

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

**Pokusy ve školní lavici aneb bezpečně s chemií.
Sbírka nekomplikovaných chemických pokusů
pro ZŠ a nižší ročníky gymnázií.**

Bakalářská práce

Matouš Křiváček

Vedoucí práce: Mgr. Michal Kutý, Ph.D.

České Budějovice 2021

Křiváček, M., 2021: Pokusy ve školní lavici aneb bezpečně s chemií. Sbíрка nekomplikovaných chemických pokusů pro ZŠ a nižší ročníky gymnázií. [School Science Experiments – safe practice. Collection of easy experiments for primary schools and lower grades of grammar schools. Bc. Thesis, in Czech] – 49 p., Faculty of Science, university of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotation

This bachelor thesis is focused on advantages and disadvantages of student's laboratory experiments. The main part of thesis contains 20 easy to do experiments. Four of them are only demonstrations performed by the teacher. Each experiment is in accordance with the legislative of the Czech Republic. All of these experiments are photo- and videodocumented and are ready to be used in distance education or as a learning material in school.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 13.4.2021

Křiváček Matouš

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Mgr. Michalu Kutému, Ph.D. a prof. RNDr. Ivaně Kuté-Smatanové, Ph.D. za jejich cenné rady a odborné vedení.

Dále bych také chtěl poděkovat Mgr. Ludmile Kahounové za rady a velikou ochotu při zpracování doprovodných materiálů v laboratoři.

A v neposlední řadě patří poděkování rodině a přítelkyni za podporu.

Obsah

1. CÍLE PRÁCE	1
2. TEORETICKÁ ČÁST	2
2.1. ÚVOD	2
2.2. HISTORIE	2
2.2.1. <i>Historie pokusů ve světě</i>	2
2.2.2. <i>Historie pokusů u nás</i>	2
2.3. OBLÍBENOST CHEMIE VE VÝUCE	3
2.4. VÝHODY POKUSŮ	3
2.4.1. <i>Motivace a zájem o chemii</i>	3
2.4.2. <i>Lepší osvojení učiva</i>	4
2.5. NEVÝHODY POKUSŮ	5
2.5.1. <i>Nebezpečí úrazu či nehody</i>	5
2.5.2. <i>Legislativa</i>	6
3 POKUSY.....	8
3.1. PRONIKÁNÍ ČÁSTIC MANGANISTANU DO VODY	9
3.2. SLONÍ ZUBNÍ PASTA	10
3.3. ŠTĚKNUTÍ VODÍKU	11
3.4. ROZPUSTNOST JODU	12
3.5. VYTĚŠŇOVÁNÍ MĚDI ŽELEZEM	13
3.6. DESTILACE.....	14
3.7. SMĚSI	16
3.8. CHROMATOGRAFIE	17
3.9. TITRACE	19
3.10. FARAONOVÍ HADI	21
3.11. INDIKÁTOR Z ČERVENÉHO ZELÍ	22
3.12. SUBLIMACE KOFEINU.....	24
3.13. MODRÁ BAŇKA.....	26
3.14. AMONIAKOVÁ FONTÁNA.....	28
3.15. ELEKTROLÝZA.....	30
3.16. HASÍCÍ PŘÍSTROJ	32
3.17. PLASTICKÁ SÍRA.....	34
3.18. PROPAN-BUTAN	35
3.19. ROZPOUŠTĚNÍ POLYSTYRENU V ACETONU	37
3.20. SMUTNÝ KONEC GUMOVÉHO MEDVÍDKA	38
4. VYJÁDŘENÍ PEDAGOGŮ	39
4.1. VYJÁDŘENÍ PEDAGOGA PŮSOBÍCÍHO NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE	39
4.2. VYJÁDŘENÍ PEDAGOGA PŮSOBÍCÍHO NA GYMNÁZIU	39
5. DISKUSE	40
6. ZÁVĚR	40
7. ZDROJE	41
8. PŘÍLOHY.....	42
PŘÍLOHA 1: TABULKA POVOLENÝCH LÁTEK.....	42

1. CÍLE PRÁCE

- Popsat výhody/nevýhody pokusů v hodinách chemie.
- Vybrat 20 jednoduchých chemických pokusů, které je možné snadno uskutečnit v hodině chemie.
- Provést pokusy v laboratoři, zajistit fotodokumentaci a následně detailně zpracovat do formy e-publikace.
- Diskutovat sbírku pokusů na reálné škole s učitelem i žáky.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Úvod

Bakalářská práce “Pokusy ve školní lavici aneb bezpečně s chemií. Sbírnka nekomplikovaných chemických pokusů pro ZŠ a nižší ročníky gymnázií“ je zaměřena na zpracování jednoduchých a snadno proveditelných chemických pokusů pro žáky 8. a 9. třídy základní školy a pro nižší ročníky víceletých gymnázií. Jednotlivé pokusy se zaměřují na témata probíraná ve výše zmíněných letech studia. Pokusy jsou jak demonstrační, tak i žákovské a jsou sestavené tak, aby byly v souladu se současnou legislativou České republiky.

Práce se skládá z teoretické části, což je literární rešerše zabývající se klady a zápory žákovských školních pokusů. Poté následuje praktická část obsahující dvacet snadno proveditelných pokusů, které je možné uskutečnit i v průměrně vybavené školní laboratoři. Pokusy jsou zpracované formou průvodních listů, které obsahují zadávací protokol pro žákovskou práci, krátký test na téma pokusu a foto- a videodokumentaci.

Toto téma bylo zvoleno, jelikož teoretické předměty, jako například chemie, jsou pro žáky většinou silně abstraktní. Avšak formou žákovských a demonstračních pokusů je možné témata právě například z chemie žákům více přiblížit a teoreticky probíranou látku představit v praxi, která je pro žáky ve věku 12 až 15 let snadněji uchopitelná než teoretická složka výuky. Díky tomu si žáci mohou základní poznatky z tohoto předmětu lépe uvědomit a zapamatovat.

2.2. Historie

2.2.1. Historie pokusů ve světě

Pokusy ve výuce chemie se začaly používat již v 17. století, kdy byly používány demonstrativně k doprovodu přednášek univerzitních profesorů. Demonstrativních pokusů bylo také využíváno během soukromých přednášek univerzitních profesorů na území Spojených států a ve Velké Británii během 18. a 19. století. Za otce studentských pokusů je považován Justus von Liebig (1803 – 1873), který na Giessenské univerzitě založil roku 1824 školu chemie, kde hlavní částí učiva chemie byly právě studentské laboratorní práce (Koloros, 2011).

2.2.2. Historie pokusů u nás

Na našem území byla chemie od 18. století součástí přírodopytu, což byla kombinace předmětů chemie a fyziky. První česky psanou učebnicí přírodopytu byla publikace *Lučební základové hospodářství a řemeslnictví* autora Karla Slavoje Amerlinga

(1807 – 1884), obsahující jednoduché pokusy z oboru chemie, vydaná roku 1850. Samostatné výuky se chemie dočkala po roce 1869 na reálných gymnáziích a reálných školách. Praktická cvičení z chemie byla pak součástí výuky od roku 1870. V roce 1919 byla chemie zavedena do výuky i na gymnáziích, kde praktické demonstrace školních pokusů tvořily významnou součást výuky. Povinná praktická cvičení z chemie byla do reálných škol a gymnázií zařazena mezi lety 1930 a 1931. Rozsah těchto praktických cvičení byl opět rozšířen roku 1968, což vedlo k budování chemických laboratoří a specializovaných učeben ve školách. V letech po Sametové revoluci (1989) se začalo s odklonem od původního stylu výuky a nad praktickými cvičeními výrazně převážila složka teoretická (Čtrnáctová a Banýr, 1996).

2.3. Oblíbenost chemie ve výuce

Čeští žáci prokazují v mezinárodních testech lehce nadprůměrné výsledky v oboru přírodních věd ve srovnání s ostatními státy, které se výzkumů zúčastnily. Dle výsledků mezinárodního srovnávacího výzkumu PISA (OECD Programme for International Student Assessment) je výsledek ČR 497 bodů, zatímco průměr všech porovnávaných států je 489 bodů. Dle těchto srovnávacích testů je největším problémem pro české žáky schopnost používat vědecké důkazy v praxi a rozpoznávat environmentální otázky (zejména v oborech chemie a biologie) (PISA, 2018).

Chemie se u nás velké oblibě netěší, a jak vyplývá z mezinárodního výzkumu TIMSS, dělí se na žebříčku oblíbenosti předmětů u žáků základních škol a víceletých gymnázií společně s fyzikou o poslední příčku, tedy 14. místo (TIMSS, 2015).

Další věci poukazující na menší oblíbenost chemie je to, že dle výzkumu PISA má o další studium chemie a přírodních věd obecně zájem pouze 17 % českých žáků, zatímco průměr ve výzkumu byl 31 % (Papáček, 2010).

2.4. Výhody pokusů

V dalších dvou kapitolách jsou popsány výhody a pozitivní dopad provádění pokusů v hodinách chemie. Vzhledem k výhodám z nich plynoucím by bylo velmi neuvážené o tomto prvku výuky žáky, byť nižšího věku, ochuzovat.

2.4.1. Motivace a zájem o chemii

Motivace je proces, který u člověka aktivizuje, usměrňuje a udržuje intenzitu chování či činnosti. Motivy jsou uvědomělé pohnutky a příčiny, které vycházejí z vlastní iniciativy jedince (vnitřní motivy) nebo z iniciativy spouštěné podněty z našeho okolí (vnější motivy) (Kučera, 2013).

U žáků základních škol a nižších ročníků gymnázií převládá především krátkodobá motivace, kdy chtějí žáci dosahovat dobrých výsledků a ocenění od učitelů a rodičů, nebo

zájem o předmět, ale také strach z následků špatných výsledků. Právě zájem o předmět lze u žáků stimulovat prováděním laboratorních úloh adekvátních jejich dovednostem. Správně vybrané pokusy, které žáci zvládnou a mohou vidět výsledky své práce, napomáhají k rozvoji krátkodobé motivace – je ale důležité i tuto práci hodnotit, aby bylo využito i motivace plynoucí z úspěchu (Mokrejšová, 2009).

Pokusy se dají považovat za poznávací činnost a jako takové naplňují poznávací potřeby žáků, což u nich buduje silnější vnitřní motivaci, která může být pouze kladná, a žáci budou právě díky tomu chtít dosáhnout určitých výsledků. Během provádění laboratorních prací budou žáci chtít pochopit princip a podstatu pokusu, kterému nerozumí, a tím budou vlivem vnitřní motivace vedeni k uspokojení vlastní potřeby. Dostatečně efektní a zajímavé pokusy mají šanci podnítit zvědavost i u těch jedinců, kteří nejeví ani minimální zájem o předmět chemie. Neméně důležité je ale také to, aby pokusy nebyly jenom efektní, nýbrž aby byly také prakticky spjaté s problematikou učiva. Laboratorní práce pak mohou být velice praktickým prvkem ve výuce, který pomáhá rozvíjet další zájem o předmět a zároveň o získávání dalších informací (Vít, 2014).

Úspěšné a dobré zvládnutí pokusu tak pomáhá motivovat k vyvinutí většího úsilí a zvyšuje zájem o předmět skrze naplnění potřeby uznání a ocenění. Prostřednictvím pokusů je proto možné zaktivizovat i doposud pasivní žáky (Mokrejšová, 2009).

2.4.2. Lepší osvojení učiva

Využitím laboratorních prací ve výuce chemie vytváříme podporu a hlubší osvojení teoretických poznatků, které žáci přejímají během hodin chemie. Vizualní vjemy jsou totiž pro žáky do 15 let věku efektivnější než prostý výklad. V průměru jsou si žáci schopni zapamatovat asi:

- 10 % z přečteného textu
- 20 % z výkladu, který poslouchají
- 30 % z obrazového materiálu
- 70 % z výkladu spojeného s demonstrací
- 80 % z výkladu spojeného s demonstrací a rozpravou
- 90 % z vlastní aktivní a cílevědomé činnosti

Pro vyšší efektivitu výuky je tak kromě pokusů samotných možné například nechat mezi žáky kolovat řádně zabezpečenou látku, kterou se právě zabývají ve výuce. Dále je také užitečnou metodou propojení pokusů a teorie s věcmi žákům běžně známými z reálného života, či vytvářet mezioborové vztahy (Mokrejšová, 2009).

Žáci si prováděním pokusů shrnují a upevňují již absolvovanou teoretickou část předmětu a zároveň si při jejich realizaci ověřují jak již nabyté, tak nové poznatky (Budiš, 1980).

Pokud jsou pokusy v souladu s již nabytými znalostmi nebo s právě probíraným tématem ve výuce, pak si žáci experimentální činností osvojují kognitivní dovednosti a v určité míře i samostatnost. Je důležité žáky nejprve s postupem a principem seznámit. Jestliže by tento krok učitel opomenul, osvojovací proces by ztratil plnou efektivitu, či ji pozbyl úplně (Trnová, 2012).

Pokud samotní žáci provádějí pokusy, jedná se o učení kognitivní. Žáci si osvojují obecné principy laboratorní práce a právě jejich prováděním snadněji porozumí teorii a její další aplikaci v oboru. Naopak, pokud provádí demonstrativní pokus učitel, jde o observační učení (učení nápodobou), a to z toho důvodu, že žáci samotní pokus neprovádí, ale nachází se v pozici pozorovatele a mohou se poučit z úkonů prováděných vyučujícím (Neisser, 1976).

2.5. Nevýhody pokusů

V následujících dvou kapitolách jsou rozebrány nevýhody žákovských školních pokusů, které ale jistě nepřeváží pozitivní vliv těchto činností.

2.5.1. Nebezpečí úrazu či nehody

Bezpečnost práce je jednou z nevýhod žákovských školních pokusů. Při vykonávání laboratorních prací může dojít k úrazu nebo zranění žáků. I přes to jsou ale pokusy velice důležitým prvkem předmětu chemie, který by neměl být z výuky vypuštěn. Možnému poranění a úrazu žáků je však možno předejít dodržováním bezpečnosti práce ve školní laboratoři a laboratorního řádu, se kterým musí být všichni žáci seznámeni ještě před začátkem prací. Před každou prací je pak ještě nutné žáky blíže seznámit s chemikáliemi a pomůckami, se kterými budou danou hodinu pracovat, a informovat je o možných rizicích. Je nutností, aby každý žák po seznámení se s laboratorním řádem tuto skutečnost potvrdil svým podpisem; pro učitele je pak povinností tyto archy s podpisy uchovat až do konce probíhajícího školního roku. O bezpečnosti práce ve školní laboratoři pojednává norma ČSN 01 8003. Předem připravený bezpečnostní řád je nutné dodržovat například i ve specializovaných učebnách, které nejsou přímo označeny jako školní laboratoř.

Za základní pravidla chemické laboratoře můžeme označit tyto (Mokrejšová, 2005):

- v laboratoři nejíst, nepít, nekouřit
- laboratorní nádobí neužívat jako pomůcky při jídle a pití
- dlouhé vlasy svazovat

- nenosit do laboratoře ozdoby s dlouhými přívěsky
- používat ochranné pomůcky, jako plášť, ochranný štít, ochranné brýle, rukavice
- používat pracovní obuv
- informovat žáky o umístění a obsahu lékárničky
- dodržovat pokyny učitele a předepsaný pracovní postup
- uklidit své stanoviště po dokončení pokusu
- seznámit žáky s důležitými telefonními čísly:
 - 112 tísňové volání
 - 150 hasiči
 - 155 záchranná služba
 - 158 policie ČR
- nepoužívat neoznačené chemikálie a přístroje
- pokud je k pokusu požadováno sestavení aparatury, je třeba, aby byla zkontrolována učitelem, než žáci provedou samotný pokus
- neopouštět své pracovní místo bez důvodu nebo před dokončením pokusu
- likvidovat odpad dle pokynů učitele
- každé poranění okamžitě ohlásit učiteli

2.5.2. Legislativa

V současné době je problémem výklad a pochopení zákonů a norem týkajících se provozu školní laboratoře, což často vede k omezení žákovských pokusů, či k jejich úplnému vypuštění z výuky, i když by měly být její nedílnou součástí. Normy určující povolené složení chemických sad (hraček) pro mladistvé by pak měly být odrazovým můstkem pro učitele, kteří by na jejich základě mohli vyvodit, s jakými chemikáliemi je možné při hodinách chemie zacházet i v rámci základních škol a nižších ročníků gymnázií. Žádoucí by tedy byla taková úprava norem, aby byl dán jednoznačný seznam samotných chemikálií tak, jak existuje pro žáky od 15 do 18 let.

2.5.2.1. Výklad zákona a norem

Hlavním omezením pro laboratorní práce žáků mladších 15 let jsou české státní normy:

- ČSN EN 71-4 Bezpečnost hraček – Část 4: Soupravy pro chemické pokusy a podobné činnosti
- ČSN EN 71-5 Bezpečnosti hraček – Část 5: Chemické hračky (soupravy) jiné než soupravy pro pokusy
- ČSN 01 8003 Zásady pro bezpečnou práci v chemických laboratořích

Norma ČSN EN 71-4 udává maximální bezpečné koncentrace a množství látek používané v chemických soupravách. Z tohoto bodu je pak možné vycházet a brát níže přiloženou tabulku jako výchozí pro přehled o chemikáliích, které je možné při výuce použít, a o jejich maximálním poskytnutelném množství a maximálních koncentracích. Při žákovské práci je samozřejmě nutné dodržovat zásady bezpečné práce v chemické laboratoři specifikované normou ČSN 01 8003. Během veškerých laboratorních úkonů je třeba poskytovat „přímý soustavný dohled odpovědné osoby“, což je osoba starší 18 let určená ředitelem školy k zajištění bezpečného provozu školní laboratoře v souladu s platným provozním řádem laboratoře (Holzhauser a Matuška, 2019).

Pokud tedy existuje seznam povolených chemických látek v chemických soupravách (hračkách) pro mladistvé, pak tedy na základě výkladu MŠMT a odborníků je dovoleno se stejnými látkami pracovat, i když nejsou součástí chemické soupravy.

Tabulka chemikálií, se kterými mohou žáci zacházet v udaném množství a maximální koncentraci, je uvedena v přílohách.

3 POKUSY

V následující kapitole je rozpracováno dvacet školních pokusů. Jednotlivé pokusy jsou v e-publikaci doprovázeny foto- a videodokumentací. Každý z průvodních listů pokusů obsahuje tyto části:

- pomůcky
- chemikálie
- (poznámka)
- princip
- postup
- úkoly
- odpovědi k úkolům

3.1. PRONIKÁNÍ ČÁSTIC MANGANISTANU DO VODY

Pomůcky:

2 kádinky, filtrační papír, lžička

Chemikálie:

voda, manganistan draselný (KMnO₄)

Princip:

Manganistan draselný se na mokrém filtračním papíře rozpouští, prochází papírem a obarvuje vodu do fialova. Dochází k rozptylování částic manganistanu ve vodě a tomuto jevu říkáme obecně difúze. Difúzi můžeme urychlit v teplé vodě, protože molekuly vody se při zvyšující teplotě pohybují rychleji.

Postup:

1. Jednu kádinku naplňte studenou vodou, druhou kádinku vodou teplou.
2. Na obě kádinky položte čtvereček filtračního papíru tak, aby se dotýkal hladiny.
3. Nasypete na filtrační papír malé množství manganistanu draselného.
4. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Co je to difúze?
- b) Znáte z běžného života nějaký příklad difúze?

Odpovědi k úkolům:

- a) Samovolný přechod látek do prostředí s nižší koncentrací.
- b) Například louhování čaje v horké vodě.

Převzato:

TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

3.2. SLONÍ ZUBNÍ PASTA

Pomůcky:

odměrný válec (250 ml, 100 ml, 50 ml), plastový podložní táč

Chemikálie:

jodid draselný (KI – nasycený roztok), peroxid vodíku (H_2O_2 , 30% roztok)

Princip:

Jodid draselný je látka, která urychluje rozklad peroxidu vodíku na vodu a kyslík. Uvolněný kyslík napění saponát a vytvoří ve válci pěnu. Pěna je zbarvena do hněda, protože při rozkladu jodidu draselného vzniká hnědý jod. Uvolněný kyslík z peroxidu vodíku lze dokázat, pokud k ústí odměrného válce přiblížíme hořící špejli, která okamžitě vzplane.

Postup:

1. Nalijte do odměrného válce (250 ml) 80 ml peroxidu vodíku a přidejte 40 ml saponátu.
2. Směs promíchejte a umístěte na podložní táč.
3. V odměrném válci (100 ml) odměřte 20 ml roztoku jodidu draselného.
4. Přidejte jodid draselný do odměrného válce (250 ml).
5. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Doplněte schéma reakce: $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \dots$
- b) Co je to katalyzátor?
- c) Která látka v našem pokusu funguje jako katalyzátor?

Odpovědi k úkolům:

- a) $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- b) Látka, která urychluje průběh reakce, ale sama z ní vychází beze změny.
- c) Jodid draselný (KI). Ten se při reakci s peroxidem vodíku oxiduje na jod, který se následně opět redukuje na jodid.

Převzato:

TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

3.3. ŠTĚKNUTÍ VODÍKU

Pomůcky:

Erlenmeyerova baňka, skleněná trubička s těsněním, zkumavka, kádinka, špejle, zápalky

Chemikálie:

granulovaný zinek (Zn), kyselina chlorovodíková (HCl – 30% roztok)

Princip:

Reakcí kyseliny chlorovodíkové a zinku vzniká bezbarvý plyn – vodík. Směs vodíku se vzduchem je výbušná. V našem experimentu vzniká pouze malé množství vodíku, a proto po přiložení hořící špejle ke zkumavce slyšíme pouze „štěknutí“.

Postup:

1. Do Erlenmeyerovy baňky odsypte malé množství granulovaného zinku.
2. Přilijte do baňky kyselinu chlorovodíkovou a baňku uzavřete skleněnou trubičkou s těsněním.
3. Jímejte do zkumavky otočené dnem vzhůru plyn uvolňující se z baňky.
4. Po najímání dostatečného množství plynu přiložte k hrdlu zkumavky hořící špejli.
5. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Doplněte schéma reakce: $\dots + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \dots$
- b) Proč je nutné jímat vodík do zkumavky otočené dnem vzhůru?
- c) Co dokazuje „štěknutí“ na konci pokusu?

Odpovědi k úkolům:

- a) $\text{Zn} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
- b) Vodík je plyn lehčí než vzduch.
- c) Že směs vznikajícího vodíku s kyslíkem je výbušná.

Převzato:

TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

3.4. ROZPUSTNOST JODU

Pomůcky:

3 zkumavky, 3 kádinky

Chemikálie:

destilovaná voda (H₂O), ethanol (C₂H₅OH), jodid draselný (KI - 10% roztok),
práškový jod

Princip:

Jod patří do skupiny prvků, které nazýváme halogeny. Halogeny jsou rozpustné v nepolárních rozpouštědlech, například v toluenu či benzínu. Voda je rozpouštědlem polárním, proto se jod v pokusu ve vodě nerozpouští. V jiných rozpouštědlech dojde k jeho úplnému, nebo částečnému rozpuštění.

Postup:

1. Do 3 zkumavek nasypete malé množství práškového jodu.
2. K jodu přidejte malé množství rozpouštědla – destilovaná voda (H₂O), ethanol (C₂H₅OH), jodid draselný (10% roztok).
3. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Jod se přirozeně vyskytuje ve sloučeninách; zjistěte, kde se většina těchto sloučenin vyskytuje.
- b) Jaký má jod význam v našem organismu?
- c) Jak se navenek projevuje nedostatek jodu?

Odpovědi k úkolům:

- a) Většina sloučenin jodu se vyskytuje rozpuštěna v mořské vodě.
- b) Jod je součástí hormonů štítné žlázy, které ovlivňují vývoj člověka. Jeho nedostatek se může negativně projevit na úrovni inteligence.
- c) Struma (lidově nazývaná „vole“).

Převzato:

TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

3.5. VYTĚŠŇOVÁNÍ MĚDI ŽELEZEM

Pomůcky:

kádinka, železný hřebík

Chemikálie:

síran měďnatý pentahydrát [modrá skalice ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)]

Princip:

Železo patří mezi tzv. neušlechtilé kovy, které jsou schopny z roztoku vytěsnit neboli vyloučit kovy ušlechtilé, jako je například měď. Po vložení železného hřebíku do modrého roztoku modré skalice neboli síranu měďnatého pentahydrátu se na hřebíku vytváří oranžová vrstva vytěsněné mědi a roztok postupně mění barvu na zelenou, protože železo z hřebíku vchází do roztoku a vzniká zelená skalice.

Postup:

1. Připravte v kádince 5% roztok modré skalice ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).
2. Do kádinky s připraveným roztokem vložte železný hřebík.
3. Pozorujte po dobu asi 15 minut.
4. Vyjměte hřebík z kádinky.

Úkoly:

- a) Co je to Beketovova řada napětí kovů?
- b) Z čeho se skládají slitiny mosaz a bronz?

Odpovědi k úkolům:

- a) Utríděná řada kovů dle jejich standardního elektronového potenciálu, na jehož základě lze odvodit například oxidačně-redukční vlastnosti kovů.
- b) Mosaz je slitinou mědi (Cu) a zinku (Zn). Bronz je pak slitinou mědi (Cu), cínu (Sn) a mosazi.

Převzato:

TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

3.6. DESTILACE

Pomůcky:

nastavitelný stojan, laboratorní stojan, 2x křížová svorka, klema, žíhací kruh, keramická síťka, plynový kahan, frakční baňka, teploměr, chladič, předloha, 2x gumová hadička, varné kamínky, zápalky

Chemikálie:

ovocný džus, voda (H₂O)

Princip:

Zahříváním ovocného džusu se odpařují jednotlivé složky obsažené v džusu. Složky se odpařují postupně s rostoucí teplotou bodu varu. Tyto složky ve formě par přecházejí do chladiče, ve kterém se přeměňují na kapalinu a odkapávají do předlohy.

Postup:

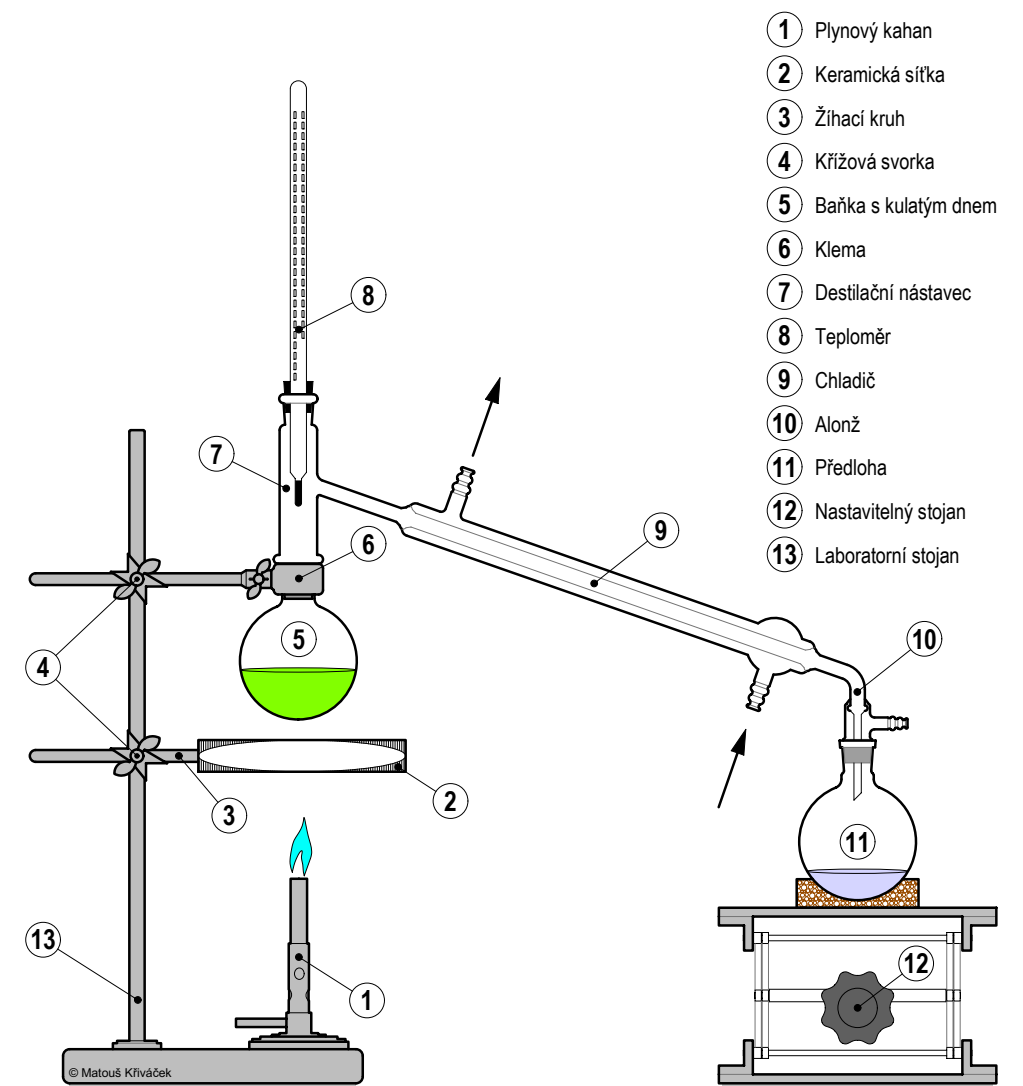
1. Sestavte destilační aparaturu dle nákresu (Obr. 1).
2. Frakční baňku naplňte zčásti ovocným džusem a přidejte do baňky i několik varných kamínků.
3. Pomocí plynového kahanu přes keramickou síťku zahřívejte frakční baňku s džusem.
4. Teplotu v baňce sledujte pomocí teploměru a udržujte ji okolo 100 °C.
5. Pokud bude teplota v baňce vyšší, odstavte plynový kahan.
6. Ve chvíli, kdy se z frakční baňce začne odpařovat voda, vpusťte studenou vodu do chladiče.
7. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Jaká kapalina odkapává do předlohy?
- b) Na čem je založena destilace?
- c) Uveďte jeden příklad destilace v chemickém průmyslu.

Odpovědi k úkolům:

- a) Předestilovaná voda.
- b) Jde o oddělování jednotlivých kapalných složek směsi na základě jejich rozdílné těkavosti.
- c) Například frakční destilace ropy při výrobě pohonných hmot.



Obr. 1: Aparatura pro jednoduchou destilaci.

Převzato:

VÍT, Martin. *Pokus jako významný motivační prvek ve výuce chemie*. Brno, 2014.

Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra chemie.

Vedoucí práce Mgr. Irena Plucková, Ph.D.

3.7. SMĚSI

Pomůcky:

7 kádinek

Chemikálie:

voda (H₂O), olej, ovocný sirup, jemný písek, cukr, sůl, mouka, saponát

Princip:

V přírodě je většina látek složena ze dvou či více chemických složek, které mají rozdílné vlastnosti. Mezi těmito složkami nedochází k chemickým reakcím a takové látky nazýváme směsi.

Postup:

1. Do každé kádinky dejte malé množství jedné z látek.
2. Do všech kádinek přidejte vodu (H₂O).
3. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Co jsou to směsi?
- b) Co jsou to heterogenní (různorodé) směsi a homogenní (stejnorodé) směsi?
- c) Jaké směsi vznikly v našem pokusu?
- d) Proč vytvořil olej skvrnu na vodní hladině?

Odpovědi k úkolům:

- a) Jedná se o látku složenou ze dvou a více chemických látek nazývaných složky. Při smíchání složek mezi nimi nedochází k chemickým reakcím.
- b) Heterogenní směs nemá jednotné složení v celém objemu a lze identifikovat jednotlivé látky okem, lupou či mikroskopem.
- c) Suspenze (pevná látka v kapalině): voda se solí, cukrem, moukou a jemným pískem. Emulze (směs kapalin): voda se sirupem a olej.
Pěna (plyn v kapalině): voda se saponátem.
- d) Olej má menší hustotu než voda, je tedy lehčí a pluje na vodní hladině.

Převzato:

TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

3.8. CHROMATOGRAFIE

Pomůcky:

kádinka, Petriho miska, odměrný válec, třecí miska s tloučkem, filtrační papír, nůžky, pinzeta, špejle, tužka, bílá křída

Chemikálie:

voda, ethanol (C_2H_5OH), bonbony/lentilky, zelené listy rostlin, křemenný písek

Princip:

Chromatografie je metoda, která se používá k rozdělení jednotlivých složek ve směsi. Složky mají odlišné vlastnosti, například velikost částic nebo náboj částic. Při chromatografii jsou složky směsi rozdělovány mezi dvě fáze, fázi pohyblivou a nepohyblivou. Fáze pohyblivá je například voda, ethanol a fáze nepohyblivá je například křída nebo filtrační papír. Pohyblivá fáze s sebou unáší složky ze směsi. Některé složky unášené pohyblivou fází se zachytávají na nepohyblivé fázi, a tak jsou unášeny pomaleji, čímž dochází k rozdělení složek směsi.

Postup:

I. Lentilková chromatografie

1. Do Petriho misky nalijte vodu a do ní umístěte bonbony/lentilky.
2. Nechte několik minut rozpustit barvu z bonbonů/lentilek; ty poté vyjměte pinzetou.
3. Do Petriho misky umístěte křidu a nechte ji zde po dobu asi 15 minut.
4. Po 15 minutách křidu vyjměte a osušte.
5. Pozorujte a vyhodnoťte pokus.

II. Chromatografie zeleného barviva listů rostlin

1. Zelené listy rostlin pomocí nůžek rozstříhejte na malé kousky.
2. Tyto kousky umístěte do třecí misky, přidejte malé množství křemenného písku a 15 ml ethanolu (C_2H_5OH), celou směs utřete.
3. Vzniklou směs přelijte do kádinky.
4. Z filtračního papíru vytvořte pruh asi 15 x 2 cm a jeden jeho konec namotejte na špejli.
5. Pruh filtračního papíru umístěte pomocí špejle do kádinky tak, aby se jen jeho konec dotýkal hladiny směsi v ní.
6. Nechte roztok vzlínat až k hornímu okraji papíru, poté jej vyjměte a nechte uschnout.
7. Pozorujte a vyhodnoťte pokus.

Úkoly:

- a) Co je to chromatograf a chromatogram?
- b) Co způsobuje rozdílnou rychlost pohybu částic?

Odpovědi k úkolům:

- a) Chromatograf je zařízení, s jehož pomocí se v laboratoři provádí chromatografie. Chromatogram je grafický výstup detektoru, který může být součástí chromatografu.
- b) Fyzikálně-chemické vlastnosti látek ve směsi jako je například polarita nebo velikost částic.

Převzato:

TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

3.9. TITRACE

Pomůcky:

chemický stojan, křížová svorka, 2x držák na zkumavky, odměrný válec (50 ml) nálevka, byreta, titrační baňka

Chemikálie:

0,1 mol/l roztok hydroxidu sodného (NaOH), 0,1 mol/l roztok kyseliny chlorovodíkové (HCl), fenolftalein

Poznámka:

Při žákovském pokusu je nutné zaměnit fenolftalein za jiný vhodný indikátor dle tabulky číslo jedna uvedené v přílohách bakalářské práce, například thymolová modř.

Princip:

Titrace je analytická metoda, kterou používáme ke stanovení koncentrace roztoků, u nichž známe objem. Při titraci používáme titrační baňku, ve které se nachází roztok o neznámé koncentraci a tzv. indikátor. Do titrační baňky opatrně přikapáváme z byrety titrační činidlo, což je roztok látky, která s roztokem v baňce reaguje. Přikapávání činidla do titrační baňky ukončíme v okamžiku, kdy se změní zbarvení indikátoru. Po této změně odměříme spotřebu titračního činidla v byretě a následně spočítáme koncentraci látky v titrační baňce.

Postup:

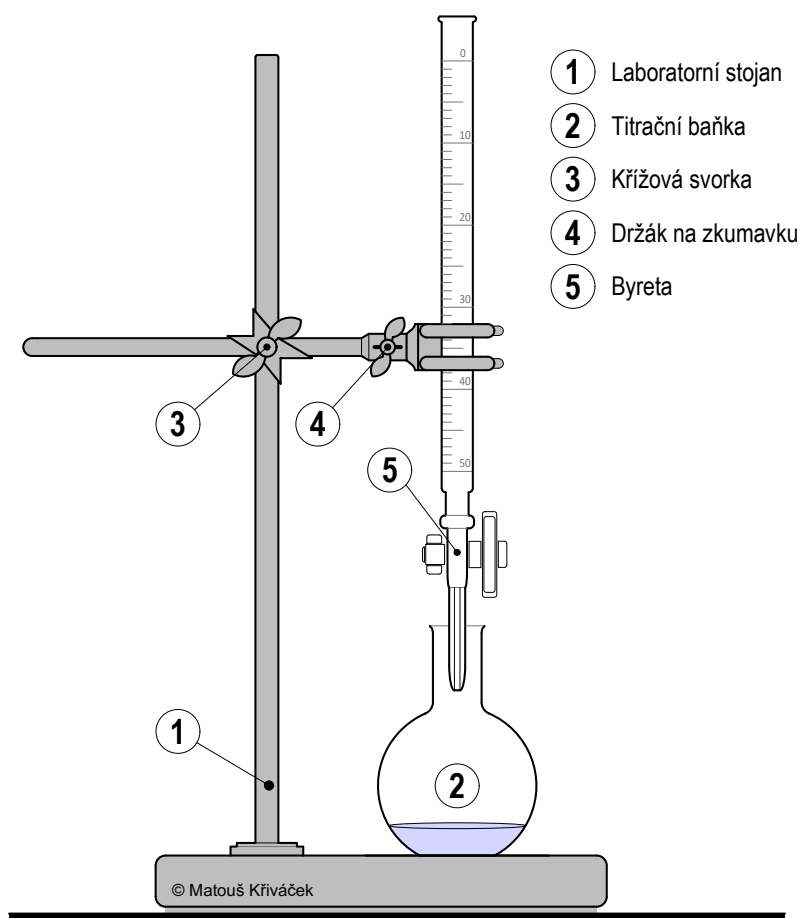
1. Připravte titrační aparaturu podle nákresu (Obr. 2).
2. Naplňte pomocí nálevky byretu roztokem hydroxidu sodného (NaOH).
3. Do titrační baňky nalijte 50 ml kyseliny chlorovodíkové (HCl) a přidejte několik kapek indikátoru fenolftaleinu.
4. Pomocí byrety po malých objemech přidávejte hydroxid do kyseliny až do prvního viditelného fialového zbarvení v roztoku v titrační baňce.
5. Zaznamenejte spotřebovaný objem roztoku hydroxidu sodného (NaOH).
6. Přidávejte další hydroxid sodný (NaOH) z byrety do roztoku.
7. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Co je to bod ekvivalence?
- b) K čemu slouží acidobazické indikátory?
- c) Podle druhu reakce určujeme 4 druhy titrace; zjistěte jejich názvy.
- d) Proč se provádí víc než jedna titrace?

Odpovědi k úkolům:

- a) Bod titrace, kdy se prudce změní hodnota pH titrovaného roztoku.
- b) Acidobazické indikátory slouží právě ke sledování bodu ekvivalence.
- c) Acidobazické, srážecí, redoxní, komplexotvorné.
- d) První titrace je orientační, udává nám první informace o potřebném množství titračního standardu. Další titrace slouží ke zvýšení přesnosti spotřebovaného množství, které se spočítá z jejich aritmetického průměru.



Obr. 2: Titrační aparatura.

Převzato:

VÍT, Martin. *Pokus jako významný motivační prvek ve výuce chemie*. Brno, 2014. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra chemie. Vedoucí práce Mgr. Irena Plucková, Ph.D.

3.10. FARAONOVI HADI

Pomůcky:

porcelánová miska s pískem, špejle, kádinka

Chemikálie:

hydrogenuhličitan sodný (NaHCO_3), ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), sacharóza nebo cukr
krupice

Princip:

Po zapálení směsi hydrogenuhličitanu sodného, ethanolu a cukru, ethanol v misce hoří. Uvolňuje se přitom teplo, které rozkládá hydrogenuhličitan sodný na uhličitan sodný a na plynný oxid uhličitý. Uvolněné teplo také karamelizuje cukr. Vzniklý karamel se působením plynného oxidu uhličitého zvětšuje a na chladném vzduchu ihned tuhne.

Postup:

1. Do písku v porcelánové misce vytvořte důlek.
2. V kádince smíchejte hydrogenuhličitan sodný (NaHCO_3) a sacharózu/cukr v poměru 10:1 a malé množství této směsi nasypete do důlku v písku.
3. Ovlhčete písek okolo důlku 15 ml ethanolu ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).
4. Pomocí špejle zapalte směs v písku.
5. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Co je to karamelizace?
- b) Cukry jsou organické sloučeniny; najděte alespoň 2 zástupce této skupiny.
- c) Jaký je triviální název pro ethanol?

Odpovědi k úkolům:

- a) Karamelizace je štěpení a oxidace cukru, probíhající při ohřívání cukru na vyšší teplotu než $110\text{ }^\circ\text{C}$.
- b) Fruktóza, galaktóza, glukóza, maltóza, sacharóza.
- c) Triviální název pro ethanol je líh.

Převzato:

ŠULCOVÁ, Renata a Hana BÖHMOVÁ. *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. 2007. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. ISBN 978-80-86561-81-3.

3.11. INDIKÁTOR Z ČERVENÉHO ZELÍ

Pomůcky:

sada zkumavek, kapátko, indikátorové papírky

Chemikálie:

5% roztok kyseliny sírové (H_2SO_4), 5% roztok hydroxidu sodného (NaOH), vývar z červeného zelí

Poznámka k bezpečnosti:

Žákovskou variantu pokusu je nutno provádět s roztokem kyseliny chlorovodíkové (HCl) namísto kyseliny sírové (H_2SO_4), popřípadě s předpřipravenými roztoky kyseliny chlorovodíkové (HCl) a hydroxidu sodného (NaOH) o různých koncentracích.

Princip:

Organické látky anthokyany, které jsou obsaženy například v červeném zelí, obsahují ve svých molekulách dvojně vazby. Kyselé nebo zásadité prostředí ovlivňuje uspořádání dvojných vazeb v anthokyanech, a tímto mění i zbarvení anthokyanů. Barevné změny lze pozorovat u „zelného indikátoru“ ve zkumavkách, indikátor ve zkumavce se zbarvuje podle pH.

Postup:

1. Připravte doma vývar z červeného zelí.
2. Do zkumavek nalijte 5% roztok kyseliny sírové (H_2SO_4) a přidejte malé množství připraveného vývaru z červeného zelí.
3. Do druhé zkumavky přidejte kapátkem několik kapek 5% roztoku hydroxidu sodného (NaOH), do další zkumavky přidejte větší množství atd.
4. Pomocí indikátorových papírků zjistěte pH v jednotlivých zkumavkách.
5. Porovnejte zbarvení způsobené indikátorem z červeného zelí a indikátorové papírky.
6. Ve zbylém vývaru můžete máčet proužky filtračního papírku, které po vysušení mohou být vyzkoušeny na zjištění přibližného pH roztoků v domácnosti.

Úkoly:

- a) Co jsou to kyseliny a zásady?
- b) Jaké je kyselé, neutrální a zásadité pH?
- c) Co je to neutralizace a jaké jsou její produkty?

Odpovědi k úkolům:

- a) Dle Arrheniovy teorie kyselin a zásad je kyselinou látka schopná ve vodném prostředí odštěpovat H^{+1} iont a zásadou látka schopná ve vodném prostředí odštěpovat OH^{-1} iont. Další teorie kyselin a zásad je teorie Brønstedtova, kde je kyselina ve vodném prostředí schopna odštěpovat H^{+1} iont, naopak zásada je schopna tento H^{+1} iont vázat.
- b) Kyselé pH je menší než 7, neutrální pH je 7 a zásadité pH je vyšší než 7.
- c) Jedná se o reakci kyseliny se zásadou, produktem neutralizace je vznik soli příslušné kyseliny a voda.

Převzato:

ŠULCOVÁ, Renata a Hana BÖHMOVÁ. *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. 2007. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta: P.S. LEADER. ISBN 978-80-86561-81-3.

3.12. SUBLIMACE KOFEINU

Pomůcky:

sada Petriho misek, třecí miska s tloučkem, elektrický vaříč, vata, mikroskop

Chemikálie:

led, kávová zrna nebo suché listy černého/zeleného čaje

Princip:

Kávová zrna obsahují mimo jiné i látku, kterou nazýváme kofein. Zahříváním drcených kávových zrn kofein sublimuje neboli přechází z pevného skupenství do skupenství plynného, aniž by prošel přes skupenství kapalně. Plyn je zastaven vrchním kusem skla, které má nižší teplotu, a tak se na studeném skle páry kofeinu vysráží na drobné krystaly. Krystalky kofeinu je pak možné sledovat mikroskopem.

Postup:

1. Na Petriho misku nasypete malé množství čajových lístků.
2. Spodní Petriho misku přikryjte druhou a umístěte na ni tenkou vrstvu vaty, na kterou položíte led.
3. Umístěte misky na elektrický vaříč a mírně zahřívejte.
4. Po ca 60 minutách vysublimují na horní Petriho misku krystaly kofeinu z čajových listů.
5. Vysublimované krystaly pozorujte pod mikroskopem.

Úkoly:

- a) Jaké vlastnosti má kofein?
- b) Vyskytuje se kofein v přírodě?
- c) V jakých výrobcích můžeme kofein nalézt?
- d) Může být kofein návykový?

Odpovědi k úkolům:

- a) Kofein stimuluje srdeční činnost a centrální nervovou soustavu.
- b) Ano – kofein je alkaloid, vyskytující se v kávových bobech, ořeších koly, listech čajovníku a guarany.
- c) Například v kávě, čaji, energetických nápojích.
- d) Ano.

Převzato:

ŠULCOVÁ, Renata a Hana BÖHMOVÁ. *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. 2007. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, ISBN 978-80-86561-81-3.

3.13. MODRÁ BAŇKA

Pomůcky:

baňka s kulatým dnem, zátka, váhy, odměrný válec

Chemikálie:

hydroxid sodný (NaOH), glukóza, voda, indikátor methylenová modř

Princip:

Methylenová modř je redoxní indikátor, který je v oxidované formě modrý a v redukované bezbarvý. Tím, že roztok v baňce protřepeme, se indikátor oxiduje přítomným kyslíkem nad hladinou roztoku a zbarví se do modra. Indikátor se však časem zredukuje a tím opět odbarví. Redukce je způsobena glukózou, která je přítomna v roztoku. Barevný přechod lze provést opakovaně, protože kyslík spotřebovaný při oxidaci se po redukci znovu uvolní do baňky.

Postup:

1. Navažte 5 g hydroxidu sodného (NaOH) a 5 g glukózy.
2. Hydroxid sodný (NaOH) rozpustěte v 500 ml vody (H₂O).
3. Do roztoku hydroxidu sodného přidejte glukózu a několik kapek indikátoru methylenové modři.
4. Roztok v kulaté baňce zavřete zátkou, důkladně promíchejte a ponechte v klidu.
5. Poté, co se roztok odbarví, jej opět protřepejte a znovu ponechte v klidu.
6. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Kde se v přírodě vyskytuje glukóza?
- b) Co je to oxidace a redukce?
- c) Co je oxidační a redukční činidlo?

Odpovědi k úkolům:

- a) V rostlinách jako produkt fotosyntézy a jako součást glukánů.
- b) Oxidace je uvolňování elektronů a zvyšování oxidačního čísla.
Redukce je pak příjem elektronů a snižování oxidačního čísla.
- c) Oxidační činidlo je látka, která během reakce vyvolává oxidaci a sama je redukována.
Redukční činidlo je látka, která během reakce vyvolává redukci a sama je oxidována.

Převzato:

ŠULCOVÁ, Renata a Hana BÖHMOVÁ. *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. 2007. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, ISBN 978-80-86561-81-3.

3.14. AMONIAKOVÁ FONTÁNA

Pomůcky:

baňka s kulatým dnem (500 ml), zátka s trubicí, sirky, plynový kahan, indikátorové papírky, pipeta, skleněná vana

Chemikálie:

koncentrovaný roztok amoniaku (NH_3), fenolftalein

Poznámka:

Jedná se čistě o demonstrační pokus.

Princip:

Plynný amoniak je velmi dobře rozpustný ve vodě. Tím, že se ve vodě rozpustí, vznikne v baňce podtlak, který způsobí nasávání vody z vany trubicí do baňky. Díky fialovému zbarvení indikátoru fenolftaleinu ve vodě je možné prokázat, že amoniak vytvořil v baňce zásadité prostředí.

Postup:

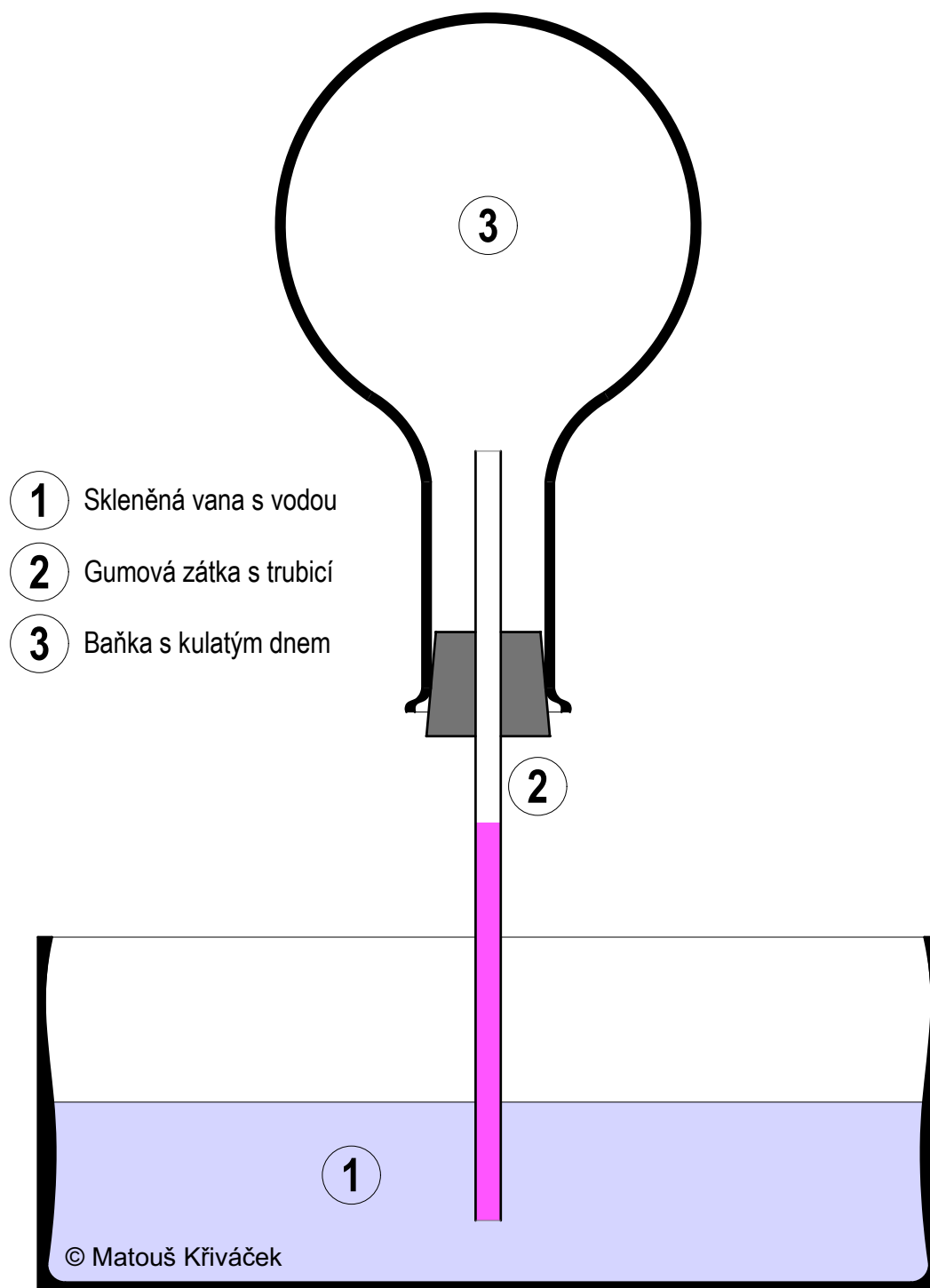
1. Do skleněné vany nalijte vodu a přidejte několik kapek fenolftaleinu.
2. Do baňky s kulatým dnem odpipetujte 2 ml koncentrovaného roztoku amoniaku (NH_3).
3. Baňku s roztokem ohřívejte nad kahanem, dokud se nenaplní plynným amoniakem.
4. Přítomnost amoniaku můžete dokázat přiložením ovlhčeného indikátorového papírku k hrdlu baňky.
5. Uzavřete baňku zátkou s trubicí.
6. Ponořte trubicí do skleněné vany s vodou a indikátorem (Obr. 3).
7. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Proč se indikátor zbarvil po nasátí do baňky?
- b) Jak se nazývá roztok amoniaku ve vodě?
- c) Jaké je využití amoniaku?

Odpovědi k úkolům:

- a) Roztok amoniaku ve vodě je zásaditý, což způsobuje zbarvení indikátoru.
- b) Vodný roztok amoniaku se nazývá čpavek.
- c) Asi 80 % vyprodukovaného amoniaku se používá v různých formách v zemědělství jako hnojivo.



Obr. 3: Amoniaková fontána.

Převzato:

Studium chemie: Portál PřF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/amoniakova-fontana/>

3.15. ELEKTROLÝZA

Pomůcky:

kádinka, skleněná nádobka, lžička, grafitové elektrody, baterie 4,5 V, 2 vodiče

Chemikálie:

voda, chlorid sodný (NaCl)

Princip:

Elektrolýza je jev, při kterém dochází průchodem stejnosměrného elektrického proudu roztokem k chemickým reakcím v blízkosti elektrod. Přítomné ionty v roztoku putují k jednotlivým elektrodám, kationty ke kladné a anionty k záporné elektrodě. V roztoku chloridu sodného putují sodné (Na^+) a vodíkové (H^+) kationty k záporně nabitě katodě a chloridové (Cl^-) a hydroxidové (OH^-) anionty ke kladné anodě. Vodíkové kationty se na katodě redukují na viditelné bublinky vodíku a chloridové anionty se oxidují na bublinky chloru.

Postup:

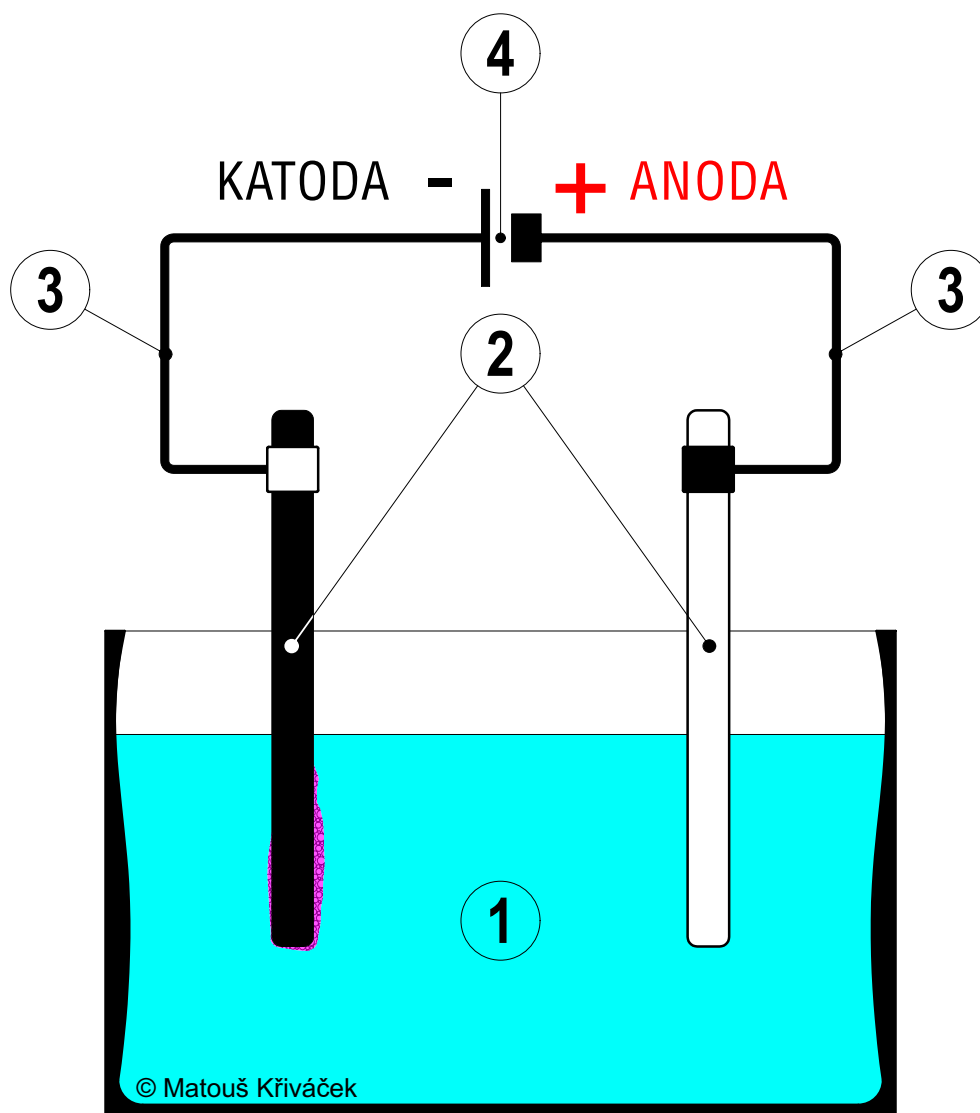
1. Do 50 ml vody přidejte 1 lžičku chloridu sodného a vytvořte roztok.
2. Propojte vodiče a grafitové elektrody.
3. Umístěte elektrody do roztoku.
4. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Co dokazuje vznik plynů při této elektrolýze?
- b) Jaký náboj je na anodě a jaký náboj je na katodě?
- c) Doplňte děje na elektrodách:
 - a. Katoda: $\text{Na}^+ + \dots \rightarrow \dots$
 - b. Anoda: $\text{Cl}^- - \dots \rightarrow \dots$

Odpovědi k úkolům:

- a) Bublinky vznikající na anodě dokazují vznik plynu v roztoku.
- b) Anoda je kladně nabitá, proto přitahuje záporně nabité ionty.
Katoda je záporně nabitá, proto přitahuje kladně nabité ionty.
- c) Doplňte děje na elektrodách:
 - a. Katoda: $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}^0$
 - b. Anoda: $\text{Cl}^- - \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^0$



- | | | | |
|---|------------|---|--------------------------|
| ① | Elektrolit | ③ | Vodiče |
| ② | Elektrody | ④ | Zdroj elektrické energie |

Obr. 4: Elektrolýza roztoku chloridu sodného.

Převzato:

TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání. Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

3.16. HASÍCÍ PŘÍSTROJ

Pomůcky:

odsávací baňka (250 ml), gumová zátka, lžička, zkumavka

Chemikálie:

saponát, hydrogenuhličitan sodný (NaHCO_3), koncentrovaná kyselina chlorovodíková (HCl)

Poznámka:

Žákovský pokus je nutné provést za použití octu namísto kyseliny chlorovodíkové (HCl).

Princip:

Při smíchání kyseliny chlorovodíkové s hydrogenuhličitanem sodným dochází k bouřlivé reakci, při které vzniká chlorid sodný, voda a plynný oxid uhličitý. Vzniklý oxid uhličitý pak napění přítomný saponát v baňce a vytváří hasící pěnu.

Postup:

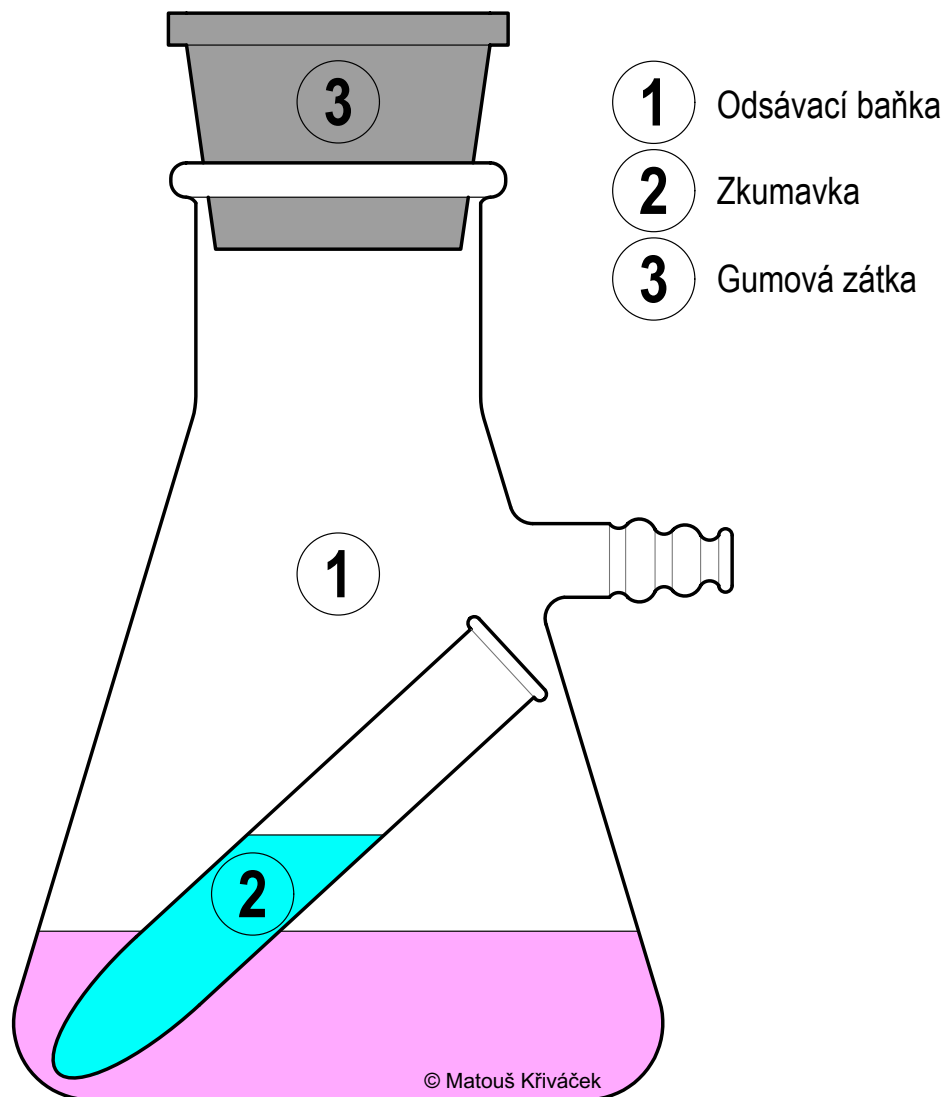
1. Odsávací baňku naplňte asi z jedné třetiny vodovodní vodou.
2. Do baňky přidávejte hydrogenuhličitan sodný (NaHCO_3), dokud nevznikne nasycený roztok.
3. Přidejte do roztoku malé množství saponátu.
4. Naplňte zkumavku koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou (HCl).
5. Zkumavku vložte opatrně do baňky tak, aby její ústí bylo nad hladinou hydrogenuhličitanu sodného v baňce.
6. Uzavřete baňku gumovou zátkou (Obr. 5).
7. Překlopte baňku dnem vzhůru a boční vývod baňky namířte do umyvadla.
8. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Doplněte rovnici: $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \dots + \dots$
- b) O jaký typ reakce se jedná?
- c) Jak fungují pěnové hasicí přístroje?

Odpovědi k úkolům:

- a) $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- b) Jedná se o neutralizaci. Reaguje kyselina (HCl) a báze (NaHCO_3).
- c) Vytvořená pěna slouží k izolování hořící látky od vzdušného kyslíku, čímž plamen udusí.



Obr. 5: Schéma pokusu.

Převzato:

Studium chemie: Portál PřF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/hasici-pristroj-reakce-hcl-s-jedlou-sodou/>

3.17. PLASTICKÁ SÍRA

Pomůcky:

držák na zkumavky, zkumavka, plynový kahan, sirky, skleněná vana

Chemikálie:

prášková síra (S)

Princip:

Síra je nekovový prvek, který existuje v několika formách. Stálá forma kosočtverečná přechází zahřátím na teplotu kolem 95 °C na formu jednoklonnou a dalším zahříváním síra zkapalňuje. Nalítím roztavené síry do vody získáme další formu síry, tzv. plastickou síru, která se dá tvarovat, ale její měkkost je pouze přechodná. Po určité době vzniká z plastické síry opět pevnější forma kosočtverečné síry.

Postup:

1. Do zkumavky nasypete práškovou síru do výšky asi 6 cm.
2. Vložte zkumavku do držáku a žihejte nad plamenem plynového kahanu.
3. Roztavte práškovou síru (S) ve zkumavce.
4. Roztavenou síru nalijte do skleněné vany se studenou vodou.
5. Vyberte síru z vany – můžete pozorovat plasticitu.

Úkoly:

- a) Proč se spolu se sírou neroztaví i skleněná zkumavka?
- b) Co jsou to alotropické modifikace?
- c) Co je to sirný květ?

Odpovědi k úkolům:

- a) Teplota tání síry je 114 °C a v našem pokusu je třeba dosáhnout teploty okolo 400 °C, zatímco teplota tavení skla je 1450 – 2000 °C.
- b) Jedná se o odlišné strukturní formy s odlišným typem krystalové soustavy, fyzikálními a chemickými vlastnostmi.
- c) Sirný květ jsou ochlazené páry síry.

Převzato:

Studium chemie: Portál PřF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/plasticka-sira/>

3.18. PROPAN-BUTAN

Pomůcky:

chemický stojan, křížové svorky, klemy, alobal, svíčka, kádinka, sirky

Chemikálie:

náplň do plynového zapalovače (směs propan-butan)

Poznámky:

Jedná se čistě o demonstrační pokus.

Princip:

Směs plyných uhlovodíků, propan-butanu, hoří i na vodní hladině. Tato směs plynů se nerozpouští ve vodě a vznáší se nad vodní hladinou. Jak již bylo uvedeno, směs propan-butanu je plyn, který je těžší než vzduch. Proto je možné tuto těžkou směs „přelít“ do alobalového žlabu, kterým stéká do nižší polohy, kde vzplane od zapálené svíčky.

Postup:

- I. Propan-butan na hladině
 1. Kádinku naplňte asi do poloviny vodovodní vodou.
 2. Do kádinky nastříkejte malé množství propan-butanu.
 3. Přiložte hořící špejli.
- II. Propan-butanová skluzavka
 1. Z alobalu vyrobte žlábek o délce asi 50 cm.
 2. Žlábek upevněte pomocí klemy k chemickému stojanu.
 3. Přiložte zapálenou svíčku ke spodní části žlábků tak, aby končil těsně nad plamenem svíčky (Obr. 6).
 4. Do kádinky nastříkejte malé množství propan-butanu.
 5. Přelijte směs do větší kádinky.
 6. Vylijte pomalu obsah větší kádinky do žlabu.
 7. Pozorujte vzplanutí.

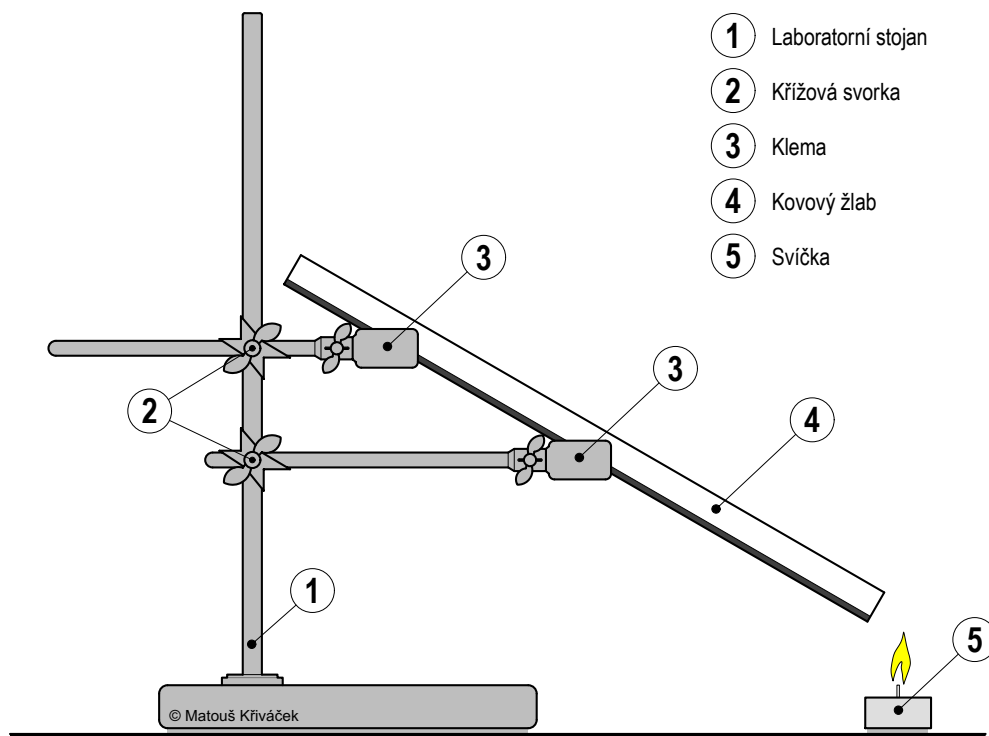
Úkoly:

- a) Co jsou to uhlovodíky?
- b) Jaké vzorce používáme v organické chemii?
- c) Co je to homologická řada?

Odpovědi k úkolům:

- a) Jedná se o organické sloučeniny, které se skládají pouze z atomů uhlíku a vodíku.
- b) Sumární, strukturní, skeletové, perspektivní.

- c) Řada organických sloučenin, kde se od sebe členy liší o jeden homologický přírůstek od předchozího členu.



Obr. 6: Schéma pokusu.

Převzato:

Studium chemie: Portál PřF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/pokus-s-propan-butanem/>

3.19. ROZPOUŠTĚNÍ POLYSTYRENU V ACETONU

Pomůcky:

Petriho miska, polystyren, gumové rukavice

Chemikálie:

aceton (CH_3COCH_3)

Poznámky:

Jedná se čistě o demonstrační pokus.

Princip:

Pěnový polystyren je plast, který obsahuje 95 % uzavřeného vzduchu. Plast polystyren je rozpustný v organických rozpouštědlech, jako například v acetonu. Rozpouštěním polystyrenu v acetonu dochází k uvolnění zadržovaného vzduchu a tím se tento plast rozpustí i v malém množství rozpouštědla.

Postup:

1. Do Petriho misky nalijte malé množství acetonu.
2. Vložte doprostřed misky hranol polystyrenu.
3. Rukou v rukavici lehce tlačte na polystyrenový hranol, dokud se celý nerozpustí.

Úkoly:

- a) Co je to polymer?
- b) Co jsou to plasty?
- c) Jaký je rozdíl mezi termoplasty a reaktoplasty?

Odpovědi k úkolům:

- a) Jedná se o makromolekulu složenou z řetězce vzájemně si podobných a propojených molekul.
- b) Plasty jsou polosyntetické a syntetické organické sloučeniny a polymery.
- c) Termoplasty lze od určité teploty znovu tvarovat, zatímco reaktoplasty po vytvrzení a následném zahřátí nelze znovu tvarovat.

Převzato:

Studium chemie: Portál PřF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ [online]. [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/rozpousteni-polystyrenu-v-acetonu/>

3.20. SMUTNÝ KONEC GUMOVÉHO MEDVÍDKA

Pomůcky:

držák na zkumavky, laboratorní stojan, zkumavka, plynový kahan

Chemikálie:

gumový medvídek, chlorečnan draselný (KClO_3)

Poznámky:

Jedná se čistě o demonstrační pokus.

Princip:

Chlorečnan draselný je oblíbené oxidační činidlo, které prudce reaguje s organickými látkami, jako jsou například cukry či bílkoviny. Vhozením gumového medvídka do zkumavky s roztaveným chlorečnanem draselným dojde k prudké oxidaci a hoření, protože gumoví medvídci jsou složeni ze sacharidů (cukrů) a želatiny (bílkoviny).

Postup:

1. Do zkumavky upevněné do držáku vsypte chlorečnan draselný (KClO_3) do výšky 2 – 3 cm.
2. Pomocí plynového kahanu roztavte chlorečnan draselný (KClO_3).
3. Do roztaveného chlorečnanu draselného (KClO_3) vhoďte kus gumového medvídka.
4. Pozorujte.

Úkoly:

- a) Mezi které organické látky se želatina řadí?
- b) Doplněte reakci: $2 \text{KClO}_3 \rightarrow 2 \text{KCl} + \dots$
- c) Doplněte reakci: $4 \text{KClO}_3 \rightarrow 3 \text{KClO}_4 + \dots$

Odpovědi k úkolům:

- a) Mezi bílkoviny.
- b) $2 \text{KClO}_3 \rightarrow 2 \text{KCl} + 3 \text{O}_2$
- c) $4 \text{KClO}_3 \rightarrow 3 \text{KClO}_4 + \text{KCl}$

Převzato:

ŠULCOVÁ, Renata a Hana BÖHMOVÁ. *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. 2007. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. ISBN 978-80-86561-81-3.

4. VYJÁDŘENÍ PEDAGOGŮ

4.1. Vyjádření pedagoga působícího na základní škole

Předložené a vybrané pokusy v bakalářské práci p. Křiváčka jsou využitelné při výuce chemie na základní škole, zejména oceňuji jejich obrazové zpracování formou komentovaných videoklipů.

Některé byly se souhlasem autora využity při distanční on-line výuce chemie v devátých ročnících na naší škole. A žáky byly pozitivně přijaty. Je skvělé, že pokus může být zastaven, vrácen zpět a opět komentován. Tedy velmi oceňuji jejich využitelnost pro praxi a didaktickou hodnotu.

PaedDr.Bc. Jaroslav Pangl

ZŠ Prachatice, Vodňanská 287

4.2. Vyjádření pedagoga působícího na gymnáziu

Předložená sbírka školních pokusů je velmi dobře zpracovaná a předkládá široké spektrum chemických pokusů. Experimenty jsou voleny tak, aby byly z hlediska realizace rychlé, a proto využitelné i jako demonstrační v teoretických hodinách. Zároveň pokrývají všechny důležité tematické okruhy učiva. Z hlediska laboratorních pomůcek a chemikálií jsou nenáročné a zvládnutelné v průměrně vybavené laboratoři. Oproti ostatním pracím podobného typu velmi oceňuji videa jednotlivých pokusů, což je ideální pro právě probíhající distanční výuku. Zároveň ale mohou sloužit i při prezenční výuce, ať už jako doplněk výuky nebo zadání domácího úkolu. Protokoly (pracovní listy) mají veškeré náležitosti a jsou doplněny úkoly ke zpracování. Laboratorní cvičení jsou pro chemii nejdůležitějším motivačním prvkem a navrhované pokusy jsou voleny tak, aby zaujaly svými efekty, ale zároveň si při nich žáci ověří podstatu chemických dějů, což je velkou přidanou hodnotou.

Pro učitele chemie je bakalářská práce cenným materiálem, který je pohotovým zdrojem a inspirací pro výuku.

Mgr. Ivana Lukášková

Gymnázium, Prachatice, Zlatá stezka 137

5. DISKUSE

Školní pokusy, ať již žákovské či demonstrační, jsou důležitou součástí výuky a nemělo by se od jejich využívání upouštět, jelikož žákovský pokus je v přírodovědném předmětu silným motivem, jak dokazuje ve své práci VÍT Martin (2014).

V současné době se od žákovských pokusů na řadě škol upouští, či probíhají v omezeném režimu, a to kvůli legislativě České republiky, která se zejména pro učitele ZŠ jeví poměrně svazující. Hlavním problémem je spíše chaotický výklad legislativy. Objasněním výkladu se zabývá jedna kapitola této práce, což je jedním z jejích přínosů.

Největším přínosem této bakalářské práce jsou však zpracované průvodní listy pro žáky, které lze využít jak při výuce, tak jako formu domácího úkolu. Sbírkou pokrývá probíraná témata hodin chemie a je doprovázen videodokumentací, která je využitelná jak během distanční výuky, tak i jako učební materiál při výuce prezenční. Pokusy byly voleny tak, aby byly snadno proveditelné a svým úspěšným splněním více vyhovovaly jako motivační prvek žáků. Videodokumentace je jistě více názorná než pouze doprovodné fotografie, využité v práci TYLLICHOVÉ Kateřiny (2018).

Bakalářská práce nabízí možnost navázání diplomové práce, kde by současná sbírka byla rozšířena o sofistikovanější a komplikovanější pokusy pro střední školy a gymnázia. Dále by pak z kombinace obou sbírek pokusů mohla být vytvořena online interaktivní databáze, přístupná učitelům ZŠ a SŠ.

6. ZÁVĚR

Cílem práce bylo zhodnotit výhody a nevýhody chemických pokusů v hodinách chemie. Z rešerší odborné literatury vyplývá, že využití pokusů ve výuce na žáky působí velmi pozitivně. Prostřednictvím pokusů lze žáky motivovat i zvýšit jejich zájem o předmět a zároveň praktickou formou prohloubit a upevnit jejich znalosti z teoretických hodin chemie.

Hlavní složkou práce bylo vypracování průvodních listů k laboratorním pokusům a jejich foto- a videodokumentace. Zejména doprovodná videodokumentace je největším přínosem této bakalářské práce. Tyto průvodní listy byly následně převedeny do formy e-publikace a předány do dvou reálných škol (Základní škola Prachatice, Vodňanská 287 a Gymnázium, Prachatice, Zlatá stezka 137). Na těchto školách byly diskutovány s učiteli chemie s dlouholetou praxí, jejichž vyjádření práce obsahuje.

7. ZDROJE

- Budiš, Josef., kol. *Technika a didaktika školních chemických pokusů*. Brno: Univerzita J. E. Purkyně, 1981.
- ČTRNÁCTOVÁ, Hana a Jiří BANÝR. *Historie a současnost výuky chemie u nás*. Chemické listy. 1997, 9(1), 59 - 65.
- HOLZHAUSER, Petr a Radek MATUŠKA. *Použití chemických látek při výuce a v rámci volnočasových aktivit žáků mladších 15 let*. Chemické listy. 2019, 113(4), 233 - 239.
- KOLOROS, Petr. *Školní pokus ve výuce chemie - minulost a současnost*. Praha, 2011. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta přírodovědecká. Vedoucí práce Prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc.
- KUČERA, Dalibor. *Moderní psychologie: hlavní obory a témata současné psychologické vědy*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4621-0.
- LINHART, Josef. *Proces a struktura lidského učení*. Praha: Academia, 1972. ISBN 509-21-872.
- 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 80-725-4726-7.
- MULLIS, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. *TIMSS 2015 International Results in Science*. Boston: Boston university, 2016. ISBN 978-1-889938-29-5.
- NEISSER, Ulric. *Cognition and Reality*. San Francisco: Freeman, 1976. ISBN 0-7167-0477-3.
- OECD PISA. *2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA*. Paris: OECD Publishing, 2019. [Dostupné z: <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>].
- PAPÁČEK Miroslav. *Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování*. České Budějovice: DiBi, 2010. ISBN 978-80-7394-210-6
- STERNBERG, Robert. *Kognitivní psychologie*. Praha: PORTÁL, 2002. ISBN 80-7178-632-2.
- TRNOVÁ, Eva. *Rozvoj dovedností žáků ve výuce chemie se zaměřením na nadané*. Brno: Masarykova univerzita, 2012. ISBN 978-80-210-6136-1.
- TYLLICHOVÁ, Kateřina. *Chemická laboratoř ve třídě aneb vybrané chemické pokusy jednoduše a bezpečně*. Brno, 2018. Diplomová práce. Masarykova

univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání.

Vedoucí práce PhDr. Mgr. Monika Bortlíková.

- VÍT, Martin. *Pokus jako významný motivační prvek ve výuce chemie*. Brno, 2014. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta pedagogická, Katedra chemie. Vedoucí práce Mgr. Irena Plucková, Ph.D.

8. PŘÍLOHY

Příloha 1: Tabulka povolených látek

Tabulka povolených látek dle ČSN EN 71-4 (převzato HOLZHAUSER, Petr a Radek MATUŠKA. Použití chemických látek při výuce a v rámci volnočasových aktivit žáků mladších 15 let. *Chemické listy*. 2019(113), 236-238).

Prvky	Forma/konc.	Množství	Signální slovo	GHS symbol
C (aktivní uhlí)	(s)	100 g	-	-
S ₈	(s)	15 g	varování	GHS07
I ₂	(aq) 2,5%	10 ml	-	-
I ₂ (v roztoku KI)	(aq) 2,5%	10 ml	-	-
I ₂ (jódová tinktura)	(EtOH) 2,5%	10 ml	nebezpečí	GHS02
Mg (páska)	(s)	3 g	varování	GHS02
Cu (plech)	(s)	100 g	-	-
Zn (práškový stabil. / granulovaný)	(s)	20 g	varování	GHS09
Fe (piliny / prášek)	(s)	100 g	varování	GHS02
Bezolovnatá pájka	(s)	100 g	-	-
Oxidy, peroxidy vodíku	Forma/konc.	Množství	Signální slovo	GHS symbol
CaO	(s)	10 g	nebezpečí	GHS05
CuO	(s)	10 g	varování	GHS07
MnO ₂	(s)	5 g	varování	GHS07
H ₂ O ₂	(aq) 1M	-	-	-
Hydroxidy	Forma/konc.	Množství	Signální slovo	GHS symbol
amoniak ("NH ₄ OH")	(aq) 2M	-	varování	GHS07
NaOH	(aq) 1M	-	nebezpečí	GHS05
Ca(OH) ₂	(s)	20 g	nebezpečí	GHS05
Kyseliny	Forma/konc.	Množství	Signální slovo	GHS symbol

HCl (kyselina chlorovodíková)	(aq) 2M	-	varování	GHS07
kyselina citronová	(s)	20, 50, 100 g	varování	GHS07
kyselina jablečná	(s)	60 g	varování	GHS07
kyselina vinná	(s)	20, 50, 60 g	varování	GHS07
Soli	Forma/konc.	Množství	Signální slovo	GHS symbol
NaCl	(s)	100 g	-	-
CaCl ₂	(s)	10 g	varování	GHS07
SnCl ₂	(s)	15 g	varování	GHS07
FeCl ₃	(s)	10 g	nebezpečí	GHS05
NH ₄ Cl	(s)	30 g	varování	GHS07
KBr	(s)	15 g	varování	GHS07
KI	(s)	10 g	-	-
Na ₂ SO ₄	(s)	100 g	-	-
NaHSO ₄	(s)	30 g	nebezpečí	GHS05
Na ₂ S ₂ O ₅	(s)	10 g	nebezpečí	GHS05 GHS07
Na ₂ S ₂ O ₃	(s)	50, 600 g	-	-
MgSO ₄	(s)	25, 100 g	-	-
CaSO ₄	(s)	100 g	-	-
KAl(SO ₄) ₂	(s)	10, 600 g	-	-
MnSO ₄	(s)	15 g	varování	GHS08 GHS09
FeSO ₄	(s)	10, 50 g	varování	GHS07
NH ₄ Fe(SO ₄) ₂	(s)	5 g	varování	GHS07
CuSO ₄	(s)	15, 50 g	varování	GHS07 GHS09
ZnSO ₄	(s)	20 g	varování	GHS05 GHS07 GHS09
ZnS (nepřípustný styk s kyselinami)	(s)	5 g	-	-

AgNO ₃	(aq) 1%	10 ml	varování	GHS07 GHS09
Ca(NO ₃) ₂	(s)	5 g	varování	GHS03 GHS07
Na ₂ HPO ₄	(s)	20 g	-	-
NaH ₂ PO ₄	(s)	70 g	-	-
NaNH ₄ HPO ₄	(s)	5 g	-	-
KH ₂ PO ₄	(s)	100, 600 g	-	-
NH ₄ H ₂ PO ₄	(s)	600 g	-	-
Na ₂ CO ₃	(s)	50 g	varování	GHS07
NaHCO ₃	(s)	50, 100, 600 g	-	-
KHCO ₃	(s)	50 g	-	-
(NH ₄) ₂ CO ₃	(s)	5 g	varování	GHS07
CaCO ₃	(s)	100 g	varování	GHS07
Na ₂ SiO ₃	(s)	50 g	nebezpečí	GHS05
Na ₂ SiO ₅	(aq) SiO ₂ :Na ₂ O > 2	100 ml	nebezpečí	GHS05
Sr(AlO ₂) ₂	(s)	5 g	varování	GHS07
KMnO ₄ (pouze nad 12 let)	(s)	15 g	nebezpečí	GHS03 GHS07 GHS09
K ₄ [Fe(CN) ₆]	(s)	10 g	-	-
K ₃ [Fe(CN) ₆]	(s)	10, 100 g	-	-
octan sodný	(s)	20, 100 g	-	-
citran sodný	(s)	600 g	-	-
vinan draselno-sodný	(s)	600 g	-	-
Organické sloučeniny	Forma/konc.	Množství	Signální slovo	GHS symbol
glycerin	(aq) max. 85%	25 g	-	-
hexamethylentetramin	(s)	10 g	varování	GHS02 GHS07
kyselina citronová	(s)	20 - 100 g	varování	GHS07
kyselina jablečná	(s)	60 g	varování	GHS07
kyselina vinná	(s)	20 - 60 g	varování	GHS07

laktosa	(s)	100 g	-	-
luminol (ve směsi s Na ₂ SO ₄)	(s) 5%	3 g	-	-
močovina	(s)	10 g	-	-
ninhydrin	(s)	1 g	varování	GHS07
pepsin A	(s)	10 g	nebezpečí	GHS07 GHS08
tanin	(s)	15 g	-	-
Indikátory	Forma/konc.	Množství	Signální slovo	GHS symbol
eosin	(s)	1 g	varování	GHS07
červeň fenolová	(s)	1 g	varování	GHS07
lakmus červený	(s)	1 g	-	-
lakmus modrý	(s)	1 g	-	-
methylovanž (ve směsi s Na ₂ SO ₄)	(s)	3 g	varování	GHS07
methylová modř	(s)	1 g	varování	GHS07
thymolová modř	(s)	1 g	-	-