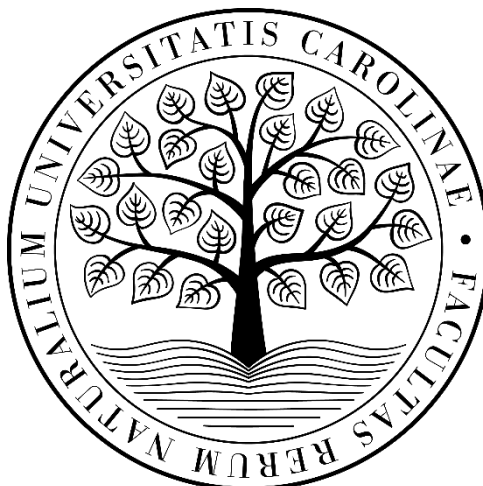


Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Chemie
Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání



Nikola Cosentino

Vybrané laboratorní metody ve výuce chemie: videonávody
Selected laboratory methods in chemistry teaching: video tutorials

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: RNDr. Pavel Teplý, PhD.

Praha, 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením školitele RNDr. Pavla Teplého, Ph.D., a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 12. 12. 2023

.....

Nikola Cosentino

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému školiteli RNDr. Pavlovi Teplému, Ph.D., za jeho nekonečnou trpělivost, cenné rady a vstřícnost při tvorbě této bakalářské práce. Mé poděkování si zaslouží i má rodina a přátelé, kteří mě podporovali při dokončování studia.

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na výuku laboratorních metod na ZŠ a SŠ a její podporu výukovými videi. Z porovnání rámcových vzdělávací programů a školních vzdělávacích programů vyplynulo příliš obecné pojetí a malý důraz na laboratorní výuku a rozvoj laboratorních dovedností v základním i středním školství. Dotazníkové šetření mezi vyučujícími chemie nám pomohlo definovat základní vyučované laboratorní metody.

Informace z dotazníkového šetření, byly použity při tvorbě videí, konkrétně: práce s kahanem, filtrace a krystalizace. Vytvořená videa byla podrobena zpětné vazbě pomocí druhého dotazníkového šetření, na základě kterého došlo k finální úpravě videí.

Klíčová slova

videonávody, laboratorní metody, filtrace, kahan, krystalizace

Abstract

The bachelor's thesis focuses on the teaching of laboratory methods at primary and secondary schools and its support with educational videos. A comparison of framework education programs and school education programs revealed a too general concept and little emphasis on laboratory teaching and the development of laboratory skills in primary and secondary education. A questionnaire survey among chemistry teachers helped us to define the basic laboratory methods taught.

Information from the questionnaire survey was used in the creation of videos, specifically: work with kahan, filtration and crystallization. The created videos were subjected to feedback using a second questionnaire survey, on the basis of which the final editing of the videos took place.

Keywords

video tutorials, laboratory methods, filtration, kahan, crystallisation

Seznam použitých zkratk (v abecedním pořadí)

ČŠI	Česká školní inspekce
ČVUT	České vysoké učení technické
G	Gymnázium
MSŠCH	Masarykova střední škola chemická
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
RVP	Rámcový vzdělávací program
SOV	Střední odborné vzdělání
SŠ	Střední škola
ŠVP	Školní vzdělávací program
ŠVP NG	Školní vzdělávací program nižší gymnázium
ŠVP VG	Školní vzdělávací program vyšší gymnázium
TLC	Tenkovrstvá chromatografie (z anglického thin-layer chromatography)
ZŠ	Základní škola
ZV	Základní vzdělání

Obsah

1	Úvod a cíle práce	7
2	Teoretická část	8
2.1	Laboratorní metody v RVP	8
2.1.1	Laboratorní metody v RVP ZV	8
2.1.2	Laboratorní metody v RVP G a SOV	9
2.2	Laboratorní metody v ŠVP.....	11
3	Praktická část a diskuse	12
3.1	Porovnání ŠVP vybraných ZŠ.....	12
3.2	Porovnání ŠVP vybraných SŠ a G	13
3.3	Existující materiály k daným tématům	15
3.3.1	Učebnice	15
3.3.2	YouTube	16
3.4	Dotazníkové šetření.....	19
3.4.1	Dotazník 1	19
3.4.2	Vyhodnocení dotazníku 1	19
3.5	Tvorba videí	24
3.5.1	Použitá technika a software.....	24
3.5.2	Kahan.....	25
3.5.3	Filtrace.....	28
3.5.4	Krystalizace	30
3.6	Dotazník 2: zpětná vazba	31
4	Závěr.....	36
5	Literatura	37
6	Přílohy	43

1 Úvod a cíle práce

Chemie je všude kolem nás, a přitom je jedním z nejméně oblíbených předmětů, a to zejména na základních školách (Janoušková a Maršák, 2008). Při průzkumu mezi žáky osmých tříd ZŠ, co od nového předmětu chemie očekávají, 90 % z dotazovaných uvedlo, že slyšeli od rodinných příslušníků, jak je chemie těžká, že se bojí periodické soustavy prvků, nicméně že se těší na laboratorní cvičení a praktickou výuku chemie.

Praktická výuka chemie je tedy klíčová nejen pro motivaci žáků a je třeba se pokusů nebát. Bohužel v dnešní době je vybavenost především základních škol nedostatečná a tím pádem jsou učitelé při integraci pokusů do výuky velmi omezeni. Z průzkumů je zřejmé, že vybavenost škol se výrazně liší (Sloup, 2014). Právě na základních školách často chybí laboratoře a laboratorní vybavení a pokud ho zde přeci jen nalezneme, již zde není k dispozici například vodní vývěva či vakuum, které by se dalo využít kupříkladu při filtraci.

Výuka chemie i jiných přírodních věd je v našem školství bohužel mnohdy obtížná. I v případě dostatečně vybavené školy se můžeme setkat s nedostatečně motivujícím učitelem (často neaprobovaným), který není dostatečně zapálen pro tento obor.

Celá situace upadající motivace se ještě více vystupňovala během koronavirové pandemie, kdy žáci byli nuceni fungovat distanční formou, na což naráží tematická zpráva České školní inspekce (ČŠI) ze srpna roku 2021. ČŠI na základě vyjádření názorů ředitelů škol v této zprávě uvádí, že distanční výuka zapříčinila propad vzdělávacích výsledků u velké skupiny žáků (Pavlas a et al., 2021). Motivaci lze zvýšit pomocí výukových videí, což se zároveň jeví i jako výhoda v tom, že žáci si mohou pustit video opakovaně, aby dostatečně danému tématu porozuměli. Výuková videa mají přednost také v tom, že si žák dokáže lépe představit těžko představitelná témata (Šmejkal et al., 2010a).

Cílem této bakalářské práce je provést rešerši týkající se dostupnosti a kvality výukových videí zaměřených na základní laboratorní metody. Zjistit, zda a jaká je po těchto videích poptávka z řad učitelů a jaké laboratorní metody a postupy se na základních a středních školách v rámci chemie vyučují. Následně vytvořit srozumitelná, krátká a didakticky správná videa, která se zaměřují na základní laboratorní metody prováděné ve výuce chemie.

2 Teoretická část

2.1 Laboratorní metody v RVP

Rámcové vzdělávací programy (RVP) stanovují pro školy závazné rámce pro tvorbu školních vzdělávacích programů a vydává je Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT). Tyto programy stanovují zejména konkrétní cíle daných témat a povinný obsah vzdělávání (MŠMT, 2022). Chemii najdeme pod vzdělávací oblastí *Člověk a příroda* společně s fyzikou, přírodopisem a zeměpisem.

2.1.1 Laboratorní metody v RVP ZV

Na celou vzdělávací oblast vychází časová dotace 20 hodin týdně (MŠMT, 2023e). Na rozdíl od ostatních předmětů, které se ve zmíněné oblasti vyskytují a které se do výuku zařazují již od 6. ročníku, je chemie zařazována až v 8. a 9. ročníku ZŠ s nejčastější dotací 2 vyučovací hodiny týdně (Čtrnáctová a Zajíček, 2010). Je ovšem na školách a jejich zaměření, respektive ŠVP, kolik hodin týdně chemii věnují, k čemuž slouží tzv. disponibilní hodiny, které umožňují zvýšit hodinové dotace předmětů. V rámci těchto posledních dvou ročníků by se studenti měli seznámit se základy obecné, anorganické a organické chemie. Zařazuje se zde také tematický celek *Chemie a společnost*, ze které by si žáci měli odnést kombinaci témat chemie, životního prostředí a udržitelného rozvoje na Zemi (MŠMT, 2023e; Wilhelm, 2021). Jak tedy z tohoto odstavce vyplývá, hodinová dotace je omezena, stejně tak je omezená i vybavenost školy, na což je upozorňuje Sloup ve své disertační práci s názvem *Postavení chemického pokusu v době ICT - hliník a jeho sloučeniny* (Sloup, 2014). V této disertační práci je uvedeno, že více než jedna pětina z dotazovaných 855 respondentů nemá k dispozici učebnu chemie. Laboratoř je obrovskou výhodou pro kvalitní žákovské pokusy a rozvoj laboratorních dovedností žáků, šetří časovou a organizační zátěž a také omezuje rizika při přenosu chemikálií a pomůcek mezi třídami. Zbylé čtyři pětiny respondentů uvádí, že mají k dispozici ve své škole laboratoř, z toho dvě třetiny dokonce jako samostatnou učebnu (Sloup, 2014).

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělání bere v potaz v rámci tématu *Směsi oddělování jednotlivých složek směsí*. Konkrétněji jsou zde uvedeny metody jako usazování, filtrace, destilace, krystalizace a sublimace (Obrázek 1). Mezi očekávanými

výstupy žáků také uvádí výpočty složení roztoků, na což navazuje praktická příprava roztoků o daném složení (MŠMT, 2023e).

SMĚSI	
Očekávané výstupy	
žák	
CH-9-2-01	rozlišuje směsi a chemické látky
CH-9-2-02	vypočítá složení roztoků, připraví prakticky roztok daného složení
CH-9-2-03	navrhne postupy a prakticky provede oddělování složek směsí o známém složení; uvede příklady oddělování složek v praxi
CH-9-2-04	rozliší různé druhy vody a uvede příklady jejich výskytu a použití, uvede příklady znečišťování vody a vzduchu
Minimální doporučená úroveň pro úpravy očekávaných výstupů v rámci podpůrných opatření:	
žák	
CH-9-2-01p	pozná směsi a chemické látky
CH-9-2-02p	rozpozná druhy roztoků a jejich využití v běžném životě
CH-9-2-04p	rozliší různé druhy vody a uvede příklady jejich použití, uvede zdroje znečišťování vody a vzduchu ve svém nejbližším okolí

Učivo

- směsi – různorodé, stejnorodé roztoky; hmotnostní zlomek a koncentrace roztoku; koncentrovanější, zředěnější, nasycený a nenasycený roztok; oddělování složek směsí (usazování, filtrace, destilace, krystalizace, sublimace)
- voda – destilovaná, pitná, odpadní; výroba pitné vody; čistota vody
- vzduch – složení, čistota ovzduší, ozonová vrstva

Obrázek 1: Očekávané výstupy RVP pro základní vzdělávání (převzato a upraveno dle MŠMT: RVP pro ZV, 2023)

2.1.2 Laboratorní metody v RVP G a SOV

Rámcové vzdělávací programy gymnázií a středních škol jsou v oblasti laboratorní práce mnohem obecnější.

V RVP G je uvedena minimální časová dotace za 4 roky. 36 hodin je rozděleno mezi 2 vzdělávací oblasti, a to *Člověk a příroda*, do které spadá fyzika, chemie, biologie, geografie a geologie, a *Člověk a společnost*, kam spadá občanský a společensko-vědní seminář, dějepis a geografie (MŠMT, 2021). Dle typu gymnázia jsou taktéž vyhrazeny samostatné bloky na praktická laboratorní cvičení, což vychází z doporučení RVP G (MŠMT, 2021).

V kapitole RVP G s názvem *Cílové zaměření vzdělávací oblasti* je vyzdvihnuta důležitost laboratorních experimentů ve vzdělávání, nejsou zde však uvedeny konkrétnější laboratorní metody, jako tomu bylo v RVP ZV (Obrázek 2) (MŠMT, 2021).

Cílové zaměření vzdělávací oblasti

Vzdělávání v dané vzdělávací oblasti směřuje k utváření a rozvíjení klíčových kompetencí tím, že vede žáka k:

- formulaci přírodovědného problému, hledání odpovědi na něj a případnému zpřesňování či opravě řešení tohoto problému;
- **provádění soustavných a objektivních pozorování, měření a experimentů (především laboratorního rázu) podle vlastního či týmového plánu nebo projektu, ke zpracování a interpretaci získaných dat a hledání souvislostí mezi nimi;**
- tvorbě modelu přírodního objektu či procesu umožňujícího pro daný poznávací účel vhodně reprezentovat jeho podstatné rysy či zákonitosti;

Obrázek 2: Očekávané výstupy RVP G (převzato a upraveno dle MŠMT: RVP pro G, 2021)

Týdenní hodinová dotace v rámci RVP SOV záleží na typu zaměření dané vzdělávací instituce. Požadavky individuálních oborů na přírodovědné vzdělávání jsou rozdílné. Například RVP SOV pro obory Aplikovaná chemie a Analýza potravin má vyhrazeno 8 vyučovacích hodin týdně pro vzdělávací oblast Přírodovědné vzdělávání, kam spadá Fyzika (MŠMT, 2023a; 2023b). RVP SOV Přírodovědné lyceum vyhrazuje na danou přírodovědnou oblast 20 vyučovacích hodin týdně (MŠMT, 2023d) a neoddělitelnou součástí okruhu *Aplikovaná chemie*, která se v RVP SOV pro Přírodovědné lyceum nachází, je forma laboratorních, provozních, terénních cvičení a odborných exkurzí, pro kterou je zde vyhrazeno minimálně 25 % z celkového počtu vyučovaných hodin. Naopak RVP SOV Chemik uvádí pouze 4 vyučovací hodiny týdně (MŠMT, 2023c).

V RVP SOV pro obor Aplikovaná chemie (MŠMT, 2023b) můžeme pod podkapitolou *Odborné kompetence* nalézt již konkrétnější výstupy, než byly v RVP G.

V kapitole *Kurikulární rámce pro jednotlivé oblasti vzdělávání: Odborná chemie* zde najdeme stejné laboratorní metody jako v RVP ZV, tedy: filtraci, dekantaci, krystalizaci, destilaci, sublimaci. Metody jsou rozšířené o extrakci a srážení (MŠMT, 2023b).

Obdobně jsou na tom i RVP SOV pro obor Chemik (MŠMT, 2023c), RVP pro Přírodovědné lyceum (MŠMT, 2023d), či RVP SOV pro obor Analýza potravin (MŠMT, 2023a).

2.2 Laboratorní metody v ŠVP

Školní vzdělávací programy (ŠVP) tvoří jednotlivé školy na základě vydaných rámcových vzdělávacích programů a musí s nimi být v souladu. ŠVP jsou vydávány a zveřejňovány ředitelem školy, nebo školským zařízením a měly by být volně dostupné k případným opisům a výpisům (MŠMT, 2022). Učební plány, které jsou zde uvedeny, obsahují seznamy předmětů, které se vyučují, a jejich časové dotace v jednotlivých ročnících.

ŠVP jsou rozděleny do 2 kategorií: ročníkových výstupů a učiva, také je zde prostor pro průřezová témata, mezipředmětové vztahy a poznámky. Programy obsahují konkrétní laboratorní práce stále ale příliš obecně, což je více rozebrané v kapitole 3.1 a 3.2. Více konkretizované je nalezneme v tematických plánech, které školy tvoří na základě vydaného ŠVP. V tematických plánech již nalezneme konkrétní pokusy a postupy. Tematický plán má význam v přípravné fázi vyučovacího procesu a společně se školním vzdělávacím programem a učebnicemi je to jeden ze základních dokumentů, se kterými učitel pracuje (Vališová a Kasíková, 2007).

3 Praktická část a diskuse

V následujících kapitolách je rozebráno několik školních vzdělávacích programů základních a středních škol z pohledu laboratorní výuky. Školy byly vybrány na základě dostupnosti ŠVP na webových stránkách dané školy.

3.1 Porovnání ŠVP vybraných ZŠ

Na základních školách je ve většině případů hodinová dotace pro výuku chemie 2 vyučovací hodiny týdně pro 8. i pro 9. ročník. Porovnány byly ŠVP následujících škol: ZŠ Kneslova (ZŠ Kneslova, 2022), ZŠ Studánka (ZŠ Studánka, 2021), ZŠ Pošepného náměstí (ZŠ Pošepného náměstí, 2023), ZŠ Davle (ZŠ Davle, 2022), ZŠ a MŠ U Školské zahrady (ZŠ a MŠ U Školské zahrady, 2022). Podle většiny zkoumaných ŠVP se školy v rámci tématu *Směsi* zabývají metodami oddělování směsí, jakožto usazování, filtrace, destilace, krystalizace a sublimace. Na toto učivo navazuje očekávaný výstup, kdy by žáci měli na základě těchto znalostí navrhnout způsoby oddělení jednotlivých složek a prakticky tyto separace také provést (Obrázek 3) (ZŠ Kneslova, 2022).

<ul style="list-style-type: none">- rozlišuje směsi a chemické látky- vypočítá koncentraci roztoku- prakticky připraví roztok daného složení- správně užívá termíny koncentrovanější, zředěnější, nasycený a nenasycený roztok- na základě znalostí složení směsi navrhne způsoby oddělení jejich složek a prakticky je provede- popíše jednotlivé druhy vod a jejich použití, uvede příklady znečišťování vody a vzduchu- vlastními slovy vyjádří princip výroby pitné vody ve vodárnách- popíše složení vzduchu, vznik teplotní inverze a smogu	Směsi <ul style="list-style-type: none">- směsi různorodá, stejnorodá- směsi v přírodě a v každodenním životě- vyjadřování složení roztoků (hmotnostní zlomek, koncentrace)- nasycený, nenasycený roztok- ovlivňování rychlosti rozpouštění pevné složky do roztoku (vliv teploty, plošného obsahu a míchání)- oddělování složek směsí (usazování, filtrace, destilace, krystalizace, sublimace)- voda- druhy vod- výroba pitné vody- čistota vody a příklady jejího znečišťování	<i>mezipředmětové vztahy:</i> <ul style="list-style-type: none">▪ P – ochrana přírody a životního prostředí <i>průřezová témata:</i> <ul style="list-style-type: none">▪ EV – vztah člověka v prostředí▪ OSV – rozvoj schopností a poznávání <i>poznámka:</i> <ul style="list-style-type: none">▪ Dk – technologické kompetence
--	---	--

Obrázek 3: Školní vzdělávací program ZŠ Kneslova (převzato a upraveno dle ŠVP ZŠ Kneslova)

Podobně jsou laboratorní metody zmíněny i ve ŠVP ZŠ Studánka (ZŠ Studánka, 2021) či ZŠ Pošepného náměstí (ZŠ Pošepného náměstí, 2023). ZŠ Davle má ve svém ŠVP popsané již konkrétní metody. V očekávaných výstupech konkretizuje provedení

usazování, filtrace, destilace a krystalizace ve školních podmínkách (Obrázek 4) (ZŠ Davle, 2022). ZŠ a MŠ U Školské zahrady (ZŠ a MŠ U Školské zahrady, 2022) do ŠVP zařazuje laboratorní práce i pokusy a skupinovou práci s pomůckami. Mezi pracovní vzdělávací strategie zařazuje manipulaci s přístroji a pomůckami, nebo také sestavování jednoduchých chemických aparatur. Blíže však metody, či například oblast *Směsi*, nespecifikuje.

SMĚSI	
<p>CH-9-2-01 rozlišuje směsi a chemické látky – rozliší různorodé, stejnorodé směsi a chemické látky a uvede příklady – rozliší suspenzi, emulzi, pěnu, dým, aerosol, mlhu a uvede příklady</p> <p>CH-9-2-03 navrhne postupy a prakticky provede oddělování složek směsí o známém složení; uvede příklady oddělování složek v praxi – provádí usazování, filtraci, destilaci a krystalizaci ve školních podmínkách a vysvětluje jejich princip – uvede příklady chemické výroby založené na oddělování složek směsí – navrhne postup oddělování složek směsí v běžném životě</p> <p>CH-9-2-04 rozliší různé druhy vody a uvede příklady jejich výskytu a použití, uvede příklady znečišťování vody a vzduchu – rozliší druhy vody, uvede příklady výskytu a využití</p> <p>CH-9-2-01p pozná směsi a chemické látky CH-9-2-02p rozezná druhy roztoků a jejich využití v běžném životě CH-9-2-04p rozliší různé druhy vody a uvede příklady jejich použití, uvede zdroje znečišťování vody a vzduchu ve svém nejbližším okolí</p>	<p>Směsi různorodé, stejnorodé Pojmy – koncentrovanější, zředěnější, nasycený, nenasycený roztok – oddělování složek směsí (usazování, filtrace, destilace, krystalizace, sublimace)</p>

Obrázek 4: Školní vzdělávací program ZŠ Davle (převzato a upraveno dle ŠVP ZŠ Davle)

Z porovnaných ŠVP základních škol tedy vyplývá, že se většina zkoumaných škol zabývá laboratorními metodami v kapitole *Směsi*, v podkapitole *Oddělování složek směsí*. I přesto jsou patrné určité rozdíly v laboratorních metodách mezi porovnanými školami. Některé školy se například zaměřují na konkrétní metody oddělování s uvedením praktických postupů, zatímco jiné berou toto téma velmi obecně a blíže tyto techniky nespecifikují. Mezi nejčastěji zmiňované laboratorní metody patří usazování, filtrace, destilace a krystalizace.

3.2 Porovnání ŠVP vybraných SŠ a G

Porovnávány byly ŠVP gymnázií, konkrétněji ŠVP gymnázia Botičská (Gymnázium Botičská, 2021), gymnázia Litoměřická a gymnázia Na Pražačce (Gymnázium Na Pražačce, 2022; 2015), a ŠVP středních škol jakožto Masarykova střední škola chemická (MSŠCH, 2022) a VOŠ a SŠ zdravotnická na Alšově nábřeží (Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola 2011).

V ŠVP gymnázia Botičská (Gymnázium Botičská, 2021) nalezneme laboratorní metody pouze z velmi obecného hlediska. V rámci 1. ročníku studia je mezi učivem uvedeno téma *Rozdělení směsí* a pouze obecně *oddělování složek směsí* z hlediska kvantitativní analytické chemie. Konkrétněji zde žádné laboratorní metody nenajdeme.

Gymnázium Litoměřická se řídí podle dvou ŠVP G: ŠVP NG, který je určen pro nižší gymnázium, a ŠVP VG, který náleží vyššímu gymnázium. V ŠVP NG (Gymnázium Litoměřická, 2022a) nalezneme v učivu pro sekundu kapitolu *Směsi a jejich dělení. Metody oddělování složek směsí.*, což ale není ve výstupech nikterak konkretizováno. Studenti však mají k dispozici zrekonstruované a vybavené laboratoře, které navštěvují ve vyšších ročnících, jak je v ŠVP NG uvedeno. Pro vyšší gymnázium, které se řídí podle ŠVP VG (Gymnázium Litoměřická, 2022b), jsou laboratorní metody popsány velmi podobně, jako v ŠVP NG, a do výuky se laboratorní metody zařazují již v 1. ročníku studia.

Prima gymnázia Na Pražačce se řídí podle nového ŠVP G (Gymnázium Na Pražačce, 2022), které postupně hodlá zavést i ve vyšších ročnících. Žáci primy se v rámci tématu *Směsi* zabývají usazováním, filtrací, destilací, krystalizací a sublimací. V očekávaných výstupech je kromě vysvětlení principu jednotlivých metod také uveden popis filtrační, krystalizační, sublimační a jednoduché destilační aparatury. Ve starším ŠVP G (Gymnázium Na Pražačce, 2015), podle kterého se vyučuje od sekundy až po sextu, je učivo a očekávané výstupy totožné s novější verzí.

Na RVP Aplikovaná chemie navazuje ŠVP Aplikovaná chemie (MSŠCH, 2022), který na svých stránkách uvádí MSŠCH. Laboratorní cvičení jsou zde rozdělena do tří ze čtyř ročníků studia s tím, že základní laboratorní metody se provádějí v prvním ročníku.

Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola na Alšově nábřeží má výuku teoretické, a tedy i praktické chemie rozdělenou do 1. a 2. ročníku studia pro obor Laboratorní asistent, ve 3. ročníku je pak samostatný předmět *Vybrané laboratorní metody*. Základní laboratorní metody opět nacházíme v 1. ročníku studia (Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola, 2011).

Při porovnání ŠVP základních škol s ŠVP gymnázií a středních škol lze podotknout, že ŠVP středních škol a gymnázií jsou psány mnohem více obecně, než v případě základních škol. Laboratorní metody jsou zde zařazeny do stejné oblasti jako je tomu u ZŠ. Z porovnaných ŠVP G a SŠ lze vyvodit podobný závěr jako u ZŠ. Mezi

laboratorní metody, které se vyučují na gymnáziích a středních školách, patří zejména usazování, filtrace, destilace a krystalizace. Navíc se zde objevuje metoda sublimace.

3.3 Existující materiály k daným tématům

V této kapitole je uvedena rešerše a srovnání vybraných českých učebnic pro ZŠ a SŠ z pohledu zařazení základních laboratorních metod do výuky chemie. Dále pak rešerše a zhodnocení dostupných českých a anglických videí na platformě YouTube opět z pohledu laboratorních metod ve výuce chemie.

3.3.1 Učebnice

Z disertační práce Karla Vojíře na téma *Učebnice chemie pro základní školy: využívání a analýza vybraných strukturních komponentů* (Vojíř, 2021) vyplývá, že nejpoužívanější učebnice na základních školách jsou *Chemie 8 - Úvod do obecné a anorganické chemie* a *Základy chemie* (Beneš et al., 1993).

V učebnici *Základy chemie* (Beneš et al., 1993) nalezneme kapitolu zabývající se prací s kahanem a s tím také souvisejícími pojmy jako jsou svítivý či nesvítivý plamen. Kapitola se zabývá jak teoretickou, tak i praktickou stránkou práce s kahanem včetně pracovního postupu. Kapitola s názvem *Většina látek kolem nás jsou směsi* také obsahuje podkapitolu *Které metody využíváme k oddělování složek směsí?*, která se zabývá základními separačními metodami, například usazováním, odstředováním, filtrací, krystalizací, destilací, sublimací, extrakcí a chromatografií. K dispozici jsou také obrázky popisující laboratorní vybavení, které se využívá k sestavování aparatur, jako je například destilační aparatura. Nalezneme zde také praktické úlohy s popisem postupu práce.

Podíváme-li se do učebnice *Úvod do obecné a anorganické chemie* (Mach et al., 2017) zjistíme, že obsahuje až na odstředování stejná témata, jako *Základy chemie*, včetně praktických návodů. Mezi úvodními slovy kapitoly nalezneme přiblížení k reálnému životu a je zde navíc zakomponovaná kapitola *Přebírání (separování) odpadu*.

Z novějších učebnic, vydaných po roce 2019, byla vybrána *Hravá chemie* (Budínská et al., 2019).

Hravá chemie (Budínská et al., 2019) obsahuje podkapitolu *Oddělování složek ze směsi*, kde opět nalezneme základní separační metody. Oproti předešlým dvěma učebnicím zde chybí návody k laboratorním cvičením s konkrétními postupy.

Disertační práce, která nese název *Teorie a praxe tvorby učebnic chemie pro střední školy* (Klečka, 2011), se zabývá učebnicemi používanými na středních školách. Z této práce vyplývá, že tři nejpoužívanější učebnice na SŠ jsou *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1., 2. a 3. díl* (Mareček a Honza, 2005), *Chemie (obecná a anorganická) I.* (Flemler a Dušek, 2001) a *Chemie obecná a anorganická* (Šrámek a Kosina, 1996).

Nejvyužívanější učebnice, *Chemie pro čtyřletá gymnázia* (Mareček a Honza, 2005), neuvádí v žádném ze všech tří dílů jakékoli zmínky o laboratorních metodách. Stejně tak je na tom i *Chemie obecná a anorganická* (Flemler a Dušek, 2001). Ta uvádí pouze názvy jednotlivých separačních metod bez hlubšího vysvětlení.

Jako nejnovější učebnice pro SŠ, která vyšla tento rok, byla vybrána *Obecná chemie* (Švandová et al., 2023). Přestože učebnice obsahuje kapitolu *Směsi*, neobsahuje již žádné teoretické zmínky o laboratorních metodách, ani praktické návody.

V učebnicích pro základní školy se běžně vyskytují základní separační metody, jako je usazování, filtrace, destilace, krystalizace atd. Techniky nalezneme v kapitolách *Směsi* či *Oddělování směsí*. Metody jsou uvedeny teoreticky i prakticky, včetně návodů na laboratorní cvičení a popisu používaného vybavení.

Učebnice pro střední školy a gymnázia se věnují separačním metodám velmi okrajově nebo vůbec.

3.3.2 YouTube

Platforma YouTube byla zvolena jako nejpoužívanější a nejdostupnější zdroj nejen výukových videí. Můžeme ji využít jako bohatou databázi chemických pokusů i laboratorních návodů, kvalita jednotlivých videí se ovšem diametrálně liší. Rešerše videí s laboratorními postupy probíhala ve dvou jazycích, a to v češtině, jakožto v mateřském jazyce a také v anglickém jazyce, jelikož je to v České republice jazyk, který spousta základních škol již na prvním stupni nabízí jako cizí jazyk, někde dokonce i povinně (Sladkovská, 2010).

Videa nacházející se na YouTube byla vyhledávána pod klíčovými slovy: *laboratorní metody, separační metody, oddělování složek směsí, směsi*, či pak

konkrétněji, například *filtrace*, *destilace*, *kahan*. Stejné pojmy byly vyhledávány také v anglickém jazyce, např. *separation in chemistry*, *filtration*, *crystallisation*, *burner*.

Při zadání klíčového slova *filtrace* do vyhledávače se zobrazí 10 videí nejen s výukovým charakterem, ale i videa komerční. Byla proto vyzkoušena kombinace slov *Filtrace výuka*. I přestože vyhledávání bylo zadáváno v českém jazyce, objevila se taktéž videa anglickém jazyce. Teprve osmé video souviselo s laboratorními metodami. Kombinace slov *filtrace chemie* se jevila jako lepší varianta. V této kategorii se zobrazilo přibližně 7 videí. Video byla v české i v anglickém jazyce, výsledky se více týkaly laboratorních metod. Obdobně jako u *filtrace* probíhalo vyhledávání laboratorních metod jakožto *krystalizace*, *kahan* a další.

Ze zasláného dotazníku vyplynulo, že učitelé vyžadují videa o délce 3-7 minut, jelikož při delším videu žáci ztrácí pozornost.

Existuje mnoho výzkumů, které se zabývají optimální délkou výukových videí. Některé studie uvádí velmi krátké časové intervaly, jako je 30 sekund až 2 minuty (Bowles-Terry et al., 2010; Betty, 2008; Weeks a Putnam Davis, 2017). Naopak publikace vydané univerzitou v Rochesteru (University of Rochester) a ČVUT v Praze (Cognito 2019; Dočkal et al. 2022) se shodují v maximálním časovém intervalu 10 minut.

Na základě předchozí literární rešerše a odpovědí učitelů z dotazníku 1 jsme se rozhodli, že by délka nově vytvořeného videa neměla překročit 6 minut.

Video byla proto porovnávána na základě délky a vizuální stránky, jako je například kvalita obrazu, kompozice a použití dalších grafických prvků. Dalším posuzovaným kritériem byla odborná správnost.

Mezi videa, která jsou v rozporu s doporučenou délkou, patří například *Chemie pro ZŠ/SŠ: Separační metody* (Akademie věd České republiky, 2020), které má přes 15 minut. Špatnou kvalitu zvuku či obrazu má *Bunsenův kahan* (Schleider, 2013), z anglických kupříkladu *How to Light a Bunsen Burner* (teachinglearninguoit, 2010). Kvalitu také ubírají přechody mezi záběry *dip to black* (přechody sloužící k postupnému zeslabování videa do černé) (Adobe, 2023), viz *Práce s kahan* (Ondřej Haněl, 2014), či nedostatek detailních záběrů, třeba *Filtrace* (E-ChemBook - Multimediální učebnice chemie, 2011a), nebo *BONUS – Práce s kahan* (eBedox, 2022). Barva titulků splývá s pozadím u videí *Oddělování složek směsi* (Světлана Balková, 2020b), a *Oddělování*

složek směsi 2 (Světlana Balková, 2020a). Bezpečnost práce je porušena ve videu *Filtrace za sníženého tlaku* (Lucie Luštinová, 2020), kde chybí ochranné brýle. Zároveň by při práci s kahanem neměly být na ruku nasazené rukavice. Dusičnan olovnatý také není vhodně zvolená chemikálie pro potřeby žákovského laboratorního pokusu, protože je toxický.

Pozorovány byly i jiné faktory. Například rozptylující pozadí můžeme najít zde: *Práce s plynovým kahanem* (E-ChemBook - Multimediální učebnice chemie, 2011b). Některá videa postrádají slovní doprovod či, dokonce i ukázky metod, viz *Oddělování složek směsí (Usazování, Filtrace, Krystalizace, Destilace, Sublimace)* (Paní Učitelka (#Zápisky pro základní školy), 2021), na což můžeme navázat videi v anglické jazyce, která jsou tvořena pouze pomocí animací a slovním doprovodem, viz *GCSE Chemistry - Filtration, Evaporation & Crystallisation #6* (Cognito, 2019), *How To Separate Solutions, Mixtures & Emulsions | Chemical Tests | Chemistry | FuseSchool* (FuseSchool - Global Education, 2016), *The Different Types of Separation Techniques - Lesson 1 (Chemistry)* (Schooling Online, 2020), *IGCSE Chemistry Revision - Part 21 - Separation Methods* (Simple Science & Technology, 2017). Videia kombinující fotografie, případně krátké záběry z laboratoře, s animacemi a slovním komentářem: *10 Methods of Separation in Chemistry* (My Book of Chemistry, 2021), *Gravity Filtration and Vacuum Filtration* (Professor Dave Explains, 2022), *Bunsen Burner Video* (ClarkCollegeChem, 2016).

Video *Laboratorní cvičení - Chemie: 4. Separační metody v chemii* (Otevřená věda, 2015a) má optimální délku, kvalitně zachycený zvuk i obraz, není monotónně střižené. Navíc dobře pokrývá extrakci, filtraci, sublimaci, destilaci a chromatografii, i když chybí metoda krystalizace. Ukázka filtrace je pouze za atmosférického tlaku. Totéž platí pro video *Laboratorní cvičení - Chemie: 6. Chemické směsi* (Otevřená věda, 2015b), ve kterém je zmíněná pouze na filtraci za atmosférického tlaku.

Porovnaná výuková videa, která jsou dostupná na platformě YouTube, mají nejčastěji špatnou kvalitu obrazu i zvuku, jsou příliš dlouhá, bez detailnějších záběrů, eventuelně můžeme zmínit rušivé prvky, splynutí textů s pozadím a nedodržení bezpečnosti práce. Některá videa se omezují na použití pouze textu či animací, a to není dostačující, protože prostředí reálné laboratoře a reálných laboratorních postupů nelze nahradit pouhým popisem a grafickou prezentací. Často jsou také v cizím jazyce, což může být pro diváky problém.

3.4 Dotazníkové šetření

Jelikož se bakalářská práce zabývá základními laboratorními metodami, bylo třeba zjistit, jaké metody se v daných ročnících vyučují. K tomuto účelu byl vytvořen dotazník 1 (viz **Příloha 1**: Dotazník pro zjištění využívaných laboratorních metod). Výsledky byly vyhodnoceny a posloužily jako odrazový můstek pro výběr a seřazení nejvyužívanějších metod při výuce.

3.4.1 Dotazník 1

Sběr dat byl proveden pomocí Google Forms. Odkaz byl rozeslán emailem dostupným respondentům – učitelům chemie, kteří již v minulosti úzce spolupracovali s Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy.

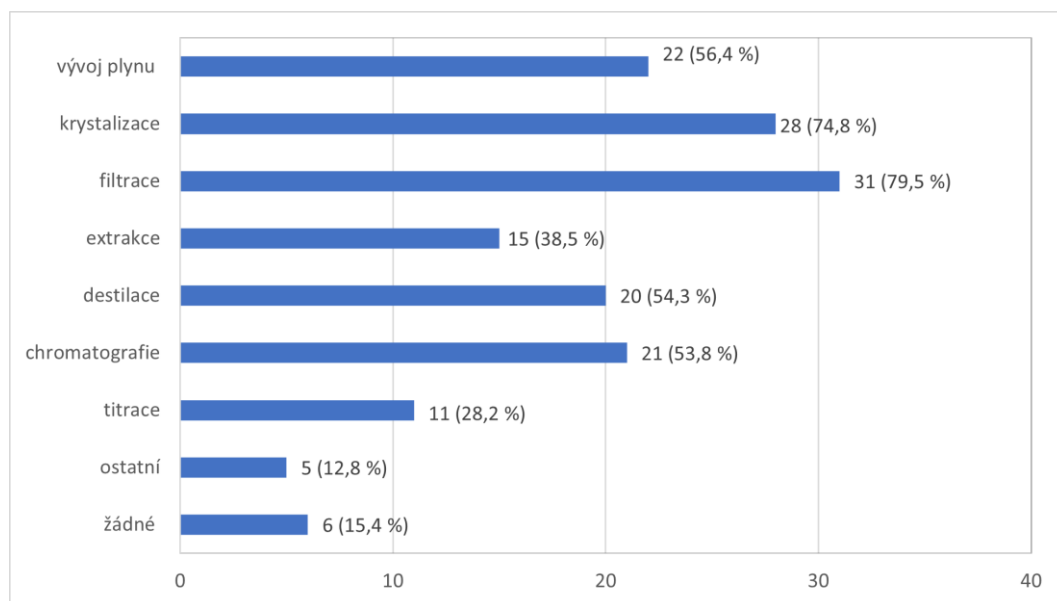
Odkazy na dotazníky byly distribuovány na celkem 1119 e-mailových adres učitelů z gymnázií, základních a středních škol. Nicméně zhruba polovina e-mailových adres byla vyhodnocena jakožto neaktivní. Na první dotazník zabývající se rešerší ohledně vyučovaných laboratorních metod odpovědělo 39 učitelů.

Dotazník 1, který byl určený k identifikaci vyučovaných laboratorních metod, obsahoval celkem 10 uzavřených i otevřených otázek. První 4 otázky byly povinné a zjišťovaly, jaké laboratorní metody učitelé vyučují v 1., 2., 3. a 4. ročníku SŠ. Nabídka možností zahrnovala: vývoj plynu, krystalizace, filtrace, extrakce, destilace, chromatografie a titrace. U všech 4 otázek byl také prostor pro případné doplnění jiných metod a respondenti měli možnost vybírat i více možností najednou. Otázky 5-8 pak umožnily respondentům podrobněji specifikovat používané postupy, například zda do laboratorních prací zařazují krystalizaci volnou či rušenou (a jakou formu rušené krystalizace). Další rozšiřující otázky se zabývaly filtrací, vývojem plynu a chromatografií. Zbývající dvě otázky byly otevřené a nepovinné. Devátá otázka se zabývala parametry, které by podle oslovených respondentů videa měla splňovat, aby byla použitelná ve výuce. Poslední otázka nabídla prostor pro případné poznámky a náměty.

3.4.2 Vyhodnocení dotazníku 1

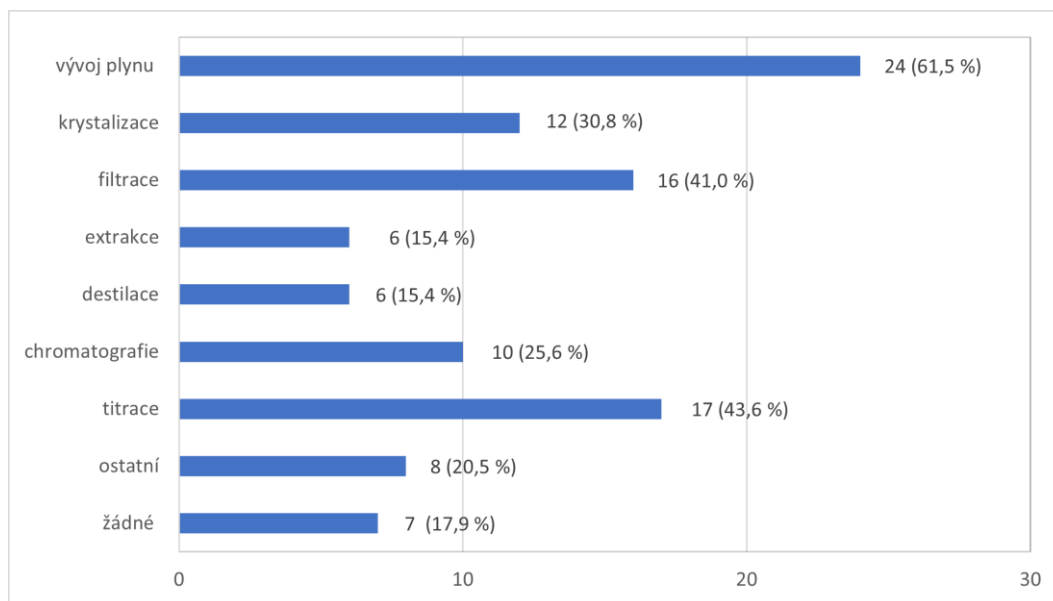
Data z prvního dotazníku (Příloha 9: Data z dotazníku 1 – elektronická příloha) ukázala, jaké laboratorní metody se vyučují v 1., 2., 3. a 4. ročníku SŠ. Učitelé uváděli, že v 1. ročníku se studenty provádí nejvíce metody jakožto filtrace, krystalizace a vývoj plynu (Graf 2). V bodě ostatní jsou zahrnuty odpovědi typu sublimace, srážecí reakce a

práce s kahanem, které se vyskytovaly s nízkou četností. Laboratorní metody v 1. ročníku neprovádí 6 ze 39 dotazovaných učitelů (15,4 %).



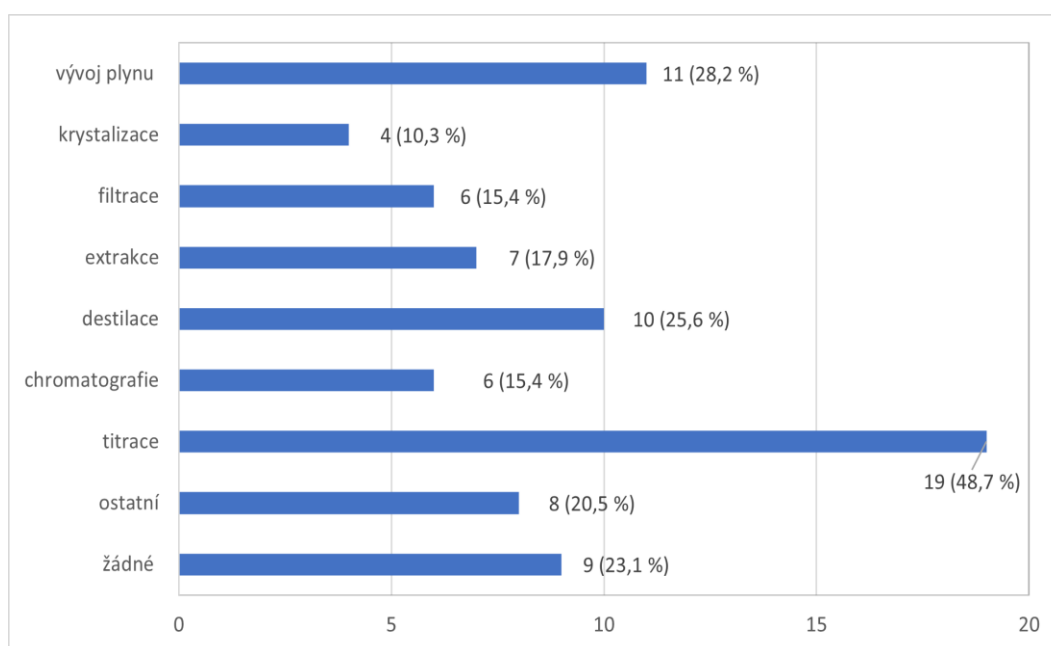
Graf 1: Žákovské laboratorní pokusy prováděné v 1. ročníku SŠ

Z dotazníku dále vyplývá, že mezi nejčastější laboratorní metody, které se provádí ve 2. ročníku SŠ, patří vývoj plynu, titrace a opět filtrace (Graf 2). Došlo ke zvýšení četnosti odpovědi, kdy učitelé se studenty neprovádí žádné laboratorní metody. Jako důvod respondenti uváděli, že se chemie, a tudíž i laboratorní cvičení, vyučují v příslušných školách pouze v prvním ročníku. V kategorii ostatní jsou pak zahrnuty například důkazové reakce, redoxní reakce, elektrolýza, spektrofotometrie, komplexotvorné reakce a měření pH.



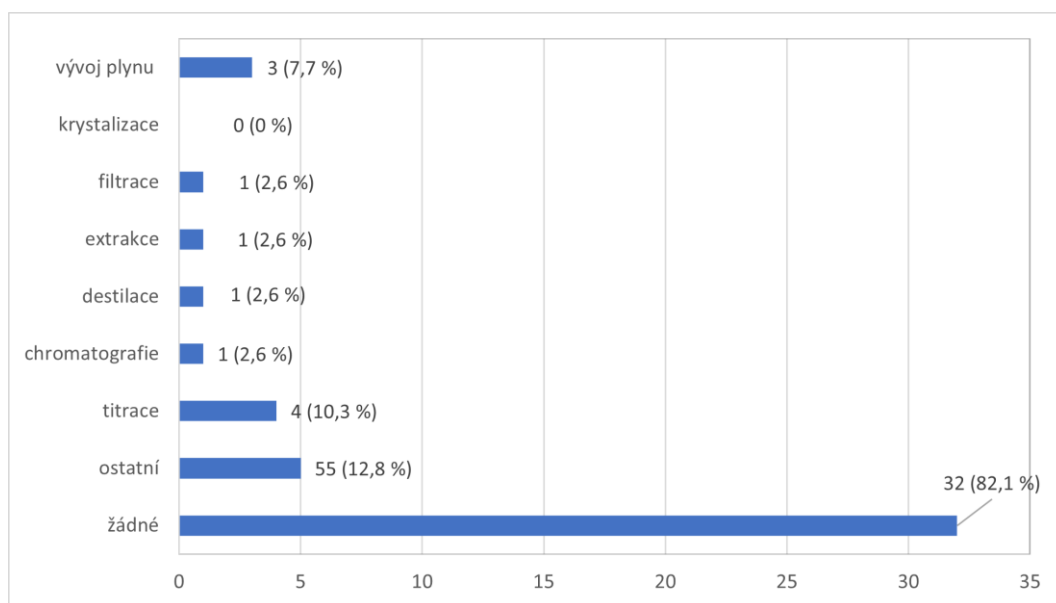
Graf 2: Žákovské laboratorní pokusy prováděné ve 2. ročníku SŠ

V rámci 3. ročníku učitelé uváděli zejména metodu titrace, vývoj plynu a destilaci (Graf 3). Do kategorie ostatní jsou zahrnuty pokusy zejména z biochemie a organické chemie jakožto důkazy přírodních látek či štěpení škrobu, případně pokusy s uhlovodíky a jejich deriváty. Dále bylo uvedeno sestavování složitějších aparatur, případně zaměření na chemii analytickou. Opět můžeme pozorovat lehký nárůst v kategorii žádné laboratorní metody v tomto ročníku již neprovádím.



Graf 3: Žákovské laboratorní pokusy prováděné ve 2. ročníku SŠ

Ve 4. ročníku více než 80 % učitelů uvedlo, že již žádné laboratorní metody neprovádí. Mezi hlavní důvody patří, že v takto vysokém ročníku již chemie není součástí pravidelné povinné výuky, protože se studenti profilují k maturitní zkoušce. Žáci si metody spíše teoreticky opakují v rámci seminářů k maturitním zkouškách, což je zahrnuto v kategorii ostatní. V té jsou také zahrnuty biochemické laboratorní metody, nejčastěji zaměřené na důkazy bílkovin či redukčních účinků sacharidů a vitamínu C. Pokud již laboratorní práce v tomto ročníku probíhají, pak se nejčastěji titruje (10,3 %) nebo vyvíjí plyny (7,7 %) (Graf 4).



Graf 4: Žákovské laboratorní pokusy prováděné ve 4. ročníku SŠ

Další otázky, které dotazník obsahoval nebyly vázané na konkrétní ročník a zaměřovaly se na specifikaci předchozích odpovědí, například jaké plyny vyvíjí a jaký typ jímání používají.

Při vývoji plynu používáme aparaturu pro jímání:

- *pod vodou (kyslík, vodík)*
- *na vzduchu (plyny těžší než vzduch – např. oxid uhličitý)*

Vývoj vodu pod vodou provádí se svými žáky 31 učitelů (79,5 %), druhou metodu zaškrtnulo 25 učitelů (64,1 %). Mezi ostatní varianty uvedlo 5,1 % učitelů například zkumavkový pokus na vývoj vodíku, případně k zachycení plynu do jarových bublin či balónku.

Při krystalizaci používáme metodu:

- *změna teploty*
- *odpaření rozpouštědla*
- *přidáním další látky*

Po vyhodnocení bylo zřejmé, že nejvíce je v rámci krystalizace prováděna metoda odpařování rozpouštědla (94,9 %), nejméně pak metoda, při které je k roztoku přidána další látka (46,2 %).

Pro filtrování používáme metodu:

- *za atmosférického tlaku*
- *za sníženého tlaku*

Z odpovědí na další otázky vyplynulo, že vyučující provádí častěji filtraci za atmosférického tlaku (100 %), filtraci za sníženého tlaku provádí přibližně polovina z dotazovaných učitelů (53,8 %).

Chromatografii provádíme:

- *na křídě*
- *pomocí filtračního papíru*
- *TLC (tenkovrstvá chromatografie)*

Chromatografii pomocí filtračního papíru provádí 35 učitelů z 39 dotazovaných (89,7 %), na křídě 30 učitelů (76,9 %), tenkovrstvou chromatografií 13 učitelů (33,3 %) a 3 učitelé uvedli, že chromatografii vůbec se studenty neprovádí.

Jako nejdůležitější parametry videa použitelného ve výuce respondenti uváděli: krátké, stručné, obsahující slovní doprovod případně titulky. Respondenti navrhovali optimální dobu videa 3-7 minut. Objevila se žádost o konkrétní video s detailním návodem na sestavování jednotlivých aparatur, které jsou při běžných metodách využívány. Hudba v pozadí nebyla žádána kvůli případnému rušení a odvádění pozornosti. V neposlední řadě zazněla žádost o využití dostupných chemikálií.

Ze získaných odpovědí respondentů vyplývá, že se postupem do vyšších ročníků středních škol postupně snižuje množství laboratorní výuky. V 1. ročníku je nejvíce zařazovaná metoda filtrace, ve 2. ročníku vývoj plynu, ve 3. ročníku titrace. Ve 4. ročníku

se již laboratorní cvičení neprovádí a pokud ano, studenti se věnují spíše organickým a biochemickým tématům, případně titraci. Při vývoji plynu učitelé nejčastěji uváděli metodu jímání pod vodou. Krystalizaci nejčastěji provádí odpařením rozpouštědla, filtrují za atmosférického tlaku a chromatografii provádí na filtračním papíře. Z požadavků respondentů na videa vyplývá, že by měla být rozumně dlouhá a měly by být použity dostupné chemikálie.

3.5 Tvorba videí

Výsledky z vyhodnoceného dotazníku byly zohledněny při tvorbě videí. Z průzkumu vyplynulo, že nejvyužívanější metodou, na kterou se vyučující zaměřují zejména v 1. ročníku středních škol je filtrace následovaná krystalizací. Na tyto dvě nejvyužívanější metody se zaměřují první dvě natočená a vytvořená videa. K tomu byla přidána ještě práce s kahanem, i přestože ji z celého počtu dotazovaných zmínil pouze 1 vyučující. Video bylo vytvořeno s domněnkou, že i přestože práci s kahanem zmínilo jen 2,6 % z dotazovaných, tak práce s kahanem patří mezi jednu z nejvyužívanějších metod, která se v laboratoři využívá, a při které se dělají v ní časté chyby.

Díky těmto výsledkům byla původně zaměřená bakalářská práce na SŠ rozšířena také na ZŠ, jelikož se tyto základní metody vyučují již na 2. stupni ZŠ.

K vytvoření jednotlivých videí bylo potřeba napsat scénář. Nejprve byla vytvořena osnova, která se skládala z chronologicky seřazených bodů, které by se měly v daném videu objevit. Z osnovy byl napsán scénář (Příloha 3: Scénář k videu kahan, Příloha 4: Scénář k videu filtrace, Příloha 5: Scénář k videu krystalizace), který se skládal z dopředu promyšlených záběrů a z komentářů k daným záběrům.

3.5.1 Použitá technika a software

K tvorbě videí byly použity fotoaparáty značky Canon a Sony, konkrétněji Canon EOS 70D s objektivem Sigma 17-70 mm, Canon EOS 600D, doplněný makroobjektivem Canon EF 100 mm a Sony Alpha A6400 s makroobjektivem 28 mm. Kombinace všech tří fotoaparátů pomáhala s různorodými záběry. Canon EOS 600D s rozšiřujícím firmware Magic Lantern byl použit k zachycení volné krystalizace pomocí metody časosběru.

Stativy zajišťovaly stabilitu obrazu a umožňovaly flexibilní umístění kamery pro různé záběry. K dosažení optimálních podmínek bylo využito také umělé osvětlení (5600 K) nebo difúzní stan, které dohromady vytvořily podmínky pro natáčení a fotografování předmětů bez odrazů okolí a s minimálním výskytem stínů.

Mikrofon RODE VideoMic přispěl ke kvalitě zvuku. Jedná se o směrový mikrofon, díky kterému byly potlačeny nežádoucí šумы, což přineslo dobré výsledky při zachycování zvukových stop. Záznamník Samsung Galaxy S10 Lite byl využit v postprodukcii.

Důležitou roli také hrálo postprodukční vybavení, jako stříhový software pro úpravu videí, který umožňoval finální úpravy a ladění kvality výsledného materiálu. Ke stříhu a úpravě videí byl použit software Adobe Premiere Pro a Wondershare Filmora.

Při natáčení byl kladen důraz na manuální nastavení s cílem dosáhnout přirozených barev a nízkého šumu. Proto většina záběrů probíhala v nastavení ISO 100 a vyvážení bílé na hodnotu 5600 K.

Parametry exportovaných videí jsou Full HD rozlišení (1920x1080), bitrate 8422 kbps a snímková frekvence 30 snímků za sekundu. Parametry zvuku jsou 192 kbps a vzorkovací frekvence je 44,1 kHz. Video byla vyexportována ve formátu mp4 a komprese videa byla provedena pomocí H.264 (MPEG-4 AVC).

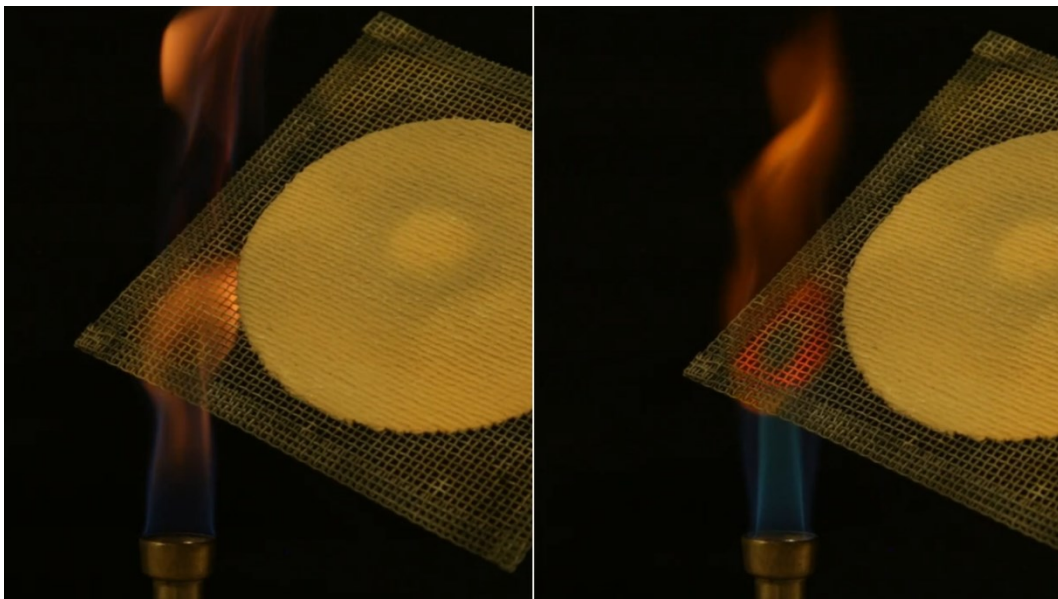
3.5.2 Kahan

Při tvorbě videa na téma kahan (**Příloha 6:** Elektronický příloha – YouTube kanál Nikola Cosentino, kahan) byl dáván důraz zejména na bezpečnost práce a správné zapalování a vypínání kahanu. Po bezpečnosti práce, která je zmíněna hned na začátku videa, následovalo porovnání 3 typů kahanů: Bunsenova, Tecluho a Mékerova (Obrázek 5).



Obrázek 5: Zleva Bunsenův, Tecluho a Mékerův kahan (zdroj: autorka)

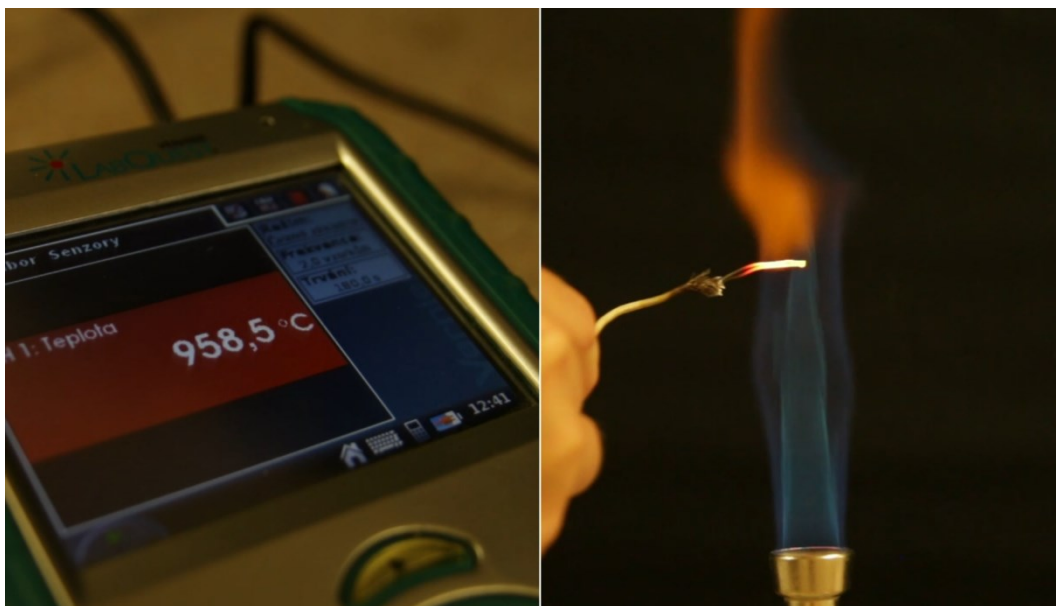
Po ukázce správného zapalování video ukazuje rozdíl mezi svítivým a nesvítivým plamenem. Na detailnější záběru byla pomocí keramické síťky ukázána teplota svítivého a nesvítivého plamene (Obrázek 6).



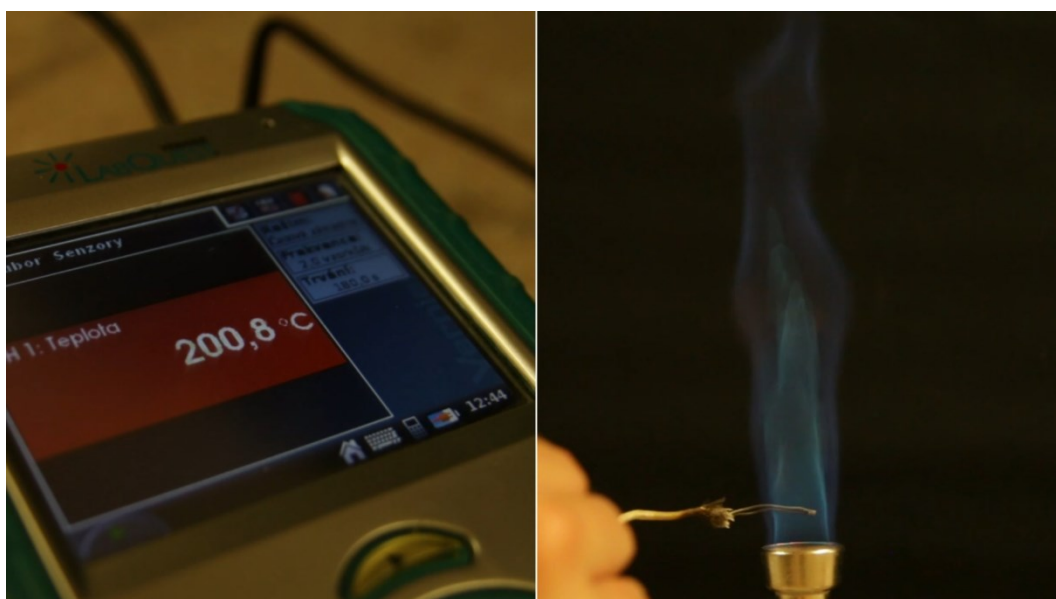
Obrázek 6: Detailní záběr rozdílu teplot plamenů (vlevo plamen svítivý, vpravo plamen nesvítivý) (zdroj: autorka)

Dále pomocí termočláňkového teploměru od firmy Vernier a s pomocí dataloggeru LabQuest byl ukázán teplotní rozdíl jednotlivých částí plamene. U ústní kahanu se

podářilo naměřit okolo 200 °C (Obrázek 8), nad modrým mečíkem šla teplota nad 1000 °C (Obrázek 7).



Obrázek 7: Teplota plamene nad modrým mečíkem (zdroj: autorka)

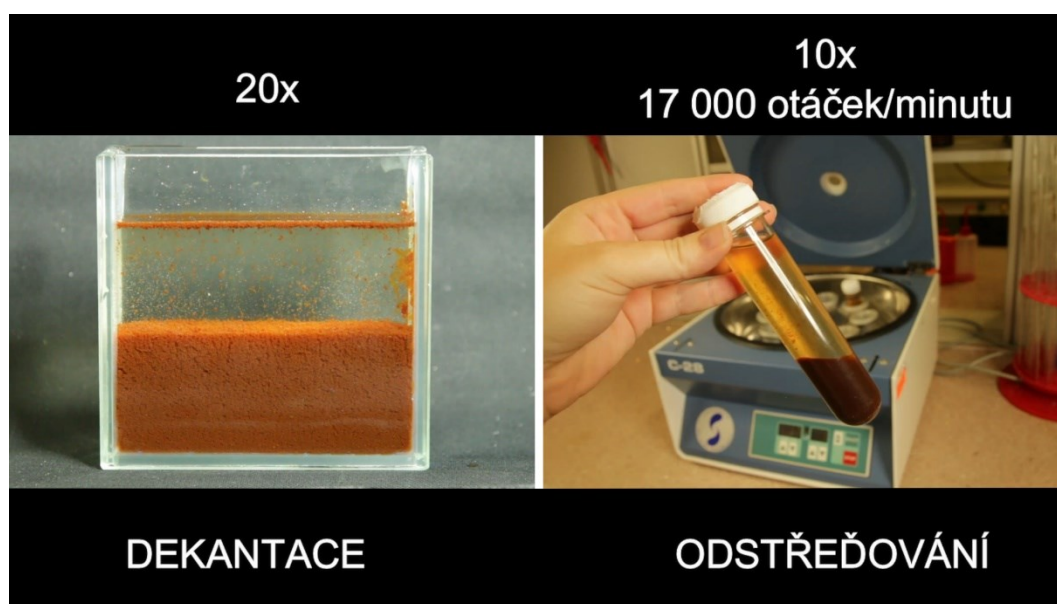


Obrázek 8: Teplota plamene u ústí kahanu (zdroj: autorka)

Přidaná hodnota tohoto videa oproti videím zmíněných v kapitole 3.3.2 je právě v bezpečnosti práce, v detailně popsané stavbě kahanu, ukázce jednotlivých kahanů, teplot svítivého a nesvítivého plamene a teploty jednotlivých částí plamene. Důraz je také dáván na správný postup zapalování a zhasnutí kahanu. Video je tím ucelené a zároveň dodržuje doporučenou délku.

3.5.3 Filtrace

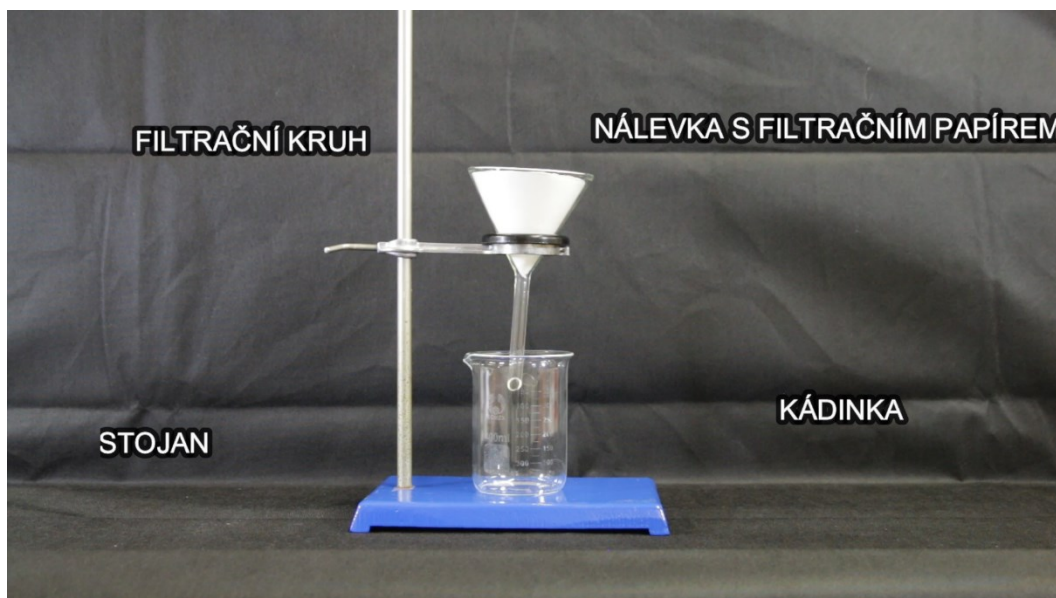
Na úvodu videa, které se zabývá filtracei (**Příloha 7: Elektronický zdroj – YouTube kanál Nikola Cosentino, filtrace**) jsou zobrazeny 2 snímky najednou. Na prvním snímku lze pozorovat 20x zrychlený záběr, který zachycuje usazování neboli dekantaci. Na druhém snímku, který je zrychlen 10x, je zachycena centrifuga, díky které lze urychlit usazování (Obrázek 9).



Obrázek 9: Dekantace (vlevo klasická dekantace, vpravo dekantace pomocí centrifugy) (zdroj: autorka)

Video je rozděleno na část, která se zabývá filtracei za atmosférického tlaku a na část, která se zabývá filtracei za sníženého tlaku. Navazující záběry se zabývají skládáním klasického a skládaného filtračního papíru a následným umístěním filtračních papírů do nálevky. Záběr skládání filtrační aparatury je pro větší dynamiku složen z několika kratších záběrů, k lepšímu memorování názvů jednotlivých pomůcek jsou použity

popisky (Obrázek 10). V dalších úsecích videa probíhá již samotná filtrace. Záběry shora dodávají živost a jsou doplněny záběry z boku. Pro úplnost je zde také vidět stékání již čirého filtrátu do kádinky.



Obrázek 10: Skládání filtrační aparatury za atmosférického tlaku (zdroj: autorka)

Úseky věnující se filtraci za sníženého tlaku začínají ukázkou vložení velikostně odpovídajícího filtračního papíru do Büchnerovy nálevky a následné přidání nálevky do aparatury (Obrázek 11). V následujících záběrech je kladen důraz na správný postup při zapojování a odpojování Büchnerovy nálevky k podtlaku, využití správného nádobí, které je určené pro práci se sníženým tlakem a na bezpečnost práce.



Obrázek 11: Aparatura pro filtraci za sníženého tlaku (zdroj: autorka)

Přidaná hodnota oproti existujícím videím je při porovnání klasické dekantace a odstředování. Ve videu je popsána jak filtrace za atmosférického tlaku, tak i filtrace s využitím podtlaku. Opět jsou využity popisky při výčtu použitých pomůcek a slovní doprovod.

3.5.4 Krystalizace

Video, které se zabývalo krystalizací (viz **Příloha 8**: Elektronický zdroj – YouTube kanál Nikola Cosentino, krystalizace), bylo rozděleno do 3 částí, podle použitého způsobu snižování rozpustnosti dané látky. Po celou dobu videa byl využíván 10% roztok modré skalice. Pro první část videa byl vytvořen časosběr, na kterém bylo ukázáno postupné odpařování roztoku v rámci několika dnů.

V druhé části byla použita topná ploténka a roztok byl odpařen na polovinu celkového objemu, aby došlo ke zkoncentrování roztoku. Krystalizační miska pak byla vložena do chladicí lázně jako ukázka rušené krystalizace. Současně vedle lázně za laboratorní teploty probíhala krystalizace volná. K odfiltrování čistých krystalů byla použita Büchnerova nálevka.

Poslední část videa se zabývala krystalizací, kdy je do roztoku přidávána další látka (rozpuštědlo). K roztoku modré skalice byl přidáván ethanol, ve kterém je modrá skalice hůře rozpustná než ve vodě. Snímek je natočen v detailu, aby byla pozorovatelná tvorba krystalů.

Přidaná hodnota proti existujícím materiálům je ukázání a porovnání všech tří způsobů krystalizace v jednom videu. Jedním z dalších přínosů oproti současným videím je časosběr volné krystalizace, který se nachází na samotném začátku videa, eventuelně detailní záběry jednotlivých typů krystalizace.

V kapitole 3.5 je popsána náplň této bakalářské práce, a to tvorba videí na téma kahan, filtrace a krystalizace. Tato témata byla vybrána na základě odpovědí respondentů v dotazníku 1. K vytváření videí byla použita různá technika, aby byla co nejlépe zachycena různorodost záběrů. Z vypracované osnovy byl vytvořen scénář, který obsahoval komentáře a předem promyšlené záběry. Při tvorbě videí byl kladen důraz na bezpečnost práce, na dodržení správných postupů daných metod, použití vhodných laboratorních pomůcek a ucelení témat a metod.

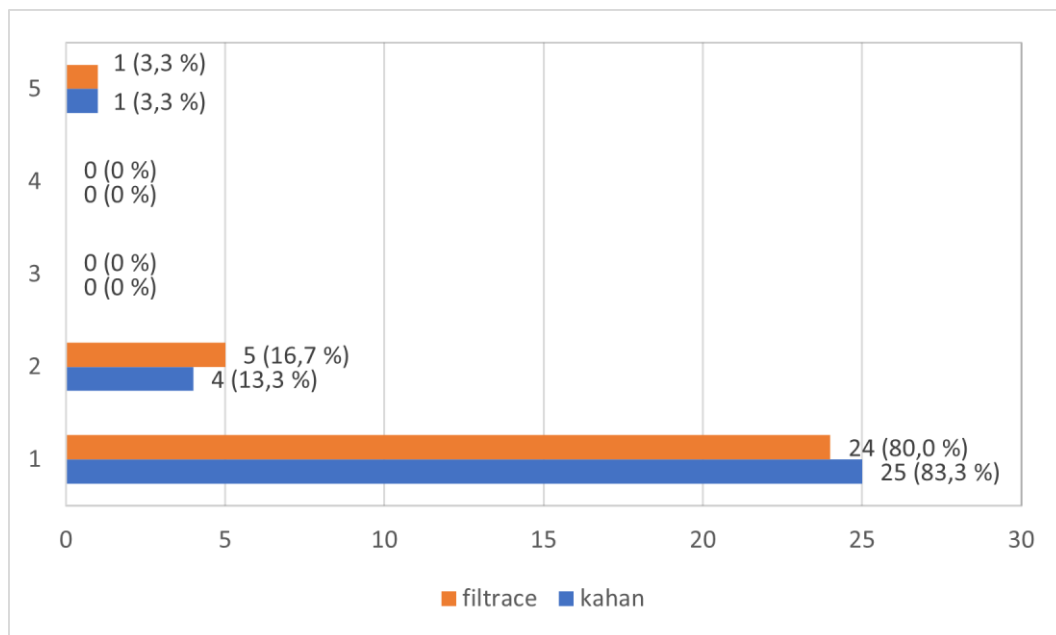
3.6 Dotazník 2: zpětná vazba

Po vytvoření první verze videí na téma kahan a filtrace, které byly umístěny na kanál YouTube, byl odeslán druhý dotazník (Příloha 2: Dotazník pro zjištění zpětné vazby), na který odpovědělo 30 učitelů. Dotazník byl zaměřen na zpětnou vazbu a obsahoval 9 otázek. První 4 otázky byly povinné. Otázky 1-2 se zaměřovaly na obrazovou a zvukovou kvalitu obou videí. K hodnocení byla využita škála 1-5, kde 1 značila nejlepší kvalitu, 5 nejhorší kvalitu.

Další otázky se zabývaly celkovým dojmem videa a odbornou správností a opět byla využita škála 1-5, kde jednička značila nejlepší dojem a 5 nejhorší. Zbylé otázky nevyžadovaly povinnou odpověď a zaměřovaly se na konkretizaci postřehů respondentů ohledně případných chyb v obou videích. K dispozici byl také prostor pro případné návrhy, nové myšlenky a připomínky, které by přispěly ke zlepšení obsahu a formy videí.

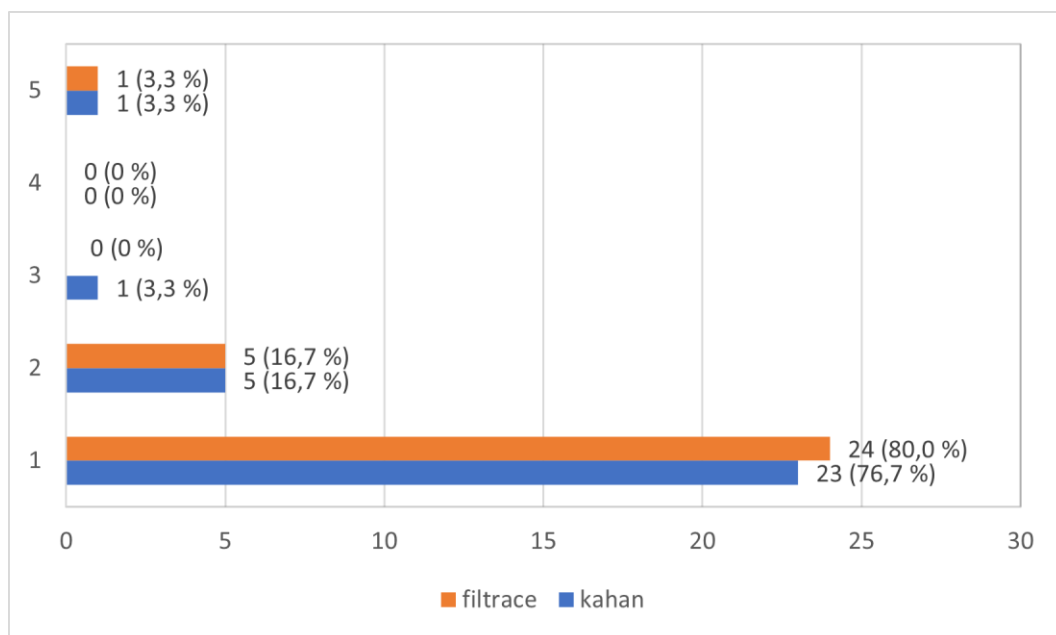
Obrazovou kvalitu videa o kahanu ohodnotilo 25 učitelů (83,3 %) známkou 1, což představuje 83,3 % z celkového počtu respondentů. Čtyři učitelé udělili známku 2 a jeden učitel udělil hodnocení 5. Respondent, který hodnotil obě videa stupněm 5, pravděpodobně přešel instrukci *ohodnoťte jako ve škole*, jelikož v otevřených otázkách hodnotil videa velmi pozitivně bez větších připomínek. Také v otázce 5 a 6 odpověděl slovy „chyby tam nejsou“ či „nevidím chyby, je uveden správný postup, pěkné video“, což lze vyzorovat z přiložené přílohy, ve které lze najít surová data exportovaná z Google Forms (Příloha 10: Data z dotazníku 2 – elektronická příloha).

Co se týče kvality videa o filtraci, 24 učitelů (80,0 %) označilo její úroveň známkou 1, pět učitelů udělilo hodnocení 2 a jeden učitel přidělil známku 5 (Graf 5). Kvalita obou videí tedy byla hodnocena velmi pozitivně, žádné připomínky ohledně vylepšení jsme nedostali.



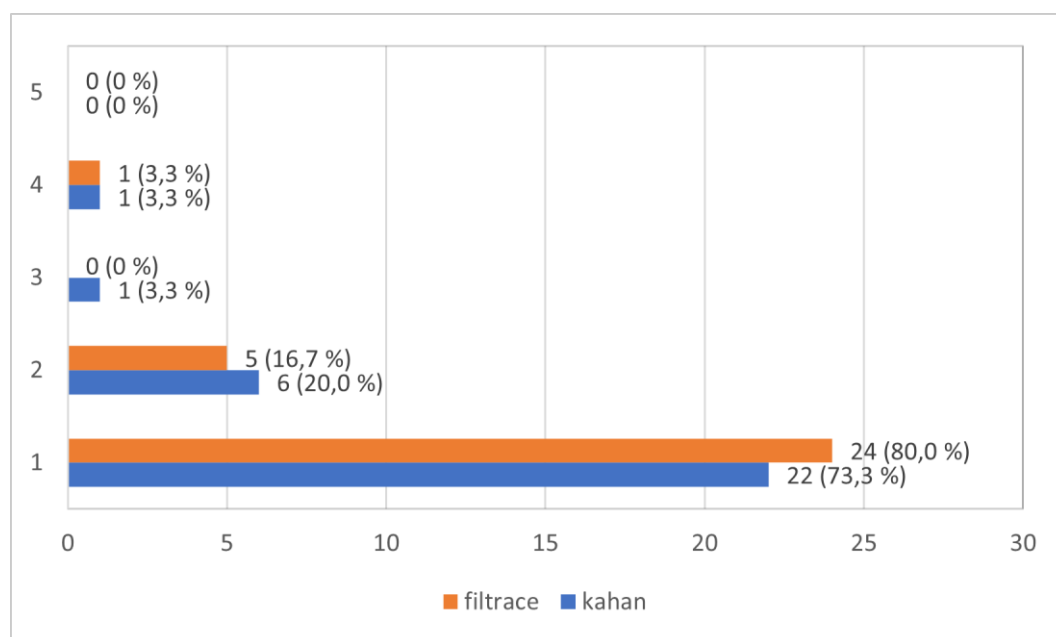
Graf 5: Obrazová kvalita videa kahan a filtrace

Zvukovou kvalitu videa o kahanu ohodnotilo 23 učitelů z celkového počtu dotazovaných známkou 1, pět učitelů známkou 2, jeden učitel známkou 3 a jeden učitel známkou 5. Video zabývající se filtrací ocenilo 24 vyučujících známkou 1, pět vyučujících stupněm 2 a jeden stupněm 5 (Graf 6). Celková kvalita zvuku byla opět hodnocena velmi dobře, neobdrželi jsme žádné připomínky na vylepšení.



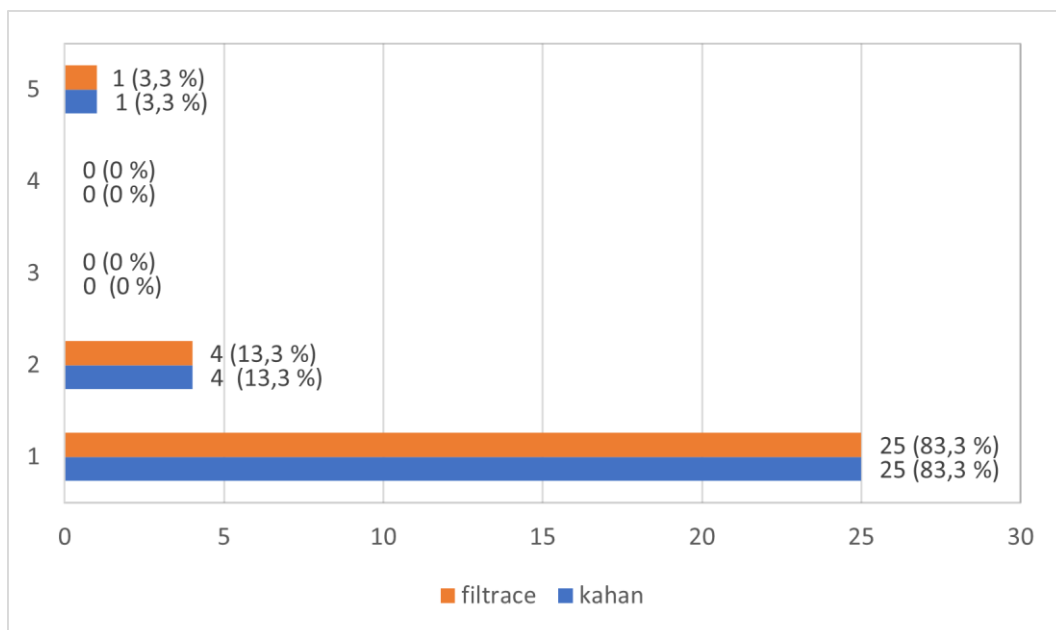
Graf 6: Zvuková kvalita videa kahan a filtrace

Celkový dojem videa o kahanu byl hodnocen velmi dobře, jelikož více než polovina učitelů udělila známku 1, šest respondentů udělilo známku 2 a po jednom přidělili známku 3 a 4. Celkový dojem videa o filtraci hodnotilo více vyučujících známkou 1, než video o kahanu, konkrétně dvacet čtyři vyučujících (80,0 %) udělilo nejvyšší známku. Pět respondentů hodnotilo dojem známkou 2 a jeden udělil hodnotu 4 (Graf 7).



Graf 7: Celkový dojem videa kahan a filtrace

Odborná správnost byla hodnocena velice pozitivně. Obě videa byla hodnocena stejně. Více než 80 % respondentů, přesněji 83,3 %, udělilo známku 1, což odpovídá 25 vyučujícím, známku 2 udělili čtyři učitelé (13,3 %) a jeden respondent udělil v obou případech hodnotu 5 (Graf 8).



Graf 8: Odborná správnost videa kahan a filtrace

V otázce 5, která se zabývala postřehy ohledně chyb ve videu o kahanu, uváděli respondenti připomínky ohledně špatné výslovnosti názvů jednotlivých kahanů, případně při skloňování slov ve slovním komentáři. Konkrétně poukázali na slovo *sírka* a navrhli lepší formu *zápalka*, případně upozornili na špatné skloňování slovního spojení *200 °C*. Obě chyby byly opraveny. Chybu také respondenti našli při popisu síťky, která se používá při ukázce výhřevnosti jednotlivých typů plamenů. Nedopatřením byla síťka označena za azbestovou. Slovo azbestová bylo tedy nahrazenou správnou variantou keramická.

Otázka 6 se zaměřovala na chybu ve videu, které se zabývá filtrací. První postřehy se týkaly filtračních papírů. Respondenti upozornili na špatnou velikost filtračního papíru po vložení do filtrační nálevky a na absenci vodní vývěvy v seznamu pomůcek při filtraci za sníženého tlaku. Respondenti také uváděli požadavek na natočení přípravy filtračního papíru do Büchnerovy nálevky. Poukázáno bylo také na špatnou filtraci, zejména na špatné nalévání směsi „po tyčince“ a nutný dotek stopky nálevky a kádinky.

Nápadům na vylepšení k videu o kahanu se věnovala otázka 7. V úvodu videa je zpracována bezpečnost práce při práci s kahanem. Učitelé navrhovali, že je vhodnější mít při práci dlouhé vlasy stažené do drdolu místo do culíku. Také se objevila zmínka úpravy celého úvodu, jelikož byla patrná autorčina nervozita. Na základě těchto připomínek byl přetočen úvod. Dále mezi návrhy na vylepšení uváděli učitelé například zmínit využití

svítivého plamene, proč je nežádoucí, aby kahan zahořel uvnitř, případně zmínit, že se kahan na zemní plyn nemůže použít pro propan-butan a naopak. Požadavek byl také na přidání záběru, kdy by byla měřena teplota na špičce plamene. Upozorněno bylo na připojení hadice k přívodu plynu. Jeden z respondentů uvedl, že ve škole je nutné mít hadici na přívod plynu připojenou ke zdroji napevno, aby ji studenti nemohli sundat. Tyto návrhy nebyly do videa zakomponovány, protože by se tím značně prodloužila doba celkového videa.

Nápadům na vylepšení se věnovala otázka 8, byla však zaměřena na video o filtraci. V úvodu, kdy na daném záběru můžeme pozorovat usazování byla v rámci práce s centrifugou navrhnutá záměna slov, konkrétně poukázali na použití slov *tíhová síla*, a proto byla použita přesnější forma *odstředivá síla*. Později ve videu, při záběrech týkajících se filtrace za sníženého tlaku, navrhli místo příliš obecného slova *podtlak* slovo konkretizovat jako *vývěva*, čemuž bylo také vyhověno. Dále respondenti vyzývali k ukázce vlhčení filtračního papíru a požadovali vysvětlení doporučení dotýkání stopky nálevky o stěny kádinky. S tím také souvisí opakující se požadavek o přetočení záběru, aby bylo vidět, jak se stopka nálevky od začátku dotýká stěny kádinky. Upozorněno bylo rovněž na rušivé pozadí, kdy se v záběrech čas od času někdo prošel a na nalití filtrované směsi do nálevky, kde by hladina měla dosahovat aspoň 1 cm pod okraj filtračního papíru. Díky těmto námětům byly přetočeny záběry, kdy je připravená suspenze nalévána do nálevky a snímky, ve kterých bylo upozorněno na rušivé pozadí, byly taktéž přetočeny. Co jsme neupravili byl požadavek na přetočení snímku, při kterém se nálevka nedotýká stěny kádinky, protože stávající záběr je více didaktický (záběr ukazuje, jak je ústí nálevky přisunuto ke stěně kádinky).

Poslední otázka se zabývala případnými připomínkami. Respondenti zde uváděli své e-mailové adresy pro další spolupráce a velmi pozitivně zde vyjadřovali názory na vytvořená videa.

4 Závěr

Na základě rešerše RVP a ŠVP vybraných škol bylo zjištěno, že gymnázia a základní a střední školy zařazují laboratorní metody mezi kapitolu *Směsi*, případně podkapitolu *Oddělování směsí*. Konkrétně jsou prováděny metody jako usazování, filtrace, destilace a chromatografie. Následně bylo v dotazníkovém šetření mezi učiteli chemie zjištěno, že se skutečně vyučují tyto laboratorní metody a že by ocenili nová videa k těmto tématům. Video by podle respondentů měla být přiměřeně dlouhá, stručná, s mluveným komentářem a bez hudby v pozadí. Analýza učebnic ukázala, že na základních školách je separační metody kladen větší důraz než na středních školách a gymnáziích. Následným průzkumem dostupných videí na platformě YouTube jsme zjistili, že aktuální výuková videa nejsou dostatečně kvalitní například po obrazové a zvukové stránce.

Celkem byla vytvořena 3 videa, která detailně popisují laboratorní postupy, konkrétně práci s kahanem, filtraci a krystalizaci. Tímto byly splněny cíle, které byly stanoveny v úvodní kapitole bakalářské práce.

Pokračování práce by mohlo zahrnovat vytvoření dalších videí k metodám a tématům navrhovaným v dotazníkovém šetření. Dalším rozšířením by mohly být pracovní listy či laboratorní návody k nově vytvořeným videím.

5 Literatura

ADOBE, 2023. *Creating common results* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://helpx.adobe.com/content/help/en/premiere-pro/using/creating-common-results.html>

AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY, 2020. #veda_na_doma: Chemie pro ZŠ/SŠ: Separální metody. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=4p_XBSt8dhY

BENEŠ, Pavel, Václav PUMPR a Jiří BANÝR, 1993. *Základy chemie 1*. Praha: FORTUNA Praha. ISBN 80-7168-043-5.

BETTY, Paul, 2008. Creation, Management, and Assessment of Library Screencasts: The Regis Libraries Animated Tutorials Project. *Journal of Library Administration* [online]. **48**(3–4), 295–315. ISSN 0193-0826. Dostupné z: [doi:10.1080/01930820802289342](https://doi.org/10.1080/01930820802289342)

BOWLES-TERRY, Melissa, Merinda Kaye HENSLEY a Lisa Janicke HINCHLIFFE, 2010. Best Practices for Online Video Tutorials in Academic Libraries: A Study of Student Preferences and Understanding [online]. [vid. 2023-12-08]. ISSN 1933-5954. Dostupné z: <https://hdl.handle.net/2142/18671>

BUDÍNSKÁ, Gabriela, Květoslava ŠTIKOVCOVÁ, Lucie JELÍNKOVÁ a Jana JANDOVÁ, 2019. *Hravá chemie*. Praha: Taktik. ISBN 978-80-7563-208-1.

CLARKCOLLEGECEM, 2016. Bunsen Burner Video. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=GWDtTyW9rFs>

COGNITO, 2019. GCSE Chemistry - Filtration, Evaporation & Crystallisation #6. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=vi_SJBnxmHo

ČTRNÁCTOVÁ, H. a J. ZAJÍČEK, 2010. Současné školství a výuka chemie v České republice. *Chemické listy*. (104 (8)), 811–818.

DOČKAL, Martin, Marie GALLOVÁ, Štěpánka MELČÁKOVÁ, Kateřina PŘÍHODOVÁ a Šimon NEUMANN, 2022. Metodika tvorby výukových videí [online]. Dostupné z: https://portal.fsv.cvut.cz/zamest/npa-a2/metodika_film.pdf

EBEDOX, 2022. BONUS - Práce s kahany. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=x9cLh4qN1zg>

E-CHEMBOOK - MULTIMEDIÁLNÍ UČEBNICE CHEMIE, 2011a. Filtrace. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=xqnhQ9S3raQ>

E-CHEMBOOK - MULTIMEDIÁLNÍ UČEBNICE CHEMIE, 2011b. Práce s plynovým kahanem. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=PrbZP5Oo8zs>

FLEMR, Vratislav a Bohuslav DUŠEK, 2001. *Chemie: Obecná a anorganická I.* Olomouc: SPN a.s. ISBN 80-7235-147-8.

FUSESCHOOL - GLOBAL EDUCATION, 2016. How To Separate Solutions, Mixtures & Emulsions | Chemical Tests | Chemistry | FuseSchool. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=XC1RxloV0Mo>

GYMNÁZIUM BOTIČSKÁ, 2021. *Školní vzdělávací program: Společně s přírodou* [online]. 2021. Dostupné z: <https://www.gybot.cz/wp-content/uploads/2022/12/08-Chemie.pdf>

GYMNÁZIUM LITOMĚŘICKÁ, 2022a. *Školní vzdělávací program: Moje, tvoje, naše škola* [online]. 2022. Dostupné z: https://www.gymnit.cz/wp-content/uploads/2022/11/2019-ZV_DUPL_osmilete.pdf

GYMNÁZIUM LITOMĚŘICKÁ, 2022b. *Školní vzdělávací program: Naše škola v Evropě* [online]. 2022. Dostupné z: https://www.gymnit.cz/wp-content/uploads/2023/01/2019_DUPL.pdf

GYMNÁZIUM NA PRAŽAČCE, 2015. *Školní vzdělávací program Gymnázia Na Pražáckce* [online]. 2015. Dostupné z: <https://www.gymnazium-prazacka.cz/sites/default/files/pdf/dokumenty/svp.pdf>

GYMNÁZIUM NA PRAŽAČCE, 2022. *Školní vzdělávací program Gymnázia Na Pražáckce* [online]. 2022. Dostupné z: https://www.gymnazium-prazacka.cz/sites/default/files/pdf/dokumenty/svp_22.pdf

JANOUSHKOVÁ, Svatava a Jan MARŠÁK, 2008. *Inovace přírodovědného vzdělávání z evropského pohledu* [online]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/o/z/2075/INOVACE-PRIRODOVEDNEHO-VZDELAVANI-Z-EVROPSKEHO-POHLEDU.html>

KLEČKA, Milan, 2011. *Teorie a praxe tvorby učebnic chemie pro střední školy* [online]. Praha. Disertační práce. Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/35260/140005409.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

KOTEK, Jan, 2022. *Laboratorní technika*. Praha: Karolinum.

KUBIATKO, Milan, Kateřina ŠVANDOVÁ, Jiří ŠIBOR a Jiří ŠKODA, 2012. Vnímání chemie žáky druhého stupně základních škol. *Pedagogická orientace*. **22**(1), 82–96.

LUCIE LUŠTINCOVÁ, 2020. Filtrace za sníženého tlaku. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=woKq4RCET24>

MACH, Josef, Irena PLUCKOVÁ a Jiří ŠIBOR, 2017. *Chemie: Úvod do obecné a anorganické chemie*. 6. Brno: Nová Škola, s.r.o. ISBN 978-80-7289-922-7.

MAREČEK, Aleš a Jaroslav HONZA, 2005. *Chemie pro čtyřletá gymnázia 1., 2., a 3. díl*. 3. Olomouc: Olomouc. ISBN 80-7182-055-5.

- MŠSCH, 2022. *Školní vzdělávací program pro obor: Aplikovaná chemie* [online]. 2022. Dostupné z: <http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%202844M01%20Aplikovana%20chemie.pdf>
- MŠMT, 2021. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia* [online]. 2021. Dostupné z: https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2021/09/001_RVP_GYM_uplne_zneni.pdf
- MŠMT, 2022. *RVP – Rámcové vzdělávací programy* [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/>
- MŠMT, 2023a. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání: Analýza potravin* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvpsov/ciste/29-42-M01.pdf>
- MŠMT, 2023b. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání: Aplikovaná chemie* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvpsov/ciste/28-44-M01.pdf>
- MŠMT, 2023c. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání: Chemik* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvpsov/ciste/28-52-H01.pdf>
- MŠMT, 2023d. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání: Přírodovědné lyceum* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvpsov/ciste/78-42-M05.pdf>
- MŠMT, 2023e. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání* [online]. 2023. Dostupné z: https://www.edu.cz/wp-content/uploads/2023/07/RVP_ZV_2023_cista_verze.pdf
- MY BOOK OF CHEMISTRY, 2021. 10 Methods of Separation in Chemistry. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=YfkAzAx2j0A>
- NOVOSÁK, Jiří, Jana NOVOSÁKOVÁ, Petr SUCHOMEL, Tomáš ZATLOUKAL a Karel KOVÁŘ, 2023. *Výsledky vzdělávání žáků 9. ročníku základních škol ve vybraných předmětech ve školním roce 2022/2023* [online]. 2023. Dostupné z: https://www.csicr.cz/CSICR/media/Elektronicke-publikace/2023/TZ_Vysledky_vzdelavani_zaku_9_rocniku_ZS/html5/index.html?pn=31
- ONDŘEJ HANĚL, 2014. *Práce s kahany*. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=dduY18s7_50
- OTEVŘENÁ VĚDA, 2015a. *Laboratorní cvičení - Chemie: 4. Separační metody v chemii*. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=iUGHN0Lk9hM>
- OTEVŘENÁ VĚDA, 2015b. *Laboratorní cvičení - Chemie: 6. Chemické směsi*. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=luIzWAmrVj8>
- PANÍ UČITELKA (#ZÁPISKY PRO ZÁKLADNÍ ŠKOLY), 2021. *Oddělování složek směsí (Usazování, Filtrace, Krystalizace, Destilace, Sublimace)*. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=hRoAeLAr4Go>

- PAVLAS, Tomáš a ET AL., 2021. *Návrat žáků k prezenčnímu vzdělávání v základních a středních školách: Přístupy a postupy školy na konci 2. pololetí školního roku 2020/2021* [online]. 2021. B.m.: ČŠI. Dostupné z: https://www.csicr.cz/CSICR/media/Prilohy/2021_p%C5%99%C3%ADlohy/Dokumenty/TZ-Navrat-zaku-k-prezencnimu-vzdelavani-v-ZS-a-SS-24-8-FINAL.pdf
- PROFESSOR DAVE EXPLAINS, 2022. Gravity Filtration and Vacuum Filtration. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=17xy5-g22hI>
- SCHLEIDER, Milan, 2013. Bunsenův kahan. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=TCPaDgK6MZE>
- SCHOOLING ONLINE, 2020. The Different Types of Separation Techniques - Lesson 1 (Chemistry). *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=qpZhc2Zn_TI
- SIMPLE SCIENCE & TECHNOLOGY, 2017. IGCSE Chemistry Revision - Part 21 - Separation Methods. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=KVcvIEZeNcA>
- SLADKOVSKÁ, Kamila a Jan TUPÝ, 2010. *Nejčastější dotazy k cizím jazykům a RVP ZV* [online]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/9715/nejcastejsi-dotazy-k-cizim-jazykum-a-rvp-zv.html>
- SLOUP, Radovan, 2014. *Postavení chemického pokusu v době ICT - hliník a jeho sloučeniny* [online]. Praha. Disertační práce. Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/69300/140039253.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SVĚTLANA BALKOVÁ, 2020a. Oddělování složek směsí 2. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Auz8gNyiPto>
- SVĚTLANA BALKOVÁ, 2020b. Oddělování složek směsi. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Xv4yYASAVxI>
- ŠMEJKAL, Petr, Hana ČTRNÁCTOVÁ, Michaela TINTĚROVÁ, Václav MARTÍNEK a Eva URVÁLKOVÁ, 2010b. Motivační prvky ve výuce středoškolské chemie. *Chemistry Is All Around Us Network* [online]. Dostupné z: https://chemistrynetwork.pixel-online.org/data/SMO_db/doc/29_3_%C5%A0mejkal.pdf
- ŠRÁMEK, Vratislav a Ludvík KOSINA, 1996. *Chemie obecná a anorganická*. Praha: FIN. ISBN 80-7182-003-2.
- ŠTEFKOVÁ, Ivona, 2014. *Tvorba výukových materiálů k oblasti Chemie kolem nás* [online]. Praha. Disertační práce. Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/56963/140035037.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ŠVANDOVÁ, Veronika, Alena ŠAFROVÁ, Iveta ŽABOVÁ a Bruno KOSTURA, 2023. *Obecná chemie I*. Praha: Taktik. ISBN 978-80-7563-590-7.

- TEACHINGLEARNINGUOIT, 2010. How to Light a Bunsen Burner. *YouTube* [online] [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=N7ssCM3qM3U>
- VALIŠOVÁ, Alena a Hana KASÍKOVÁ, 2007. *Pedagogika pro učitele* [online]. 2. Praha: Grada Publishing a.s. ISBN 978-80-247-1734-0. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/pedagogika-pro-ucitele-1542504/#>
- VOJÍŘ, Karel, 2021. *Učebnice chemie pro základní školy: využívání a analýza vybraných strukturních komponentů* [online]. Praha. Disertační práce. Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/151170/140095012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- VRZÁČKOVÁ, Eva, 2011. *Tvorba databáze experimentů pro výuku chemie* [online]. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/37523/130036730.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA ZDRAVOTNICKÁ A STŘEDNÍ ZDRAVOTNICKÁ ŠKOLA, 2011. *Školní vzdělávací program pro obor: Laboratorní asistent* [online]. 2011. Dostupné z: <https://www.szspraha1.cz/file.php?nid=6880&oid=2796660>
- WEEKS, Thomas a Jennifer PUTNAM DAVIS, 2017. Evaluating Best Practices for Video Tutorials: A Case Study. *Journal of Library & Information Services in Distance Learning* [online]. 11(1–2), 183–195. ISSN 1533-290X. Dostupné z: doi:10.1080/1533290X.2016.1232048
- WILHELM, Lukáš, 2021. *Výuka chemie v nižších ročnících nižšího gymnázia v ČR* [online]. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Dostupné z: <file:///E:/Pr%C3%A1ce/Wilhelm.pdf>
- ZATLOUKAL ET AL., Tomáš, 2020. *Kvalita a efektivita vzdělávání a vzdělávací soustavy* [online]. Praha: ČŠI. ISBN 978-80-88087-43-4. Dostupné z: https://www.csicr.cz/Csicr/media/Prilohy/PDF_el_publicace/V%3%bdro%4%8dn%3%ad%20zpr%3%a1vy/Vyrocni-zprava-Ceske-skolni-inspekce-2019-2020_zm.pdf
- ZATLOUKAL ET AL., Tomáš, 2021. *Kvalita vzdělávání v České republice* [online]. Praha: ČŠI. ISBN 978-80-88087-65-6. Dostupné z: https://www.csicr.cz/CSICR/media/Prilohy/2021_p%5%99%3%adlohy/Dokumenty/VZ_CSI_2021_e-verze_22_11.pdf
- ZŠ A MŠ U ŠKOLSKÉ ZAHRADY, 2022. *Školní vzdělávací program pro základní vzdělávání: Základní škola – základ vzdělání* [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.uskolskezahrady.cz/wp-content/uploads/2023/09/SVP5-2022.pdf>
- ZŠ DAVLE, 2022. *Školní vzdělávací program pro základní vzdělávání: Učíme se pro život* [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.zs-davle.cz/index.php/skola/svp>
- ZŠ KNESLOVA, 2022. *Školní vzdělávací program pro základní vzdělávání „Škola v pohybu“* [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.zskneslova.cz/cz/skola/skolni-vzdelavaci-program/>

ZŠ POŠEPNÉHO NÁMĚSTÍ, 2023. *Školní vzdělávací program: Škola pro 3. tisíciletí (verze 7)* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.zsposepneho.cz/files/editor/2/Dokumenty/Skola-pro-3.-tisicileti-final.pdf>

ZŠ STUDÁNKA, 2021. *Školní vzdělávací program Studánecká cesta* [online]. 2021. Dostupné z: https://svp.zs-studanka.cz/svp_files/05B_4b_Chemie.pdf

6 Přílohy

Příloha 1: Dotazník pro zjištění využívaných laboratorních metod

Příloha 2: Dotazník pro zjištění zpětné vazby k vytvořeným videím

Příloha 3: Scénář k videu kahan

Příloha 4: Scénář k videu filtrace

Příloha 5: Scénář k videu krystalizace

Příloha 6: Elektronická příloha: YouTube kanál Nikola Cosentino, kahan

Příloha 7: Elektronická příloha: YouTube kanál Nikola Cosentino, filtrace

Příloha 8: Elektronická příloha: YouTube kanál Nikola Cosentino, krystalizace

Příloha 9: Data z dotazníku 1 – elektronická příloha

Příloha 10: Data z dotazníku 2 – elektronická příloha

Příloha 1: Dotazník pro zjištění využívaných laboratorních metod

Základní laboratorní metody ve výuce chemie na SŠ na videu

Vážená paní učitelko, vážený pane učiteli,

Jsem studentka bakalářského studia učitelství chemie na PřF UK a obracím se na Vás s prosbou, zda byste věnovali 5 minut svého času a vyplnili krátký dotazník k mé bakalářské práci, kterou píšete pod vedením RNDr. Pavla Teplého, Ph.D.

Ve své bakalářské práci se věnuji základním laboratorním metodám prováděným na středních školách v jednotlivých ročnících.

Dotazník slouží k získání přehledu o žákovských laboratorních metodách, které se následně zpracují jako krátká instruktážní videa, jež by mohla být využívána v rámci výuky.

Dotazník je anonymní a získaná data budou sloužit pouze pro účely mé bakalářské práce.

Děkuji Vám za spolupráci.

Nikola Cosentino

Žákovské laboratorní pokusy prováděné v 1. ročníku SŠ: *

- Vývoj plynu
- Krystalizace
- Filtrace
- Extrakce
- Destilace
- Chromatografie
- Titrace
- Jiná...

Žákovské laboratorní pokusy prováděné ve 2. ročníku SŠ: *

- Vývoj plynu
- Krystalizace
- Filtrace
- Extrakce
- Destilace
- Chromatografie
- Titrace
- Jiná...

Žákovské laboratorní pokusy prováděné ve 3. ročníku SŠ: *

- Vývoj plynu
- Krystalizace
- Filtrace
- Extrakce
- Destilace
- Chromatografie
- Titrace
- Jiná...

Žákovské laboratorní pokusy prováděné ve 4. ročníku SŠ: *

- žádné
- Vývoj plynu
- Krystalizace
- Filtrace
- Extrakce
- Destilace
- Chromatografie
- Titrace
- Jiná...

Při vývoji plynu používáme aparaturu pro jímání: *

- pod vodou (kyslík, vodík)
- na vzduchu (plyny těžší než vzduch - např. oxid uhličitý)
- Jiná...

Při krystalizaci používáme metodu: *

- změna teploty
- odpaření rozpouštědla
- přidáním další látky
- Jiná...

Pro filtrování používáme metodu: *

- za atmosférického tlaku
- za sníženého tlaku
- Jiná...

Chromatografii provádíme: *

- neprovádím
- na křídě
- pomocí filtračního papíru
- TLC (tenkovrstvá chromatografie)
- Jiná...

Co by video mělo obsahovat případně jaké parametry by mělo mít, abyste ho použili k instruktážním účelům?

Text dlouhé odpovědi

Pokud máte další náměty na obsah či formu videí, budeme rádi, když nám je zde uvedete:

Text dlouhé odpovědi

Příloha 2: Dotazník pro zjištění zpětné vazby k vytvořeným videím

Základní laboratorní metody ve výuce chemie na videu- zpětná vazba

Vážená paní učitelko, vážený pane učiteli,

Jsem studentka bakalářského studia učitelství chemie na PŘF UK a obracím se na Vás s prosbou, zda byste věnovali 5 minut svého času a vyplnili krátký dotazník k mé bakalářské práci, kterou píšete pod vedením Dr. Pavla Teplého.

Ve své bakalářské práci se věnuji základním laboratorním metodám vyučovaným na středních a základních školách.

Dotazník slouží jako zpětná vazba k prvním dvěma vytvořeným videím, která se zaměřují na práci s kahanem a filtrací. Videe naleznete na YouTube kanálu: <https://www.youtube.com/@NikolaCosentino>. Jde nám zejména o to, jak videa upravit a vylepšit.

Dotazník je anonymní a získaná data budou sloužit pouze pro účely mé bakalářské práce.

Děkuji Vám za spolupráci.

Nikola Cosentino

Obrazová kvalita videa (ohodnoťte jako ve škole). *

	1	2	3	4	5
Kahan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Filtrace	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zvuková kvalita videa (ohodnoťte jako ve škole). *

	1	2	3	4	5
Kahan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Filtrace	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Celkový dojem videa (ohodnoťte jako ve škole). *

	1	2	3	4	5
Kahan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Filtrace	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Odborná správnost (ohodnoťte jako ve škole). *

	1	2	3	4	5
Kahan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Filtrace	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Všimli jste si nějaké chyby ve videu o kahanu?

Text dlouhé odpovědi

Všimli jste si nějaké chyby ve videu o filtraci?

Text dlouhé odpovědi

Pokud máte jakékoliv návrhy co zlepšit (kahan), budeme za ně rádi.

Text dlouhé odpovědi

Pokud máte jakékoliv návrhy co zlepšit (filtrace), budeme za ně rádi.

Text dlouhé odpovědi

Prostor pro případné připomínky, eventuálně e-mail pro další spolupráce.

Text dlouhé odpovědi

Příloha 3: Scénář k videu kahan

1) scéna/záběr: záběr na mě – úvodní slovo: bezpečnost práce

komentář:

V tomto videu bych vám ráda ukázala práci s kahanem. Než se ale pustíme do práce, pojďme si říct něco o bezpečnosti práce. Kromě základních pravidel jako je nošení pláště a brýlí si přidáme ještě 3 pravidla.

První pravidlo: “Nikdy nenechávejte kahan bez dozoru.“ Obzvláště nesvítivý plamen může být díky své špatné viditelnosti velmi nebezpečný. Druhé pravidlo: pozor na popáleniny. Předměty, které zahříváme jsou horké ještě dlouho po ukončení zahřívání. Třetí pravidlo se týká dlouhých vlasů, které by měly být svázané nejlépe v drdolu, aby se nedostaly do blízkosti plamene.

2) scéna/záběr: 3 kahany vedle sebe, záběr na jednotlivé kahany, detaily na části kahanu, využití šipek při porovnávání

komentář:

Nyní si povíme něco o třech základních typech kahanů, se kterými se v laboratoři setkáme. Jsou to Bunsenův, Tecluho a Mékerův.

Nejstarším a nejvíce používaným je Bunsenův kahan. Bunsenův kahan je opatřen děrovaným prstencem na spodní části kahanu, jehož otáčením lze regulovat přívodu vzduchu.

Tecluho kahan je vylepšená verze Bunsenova kahanu. Kromě toho, že se dá regulovat přívod vzduchu, je také možné regulovat přívod plynu. V případě tohoto kahanu nemáme otáčivý prsteneček, nýbrž plochý kotouč, který se posouvá nahoru a dolů.

U Mékerova kahanu je regulace vzduchu obdobná jako u Bunsenova kahanu s tím rozdílem, že hořáková trubice kahanu je širší, otáčivý prsteneček je více děrovaný a v ústí kahanu je mřížka. Díky tomu kahan dosahuje vyšších teplot a nehrozí zahoření uvnitř.

3) scéna/záběr: přiblížení na kahan

komentář:

My budeme v tomto videu pracovat s Bunsenovým kahanem. Pojdme si ukázat z jakých částí se takový kahan skládá. Z přívodu plynu, který vede pryžová hadice ze zdroje, z otáčivého prstence a z hořákové trubice.

4) scéna/záběr: záběr na mě, zapojování kahanu do plynu, případně detaily na jednotlivé části, názorné ukázky

komentář:

Před samotným zapálením kahanu je nutné ho pořádně připravit. Připojíme těsnící pryžovou hadici ke zdroji plynu a děrovaným prstencem otočíme tak, aby byly všechny otvory zavřené. Kahan by se měl vždycky zapalovat s uzavřeným přístupem vzduchu, aby nedošlo k zahoření uvnitř kahanu.

Zapálíme připravenou sirku a otevřeme přívod plynu. Syčení kahanu znamená, že kahanem proudí plyn. Ve většině případech se používá zemní plyn nebo propan-butan. Kahan zapalujeme přiblížením sirky (iniciátoru) vždy odspodu k ústí hořáku.

5) scéna/záběr: černé pozadí, záběr zblízka na svítivý a nsvítivý plamen → ve výsledku rozdvojená obrazovka

komentář:

Rozlišujeme 2 typy plamene. Ten, který právě můžeme pozorovat, se nazývá svítivý neboli čadivý (vznikají saze, které jsou zodpovědné za svítivost plamene). Pokud otočíme prstencem na kahanu, přimícháme do směsi vzduch a ze svítivého, oranžovo-žlutého plamene, se stane nsvítivý, namodralý (díky dostatečnému přístupu vzduchu/kyslíku již saze prakticky nevznikají).

6) scéna/záběr: svítivý a nsvítivý plamen → opět dvě obrazovky, rozpálení síťky

komentář:

Kromě barvy se svítivý a nsvítivý plamen liší teplotou. Větší výhřevnost má plamen nsvítivý, což si můžeme ukázat na rozpálení keramické síťky.

7) scéna/záběr: záběr na displej dataloggeru, druhý záběr na nsvítivý plamen → vkládání čidla do různých částí plamene

komentář:

Ne všechny části plamene mají stejnou teplotu. Nejvyšší teplota je těsně nad modrým mečíkem nsvítivého plamene. Teplota Bunsenova kahanu při použití zemního plynu může vystoupat až nad 1000°C. Naopak nejnižší teplota je těsně nad ústím kahanu, kde dosahuje pouze 200°C.

8) scéna/záběr: vypínání kahanu

komentář:

Nakonec si ukážeme, jak postupovat při vypínání kahanu. Nejprve z nsvítivého plamene uděláme svítivý otočením prstence a následně vypneme přívod plynu. Tak se kahan sám zhasne.

Příloha 4: Scénář k videu filtrace

1) scéna/záběr: 2 záběry vedle sebe: první zrychlený záběr na usazování, druhý záběr ukázka práce s centrifugou (opět zrychleno)

komentář:

V tomto videu se zaměříme na oddělení složek suspenze. Nejjednodušší je dekantace, což je usazování založené na odstředivé síle. Pro urychlení musíme odstředivou sílu zvýšit, k čemuž slouží centrifuga. Obvykle ale oddělení pevné a kapalné složky není úplné, proto často volíme metodu filtrace. Ukážeme si filtraci za standardního a sníženého tlaku.

2) scéna/záběr: ukázka skládání klasického filtračního papíru a vložení do nálevky

komentář:

K filtraci využijeme filtrační papír, který je dostatečně propustný pro kapalnou, ale ne pro fázi pevnou.

Můžeme filtrovat přes hladký neboli klasický filtr. Z archu filtračního papíru vystříháme velikostně odpovídající čtverec, který dvakrát přeložíme a vystříháme kruh. Abychom vytvořili kužel, který budeme moci vložit do nálevky, oddělíme jednu vrstvu od zbylých tří.

3) scéna/záběr: ukázka skládání klasického filtračního papíru a vložení do nálevky

komentář:

Druhým způsobem je skládání filtru. Ten se skládá podobně, jako klasický filtr s tím rozdílem, že poté, co vystříháme kruh, složíme papír do harmoniky.

4) scéna/záběr: střih vícero videí → postupné skládání filtrační aparatury, případně v postprodukcii doplnit titulky

komentář:

Pro filtraci za standardního tlaku využijeme laboratorní stojan, ke kterému je pomocí svorek přichycen filtrační kruh, kádinku, nálevku a stříčkou navlhčený filtrační papír. Papír vlhčíme, aby nám přilnul ke stěně nálevky.

5) scéna/záběr: záběr shora a pak z boku, jak nalévám suspenzi, poté záběr, jak odkapává čirá tekutina a zdůraznění na dotyk kádinky a nálevky

komentář:

Nyní jsme připraveni zahájit filtraci za standardního tlaku. Směs nalijeme na filtrační papír za pomoci skleněné tyčinky, abychom usměrnili proud nalévané směsi a zabránili protření filtračního papíru. Na filtračním papíru nám zůstává pevná látka, v kádince, kterou máme umístěnou pod nálevkou, nalezneme kapalnou fázi, která se nazývá filtrát. Nálevka by se měla dotýkat stěny kádinky kvůli rychlejší filtraci. Filtraci můžeme podle potřeby opakovat.

6) scéna/záběr: vložení filtr. papíru do Büchnerovy nálevky, popisky v postprodukcii, ukázka aparatury

komentář:

Snížený tlak používáme, pokud potřebujeme filtraci urychlit. Filtrujeme přes Büchnerovu nálevku, do níž vystříháme filtrační papír tak, aby zakrýval všechny otvory. Papír by neměl být moc velký, ani moc malý. Mohlo by dojít např. ke vzniku kanálků, kterými by mohla protékat odsávaná suspenze. Aby se vyplnil prostor mezi Büchnerovou nálevkou a odsávací baňkou, použijeme těsnící podložku.

7) scéna/záběr: oddálení kamery, když zapojují hadici, opět záběr shora a z boku

komentář:

U filtrace za sníženého tlaku je důležité pořadí: nejdříve zapnout podtlak, pak teprve připojit pryžovou hadici k aparatuře. Podtlak vytvoříme např. pomocí vodní vývěvy či jiné pumpy. Je ale třeba pracovat s nádobím vhodným pro podtlak, jako je tlustostěnné

sklo nebo baňky s kulatým dnem. Kvůli možné implozi bychom také neměli zapomenout na ochranný štít. Filtraci můžeme opět podle potřeby opakovat.

- 8) scéna/záběr: vypínání aparatury → pohyb kamery s mou rukou, která vypíná podtlak
komentář:

Na závěr postupujeme opačně než na začátku, nejdříve odpojíme pryžovou hadici od aparatury a teprve pak vypneme podtlak.

Příloha 5: Scénář k videu krystalizace

- 1) scéna/záběr: na mě + rozcestník?

komentář:

Krystalizace je proces, při kterém se z roztoku vylučuje pevná látka ve formě krystalů. Je to jedna z nejběžnějších čistících metod.

Existují tři typy krystalizace, které se liší v principu snižování rozpustnosti. Můžeme odpařovat rozpouštědlo, změnit teplotu nebo srážet přídavkem jiného rozpouštědla. V případě úplného odpaření rozpouštědla se ale nejedná o čistící metodu, jelikož nečistoty vytváří krystaly společně s rozpuštěnou pevnou látkou.

V tomto videu budeme nechávat krystalizovat pentahydrát síranu měďnatého neboli modrou skalici.

- 2) scéna/záběr: nafotit časosběr, ze kterého udělat video → do videa jako text doplnit, že se jedná o 10% CuSO_4

komentář:

Pár mililitrů roztoku můžeme nechat pozvolně odpařovat. Z pozvolné krystalizace vznikají hezcí krystaly. Nevýhodou je, že odpařování probíhá v rámci dnů.

- 2) scéna/záběr: zahřívání skalice na ploténce + dva záběry najednou: rušená krystalizace a volná krystalizace + odsávání na Büchnerově nálevce

komentář:

Pro urychlení můžeme využít ploténku nebo vodní lázeň. My použijeme plotýnku. K tomu budeme potřebovat také krystalizační misku, do které nalijeme asi 100 ml 10% modré skalice, zahřejeme a necháme roztok zahustit přibližně na polovinu. Ve většině případech se rozpustnost látek zvyšuje s rostoucí teplotou, existují ale i výjimky jako třeba hydroxid vápenatý, u kterého se rozpustnost snižuje, když teplota roste.

Zahuštěný roztok rozdělíme do dvou krystalizačních misek. Jednu z misek necháme chladnou za laboratorní teploty. Druhou misku opatrně vložíme do chladicí lázně, která obsahuje vodu a nadrcený led. Necháme probíhat tzv. rušenou krystalizaci. Postupným oteplováním roztoků vznikají krystalky, což můžeme pozorovat v obou případech. Krystaly už ale nejsou tak pěkné jako ty, které vznikaly při pozvolné krystalizaci. Abychom oddělili krystaly od roztoku, můžeme je odsát např. na Büchnerově nálevce a promýt destilovanou vodou.

- 3) scéna/záběr: detailní záběr na „akvářko“ s roztokem skalice → přidávání ethanolu

komentář:

Poslední typ krystalizace je srážení dané látky po přídavku jiného rozpouštědla. Látka je rozpuštěná například ve vodě, ke které přidáme další rozpouštědlo, ve kterém se látka špatně rozpouští. Zároveň se musí tato dvě rozpouštědla mísit. V našem případě je modrá skalice rozpuštěná ve vodě a k roztoku je přidávám ethanol. Krystaly můžeme opět odfiltrovat.

Příloha 6: Elektronický příloha – YouTube kanál Nikola Cosentino, kahan
dostupné z: <https://youtu.be/IkbxkoTa7GQ>

Příloha 7: Elektronický zdroj – YouTube kanál Nikola Cosentino, filtrace
dostupné z: <https://youtu.be/PlpJDEVhWxs>

Příloha 8: Elektronický zdroj – YouTube kanál Nikola Cosentino, krystalizace
dostupné z: <https://youtu.be/HHkSu9SPV9E>

Příloha 9: Data z dotazníku 1 – elektronická příloha

Příloha 10: Data z dotazníku 2 – elektronická příloha