

Vybrané experimenty jako doplněk k výuce organické chemie na gymnáziu

Ing. Růžena Vašková

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta humanitních studií

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta humanitních studií

Ústav školní pedagogiky

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Ing. Růžena Vašková
Osobní číslo: H150466
Studijní program: B7507 Specializace v pedagogice
Studijní obor: Učitelství odborných předmětů pro SŠ
Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Vybrané experimenty jako doplněk k výuce organické chemie na gymnáziu

Zásady pro vypracování:

Zpracování rešerše a studium odborné literatury.

Vymezení pojmů a teoretických východisek v oblasti experimentů ve výuce přírodovědných předmětů.

Vytvoření souboru experimentů.

Ověření experimentů v laboratoři, vytvoření fotodokumentace a kartotéčních listů.

Evaluace experimentů a zpracování reflexe a doporučení pro učitelskou praxi.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

KLEČKOVÁ, Marta a Zdeněk ŠINDELÁŘ. Školní pokusy z anorganické a organické chemie. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého. 1993. ISBN 80-7067-262-5. JANKŮ, Zdeněk. Školní pokusy z organické chemie. Praha: Karolinum. 2008. ISBN 978-80-246-1555-4.

ŠILHÁNKOVÁ, Alexandra. Laboratoř organické chemie. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 2000. ISBN 80-7080-395-9.

MOKREJŠOVÁ, Olga. Moderní výuka chemie. Praha: Triton. 2009. ISBN 978-80-7387-234-2.

MOKREJŠOVÁ, Olga. Praktická a laboratorní výuka chemie: na základních a středních školách. Praha: Triton. 2005. ISBN 80-7254-726-7.

ČIPERA, Jan. Didaktika organické chemie. Praha: Karolinum. 1991. ISBN 80-7066-513-0.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Monika Ondrášová, Ph.D.**
Ústav chemie

Datum zadání bakalářské práce: **26. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. dubna 2017**

Ve Zlíně dne 26. října 2016


doc. Ing. Anežka Lengálková, Ph.D.
děkanka




doc. PaedDr. Adriana Wiegerová, Ph.D.
ředitelka ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Berou na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby⁽¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3⁽²⁾;
- podle § 60⁽³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60⁽³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům.

Prohlašuji, že

- elektronická a tištěná verze bakalářské práce jsou totožné;
- na bakalářské práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně
V. A. Fiala

.....
Fiala

⁽¹⁾ Zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b (zveřejněním obhajobních prací).

⁽²⁾ Pokud bude nacházeno v textu diplomové, bakalářské a jiné práce, která je předmětem obhajoby, význačné porušení autorských a příbuzných práv, zejména v oblasti kvalifikace, není, lze se spolehnout, že se jedná o nezávislé dílo, které bylo vytvořeno samostatně.

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit výběr chemických experimentů jako doplněk pro výuku organické chemie na gymnáziu. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je charakterizována chemie, její moderní výuka a popsán experiment ve výuce přírodovědných předmětů, v praktické části byl vytvořen soubor chemických experimentů a navrženo jejich provedení, experimenty poté ověřeny v laboratoři, provedena jejich fotodokumentace a videozáznam a vyhotoven metodický návod v podobě kartotéčních listů. Následně byla provedena evaluace těchto experimentů a doporučení pro výuku.

Klíčová slova: chemie, organická chemie, výuka chemie, gymnázium, chemický experiment, chemická laboratoř

ABSTRACT

The aim of this thesis was to create a range of chemical experiments to complement the teaching of organic chemistry at grammar school. The work is divided into theoretical and practical. In the theoretical part there is characterized modern chemistry teaching and experiment is described in science teaching. In the practical part, a set of chemical experiments were create and suggested their embodiments, then experiments were tested in the laboratory, performed their photographs and videos and completed methodical guidance in the form of index sheets. Then an evaluation of these experiments was performed and recommendations for teaching.

Keywords: chemistry, organic chemistry, chemistry teaching, grammar school, chemical experiment, chemical laboratory

Touto cestou bych ráda poděkovala Ing. Monice Ondrášové, Ph.D., vedoucí své bakalářské práce, za její čas, odborné vedení i cenné rady a připomínky, které mi při zpracování této práce věnovala. Také bych ráda poděkovala pedagogům i žákům, se kterými jsem trávila čas při vykonávání odborné praxe i zpracování dotazníku.

„Naši učitelé nesmějí být podobni sloupům u cest, jež poukazují, kam jít, ale samy nejdou.“

Jan Amos Komenský

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 CHEMIE A JEJÍ VÝUKA	13
1.1 MODERNÍ VÝUKA CHEMIE	14
1.2 MOTIVACE VE VÝUCE CHEMIE	15
2 EXPERIMENT VE VÝUCE PŘÍRODOVĚDNÝCH PŘEDMĚTŮ	17
2.1 CHEMICKÝ EXPERIMENT Z HLEDISKA VYUČOVACÍHO PROCESU.....	18
2.2 DĚLENÍ ŠKOLNÍCH EXPERIMENTŮ	19
2.2.1 Demonstrační pokusy	19
2.2.2 Žákovské pokusy	20
2.2.3 Laboratorní pokusy	20
2.3 FÁZE CHEMICKÉHO EXPERIMENTU	21
2.4 FUNKCE CHEMICKÉHO EXPERIMENTU VE VÝUCE CHEMIE	22
2.4.1 Motivační, osvojovací, upevňovací a kontrolní funkce chemického experimentu	22
2.4.2 Informativní, formativní a metodologická funkce chemického experimentu	22
2.5 LABORATOŘ ORGANICKÉ CHEMIE.....	23
2.5.1 Vybavení pro laboratoř organické chemie	24
2.5.2 Bezpečnost práce v chemické laboratoři	25
2.6 EXPERIMENT V SOUČASNÉ VÝUCE	26
2.7 KARTOTÉKA CHEMICKÝCH EXPERIMENTŮ.....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
3 CÍL PRÁCE	30
4 VYBRANÉ CHEMICKÉ EXPERIMENTY	31
4.1 ROZTRŽIDĚNÍ EXPERIMENTŮ DLE RÁMCOVÉHO VZDĚLÁVACÍHO PROGRAMU	31
Vybrané experimenty a návrh jejich zařazení do výuky organické chemie:.....	32
5 KARTOTÉKA VYBRANÝCH CHEMICKÝCH EXPERIMENTŮ	35

5.1	SEZNAM EXPERIMENTŮ V NÁSLEDUJÍCÍ KARTOTÉCE	35
5.2	BIURETOVÁ REAKCE S MLÉKEM.....	36
5.3	PŘÍPRAVA KYSELINY ACETYLSALICYLOVÉ	38
5.4	AKTIVNÍ UHLÍ A ČERVENÉ VÍNO.....	41
5.5	SUBLIMACE KYSELINY BENZOOVÉ.....	43
5.6	FARAONOVÍ HADI	45
5.7	PĚNÍCÍ PŘÍŠERA	47
5.8	DŮKAZ ALKOHOLU, ALDEHYDU, KETONU (JODOFORMOVÁ REAKCE).....	49
5.9	REAKCE FENOLŮ S CHLORIDEM ŽELEZITÝM	51
5.10	NITRACE NAFTALENU	53
5.11	HOŘENÍ GLYCEROLU	55
6	EVALUACE EXPERIMENTŮ A DOPORUČENÍ PRO VÝUKU	56
6.1	DOTAZNÍK	56
6.1.1	Vyhodnocení dotazníku	56
6.1.2	Diskuse k dotazníku	62
6.2	EVALUACE A VYHODNOCENÍ CHEMICKÝCH EXPERIMENTŮ	63
	ZÁVĚR	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	73
	SEZNAM PŘÍLOH.....	74

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce bylo vypracování literární studie zaměřené na výběr chemických experimentů pro výuku organické chemie na gymnáziu a současně přispění k určitému zpracování problematiky týkající se využití experimentů při výuce chemie.

Obsah vzdělávání předmětu chemie na gymnáziu bohužel svádí souboj s osnovami a odsovává tak využití experimentů až k samému okraji zájmu učitelů, neboť čas, který by bylo na realizaci pokusu a vyvození závěrů nutno věnovat, je pro ně příliš vzácný. Vzdělávací obsah gymnaziální chemie navíc doposud vychází, jak uvádí Škoda a Doulík (2009) ve své studii, ze scientistického modelu přírodovědného vzdělávání, který vznikl v minulosti a prosazoval v přírodovědných předmětech vysokou míru abstrakce, zevšeobecnění, matematizace a atomizace.

Školní experiment se stal při výuce chemie na gymnáziu v podstatě nežádoucím a je v hodinách omezován na pouhé ojedinělé předvádění tzv. efektních pokusů, které však nemají šanci výrazněji zaujmout dnešní žáky, kteří vyrůstají v těsném kontaktu s virtuální realitou a možnostmi nejrůznějších elektronických pomůcek a aplikací.

Určitá naděje na úpravu obsahu vzdělávání směrem k jeho redukci a většímu sepětí s běžným životem je snad představována kurikulární reformou a s ní spojenou implementací rámcových vzdělávacích programů (RVP) do škol. RVP jako povinný kurikulární program zakotvil v českém školství do té doby téměř nepoužívaný termín klíčové kompetence, které definuje jako „souhrn vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot důležitých pro osobní rozvoj a uplatnění každého člena společnosti“. (Trnová, 2012)

Schválená verze rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia je však ve vymezení vzdělávacího obsahu chemie až příliš rámcová. Ze všech vzdělávacích oborů uvedených v RVP pro gymnázia (RVP G) působí určitým způsobem nejstručněji. Tvůrci školních vzdělávacích programů (ŠVP) z řad učitelů chemie jsou tak postaveni do složité situace, neboť podložit formulované očekávané výstupy konkrétním učivem, které je v RVP G specifikováno pro vzdělávací obor chemie pouhými názvy určitých okruhů či kapitol, je nelehký úkol. Můžeme pouze spekulovat, kolik prostoru zůstane v takto utvořeném ŠVP na využití chemického experimentu při výuce.

Postoj RVP G k využívání experimentu ve výuce vyplývá i ze srovnání charakteristiky vzdělávací oblasti Člověk a příroda v RVP pro gymnázia a v RVP pro základní vzdělávání,

kdy RVP pro základní vzdělávání je ve vztahu k experimentu mnohem jednoznačnější a konkrétnější.

Zajímavou alternativu představuje zařazení virtuálních experimentů, jejich vývoj a význam pro výuku chemie je však obtížné prozatím odhadovat i hodnotit. Mohou se stát adekvátní, ba dokonce v mnoha směrech i dokonalejší náhražkou reálných školních experimentů, žákům pak mohou být blízké tím, že využívají vizuální prostředí, které jim je důvěrně známé (Círus, 2008). Myslíme si, že však budou zřejmě postrádat to pravé kouzlo experimentu při jejich průběhu a výsledku, čichové a hmatové vjemy, jakož i určitou dávku adrenalinu při jejich realizaci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHEMIE A JEJÍ VÝUKA

Vyučovací předmět Chemie vychází dle ŠVP ze vzdělávací oblasti Člověk a příroda stanovené v RVP G a zahrnuje v sobě vzdělávací obor Chemie a všechny jeho tematické okruhy. Předmět chemie je určen žákům nižšího gymnázia a studentům prvního až třetího ročníku čtyřletého gymnázia. Výuka probíhá převážně v odborné učebně vybavené audiovizuální technikou a laboratoři, součástí výuky jsou pravidelné laboratorní práce a exkurze. Žáci se zájmem o chemii mají možnost obvykle prohloubit své vědomosti v rámci volitelného předmětu Seminář a cvičení z chemie, který je nabízen ve čtvrtém ročníku čtyřletého gymnázia a odpovídajících ročnících víceletého studia. Na některých školách jsou pro talentované žáky organizovány chemické olympiády, často je dostupná možnost účastnit se různých chemických kroužků a seminářů inspirovaných chemickou tematikou. (RVP, 2007)

V předmětu Chemie seznamujeme žáky se zákonitostmi struktury a přeměny látek, rozvíjíme jejich schopnosti logického úsudku, analýzy příčin a dedukce důsledků přírodních jevů na základě pochopení klíčových principů a podporujeme pozitivní vztah k přírodním vědám a přírodě obecně (Škoda, Doulík, 2007).

Moderní chemie je členěna na více disciplín základních, aplikovaných a hraničních s jinými vědami. Mezi základní disciplíny patří chemie obecná, anorganická a organická, mezi aplikované disciplíny patří chemie analytická a chemická technologie a mezi disciplíny hraniční patří fyzikální chemie a biochemie. (Vacík, 1999)

Nejen v České republice se chemie v posledních letech drží víceméně stále na nejnižší příčce oblíbenosti učebních předmětů, občas jen pouze krátce vystřídána fyzikou. Dle současných poznatků docházíme ke zjištění, že studenti mají zejména v přírodovědných předmětech problémy s porozuměním i aplikací poznatků, s nalézáním souvislostí a mezipředmětových vztahů i rozvíjením schopností a dovedností potřebných k úspěšnému studiu. V práci se přikláníme k názoru autorky Mokrejšové (2006), že je to ovšem velká škoda, jelikož tato věda sama o sobě nabízí možnost různorodých praktických aktivit jakožto východisek pro rozvoj teoretických poznatků. Zároveň se můžeme velmi často setkat s názorem, že tradiční způsob výuky, v němž je hlavním aktivním činitelem učitel, již v dnešní moderní době nevyhovuje současným potřebám žáků, jelikož jejich výchozí zkušenosti, kulturní zázemí i schopnosti jsou stále různorodější. Jak uvádí autorka Mokrejšová

(2006), ve výuce by se proto mělo objevovat větší množství činností, při nichž je hlavním aktivním činitelem právě žák.

1.1 Moderní výuka chemie

Moderní výukou chemie, snahou o zvýšení její přitažlivosti mezi žáky, či metodami, které při výuce použít se zabývá ve svých materiálech několik autorů. Dle autorky Mokrejšové (2006) se od devadesátých let 20. století objevují nejen v zemích Evropské unie, ale i v dalších zemích světa požadavky na změnu praktické a experimentální výuky v dnešní době. Přikláníme se k názoru, že by se výuka měla orientovat především na využití chemie v běžném životě, zaměřit se na uplatňování zdravého životního stylu jedince i společnosti, využívat experimentální činnost jako základní východisko poznání a používat různorodé způsoby a prostředky výuky, aby lépe odpovídala rozličným potřebám a schopnostem žáků. Tomuto trendu je doporučeno přizpůsobit stávající didaktické prostředky, učebnice i metodické materiály, přestože pouhá existence moderních pomůcek nestačí. Zapotřebí je navíc zajistit odpovídající přípravu budoucích učitelů chemie a zároveň umožnit stávajícím učitelům další systematické zvyšování kvalifikace. Pro tato opatření je však nutno vycházet z reálných možností každé školy, aby mohla být inovace výuky provedena smysluplně a současně efektivně. Zajištění potřebných materiálních podmínek či vzdělávacích programů pro experimentální výuku na školách není pro všechny zájemce o moderní, dynamickou a progresivní školu bohužel samozřejmé. (Mokrejšová, 2009)

Jednou z dalších možných cest se může jevit např. použití různých aktivizačních metod, nebo spíše výukových metod s důrazem na aktivizaci činnosti žáků. Tyto metody podněcují činnost a přes ni mohou zvyšovat zájem o předmět, zároveň mohou být samy o sobě motivujícími. Jsme přesvědčeni, že ve snaze zaujmout a nadchnout žáky pro předmět chemie, zaujímá aktivizace žáků při použití výukových metod své nezaměnitelné místo. Samotné aktivizační výukové metody se současně v souladu s trendy posledních let dostaly do popředí zájmu škol i učitelů. Jak uvádí Kesnerová Řádková (2013) ve své práci, hojně se mluví a stále častěji se ve výuce využívá např. projektová výuka, problémová metoda či badatelsky orientované vyučování. Můžeme tedy konstatovat, že je pro využití různých aktivizačních metod prostor i zájem. Zároveň je nutno říct, že některé aktivizační výukové metody jsou známy již velice dlouho a záleželo více či méně na učiteli, zda je ve své výuce využíval či nikoliv. Příkladem uveďme ještě např. zařazení diskusí, didaktických her, brainstormingových metod, práci s textem a vyprávění, exkurze, vycházky a v současné době

populární výukové metody s podporou technologií ICT, PC, TV, interaktivní tabule apod. (Bílek, 2005).

Aktivní metody výuky (laboratorní a praktická činnost, skupinová a týmová práce, výroba předmětů, získávání informací, práce s grafy, tabulkami a jejich interpretace) jsou navíc činnosti zajímavé i pro učitele (Mokrejšová, 2009).

1.2 Motivace ve výuce chemie

V pedagogickém slovníku je motivace charakterizována jako souhrn vnějších a vnitřních faktorů, které vzbuzují, aktivizují nebo dodávají energii lidskému konání (Mareš, Walterová, Průcha, 2005).

Učitelovým cílem by mělo být vyvolání zájmu o chemii, snažit se vyhledat jeho nejlepší zdroje. Jak uvádí autorka Trnová (2012) mohou to být zkušenosti z běžného života, výsledky chemických experimentů, empirické údaje, zábavná forma výuky chemie, objevení chemických poznatků, historické údaje, různé druhy motivace.

Motivace žáků se však s jejich věkem postupně mění. Z počátku na žáky působí především prostředky jako je odměna a trest, osobnost učitele, či vizuálně zajímavé pokusy a prezentace, s vyšším věkem žáků ale prochází jejich motivace proměnou a na jejím konci nalézáme spíše zájem o učivo. Tento fakt je potřeba vzít při motivování žáků na vědomí (Hrabal, 1989). Jako klíčovými momenty motivace ve výuce chemie považujeme např. představy o chemii a jejich naplnění, velmi důležitým prvkem v oblíbenosti je osobnost učitele, dále souvislosti s praktickým životem a jejich provázanost ve výuce chemie, vyváženost a formy motivačních prvků (křížovky, doplňovačky, chemické hry), problémové úlohy, které žáka vtáhnou do řešení určité úlohy a v neposlední řadě chemický experiment. (Maca, 2010).

Výzkumy České republiky i zahraničí ukazují, že motivační výukovou technikou, kterou žáci ve výuce chemie preferují, je především právě chemický experiment. Žákovský experiment je zároveň jednou ze základních dovedností požadovaných ve výuce chemie. (Klečková a kol., 2005; Škoda, 2001; Lichvárová a Růžička, 1999; Trna a Trnová, 2006)

Další z výzkumů zaměřený na motivaci žáků potvrdil, že sami žáci považují experiment za silně motivační výukovou techniku, kterou jednoznačně preferují a chtějí v hodinách chemie provádět. Silnou motivační účinnost mají však i jiné motivační výukové techniky, které se dají v hodinách chemie využít. Technikou, která je žáky vnímána jako jiná podoba

zajímavých experimentů, je např. oblast chemických paradoxů, kouzel a triků, dále jmenujme oblasti jako chemický humor či chemie a život člověka. Zaujalo nás taktéž téma literatura a film, pro tento účel je vhodná skupinová práce, kdy žáci hledají vysvětlení chemického jevu z literární nebo filmové ukázky, klade však nároky na schopnost učitele shromáždit vhodný materiál. Obdobně bychom mohli doporučit zařazení historie chemických objevů a osudy významných chemiků a spojení chemie s uměním. (Trnová, 2012)

2 EXPERIMENT VE VÝUCE PŘÍRODOVĚDNÝCH PŘEDMĚTŮ

Je všeobecně známým faktem, že pro výuku chemie, jako experimentální vědy, mají chemické pokusy mimořádný a nepostradatelný význam (Beneš, Rusek, Kudrna, 2014). Experimentování je nedílnou součástí všech přírodních věd a ne jinak je tomu právě v chemii, kdy chemické pokusy byly a stále jsou jedním ze základních kamenů poznání a rozvoje této vědy (Janků, 2008). Realizace chemických pokusů je pilířem kvalitní výuky chemie, který má významný motivační charakter a výjimečně efektivně působí na rozvoj logického a tvořivého myšlení žáků (Novotný, 2005). Tradičně je edukační pokus označován jako školní, pokud je realizován ve školním prostředí, v současnosti je však uplatňován pojem edukační experiment, který má širší význam. Edukační roli totiž mají nejen pokusy prováděné ve škole, ale i v zájmové činnosti mimo školu a pokusy domácí (Beneš, Rusek, Kudrna, 2014).

Přikláníme se k názoru Novotného (2005), že výuka chemie má díky své experimentální složce velkou výhodu oproti ostatním všeobecně vzdělávacím předmětům, jelikož předkládá učení na základě důkazů s využitím všech lidských smyslů a uplatněním úvahy k pochopení podstaty sledovaných jevů.

Již první učebnice chemie (Demeriho Kurz chemie z roku 1697) považuje chemii za demonstrační vědu, jejímž základem je experiment. Ve druhé polovině 19. století byl poprvé zaveden experiment jako didaktická metoda Justem von Liebigem, který převedl těžiště výuky z přednášek do laboratorních cvičení. Význam experimentu pro vzdělávání v chemii pak přetrvává do dnešní doby a v současných publikacích je mu věnována patřičná pozornost.

K největším pozitivům chemického experimentu patří spojení teoretických vědomostí s praktickým použitím. Poznatky jsou získávány konstruktivistickým způsobem, tzn., že správné realizaci nebudou žáky zapomenuty a jsou pro něj zábavnou, zajímavou a užitečnou činností (Čapek, 2015).

Chemický pokus má při výuce chemie několik funkcí. Z hlediska cíle vyučovací hodiny se jedná o funkci informativní (informace, které žák získá při realizaci projektu) a funkci formativní (duševní a intelektuální rozvoj jedince). Dalšími funkcemi mohou být např. názornost, přiměřenost a fixace učiva (Drahoš, 2013). Jednotlivé funkce chemického experimentu popisujeme konkrétněji v jedné z dalších kapitol.

Při porovnání však chemický pokus není totéž, co vědecký experiment. Učitel by měl dopředu znát výsledek, aby na něj mohl žáky připravit a aby měl jistotu, že bude demonstrovat zvolený jev, který již byl žákům vysvětlen. Školní pokus je také méně náročný na materiál, technické vybavení a čas. Specifikem školního pokusu je také to, že hypotézy jsou vyvozovány jen po jednom provedení pokusu, protože v hodinách většinou na opakování není dostatek času. (Solárová, 2011)

2.1 Chemický experiment z hlediska vyučovacího procesu

Způsob organizace vyučovacího procesu a jeho časové a prostorové uspořádání je tvořen pomocí vnějších a vnitřních organizačních forem vyučování. Jsou to vlastně organizační podmínky, při nichž probíhá výuka ve školách. Rozvíjí se v nich činnost učitele (proces vyučování) i činnost žáků (proces učení). Jsou také zčásti vymezeny vybavením školy. Kromě tradiční vzdělávací jednotky, kterou je vyučovací hodina, však v chemii uplatníme experimenty především v ostatních formách vyučování. (Budiš, 2004)

Chemický experiment je pak možné klasifikovat z několika hledisek. Jelikož ho lze zařadit jak do názorně demonstračních, tak do praktických metod, je vhodné pokusy rozřadit podle hledisek nejčastějších. Klasifikací chemického experimentu se zabývá více autorů, my se přikláníme ke klasifikaci dle autora Duška (2009), v jiných publikacích se však můžeme setkat s dalšími kritérii klasifikace pokusů, případně i s jinými názvy pokusů.

Dušek (2009) ve své publikaci experiment klasifikuje do pěti skupin. Dle vnějších organizačních forem výuky na **pokus školní** (ve vyučovací hodině chemie, v laboratorním cvičení, ve volitelném cvičení z chemie, či v zájmovém kroužku a na jiném odborném pracovišti – např. při exkurzi) a na **pokus domácí**, který může být zadán učitelem nebo jej žák provede z vlastní iniciativy.

Dle vnitřních forem výuky rozlišuje experiment na **pokus demonstrační**, který může být prováděn učitelem (za účasti žáka nebo bez žáka), nebo prováděn žákem (tzv. exemplární) a **pokus žákovský**, který se dále dělí na frontální, simultánní a individuální (zcela a dílčí individuální) (Dušek, 2009).

Třetí skupina zahrnuje dělení dle gnoseologického charakteru, tedy z hlediska teorie poznání, kdy lze experiment klasifikovat jako pokus **zjišťující** (vysvětlující), dále pokus **ověřující** (potvrzující či odporující), pokus **dokládající** (ilustrující) a pokus **problémový**. To-

to rozdělení je dáno především tím, jak je zadán úkol, na jakou otázku má experiment odpovědět. (Dušek, 2009)

Podle množství použitých látek je experiment klasifikován na pokus **makrotechnikou**, **semimikrotechnikou** a pokus **mikrotechnikou** (Dušek, 2009).

Poslední skupina zahrnuje dělení dle sledované stránky reakce, záměru vyhodnocení výsledků. Zde rozlišujeme experiment na pokus **kvalitativní**, **kvantitativní** a **semikvantitativní** (Dušek, 2009).

V následující kapitole práce blíže popíšeme experimenty z hlediska vnitřních forem vyučování.

2.2 Dělení školních experimentů

2.2.1 Demonstrační pokusy

Při tomto typu experimentu ukazuje učitel pokus žákům a přitom vysvětluje jeho princip (demonstruje). Demonstračně provádíme např. náročné pokusy, které se nedají přizpůsobit dovednostem žáků nebo by mohly ohrozit zdraví žáků, dále pak pokusy časově či ekonomicky náročné. (Soukupová, 2013) Žáci pokusy pozorují buď z lavice, případně pro lepší přehlednost mohou být přizváni učitelem blíže, výhodným řešením může být také možnost zvětšení sledovaného děje projektorem, případně pomocí kamery (Skalková, 1999). Některé pokusy, a to zejména v hodinách chemie, přece jen nemohou být prováděny z pohledu bezpečnosti, vybavení nebo finančních nároků na materiál (Čapek, 2015).

Demonstračnímu pokusu však chybí výhody propojení teoretických a praktických dovedností. Vykazuje znaky pouze trochu zábavnější frontální výuky. Přesto má svůj smysl, a pokud je prováděn a žáci na jeho realizaci spolupracují, může být přínosný, obzvláště pokud je prováděn žákem před celou třídou. (Čapek, 2015)

Z tohoto hlediska lze demonstrační pokus rozdělit ještě zvláště na **demonstrační pokus učitele** a **demonstrační pokus žáka**, kdy učitel provádí především pokusy technicky náročnější nebo s unikátními přístroji, hořlavinami, koncentrovanými kyselinami či jedy. Žák provádí pokus samostatně spíše ve výjimečných případech a je nutné, aby měl pokus předem vyzkoušen a dodržel veškerá bezpečnostní opatření. Tato možnost, tedy provést demonstrační pokus má pro žáky nesmírný výchovný zřetel. (Skalková, 1999; Pachmann – Hoffmann, 1981)

2.2.2 Žákovské pokusy

Žákovský pokus provádí každý žák nebo dvojice, či skupinka za vedení a pod dohledem učitele. Učitel zde vystupuje v roli jakéhosi rádce (Soukupová, 2013). Velmi přínosným je **frontální experiment** (též **faciální**), kdy učitel předvede jeden krok, vysvětlí jej a žáci se pak snaží o totéž na svém pracovišti – individuálně nebo v malých skupinkách (Čapek, 2015). Stejný pokus je prováděn v jednotném tempu, učitel jejich činnost organizuje a řídí od samostatné přípravy pokusu až k závěrečnému zhodnocení výsledků. Výchovně vzdělávací efekt je v tomto případě velmi vysoký, pokus je názornější i přesvědčivější, než když ho učitel předvede sám. Výuka může probíhat také se **simultánními experimenty** žáků a rozdíl v porovnání s frontálními pokusy je ten, že žáci sice pracují ve skupinkách na stejném úkolu, avšak každý svým tempem. Tento způsob práce nutí žáky více přemýšlet, aktivně se zapojit a postupovat uvědoměle a cílevědomě. Nutná je také průprava z předchozí výuky, výhodou je určitá souběžnost práce skupin, která do jisté míry umožňuje pozitivní motivaci a přirozené soupeření mezi skupinami. (Skalková, 1999; Pachmann – Hoffmann, 1981)

2.2.3 Laboratorní pokusy

Pokud však hovoříme o experimentu v přírodních vědách, máme na mysli zejména laboratorní práci. Jedná se zpravidla o kvantitativní experiment, při kterém žáci postupují vlastním tempem podle písemného návodu a provádějí měření (Čapek, 2015). Při praktickém cvičení je také nutné, aby měli žáci učivo částečně osvojené a mohli pracovat téměř samostatně. Laboratorní pokusy prohlubují, upevňují a opakují probrané učivo. Většinou se takto provádí problémové pokusy, které zaberou více času. Žáci mohou po vypracování úkolu porovnat výsledky jejich práce s ostatními a vyměnit si své zkušenosti. Nakonec mohou kolektivně, často i s učitelem, vyvozovat závěry práce (Soukupová, 2013). V tomto případě se jedná o vnější formu výuky realizovanou ve speciálních učebnách (laboratořích) k tomu určených. Laboratorní cvičení mohou být v učebním plánu školy zařazena do pravidelné výuky, pak jsou prováděna zpravidla jednou za dva týdny. Pokud do ŠVP zařazena nejsou, musí je učitel naplánovat a zařadit do svého tematického plánu (Skalková, 1999; Pachmann – Hoffmann, 1981).

2.3 Fáze chemického experimentu

Stejně jako je možné rozdělit proces výuky z didaktického na dílčí úseky, taktéž chemický experiment probíhá ve více fázích, jelikož se jedná o relativně složitý proces. Jednotlivé dělení fází experimentu však není doposud sjednoceno, autoři se tudíž často rozcházejí, co ve které fázi probíhá. Autorka Solárová (2007) člení fáze experimentu na tři stupně (fázi přípravnou, realizační a hodnotící), zatímco autorka Čtrnáctová (2006) přidává za tyto fáze ještě fázi čtvrtou, a to zpracování empirických údajů. V práci se přikláníme ke členění chemického experimentu dle Čtrnáctové, jelikož považujeme zpracování empirických údajů za nedílnou část tohoto procesu.

První část se tedy sestává z **přípravy** pokusu, neboť před každým experimentem je třeba, aby vyučující provedl teoretickou přípravu. Jedná se o přípravu materiální i nemateriální. Tou materiální chápeme přípravu chemického nádobí, aparatury, chemikálií a dalších laboratorních pomůcek, nemateriální poté zahrnuje především vědomostní a dovednostní způsobilost žáků k provedení, pozorování a vyhodnocení pokusu. Tato fáze probíhá obvykle před vyučováním a jedním z hlavních úkolů vyučujícího je, aby vyhodnotil zařazení experimentu do výuky a porovnal vybraný pokus s učebními osnovami i se svými vlastními zkušenostmi.

Na první fázi navazuje vlastní **provedení** samostatného pokusu a pozorování změn při pokusu probíhajících (např. uvolňování plynu, změna barvy, rozpouštění, vznik sraženin). Věnujeme se také výběru vhodného nádobí (proporcionální, vhodné pro danou metodu) a pomůcek.

Ve třetí fázi probíhá **vyhodnocení** prováděného experimentu, kdy jsou pozorované změny vyhodnoceny a chemicky vyjádřeny. Jedná se tedy o získání empirických údajů (chemická identifikace uvolněného plynu, vzniklé sraženiny, odůvodnění změny barvy). Dále provádíme zhodnocení, jestli reakce probíhá, neprobíhá.

Poslední fáze je tvořena racionálním **zpracováním** a vyhodnocením získaných empirických údajů, jehož výsledkem jsou empirické poznatky. Součástí jsou např. rovnice reakce, výtěžek apod. Skutečnost, jestli reakce běží, či ne, hodnotíme především otázkou proč?

Závěrem k této kapitole bychom shrnuli, že struktura chemického experimentu úzce souvisí s jeho cílem, má obvykle výše zmíněné čtyři fáze a také, že stejný experiment lze využít při pobírání různých témat hodin chemie (Čtrnáctová, 2006).

2.4 Funkce chemického experimentu ve výuce chemie

Co se dělení pokusů dle jejich funkce ve výuce chemie týče, rozlišujeme několik skupin funkcí, autoři se v této otázce opět mírně rozcházejí a doplňují. V této kapitole provedeme dělení dle Čtrnáctové (2006), která rozlišuje dvě hlavní skupiny funkcí. Jako první se jedná o funkci vztahenou k fázím výuky, konkrétně o funkci motivační, osvojovací, upevňovací a kontrolní, v druhém případě potom nacházíme funkce vycházející z cílů výuky, a sice o funkci informativní, formativní a metodologickou.

2.4.1 Motivační, osvojovací, upevňovací a kontrolní funkce chemického experimentu

U **motivačního** pokusu vystupuje do popředí především samotné provedení experimentu, neboť motivujícím prvkem je právě samotný průběh pokusu. Z hlediska struktury pokusu v motivační funkci pokusu tedy klademe důraz především na jeho druhou fázi (realizační), zatímco fáze přípravná a vyhodnocovací jsou zde potlačeny. Při použití pokusu pro **osvojení** učiva naopak tyto fáze struktury pokusu vystupují do popředí a je kladen důraz právě na přípravnou a vyhodnocovací fázi pokusu, kdy se žáci například mohou podílet na určování výchozích látek a na vyhodnocení pokusu. **Upevňovací** funkci chemického pokusu využíváme ve chvíli, kdy předpokládáme, že si již žáci osvojili požadované základní znalosti daného učiva a získané vědomosti i dovednosti žáků provedení pokusu upevní. Na základě již získaných znalostí mohou žáci proto sami předvídat očekávaný průběh a výsledek reakce, který by realizace pokusu měla potvrdit. Zařazení pokusu do **kontrolní** fáze výuky chemie potom předpokládá, že žáci prokazují osvojené znalosti, vědomosti a dovednosti z jednotlivých fází struktury experimentu. (Čtrnáctová, 2006)

2.4.2 Informativní, formativní a metodologická funkce chemického experimentu

Informativní funkcí chemického experimentu rozumíme soubor všech informací (tj. poznatků), které žáci v průběhu jednotlivých fází chemického pokusu získávají. V rámci přípravy pokusu jde především o informace týkající se charakteru výchozích látek, způsobu jejich chemických přeměn, o aparatuře a laboratorní technice, o postupu práce. Další informace získávají i ve fázi realizace pokusu (informace o jeho provedení, průběhu a pozorování). Získané informace si potom dále vyvozují na základě pozorovaného děje ve formě empirických údajů (vyhodnocení pokusu) a empirických poznatků (zpracování údajů).

Takto získané informace mají velký význam, neboť si je žáci sami ověřili, případně k nim dospěli vyhodnocením průběhu pokusu.

Funkce **formativní** se realizuje zprostředkovaně, přes jeho funkci informativní. Zatímco však informativní funkce experimentu zůstává na úrovni statické, poznatkové a je naplněna získáváním znalostí, pro funkci formativní je charakteristická dynamická úroveň, jelikož je naplňována při jednotlivých činnostech. Formativní proto, neboť jsou to právě činnosti, v nichž se formuje osobnost žáka, jeho charakterové vlastnosti a názorové postoje, a to na základě osvojovaných poznatků. Činnosti při přípravě, provedení, pozorování a vyhodnocování pokusu tedy úzce souvisí s realizací formativní funkcí chemického experimentu.

K této funkci se váže též funkce **metodologická**. Metodologickou funkci chemického experimentu spatřujeme v možnostech zprostředkovat s jeho pomocí cestu poznání, kterou prochází ve svém vývoji chemie jako vědy (Čtrnáctová, 2006).

V publikaci autorky Solárové (2007) je také uvedeno, že experiment splňuje funkci názornosti a přiměřenosti. Z hlediska vztahu k jednotlivým fázím výchovně vzdělávacího procesu lze hovořit o funkci motivační, aplikační a fixační, jak zmiňuje i Drahoš (2013).

Pokusy, které jsou přiměřené k věku žáků, jsou představovány funkcí přiměřenosti, motivační funkce je potom taková, kdy chemický experiment žáky zaujme buď průběhem pokusu, efekty, doprovodným slovem vyučujícího či estetickou úrovní experimentu. Každý provedený chemický experiment doporučujeme žákům přiblížit příkladem z praxe, což v sobě zahrnuje funkce aplikační. Žáci díky této funkci nebudou brát chemii pouze jako vyučovací předmět, nýbrž také jako součást běžného života. Funkce fixační na závěr vyjadřuje upevnění informací získaných výkladem s průběhem provedeného experimentu. (Solárová, 2007)

2.5 Laboratoř organické chemie

Většina chemických experimentů je prováděna v chemické laboratoři. Demonstrační pokus, ale především laboratorní práce jsou velkým přínosem, kde se uplatní manuální zručnost, dovednost i komunikativní schopnosti (Janků, 2008). Na počátku může být práce v laboratoři velkým úskalím, ne vždy jsou výsledky pozitivní, může se také projevit nešikovnost, neobratnost a nedostatek teoretické připravenosti. K negativnímu výsledku pokusu může dojít také z důvodu nerespektování pracovního postupu nebo i záměny chemikálií, a proto je provádění pokusů velmi důležitou součástí výuky chemie na kterékoliv úrovni

školy. Učení poznatků a zákonů se totiž velmi rychle zapomíná, pokud není provázeno praktickou činností. (Janků, 2008)

Dle současných učitelů je zajímavé sledovat, jak se postupně rozvíjí vztah studentů k laboratornímu cvičení, ale také jaké dělají pokroky v laboratorní technice. Přestože se velká část středoškolských studentů chemií dále nezabývá, převážná většina z nich na laboratoře vzpomíná v dobrém. (Janků, 2008)

2.5.1 Vybavení pro laboratoř organické chemie

Chemická laboratoř musí být dle normy vybavena vhodným zařízením, instalací a pracovními stoly, pro odsávání agresivních plynů je potom nutné dostatečně výkonné odsávací zařízení (Šilhánková, 2000).

Převážná většina laboratorních prací je prováděna ve skleněném nebo porcelánovém nádobí, a to z důvodu výhodných chemických a fyzikálních vlastností těchto materiálů. Laboratorní sklo musí mít především vysokou tepelnou a chemickou odolnost. Z hlediska tepelné odolnosti lze laboratorní skla dělit na měkká (lehce tavitelná) a tvrdá (těžce tavitelná), z hlediska odolnosti chemické jsou skla dělena do pěti tříd označovaných římskými číslicemi I až IV. Tepelnou odolností v laboratoři chápeme jako schopnost materiálu odolávat teplotním změnám, často se tepelná odolnost skla udává počtem stupňů (např. 105 °C) o kolik lze nádobu prudce ochladit bez poškození. (Macháček, 1999)

Vybavení laboratoře pro organickou chemii bylo zpočátku shodné s laboratoří anorganickou (kádinky, odměrné válce apod.), některé pomůcky však nebyly vhodné pro nízkovroucí hořlavé organické látky, které snadno těkají z většího povrchu. Vhodnější je používat kónické baňky a zábrusové nádoby. Jako varné nádoby při provádění reakcí a destilací jsou používány hlavně kulaté, hruškovité a srdcovité baňky, podle potřeby mohou být jedno nebo vícehrdlé.

Během zahřívání látky v jakékoliv aparatuře nesmí dojít k úplnému uzavření aparatury z důvodu vyrovnávání tlaku. S ohledem na uvolňující se páry musí být nádoba opatřena vhodným uzávěrem, nejčastěji zpětným chladičem, tedy chladičem, který je nasazen ve vertikální poloze na hrdlo baňky a kondenzující kapalina stéká zpět do zahřívávaného prostoru. V laboratoři organické chemie je používán např. chladič spirálový nebo kuličkový, při destilaci je používán sestupný chladič Liebigův. (Macháček, 1999)

Při práci se zábrusy je třeba dbát na to, aby byla plocha zábrusu rovnoměrně namazána tenkou vrstvou tuku, po skončení práce je naopak třeba zábrus otřít a odmastit etanolem. V průběhu sestavování zábrusových aparatur nesmí docházet ke vzniku pnutí v zábrusových spojích, tvar sestavované aparatury musí odpovídat použitým skleněným dílům.

2.5.2 Bezpečnost práce v chemické laboratoři

V prostředí chemické laboratoře obvykle hrozí větší nebezpečí úrazu než na jiných pracovištích (Šilhánková, 2000). Před jakoukoliv prací v chemické laboratoři je třeba dodržovat nezbytné pravidla bezpečné práce a základní zásady manipulace s laboratorní technikou, pomůckami i chemikáliemi. Všechny laboratoře musí být vybaveny ochrannými pracovními prostředky, hasicími přístroji, vybavením pro poskytnutí první pomoci, přívodem pitné vody a sanačními a neutralizačními prostředky dle charakteru práce. (Vícha, 2007)

Studenti musí být před zahájením prací povinně seznámeni s laboratorním řádem a ve většině případů svým podpisem školení potvrdit. Laboratorní řád popisuje všeobecné zásady bezpečné práce v chemické laboratoři a je vydáván k zajištění bezpečného a plynulého chodu laboratorních cvičení. Všichni žáci jsou povinni řídit se ustanoveními shrnutými v jeho odstavcích. (Macháček, 1999) Především pak se týká práce se zařízením, přístroji a pomůckami, používání laboratorní techniky, používání ochranných prostředků (zejména pláště, přezůvek, brýlí a rukavic), povinností žáků, bezpečnostních opatření a ostatním chodem v laboratoři. Porušováním bezpečnostních předpisů může student ohrožovat nejen sebe, ale také své spolupracovníky. (Šilhánková, 2000)

Studenti jsou také povinni seznámit se s prací s chemikáliemi. Je nutné si uvědomit, že se v laboratoři nacházejí látky, které jsou toxické, vysoce toxické, žíraviny, hořlavé kapaliny, chemické karcinogeny, mutageny apod. a pracovat s nimi podle piktogramů uvedených na etiketě příslušné látky a v souladu s příslušnými právními předpisy. Pokud na etiketě nejsou uvedeny R-věty a S-věty, je nutné si je vyhledat v bezpečnostním listu. (Vícha, 2007)

Všichni zaměstnanci, kteří s látkami pracují, jsou prokazatelně seznámeni s nebezpečnými vlastnostmi těchto látek, za to odpovídá každá škola. Jsou také seznámeni se zásadami ochrany zdraví, životního prostředí a poučení o poskytnutí první pomoci. Všechny uvedené informace, včetně postupu v případě nehody, jsou vydány formou písemných pravidel pro používání těchto látek. Práci s vysoce toxickými látkami smí provádět a zabezpečovat pouze odborně způsobilá fyzická osoba, mladistvým je zakázána. Z legislativy plyne povinnost

každého z učitelů, aby při provádění pokusů dodržoval veškeré zásady bezpečnosti práce a dbal na ochranu zdraví žáků s ohledem na jejich věk. (Součková, 2011)

Před odchodem z laboratoře je ještě nutné uvést pracoviště do pořádku a původního stavu a přesvědčit se, zda jsou uzavřeny nebo vypnuty přívody energií (plyn, voda, elektřina) (Šilhánková, 2000).

2.6 Experiment v současné výuce

Experiment jako součást výuky má u nás tradici delší než 160 let (Amerling, 1851). Jeho podpora učebními texty, metodikami a možnostmi zabezpečení pomůcek však byla velice proměnlivá. Závislost realizace spočívala trvale na faktoru obsahu dokumentů státního vzdělávání, na autorech a výrobcích pomůcek (Beneš, Rusek, Kudrna, 2014).

Za období největšího rozkvětu edukačního experimentu a jeho zabezpečení pomůckami lze považovat 80. léta 20. století. V tomto období byla opora jak ve školském systému, tak ve výrobě pomůcek. Direktivní učební osnovy předepisovaly nejen experimentální základ povinné výuky, ale i laboratorní cvičení žáků na základních a středních školách. Navíc existovaly povinně volitelné předměty založené na experimentech. (Beneš, Rusek, Kudrna, 2014)

Nyní, po více než třiceti letech je více než zřejmé, že požadavky moderní společnosti, stejně jako stav rozvoje přírodovědných a technických oborů, vyžadují zásadní změnu koncepce školní výuky na všech stupních (Mokrejšová, 2009).

Některé současné příspěvky v odborných časopisech a konferencích uvádějí, že reálný edukační experiment se z hodin chemie začíná vytrácet, případně je nahrazován audiovizuální technikou. Realizaci mála nebo vůbec žádných pokusů ve výuce chemie zdůvodňují učitelé nedostatkem času při obsahové náročnosti výuky, malou dostupností pomůcek a chemikálií, finančními náklady na jejich pořizování, ale také nedostatečnou metodickou podporou. Přitom právě pokusy jsou žáky označovány jako jedna z nejvíce motivujících součástí výuky chemie. Dle tohoto trendu se poznatky z chemie se předávají verbálně se zápisem, pro zpestření výjimečně projekcí pokusu s využitím zmíněné audiovizuální techniky. Převládá teoretický styl učení bez experimentu, který by umožňoval získání nových poznatků na základě reálných představ a pochopení učiva. V důsledku toho žáci ztrácejí motivaci učit se chemii i možnost nalézat cestu vlastního empirického poznání světa.

Další poznatek jistého výzkumu prováděného u nás byl, že experimenty se provádějí ve větší míře na základních školách než na nižším a vyšším stupni gymnázií. Stejně zjištění je u experimentů prováděných žáky, kdy žáci základních škol provádějí více experimentů než žáci nižších gymnázií a podobně i na vyšším stupni gymnázií. Výzkum také opět potvrdil výrazně pozitivní hodnocení experimentů prováděných žáky, nejvíce pak u žáků základních škol (Čapek, 61).

Jedním z významných zásahů, který vedl k omezení pokusů, byly legislativní změny v možnostech práce s chemickými látkami, zejména co se týče žákovských pokusů. Konkrétně se jednalo o Zákon č. 356/2003 Sb. o chemických látkách a chemických přípravcích (nyní Zákon č. 350/2011 Sb. o chemických látkách a chemických směsích). Absence pokusů při výuce však vede ke ztrátě názornosti, motivace žáků a v konečném důsledku pak k malému zájmu žáků o chemii. Jednou z možností jak napomoci návratu chemických pokusů do českých škol by mohlo být jejich dostupné zajištění pomůckami, které jsou při práci bezpečné, a práce s nimi je časově nenáročná. (Beneš, Rusek, Kudrna, 2014)

V současné době je českými dodavateli nabízena řada pomůcek zahraničních výrobců a některými školami jsou již tyto pomůcky využívány. Mají však jistá omezení, zejména pokud jde o finanční náročnost. Dovolit si je mohou pouze školy, které získají grant, či mají sponzora. Dalším úskalím těchto souprav může být absence metodické podpory s vazbou na naše vzdělávací standardy (RVP) a v případě některých souprav navíc nejsou respektovány již výše zmíněné zákonné požadavky pro práci žáků s chemickými látkami. V případě použití těchto pomůcek pak spočívá odpovědnost na vyučujícím. (Beneš, Rusek, Kudrna, 2014)

Experiment poté může učitel použít v jakékoliv fázi výuky. Má možnost jej využít na začátku tématu jako motivační prvek, kterým žákům přiblíží nové téma vyučovací hodiny a zároveň je motivuje. Dále je možné jej využít během prezentace nové látky, kdy učitel využívá zejména induktivního postupu, tedy spíše odvozování než ověřování. Také jako využití již získaných znalostí je vhodný a zakončí téma lépe než jakýkoliv test (Čapek, 2015).

Jak už bylo několikrát řečeno, chemie potřebuje k efektivní výuce praktickou činnost ve zvýšené míře a při praktických činnostech, mezi které patří experimentování, jsou osvojovány veškeré komplexní dovednosti žáků, což by mělo být v současné výuce klíčové.

2.7 Kartotéka chemických experimentů

Tato kartotéka může být cennou pomůckou převážně začínajícím učitelům, kteří intenzivněji pociťují nedostatek času, který je k dispozici mezi jednotlivými hodinami a hledají cesty, jež mohou pomoci pracovat nanejvýše efektivně (Novotný, 2005). Při výuce chemie a při přípravě na hodinu chemie však slouží i zkušeným učitelům, jelikož se jedná o databázi školních experimentů, která je mnohdy výsledkem dlouholetého sběru ze všech oborů chemie během pedagogické praxe. Pro učitele jsou zde zaznamenány veškeré údaje, které jsou nezbytné pro metodiku a techniku vybraných experimentů, včetně zásad bezpečnosti práce. (Novotná, 2016)

Učitelé umožňuje experimentální základ učiva a samotnou výuku chemie vytvářet tak, aby nebyl omezován jen náměty učebnic, ale byl i po stránce pedagogické a technické na potřebné úrovni, je proto vhodné uspořádat kartotéční listy po obsahové i formální stránce v jednotném duchu, ideální je použít formát A4 nebo A5 (Mráčková, 2012).

Kartotéku je vhodné mít také v elektronické podobě, kvůli možnosti obměny karet, doplnění informací nebo snadnému vytištění v případě ztráty karty. Vzhled kartotéčních listů může být individuální, některé základní informace o daném experimentu by měly ale vždy obsahovat. (Novotná, 2016)

Na přední straně každé karty by kromě záhlaví s názvem pokusu, tematického celku a formou výuky měly být uvedeny i všechny náležitosti týkající se chemické a technické stránky pokusu. Je to především označení, zda je pokus žákovský, či demonstrační, časová náročnost, pomůcky a chemikálie, nákres aparatury či schéma, postup práce, pozorování, princip, rovnice reakcí a bezpečnostní pokyny. Může být uveden i didaktický cíl. Na zadní straně karty je výhodné nechat prostor na poznámky týkající se metodického vedení pokusu, odkazy na literaturu, vlastní zkušenosti, aktualizace experimentu apod. (Pachmann, Hofmann, 1981)

Pro lepší orientaci v kartotéce chemických experimentů je doporučeno jednotlivé karty číslovat, což poté učitelé umožňuje lepší a snazší vyhledávání daného experimentu. Kromě číslování lze kartotéku rozdělit dle jednotlivých odvětví chemie (obecná, anorganická, organická) a ty následně na jednotlivé tematické celky (vodík, kovy). Další výhodou takto uspořádané kartotéky je, že je možné ji postupně doplňovat či obměňovat. (Novotná, 2016).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části bakalářské práce bylo vytvořit výběr chemických experimentů pro výuku organické chemie na gymnáziu a navrhnout jejich provedení. Tyto chemické experimenty poté ověřit v praxi v chemické laboratoři, provést jejich fotodokumentaci, vytvořit videozáznam a vyhotovit k nim metodický návod v podobě kartotéčních listů. Následně provést evaluaci těchto vybraných experimentů, doporučit zařazení do výukového programu a vytvořit dotazník pro studenty, včetně jeho vyhodnocení.

4 VYBRANÉ CHEMICKÉ EXPERIMENTY

Pro účely této bakalářské práce byly vybrány takové experimenty, které lze přímo zařadit do výuky organické chemie na gymnázium a tím, že poskytují zajímavý efekt, např. barevnou či vizuální změnu, mohou být pro studenty atraktivní. Všechny experimenty jsou realizovatelné ve školním prostředí s použitím aparatury běžně v laboratoři dostupné.

Experimenty byly rozříděny na základě Rámcového vzdělávacího programu (RVP) do tematických okruhů, vyzkoušeny a ověřeny v laboratoři. Ke každému byly poté vytvořeny kartotéční listy, které jsou k dispozici v následující kapitole. Pořízená fotodokumentace a videozáznam jsou uvedeny v příloze (PI – PXI).

4.1 Roztřídění experimentů dle Rámcového vzdělávacího programu

Rámcové i školní vzdělávací programy jsou veřejné dokumenty přístupné pro pedagogickou i nepedagogickou veřejnost. RVP vymezují závazné rámce vzdělávání pro jeho jednotlivé etapy (pro předškolní, základní a střední vzdělávání).

RVP pro gymnázia je určen pro tvorbu Školního vzdělávacího programu (ŠVP) na čtyřletých gymnáziích a vyšším stupni víceletých gymnázií. Stanovuje základní vzdělávací úroveň pro všechny absolventy gymnázií, kterou musí škola respektovat. Také specifikuje úroveň klíčových kompetencí, jíž by měli žáci na konci vzdělávání dosáhnout, a vymezuje závazný vzdělávací obsah.

Vzdělávací obsah na čtyřletých gymnáziích a vyšším stupni víceletých gymnázií je v RVP G orientačně rozdělen do osmi vzdělávacích oblastí. Chemie je zařazena do oblasti Člověk a příroda společně s Fyzikou, Biologií, Geografií a Geologií, jelikož jsou si přírodovědné disciplíny velmi blízké. Každá vzdělávací oblast obsahuje charakteristiku, cílové zaměření vzdělávací oblasti a vzdělávací obsah. Dále je Chemie členěna na chemii Obecnou, Anorganickou, Organickou a Biochemii.

Očekávané výstupy žáka v organické chemii jsou takové, že by měl být schopen zhodnotit vlastnosti atomu uhlíku významné pro strukturu organických sloučenin, aplikovat pravidla systematického názvosloví organické chemie při popisu sloučenin s možností využití triviálních názvů, charakterizovat základní skupiny organických sloučenin a jejich významné zástupce a zhodnotit jejich surovinové zdroje, využití v praxi a vliv na životní prostředí, aplikovat znalosti o průběhu organických reakcí na konkrétních příkladech a využívat zna-

losti základů kvalitativní a kvantitativní analýzy k pochopení jejich praktického významu v organické chemii. (RVP, 2007)

Učivo organické chemie je rozčleněno do následujících kapitol:

- uhlovodíky a jejich klasifikace
- deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace
- heterocyklické sloučeniny
- syntetické makromolekulární látky
- léčiva, pesticidy, barviva a detergenty

Vybrané experimenty a návrh jejich zařazení do výuky organické chemie:

1) Biuretová reakce s mlékem

Experiment lze zařadit jak do učiva Organické chemie na gymnáziu, tak do učiva Biochemie. Žáci se při tomto pokusu seznámí s přírodními látkami – bílkovinami. Bílkoviny jsou v učebních osnovách ve 3. ročníku čtyřletého gymnázia. Jelikož reakci poskytují všechny látky s peptidickou vazbou ($-\text{CO}-\text{NH}-$) v molekule, je vhodné pokus zařadit např. při probírání vzniku peptidů z aminokyselin.

2) Příprava kyseliny acetylsalicylové

Přípravu kyseliny acetylsalicylové by bylo vhodné zařadit jako učivo 3. ročníku k tématu Deriváty uhlovodíků a jejich klasifikace, konkrétně ke karboxylovým kyselinám a jejich reakcím vzhledem k esterifikaci, ke které při provádění pokusu dochází. Experiment je možné provést i při probírání tématu Léčiva, které je vyučováno taktéž ve 3. ročníku, jelikož je kyselina acetylsalicylová známá jako farmaceutický přípravek Acylpyrin a v domácnostech je to často používané léčivo.

3) Aktivní uhlí a červené víno

Aktivní uhlí (uhlík) a jeho vlastnosti je probírán hned v úvodu Organické chemie ve 2. ročníku v rámci Uhlovodíků a jejich klasifikace. Vzhledem k důkazu adsorpčních vlastností během filtrace by bylo pokus možné použít např. při tomto tématu. V průběhu tohoto experimentu dále dochází k odbarvení červeného vína, které obsahuje přírodní barviva antokyany. Lze jej tedy zařadit i do 3. ročníku při probírání Barviv. Nakonec je možné experiment využít při laboratorních cvičeních pro 3. ročník jako nácvik dělení látek – filtrace.

4) Sublimace kyseliny benzoové

Kyselina benzoová je nejjednodušší aromatická jednosytná karboxylová kyselina. Experiment na sublimaci kyseliny benzoové tedy navrhuji zařadit do 3. ročníku k Derivátům uhlovodíků a jejich klasifikaci, ke karboxylovým kyselinám a jejich fyzikálním a chemickým vlastnostem. Dále by bylo možné jej použít také pro 1. ročník k učivu Látky, směsi a dělicí metody (metoda sublimace). V rámci laboratorních cvičení bychom zařadili experiment k tématu Sublimace.

5) Faraonovi hadi

Během tohoto experimentu dochází k hoření etanolu, který se spaluje na oxid uhličitý a vodu. Je tedy možné jej zařadit do 3. ročníku při probírání Derivátů uhlovodíků a jejich klasifikace, kyslíkatých derivátů, hydroxysloučenin – alkoholů a jejich reakcí. Při hoření a tvorbě „hada“ reaguje také cukr, který za tepla karamelizuje. Sacharidy – charakteristika, význam, vlastnosti a rozdělení jsou v učebních osnovách zařazeny ve 3. ročníku v rámci Biochemie.

6) Pěnicí příšera

Experiment znázorňuje reakci kyseliny octové s hydrogenuhličitánem sodným. Bylo by možné jej zařadit do několika tematických celků (acidobazické reakce, alkalické kovy), v rámci Organické chemie bych však volila opět Deriváty uhlovodíků a jejich klasifikaci, karboxylové kyseliny a charakteristiku jejich základních reakcí. Toto učivo je možné nalézt v rámci RVP v učebních osnovách pro 3. ročník.

7) Důkaz alkoholu, aldehydu, ketonu (jodoformová reakce)

Jodoformová reakce už z názvu experimentu poskytuje důkaz alkoholu, aldehydu, či ketonu. Pokus je tedy zařaditelný ve 3. ročníku při probírání Derivátů uhlovodíků a jejich klasifikace, kyslíkatých derivátů a to až už během tématu hydroxysloučenin (alkoholů), tak i karbonylových sloučenin (aldehydů a ketonů) a jejich reakcí. Při reakci dochází k oxidaci příslušných kyslíkatých derivátů uhlovodíků.

8) Reakce fenolů s chloridem železitým

Fenoly jsou na čtyřletém gymnáziu probírány ve 3. ročníku v rámci Derivátů uhlovodíků a jejich klasifikace, kyslíkatých derivátů a hydroxysloučenin, mezi které patří díky své hydroxylové skupině. Chování fenolů ovlivňuje právě přítomnost – OH skupiny, jejich počet a aromatický charakter. Experiment tedy doporučujeme zařadit do tohoto tématu,

kdy se žáci v průběhu reakce seznámí s důležitými vlastnostmi fenolů a důkazovými reakcemi.

9) Nitrace naftalenu

Tento experiment by bylo možné použít při výuce aromatických uhlovodíků ve 2. ročníku gymnázia při probírání tématu Uhlíky a jejich klasifikace, jelikož je molekula naftalenu složena ze dvou benzenových jader. Navrhujeme jej však použít spíše ve 3. ročníku při výuce Derivátů uhlovodíků a jejich klasifikace, konkrétně nitrosloúčenin, vzhledem k charakteru reakce jako výroby nitrosloúčenin. Nitrosloúčeniny s aromatickým charakterem se připravují mechanismem elektrofilní substituce S_E , nabízí se tedy použít nitraci naftalenu jako příklad této reakce.

10) Hoření glycerolu

Glycerol je významným zástupcem trojsytných alkoholů. Reakce s jeho použitím je vhodné s ohledem na Organickou chemii zařadit do tématu Derivátů uhlovodíků a jejich klasifikace, kyslíkatých derivátů, hydroxysloúčenin – alkoholů a jejich reakcí. Při hoření glycerolu dochází k jeho oxidaci za pomoci oxidačního činidla. Toto téma patří do učebních osnov 3. ročníku gymnázia.

Z hlediska vnějších organizačních forem lze zařadit všechny vybrané experimenty do školních experimentů. Rovněž všechny experimenty bychom mohli doporučit jako demonstrační pokusy i jako pokusy žákovské prováděné v rámci laboratorního cvičení, jak je uvedeno v jednotlivých kartotéčních listech.

Za poněkud náročnější pokusy, kdy bychom dbali na zvýšenou opatrnost při provádění, dodržování bezpečnosti práce, případně dohledu učitele, považujeme experiment č. 2) Přípravu kyseliny acetylsalicylové, experiment č. 4) Sublimaci kyseliny benzoové a experiment č. 9) Nitraci naftalenu. Je to především proto, že v těchto pokusech dochází k zahřívání, či práci s plynovým kahanem. Naopak pokus č. 6) Pěnicí přísera považujeme za velmi jednoduchý a mohli bychom doporučit vyzkoušet jej např. v rámci chemického kroužku, nebo i v domácím prostředí.

5 KARTOTÉKA VYBRANÝCH CHEMICKÝCH EXPERIMENTŮ

Kartotéka vybraných chemických experimentů v této bakalářské práci obsahuje experimenty, které jsou zařaditelné do výuky organické chemie. Všechny experimenty byly předem vyzkoušeny v odborné chemické laboratoři. Experimenty jsou primárně navrženy pro výuku na gymnáziích, ale lze je použít i na jiných středních školách a některé i na škole základní. Většinou se jedná o experimenty, které mají být použity jako demonstrační pokusy, některé však může žák provádět i samostatně.

Na každém kartotéčním listu je uveden název experimentu, didaktický cíl, typ pokusu (žákovský či demonstrační), časová náročnost (čas, který je uvedený na jednotlivých kartotéčních listech je pouze orientační a nezahrnuje nutnou přípravu učitele), obrázek či schéma (není uveden u všech experimentů), pomůcky, chemikálie, pracovní postup, pozorování, princip, rovnice reakce a bezpečnostní pokyny.

5.1 Seznam experimentů v následující kartotéce

Experimenty zařaditelné do výuky organická chemie:

- 1) Biuretová reakce s mlékem
- 2) Příprava kyseliny acetylsalicylové
- 3) Aktivní uhlí a červené víno
- 4) Sublimace kyseliny benzoové
- 5) Faraonovi hadi
- 6) Pěnicí příšera
- 7) Důkaz alkoholu, aldehydu, ketonu (jodoformová reakce)
- 8) Reakce fenolů s chloridem železitým
- 9) Nitrace naftalenu
- 10) Hoření glycerolu

Všechny použité chemikálie a pomůcky, které byly použity v odborné laboratoři při ověřování vybraných experimentů, jsou popsány v jednotlivých kartotéčních listech. Některé pokusy bylo nutné provádět v digestoři.

5.2 Biuretová reakce s mlékem

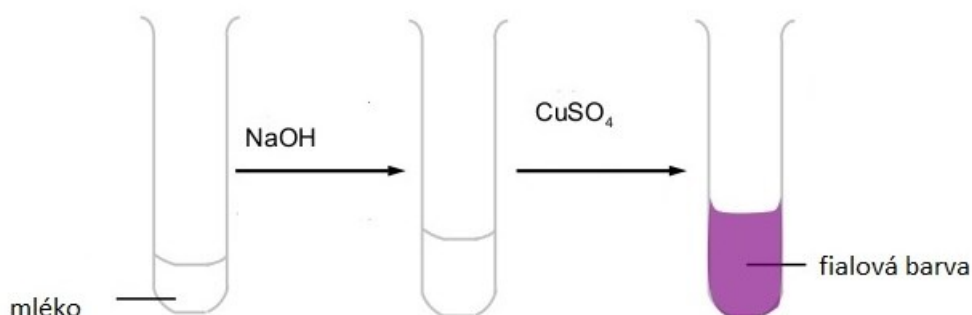
Didaktický cíl:

Žáci se seznámí s přírodními látkami – bílkovinami. Naučí se provést důkaz přítomnosti bílkovin Biuretovou reakcí.

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: 5 minut

Obrázek:



Obr. 1. Schéma reakce: změna barvy mléka z bílé na fialovou

Pomůcky:

- zkumavka
- stojan na zkumavky
- kapátko (pipeta)

Chemikálie:

- mléko
- 10% roztok hydroxidu sodného NaOH
- 5% roztok síranu měďnatého CuSO_4 (modrá skalice)

Pracovní postup:

- 1) Do zkumavky umístěné ve stojanu přidáme malé množství (1–2 ml) mléka. Je možné použít i jinou bílkovinu (bílek, roztok albuminu apod.).
- 2) Směs silně zalkalizujeme přidáním 10 % roztoku hydroxidu sodného a po kapkách přidáváme 5 % roztoku síranu měďnatého (asi 3 kapky).

3) Směs ve zkumavce protřepeme a pozorujeme směnu zbarvení.

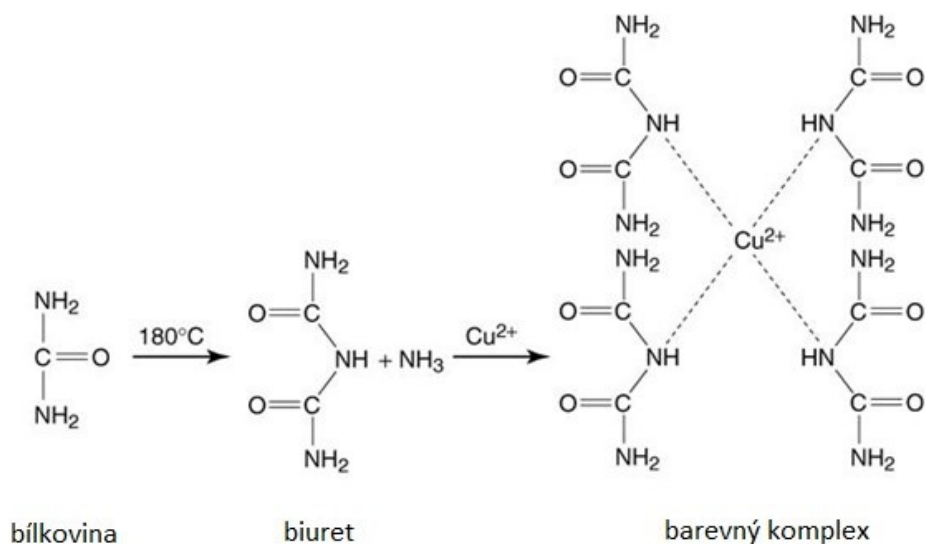
Pozorování:

Sledujeme změnu zbarvení mléka z bílé na modrofialovou.

Princip:

Reakci poskytují všechny látky s peptidickou vazbou ($-\text{CO}-\text{NH}-$) v molekule, reakce se nazývá podle biuretu, který poskytuje modrofialový komplex s Cu^{2+} iontem. Zabarvení může záviset na druhu bílkoviny.

Rovnice:



Obr. 2. Rovnice reakce: vznik barevného komplexu

Bezpečnost:

Hydroxid sodný je velmi silná žíravina a zdraví škodlivá látka. Při práci s touto látkou používat ochranné pomůcky.

5.3 Příprava kyseliny acetylsalicylové

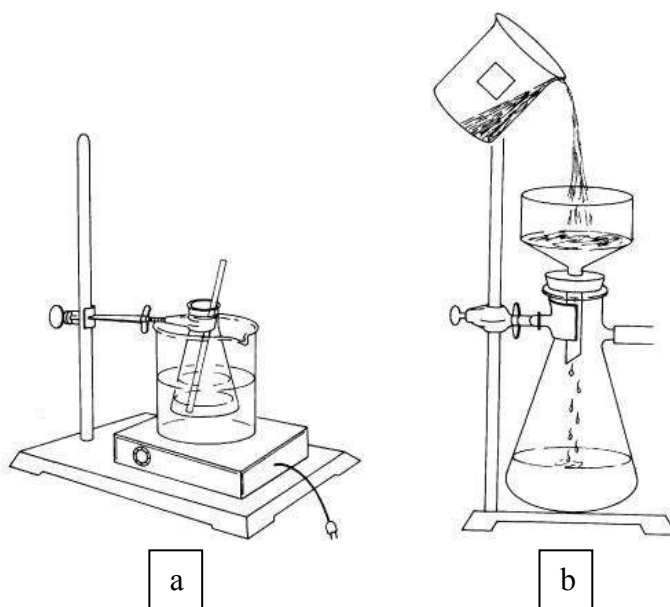
Didaktický cíl:

Žáci se seznámí s přípravou kyseliny acetylsalicylové, která je známá jako farmaceutický přípravek Acylpyrin. Tableta Acylpyrinu je lehce nahořklá a působí svíravě, za krátkou dobu po jejím požití znatelně klesne teplota těla a jako doprovodný jev se dostaví silné pocení. Žáci tuto tabletu zřejmě budou znát ze svých domácích lékárníček.

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: příprava – 5 minut, vlastní provedení – 10 minut

Obrázek:



Obr. 3. Schéma aparatury: a) zahřívání roztoku pomocí vařiče b) odsátí krystalů pomocí Büchnerovy nálevky

Pomůcky:

- Erlenmeyerova baňka
- odměrný válec (10 ml a 100 ml)
- kádinka
- lžička
- skleněná tyčinka
- kapátko

- filtrační nálevka
- vaříč
- Büchnerova nálevka
- filtrační papír
- Petriho miska

Chemikálie:

- kyselina salicylová $C_7H_6O_3$
- acetanhydrid $C_4H_6O_3$
- kyselina sírová H_2SO_4
- kyselina acetylsalicylová $C_9H_8O_4$

Pracovní postup:

- 1) Nejdříve si na laboratorních vahách navážíme 5 g kyseliny salicylové a pomocí odměrného válce odměříme 9 ml acetanhydridu.
- 2) V Erlenmeyerově baňce poté důkladně kyselinu salicylovou s acetanhydridem promícháme.
- 3) K roztoku přidáme 0,25 g koncentrované kyseliny sírové (asi 3 kapky) a směs zahříváme na 35 °C (obvykle stačí teplá voda z vodovodu). Po rozpuštění pevné fáze zvýšíme teplotu na 45 °C. Brzy se začne vylučovat kyselina acetylsalicylová.
- 4) Krystalickou látku krátce povaříme se 200 ml destilované vody, aby se rozložil přebytečný produkt (acetanhydrid).
- 5) Čirý roztok ochladíme. Krystaly vyloučené po ochlazení odsajeme na Büchnerově nálevce a promyjeme studenou destilovanou vodou. Pokud se krystaly nevyloučí samovolně, můžeme jejich tvorbu vyvolat škrábáním stěn nádoby špachtličkou nebo skleněnou tyčinkou, případně naočkováním produktu.
- 6) Produkt dáme na Petriho misku a vysušíme v sušárně (cca 80 °C).

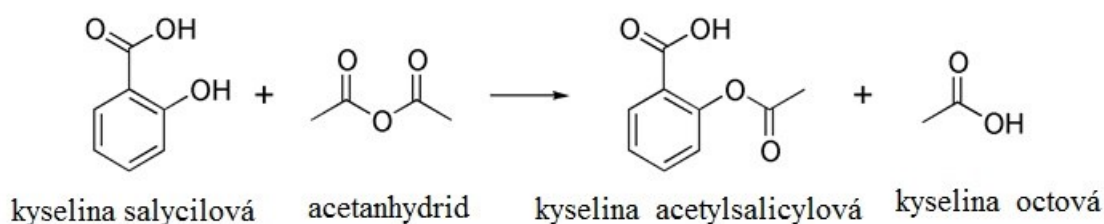
Pozorování:

Pozorujeme vznik kyseliny acetylsalicylové ve formě bílé krystalické látky.

Princip:

Kyseliny salicylová reaguje s acetanhydridem v prostředí kyseliny sírové za vzniku *O*-acetylsalicylové. Dochází zde k esterifikaci mezi karboxylovou skupinou kyseliny octo-

vé (zde použit funkční derivát acetanhydrid, který je reaktivnější než karboxylová kyselina, tedy kyselina octová) a hydroxyskupinou kyseliny salicylové, reakce probíhá v kyselém prostředí (koncentrovaná kyselina sírová). Acetanhydrid se při této reakci používá v nadbytku, přebytečný acetanhydrid je nutné odstranit. Přikápnutím vody k roztoku v kádince dochází k šumění – probíhá kyselá hydrolyza acetanhydridu na kyselinu octovou. Po ochlazení se vylučuje kyselina *O*-acetylsalicylová ve formě bílé krystalické látky.

Rovnice:

Obr. 4. Rovnice reakce: vznik kyseliny acetylsalicylové

Bezpečnost:

Acetanhydrid je silně hygroskopická kapalina (žíravina), která se reakcí s vodou rozkládá na kyselinu octovou. Při manipulaci s touto látkou, používejte ochranný štít a rukavice. Dbejte bezpečnosti práce i s koncentrovanou kyselinou sírovou (žíravina). Pracujte v digestoři.

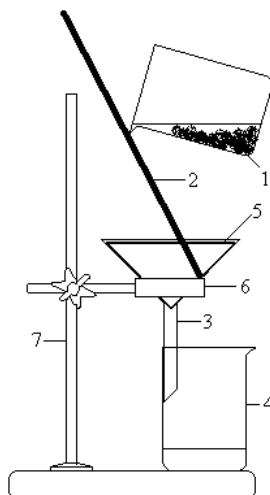
5.4 Aktivní uhlí a červené víno

Didaktický cíl: dělení látek – adsorpce, uhlík (aktivní uhlí) – vlastnosti, barviva

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: příprava – 5 minut, vlastní provedení – 10 minut

Obrázek:



Obr. 5. 1 – kádinka s filtrační směsí, 2 – skleněná tyčinka, 3 – filtrační nálevka, 4 - kádinka s filtrátem, 5 - filtrační papír, 6 – laboratorní kruh, 7 - laboratorní stojan

Pomůcky:

- aparatura pro filtraci – stojan, laboratorní kruh, filtrační nálevka, poskládaný filtrační papír
- skleněná tyčinka
- 2 kádinky

Chemikálie:

- destilovaná voda
- červené víno
- aktivní uhlí

Pracovní postup:

- 1) Jako první si poskládáme filtrační papír, který je dostupný zpravidla v podobě archu a je třeba jej pro vlastní filtraci upravit. V tomto experimentu použijeme tzv.

hladký filtr, který získáme poskládáním kruhové výseče vhodného průměru na čtvrtiny a rozevřením tak, aby vznikl kužel s jednou polovinou pláště tvořenou jednou vrstvou a s druhou polovinou tvořenou třemi vrstvami papíru.

- 2) Do filtračního kruhu upevněného do stojanu dáme filtrační nálevku, do které vložíme poskládaný filtrační papír a navlhčíme jej pomocí stříčky destilovanou vodou.
- 3) Pod filtrační nálevku umístíme kádinku tak, aby se dotýkala skleněné trubičky.
- 4) Do druhé kádinky (100 ml) nalijeme 45 ml červeného vína a přidáme 2,5 g aktivního uhlí.
- 5) Zamícháme a přefiltrujeme pomocí jednoduché filtrační aparatury tak, že roztok lijeme pomocí skleněné tyčinky na filtrační papír.
- 6) Pozorujeme zbarvení přefiltrované kapaliny.

Poznámka:

Pro fungování pokusu je nutné zachovat poměr. Lze použít i Coca Colu, je však méně účinná.

Princip:

Některé formy uhlíku se vyznačují velkým povrchem a význačnými adsorpčními vlastnostmi. Červené víno obsahuje přírodní barviva anthokyany, aktivní uhlí díky svému velkému povrchu naadsorbuje na svůj povrch různá barviva, tedy i anthokyany z vína a způsobí odbarvení roztoku.

Pozorování:

Sledujeme změnu zbarvení, vytékající kapalina po přefiltrování je bezbarvá.

Bezpečnost:

Nepít vzorek červeného vína.

5.5 Sublimace kyseliny benzoové

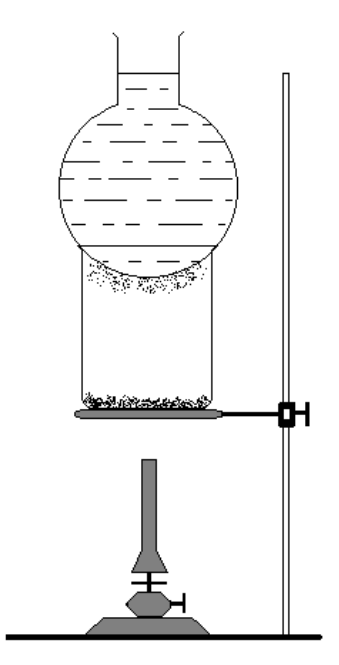
Didaktický cíl:

Žáci se seznámí se základní technikou dělení složek ze směsi – sublimací. Sublimace je skupenská přeměna, při které se pevná látka mění na plyn, aniž by došlo k tání pevné látky (tedy bez kapalně fáze).

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: příprava – 5 minut, vlastní provedení – 10 minut

Obrázek:



Obr. 6. Schéma aparatury: zahřívání kádinky s kyselinou benzoovou pod plynovým kahanem

Pomůcky:

- aparatura na sublimaci (trojnožka se sít'kou)
- kádinka
- kulatá baňka se studenou vodou
- plynový kahan
- lžice
- písek
- hodinové sklíčko

Chemikálie:

- kyselina benzoová C_6H_5COOH

Pracovní postup:

- 1) Do kádinky, která je položena na azbestové síťce na trojnožce, dáme několik krystalků kyseliny benzoové (čtvrt velké lžičky).
- 2) Baňku s kulatým dnem a s vodou posadíme na kádinku, popřípadě baňku upevníme držákem ke stojanu. Opatrně zahříváme kádinku.
- 3) Kyselina benzoová začíná po chvíli sublimovat a její krystalky se usazují na dně baňky, která funguje jako chladič.
- 4) Přesublimovanou kyselinu benzoovou seškrábeme na hodinové sklíčko.

Pozorování:

Na dně kulaté baňky a uvnitř kádinky pozorujeme jehličky kyseliny benzoové, které se někdy říká také „chemikův sníh“.

Princip:

Kyselina benzoová je aromatická jednosytná karboxylová kyselina. Za běžných podmínek má podobu bílého krystalického prášku. Po umístění nad plynový kahan vznikají benzoové páry a kyselina začíná sublimovat. To je změna skupenství z pevného přímo do plynného, aniž by látka prošla kapalnou fází. Kyselina benzoová má teplotu sublimace kolem $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bezpečnost:

Pokus se provádí v digestoři, během pokusu vznikají jedovaté páry. Kyselina benzoová je zdraví škodlivá látka.

5.6 Faraonovi hadi

Didaktický cíl:

Využití znalostí z chemie v praxi pro vytvoření zajímavého pokusu z chemikálií dostupných i v domácnosti. Rozvoj kreativity, zdokonalení v zásadách bezpečnosti při práci.

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: příprava – 5 minut, vlastní provedení – 10 minut

Pomůcky:

- keramická miska
- kádinka
- lžička
- špejle
- zápalky

Chemikálie:

- sacharosa $C_{12}H_{22}O_{11}$ (cukr moučka)
- hydrogenuhličitan sodný $NaHCO_3$ (jedlá soda)
- etanol C_2H_5OH

Pracovní postup:

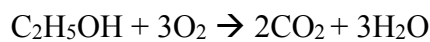
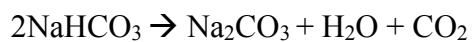
- 1) Do misky nasypeme písek a uděláme v něm důlek.
- 2) Na papíru promícháme sacharózu (cukr) s hydrogenuhličitanem sodným (jedlá soda) v objemovém poměru 9:1 (malé lžičky).
- 3) Poté 3 velké lžičky směsi vsypeme do důlku. Písek okolo směsi cukru a jedlé sody navlhčíme etanolem. Směs zapálíme špejlí.
- 4) Po chvíli od zapálení lze pozorovat vznik černého hada, který roste z důlku. Lze také cítit karamelovou vůni.

Pozorování:

Pozorujeme, jak z malého objemu vznikají poměrně objemní, jakoby „pěnoví“ hadi, kteří jsou při dotyku lehčí a jemní.

Princip:

Zapálením směsi dochází k hoření etanolu, který se spaluje na oxid uhličitý a vodu. Touto reakcí se uvolňuje teplo. Jedlá soda se za tepla rozkládá za vzniku uhličitanu sodného a oxidu uhličitého. Cukr za tepla karamelizuje, karamel na vzduchu ihned tuhne a vznikající oxid uhličitý jej vyplňuje, a tím se tvoří těla „hadů“.

Rovnice:**hoření etanolu:****tepelný rozklad jedlé sody:****hoření cukru:****Bezpečnost:**

Dohled při zapalování směsi, pracovat ve větraném prostoru nebo digestoři. Etanol je vysoce hořlavý, pozor na popálení.

5.7 Pěnicí příšera

Didaktický cíl:

Využití znalostí z chemie v praxi pro vytvoření zajímavého pokusu z chemikálií dostupných i v domácnosti. Rozvoj kreativity, zdokonalení v zásadách bezpečnosti při práci.

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: 5 minut

Pomůcky:

- odměrný válec
- podnos (nádobu na podložení odměrného válce)
- lžička
- skleněná tyčinka

Chemikálie:

- hydrogenuhličitan sodný NaHCO_3 (jedlá soda)
- 8% roztok kyseliny octové CH_3COOH (ocet)
- manganistan draselný KMnO_4 (hypermangan), nebo potravinářské barvivo
- saponát (jar)

Pracovní postup:

- 1) Odměrný válec umístíme do nádoby, aby nedošlo ke znečištění pracovního místa.
- 2) Asi do poloviny odměrného válce nalijeme ocet, přidáme větší množství saponátu a manganistan draselný (hypermangan), nebo potravinářské barvivo.
- 3) Roztok v odměrném válci promícháme pomocí skleněné tyčinky.
- 4) Přidáme asi 3 lžičky jedlé sody.
- 5) Dojde k vytvoření mohutné pěny, která je zbarvena podle použitého barviva.

Pozorování:

Nastává rychlá reakce za vzniku velkého množství pěny. Pěna vzniká napěněním saponátu uvolněným oxidem uhličitým.

Princip:

V odměrném válci dochází k těmto reakcím. Hydrogenuhličitan sodný reaguje s kyselinou octovou za vzniku octanu sodného, oxidu uhličitého a vody. Díky vzniklému oxidu uhličitému saponát napění a uniká z válce ven v podobě pěny.

Rovnice:**Bezpečnost:**

Při pokusu použít ochranné pomůcky, po smíchání chemikálií odstoupit od nádoby. Žáky upozornit, že ocet ani soda nejsou v tomto případě určeny pro konzumaci.

5.8 Důkaz alkoholu, aldehydu, ketonu (jodoformová reakce)

Didaktický cíl:

Žáci se seznámí s důkazovými reakcemi alkoholů, které poskytují barevné změny typické pro danou látku.

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: příprava – 5 minut, vlastní provedení – 10 minut

Pomůcky:

- pipeta
- zkumavky
- stojan na zkumavky
- kapátko

Chemikálie:

- etanol C_2H_5OH
- acetaldehyd CH_3CHO
- aceton CH_3COCH_3
- Lugolův roztok (roztok I_2 v KI)
- hydroxid sodný $NaOH$

Pracovní postup:

- 1) Do zkumavky se 2 ml etanolu (acetaldehydu, acetonu) přidáme 2 ml roztoku jodu v jodidu draselném (Lugolův roztok).
- 2) Po kapkách přidáváme 10% roztok hydroxidu sodného.
- 3) Dojde k odbarvení roztoku a roztok se začne kalit žlutými šupinkami jodoformu.

Pozorování:

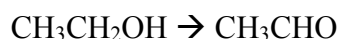
Pozorujeme odbarvení roztoku a tvorbu šupinek jodoformu s charakteristickým zápachem.

Princip:

Jód reaguje s alkoholy, aldehydy a ketony, které mají kromě funkční skupiny ($-OH$, $-CHO$, $-CO-$) přítomnou také skupinu $-CH_3$. Vzniká meziproduct $R-CO-Cl_3$, který se účinkem hydroxidu rozpadá na jodoform CHI_3 , vytvářející žluté nebo nažloutlé krystalky

a mající charakteristický zápach. Zároveň dochází k oxidaci příslušných kyslíkatých derivátů uhlovodíků (alkoholů, aldehydů a ketonů) na karboxylové kyseliny, respektive soli karboxylových kyselin COONa (reakce je prováděna v zásaditém prostředí NaOH).

Pozn.: Pomocí této reakce od sebe můžeme odlišit metanol (který nebude s jódem reagovat) od etanolu. Z metanolu se totiž nevytvoří karboxylová skupina, zatímco z etanolu ano. Podobně lze odlišit metanal od etanalu, který bude vytvářet žluté krystalky jodoformu.

Rovnice:**Bezpečnost:**

Etanol je vysoce hořlavý, hydroxid sodný je velmi silná žíravina a zdraví škodlivá látka. Při práci s těmito látkami používat ochranné pomůcky.

5.9 Reakce fenolů s chloridem železitým

Didaktický cíl:

Žáci se seznámí s obecnými vlastnostmi a důkazovými reakcemi fenolů, které poskytují barevné změny typické pro danou látku.

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: příprava – 5 minut, vlastní provedení – 10 minut

Pomůcky:

- odměrný válec
- zkumavky
- stojan na zkumavky
- špachtle
- kapátko

Chemikálie:

- fenoly (pyrokatechol, resorcinol, hydrochinon)
- roztok chloridu železitého $FeCl_3$ ve vodě
- kyselina chlorovodíková HCl

Pracovní postup:

- 1) Do zkumavky s 5 ml vody přidáme na špičku špachtle fenolu (pyrokatechol, resorcinol, hydrochinon).
- 2) Dobře protřepeme.
- 3) Přilijeme asi 3 kapky 5% roztoku chloridu železitého ve vodě.
- 4) Vznikne intenzivně fialový roztok, který se odbarví přidávkem HCl.

Pozorování:

Pozorujeme vznik charakteristického zbarvení jednotlivých fenolů a následné odbarvení po přidání HCl.

Princip:

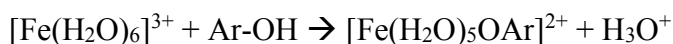
Chování fenolů ovlivňuje přítomnost – OH skupiny, jejich počet a aromatický charakter. Roztoky fenolů s roztokem chloridu železitého tvoří charakteristické různobarevné rozto-

ky, které je možno využít při důkazu těchto látek. Reakce není pro fenoly specifická, barevné roztoky s železitými ionty poskytují i mnohé jiné organické látky (aldehydy, karboxylové kyseliny a jejich deriváty). Barevný komplex fenolů s železitými ionty je chelátem a vzniká částečným vytěsněním molekul rozpouštědla ze solvatovaného železitého iontu fenolem.

Tab. 1. zabarvení roztoků fenolů s chloridem železitým

Fenol	Barva roztoku
fenol	fialová
pyrokatechol	zelená
recorcinol	žlutá
hydrochinon	modrá

Rovnice:



Bezpečnost:

Fenoly jsou zdraví škodlivé, některé jsou i toxické nebo karcinogenní. Fenol silně leptá pokožku, při případném potřísnění okamžitě opláchněte proudem vody a potřete glycerolem. Všechny reakční zbytky slévejte do určených nádob.

5.10 Nitrace naftalenu

Didaktický cíl:

Žáci se seznámí s výrobou nitrosloučenin, která je založena na substitučních reakcích. Jako výchozí látky se používají uhlovodíky, nitrace naftalenu probíhá jako substituce elektrofilní.

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: příprava – 5 minut, vlastní provedení – 15 minut

Pomůcky:

- zkumavky
- držák na zkumavky
- skleněné nálevky
- kádinka
- lžička
- hrnec
- elektrická plotýnka

Chemikálie:

- naftalen $C_{10}H_8$
- kyselina octová CH_3COOH
- nitrační směs (kyselina sírová H_2SO_4 a kyselina dusičná HNO_3 v poměru 1:3)

Pracovní postup:

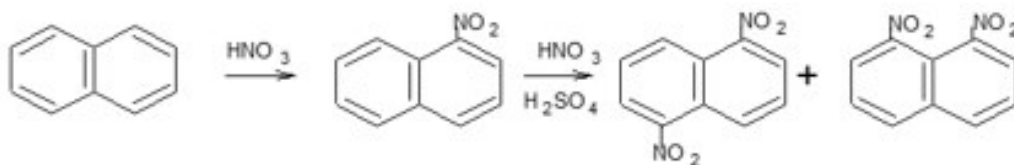
- 1) Do velké zkumavky nasypeme 2 g naftalenu.
- 2) Přidáme 10 ml ledové kyseliny octové.
- 3) Zkumavku uchytíme do držáku a v něm zkumavku zahříváme na vodní lázni, dokud se naftalen nerozpustí.
- 4) Poté přilijeme 5 ml nitrační směsi a zkumavku pozvolna zahříváme dalších 5 minut.
- 5) Uvolňuje se hnědý dým oxidu dusičitého (tzv. nitrosní plyn).
- 6) Obsah zkumavky nalijeme do destilované vody v kádince.
- 7) Vzniklou sraženinu poté odfiltrujeme pomocí filtrační aparatury a vysušíme.

Pozorování:

Po přidání nitrační směsi ke zkumavce s naftalenem a kyselinou octovou pozorujeme uvolňování hnědého dýmu oxidu dusičitého, po přefiltrování a vysušení sraženiny pozorujeme oranžovožlutou krystalickou látku 1-nitronaftalen.

Princip:

Výroba nitrosloúčenin je založena na substitučních reakcích, nejčastěji se jedná o přímou nitraci. Jako výchozí látky se používají uhlovodíky, v tomto případě naftalen. Nitrosloúčeniny s alifatickým řetězcem se získávají substitucí radikálovou S_R , nitrosloúčeniny s aromatickým charakterem se připravují mechanismem elektrofilní substituce S_E . Jako činidlo se používá koncentrovaná směs kyseliny sírové a kyseliny dusičné označovaná jako nitrační směs. Nitrace naftalenu, substituce vodíku na aromatickém jádře skupinou $-NO_2$ probíhá jako aromatická elektrofilní substituce.

Rovnice:

Obr. 7. Schéma nitrace naftalenu

Bezpečnost:

Opatrně zahřívát zkumavku na vodní lázni. Většina aromatických nitrosloúčenin vykazuje mutagenní aktivitu.

5.11 Hoření glycerolu

Didaktický cíl:

V průběhu reakce se žáci seznámí s redoxní reakcí a reakcí alkoholů.

Typ pokusu: demonstrační i laboratorní

Časová náročnost: 5 minut

Pomůcky:

- miska
- kapátko

Chemikálie:

- glycerol $C_3H_5(OH)_3$
- manganistan draselný $KMnO_4$

Pracovní postup:

- 1) Do misky dáme malou hromádku najemno utřeného manganistanu draselného a nahore hromádky uděláme důlek.
- 2) Do důlku v manganistanu draselného kápneme pár kapek glycerolu.

Pozorování:

Po kápnutí glycerolu na manganistan draselný pozorujeme nejdříve doutnání a nakonec i hoření fialkovým plamenem.

Princip:

Jedná se o exotermickou reakci dvou látek, při které je uvolňováno teplo, čímž se směs náhle rozhoří. Manganistan draselný je oxidační činidlo, dojde tedy k oxidaci glycerolu. Fialová barva plamene je typická pro spektrum draselného iontu.

Rovnice:



Bezpečnost:

Pozor na popálení plamenem po přidání glycerolu. Při tomto experimentu pracujeme raději v digestoři.

6 EVALUACE EXPERIMENTŮ A DOPORUČENÍ PRO VÝUKU

6.1 Dotazník

V bakalářské práci se částečně zabýváme i tím, jak přiblížit chemii žákům na gymnáziu prostřednictvím vybraných experimentů pomocí videonahrávek. Evaluace experimentů byla provedena vytvořením dotazníkového šetření mezi žáky a následným zpracováním výsledků. Bylo důležité poznat i osobní názor studentů, jelikož převážně pro ně jsou (kromě učitelů) předložené experimenty vytvořeny.

Natočené videonahrávky s experimenty byly prezentovány na střední škole ve Zlínském kraji, kde je chemie vyučována od 1. až do 4. ročníku. Dále byl vytvořen dotazník, který byl ve stejné škole předložen žákům 1., 2. a 4. ročníku, kterým byly videonahrávky prezentovány. Výzkumu se zúčastnilo celkem 53 žáků, z toho 22 žáků z 1. ročníku (16 dívek a 6 chlapců), 18 žáků z 2. ročníku (12 dívek a 6 chlapců) a 13 žáků ze 4. ročníku (10 dívek a 3 chlapci), kteří současně vyplnili dotazník.

Při vytváření dotazníkových otázek byly formulovány některé předpoklady:

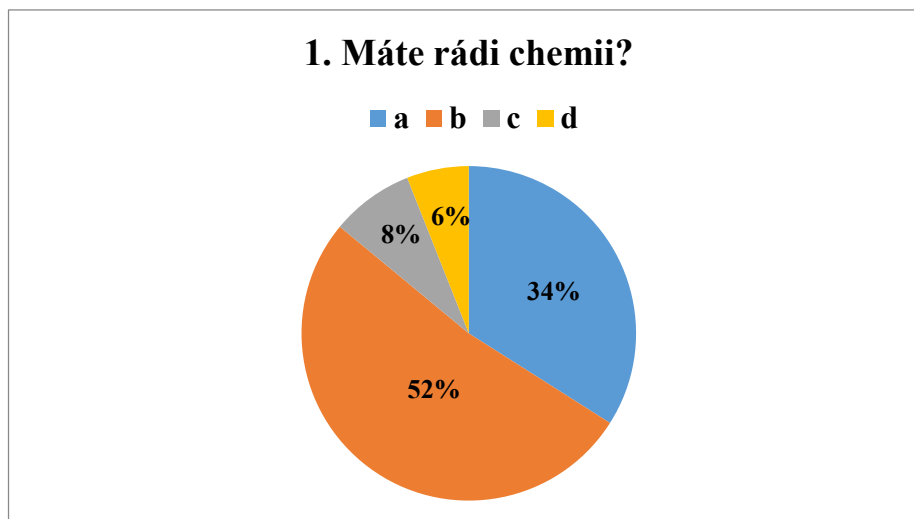
- chemie žáky na uvedené střední škole baví
- žáci rádi provádějí experimenty
- raději provádějí experimenty sami, než aby je sledovali na videu
- žáci považují provádění experimentů v hodině chemie za důležité

6.1.1 Vyhodnocení dotazníku

Níže je předložen dotazník s jednotlivými otázkami a vyhodnocení jednotlivých odpovědí.

Otázka č. 1: Máte rádi chemii?

- a) ano, je zajímavá
- b) ano, ale je pro mne obtížná
- c) spíše ne
- d) ne, nebaví mě

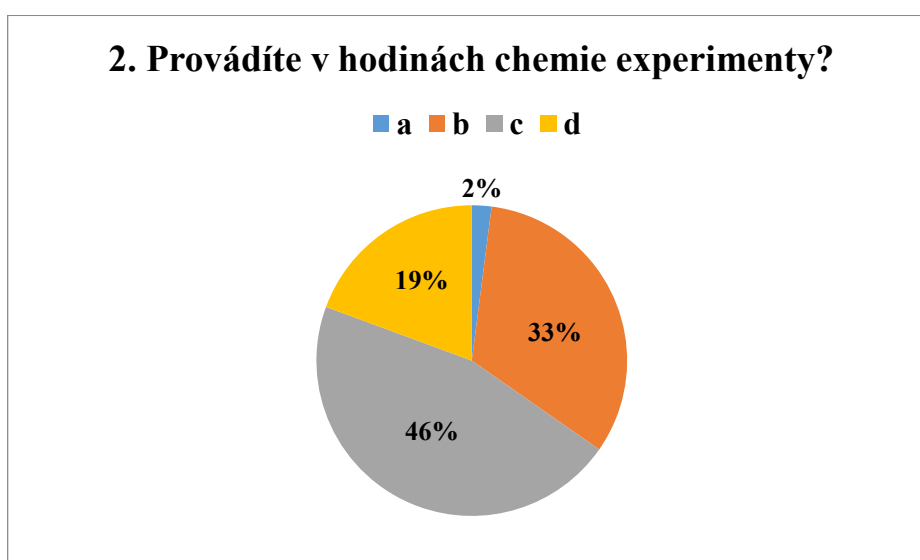


Obr. 8. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 1

Z odpovědí na tuto otázku vyplývá, že na škole, kde byl proveden výzkum, žáci ve většině případů chemii skutečně rádi mají. Více než polovině žákům však připadá obtížná, a to v 52 % případů, 34 % žáků uvedlo, že mají chemii rádi a je pro ně zajímavá, 8 % žáků spíše chemii rádo nemá a 6 % žáků chemii rádo nemá vůbec a ani je nebaví.

Otázka č. 2: Provádíte v hodinách chemie experimenty?

- a) ano, provádí je učitel
- b) ano, provádíme je sami
- c) ano, provádí je učitel i sami
- d) ne

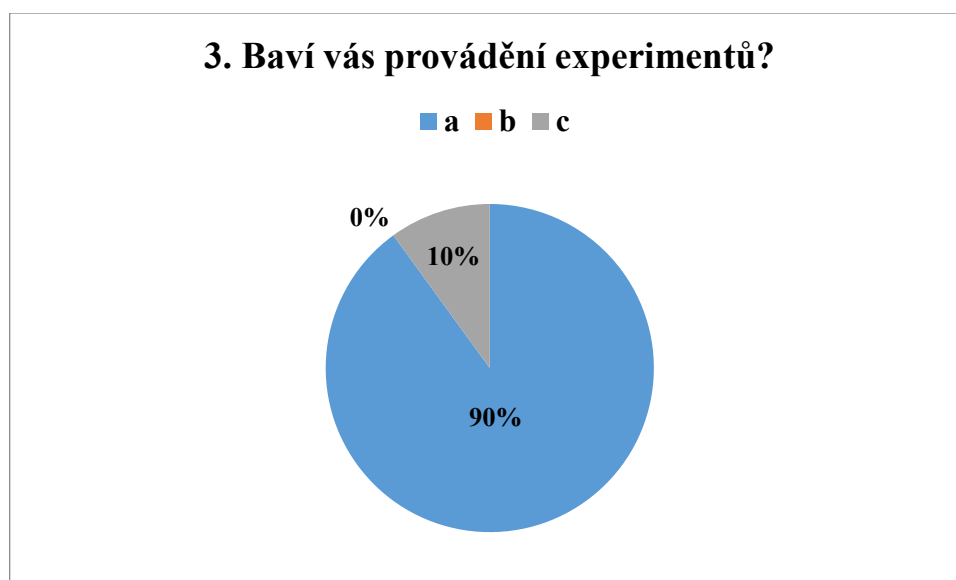


Obr. 9. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 2

Výše uvedenou otázku žáci pochopili bohužel různě. Experimenty totiž dle sdělení učitelů na škole provádí pravidelně, avšak spíše v rámci laboratorního cvičení. Ti žáci, kteří uváděli, že experimenty neprovádějí, a to v 19 % případů, tím zřejmě mysleli, že je neprovádějí v teoretických hodinách. Dále 46 % dotazovaných odpovědělo, že experimenty provádí jak učitel, tak i sami, 33 % žáků sdělilo, že experimenty provádí sami a pouhé 2 % žáků uvedlo, že experimenty provádí pouze učitel.

Otázka č. 3: Baví vás provádění experimentů?

- a) ano
- b) ne
- c) je mi to jedno

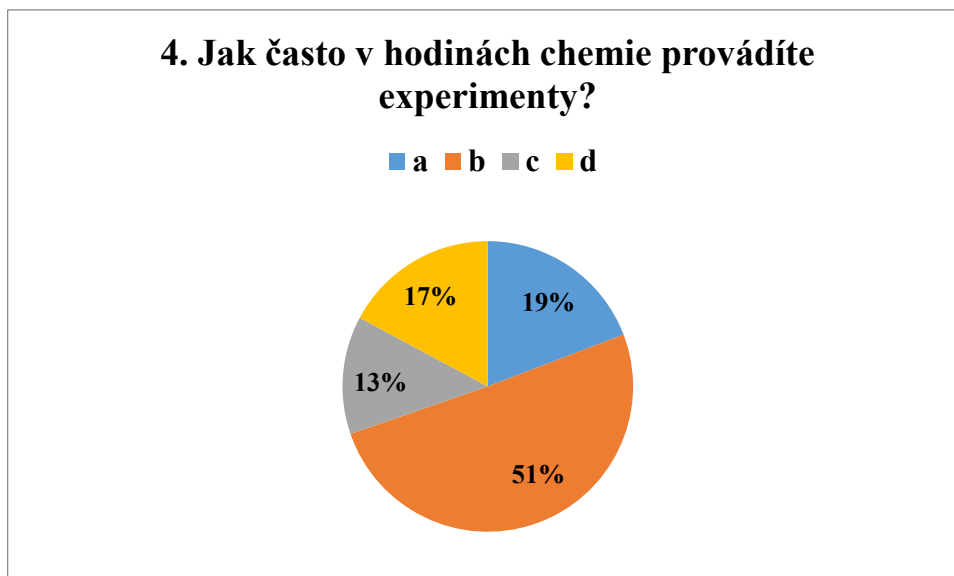


Obr. 10. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 3

Odpovědi na tuto otázku poskytli zajímavé zjištění a to takové, že žáky buď provádění experimentů baví, jak odpovědělo 90 % žáků, tedy většina, nebo jim je to v 10 % jedno. Žádný žák neodpověděl, že ho provádění experimentů nebaví.

Otázka č. 4: Jak často v hodinách chemie provádíte experimenty?

- a) několikrát týdně
- b) několikrát měsíčně
- c) několikrát ročně
- d) vůbec

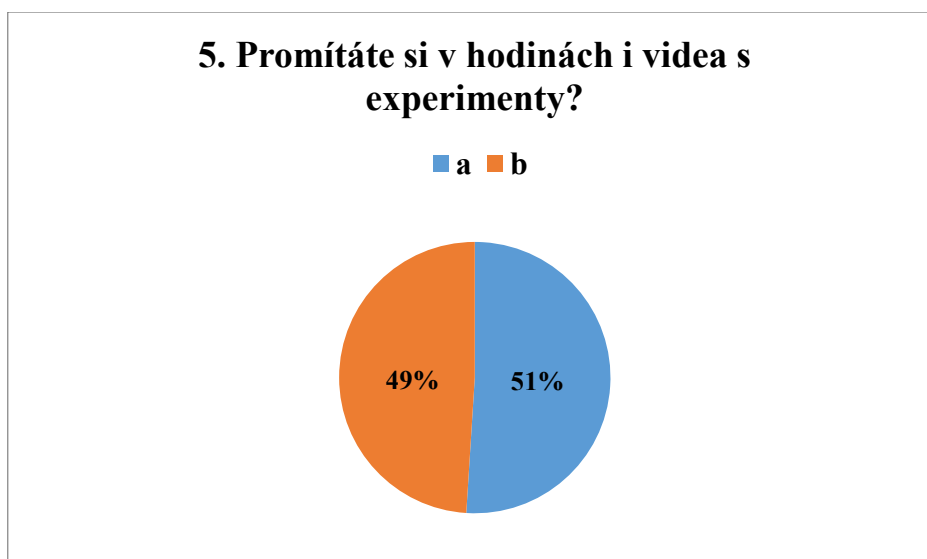


Obr. 11. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 4

Otázka byla žáky opět pochopena různě, co se týče provádění experimentů v laboratořích a v teoretických hodinách. Žáci, kteří uvedli, že neprovádí experimenty vůbec, nejspíše mysleli v teoretických hodinách. Zajímavé je, že těchto 17 % žáků byli všichni z 2. ročníku, ostatní tuto možnost jako odpověď nevybrali. Naopak žáci ze 4. ročníku nejčastěji uváděli, že provádí experimenty několikrát týdně, celkem ze všech ročníků to bylo 19 %. Nejčastěji však, a to v 51 % odpovědí stálo, že žáci provádějí experimenty několikrát měsíčně, ve 13 % poté žáci uvedli několikrát ročně.

Otázka č. 5: Promítáte si v hodinách i videa s experimenty?

- a) ano
- b) ne

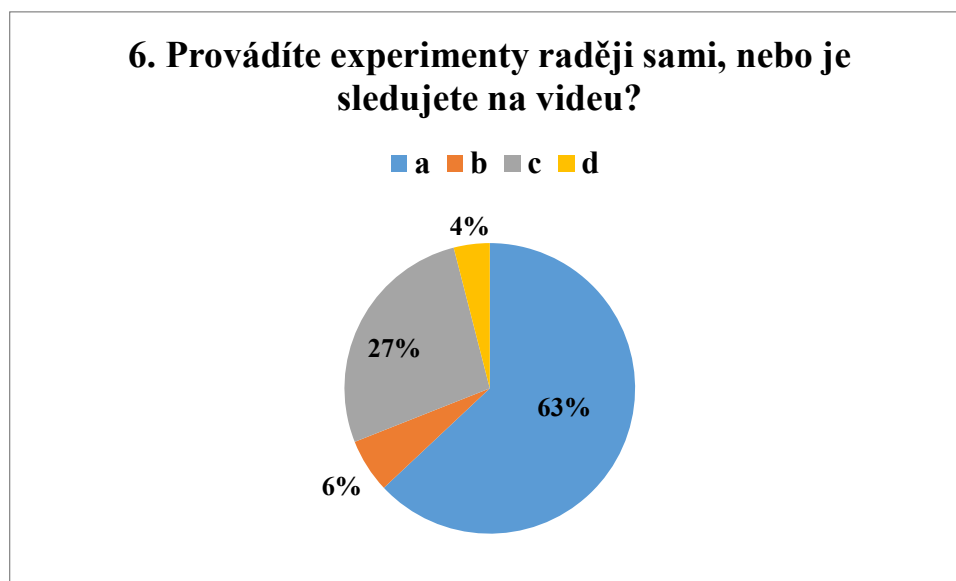


Obr. 12. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 5

Z grafu je patrné, že v tomto případě odpověděli žáci téměř půl na půl. 51 % z nich odpovědělo, že si v hodinách videa s experimenty promítají, 49 % z nich pak, že nikoliv. Nutno říci, že i zde se odpovědi lišili v jednotlivých ročnících. Většina odpovědí s variantou a) ano pocházela z 1. ročníku, z čehož lze usuzovat, že v nižších ročnících jsou spíše experimenty promítány pomocí videoprojekce a ve vyšších ročnících je již žáci provádí sami v rámci praktického laboratorního cvičení. Učitelé také zřejmě dbají na dodržování bezpečnosti práce žáků z nižších ročníků a než získají potřebnou zručnost, jsou jim experimenty častěji promítány.

Otázka č. 6: Provádíte experimenty raději sami, nebo je sledujete na videu?

- a) provádíme sami
- b) sledujeme na videu
- c) sami i na videu
- d) ani sami ani na videu

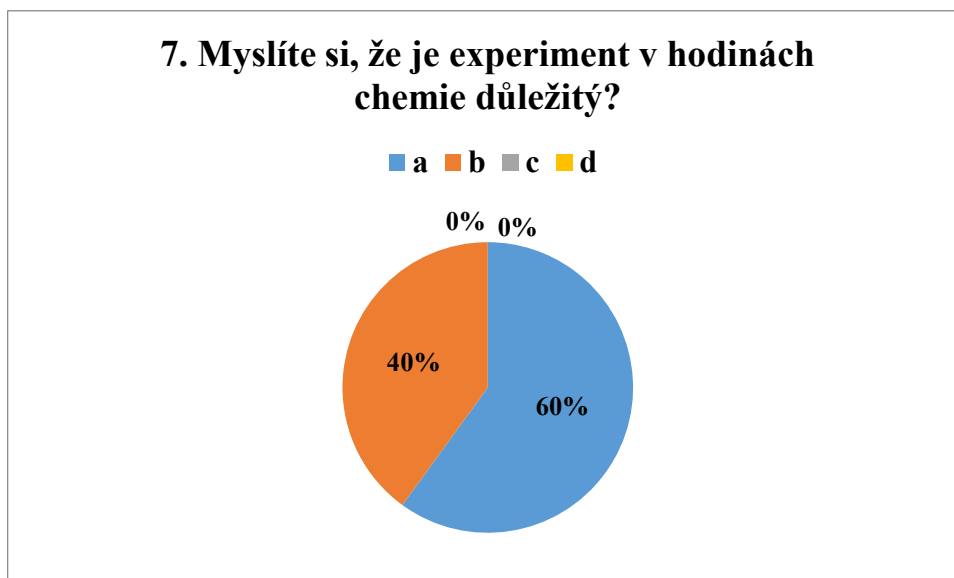


Obr. 13. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 6

Na tuto otázku žáci v celých 63 % procentech, dle očekávání odpověděli, že experimenty nejraději provádějí sami. Tato odpověď se opakovala ve všech ročnících. Žáci však experimenty rádi sledují i na videu, 27 % z nich odpovědělo, že experimenty provádějí sami i sledují na videu, 6 % rádo sleduje experimenty pouze na videu a 4 % žáků uvedlo, že experimenty ani rádi neprovádí, ani rádi nesledují na videu.

Otázka č. 7: Myslíte si, že je experiment v hodinách chemie důležitý?

- a) ano, velmi
- b) spíše ano
- c) spíše ne
- d) ne, je zbytečný

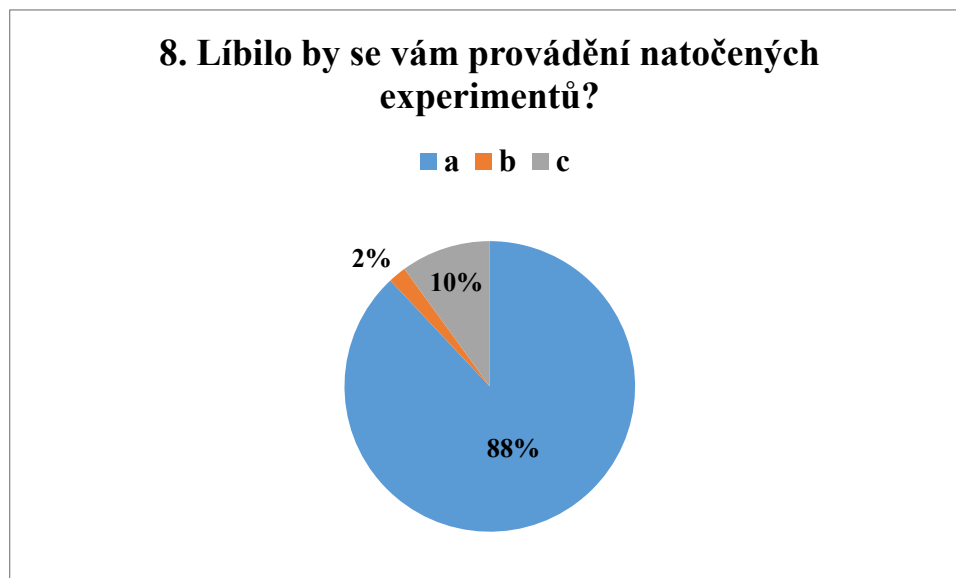


Obr. 14. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 7

Z výše uvedeného grafu jasně vyplývá, že všichni žáci na dané škole si myslí, že je experiment v hodinách chemie důležitý. V 60 % případů uvedli, že je důležitý velmi a ve 40 % případů, že spíše ano. Žádný žák nezaškrtl možnost spíše ne ani možnost, že je experiment v hodinách chemie zbytečný. Dá se předpokládat, že názor středoškolských studentů na této škole bude i na jiných školách podobný. Žáci sami pocítují, že v chemii jako experimentální vědě je provádění pokusů nepostradatelné.

Otázka č. 8: Líbilo by se vám provádění natočených experimentů?

- a) ano
- b) ne
- c) je mi to jedno



Obr. 15. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 8

Poslední otázka se týkala přímo námi natočených a žákům prezentovaných vybraných experimentů. Potěšilo nás, že 88 % z nich by rádo uvedené experimenty provádělo v hodinách chemie. 10 % žáků uvedlo, že jim je to jedno a 2 % by se provádění promítaných experimentů nelíbilo. Odpovědi na tuto otázku téměř kopírovali otázku č. 3, zda žáky baví provádění experimentů. Ty žáky, které nebaví provádění experimentů, nebude bavit ani provádění natočených experimentů. Potěšující však je, že většině ze všech zúčastněných by se provádění experimentů líbilo.

6.1.2 Diskuse k dotazníku

Vyhodnocením odpovědí na jednotlivé otázky z dotazníku se více méně naplnily naše předpoklady, které byly formulovány v úvodu tak, že chemie na dané škole žáky baví, experimenty provádějí rádi, ale raději sami, než aby je sledovali na videozáznamu, a také většina žáků považuje provádění experimentů v hodině chemie za důležité. Poslední otázka povzbudila náš záměr vytvořit zajímavé experimenty určené pro výuku organické chemie na gymnáziu a částečně potvrdila, že by se realizování těchto vybraných experimentů žákům v hodině líbilo. Některé odpovědi se více či méně lišily v jednotlivých ročnících, je zřejmé, že žáci v oblasti experimentování ujdou na této škole od 1. do 4. ročníku dlouhou cestu. Do tohoto stručného šetření však byl zapojen pouze dostupný soubor respondentů, výsledky tak nelze zobecnit pro širší okruh středních škol ve Zlínském kraji.

6.2 Evaluace a vyhodnocení chemických experimentů

Vybrané experimenty, které byly navrženy pro výuku organické chemie na gymnáziu, byly metodicky sestaveny a vyzkoušeny v odborné chemické laboratoři podle vytvořených kartotéčních listů.

Dle očekávání proběhli téměř všechny experimenty, u kterých se podařilo vytvořit jak fotodokumentaci, tak videozáznam, které jsou k dispozici v Přílohách PI – PXI.

V Příloze P I je znázornění experimentu Biuretová reakce s mlékem. Po přidání hydroxidu sodného a modré skalice došlo dle metodiky ke změně zbarvení mléka z bílé na fialovou. Změna je snadno pozorovatelná, jedná se o jednoduchý pokus, který mohou žáci provádět sami.

Příprava kyseliny acetylsalicylové zobrazené v Příloze PII je experiment o něco náročnější časově, i co se týče aparatury, probíhal ale úspěšně a v závěru se podařilo získat krystalky kyseliny acetylsalicylové.

Experiment Aktivní uhlí a červené víno se podařilo také zdárně provést, tekutina, která vytékala po přefiltrování do kádinky, byla čirá. Pokus patří opět k těm jednodušším, v úvodu pokusu je jen nutné připravit si filtrační papír, což je také natočeno ve videozáznamu.

V příloze P IV jsou k dispozici fotografie sublimace kyseliny benzoové. U tohoto experimentu je kádinka zahřívána pomocí plynového kahanu, je tedy nutné dbát bezpečnosti práce. Po zahřátí začala kyselina brzy sublimovat a krystalky se objevily na dvě kulaté baňky i v kádince. Pokus tedy běžel úspěšně.

Pokusy Faraonovi hadi a Pěnicí příšera, znázorněné v přílohách P V a P VI proběhly rovněž dle očekávání, byly pozorovány hezké reakce, které žáky při promítání zaujaly. Oba pokusy mohou provádět žáci sami, lze je navíc vyzkoušet i v domácím prostředí za použití dostupných chemikálií v domácnosti.

V přílohách P VII a P VIII jsou vyobrazeny zkumavkové reakce. Při jodoformové reakci i při reakcích fenolů je používán stojan na zkumavky kam se zkumavky umístí, k roztokům jsou přidávány chemická činidla a pozorovány barevné změny. V obou případech se jedná o důkazové reakce, důkaz je snadno ověřitelný právě pomocí změny zbarvení, která proběhla dle metodiky.

V příloze P IX je prezentován experiment Nitrace naftalenu. Pokus byl poněkud časově náročnější především díky dlouhému zahřívání směsi. Po zahřátí je nutné ještě přefiltrování a vysušení sraženiny. Experiment ale proběhl zdárně a na závěr byla pozorována oranžovožlutá krystalická látka, jak je patrné z fotodokumentace.

Poslední reakce Hoření glycerolu zobrazené v příloze P X bohužel během ověřování experimentů neběžela, není proto uvedena ve videozáznamu, ale pouze na fotografiích. Mohlo to být způsobeno špatnou kvalitou chemikálií, ale i jinými aspekty. Před tím, než bude experiment prováděn před žáky, by bylo dobré zkusit pokus ověřit ještě jednou.

ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce bylo potvrzeno, že vyučovací předmět chemie patří mezi obtížné a současně nepřilíživé oblíbené předměty. Nedílnou součástí její výuky by měl být chemický experiment, který má funkci nejen motivační, ale přináší propojení teoretických vědomostí s praktickými dovednostmi a působí na rozvoj logického a tvořivého myšlení žáků. Sami žáci potvrzují, že se jedná o techniku, kterou jednoznačně preferují. Bylo by tedy přínosem, zařadit co nejvíce experimentů do hodin chemie k doplnění učiva i zpestření výuky. Zde se nabízí využití nejrůznější moderní techniky, včetně videonahrávek s experimenty.

Jedním z výstupů této bakalářské práce je 10 vypracovaných kartotéčních listů k vybraným chemickým experimentům, k nim provedená fotodokumentace a 9 videonahrávek. Tyto chemické experimenty byly navrženy tak, aby se daly použít přímo do výuky organické chemie na gymnáziu. Kartotéka navíc může být cennou pomůckou do výuky začínajícím i zkušeným učitelům. Experimenty se povedlo provést úspěšně, jediným, který neběžel, byl poslední pokus, jak je uvedeno v závěrečném vyhodnocení.

Uvedené videonahrávky byly prezentovány v hodinách chemie na střední škole a po jejich promítnutí byl žákům rozdan dotazník s devíti otázkami (str. 56 – 62). Dle výsledků dotazníku rozdaného v rámci této bakalářské práce za účelem evaluace provedených experimentů bylo zjištěno, že chemické experimenty žáky v hodinách chemie baví, považují je za důležité a natočené experimenty by prováděli rádi. Předvádění experimentů pomocí videonahrávek však zřejmě není v hodinách příliš časté, přestože by přineslo určitou úsporu času, financí i zajistilo dodržení bezpečnosti v hodinách.

Přestože žáci v dotazníku potvrdili, že experimenty by raději prováděli sami, každé zařazení této motivační výukové techniky bude pro zvýšení atraktivity chemie prospěšné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AMERLING, Karel, 1851. *Lučební základové hospodářství a řemeslnictví: ku prospěchu čekatelů národních škol*. V Praze: Arcibiskupská knihtiskárna.
- [2] BÍLEK, Martin, 2005. *ICT ve výuce chemie: studijní materiály pro realizaci volitelného modulu P v rámci Státní informační politiky ve vzdělávání*. Hradec Králové: Gaudeamus. ISBN 80-7041-631-9.
- [3] BENEŠ, Pavel, Martin RUSEK a Tomáš KUDRNA, 2014. *Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České republice*. Praha: Chem. Listy 109, 159-162.
- [4] BUDIŠ, Josef, 2004. *Vybrané přednášky a úvahy z obecné didaktiky chemie*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-3542-0.
- [5] CÍRUS, Lukáš, 2008. *Výuka ICT na základních školách v ČR a Velké Británii*. In *Informatika ve škole a praxi*, 1. vyd. Ružomberok: Katolícká univerzita v Ružomberku. ISBN 978-80-8084-362-5.
- [6] ČAPEK, Robert, 2015. *Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnotících metod*. Praha: Grada, Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-3450-7.
- [7] ČIPERA, Jan, 1991. *Didaktika organické chemie*. Praha: Karolinum. ISBN 80-7066-513-0.
- [8] ČIPERA, Jan, 2000. *Rozpravy o didaktice chemie: [učební text pro posluchače Přírodovědecké fakulty UK]*. Praha: Karolinum. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0134-6.
- [9] ČTRNÁCTOVÁ, Hana a Josef HALBYCH, 2006. *Didaktika a technika chemických pokusů*. 3., přeprac. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-1192-9.
- [10] DUŠEK, Bohuslav, 2009. *Kapitoly z didaktiky chemie*. přeprac. vyd. 2. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 978-80-7080-736-1.
- [11] DRAHOŠ, Bohuslav a Radka KŘIKAVOVÁ, 2013. *Názvosloví anorganických látek a bezpečnost v laboratoři v anglickém jazyce*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3977-8.

- [12] HRABAL, Vladimír, František MAN a Isabella PAVELKOVÁ, 1989. *Psychologické otázky motivace ve škole*. 2., upr. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. Knižnice psychologické literatury. ISBN 80-04-23487-9.
- [13] JANKŮ, Zdeněk, 2008. *Školní pokusy z organické chemie*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-1555-4.
- [14] KESNEROVÁ ŘÁDKOVÁ, Olga, 2013. *Aktivizační metody ve výuce chemie*. Praha. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze.
- [15] KLEČKOVÁ, Marta a Zdeněk ŠINDELÁŘ, 1993. *Školní pokusy z anorganické a organické chemie*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého. ISBN 80-7067-262-5.
- [16] LICHVÁROVÁ, Mária. a Ivan RUŽIČKA, 1999. *Oblíbenost vyučovacího předmětu chemie na základních školách*. Acta Universitatis Mattheai Belli Ser. Chem., 3, 139-143.
- [17] MACA, Ondřej, 2010. *Experimenty pro výuku chemie na střední škole – motivace a osvojování učiva*. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze.
- [18] MACHÁČEK, Vladimír, 1999. *Návody pro laboratorní cvičení z organické chemie*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 80-7194-210-3.
- [19] MOKREJŠOVÁ, Olga, 2009. *Moderní výuka chemie*. Praha: Triton. ISBN 978-80-7387-234-2.
- [20] MOKREJŠOVÁ, Olga, 2005. *Praktická a laboratorní výuka chemie: na základních a středních školách*. Praha: Triton. ISBN 80-7254-726-7.
- [21] MRÁČKOVÁ, Martina, 2012. *Pokusy z anorganické chemie jako doplněk k výuce chemie na gymnáziu*. Plzeň. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [22] NOVOTNÁ, Petra, 2016. *Chemické experimenty s podporou moderních výukových prostředků*. Olomouc. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- [23] PACHMANN, Eduard a Viktor HOFMANN, 1981. *Obecná didaktika chemie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).
- [24] PRŮCHA, Jan, Eliška WALTEROVÁ a Jiří MAREŠ, 2013. *Pedagogický slovník*. 7., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Portál. ISBN 978-80-262-0403-9.
- [25] SKALKOVÁ, Jarmila, 1999. *Obecná didaktika*. Praha: ISV. Pedagogika (Prague, Czech Republic). ISBN 8085866331.

- [26] SOLÁROVÁ, Marie, 2007. *Význam praktické výuky chemie a školní vzdělávací program: (chemický pokus a jeho aplikace ve výuce chemie)*. Praha: Národní institut pro další vzdělávání. ISBN 80-86956-03-2.
- [27] ŠKODA, Jiří, Pavel DOULÍK a Milan ŠMÍDL, 2007. *Chemie 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň: Fraus. ISBN 978-80-7238-584-3.
- [28] ŠKODA, Jiří a Pavel DOULÍK, 2009. *Lesk a bída školního chemického experimentu*. In BÍLEK, M. (ed.) *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX. Research, Theory and Practice in Chemistry Didactics XIX*. 1. část: Původní výzkumné práce, teoretické a odborné studie. Hradec Králové: Gaudeamus. ISBN 978-80-7041-827-7.
- [29] ŠKODA, Jiří, 2001. *Trendy oblíbenosti chemie během studia na víceletých gymnáziích*. In *Aktuální otázky výuky chemie X*. (pp. 94-100). Hradec Králové: Gaudeamus
- [30] ŠILHÁNKOVÁ, Alexandra, 2000. *Laboratoř organické chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 8070803959.
- [31] TRNA, Josef a Eva TRNOVÁ, 2006. *Cognitive Motivation in Science Teacher Training*. In *Science and Technology Education for a Diverse World*. Lublin (Poland): M. Curie-Sklodovska university press.
- [32] TRNOVÁ, Eva, 2012. *Rozvoj dovedností žáků ve výuce chemie se zaměřením na nadané*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978.80-210-6136-1.
- [33] VACÍK, Jiří. 1999, *Přehled středoškolské chemie*. 4. vyd., v SPN - pedagogickém nakl. 2. vyd. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství. ISBN 80-7235-108-7.
- [34] VÍCHA, Robert a Vladimír MRKVIČKA, 2007. *Laboratorní cvičení z chemie: bezpečnost práce v chemické laboratoři, laboratorní technika, laboratorní úlohy z anorganické chemie, laboratorní úlohy z organické chemie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7318-595-4.
- [35] VÚP. (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha. VÚP. [online] 2007. [cit. 2017-04-1]. Dostupné z http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ICT	informační a komunikační technologie (z anglického Information and Communication Technologies)
PC	osobní počítač (z anglického Personal Computer)
RVP	rámcový vzdělávací program
RVP G	rámcový vzdělávací program pro gymnázia
ŠVP	školní vzdělávací program
TV	televize
NaOH	hydroxid sodný
CuSO ₄	síran měďnatý (modrá skalice)
C ₇ H ₆ O ₃	kyselina salicylová
C ₄ H ₆ O ₃	acetanhydrid
H ₂ SO ₄	kyselina sírová
C ₉ H ₈ O ₄	kyselina acetylsalicylová
C ₆ H ₅ COOH	kyselina benzoová
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	sacharosa
NaHCO ₃	hydrogenuhličitan sodný
C ₂ H ₅ OH	etanol
CH ₃ COOH	kyselina octová
KMnO ₄	manganistan draselný KMnO ₄
CH ₃ CHO	acetaldehyd
CH ₃ COCH ₃	aceton
I ₂	jód
KI	jodid draselný
FeCl ₃	chlorid železitý
HCl	kyselina chlorovodíková

$C_{10}H_8$ naftalen

HNO_3 kyselina dusičná

$C_3H_5(OH)_3$ glycerol

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma reakce: změna barvy mléka z bílé na fialovou.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 2. Rovnice reakce: vznik barevného komplexu.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 3. Schéma aparatury: a) zahřívání roztoku pomocí vařiče b) odsátí krystalů pomocí Büchnerovy nálevky.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 4. Rovnice reakce: vznik kyseliny acetylsalicylové.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 5. 1 – kádinka s filtrační směsí, 2 – skleněná tyčinka, 3 – filtrační nálevka, 4 - kádinka s filtrátem, 5 - filtrační papír, 6 – laboratorní kruh, 7 - laboratorní stojan.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 6. Schéma aparatury: zahřívání kádinky s kyselinou benzoovou pod plynovým kahnem.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 7. Schéma nitrace naftalenu.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 8. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 1.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 9. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 2.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 10. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 3.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 11. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 4.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 12. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 5.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 13. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 6.....</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 14. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 7.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 15. Grafické znázornění vyhodnocení otázky č. 8.....</i>	<i>62</i>
<i>Obr. 16. Biuretová reakce: změna zbarvení mléka z bílé na modrofialovou.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 17. Příprava kyseliny acetylsalicylové: zahřívání směsi kyseliny salicylové, acetanhydridu a kyseliny sírové.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 18. Příprava kyseliny acetylsalicylové: a) vylučování kyseliny acetylsalicylové, b) vyloučené krystaly odsáté na Buchnerově nálevce.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 19. Aktivní uhlí a červené víno: a) filtrace červeného vína s aktivním uhlím, b) bezbarvá kapalina po přefiltrování.....</i>	<i>77</i>

<i>Obr. 20. Sublimace kyseliny benzoové: a) zahřívání baňky s kulatým dnem umístěné na kádince, b) usazování krystalků kyseliny benzoové na dně baňky.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 21. Sublimace kyseliny benzoové: krystalky kyseliny benzoové.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 22. Faraonovi hadi: pomůcky a chemikálie potřebné k experimentu.....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 23. Faraonovi hadi: tvorba hada po zapálení směsi.....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 24. Pěnící příšera: reakce experimentu po přidání jedlé sody.....</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 25. Jodoformová reakce: a) zkumavka s alkoholem a roztokem jodu, b) zkumavka po přidání roztoku hydroxidu sodného, c) protřepání.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 26. Jodoformová reakce: zkumavka po odbarvení roztoku a žlutými šupinkami jodoformu.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 27. Reakce fenolů s chloridem železitým: zkumavka s fenolem (fialová), resorcinolem (modrá), hydrochinonem (žlutá) a pyrokatecholem (zelená) po přidání chloridu železitého.....</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 28. Reakce fenolů s chloridem železitým: zkumavka s fenolem (fialová), resorcinolem (modrá), hydrochinonem (žlutá) a pyrokatecholem (zelená) po přidání chloridu železitého – detail.....</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 29. Nitrace naftalenu: pomůcky a chemikálie potřebné k experimentu.....</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 30. Nitrace naftalenu: filtrace sraženiny.....</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 31. Nitrace naftalenu: výsledný produkt - oranžovožlutá krystalická látka 1-nitronaftalen.....</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 32. Hoření glycerolu: pomůcky a chemikálie potřebné k experimentu.....</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 33. Hoření glycerolu: a) manganistan draselný, b) přidávání glycerolu k manganistanu draselnému po kapkách.....</i>	<i>85</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. zbarvení roztoků fenolů s chloridem železitým.....</i>	<i>52</i>
---	-----------

SEZNAM PŘÍLOH

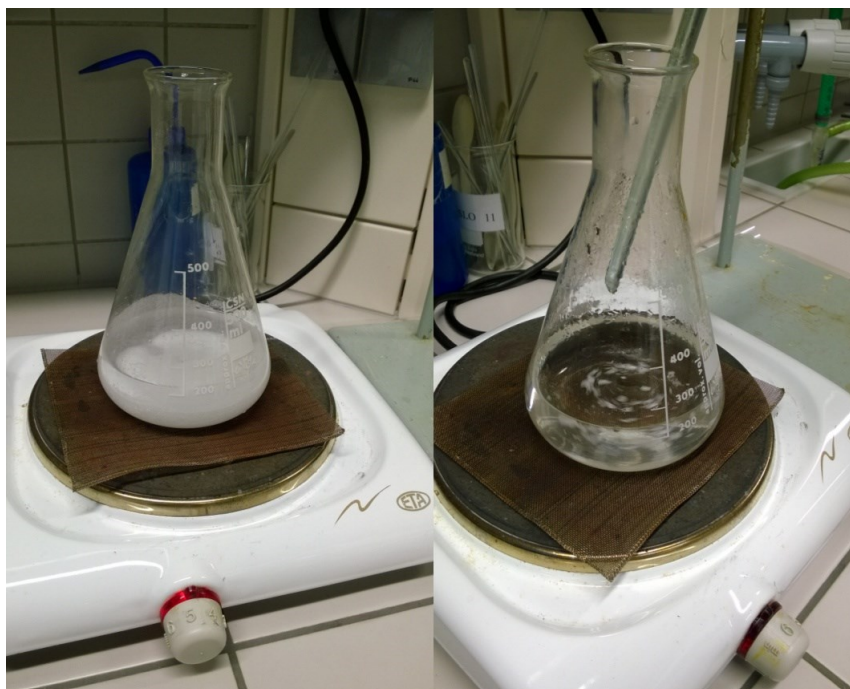
- P I Fotodokumentace experimentu Biuretová reakce s mlékem
- P II Fotodokumentace experimentu Příprava kyseliny acetylsalicylové
- P III Fotodokumentace experimentu Aktivní uhlí a červené víno
- P IV Fotodokumentace experimentu Sublimace kyseliny benzoové
- P V Fotodokumentace experimentu Faraonovi hadi
- P VI Fotodokumentace experimentu Pěnicí příšera
- P VII Fotodokumentace experimentu Důkaz alkoholu, aldehydu, ketonu (jodofarmová reakce)
- P VIII Fotodokumentace experimentu Reakce fenolů s chloridem železitým
- P IX Fotodokumentace experimentu Nitrace naftalenu
- P X Fotodokumentace experimentu Hoření glycerolu
- P XI Videonahrávka

**PŘÍLOHA P I: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU
BIURETOVÁ REAKCE S MLÉKEM**



Obr. 16. Biuretová reakce: změna zbarvení mléka z bílé na modrofialovou

PŘÍLOHA P II: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU PŘÍPRAVA Kyseliny acetylsalicylové

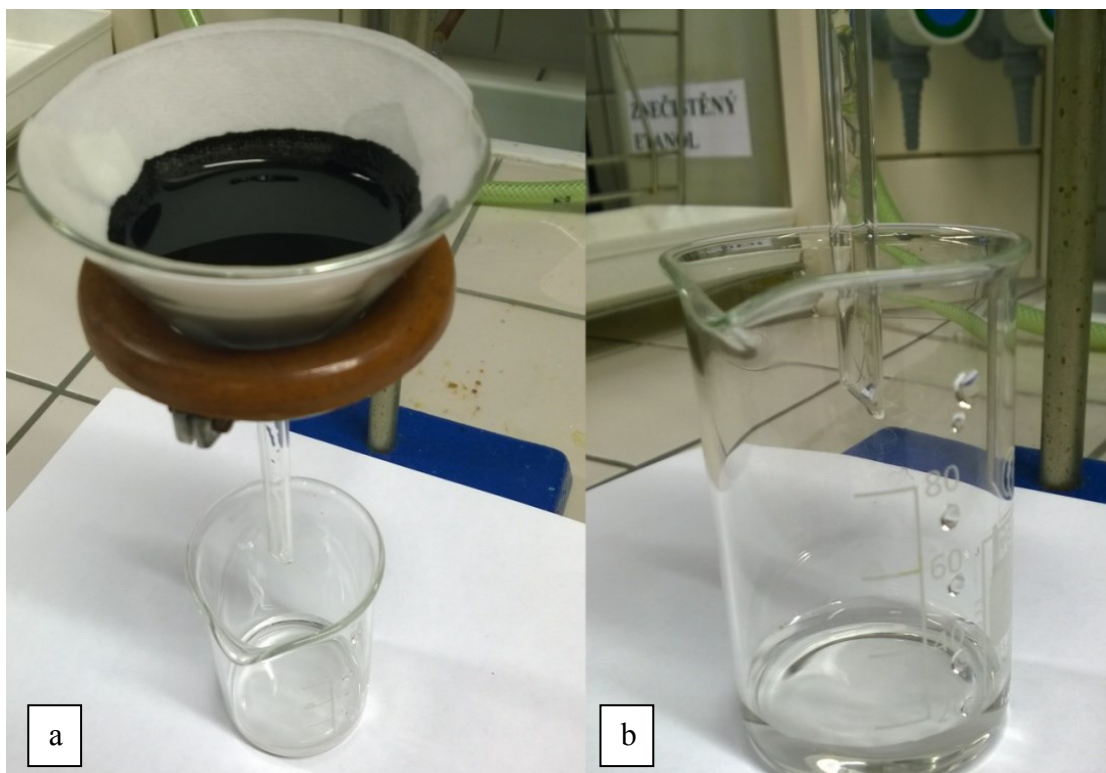


Obr. 17. Příprava kyseliny acetylsalicylové: zahřívání směsi kyseliny salicylové, acetanhydridu a kyseliny sírové



Obr. 18. Příprava kyseliny acetylsalicylové: a) vylučování kyseliny acetylsalicylové, b) vyloučené krystaly odsáté na Buchnerově nálevce

PŘÍLOHA P III: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU AKTIVNÍ UHLÍ A ČERVENÉ VÍNO



Obr. 19. Aktivní uhlí a červené víno: a) filtrace červeného vína s aktivním uhlím, b) bezbarvá kapalina po přefiltrování

PŘÍLOHA P IV: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU SUBLIMACE KYSELINY BENZOOVÉ



Obr. 20. Sublimace kyseliny benzoové: a) zahřívání baňky s kulatým dnem umístěné na kádince, b) usazování krystalků kyseliny benzoové na dně baňky



Obr. 21. Sublimace kyseliny benzoové: krystalky kyseliny benzoové

PŘÍLOHA P V: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU FARAONOVÍ HADI



Obr. 22. Faraonovi hadi: pomůcky a chemikálie potřebné k experimentu



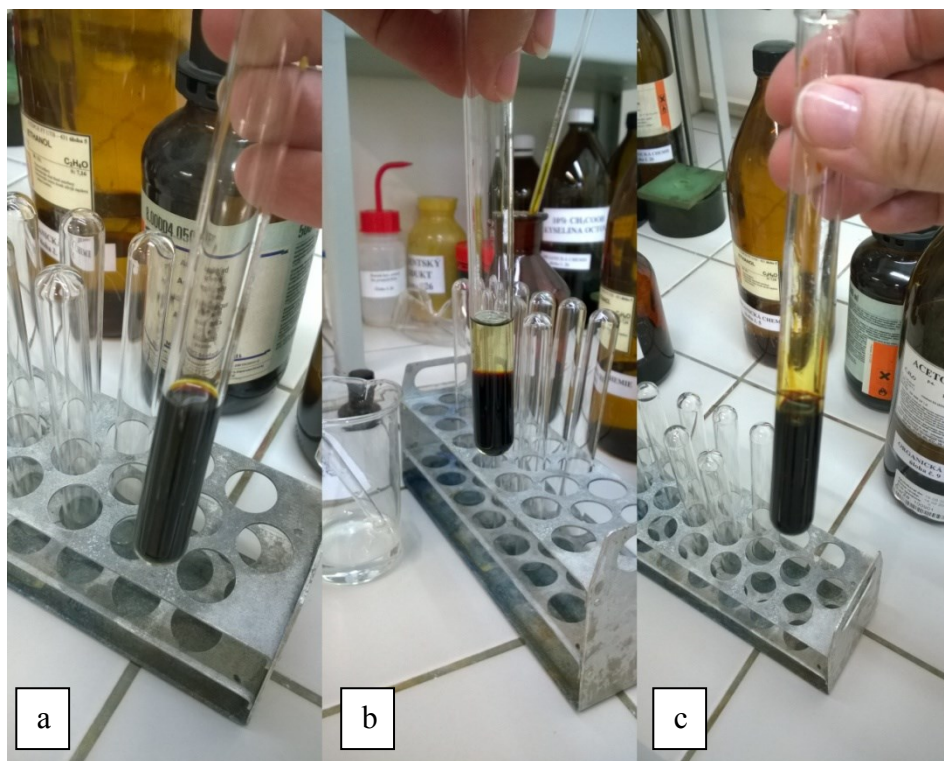
Obr. 23. Faraonovi hadi: tvorba hada po zapálení směsi

PŘÍLOHA P VI: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU PĚNÍCÍ PŘÍŠERA



Obr. 24. Pěnící příšera: reakce experimentu po přidání jedlé sody

PŘÍLOHA P VII: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU DŮKAZ ALKOHOLU, ALDEHYDU, KETONU (JODOFORMOVÁ REAKCE)



Obr. 25. Jodoformová reakce: a) zkumavka s alkoholem a roztokem jodu, b) zkumavka po přidání roztoku hydroxidu sodného, c) protřepání

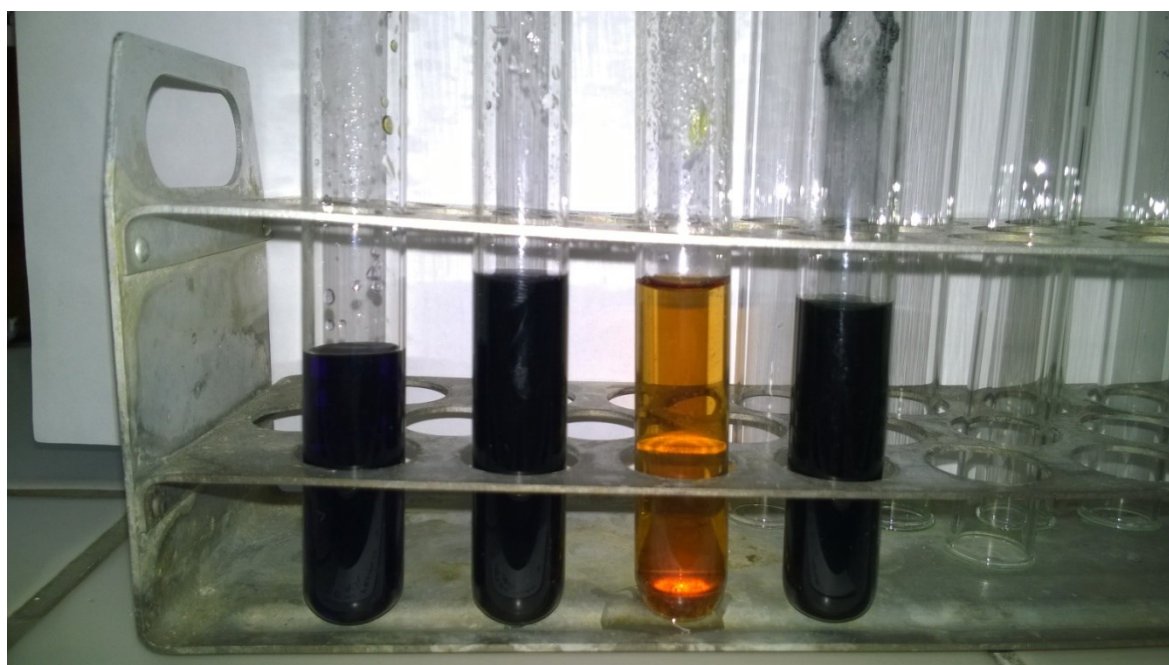


Obr. 26. Jodoformová reakce: zkumavka po odbarvení roztoku a žlutými šupinkami jodoformu

PŘÍLOHA P VIII: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU REAKCE FENOLŮ S CHLORIDEM ŽELEZITÝM



Obr. 27. Reakce fenolů s chloridem železitým: zkumavka s fenolem (fialová), resorcinolem (modrá), hydrochinonem (žlutá) a pyrokatecholem (zelená) po přidání chloridu železitého



Obr. 28. Reakce fenolů s chloridem železitým: zkumavka s fenolem (fialová), resorcinolem (modrá), hydrochinonem (žlutá) a pyrokatecholem (zelená) po přidání chloridu železitého - detail

PŘÍLOHA P IX: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU NITRACE NAFTALENU



Obr. 29. Nitrace naftalenu: pomůcky a chemikálie potřebné k experimentu

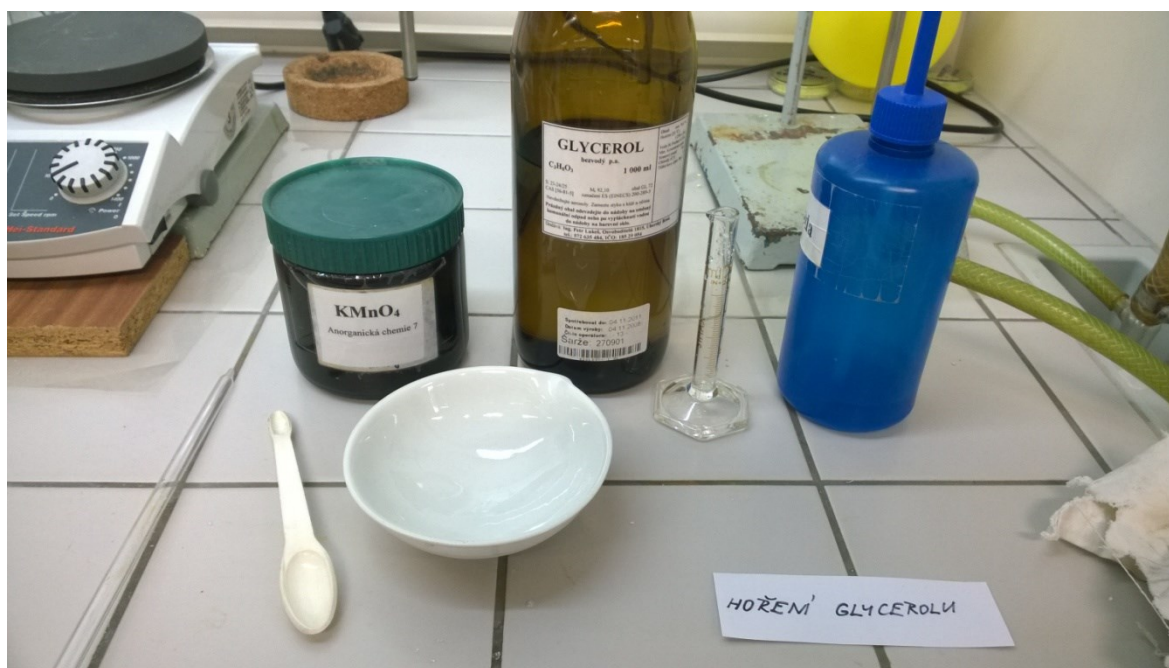


Obr. 30. Nitrace naftalenu: filtrace sraženiny



*Obr. 31. Nitrace naftalenu: výsledný produkt - oranžovožlutá krystalická látka
1-nitronaftalen*

PŘÍLOHA P X: FOTODOKUMENTACE EXPERIMENTU HOŘENÍ GLYCEROLU



Obr. 32. Hoření glycerolu: pomůcky a chemikálie potřebné k experimentu



Obr. 33. Hoření glycerolu: a) manganistan draselný, b) přidávání glycerolu k manganistanu draselnému po kapkách

PŘÍLOHA P XI: VIDEOZÁZNAM VYBRANÝCH EXPERIMENTŮ

Chemické experimenty jsou vytvořené tak, že jsou promítány bez audio nahrávky, tudíž potřebují doprovodný komentář učitele.

Seznam natočených experimentů:

- 1) Biuretová reakce s mlékem
- 2) Příprava kyseliny acetylsalicylové
- 3) Aktivní uhlí a červené víno
- 4) Sublimace kyseliny benzoové
- 5) Faraonovi hadi
- 6) Pěnicí příšera
- 7) Důkaz alkoholu, aldehydu, ketonu (jodoformová reakce)
- 8) Reakce fenolů s chloridem železitým
- 9) Nitrace naftalenu

Poslední reakce Hoření glycerolu bohužel během ověřování experimentů neběžela, není proto uvedena ve videozáznamu.