsou v roztocích plně disociovány, proto je pro výpočet pH potřeba použít tzv. disociační konstantu K_A .

Vztah pro výpočet pH slabých kyselin si zavedeme jako: $pH = \frac{1}{2}pK_A - \log(c_{AH})$

Vztah pro výpočet pH slabých zásad si zavedeme jako:

$$pH + pOH = 14$$

$$pH = 14 - \frac{pK_B - \log(c_{BOH})}{2}$$

$$pK_A = -\log(K_A)$$

$$pK_B = -\log(K_B)$$

1.4.5 Tepelné změny při chemických reakcích

Slučovací a spalné teplo

Spalné teplo je množství tepla, při kterém se jeden mol látky zoxiduje na nejstálější oxid (Vacík et al., 1990). Vztah pro výpočet spalného tepla je:

$$\Delta H_T^\circ = \sum_{vých} |v|(\Delta H_T^\circ)_{spal} - \sum_{prod} |v|(\Delta H_T^\circ)_{spal}$$

- ΔH_T° je reakční teplo reakce
- $\sum_{vých} |v|(\Delta H_T^\circ)_{spal}$ je součet spalného tepla výchozích látek
- $\sum_{prod} |v|(\Delta H_T^\circ)_{spal}$ je součet spalného produktů

Slučovací teplo je reakční teplo reakce, při kterém vznikne jeden mol látky (Vacík, 1986).

Vztah pro výpočet slučovacího tepla je:

$$\Delta H_T^\circ = \sum_{prod} |v|(\Delta H_T^\circ)_{sluč} - \sum_{vých} |v|(\Delta H_T^\circ)_{sluč}$$

- ΔH_T° je reakční teplo reakce
- $\sum_{prod} |v|(\Delta H_T^\circ)_{sluč}$ je součet slučovacího tepla produktů
- $\sum_{vých} |v|(\Delta H_T^\circ)_{sluč}$ je součet slučovacího tepla výchozích látek

1.5 Školní chemické pokusy

Chemický pokus by neměl chybět v žádné hodině chemie, která umožňuje jeho realizaci. Žáci při realizaci a pozorování chemických pokusů získávají představu o jednotlivých chemických dějích, které se pro ně v tu chvíli stávají méně abstraktní. Pokud chemický pokus ve výuce chemie chybí, vede to k povrchnímu učení informací a nedostatečným propojením s praxí (Solárová, 2011). Školní pokus, tedy lze definovat jako plánovitou činnost, kterou provádí žák společně s učitelem a jehož obsahem je studium přírodních jevů za podmínek známých či obměňovaných (Trtílek et al., 1973). Chemické pokusy můžeme na základě jednotlivých kritérií rozdělit na několik typů, které se vzájemně prolínají. Chemické pokusy můžeme například dělit podle: fáze vyučovací hodiny na motivační, uvádějící, shrnující či podle formy výuky, které mohou být součástí vyučovací hodiny či laboratorního cvičení (Čtrnáctová, 2000; Trtílek et al., 1973). Podle toho, kdo pokusy provádí, je dělíme na demonstrační, které mohou být prováděny učitelem, či žákem, a pokusy faciační (Pachmann & Hofmann, 1981).

Demonstrační pokus

Demonstrační pokusy jsou takové pokusy, které ve vyučovací hodině provádí sám učitel, či žák, aby pomocí nich žákům lépe vysvětlil danou chemickou problematiku. Demonstrační pokusy žáci sledují, popřípadě odpovídají na otázky učitele a snaží se vysvětlit a popsat daný jev. Demonstrační pokusy by neměly být časově náročné a měly by korespondovat s probíranou látkou (Mokrejšová, 2009; Pachmann & Hofmann, 1981).

Faciační (žáků) pokus

Žákovské pokusy provádí sami žáci v rámci hodin chemie, či v rámci laboratorních praktik a dělí se na žákovské pokusy frontální a simultánní. Pokusy by měly být přizpůsobeny schopnostem a dovednostem žáků, vybavení laboratoře a časovým možnostem. Žák i musí být před zahájením chemických pokusů seznámen se zásadami a základními pravidly bezpečnosti práce v laboratoři (Filipová, 2011; Pachmann & Hofmann, 1981).

1.5.1 Chemické pokusy jako podpora výuky chemických výpočtů

Chemické výpočty nejsou u žáků na středních školách ve výuce chemie příliš oblíbené téma (Rusek & Škoda, 2014). Na základních školách je toto učivo vnímáno jako kritické (Rychtera et al., 2019). Žákům je tedy vhodné jejich nepostradatelnost demonstrovat vhodnými didaktickými metodami. Jednou z nejdůležitějších didaktických metod v chemii uvažujeme

chemický experiment (Burewicz, 2002), který žákům poskytne informace o chemickém ději a nové poznatky z výuky chemie.

Náměty na podporu výuky chemických výpočtů pomocí chemických pokusů nalezneme například v knize Pumpr a Beneš (1982). Tato publikace je členěna do celkem 6 kapitol, kdy prvních 5 z nich je věnováno veličinám a jednotkám, chemickému názvosloví a rovnicím a kvantitativním pokusům, jejich technice a přesnosti měření. Poslední kapitola knihy s názvem Příklady na zjišťování veličin pomocí experimentů a výpočtů je rozdělena do šesti podkapitol kdy každá z nich zahrnuje úlohy obsahující jiné typy chemických výpočtů. Nalezneme zde úlohy na výpočet: hmotnostního a objemového zlomku, koncentrace a hustoty, molárního objemu a hmotnosti či molárního tepla. Ke každé úloze je v této knize uvedeno zadání, řešení, které obsahuje: vzoreček pro výpočet, jednotky, ale i samotný výpočet a také zde nalezneme poznámky k laboratorní technice a obrázky aparatur.

Podporou výuky chemických výpočtů pomocí chemických pokusů se zabývá i práce Bojkovský et al. (2009), ve které nalezneme pracovní list pro první ročníky středních škol, ve kterém si žáci ověří své znalosti. Nalezneme zde úlohy na výpočty: hmotnostního zlomku, molární hmotnosti, látkového množství, koncentrace či výpočty z chemických rovnic.

Další náměty na podporu výuky chemických výpočtů pomocí chemických pokusů nalezneme i v diplomové práci Plaché (2011), ve které nalezneme celkem deset chemických pokusů. Každý chemický pokus je opatřen „Kartou pro žáka“ a „Metodikou pro učitele“.

2 Praktická část

Jak již bylo dříve uvedeno, chemické výpočty nejsou u žáků příliš oblíbené téma (Rusek & Škoda, 2014; Rychtera et al., 2019). Je to způsobeno i tím, že výuka chemie ve většině případů probíhá odtrženě od praxe (Wichterle, 2010). Dle Burewicze a Miranowicze (2002) je chemie experimentální věda a pro optimalizaci konkrétního vyučovacího procesu je potřeba dané jevy vizualizovat, což se ukázalo jako nezbytné pro řešení problémů ve výzkumu či výuce chemie. Výuka chemie by tedy měla být badatelsky orientována a tento přístup k výuce v posledních desetiletí posiluje i pedagogické hnutí STEM (Rusek et al., 2017). Metoda výuky chemie, může ovlivnit žákův vztah k předmětu (Cukrowska et al., 1999; Xu & Lewis, 2011). V posledních letech, se ve výuce chemie využívají různé výukové metody a vizualizace pro snazší žákovo pochopení. Didaktické prostředky jako jsou například chemické hry, multimediální prostředky či chemické experimenty rozvíjejí kreativitu žáků a snaží se aktivovat jejich učební procesy. V chemii se uplatňují různé druhy materiálních didaktických prostředků jako jsou přírodniny, modely, tabule, diapozitivy, videa, TV programy, ale i multimediální počítačové softwary (Jagodziński & Wolski, 2009). Jako jedny z nejdůležitějších didaktických metod uvažujeme chemické experimenty, které zde hrají zásadní roli, jelikož poskytují velké množství informací pro mnohostranné vzdělávání a mohou plnit četné didaktické funkce (Burewicz, 2002).

Na základě zjištěné neoblíbenosti chemických výpočtů u žáků byl stanoven cíl bakalářské práce navrhnout a odladit ilustrativní chemické pokusy pro žákovské laboratorní úlohy, jejichž prostřednictvím bude žákům předvedena a vysvětlena potřeba daného chemického výpočtu. Na základě výsledků analýzy RVP a ŠVP jednotlivých škol z pohledu chemických výpočtů, byly navrženy ilustrativní chemické pokusy pro nejčastěji uváděná témata z této oblasti. Navržené chemické pokusy byly prakticky vyzkoušeny a odladěny v laboratoři. Z původních devíti chemických pokusů, které byly navrženy, bylo nakonec vybráno a odzkoušeno celkem sedm chemických pokusů, které jsou na středních školách proveditelné. Pokusy s názvy „*Výroba 2,5 gramu zelené skalice*“ a „*Hoření svíčky*“ byly vyřazeny kvůli nedostatečnému vybavení školních laboratoří, či jejich náročnosti, u některých pokusů byly pomůcky upraveny, aby je mohli žáci provádět. V průběhu praktické realizace chemických pokusů bylo upravováno jejich zadání, a byl kladen důraz na získání zkušeností a postřehů pro učitele. Z chemických pokusů byly vybrány takové pokusy, které nejlépe splňovaly záměr této práce. Následně byla praktická část zaslána RNDr. Veronice Machkové, Ph.D. z Univerzity Hradec Králové, která se věnuje didaktice chemie a která byla požádána o odborný posudek. Po obdržení odborného posudku došlo k úpravám a zapracování připomínek.

V Tabulce 10 je uveden přehled odladěných chemických pokusů spolu s jejich využitím pro podporu konkrétních typů chemických výpočtů. Chemické pokusy jsou uspořádány dle obtížnosti. Popis každého chemického pokusu se sestává ze dvou částí: zadání laboratorní úlohy a metodických poznámek pro učitele. Zadání laboratorní úlohy pro žáka zahrnuje postup, chemikálie, pomůcky potřebné k pokusu a úkoly. V metodických poznámkách pro učitele nalezneme vzdělávací cíl, řešení chemických výpočtů, které jsou potřebné pro jednotlivé pokusy, postřehy a poznámky, časovou náročnost a pozorování.

Chemický pokus č. 1 s názvem: „*Je koncentrace správná?*“ je inspirován chemickým pokusem od Bojkovského et al. (2009). Chemický pokus č. 4 s názvem: „*Příprava chloridu měďnatého*“ je inspirován chemickým pokusem z laboratorního cvičení z anorganické chemie (Sýkorová & Mastný, 2001). Některé chemické pokusy (číslo 5 a 6) jsou inspirovány chemickými výpočty, které jsou obsažené v literatuře (Mareček & Honza, 2001). Pokus č. 5 s názvem „*Jaká bude hodnota pH?*“ obsahuje dvě varianty, kdy v jedné z nich žák pracuje s kyselinou a jejím pH a podruhé se zásadou a jejím pH. Obě varianty provádíme stejným způsobem a používáme zde velmi podobné výpočty. Díky časové nenáročnosti mohou být tyto varianty provedeny společně.

Tabulka 10: Chemické výpočty v jednotlivých chemických pokusech

Chemické výpočty	Pokus č. 1	Pokus č. 2	Pokus č. 3	Pokus č. 4	Pokus č. 5	Pokus č. 6	Pokus č. 7
molární hmotnost a objem	×	✓	×	×	×	×	×
hmotnostní a objemový zlomek	×	×	✓	×	×	×	×
látkové množství	×	✓	×	✓	×	×	✓
látková koncentrace	✓	×	✓	×	×	✓	✓
složení, ředění, směšování roztoků	×	✓	✓	✓	×	×	×
výpočet relativního výtěžku	×	×	✓	×	×	×	×
vyčíslování rovnic	×	✓	×	✓	×	×	✓
stechiometrické výpočty	×	✓	×	✓	×	×	×
výpočty pH	×	×	×	×	✓	✓	✓

2.1 Pokus č. 1: Je koncentrace správná?

Zadání laboratorní úlohy

Název pokusu:	Je koncentrace správná?
Postup:	Na pracovním stole máte kádinku, která obsahuje roztok chloridu sodného, jehož koncentrace by měla být 0,2 M. Připravte 200 ml roztoku chloridu sodného o koncentraci 0,2 M. Do obou kádinek přidejte trochu fluoresceinu a po kapkách přidávejte roztok dusičnanu stříbrného. Ověřte, zda koncentrace roztoku v kádince (který máte připravený na stole) odpovídá koncentraci, která je na něm uvedená.
Chemikálie:	destilovaná voda, chlorid sodný, dusičnan stříbrný, fluorescein
Pomůcky:	lžička, kádinka s roztokem chloridu sodného, kádinka, stříčka s vodou, kapátko
Úkoly:	1) vypočítejte hmotnost chloridu sodného potřebného k přípravě roztoku o koncentraci 0,2 M 2) запиšte rovnici chemické reakce dusičnanu stříbrného s chloridem sodným a vyčíslete ji 3) pozorujte změnu zabarvení obou roztoků po přikapání stejného množství dusičnanu stříbrného a vyhodnoťte, zda je koncentrace obou roztoků shodná

Metodické poznámky pro učitele

Vzdělávací cíl: žák vypočítá složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák připraví roztok uvedeného složení

Výpočty potřebné k provedení pokusu:

Vyjádření vztahu pro výpočet hmotnosti chloridu sodného, potřebného k výrobě roztoku:

$$c = \frac{n}{V} \rightarrow c = \frac{\frac{m}{M}}{V} \rightarrow c = \frac{m}{M \times V} \rightarrow m = c \times M \times V$$

$$M_{\text{NaCl}} = 35,5 + 23 = 58,5 \text{ g/mol}$$

$$V = 200 \text{ ml} = 0,2 \text{ l}$$

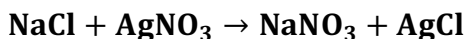
$$c = 0,2 \text{ M}$$

$$m = c \times M \times V$$

$$m = 0,2 \times 58,5 \times 0,2$$

$$m = 2,34 \text{ g}$$

Rovnice chemické reakce dusičnanu stříbrného s chloridem sodným bude vypadat následovně:



Abychom získali 200 ml 0,2 M roztoku, musíme navážit 2,34 gramů chloridu sodného. Do námi vytvořeného i do původního roztoku chloridu sodného nejprve přidáme pár kapek fluoresceinu a následně budeme po kapkách přidávat dusičnan stříbrný a budeme sledovat, zdali oba roztoky změni barvu po přidání stejného množství kapek. Pokud ano, oba roztoky jsou stejně koncentrovány.

Postřehy a poznámky:

Pevný fluorescein nemusí jít úplně zlehka rozmíchat, je možné použít míchačku a je vhodné si jeho roztok připravit pro žáky předem. V tomto provedení byla koncentrace roztoků shodná.

Časová náročnost (včetně času potřebného k vypočítání chemických výpočtů): 1 vyučovací hodina

Pozorování:

Na Obrázku 3 je roztok chloridu sodného po přidání fluoresceinu, na Obrázku 4 pak roztoky po přidání stejného množství dusičnanu stříbrného.



Obrázek 3: Roztok chloridu sodného s fluoresceinem



Obrázek 4: Roztok po přidání dusičnanu stříbrného

2.2 Pokus č. 2: Nafukování balonku pomocí chemické reakce

Zadání laboratorní úlohy

Název pokusu:	Nafukování balonku pomocí chemické reakce
Postup:	Máme balonek, který chceme nafouknout pomocí oxidu uhličitého. Ten vznikne reakcí kyseliny octové (8 % $\rho = 1,010 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$) a uhličitanu vápenatého. Vypočítejte, jaké množství kyseliny octové musíme do reakce přidat, jestliže chceme, aby nám zreagovalo 15 gramů uhličitanu vápenatého. Vypočítejte, kolik oxidu uhličitého se z této reakce uvolní a jak velkou kouli by tento objem plynu naplnil.
Chemikálie:	uhličitan vápenatý, kyselina octová 8% roztok
Pomůcky:	Erlenmeyerova baňka 500 ml, lžička, násypka, balonek
Úkoly:	1) запиšte rovnici reakce uhličitanu vápenatého s kyselinou octovou a vyčíslete ji 2) vypočítejte objem kyseliny octové, kterou musíme do reakce přidat 3) vypočítejte objem plynu, který vznikne reakcí, a vypočítejte, jak velkou krychli by nám tento objem naplnil

Metodické poznámky pro učitele

Vzdělávací cíl: žák zapíše chemickou reakci chemickou rovnicí a vyčíslí ji, žák provádí jednoduché chemické výpočty při řešení praktických úkolů, žák vypočítá složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák připraví roztok uvedeného složení, žák aplikuje vztahy pro výpočet látkového množství při řešení příkladů

Výpočty potřebné k provedení pokusu:



$$m_{\text{CaCO}_3} = 15,0 \text{ g}$$

$$M_{\text{CaCO}_3} = 40,08 + 12,01 + 3 \times 16 = 100,09 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{CaCO}_3} = ? \text{ mol}$$

$$m_{\text{CaCO}_3} = n_{\text{CaCO}_3} \times M_{\text{CaCO}_3}$$

$$n_{\text{CaCO}_3} = 0,150$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 2 \times n_{\text{CaCO}_3} = 0,30 \text{ mol}$$

$$M_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 12,01 + 3 \times 1 + 12,01 + 2 \times 16 + 1 = 60,02 \text{ g/mol}$$

$$\rho = 1,010 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{COOH}} = ? \text{ l}$$

$$m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = n_{\text{CH}_3\text{COOH}} \times M_{\text{CH}_3\text{COOH}}$$

$$m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,30 \times 60,02$$

$$m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 18,006 \text{ g}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{m_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{\rho}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{18,006}{1,010}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 17,82 \text{ cm}^3$$

$$\begin{array}{l} \uparrow \\ 100 \% \dots\dots\dots 17,82 \text{ cm}^3 \\ 8 \% \dots\dots\dots x \text{ cm}^3 \end{array}$$

$$\frac{1 \times 17,82}{x} = 0,08$$

$$x = \frac{1 \times 17,82}{0,08} = 222,75 \text{ cm}^3$$

$$V_{\odot} = 222,75 \text{ cm}^3$$

Jak velkou kouli by nám naplnilo vzniklé množství plynu?

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{CaCO}_3} = 0,150 \text{ mol}$$

$$V_m = 22,414 \text{ dm}^3 \times \text{mol}^{-1}$$

$$V_m = \frac{V}{n} \rightarrow V = V_m \times n$$

$$V = 22,414 \times 0,150$$

$$V = 3,3621 \text{ dm}^3$$

Aby zreagovalo 15 gramů uhličitanu vápenatého, musíme do reakce přidat 222,75 ml 8% kyseliny octové. Plyn, který se uvolní během této reakce, by nám naplnil kouli o poloměru 9 cm. Balonek, který mi vznikl po zreagování uhličitanu vápenatého a kyseliny octové, měl poloměr 6 cm. Pokud bychom počítali objem balonku jako objem koule o poloměru 6 cm, vyjde nám, že objem plynu, který naplnil balonek je roven $V = 2,714 \text{ dm}^3$. Což je menší objem, než který byl vypočítaný pro ideální plyn.

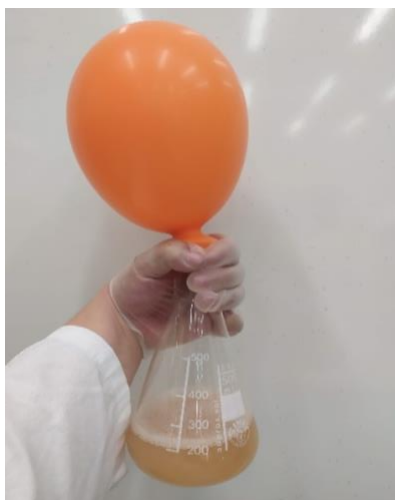
Postřehy a poznámky:

Tento pokus lze provést s octem, nebo s 10% kyselinou octovou $V = 178,2 \text{ ml}$. Výsledky se shodují. Pro přenesení uhličitanu vápenatého do balonku je vhodné použít násypku. Tento pokus lze provést i s jedlou sodou, která reaguje rychleji a živěji než uhličitan vápenatý.

Časová náročnost (včetně času potřebného k vypočítání chemických výpočtů): 1 vyučovací hodina

Pozorování:

Na Obrázku 5 můžeme vidět reakci octa (8% kyseliny octové) s uhličitanem vápenatým.



Obrázek 5: Reakce octa s uhličitanem vápenatým

2.3 Pokus č. 3: Rekrystalizace modré skalice

Zadání laboratorní úlohy

Název pokusu:	Rekrystalizace modré skalice
Postup:	Připravte si 2 roztoky pentahydrátu síranu měďnatého o koncentraci 1 mol/dm^3 a objemu 20 ml. Jeden z připravených roztoků nalijte do krystalizační misky a nechte krystalizovat. Z druhého roztoku ředěním připravte 3 další roztoky se shodným objemem, jejichž koncentrace bude $\frac{1}{2}; \frac{1}{4}; \frac{1}{8}$ ku koncentraci původní. Pozorujte barevné zbarvení jednotlivých roztoků. Roztoky přeneste do krystalizačních misek a nechte vykristalizovat. Zvažte výtěžek vzniklé modré skalice. Vypočítejte hmotnostní zlomek vzniklého pentahydrátu síranu měďnatého a výtěžnost rekrystalizace.
Chemikálie:	destilovaná voda, modrá skalice
Pomůcky:	kádinka (4 ks), krystalizační miska, tyčinka, (magnetická míchačka), lžička
Úkoly:	1) vypočítejte hmotnost pentahydrátu modré skalice, potřebné k přípravě roztoků o zadaných koncentracích 2) rekrystalizujte vzniklé roztoky 3) vypočítejte hmotnostní zlomky pentahydrátu síranu měďnatého ve všech roztocích a výtěžnost rekrystalizace

Metodické poznámky pro učitele

Vzdělávací cíl: žák zapíše chemickou reakci chemickou rovnicí a vyčíslí ji, provádí jednoduché chemické výpočty při řešení praktických úkolů, žák vypočítá složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák připraví roztok uvedeného složení, žák vypočítá látkovou koncentraci

Výpočty potřebné k provedení pokusu:

$$M_{CuSO_4 \times 5H_2O} = 63,55 + 32,06 + 4 \times 16 + 5 \times 18 = 249,61 \text{ g/mol}$$

$$c_1 = 1 \text{ M}$$

$$c_2 = \frac{1}{2} \text{ M}$$

$$c_3 = \frac{1}{4} \text{ M}$$

$$c_4 = \frac{1}{8} \text{ M}$$

$$V_1 = 20 \text{ ml} = 0,02 \text{ l}$$

Vyjádření vztahu pro výpočet hmotnosti modré skalice, potřebné k výrobě roztoku:

$$c = \frac{n}{V} \rightarrow c = \frac{\frac{m}{M}}{V} \rightarrow c = \frac{m}{M \times V} \rightarrow m = c \times M \times V$$

$$c_1 = 1 \text{ M}$$

$$V_1 = 20 \text{ ml} = 0,02 \text{ l}$$

$$M_{CuSO_4 \times 5H_2O} = 63,55 + 32,06 + 4 \times 16 + 5 \times 18 = 249,61 \text{ g/mol}$$

$$m_1 = ? \text{ g}$$

$$m_1 = c \times M \times V$$

$$m_1 = 1 \times 249,61 \times 0,02$$

$$m_1 = 4,99 \text{ g}$$

Pro přípravu roztoku o koncentraci 1 M a objemu 20 ml je potřeba přidat 4,99 gramů modré skalice.

Abychom vytvořili roztoky s koncentrací $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{8}$ ku koncentraci původní vytvoříme si ještě jednou 20 ml 1 M roztoku a budeme jej ředit na požadovanou koncentraci.

Roztok o koncentraci $\frac{1}{2}$ bude obsahovat 10 ml roztoku modré skalice a 10 ml vody.

Roztok o koncentraci $\frac{1}{4}$ bude obsahovat 5 ml roztoku modré skalice a 15 ml vody.

Roztok o koncentraci $\frac{1}{8}$ bude obsahovat 2,5 ml roztoku modré skalice a 17,5 ml vody.

Vyjádření vztahu pro výpočet hmotnostního zlomku modré skalice v roztoku:

$$w = \frac{m_l}{m_{\odot}}$$

m_l je hmotnost modré skalice (navážky)

$m_{\odot}$ je hmotnost celého roztoku (součet hmotnosti rozpouštědla a rozpuštěné látky)

1) První roztok by měl obsahovat přibližně 4,99 gramů modré skalice.

$$w = \frac{m_l}{m_{\odot}}$$
$$w = \frac{4,99}{24,99} = 0,1996$$

V roztoku o objemu 20 ml a koncentraci 1 M je modrá skalice zastoupena v hmotnostním procentu 19,9 %.

$$2) \quad c_2 = \frac{1}{2} \text{ M}$$

$$V_1 = 20 \text{ ml} = 0,02 \text{ l}$$

$$M_{\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}} = 63,55 + 32,06 + 4 \times 16 + 5 \times 18 = 249,61 \text{ g/mol}$$

$$m_2 = ? \text{ g}$$

$$m_2 = c \times M \times V$$

$$m_2 = \frac{1}{2} \times 249,61 \times 0,02$$

$$m_2 = 2,49 \text{ g}$$

Druhý roztok by měl obsahovat přibližně 2,49 gramů modré skalice.

$$w = \frac{m_l}{m_{\odot}}$$

$$w = \frac{2,49}{22,49} = 0,1107$$

V roztoku o objemu 20 ml a koncentraci $\frac{1}{2}$ M je modrá skalice zastoupena v hmotnostním procentu 11,07 %.

$$3) \quad c_3 = \frac{1}{4} \text{ M}$$

$$V_1 = 20 \text{ ml} = 0,02 \text{ l}$$

$$M_{\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}} = 63,55 + 32,06 + 4 \times 16 + 5 \times 18 = 249,61 \text{ g/mol}$$

$$m_3 = ? \text{ g}$$

$$m_3 = c \times M \times V$$

$$m_3 = \frac{1}{4} \times 249,61 \times 0,02$$

$$m_3 = 1,24 \text{ g}$$

Třetí roztok by měl obsahovat přibližně 1,24 gramů modré skalice.

$$w = \frac{m_l}{m_{\odot}}$$

$$w = \frac{1,24}{21,24} = 0,0583$$

V roztoku o objemu 20 ml a koncentraci $\frac{1}{4}$ M je modrá skalice zastoupena v hmotnostním procentu 5,83 %.

$$4) \quad c_4 = \frac{1}{8} \text{ M}$$

$$V_1 = 20 \text{ ml} = 0,02 \text{ l}$$

$$M_{\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}} = 63,55 + 32,06 + 4 \times 16 + 5 \times 18 = 249,61 \text{ g/mol}$$

$$m_4 = ? \text{ g}$$

$$m_4 = c \times M \times V$$

$$m_4 = \frac{1}{8} \times 249,61 \times 0,02$$

$$m_4 = 0,62 \text{ g}$$

Čtvrtý roztok by měl obsahovat přibližně 0,62 gramů modré skalice.

$$w = \frac{m_l}{m_{\odot}}$$

$$w = \frac{0,62}{20,62} = 0,0300$$

V roztoku o objemu 20 ml a koncentraci $\frac{1}{8}$ M je modrá skalice zastoupena v hmotnostním procentu 3,00 %.

Výpočty potřebné po dokončení pokusu:

Vyjádření vztahu pro výpočet výtěžnosti rekrystalizace:

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = \frac{\text{reálný výtěžek}}{\text{teoretickému výtěžku}} \times 100 \%$$

- 1) Teoretický výtěžek roztoku o koncentraci 1 M a objemu 20 ml je 4,99 gramů modré skalice. Rekrystalizací vzniklo 4,2 gramů modré skalice.

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = \frac{4,2}{4,99} \times 100 \%$$

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = 84,1 \%$$

- 2) Teoretický výtěžek roztoku o koncentraci $\frac{1}{2}$ M a objemu 20 ml a je 2,49 gramů modré skalice. Rekrystalizací vzniklo 2,1 gramů modré skalice.

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = \frac{2,1}{2,49} \times 100 \%$$

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = 84,3 \%$$

- 3) Teoretický výtěžek roztoku o koncentraci $\frac{1}{4}$ M a objemu 20 ml a je 1,24 gramů modré skalice. Rekrystalizací vzniklo 1,0 gramů modré skalice.

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = \frac{1,0}{1,24} \times 100 \%$$

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = 80,6 \%$$

- 4) Teoretický výtěžek roztoku o koncentraci $\frac{1}{8}$ M a objemu 20 ml a je 0,62 gramů modré skalice. Rekrystalizací vzniklo 0,5 gramů modré skalice.

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = \frac{0,5}{0,62} \times 100 \%$$

$$\text{výtěžnost rekrystalizace} = 80,6 \%$$

Postřehy a poznámky:

Tento pokus vyžaduje delší časovou dotaci. Volná krystalizace tohoto množství roztoku trvala přibližně 4 dny. Po 4 dnech byl roztok krásně vykryštalizován a nebyla v něm přítomná voda.

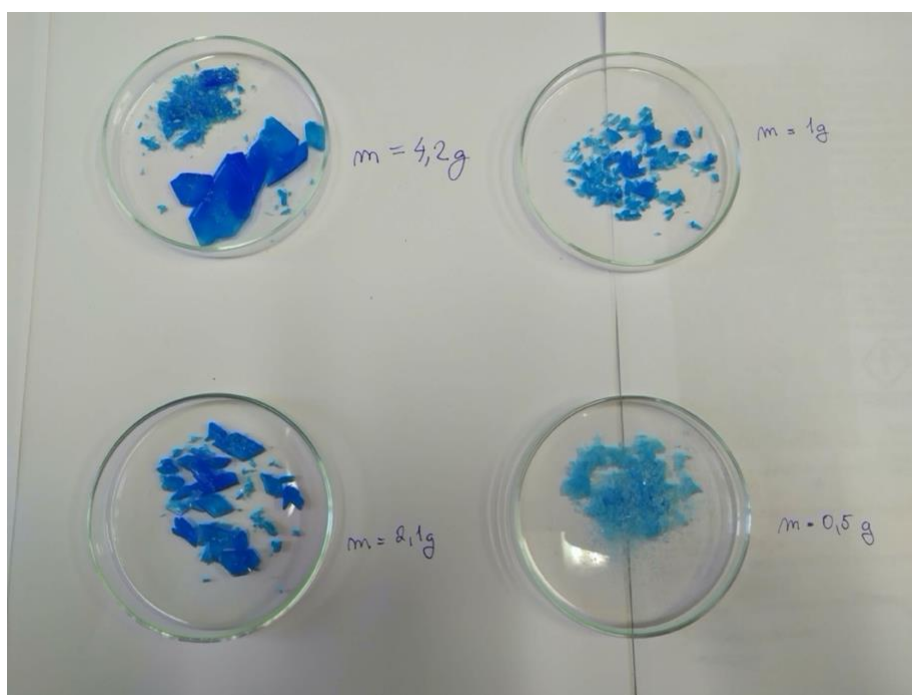
Časová náročnost (včetně času potřebného k vypočítání chemických výpočtů): 4 dny

Pozorování:

Na Obrázku 6 můžeme vidět roztoky modré skalice o požadovaných koncentracích připravené na volnou krystalizaci. Na Obrázku 7 pak můžeme vidět modrou skalici po provedené rekrystalizaci společně s hmotností produktu.



Obrázek 6: Roztoky modré skalice před krystalizací



Obrázek 7: Vykrytalizovaná modrá skalice

2.4 Pokus č. 4: Příprava chloridu měďnatého

Zadání laboratorní úlohy

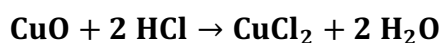
Název pokusu:	Příprava 3 gramů chloridu měďnatého
Postup:	Na přípravu 3 gramů chloridu měďnatého si navažte potřebné množství oxidu měďnatého a změřte si potřebný objem 15% kyseliny chlorovodíkové. Oxid měďnatý rozpustíte v kyselině chlorovodíkové za stálého míchání na vodní odpařovací lázni tak, aby se všechna měď rozpustila. Vzniklý roztok přefiltrujte přes filtrační papír a následně přeneste do porcelánové misky a vložte na vodní odpařovací lázeň. Za stálého míchání odpařte na vodní odpařovací lázni veškerou vodu. Krystalky přemístěte na Petriho misku a dosušte. Zvažte produkt. Pracovní postup provádějte v digestoři.
Chemikálie:	kyselina chlorovodíková, oxid měďnatý, destilovaná voda
Pomůcky:	lodička, lžička, porcelánová miska, vodní odpařovací lázeň, tyčinka, kádinka, vaříč, nálevka, filtrační papír, stojan, kruhový držák na nálevku, vodní odpařovací lázeň, Petriho miska
Úkoly:	1) запиšte a vyčíslete rovnici chemické reakce oxidu měďnatého a kyseliny chlorovodíkové 2) vypočítejte hmotnost oxidu měďnatého a kyseliny chlorovodíkové k přípravě 3 gramů chloridu měďnatého 3) vypočítejte výtěžnost reakce

Metodické poznámky pro učitele

Vzdělávací cíl: žák zapíše chemickou reakci chemickou rovnicí a vyčíslí ji, provádí jednoduché chemické výpočty při řešení praktických úkolů, žák vypočítá složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák připraví roztok uvedeného složení, žák vypočítá látkové množství

Výpočty potřebné k provedení pokusu:

Rovnice reakce oxidu měďnatého a kyseliny chlorovodíkové:



$$m_{\text{CuCl}_2} = 3,0 \text{ g}$$

$$M_{\text{CuCl}_2} = 63,546 + 2 \times 35,453 = 134,452$$

$$n_{\text{CuCl}_2} = ? \text{ mol}$$

$$m_{\text{CuCl}_2} = n_{\text{CuCl}_2} \times M_{\text{CuCl}_2}$$

$$n_{\text{CuCl}_2} = 0,0223 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = 2 \times n_{\text{CuCl}_2} = 0,0446 \text{ mol}$$

$$M_{\text{HCl}} = 35,453 + 1 = 36,453$$

$$\rho = 1,19 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$$

$$V_{\text{HCl}} = ? \text{ l}$$

$$m_{\text{HCl}} = n_{\text{HCl}} \times M_{\text{HCl}}$$

$$m_{\text{HCl}} = 0,0446 \times 35,453$$

$$m_{\text{HCl}} = 1,58 \text{ g}$$

$$V_{\text{HCl}} = \frac{m_{\text{HCl}}}{\rho}$$

$$V_{\text{HCl}} = \frac{1,58}{1,19}$$

$$V_{\text{HCl}} = 1,32 \text{ cm}^3$$

$$\begin{array}{l} \uparrow \\ 100 \% \dots\dots\dots 1,32 \text{ cm}^3 \\ 35 \% \dots\dots\dots x \text{ cm}^3 \end{array}$$

$$\frac{1 \times 1,32}{x} = 0,35$$

$$x = \frac{1 \times 1,32}{0,35} = 3,77 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{HCl}} = 3,77 \text{ cm}^3$$

$$\begin{array}{r}
 \uparrow \quad 35 \% \dots\dots\dots 3,77 \text{ cm}^3 \quad \downarrow \\
 \underline{15 \% \dots\dots\dots x \text{ cm}^3} \\
 \frac{1 \times 3,77}{x} = 0,15 \\
 x = \frac{1 \times 3,77}{0,15} = 8,8 \text{ cm}^3 \\
 V_{\odot} = 8,8 \text{ cm}^3
 \end{array}$$

Abychom získali potřebné množství 15 % kyseliny chlorovodíkové naředíme 3,77 ml 35 % kyseliny chlorovodíkové destilovanou vodou na objem 8,8 ml.

Hmotnost oxidu měďnatého:

$$M_{\text{CuO}} = 63,546 + 16 = 79,546$$

$$n_{\text{CuO}} = 0,0223 \text{ mol}$$

$$m_{\text{CuO}} = ? \text{ g}$$

$$\begin{array}{l}
 m_{\text{CuO}} = n_{\text{CuO}} \times M_{\text{CuO}} \\
 m_{\text{CuO}} = 1,77 \text{ g}
 \end{array}$$

Výpočty potřebné po dokončení pokusu:

Vyjádření vztahu pro výpočet výtěžnost:

$$\begin{array}{l}
 \text{výtěžnost} = \frac{\text{reálný výtěžek}}{\text{teoretickému výtěžku}} \times 100 \% \\
 \text{výtěžnost} = \frac{2,7}{3} \times 100 \% \\
 \text{výtěžnost} = 90 \%
 \end{array}$$

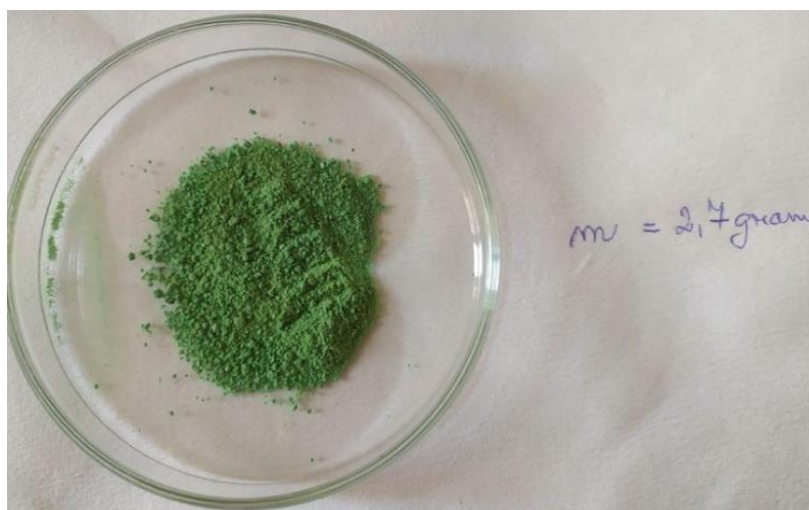
Výtěžnost reakce oxidu měďnatého a kyseliny chlorovodíkové byla 90 %.

Postřehy a poznámky:

Odpařování na vodní odpařovací lázni vyžaduje delší časovou dotaci. Samotné odpařování trvá přibližně třičtvrtě hodiny. Výtěžnost této reakce byla 90 %. Produktem této reakce je zelený dihydrát chloridu měďnatého.

Časová náročnost (včetně času potřebného k vypočítání chemických výpočtů): 2 vyučovací hodiny

Pozorování:



Obrázek 8: Vzniklý dihydrát chloridu měďnatého

2.5 Pokus č. 5: Jaká bude hodnota pH?

2.5.1 Jaká bude hodnota pH kyseliny?

Zadání laboratorní úlohy

Název pokusu:	Jaká bude hodnota pH kyseliny?
Postup:	Na laboratorním stole máte v kádince připraveno 20 ml roztoku kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 0,01 M. Vaším úkolem je vypočítat pH daného roztoku a ověřit jej pomocí pH papírku.
Chemikálie:	roztok kyseliny chlorovodíkové
Pomůcky:	pH papírek, kádinka s roztokem
Úkoly:	1) vypočítejte pH roztoku 2) ověřte pH roztoku pomocí pH papírku

Metodické poznámky pro učitele

Vzdělávací cíl: žák vypočítá složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák připraví roztok uvedeného složení, žák vypočítá pH vodných roztoků silných kyselin a zásad

Výpočty potřebné k provedení pokusu:

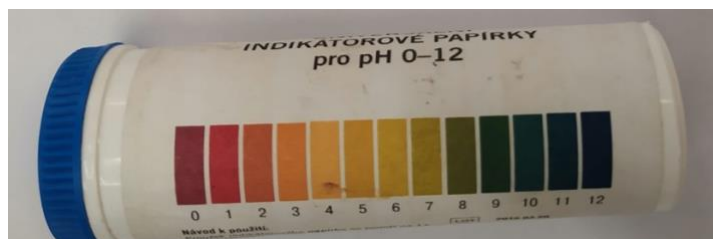
$$c_{\text{HCl}} = 0,01 \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log c$$

$$\text{pH} = -\log 0,01$$

$$\text{pH} = 2$$

Po nakapání kyseliny chlorovodíkové by měl pH papírek přejít do barvy mezi červenou a oranžovou, která, jak vidíme na Obrázku 9, odpovídá hodnotě pH 2.



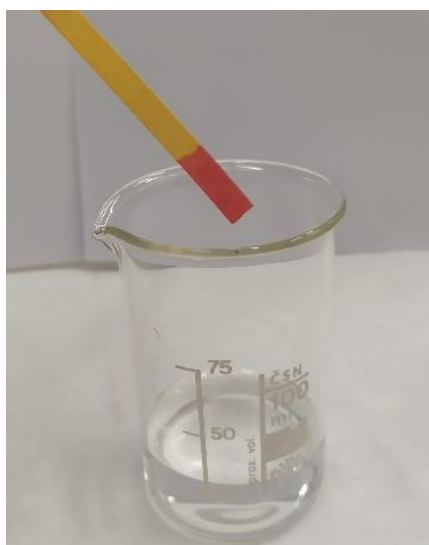
Obrázek 9: pH stupnice pro univerzální pH papírky

Postřehy a poznámky:

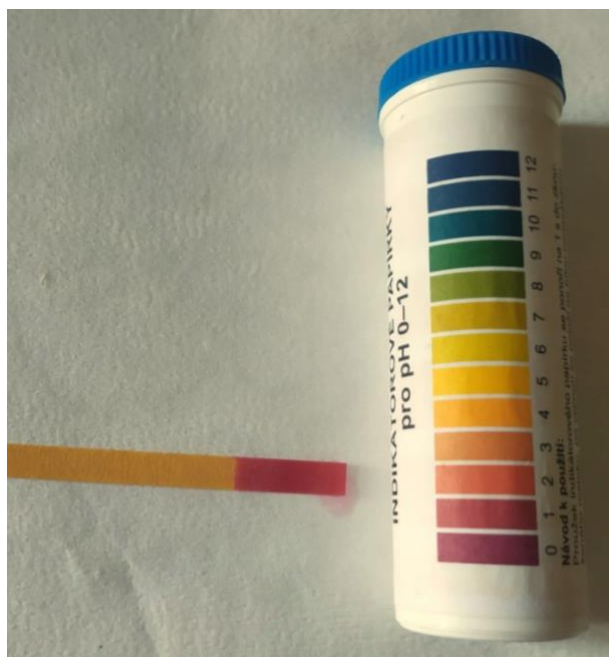
K přípravě 20 ml kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 0,01 M je potřeba 6 mililitrů 10% kyseliny chlorovodíkové a 14 ml vody. Přesnější měření je s pH metrem.

Časová náročnost (včetně času potřebného k vypočítání chemických výpočtů): 20 minut

Pozorování:



Obrázek 10: Roztok kyseliny chlorovodíkové



Obrázek 11: Porovnání zabarvení pH vzniklého roztoku kyseliny chlorovodíkové s pH stupnicí

2.5.2 Jaká bude hodnota pH zásady?

Zadání laboratorní úlohy

Název pokusu:	Jaká bude hodnota pH zásady?
Postup:	Na laboratorním stole máte v kádince připraveno 40 ml roztoku hydroxidu draselného o koncentraci 0,0025 M. Vaším úkolem je vypočítat pH daného roztoku a ověřit jej pomocí pH papírku.
Chemikálie:	roztok hydroxidu draselného
Pomůcky:	pH papírek, kádinka s roztokem
Úkoly:	1) vypočítejte pH roztoku 2) ověřte pH roztoku pomocí pH papírku

Metodické poznámky pro učitele

Vzdělávací cíl: žák vypočítá složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák připraví roztok uvedeného složení, žák vypočítá pH vodných roztoků silných kyselin a zásad

Výpočty potřebné k provedení pokusu:

$$c_{\text{NaOH}} = 0,0025 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pOH} = -\log c$$

$$\text{pOH} = -\log 0,0025$$

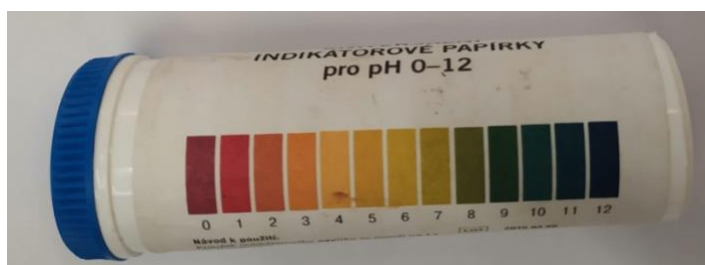
$$\text{pOH} = 2,60$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pH} = 14 - 2,60$$

$$\text{pH} = 11,4$$

PH papírek by měl po nakapání hydroxidu draselného přejít do modré barvy, která jak vidíme na Obrázku 12 odpovídá hodnotě pH 11.



Obrázek 12: pH stupnice pro univerzální pH papírky

Postřehy a poznámky:

Vzhledem k velice nízké koncentraci je vhodné připravit větší množství (1 litr) roztoku hydroxidu draselného, který připravíme smícháním 1 litru destilované vody a 0,14 gramů hydroxidu draselného, díky tomu může mít 25 žáků svojí vlastní kádinku se vzorkem.

Časová náročnost (včetně času potřebného k vypočítání chemických výpočtů): 20 minut

Pozorování:



Obrázek 13: Roztok hydroxidu draselného



Obrázek 14: Porovnání zabarvení pH vzniklého roztoku hydroxidu draselného s pH stupnicí

2.6 Pokus č. 6: Vytvořte roztok o dané hodnotě pH

Zadání laboratorní úlohy

Název pokusu:	Vytvořte roztok o dané hodnotě pH
Postup:	Připravte 1 dm ³ roztoku hydroxidu sodného, jehož pH bude mít hodnotu 11. Vypočítejte hmotnost potřebného hydroxidu sodného, připravte roztok o daném pH a pomocí pH papírku ověřte.
Chemikálie:	hydroxid sodný, destilovaná voda
Pomůcky:	pH papírek, kádinka, lžička, laboratorní váhy
Úkoly:	1) vypočítejte koncentraci roztoku a potřebnou navážku k jeho přípravě 2) ověřte pH roztoku pomocí pH papírku

Metodické poznámky pro učitele

Vzdělávací cíl: žák vypočítá složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák připraví roztok uvedeného složení, žák vypočítá látkovou koncentraci a vypočítá pH vodných roztoků silných kyselin a zásad

Výpočty potřebné k provedení pokusu:

$$\text{pH} = 11$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$11 = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pOH} = 3$$

$$\text{pOH} = -\log c$$

$$3 = -\log c$$

$$c = 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Nyní známe koncentraci roztoku a jeho objem, stačí nám tedy dopočítat, kolik gramů hydroxidu sodného musíme do vody přidat, aby nám vznikl roztok s požadovaným pH.

$$M_{\text{NaOH}} = 22,99 + 16 + 1 = 39,99 \text{ g/mol}$$

$$V = 1 \text{ l}$$

$$c = 10^{-3} \text{ M}$$

$$m = c \times M \times V$$

$$m = 10^{-3} \times 39,99 \times 1$$

$$m = 0,3999 \text{ g}$$

K vytvoření 1 l roztoku hydroxidu sodného o pH 11 je potřeba 0,3999 gramů hydroxidu sodného. Po nakapání hydroxidu sodného by měl pH papírek přejít do modré barvy, která odpovídá hodnotě pH 11 (viz Obrázek 15).



Obrázek 15: pH stupnice pro univerzální pH papírky

Časová náročnost (včetně času potřebného k vypočítání chemických výpočtů): 30 minut

Pozorování:



Obrázek 16: Roztok hydroxidu sodného



Obrázek 17: Porovnání zabarvení pH vzniklého roztoku hydroxidu sodného s pH stupnicí

2.7 Pokus č. 7: Změny pH při titraci

Zadání laboratorní úlohy

Název pokusu:	Změny pH při titraci
Postup:	Do 25 ml roztoku kyseliny chlorovodíkové o koncentraci 0,5 M postupně přidávejte stejně koncentrovaný roztok hydroxidu draselného, kterého budete potřebovat 35 ml. Vypočítejte pH po přidání 0 ml, 22 ml, 25 ml, 28 ml a 35 ml hydroxidu draselného ke kyselině chlorovodíkové. Nakreslete bodový graf a ověřte výpočty pomocí pH papírku.
Chemikálie:	hydroxid draselný, kyselina chlorovodíková
Pomůcky:	baňka 500 ml (2 ks), nálevka, tyčinka, dělicí nálevka, laboratorní stojan, pH papírku
Úkoly:	1) vypočítejte hmotnost hydroxidu draselného potřebného k výrobě roztoku o koncentraci 0,5 M a objemu 35 ml 2) запиšte rovnici chemické reakce hydroxidu draselného s kyselinou chlorovodíkovou a vyčíslete ji 3) vypočítejte pH roztoku po přidání 0 ml, 22 ml, 25 ml, 28 ml a 35 ml hydroxidu draselného do kyseliny chlorovodíkové 4) sestrojte graf závislosti pH na přidávání objemu titračního činidla

Metodické poznámky pro učitele

Vzdělávací cíl: žák zapíše chemickou reakci chemickou rovnicí a vyčíslí ji, provádí jednoduché chemické výpočty při řešení praktických úkolů, žák vypočítá složení roztoku a úpravu složení roztoku a žák připraví roztok uvedeného složení, žák vypočítá látkovou koncentraci a vypočítá pH vodných roztoků silných kyselin a zásad

Výpočty potřebné k provedení pokusu:

Pro provedení pokusu si nejprve musíme spočítat, jakou hmotnost hydroxidu draselného musíme rozpustit ve vodě, aby nám vznikl roztok a požadovaném objemu a koncentraci.

Vyjádření vztahu pro výpočet hmotnosti hydroxidu draselného, potřebného k výrobě roztoku:

$$c = \frac{n}{V} \rightarrow c = \frac{\frac{m}{M}}{V} \rightarrow c = \frac{m}{M \times V} \rightarrow m = c \times M \times V$$

$$M_{KOH} = 39,1 + 16 + 1 = 56,1 \text{ g/mol}$$

$$V = 35 \text{ ml} = 0,035 \text{ l}$$

$$c = 0,5 \text{ M}$$

$$m = ? \text{ g}$$

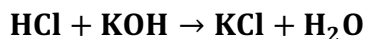
$$m_1 = c \times M \times V$$

$$m_1 = 0,5 \times 56,1 \times 0,035$$

$$m_1 = 0,98175 \text{ g}$$

K přípravě 35 ml 0,1 M roztoku budeme potřebovat 0,98175 gramů hydroxidu draselného.

Výpočty pH po přidání 0 ml, 22 ml, 25 ml, 28 ml a 35 ml hydroxidu draselného ke kyselině chlorovodíkové:



Smícháním silné kyseliny a silné zásady nám vzniká sůl a voda, naším úkolem nejprve bude vypočítat, jaká je hodnota pH samotné kyseliny a následně, jak se hodnota pH mění v závislosti na přidaném množství hydroxidu. Při počítání a mísení zanedbáváme objemovou kontrakci.

$$1) \ c_{\text{HCl}} = 0,5 \text{ M}$$

$$pH = -\log c$$

$$pH = -\log 0,5$$

$$pH = 0,301$$

2) Přidání 22 ml roztoku hydroxidu draselného do 25 ml roztoku kyseliny chlorovodíkové

$$V_{HCl} = 25 \text{ ml} = 0,025 \text{ l}$$

$$V_{KOH} = 22 \text{ ml} = 0,022 \text{ l}$$

$$c_{KOH} = c_{HCl} = 0,5 \text{ M}$$

$$c = \frac{n}{V} \rightarrow n = c \times V$$

$$n_{HCl} = c_{HCl} \times V_{HCl}$$

$$n_{KOH} = c_{KOH} \times V_{KOH}$$

$$n_{HCl} = 0,5 \times 0,025$$

$$n_{KOH} = 0,5 \times 0,022$$

$$n_{HCl} = 12,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{KOH} = 11 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$V_{\odot} = V_{KOH} + V_{HCl}$$

$$V_{\odot} = 0,022 + 0,025$$

$$V_{\odot} = 0,047 \text{ ml} = 47 \times 10^{-3} \text{ ml}$$

Po přidání 5 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové bude reagovat pouze její část a pro látkové množství nezreagované kyseliny chlorovodíkové tedy platí:

$$n_{\odot} = n_{HCl} - n_{KOH}$$

$$n_{\odot} = 12,5 \times 10^{-3} - 11 \times 10^{-3} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Máme látkové množství roztoku, které vznikne po smíchání 22 ml hydroxidu draselného a 25 ml kyseliny chlorovodíkové. Abychom vypočítali pH je potřeba znát koncentraci H_3O^+ iontů.

$$c_{\odot} = \frac{n_{\odot}}{V_{\odot}}$$

$$c_{\odot} = \frac{15 \times 10^{-4}}{47 \times 10^{-3}}$$

$$c_{\odot} = 0,0319 \text{ mol/dm}^3$$

Nyní využijeme vztah pro výpočet pH:

$$pH = -\log c_{\odot}$$

$$pH = -\log 0,0319$$

$$\text{pH} = 1,496$$

Po přidání 22 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové je $\text{pH} = 1,496$.

3) Přidání 25 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové

$$V_{\text{HCl}} = 25 \text{ ml} = 0,025 \text{ l}$$

$$V_{\text{KOH}} = 25 \text{ ml} = 0,025 \text{ l}$$

$$c_{\text{KOH}} = c_{\text{HCl}} = 0,5 \text{ M}$$

$$c = \frac{n}{V} \rightarrow n = c \times V$$

$$n_{\text{HCl}} = c_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}}$$

$$n_{\text{KOH}} = c_{\text{KOH}} \times V_{\text{KOH}}$$

$$n_{\text{HCl}} = 0,5 \times 0,025$$

$$n_{\text{KOH}} = 0,5 \times 0,025$$

$$n_{\text{HCl}} = 12,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{KOH}} = 12,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$V_{\odot} = V_{\text{KOH}} + V_{\text{HCl}}$$

$$V_{\odot} = 0,025 + 0,025$$

$$V_{\odot} = 0,050 \text{ ml} = 50 \times 10^{-3} \text{ ml}$$

Po přidání 25 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové je dosaženo ekvivalence a $\text{pH} = 7$.

Poznámka:

V této fázi by žáci postupovali standardním způsobem, tzn. odečetli by od sebe látková množství a po odečtení by zjistili, že jim vyšla 0 a zde žáci ze znalostí z matematiky usoudí, že logaritmus není definován. Vyučující by měl vést žáky k jiné úvaze zaměřené na látkové množství H_3O^+ iontů a OH^- iontů v daném roztoku, kde jsou tato látková množství tudíž koncentrace shodná, podle iontového součinu vody je tedy $\text{pH} = 7$.

4) Přidání 28 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové

$$V_{\text{HCl}} = 25 \text{ ml} = 0,025 \text{ l}$$

$$V_{\text{KOH}} = 28 \text{ ml} = 0,028 \text{ l}$$

$$c_{\text{KOH}} = c_{\text{HCl}} = 0,5 \text{ M}$$

$$c = \frac{n}{V} \rightarrow n = c \times V$$

$$n_{\text{HCl}} = c_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}}$$

$$n_{\text{KOH}} = c_{\text{KOH}} \times V_{\text{KOH}}$$

$$n_{\text{HCl}} = 0,5 \times 0,025$$

$$n_{\text{KOH}} = 0,5 \times 0,028$$

$$n_{\text{HCl}} = 12,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{KOH}} = 14 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$V_{\odot} = V_{\text{KOH}} + V_{\text{HCl}}$$

$$V_{\odot} = 0,028 + 0,025$$

$$V_{\odot} = 0,053 \text{ ml} = 53 \times 10^{-3} \text{ ml}$$

Po přidání 28 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové. V roztoku je nyní více OH^- iontů a v závislosti na tom se nám mění i rozdíl látkového množství v roztoku.

$$n_{\odot} = n_{\text{KOH}} - n_{\text{HCl}}$$

$$n_{\odot} = 14 \times 10^{-3} - 12,5 \times 10^{-3} = 15 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Máme objem látkové množství roztoku, které vznikne po smíchání 26 ml hydroxidu draselného a 25 ml kyseliny chlorovodíkové. Abychom vypočítali pH je potřeba znát koncentraci H_3O^+ iontů.

$$c_{\odot} = \frac{n_{\odot}}{V_{\odot}}$$

$$c_{\odot} = \frac{15 \times 10^{-4}}{53 \times 10^{-3}}$$

$$c_{\odot} = 0,028 \text{ mol/dm}^3$$

Nyní využijeme vztah pro výpočet pOH

$$\text{pOH} = -\log c_{\odot}$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pOH} = -\log 0,028$$

$$\text{pH} = 14 - 1,55$$

$$\text{pOH} = 1,55$$

$$\text{pH} = 12,45$$

Po přidání 28 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové je pH 12,45.

5) Přidání 35 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové

$$V_{\text{HCl}} = 25 \text{ ml} = 0,025 \text{ l}$$

$$V_{\text{KOH}} = 35 \text{ ml} = 0,035 \text{ l}$$

$$c_{\text{KOH}} = c_{\text{HCl}} = 0,5 \text{ M}$$

$$c = \frac{n}{V} \rightarrow n = c \times V$$

$$n_{\text{HCl}} = c_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}}$$

$$n_{\text{KOH}} = c_{\text{KOH}} \times V_{\text{KOH}}$$

$$n_{\text{HCl}} = 0,5 \times 0,025$$

$$n_{\text{KOH}} = 0,5 \times 0,035$$

$$n_{\text{HCl}} = 12,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{KOH}} = 17,5 \times 10^{-3}$$

$$V_{\odot} = V_{\text{KOH}} + V_{\text{HCl}}$$

$$V_{\odot} = 0,035 + 0,025$$

$$V_{\odot} = 0,060 \text{ ml} = 60 \times 10^{-3} \text{ ml}$$

Po přidání 35 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové. V roztoku je nyní více OH^- iontů a v závislosti na tom se nám mění i rozdíl látkového množství v roztoku.

$$n_{\odot} = n_{\text{KOH}} - n_{\text{HCl}}$$

$$n_{\odot} = 17,5 \times 10^{-3} - 12,5 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Máme objem látkové množství roztoku, které vznikne po smíchání 35 ml hydroxidu draselného a 25 ml kyseliny chlorovodíkové. Abychom vypočítali pH je potřeba znát koncentraci H_3O^+ iontů.

$$c_{\odot} = \frac{n_{\odot}}{V_{\odot}}$$

$$c_{\odot} = \frac{5 \times 10^{-3}}{60 \times 10^{-3}}$$

$$c_{\odot} = 0,083\bar{3} \text{ mol/dm}^3$$

Nyní využijeme vztah pro výpočet pOH

$$\text{pOH} = -\log c_{\odot}$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pOH} = -\log 0,083\bar{3}$$

$$\text{pH} = 14 - 1,079$$

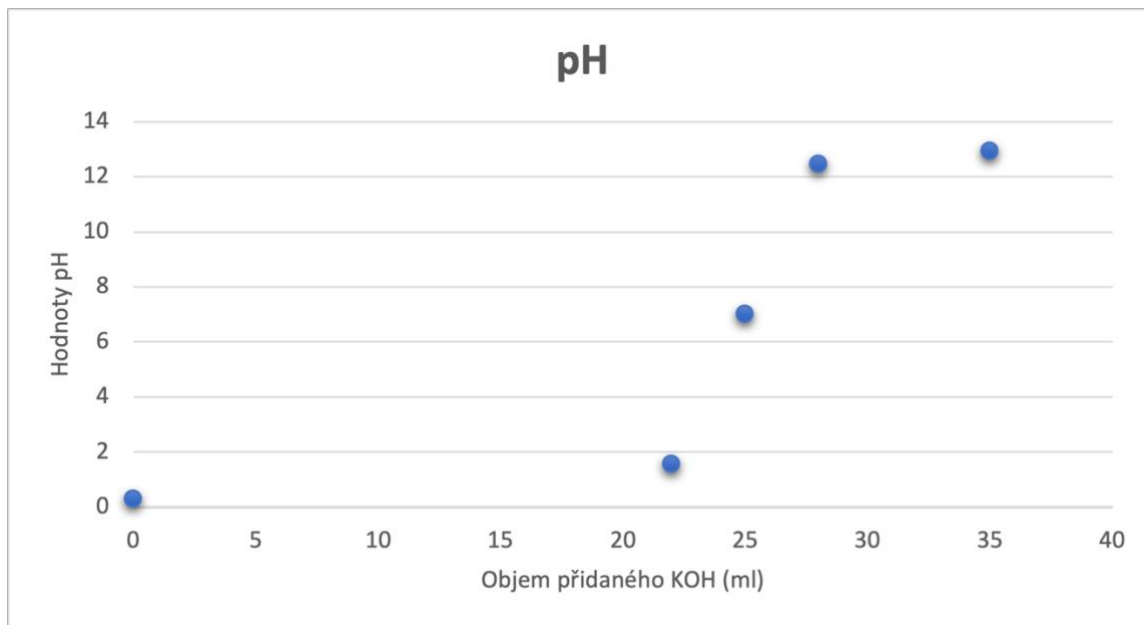
$$\text{pOH} = 1,079$$

$$\text{pH} = 12,921$$

Po přidání 35 ml hydroxidu draselného do 25 ml kyseliny chlorovodíkové je $\text{pH} = 12,921$.

Graf:

Žáci na základě výpočtu 5 hodnot pH sestaví bodový graf (viz Obrázek 18), který bude obsahovat 5 vypočtených hodnot (bude obsahovat 5 bodů). Společně s učitelem následně dokreslí titrační křivku.



Obrázek 18: Bodový graf závislosti pH na postupném přidávání hydroxidu draselného do kyseliny chlorovodíkové

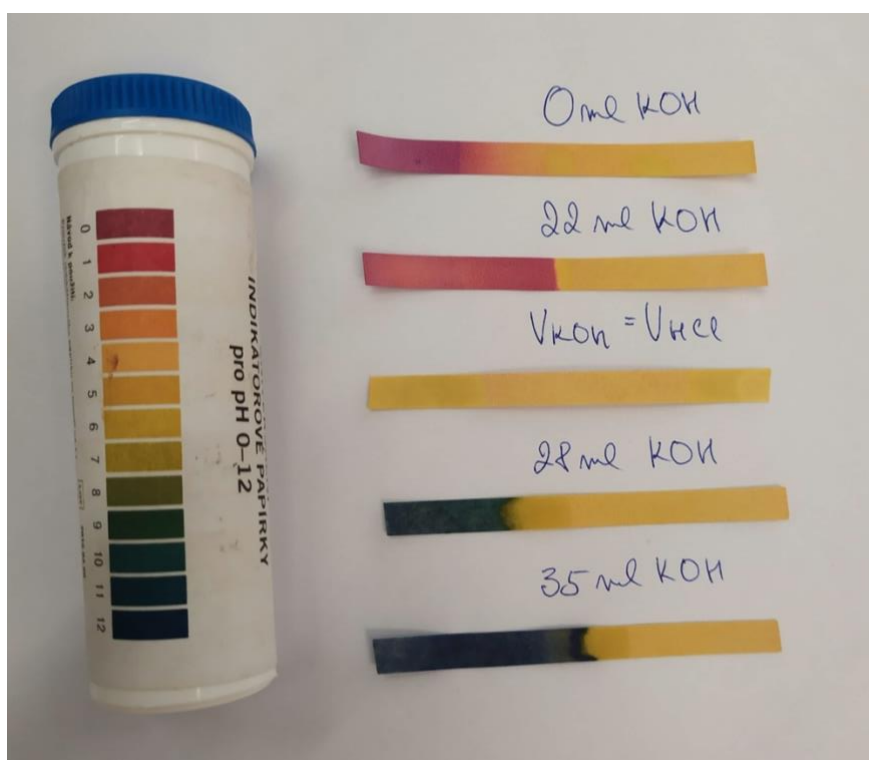
Naše výpočty ověříme pomocí postupného přidávání hydroxidu draselného do kyseliny chlorovodíkové a měřením pomocí pH papírku.

Postřehy a poznámky:

Kvůli nepřesnostem ve vážení je vhodné si připravit 5% nadbytek roztoku hydroxidu draselného.

Časová náročnost (včetně času potřebného k vypočítání chemických výpočtů): 2 vyučovací hodiny

Pozorování:



Obrázek 19: Porovnání zabarvení pH po přidání jednotlivých objemů roztoku hydroxidu draselného

3 Závěr

Jak již bylo zmíněno výše, chemické výpočty nejsou ve výuce chemie příliš oblíbeným tématem (Rusek & Škoda, 2014; Rychtera et al., 2019). Na základě tohoto zjištění byly „*Chemické pokusy jako prostředky výuky chemických výpočtů na středních školách*“ zvoleny jako téma bakalářské práce. Hlavním cílem této práce bylo navrhnout a odladit chemické pokusy, které jsou zaměřeny na výuku chemických výpočtů na středních školách.

Teoretická část této bakalářské práce se zabývá naplněním dvou dílčích cílů. Prvním dílčím cílem byla analýza Rámcových vzdělávacích programů pro výuku chemických výpočtů na středních školách a následné komparace s vybranými školními vzdělávacími programy na jednotlivých školách včetně jejich vzájemného porovnání a analýza vybraných učebnic. První dílčí cíl je v teoretické části rozdělen do třech hlavních kapitol. Druhým dílčím cílem bylo vyhotovení přehledu chemických výpočtů pro výuku na středních školách, který byl vyhotoven na základě očekávaných výstupů ze školních vzdělávacích programů a který je rozdělen do pěti jednotlivých podkapitol.

V praktické části bakalářské práce bylo navrženo 7 chemických experimentů, které byly odzkoušeny v laboratoři. Následně byla praktická část zaslána RNDr. Veronice Machkové, Ph.D. z Univerzity Hradec Králové, která se věnuje didaktice chemie a která byla požádána o odborný posudek. Po obdržení odborného posudku došlo k úpravám a zapracování připomínek. Všechny pokusy mají shodnou vizuální stránku rozdělenou na „*Zadání laboratorní úlohy*“ pro žáky a „*Metodické poznámky pro učitele*“ pro vyučující. Každý experiment je následně doplněn o fotodokumentaci a postřehy z realizace jednotlivých pokusů.

Bakalářská práce může sloužit učitelům při výuce chemických výpočtů na střední škole, kdy prostřednictvím praktické výuky za využití žákovských chemických pokusů může podpořit u žáků zájem o chemické výpočty. Navazující výzkum by se mohl zaměřit na praktické ověření a optimalizaci navržených chemických pokusů ve výuce chemických výpočtů na vybraných středních školách.

Literatura

- Benešová, M., & Satrapová, H. (2002). *Odmaturuj! Z chemie*. Didaktis.
- Bojkovský, M., Míka, L., & Šmejkal, P. (2009). *Chemické výpočty*. Otevřená věda. https://www.otevrenaveda.cz/export/sites/otevrenaveda/.content/files/metodiky-laboratornich-cviceni/chemie/05_Chemicke-vypocty_web.pdf
- Břížd'ala, J. (2022). *Směsi*. E-CHEMBOOK.EU: Multimediální učebnice chemie pro gymnázia. <http://e-chembook.eu/smesi>
- Burewicz, A. (2002). *Dydaktyka Chemii*. Naukowe UAM.
- Burewicz, A., & Miranowicz N. (2002). Categorization of visualization tools in aspects of chemical research and education. *International Journal of Quantum Chemistry*, 88(5), 549–563. <https://doi.org/10.1002/qua.10207>
- Cukrowska, E., Staskun, Mina G. & Schoeman, Hermanus S. (1999). Attitudes towards chemistry and their relationship to student achievement in introductory chemistry courses. *South African Journal of Chemistry*, 52(1), 8–14. https://hdl.handle.net/10520/AJA03794350_1832
- Český metrologický institut. (2018). *Nová definice základních jednotek SI*. ČMI. https://www.cmi.cz/redefinice_SI
- Čtrnáctová, H. (2000). *Chemické pokusy: pro školu a zájmovou činnost*. Prospektrum.
- Čtrnáctová, H., Vasilešská, M., & Klímová, H. (1991). *Úlohy ze středoškolské chemie: Pomocná kniha pro žáky středních škol a gymnázií*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Filipová, L. (2011). *Chemické pokusy s jednoduchými pomůckami* [Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci]. Theses.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. <https://theses.cz/id/ib9wv7/18022658>
- Frolíková, M. (2021). *Schopnost nastupujících studentů učitelství provádět chemické výpočty*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Cuni.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/171353/120408004.pdf?sequence=1>
- Gelová, E. (2017). *Výpočty ve výuce chemie (tvorba zajímavých úloh)*. [Diplomová práce, Masarykova Univerzita]. Muni.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. https://is.muni.cz/th/d9d5q/diplomova_prace_Gelova.pdf

Gymnázium Jiřího Ortena. (2016). *Školní vzdělávací program Gymnázium Jiřího Ortena*. <https://www.gymkh.cz/svp/>

Gymnázium Joachima Barranda Beroun. (2020). *Školní vzdělávací program Gymnázia Joachima Barranda Beroun pro čtyřleté studium KKOV 79-41-K/41 a vyšší stupeň osmiletého studia KKOV 79-41-K/81*. https://www.gymberoun.cz/uploads/web_files/dokumenty/svp/svp_joachim_cj_1986_2020.pdf

Gymnázium Kolín. (2017). *Školní vzdělávací program Gymnázium Kolín*. <https://www.gkolin.cz/index.php?p=3>

Horáková, A. (2021). *Efektivita uplatnění principu převrácené třídy v kurzu Chemické výpočty*. [Diplomová práce, Univerzita Karlova]. Cuni.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/150249/120395929.pdf?sequence=1>

Huvarová, M. (2010). *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích*. [Bakalářská práce, Univerzita Palackého v Olomouci]. Theses.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. <https://theses.cz/id/bmn3n5/110746-864158640.pdf>

Jagodziński, P., & Wolski, R. (2009). Types of real and virtual environment interaction in early science/chemistry education. In Bílek, M. (Ed.), *Interaction of real and virtual environment in early science education: tradition and challenges* (pp. 51–63). Gaudeamus Publishing House. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.2386&rep=rep1&type=pdf>

Klečka, M. (2011). *Teorie a praxe tvorby učebnic chemie pro střední školy*. [Disertační práce, Univerzita Karlova]. Cuni.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/35260/140005409.pdf?sequence=1>

Křížek, M., & Šíma, J. (2015). *Analytická chemie*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta.

Mareček, A., & Honza, J. (1998a). *Chemie pro čtyřletá gymnázia*. Nakladatelství Olomouc.

Mareček, A., & Honza, J. (1998b). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 2. díl*. Nakladatelství Olomouc.

Mareček, A., & Honza, J. (2000). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*. Nakladatelství Olomouc.

Mareček, A., & Honza, J. (2001). *Chemie: Sbírka příkladů: Pro studenty středních škol*. Proton.

Masarykova střední škola chemická. (2021). *Školní vzdělávací program aplikovaná chemie*. https://www.mssch.cz/upload/stories/Dokumenty/SVP/svp_2021.pdf

Mikulčák, J., Chatvát, J., Macháček, M., & Zemánek, F. (2007). *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. Prometheus.

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy. (2020). *RVP SOV*. <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-stredniho-odborneho-vzdelavani-rvp-sov/>

Mokrejšová, O. (2009). *Moderní výuka chemie*. Triton.

NÚV – Národní ústav pro vzdělávání. (2011). *Rámcové vzdělávací programy*. <http://www.nuv.cz/t/rvp>

Pachmann, E., & Hofmann, V. (1981). *Obecná didaktika chemie*. Státní pedagogické nakladatelství.

Plachá, M. (2011). *Aplikace matematických výpočtů v chemii*. [Diplomová práce, Masarykova Univerzita]. Muni.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. https://is.muni.cz/th/zxg36/M.Placha-Diplomova_prace.pdf

Pospíšilová, K. (2021). *Aktivizace žáků ve výuce chemie na základní škole v tématu Chemické rovnice a jejich vyčíslování*. [Bakalářská práce, Univerzita Karlova]. Cuni.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/125795/130301425.pdf?sequence=1>

Pumpr, V., & Beneš, P. (1982). *Názvosloví, výpočty a kvantitativní pokusy v chemii*. Státní pedagogické nakladatelství.

Rusek, M., & Škoda, J. (2014). Jak vnímají žáci jednotlivá témata z učiva chemie? *Biologie, chemie, zeměpis*, 23(1), 24–28.

Rusek, M., Slavík, J., & Najvar, P. (2017). Obsahová konstrukce a didaktické uplatnění přírodovědného edukačního experimentu ve výuce na příkladu chemie. *Orbis scholae*, 10(2), 71–91. <https://doi.org/10.14712/23363177.2017.3>

Rychtera, J., Bílek, M., Bártová, I., Chroustová, K., Kolář, K., Machková, V., Sloup, R., Šmídl, M., Štrofová, J., Votrubcová, Š., & Wolfová, R. (2019). *Kritická místa kurikula chemie na 2. Stupni základní školy I*. Západočeská univerzita v Plzni.

Sirotek, V., & Karlíček, J. (2005). *Chemické výpočty a názvosloví anorganických látek*. Západočeská univerzita v Plzni.

Solárová, M. (2011). *Domácí chemické pokusy*. Ostrava: OU.

- Střední zdravotnická škola Beroun. (2021). *Školní vzdělávací program zdravotnické lyceum*.
- Sýkorová, D., & Mastný, L. (2001). *Návody pro laboratoře z anorganické chemie*. Vysoká škola chemicko-technologická.
- Špalková, Z., & Vyskočilová, V. (2014). *Chemické výpočty*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno.
- Šrámek, V. (2000). *Obecná a anorganická chemie*. Nakladatelství Olomouc.
- Trhlíková, L. (2015). *Výpočtové úlohy v chemii*. [Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni]. Zcu.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce. <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/19706/1/Vypoctove%20ulohy%20v%20chemii.pdf>
- Trtílek, J., Hofmann, V., & Borovička, J. (1973). *Školní chemické pokusy*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Trtílek, J., Kršička, R., & Ondráček, J. (1979). *Chemie* (16. vyd.). Státní pedagogické nakladatelství.
- Vacík, J. (1986). *Obecná chemie*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Vacík, J., Barthová, J., Pacák, J., Strauch, B., Svobodová, M., & Zemánek, F. (1990). *Přehled středoškolské chemie*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Vacík, J., Barthová, J., Pacák, V., Strauch, B., Svobodová, M., & Zemánek, F. (1995). *Přehled středoškolské chemie* (3. vyd.). Státní pedagogické nakladatelství.
- VŠCHT. (2019). *Vyčíslování rovnic*. E-learning VŠCHT. <https://e-learning.vscht.cz/mod/page/view.php?id=13082>
- Výzkumný ústav pedagogický v Praze. (2007a). *RVP G*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze. <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>
- Výzkumný ústav pedagogický v Praze. (2007b). *Manuál pro tvorbu školních vzdělávacích programů na gymnáziích*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze. <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/G/9643/manual-pro-tvorbu-skolnich-vzdelavacich-programu-na-gymnaziich.html>
- Wichterle, K. (2010). Úvodník – Chemie zpupná a nenáviděná. *Chemické Listy*, 104(8). <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/1264>

Xu, X., & Lewis, J. E. (2011). Refinement of a chemistry attitude measure for college students. *Journal of Chemical Education*, 88(5), 561–568. <https://doi.org/10.1021/ed900071q>

Seznam tabulek

Tabulka 1: Chemické výpočty obsažené v jednotlivých ŠVP	16
Tabulka 2: Chemické výpočty obsažené v jednotlivých učebnicích	20
Tabulka 3: Vyčíslování reakce nitridu manganatého s vodou: první krok	30
Tabulka 4: Vyčíslování rovnice reakce nitridu manganatého s vodou: druhý krok	30
Tabulka 5: Vyčíslování rovnice reakce nitridu manganatého s vodou: třetí krok	31
Tabulka 6: Vyčíslování rovnice reakce nitridu manganatého s vodou: čtvrtý krok	31
Tabulka 7: Změna počtů elektronů v rovnici reakce siřičitanu draselného s kyselinou sírovou a dichromanem sodným	31
Tabulka 8: PH stupnice, upraveno dle (Vacík, 1986)	32
Tabulka 9: Dělení roztoků podle hodnoty pH, upraveno dle (Vacík et al., 1995)	32
Tabulka 10: Chemické výpočty v jednotlivých chemických pokusech	39

Seznam obrázků

Obrázek 1: Dělení směsí	25
Obrázek 2: Křížové pravidlo pro směřování roztoků	26
Obrázek 3: Roztok chloridu sodného s fluoresceinem	42
Obrázek 4: Roztok po přidání dusičnanu stříbrného	42
Obrázek 5: Reakce octa s uhličitánem vápenatým	45
Obrázek 6: Roztoky modré skalice před krystalizací	51
Obrázek 7: Vykrytalizovaná modrá skalice	51
Obrázek 8: Vzniklý dihydrát chloridu měďnatého	55
Obrázek 9: pH stupnice pro univerzální pH papírky	57
Obrázek 10: Roztok kyseliny chlorovodíkové	58
Obrázek 11: Porovnání zabarvení pH vzniklého roztoku kyseliny chlorovodíkové s pH stupnicí	58
Obrázek 12: pH stupnice pro univerzální pH papírky	60
Obrázek 13: Roztok hydroxidu draselného	61
Obrázek 14: Porovnání zabarvení pH vzniklého roztoku hydroxidu draselného s pH stupnicí	61

Obrázek 15: pH stupnice pro univerzální pH papírky.....	63
Obrázek 16: Roztok hydroxidu sodného	64
Obrázek 17: Porovnání zabarvení pH vzniklého roztoku hydroxidu sodného s pH stupnicí...	64
Obrázek 18: Bodový graf závislosti pH na postupném přidávání hydroxidu draselného do kyseliny chlorovodíkové	71
Obrázek 19: Porovnání zabarvení pH po přidání jednotlivých objemů roztoku hydroxidu draselného.....	72