



Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzikální chemie

Analýza dostupných chemických pokusů s s- a p- prvky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:	Markéta Čajkovská
Studijní program:	B1407 Chemie
Studijní obor:	Aplikovaná chemie
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Karel Berka, Ph.D.
Studijní rok:	2022/2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně za použití zdrojů, které jsou všechny ocitovány v použitých zdrojích a literatuře. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Olomouci dne.....

Podpis studentky.....

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé práce doc. RNDr. Karlu Berkovi, Ph.D. za konzultace a jeho dohled a také za cenné rady a konstruktivní připomínky při vypracovávání této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Mgr. Václavu Bazgierovi, Ph.D. za jeho postřehy a konzultace potřebné pro vznik této práce. Nakonec bych ráda poděkovala mé rodině i přátelům za jejich pomoc i podporu při psaní práce i v průběhu mého studia.

Bibliografické údaje

Jméno a příjmení autora	Markéta Čajkovská
Název práce	Analýza dostupných chemických pokusů s s- a p- prvky
Typ práce	Bakalářská práce
Pracoviště	Katedra fyzikální chemie
Vedoucí práce	doc. RNDr. Karel Berka, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2023
Klíčová slova	Popularizace, chemický pokus, s-prvky, p-prvky, Pokusnice
Počet stran	46
Jazyk	Český

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje sesbírání chemických pokusů s s- a p-prvky periodické tabulky prvků. Tyto pokusy ukazují jejich vlastnosti, a dále také jejich využití ve výuce chemie na základních a středních školách, případně pro další veřejnost, která se o chemii zajímá. Teoretická část této práce se zabývá vysvětlením problematiky popularizace, vysvětluje, proč ve výuce využívat chemické pokusy a stručně charakterizuje s- a p-prvky. Praktická část se zabývá jednotlivými chemickými pokusy a jejich implementací do chemoinformatické databáze Pokusnice.

Bibliographical identification

Author's name and surname	Markéta Čajkovská
Title	Analysis of available chemical demonstrations with s- and p- elements
Type of thesis	Bachelor thesis
Workplace	Department of Physical Chemistry
Vedoucí práce	doc. RNDr. Karel Berka, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2023
Klíčová slova	Popularization, chemical experiment, s-elements, p-elements, Pokusnice
Počet stran	46
Jazyk	Czech

Annotation

This bachelor thesis is focused on the collection of chemical demonstrations with s- and p-elements. These demonstrations show their properties, as well as their use in teaching chemistry in elementary and high schools, or for other people interested in chemistry. The theoretical part of this thesis focuses on the explanation on the topic of popularization, explains why we should use chemical demonstrations in teaching and briefly characterizes the s- and p- elements. The practical part focuses on the individual chemical experiments and their implementation in the cheminformatics database Pokusnice.

Obsah

1	Úvod	1
2	Teoretická část	2
2.1	Popularizace vědy.....	2
2.1.1	Počátky popularizace.....	2
2.1.2	Proč je popularizace důležitá.....	2
2.1.3	Popularizátoři	3
2.1.4	Popularizační nástroje	4
2.2	Chemický pokus (edukační experiment)	5
2.2.1	Bezpečnost práce při chemickém pokusu	9
2.3	S-prvky periodické tabulky	11
2.4	P-prvky periodické tabulky	12
3	Praktická část.....	16
3.1	Metody	16
3.2	Chemické pokusy s s- a p- prvky.....	19
4	Diskuse.....	40
5	Závěr	42
6	Conclusion	43
7	Použité zdroje a literatura	44

1 Úvod

Chemie je jedním z oborů, které žáci a studenti nemají příliš v oblibě, jelikož se společně s matematikou a fyzikou jedná o jeden z nejnáročnějších předmětů. Z důvodu vzniku nových informací v rámci chemie každým dnem dochází k nepřehlednosti v tomto oboru, což vede k tomu, že široká veřejnost nemá o chemii vážnější zájem.

Na rozdíl od již zmíněné matematiky má však chemie velkou výhodu v tom, že se jedná o vědu demonstrační. To znamená, že učivo či chemické informace lze názorně ukázat a vysvětlit, a to právě díky chemickým pokusům. Pro studenty a žáky je chemický pokus obohacením výuky a také si díky pokusům učivo snadněji mohou zapamatovat či ho lépe pochopit. Zároveň díky pokusům mohou být lidé motivováni k tomu, aby se o chemii více zajímali, a chtěli se do ní také zapojit.

Tato bakalářská práce se věnuje chemickým pokusům s s- a p- prvky periodické tabulky prvků, které je možné využít na základních nebo středních školách, ať už jako demonstrační pokus, který předvede učitel, nebo jako žákovský pokus, který mohou provádět i sami žáci.

V teoretické části této práce je představena popularizace vědy a důležitost chemických pokusů v rámci popularizace. Dále se teoretická část věnuje stručné charakteristice skupin s- a p- prvků.

V praktické části jsou představeny sesbírané chemické pokusy, ve kterých jsou využity s- a p- prvky pro databázi Pokusnice. Jedná se například o lávovou lampu či reakci jodu s hliníkem. Tyto pokusy byly sbírány převážně z internetových zdrojů, které budou později detailněji popsány.

2 Teoretická část

2.1 Popularizace vědy

Popularizace vědy je poměrně širokým pojmem. Jejím úkolem je výsledky výzkumu a vývoje vědy srozumitelně prezentovat široké veřejnosti a snažit se motivovat ji k tomu, aby se aktivně zapojovala do vědeckých aktivit. Zároveň se široká veřejnost také může zapojovat do popularizace, jedná se tak o oboustranný proces.¹

Medializace vědy, oproti popularizaci, nezahrnuje aktivní účast široké veřejnosti. Podobně jako při popularizaci se jedná o sdělování informací o vědeckém výzkumu a vývoji. Jedná se však o jednostranný proces, kdy informace o výsledcích vědecké činnosti odborníci předávají jak odborníkům, tak laické veřejnosti.¹

2.1.1 Počátky popularizace

Po vědecké revoluci koncem 17. století bylo potřeba se pokusit o určitý výklad vědy. Nový pohled na svět, který se v průběhu tohoto století vyvinul, kladl důraz na kvantitativní, matematický přístup, který byl pro většinu vzdělaných čtenářů nesrozumitelný. Tento pohled vyvrcholil Newtonovým dílem a již za Newtonova života začaly vycházet knihy, které jeho myšlenky popularizovaly.^{2;3}

S tím, jak se jednotlivé vědní obory postupně rozvíjely, se postupně začalo nahrazovat publikování výzkumu v časopisech knižními publikacemi. Tím se zároveň začala zvyšovat obtížnost daných oborů pro laiky, jelikož neustálé narůstání informací a rozšiřování teoretického základu často vyžadovalo formální vzdělání. K velkému růstu vědeckých specializací a vzniku profesionálních vědců docházelo v 19. století a v souladu s tímto jevem také začalo docházet k nárůstu popularizace vědy. Začaly se objevovat nejen knihy popularizující vědecké myšlenky, ale také se již objevují autoři, kteří popularizaci věnují většinu svého času. Příkladem může být Mary Somerville, jejíž specializací bylo psaní knih, které shrnovaly vědecké poznatky. Její značný vliv ukazuje zapojení žen do popularizace vědy v průběhu 19. století.²

2.1.2 Proč je popularizace důležitá

S rostoucí gramotností a snižujícím se porozuměním vědě, bylo mnohem snadnější lidi vědou zaslepit. Příkladem je britský vědec John Herschel, který na mysu Dobré naděje provedl pozorování jižní oblohy svým dalekohledem. Mezitím deník New York Sun otiskl zprávy od R.A.Locka, které tvrdily, že Herschel provedl podrobné pozorování Měsíce, při kterém zjistil, že je Měsíc obydlený a spatřil jeho obyvatele. Tento "měsíční podvod" zvládl oklamat spoustu lidí v Evropě i Severní Americe. Jedná se o užitečnou připomínku toho, že si každý jednotlivec tvoří vlastní obraz vědy z různých zdrojů, které nemusí být pravdivé.²

V dnešní době vzniká velká spousta vědeckých poznatků, ve kterých mohou mít problém orientovat se i samotní vědci, natož pak laická veřejnost. Problém nastává také s tím, že lidé vědě nevěří, což se stalo například při vyvinutí vakcín proti onemocnění COVID-19. S lepším porozuměním vědě mají lidé lepší podklady pro rozhodování, a také dochází k obohacení jejich života. Věda prostupuje společnost a ovlivňuje velké spektrum aktivit, ať už se jedná o volnočasové aktivity nebo o práci. Rozvíjení vědeckého nadšení je nutné mezi různými skupinami společnosti a s tím, jak se mění technologie a věda, je potřeba měnit také nástroje používané pro jejich prezentaci.¹

2.1.3 Popularizátoři

Vědci používají odbornou řeč, která se poměrně liší od toho, jak mluví běžní lidé. Co pro vědce může být banálním výrazem, je pro laiky abstraktní a nesrozumitelné. Pokud je informace pro laickou veřejnost zprostředkována vědeckou řečí, nemusí se u cílové skupiny shledat s pochopením a pravděpodobně ani se zájmem. K tomu, aby popularizace byla úspěšná, je nutné veškeré odborné výrazy a informace uzpůsobit myšlení dané cílové skupiny, jejich zájmům, potřebám a také jejich slovní zásobě. Popularizátor má za úkol odstranit jazykové a komunikační bariéry mezi vědci a laiky a širokou veřejností a překládat odborné vědecké výrazy a informace tak, aby jejich forma byla blízká cílové skupině, a kterou jsou tito členové ochotni pochopit a zajímat se o ni. Při popularizaci je rovněž potřeba zvolit vhodné nástroje pro cílovou skupinu, aby mohla být úspěšnou. Nejvíce žádoucí je oslovení co největší skupiny lidí, popularizace je však úspěšnější, pokud je cílena jen na určitou skupinu.

Jako popularizátor se označuje jedinec, který o vědě přednáší či pořádá různé popularizační akce. Popularizátorem nemusí být pouze vědec, ale může to být jakýkoliv člověk, který je zapálený do vědy, alespoň trochu jí rozumí, a svou vášeň chce dále předávat lidem. Velkou výhodou je pro popularizátora vědecká praxe.

Skvělý popularizátor by měl mít ve vědeckém oboru praxi, jelikož ta mu umožní pohotově reagovat na podněty, může pomoci udělat jeho přednášku zajímavou a dovede se vypořádat s nevšedními dotazy a situacemi. Také by měl být pro vědu nadšený, mít v ní vášeň a zároveň chtít tuto vášeň předávat dalším lidem. Měl by také mít charisma, aby dokázal lidi zaujmout. Rovněž by jej měla popularizace naplňovat a měl by z ní mít radost. Popularizátor musí umět svůj výklad a projev uzpůsobit určitým cílovým skupinám, aby pro ně byl srozumitelný a aby daná skupina mohla projevit zájem o další informace. Tedy jinak musí předávat informace skupině dětí na základní škole, které o tématu nic nevědí, a jinak předávat informace skupině studentů vysoké školy, kteří mají o daném oboru již přehled. Mezi popularizátory se řadí také autoři sci-fi (science-fiction) literatury.^{3;4}

Někteří zahraniční i čeští popularizátoři jsou uvedeni níže.⁴

Popularizátoři ze zahraničí

Carl Sagan (†1996)	- americký astronom, planetární vědec, kosmolog, astrofyzik a astrobiolog, autor a profesor na Cornellu
sir David Frederick Attenborough	- anglický televizní hlasatel, biolog, spisovatel a přírodovědec; moderoval přírodopisné dokumentární seriály s BBC
Valerie Jane Morris-Goodallová	- považována za největší odbornici na šimpanze, zakladatelka Institutu Jane Goodall a programu Roots & Shoots
Richard Feynman (†1988)	- americký teoretický fyzik, nositel Nobelovy ceny za fyziku

Popularizátoři čeští

Jiří Grygar	- astrofyzik, astronom, autor (populárně-naučné knihy a pořady)
Jan Zrzavý	- biolog a publicista (př. časopis Vesmír), autor (populárně-naučné knihy)
Jiří Mrázek (†1978)	- geofyzik, spisovatel, popularizátor přírodních věd a kosmonautiky
Vladimír Kořen	- televizní publicista, moderátor, učitel, místní politik; popularizátor vědy a životního prostředí (v České televizi), obdržel cenu Česká hlava

2.1.4 Popularizační nástroje

Pro úspěšnou popularizaci je také nutné zvolení vhodných popularizačních nástrojů či metod. S rozvojem technologií se mění i nástroje popularizace, na rozdíl od začátků popularizace, kdy se jednalo o knihy či články v časopisech, má většina lidí v dnešní době přístup k internetu, na kterém se nachází velká spousta obsahu. Internet patří mezi masová média. V rámci popularizace se může jednat například o naučná videa na YouTube nebo „memes“ s vědeckou tematikou (tedy vtipné obrázky, s textem nebo bez textu, ke kterým je ale potřeba znát určité informace nebo kontext pro jejich pochopení).

Nástrojů a metod popularizace existuje velká spousta, v této kapitole jsou vybrány a popsány pouze některé z nich.

Masová média jsou nejvíce rozšířeným nástrojem s poměrně širokým dosahem. Jedná se jak o tisk (noviny, časopisy), tak televizi, rozhlas i sdělení na internetu s velkým dopadem. Českým televizním médiem popularizujícím vědu je například populárně naučný pořad *Zázraky přírody*⁵, tištěným médiem pak časopis *Vesmír*⁶, který však není pouze o vesmíru, jak by jeho název mohl napovídat, ale věnuje se široké oblasti témat. Časopis zaměřený více na děti, který pomáhá s popularizací vědy, je časopis *ABC*⁷ (jehož podtitulem je vědecko-technický časopis pro děti), který také v 60. letech 20. století inicioval vznik dětských klubů. Ze zahraničních popularizačních médií se jedná například o populárně naučný pořad *Cosmos: A Personal Voyage* (*Kosmos: Cesta do neznáma*), který byl provázen popularizátorem Carlem Saganem (viz kapitola 1.1.3). Dalším příkladem jsou webové stránky či YouTube kanál *Khan Academy*⁸, dostupné i v českém jazyce, kde lze najít srozumitelně vysvětlená témata různých oborů, i řešení vzorových příkladů.

Soutěže v přírodovědných oborech jsou pořádány na většině základních a středních škol v České republice a jedná se o obohacení výuky, kdy si studenti mohou zasoutěžit s ostatními ve svém věku a vyhrát různé ceny. Mají za úkol řešení různých úloh z daného přírodovědného oboru, soutěže mají několik kol, počínaje kolem na domácí úrovni (v jednotlivých zúčastněných školách) a konče celostátním finále.³

Příkladem přírodovědné soutěže z chemie je soutěž *Mladý chemik*⁹ (Hledáme nejlepšího Mladého chemika České republiky) pro žáky 8. a 9. tříd, která byla zrozena na Střední průmyslové škole chemické v Pardubicích. Dalším příkladem může být například *KSICHT*¹⁰ (Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou), kde se řeší série úloh, které vycházejí každý rok. *KSICHT* je určen pro všechny žáky středních a základních škol, kteří mají rádi chemii. Nejvyšší chemickou soutěží, kterou pořádá MŠMT, je *Chemická olympiáda*¹¹, která je rozdělena do pěti kategorií A-E. Nejlepší soutěžící se potom mohou účastnit *Mezinárodní chemické olympiády*.

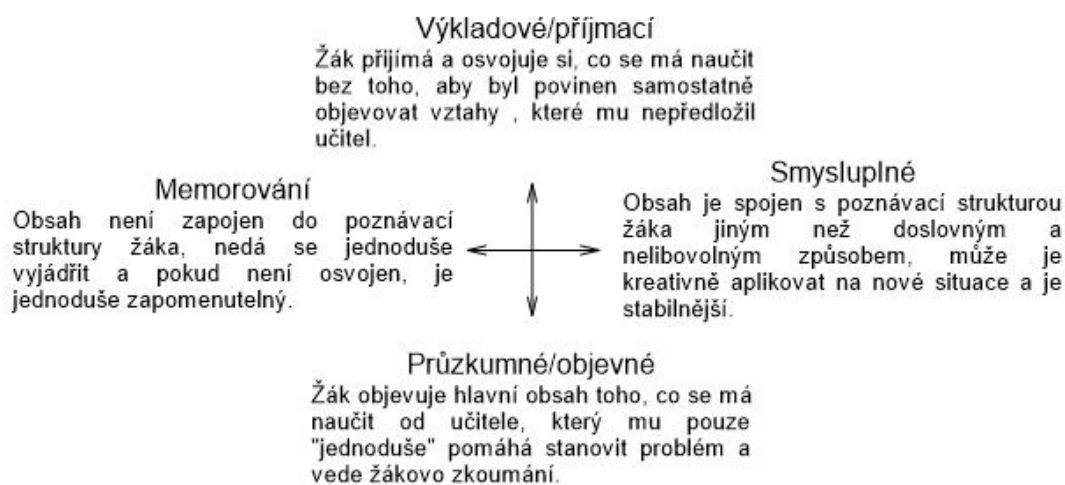
2.2 Chemický pokus (edukační experiment)

V posledních několika letech lze pozorovat pokles zájmu o přírodní a technické vědy, a také pokles zájmu o kariéru vědeckého pracovníka u mladé generace. Jedním z důvodů, proč k poklesu dochází, je to, že k výběru profese jsou studenti ovlivňováni svými zájmy, které se formují již v raném věku na základní škole. Jelikož je praktická výuka chemie na základních a středních školách striktně omezena legislativně, žáci nemají moc možností, jak se s chemií sblížit.¹² Zároveň chemie velmi běžně mívá špatnou pověst kvůli znečištění životního prostředí či chemickým haváriím. Širokou veřejnost, která často nemusí mít o chemii příliš vědomostí

je třeba vhodně informovat. Jedním z nejlepších způsobů, jak to udělat, je demonstrací pomocí chemických pokusů. Pokud se jedná o školní pokus, nazývá se takovýto pokus edukačním experimentem. Edukační jsou nejen chemické pokusy, které se provádí ve škole, ale také pokusy domácí a pokusy prováděné při zájmových činnostech mimo školu (například chemický kroužek).¹³ Na rozdíl od ostatních vědních oborů, jako je například matematika, je chemie oborem, ve kterém si vědu lidé mohou „osahat“ ve formě chemických pokusů a vidět, jak látky společně reagují na vlastní oči. Chemický experiment je považován za základ výuky chemie, která je považována za demonstrační vědu.¹³

Při správném použití zajímavých metod při vyučování, je možné odstranit předsudky vůči náročným a pro žáky až nezajímavým předmětům, které jsou jedny z nejméně oblíbených, jako jsou chemie, fyzika a matematika.^{14; 15} Chemický pokus je jednou z těchto metod, může jít například o chemický kroužek, vedený na škole učitelem chemie nebo odborníky, který je však náročnější na vybavení.¹⁵ Dále může jít o pouhou demonstraci pokusu vyučujícím v hodině.

V současné době se ovšem na základních školách příliš chemických pokusů neprovádí, přestože se jedná o jednu z nejvíce motivujících částí tohoto předmětu. Problémem je časová náročnost učiva, které se předává ve formě přednášky a zápisu, které nejsou tak názorné a žáci tím pádem informace snadněji zapomenou. Dalším problémem je možnost práce s chemickými látkami změněná v legislativě, která vedla i k tomu, že vyučující laboratoře rušili. V dnešní době technologií je možné výuku zpestřit projekcí s pomocí audiovizuálních technik, což ovšem není ve výuce příliš často využíváno.¹³ Na obrázku (obr. 1) lze vidět, že memorování není příliš efektivní způsob učení, zatímco při výuce v laboratoři dochází ke smysluplnému a objevnému učení, které je více efektivní.¹⁶



Obr. 1: Druhy výuky/učení; převzato a přeloženo z ref¹⁶.

Chemické pokusy lze klasifikovat dle kritérií do několika skupin. Některé pokusy mohou splňovat kritéria více skupin a být zařazeny do více než jedné skupiny.^{17; 18}

Rozdělení pokusů podle forem výuky

- vnějších (povinná, nepovinná, volitelná, domácí)
- vnitřních (demonstrační, žákovské)

Rozdělení pokusů podle povahy poznání

- zjišťující (vysvětlující, ověřující, problémový)
- doplňující (ilustrující, aplikující, reprodukuje)

Rozdělení pokusů podle fáze výuky

- motivační – je provázen učitelem, jasný výsledek
- osvojovací – jedná se o pokus, který žáka uvádí do problematiky nového učiva, je prováděn vyučujícím
- při upevňování a kontrole učiva – může jít o pokus, který učivo shrnuje, pokus, který navazuje na předchozí učivo nebo jejich kombinace

Rozdělení pokusů podle přesnosti a vyhodnocení práce

- kvalitativní – jedná se o vlastnosti látek, není u nich potřeba číselný výsledek
- kvantitativní – výsledkem pokusu může být například výtěžek látky; žáci při kvantitativním pokusu měří fyzikální veličiny a tím vysvětlují změny látek, jejich strukturu i stav
- vyhodnocení písemně
- vyhodnocení elektronicky

Rozdělení pokusů podle použitého množství látek

- makrotechnické pokusy – jedná se o pokusy s použitím velkých množství látek, takové pokusy je možné využít jako demonstrační, může jít o pokusy ve zkumavkách, kádinkách či baňkách
- semimikrotechnické pokusy – jedná se o pokusy s použitím malých množství látek v rozmezí 0,1–1 g nebo 1–10 ml
- mikrotechnické pokusy – může se jednat například o pokusy, při kterých se nanášejí roztoky na destičky a provádí se na nich kapkové reakce

Rozdělení pokusů podle látek vstupních

- pokusy s čistou látkou (prvek, sloučenina)
- pokusy se směsí

Rozdělení pokusů podle laboratorní techniky, která převládá

- např. destilace, filtrace, sublimace, zahřívání a další

Rozdělení pokusů podle chemického oboru

- pokusy analytické chemie
- pokusy fyzikální chemie
- pokusy anorganické chemie
- pokusy organické chemie
- pokusy biochemie

Demonstrační pokusy i laboratorní pokusy (při kterých pokusy provádějí studenti) jsou důležité pro aktivaci zájmu studentů, soustředění jejich pozornosti a zahájení výuky. Demonstrační pokusy jsou prováděny někým zkušenějším (většinou učitelem), jsou méně nákladné, méně časově náročné a jsou efektivní. Laboratoře naopak byly považovány za jediné místo, kde dochází ke smysluplnému a objevnému učení, díky tomu, že při názorných pokusech si studenti lépe mohou zapamatovat učivo.¹⁶

Pro chemické pokusy existuje velké množství on-line i off-line zdrojů, jedná se o knihy, skripta pro laboratorní cvičení škol (off-line) i o různé webové stránky na internetu (on-line). Některé konkrétní zdroje chemických pokusů jsou popsány níže.

Off-line zdroje

a) Knihy

- Úžasné chemické pokusy v kuchyni¹⁹ – návody na chemické pokusy pro děti od devíti let, ve kterých využijí kuchyňské věci a dozví se základní chemické informace
- Zábavné vědecké pokusy pro děti²⁰ – podobně jako Úžasné chemické pokusy v kuchyni, pro pokusy z této knihy jsou potřeba věci, které se běžně nacházejí v kuchyni, tyto pokusy jsou bezpečné i pro ty nejmenší děti a poutavé pro ty starší
- Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments: All Lab, No Lecture (DIY Science)²¹ – tato kniha pro studenty, kutily a milovníky vědy, kteří si již nemohou sehnat chemické sady, vysvětluje, jak si zařídit a používat chemickou laboratoř a také návody, které krok za krokem popisují základní chemické pokusy
- Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry²² – kniha nabízí v jedenácti kapitolách 282 chemických pokusů; v knize jsou popsány například principy jednotlivých pokusů i to, jak likvidovat použité látky

b) Skripta/učebnice

- Základy vybraných experimentálních chemických metod²³ – jedná se o laboratorní skript obsahující návody k jednotlivým laboratorním úlohám z různých laboratorních metod
- Chemická laboratorní cvičení II pro 2. ročník SPŠCH²⁴ – jedná se o skripta určená pro žáky SPŠCH Ostrava, zaměřuje se na práci s organickými sloučeninami, navazuje na chemická laboratorní cvičení pro první ročník SPŠCH

On-line zdroje

a) Webové stránky

- Studium chemie²⁵ – na této stránce lze nalézt poměrně velké množství chemických pokusů zdarma, některé pokusy jsou dostupné jen pro registrované učitele; více informací ke stránce Studium chemie v praktické části této práce (kapitola 2.1 Metody)
- Pokusnice²⁶ – v Pokusnici je možné zdarma nalézt pouze několik pokusů, přístup k ostatním pokusům je možný zakoupením její plné verze, více informací k Pokusnici dále (kapitola 2.1 Metody)
- Wikiknihy/Wikipokusy²⁷ – jedná se o jeden ze sesterských projektů Wikipedie; cílem této databáze je shromažďovat a rozšiřovat volně přístupné materiály, učebnice, knihy a další texty v českém jazyce; je do nich možné přidávat vlastní texty

b) YouTube – na YouTube je možné najít spoustu pokusů s video návodem

- MEL Science²⁸ – jedná se jak o YouTube kanál, tak o webovou stránku, na které je možné najít velkou spoustu chemických pokusů, ke kterým bývá na YouTube kanále MEL Science natočeno video (ne však vždy)

2.2.1 Bezpečnost práce při chemickém pokusu

Při práci v laboratoři je důležité zajištění bezpečnosti sebe i okolí. Česká technická norma ČSN 01 8003 stanovuje základní pokyny pro zajištění bezpečnosti provádění práce v chemických laboratořích.²⁹ Před začátkem laboratoří by vyučující měl žáky seznámit s bezpečnostním řádem pro práci v chemické laboratoři. Hlavní pravidla bezpečnosti pro žáky jsou ve zkrácené verzi sepsána níže.

Pravidla bezpečnosti v laboratořích pro žáky

- Do laboratoře žák vstupuje jen se souhlasem vyučujícího.

- Žák do laboratoře vstupuje pouze v laboratorním oděvu a vhodné obuvi.
- V laboratoři se žák chová zodpovědně, aby nezpůsobil újmu na zdraví sobě nebo ostatním a aby nepoškodil majetek.
- V laboratoři je zakázáno jíst, pít a kouřit, žák si vždy po skončení práce musí umýt ruce.
- Žák smí provádět pouze práci schválenou vyučujícím.
- Žák nesmí provádět žádné úpravy na spotřebičích a elektrické instalaci.
- Pokud je při práci nutné použití ochranných pomůcek, musí je žák použít.
- Žák musí dodržovat bezpečnostní pokyny.
- Po ukončení práce musí žák uzavřít vodu a plyn, vypnout elektrické spotřebiče a musí pracovní místo uvést do původního stavu.
- Žák bez předchozí dovolení vyučujícího nesmí opustit laboratoř.²⁸

Zákonné požadavky pro zajištění práce v chemické laboratoři a zacházení s chemickými látkami a směsmi upravuje několik zákonů a norem.³⁰

- ČSN 01 8003 – Zásady pro bezpečnou práci v laboratořích
- Zákon č. 350/2011 Sb. o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů
- Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- Zákon č. 133/1985 Sb. České národní rady o požární ochraně
- Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů
- Nařízení vlády č. 467/2009 Sb., kterým se pro účely trestního zákoníku stanoví, co se považuje za jedy a jaké je množství větší než malé u omamných látek, psychotropních látek, přípravků je obsahujících a jedů
- Nařízení (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí (nařízení CLP)
- Nařízení (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek (REACH)

2.3 S-prvky periodické tabulky

S-prvky jsou řazeny mezi nepřechodné prvky. Řadí se mezi ně prvky 1. a 2. skupiny periodické soustavy prvků (dále jen jako PSP) a helium. Všechny tyto prvky mimo helium a vodík jsou kovy.

Vodík je za normálních podmínek plynný prvek skládán ze dvouatomových molekul H_2 , kde vodíky mají jednoduchou kovalentní vazbu. Jeho elektronová konfigurace je $1s^1$, z čehož vyplývá, že se jedná o jednovazný prvek. Jedná se o nejrozšířenější prvek ve Vesmíru, na Zemi se volný vyskytuje pouze vzácně, běžně se vyskytuje ve vodě, v kyselinách a hydroxidech a téměř ve všech organických sloučeninách. Využívá se jako významné redukční činidlo. S alkalickými kovy a kovy alkalických zemin může tvořit hydridy, které mají záporný oxidační náboj $-I$. Ve sloučeninách, které mají menší elektronegativitu má kladný oxidační náboj I .^{31; 32}

Helium má valenční s-orbital plně zaplněn valenčními elektrony, a proto má velmi malou reaktivitu. Jeho elektronová konfigurace je $1s^2$. Jedná se o druhý nejrozšířenější prvek ve Vesmíru, na Zemi se v malých množstvích vyskytuje v atmosféře. Helium se využívá jako inertní atmosféra při některých reakcích nebo jako náplň do balonů.^{31; 32}

Kovy v první skupině PSP se nazývají alkalické kovy a jedná se o s^1 prvky, jelikož obsahují jeden valenční elektron v orbitalu ns (n – číslo periody, ve které se prvek nachází) a jejich elektronová konfigurace je tedy ns^1 .³² Jedná se o velmi měkké kovy, které je možné krájet nožem, na řezu jsou lesklé, ale reakcí se vzduchem lesk rychle ztrácejí. Je nutné je uchovávat v petroleji, jelikož bouřlivě reagují s vodou. Alkalické kovy charakteristicky zabarvují plamen. Mají nízkou elektronegativitu a ve sloučeninách se vyskytují v kladném oxidačním stavu I . Jejich chemická vazba je většinou iontová, kvůli nízké elektronegativitě, s výjimkou lithia, u kterého převládá vazba kovalentní. Jejich hydroxidy (louhy) jsou nejsilnější zásady. Jedná se o silná redukční činidla, která dokáží vyredukovat z jejich sloučenin téměř všechny kovy.^{32; 33}

Kovy nacházející se ve druhé skupině PSP se nazývají s^2 prvky nebo kovy alkalických zemin (beryllium a hořík nepatří mezi kovy alkalických zemin). Tyto prvky mají elektronovou konfiguraci ns^2 , jelikož obsahují dva valenční elektrony v orbitalu ns .³⁰ Mohou být maximálně dvouvalné. Jedná se o stříbrolesklé kovy, neušlechtilé a s výjimkou beryllia se jedná o měkké kovy. Kovy alkalických zemin charakteristicky zabarvují plamen. Ve sloučeninách se vyskytují v kladném oxidačním stavu II . Kromě beryllia tvoří převážně iontové sloučeniny. Jako alkalické kovy jsou to silná redukční činidla. V přírodě se vyskytují pouze ve sloučeninách.^{32; 33}

PERIODIC TABLE OF ELEMENTS

Chemical Group Block

s-blok PubChem p-blok

Atomic Number		17	35.45	Atomic Mass, u			
Name		Cl		Chlorine			
		Halogen		Chemical Group Block			
1	1.0080	H			2	4.00260	He
3	7.0	Li			4	9.012183	Be
11	22.989...	Na			12	24.305	Mg
19	39.0983	K			20	40.08	Ca
37	85.468	Rb			38	87.62	Sr
55	132.905...	Cs			56	137.33	Ba
87	223.01...	Fr			88	226.02...	Ra
13	10.81	B			14	12.011	C
15	30.973...	P			16	32.07	S
31	69.723	Ga			32	72.63	Ge
49	114.818	In			50	118.71	Sn
81	204.383	Tl			82	207	Pb
113	286.1...	Nh			114	290.1...	Fl
115	288.1...	Mc			116	293.2...	Lv
117	294.2...	Ts			118	295.2...	Og

Obr. 2: Periodická soustava prvků s vyznačením s-bloku (zeleně) a p-bloku (červeně); převzato a upraveno z ref. ³⁴.

2.4 P-prvky periodické tabulky

P-prvky jsou řazeny mezi nepřechodné prvky. Vyskytují se ve skupinách 13-18 PSP, kromě helia, které se mezi ně neřadí (jedná se o s-prvek). Jejich valenční elektrony se nacházejí v s- a p-orbitalech, proto se nazývají s-prvky. Některé z p-prvků mají k dispozici prázdné orbitály typu d, do kterých mohou excitovat valenční elektrony. P-prvky sedmé periody PSP budou krátce popsány na konci kapitoly.

Prvky 13. skupiny PSP, také p¹ prvky nebo triely (kromě boru), mají tři valenční elektrony a elektronovou konfiguraci ns² np¹. Bor je polokov, ostatní prvky této skupiny jsou kovy. V základním stavu jsou tyto prvky jednovazné, pokud jsou jejich elektrony excitovány, mohou být trojvazné. Tyto prvky se ve sloučeninách nejčastěji vyskytují v kladném oxidačním stavu III, pouze u thallia je běžnější oxidační stav I. Bor, jako jediný z těchto prvků, může mít záporný oxidační stav -III ve sloučeninách s kovy. Thallité sloučeniny jsou silnými oxidačními činidly a jsou velmi nestálé, nestálé jsou také borné a hlinné sloučeniny, které jsou naopak silnými redukčními činidly. S vodíkem tyto prvky reagují za tvorby hydridů, bor reaguje za vzniku boranů. Veškeré sloučeniny thallia jsou jedovaté sloučeniny. Elektronegativita této skupiny prvků je poměrně nízká. ^{32; 33}

Prvky 14. skupiny PSP, také p^2 prvky nebo tetrelly, mají čtyři valenční elektrony, jejich elektronová konfigurace je $ns^2 np^2$. Uhlík je nekov, křemík a germanium jsou polokovy, cín a olovo jsou kovy. V základním stavu jsou dvojjavné, mohou být až čtyřjavné. U těchto prvků je běžný kladný oxidační stav II a IV. Pouze u uhlíku a křemíku je běžný záporný oxidační stav -IV ve sloučeninách s prvky s nižší elektronegativitou (kovy), jejich sloučeniny se poté nazývají karbidy a silicidy. Z tetrelů je uhlík jediným prvkem tvořícím také násobné vazby. Tato skupina prvků je schopna řetězení, to znamená tvorby vazeb mezi stejnými atomy. Uhlík má také výjimečnou schopnost vytvářet dlouhé a rozvětvené řetězce díky možnosti tvorby kovalentních vazeb. Vazby C-C a C-H jsou typické nepolární kovalentní vazby a jsou dostatečně pevné, jedná se o podstatu uhlovodíků. Tyto prvky reagují s vodíkem za vzniku hydridů, obecně jako XH_4 . Reakcí s kyslíkem tyto prvky reagují za vzniku oxidů.³¹⁻³³

Prvky 15. skupiny PSP, také p^3 prvky nebo pentely, obsahují v s- a p-orbitalech pět valenčních elektronů, jejich elektronová konfigurace je $ns^2 np^3$. Dusík a fosfor jsou nekovy, přičemž dusík je plyn, arsen s antimonem jsou polokovy a bismut je kov. Elektrony těchto prvků s výjimkou dusíku mohou být excitovány do d-orbitalu. Dusík, fosfor a arsen mají běžnější záporný oxidační stav -III ve sloučeninách s kovy. U sloučenin s prvky s vyšší elektronegativitou mají pentely kladný oxidační stav, nejčastěji III a V. S kyslíkem pentely reagují za vzniku oxidů X_2O_3 nebo X_2O_5 . Bismut tvoří pouze jeden oxid v kladném oxidačním stavu III, zatímco dusík s kyslíkem reaguje i za vzniku řady dalších oxidů. S vodíkem tyto prvky reagují za vzniku hydridů, obecně XH_3 .³¹⁻³³

Prvky 16. skupiny PSP, také p^4 prvky nebo chalkogeny, mají v s- a p-orbitalech šest valenčních elektronů, jejich elektronová konfigurace je $ns^2 np^4$. Jejich pojmenování chalkogeny pochází z řečtiny (*chalkos* = ruda; *gennaó* = tvořit), jedná se o rudotvorné prvky. Kyslík, síra a selen jsou nekovy, tellur a polonium jsou kovy a polonium je také radioaktivní prvek. Kyslík je plynný, ostatní prvky jsou pevného skupenství. S výjimkou kyslíku prvky 16. skupiny PSP mají dva excitované stavy, v prvním excitovaném stavu jsou čtyřjavné, v druhém excitovaném stavu jsou šestjavné. Chalkogeny reagují s vodíkem za vzniku obecné sloučeniny H_2X , kterým se říká chalkogenvodíky. Tyto sloučeniny jsou s výjimkou vody plynné, silně zapáchají a jsou prudce jedovaté. Chalkogeny s kyslíkem tvoří oxidy v kladném oxidačním stavu IV a VI, tellur a polonium je tvoří také v oxidačním stavu II, kyslík v těchto sloučeninách má záporný oxidační stav -II.³¹⁻³³

Prvky 17. skupiny PSP, také p^5 prvky nebo halogeny, obsahují ve svých s- a p-orbitalech sedm valenčních elektronů. Jejich elektronová konfigurace je $ns^2 np^5$. Přijetím elektronu vznikají halogenidové anionty X^- nebo vzniká v kovalentních sloučeninách jedna kovalentní

vazba. Jedná se o velmi reaktivní prvky, které jsou jedovaté. Fluor a chlor jsou plynné, brom je kapalný a jod s astatem jsou pevné látky, astat je radioaktivním prvkem. Kromě fluoru mohou mít až tři excitované stavy. V porovnání s ostatními prvky, převážně s kovy, mají poměrně vysokou elektronegativitu. Halogeny se obvykle vyskytují v záporném oxidačním stavu -I, pro fluor je to jediný oxidační stav, ostatní halogeny mohou ve sloučeninách s elektronegativnějšími prvky (prakticky v podstatě pouze sloučeniny s kyslíkem) nabývat kladných oxidačních stavů od I do VII.³¹⁻³³

Prvky 18. skupiny PSP, také p^6 prvky (kromě helia) či vzácné plyny, jsou plynné prvky, jejichž valenční orbitály jsou zcela zaplněny osmi valenčními elektrony. Mezi vzácné plyny se řadí i helium, ale neřadí se mezi p-prvky, bylo již zahrnuto v předchozí kapitole (kapitola 2.3 S-prvky). Elektronová konfigurace je $ns^2 np^6$, k tomu, aby mohla proběhnout excitace elektronů je zapotřebí dodání velké energie, u helia ani neonu není možná. Vzácné plyny jsou velmi stabilní prvky, jejich hodnoty ionizační energie jsou maximální a hodnoty elektronové afinity jsou minimální. Tvoří jednoatomové molekuly, které jsou poutány jen velmi slabými Van der Waalsovými silami, díky čemuž jsou jejich teploty varu velice nízké a je obtížné je zkapalnit. Uměle se podařilo vědcům připravit sloučeniny s kyslíkem a fluorem (prvky s nejvyšší elektronegativitou) pro krypton, xenon a radon. Vzácné plyny se dají lehce ionizovat, dobře poté vedou elektrický proud a výbojky, které jsou z nich vyrobené vyzařují barevné světlo. Tyto prvky se blíží ideálnímu plynu svým chováním. Ve velmi malých množstvích se vyskytují v atmosféře na Zemi odkud je možné je získat frakční destilací zkapalněného vzduchu, nejvíce je v atmosféře zastoupen argon.³¹⁻³³

Mezi p-prvky sedmé periody patří uměle připravené prvky nihonium, flerovium, moskovium, livermorium, tennesin a oganesson. Využití mají spíše pro výzkumné účely. Nihonium bylo poprvé objeveno japonským výzkumným týmem v Japonsku v urychlovači částic RIKEN. Jeho název je odvozen od japonského slova „nihon“, což je jeden ze způsobů, jak říct Japonsko.³⁵ Ostatní z těchto prvků byly poprvé objeveny či připraveny v různých letech ruským týmem v Rusku v laboratoři v Dubně, přičemž prvky moskovium, tennesin a oganesson byly objeveny společnou prací týmů z Ruska a USA.³⁶ Prvek flerovium byl pojmenován po laboratoři Flerov laboratory of Nuclear Reactions in Dubně, kterou založil Georgii Nikolajevich Flerov a je po něm pojmenována.³⁷ Moskovium bylo pojmenováno podle hlavního města Ruska, Moskvy, jelikož podle výzkumné laboratoře v Dubně již byl pojmenován prvek dubnium.³⁵ Livermorium bylo pojmenováno podle Lawrencovy Livermorské národní laboratoře v Kalifornii, která byla domovem pro některé členy původního týmu, kteří prvek objevili, a která se zasloužila o rozvoj jaderné vědy obecně.³⁸ Tennesin byl pojmenován na

základě zapojení regionu Tennessee do výzkumu.³⁵ Oganesson byl pojmenován na základě společného návrhu spoluobjevitelů oganessonu pro jeho pojmenování podle profesora Yuri Oganessiana za jeho průkopnické přínosy při hledání nových prvků.³⁵

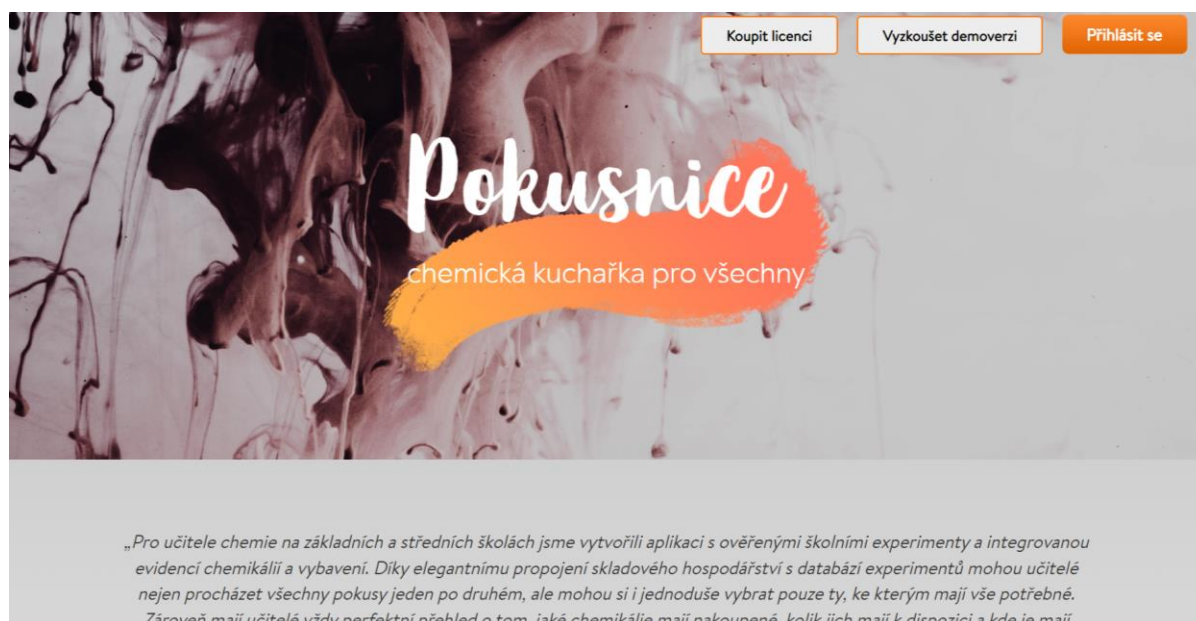
3 Praktická část

3.1 Metody

Pokusy pro tuto práci byly čerpány z různých internetových zdrojů a ze skript laboratorních cvičení a vypsány v podobě, v jaké budou zadávány do databáze Pokusnice.

Pokusnice

Pokusnice²⁶ je databáze, která je určená pro učitele chemie středních a základních škol. Nabízí zdarma demo verzi pro vyzkoušení, kde je k dispozici zobrazení několika pokusů s kompletními postupy, dále přístup k informacím o chemických látkách, obecné informace k nim a také odkaz na bezpečnost na Wikipedii.¹⁸ Lze v ní vytvořit svůj sklad chemikálií a vybavení, na jejichž základě je potom možné pokusy filtrovat na ty, pro které má škola vybavení. Každý pokus uvádí princip (obecný popis), postup pokusu, chemikálie a vybavení, časovou náročnost pokusu, videonávod (pokud je dostupný), poznámky a případnou bezpečnost práce či schéma aparatury.¹⁸



Obr.3: Úvodní stránka Pokusnice (snímek obrazovky ze dne 16.4.2023).

Pokusy v Pokusnici je možné označit hvězdičkou a tím je přidat do oblíbených. Dále lze pokusy také filtrovat podle několika kritérií, které jsou uvedeny níže.

Dělení podle školy, pro kterou je pokus určen

- pokusy pro základní školy (ZŠ)
- pokusy pro střední školy (SŠ)

Dělení podle oblasti chemie

- organická chemie
- anorganická chemie
- analytická chemie
- biochemie
- laboratorní technika
- efektní pokusy

Dělení podle typu experimentu

- demonstrační
- žákovský školní
- žákovský domácí

Pokusy byly vybírány převážně z webové stránky Studium chemie a MEL Science, některé byly vybrány z učebnice Chemická laboratorní cvičení II (jednotlivé zdroje více přiblíženy níže). Ke každému pokusu byl sepsán krátký princip (popis), postup pokusu, jeho časová náročnost, pomůcky a chemikálie a bezpečnost při daném pokusu. Pokud k danému pokusu bylo nalezeno video, bylo k němu také přidáno.

Studium chemie²⁵

Jedná se o portál Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, který podporuje výuku chemie na středních a základních školách. Na stránce je možné se zaregistrovat jako učitel a získat tak přístup k některým návodům na pokusy dostupným pouze pro registrované. Mimo postupy k chemickým pokusům lze na těchto stránkách nalézt také velkou spoustu výukových materiálů, obrázky laboratorních pomůcek či 3D struktury molekul. Výukové materiály i chemické pokusy lze filtrovat podle oboru chemie.

MEL Science²⁸

MEL Science je webová stránka, na které je možné zakoupit si předplatné pro plný přístup k velké spoustě pokusů či projektů, které každý měsíc přibývají. Zahrnuje různé oblasti, nejen chemii, ale například i matematiku či fyziku, a na jejich základě je možné projekty také rozdělit. Jedná se o stránku zaměřenou převážně na děti (rodiče dětí), která zábavnou formou ukazuje vědu. Nabízí jak možnost individuálního předplatného, tak předplatné na balíčky pro několik lidí.

Chemická laboratorní cvičení II²⁴

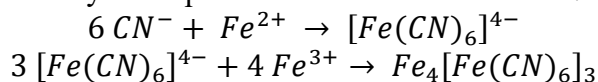
Jedná se o učebnici laboratorních cvičení, určenou pro druhé ročníky středních průmyslových škol chemických. Učebnice je druhým dílem, který navazuje na chemická laboratorní cvičení pro první ročník SPŠCH. Jedná se tedy o učebnici sepsanou konkrétně pro studenty SPŠCH, ale je možné ji využít i na jiných středních školách a odborných učilištích pro demonstrační pokusy či laboratorní práce. Pokusy, které byly vybrány z této učebnice, byly mnou konkrétně vyzkoušeny při laboratorních cvičeních na střední škole.

3.2 Chemické pokusy s s- a p- prvky

Důkaz dusíku

Obecný popis

Pomocí mineralizace se dusík v neznámém vzorku převede na kyanidy. Kyanidové ionty vzniklé mineralizací organické látky reagují se železnatou solí na hexakynoželeznatan, který s železitou solí dává v kyselém prostředí tzv. berlínskou modř:



Hydroxid sodný, který vznikl po mineralizaci, tvoří se sloučeninami železa směs hydroxidů. Přítomnost těchto hydroxidů ruší typické zbarvení berlínské modři. Přídavkem kyseliny chlorovodíkové se hydroxidy rozpustí a modré zbarvení se zvýrazní.

Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

Pro mineralizaci: Neznámý vzorek určený k organické elementární analýze obsahující dusík, Na (s), destilovaná voda.

Pro důkaz: Filtrát neznámého vzorku po mineralizaci (l), FeSO₄ (10%, aq), FeCl₃ (5%, aq), zředěná HCl (0,5%, aq).

Vybavení

Pro mineralizaci: Mikrozkuhavka, laboratorní kleště, kahan, zápalky, kádinka (600 ml), ochranný štít, filtrační papír.

Pro důkaz: Zkuhavka, kapátko nebo pipeta; případně nálevka, filtrační papír, kádinka.

Postup

1. Pro to, aby mohl být proveden důkaz, je potřeba nejprve neznámý vzorek mineralizovat alkalickým tavením. Do suché mikrozkuhavky přidejte malé množství vzorku a nasadte si ochranný štít, ukrojte kousek sodíku, osušte jej filtračním papírem a přidejte ke vzorku. Dále pracujte v digestoři. Připravte si kádinku (asi 600ml) s asi 5 ml destilované vody. Mikrozkuhavku uchopte do laboratorních kleští a zvolna zahřívejte nad kahanem, dokud sodík neroztaje. Poté zkuhavku dále zahřívejte až do červeného žáru. Žhavou zkuhavku pusťte do připravené kádinky. Zkuhavka praskne a nadbytečný sodík bude prudce reagovat s vodou na hydroxid sodný. Vzniklý produkt vyluhujte dalšími 5 ml vody a přefiltrujte. Filtrát dále mlze použít k důkazu dusíku, síry (viz 3.2 Důkaz síry) a halogenů.
2. Do zkuhavky si odeberte 1 ml filtrátu a přidejte několik kapek čerstvého 10% roztoku síranu železnatého a několik kapek 5% roztoku chloridu železitého. (Je-li filtrát výrazně alkalický, není nezbytné přidávat roztok chloridu železitého, protože v alkalickém prostředí se ionty železnaté dostatečně rychle samovolně oxidují.)
3. Roztok okyselte zředěnou HCl. I jemně rozptýlená modrá sraženina je důkazem přítomnosti dusíku.
4. Pokud není důkaz jasný, přefiltrujte roztok, pokud na filtru zůstane modrá skvrna, jedná se o dostatečný důkaz.

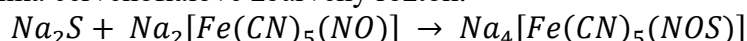
Bezpečnost

Pracujte s ochrannými rukavicemi a v digestoři. Při práci s kovovým sodíkem je potřeba, aby použité mikrozkuhavky byly dokonale suché. Při reakci sodíku s vodou po vytavení je potřeba mít v digestoři připravenou azbestovou (sklokeramickou) síťku, kterou lze snadno uhasit oheň, který by mohl při reakci zbytku sodíku a vody vzniknout. Kyanidy se při práci nesmějí dostat do kontaktu s kyselinou.

Důkaz síry

Obecný popis

Po alkalickém tavení je možné síru prokázat jako sulfidové anionty pomocí nitroprusidu sodného, kdy vzniká červenofialově zbarvený roztok.



Časová náročnost

10 minut

Chemikálie

Pro mineralizaci: Neznámý vzorek určený k organické elementární analýze obsahující sulfidové ionty, Na (s), destilovaná voda.

Pro důkaz: Filtrát neznámého vzorku po mineralizaci (aq), nitroprusid sodný (1%, aq).

Vybavení

Pro mineralizaci: Mikrozkušavka, laboratorní kleště, kahan, zápalky, kádinka (600 ml), ochranný štít, filtrační papír.

Pro důkaz: Zkušavka, kapátko.

Postup

1. Pro to, aby mohl být proveden důkaz, je potřeba nejprve neznámý vzorek mineralizovat alkalickým tavením. Do suché mikrozkušavky přidejte malé množství vzorku a nasadte si ochranný štít, ukrojte kousek sodíku, osušte jej filtračním papírem a přidejte ke vzorku. Dále pracujte v digestoři. Připravte si kádinku (asi 600ml) s asi 5 ml destilované vody. Mikrozkušavku uchopte do laboratorních kleští a zvolna zahřívejte nad kahanem, dokud sodík neroztaje. Poté zkušavku dále zahřívejte až do červeného žáru. Žhavou zkušavku pusťte do připravené kádinky. Zkušavka praskne a nadbytečný sodík bude prudce reagovat s vodou na hydroxid sodný. Vzniklý produkt vyluhujte dalšími 5 ml vody a přefiltrujte. Filtrát dále může být použit k důkazu dusíku (viz 3.2 Důkaz dusíku), síry a halogenů.
2. Do zkušavky odeberte 0,5 ml filtrátu po alkalickém tavení a přidejte k němu asi 2 kapky 1% roztoku nitroprusidu sodného a sledujte červenofialové zbarvení.

Bezpečnost

Používejte ochranné rukavice.

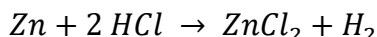


Obr. 4: Sulfid olovnatý, převzato a upraveno z ref. ³⁹.

Důkaz vodíku

Obecný popis

Reakcí kyseliny chlorovodíkové se zinkem dochází k uvolňování vodíku.



Vodík při reakci s kyslíkem vydává zvuk jako při štěknutí, jelikož směs vodíku a kyslíku je výbušná.

Časová náročnost

10–15 minut

Chemikálie

Kovový Zn (s), zředěná HCl (1:1).

Vybavení

Filtrační baňka, dělicí nálevka, větší skleněná nádoba, zkumavka, gumová hadička, gumová zátka s otvorem pro dělicí nálevku, zápalky, kahan, stojan, držáky.

Postup

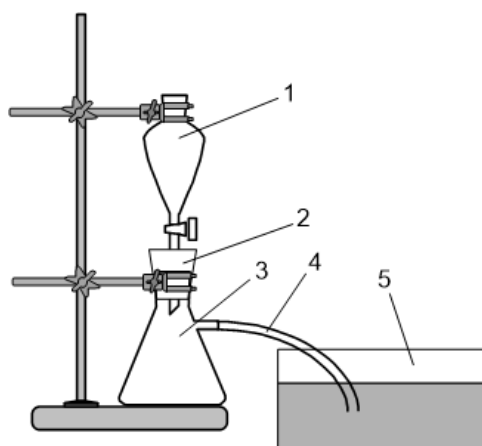
1. Do filtrační baňky vložte několik peciček kovového zinku, baňku připevněte na stojan pomocí držáku a uzavřete gumovou zátkou s otvorem (pro zasunutí dělicí nálevky). Do otvoru gumové zátky zasuňte dělicí nálevku a připevněte ji ke stojanu. Na boční trubici filtrační baňky nasadte gumovou hadičku a její druhý konec vložte do větší skleněné nádoby naplněné vodou. Ujistěte se, že je kohout dělicí nálevky uzavřen a nalijte do ní zředěnou HCl.
2. Pomalu začněte přikapávat kyselinu na kousky zinku, začne se vyvíjet vodík. Plyn nechejte chvíli vyvíjet, aby vodík vypudil vzduch z filtrační baňky. Poté k vývodu gumové hadičky, který je ponořen ve vodě, přiložte obráceně (ústí směrem ke stolu) tlustostěnnou zkumavku (naplněnou vodou) a jímejte vodík. Ve chvíli, kdy je ze zkumavky vytlačena veškerá voda, utěsněte ji prstem.
3. Zkumavku přiblížte k plamenu kahanu, oddělte prst a ústím ji vložte těsně k plamenu kahanu.
4. Mohou nastat dvě varianty, buď se ozve tzv. štěknutí (neboli zapálení směsi vodíku s kyslíkem – pokud z filtrační baňky nebyl zcel vytlačen všechn vzduch), nebo vodík pouze shoří (v případě, že ve zkumavce je pouze čistý vodík), což lze pozorovat orosením zkumavky.

Bezpečnost

Provádějte ve větrané místnosti/v digestoři. Používejte ochranné rukavice (práce s HCl). Je potřeba používat tlustostěnné zkumavky.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=iyj4rx29Xt4>⁴⁰



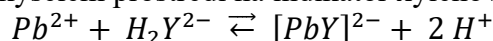
- 1 - Dělicí nálevka
- 2 - Gumová zátka s otvorem pro dělicí nálevku
- 3 - Filtrační baňka
- 4 - Gumová hadička
- 5 - Větší skleněná nádoba s vodou

Obr. 5: Aparatura pro jímání vodíku (vytvořeno v ChemDraw).

Tvrđost vody

Obecný popis

Podstatou stanovení celkové tvrdosti vody je reakce mezi chelatonem 3 (disodná sůl kyseliny ethylendiamintetraoctové, $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$) a kationty Ca^{2+} a Mg^{2+} v silně alkalickém prostředí. Chelatometrie (chelatomrická titrace) je jednou ze základních komplexometrických odměrných metod. Výhodou chelatonu 3 je, že s kovovými ionty tvoří komplexy v poměru 1:1, což ulehčuje práci s určením titračního faktoru. Koncentrace chelatonu 3 se stanovuje na základní látku $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ v kyselém prostředí na indikátor xylenovou oranž:



Celkovou tvrdost vody vyjadřuje množství Ca^{2+} a Mg^{2+} ve vodě, výsledná tvrdost se udává v mmol/l. Chelaton 3 tvoří při $\text{pH} = 10$ cheláty nejprve s kationty Ca^{2+} a poté s kationty Mg^{2+} . Jako indikátor se používá eriochromčern T, která tvoří s hořčíkem vínově červený roztok, který při titraci přechází do stabilního modrého zbarvení.

Tvrđost vody se udává v mmol/l, v evropských zemích je zatím hojně rozšířený také německý stupeň tvrdosti $^\circ\text{d}$ ($^\circ\text{dH}$, $^\circ\text{DH}$), pro který platí přepočtový vztah $1 \text{ mmol/l} = 5,6 \text{ }^\circ\text{d}$. Podle tvrdosti vody se rozlišuje několik typů vod:

Tab. 1: Tvrđost vody

Voda	Tvrđost vody ($^\circ\text{d}$)
Velmi měkká	pod 2,8
Měkká	3,9 – 7
Středně tvrdá	7,01 – 14
Tvrđá	14,01 – 21
Velmi tvrdá	nad 21,01

Časová náročnost

45 minut

Chemikálie

Chelaton 3 o přesné koncentraci (0,01 mol/l), NaOH (0,1 mol/l), NH_4Cl (0,5 mol/l), NH_3 (2 mol/l), eriochromčern T (s), vzorek vody (z kohoutku, alespoň 200 ml).

Vybavení

Byreta, nálevka, stojan, držák, titrační baňka, pipeta, odměrná baňka, kádinky, špachtlička, odměrný válec.

Postup

- Byretu upevněte na stojan pomocí držáku a pomocí nálevky ji naplňte odměrným roztokem chelatonu 3.
- Připravte si amoniakální pufr smícháním 7,5 ml NH_4Cl a 2,5 ml NH_3 .
- Do titrační baňky odměřte v odměrném válci 100 ml vzorku vody, přidejte 5 ml amoniakálního pufru, 5 ml NH_3 a pomocí špičky špachtle přidejte špetku indikátoru eriochromčern T. Roztok ihned titrujte chelatonem 3, dokud roztok z vínově červené nepřejde do stabilního modrého zbarvení. Zapište si objem spotřeby chelatonu 3, doplňte byretu a titraci ještě jednou zopakujte.
- Z obou objemů spotřeby chelatonu 3 vypočítejte průměrný objem, ze kterého budete dále počítat celkovou koncentraci Ca a Mg (celkovou tvrdost vody), pomocí vzorce (1):

$$c = \frac{c_t \cdot V_t \cdot 10^3}{V_a} \quad 1$$

kde c je celková tvrdost vody v mmol/l, c_t je koncentrace odměrného roztoku (chelaton 3), V_t je spotřebovaný objem odměrného roztoku a V_a je stanovovaný objem vzorku vody. Tuto koncentraci přepočítejte na německé stupně tvrdosti a podle tabulky (Tab. 1) určete, o jaký typ vody se jedná.

Bezpečnost

Pracujte v ochranných rukavicích.

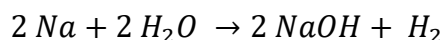


Obr. 6: Stanovení tvrdosti vody, po titraci; snímek obrazovky z ref. ⁴¹.

Skákající sodík

Obecný popis

Reakcí sodíku s vodou vzniká hydroxid sodný a vodík, díky vrstvě benzínu však vodík nemůže volně unikát a tvoří bublinky, ty vznikají převážně na spodní vrstvě sodíku, která je v kontaktu s vodou.



Tyto bublinky sodík vynášejí nahoru do benzínové vrstvy, kde se postupně uvolní a sodík vlastní vahou padá zpět na vrstvu vody. Lakmus se přidává pro viditelnou změnu pH, kdy se původně neutrální pH (voda), změní na zásadité díky vznikajícímu hydroxidu (fialové zbarvení roztoku).

Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

Lékařský benzín, Na (s), destilovaná voda, lakmus.

Vybavení

Zkumavka, pipeta, pinzeta, nůž, stojan, držák, filtrační papír.

Postup

1. Do zkumavky nalijte asi 2-3 cm destilované vody, přidejte trochu lakmusu a roztok ve zkumavce promíchejte.
2. Roztok opatrně převrstvěte stejným nebo o něco větším množstvím benzínu. Zkumavku upevněte ke stojanu pomocí držáku.
3. Ze zásobní lahve vytáhněte kousek sodíku a odkrojte kousek sodíku o velikosti cca 0,25 cm³, petrolej otřete do filtračního papíru.
4. Sodík do zkumavky vhodte pomocí pinzety a pozorujte průběh reakce, která se nechá proběhnout, dokud se veškerý sodík nespotřebuje.

Bezpečnost

Při krájení sodíku používejte ochranné rukavice. Likvidace látek se může provádět až po úplném rozpuštění sodíku, jinak hrozí při jeho kontaktu s vodou zapálení a tím i zapálení benzínu. Zbytky roztoků se NEVYLÉVAJÍ do výlevky, obsahují organická rozpouštědla, musí se vylévat do odpadní lahve připravené pro tento účel.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=zbmLMm2Mpa8>⁴²



Obr. 7: Skákající sodík, snímek obrazovky z ref.⁴².

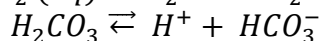
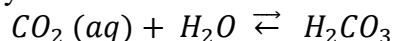
Příprava CO₂

Obecný popis

Uhličitan vápenatý (a celkově uhličitan) při reakci s kyselinou chlorovodíkovou poskytuje oxid uhličitý. Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, který je těžší než vzduch a nepodporuje hoření (hasí plamen). Proto oxid uhličitý postupně naplňuje nádobu ode dna a postupně vytlačuje kyslík. Jakmile oxid uhličitý doputuje do výšky plamene jednotlivých svíček, je možné pozorovat postupné zhasínání od nejnižší svíčky po nejvyšší.



Po probublávání vody oxidem uhličitým vzniká kyselina uhličitá, která však disociuje za uvolnění H⁺, čímž zvyšuje kyselost daného roztoku.



Časová náročnost

20-25 minut

Chemikálie

CaCO₃ (práškový) nebo mramor, HCl (2 mol/l), indikátor methylčerveň (0,1%).

Vybavení

Erlenmeyerova baňka (500 ml), dělicí nálevka (250 ml), promývačka, skleněné tyčinky, hadičky, skleněná vana (případně jiná větší nádoba), kádinka, gumové zátky s otvory, svíčky, zápalky.

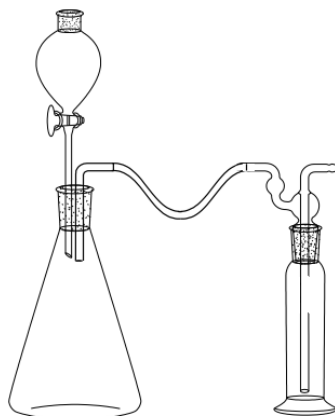
Pro podložení svíček: kádinky různých velikostí (tak, aby svíčka položená na obrácenou kádinku nepřesahovala okraj skleněné vany), Petriho miska.

Postup

1. Sestavte aparaturu dle obrázku.
2. Do Erlenmeyerovy baňky vložte několik kousků mramoru nebo několik lžiček práškového CaCO₃, do dělicí nálevky nalijte kyselinu chlorovodíkovou.
3. Z dělicí nálevky začněte pomalu přikapávat kyselinu na uhličitan vápenatý, tím se začne vyvíjet oxid uhličitý. Ten nechte chvíli vyvíjet naprázdno, aby aparatura byla zcela zaplněná oxidem uhličitým. Poté vložte trubičku, ze které uniká oxid uhličitý, do skleněné vany se zapálenými svíčkami v různých výškách a sledujte, jak postupně zhasínají.
4. Po zhasnutí všech svíček vyjměte koncovou trubičku, vložte ji do kádinky s destilovanou vodou s pár kapkami indikátoru methylčerveň a nechte plyn vodou probublávat. Pozorujte změnu zbarvení indikátoru.

Bezpečnost

Používejte ochranné rukavice při práci s HCl.

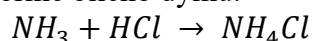


Obr. 8: Schéma aparatury pro přípravu CO₂, snímek obrazovky z ref. ⁴³.

Dýmavnice

Obecný popis

Koncentrované NH_3 i HCl jsou velmi těkavé látky, které spolu reagují za vzniku salmiaku, který lze pozorovat ve formě bílého dýmu.



Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

HCl (konc.), NH_3 (konc.).

Vybavení

Dva větší odměrné válce.

Postup

1. Do jednoho válce nalejte 1 ml konc. roztoku amoniaku, do druhého válce nalijte 1 ml konc. kyseliny chlorovodíkové.
 2. Ústí válců přiblížte k sobě. Pozorujte vznik bílého dýmu.
- Před začátkem pokusu je možné také přiložit k ústí navlhčený indikátorový papírek a zjistit acidobazickou reakci obou látek – důkaz těkání.

Bezpečnost

Pracujte v digestoři (pokud není k dispozici, pokus lze provést i přímo ze zásobních lahví v otevřené, dobře větrané místnosti), ochranné pomůcky (brýle, rukavice), pracuje se s koncentrovanou HCl a NH_3 .

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=pBfQbhWGYFU>⁴⁴

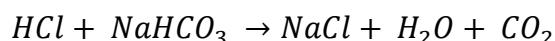


Obr. 9: Dýmavnice, snímek obrazovky z ref.⁴⁴.

Hasící přístroj

Obecný popis

Při překlopení se ze zkumavky vylije konc. HCl, která reaguje s NaHCO₃ za vzniku oxidu uhličitého.



Saponát se díky vznikajícímu oxidu uhličitému napění a následně pěna stříká ven z odsávací baňky.

Časová náročnost

20 minut

Chemikálie

NaHCO₃ (s), konc. HCl, saponát, voda (z kohoutku).

Vybavení

Odsávací baňka (250ml) s gumovou zátkou, lžička, tyčinka, zkumavka, větší mísa či jiná nádoba na pěnu.

Postup

1. Do odsávací baňky napusťte z kohoutku asi z třetiny vodu. Přisypávejte jedlou sodu (NaHCO₃) dokud se nepřestane rozpouštět (nasyčený roztok).
2. Po nasycení roztoku přidejte asi 1 ml saponátu. Poté do odsávací baňky vložte zkumavku s koncentrovanou HCl tak, aby se opřela o stěnu odsávací baňky a její ústí bylo nad hladinou roztoku.
3. Baňku důkladně uzavřete gumovou zátkou a překlopte ji dnem vzhůru. Boční vývod odsávací baňky mírte do umyvadla nebo do velké nádoby. Po převrácení baňky z bočního vývodu stříká pěna po poměrně krátkou dobu.

Bezpečnost

Zátku používat gumovou! Při vývoji plynu vzniká tlak a zátka by mohla vystřelit (proto se nepoužívá skleněná zátka). Ochranné pomůcky (rukavice, brýle).

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=CcsIbg4cwt4>⁴⁵

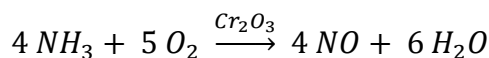


Obr. 10: Hasící přístroj, snímek obrazovky z ref. ⁴⁵.

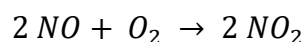
Světlušky

Obecný popis

Amoniak je těkavý a jeho páry zaplňují celou sklenici. Páry amoniaku se oxidují na oxid dusnatý za katalýzy oxidu chromitého (probíhá na něm vlastní katalýza, proto dochází ke "světélkování").



Oxid dusnatý se následně oxiduje na oxid dusičitý, který lze pozorovat jako rezavé páry ve sklenici.



Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

NH_3 (konc.), Cr_2O_3 (s).

Vybavení

Zavařovací sklenice (5l), čajové vajíčko, lžička, kahan, sirky, alobal.

Postup

1. Do zavařovací sklenice nalijte roztok koncentrovaného NH_3 tak, aby pokryl dno sklenice, sklenici zavřete, tím se zaplní parami amoniaku.
2. Do spodní části čajového vajíčka vložte alobal, aby kryl otvory. Do této části vložte 3 lžičky pevného oxidu chromitého.
3. Čajové vajíčko zahřejte nad kahanem, dokud není rozžhavené. Rozžhavené vajíčko vložte do zavařovací sklenice a třeste jím. Při třesení vypadává rozžhavený oxid chromitý, který světélkuje.

Bezpečnost

Pracujte v digestoři, nebo v dobře odvětrávané místnosti. Při práci s amoniakem použijte ochranné rukavice. Při práci s plamenem dávejte pozor, aby nedošlo k popálení.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=uKvqqwN4qi8>⁴⁶

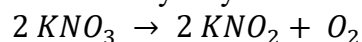


Obr. 11: Světlušky, snímek obrazovky z ref. ⁴⁶.

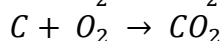
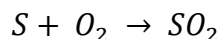
Peklo ve zkumavce

Obecný popis

KNO_3 se rozkládá na dusitan draselný a kyslík.



Vhozená síra a dřevěné uhlí (uhlík) reagují s kyslíkem za vzniku oxidu uhličitého a oxidu siřičitého.



Při těchto reakcích se uvolňuje velké množství tepla (exotermické reakce), pozorujeme také světelný efekt.

Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

KNO_3 (s), S (s), malý kousek dřevěného uhlí (musí vejít do zkumavky).

Vybavení

Stojan, křížová svorka, klema, miska s pískem, zkumavka, lžička, kahan, sirky, chemické kleště.

Postup

1. Zkumavku upevněte do stojanu a dejte do ní dusičnan draselný do výšky asi 2-3 cm.
2. Zkumavku zahřívejte, po roztavení dusičnanu draselného vhodte malý kousek rozzhaveného dřevěného uhlí a následně přidejte půlku malé lžičky síry. Ústí zkumavky přikryjte čelistmi kleští.
3. Po vhození síry a dřevěného uhlí dochází k prudké exotermické reakci, můžeme pozorovat také světelný efekt. Dřevěné uhlí ve zkumavce poskakuje.

Bezpečnost

Pokus provádějte v digestoři nebo v dobře větrané místnosti.

Video

https://www.youtube.com/watch?v=nHf--wlb2_U&t=2s⁴⁷



Obr. 12: Peklo ve zkumavce, snímek obrazovky z ref.⁴⁷.

Reakce vápníku a hořčíku s vodou

Obecný popis

Vápník a hořčík s vodou reagují za vzniku hydroxidu a vývoje vodíku. Oba hydroxidy lze dokázat indikátorem fenolftalein, který v zásaditém prostředí dává fialové zbarvení. Unikající vodík lze pozorovat jako bublinky a lze jej dokázat hořící špejlí, dochází ke štěknutí, jelikož směs vodíku a kyslíku je výbušná.

Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

Ca (s), Mg hobliny (s), destilovaná voda, fenolftalein (1%).

Vybavení

2 zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka, lžička, kádinka, vaříč.

Postup

1. Do 2 zkumavek nalijte 5 ml destilované vody, do obou přidejte pár kapek fenolftaleinu.
2. Do první zkumavky nasypete malou lžičku hořčíkových hoblin, do druhé přisypte malou lžičku vápníku. Reakce můžete urychlit zahřátím zkumavek ve vodní lázni.
3. Uvolňovaný plyn lze dokázat pomocí hořící špejle.

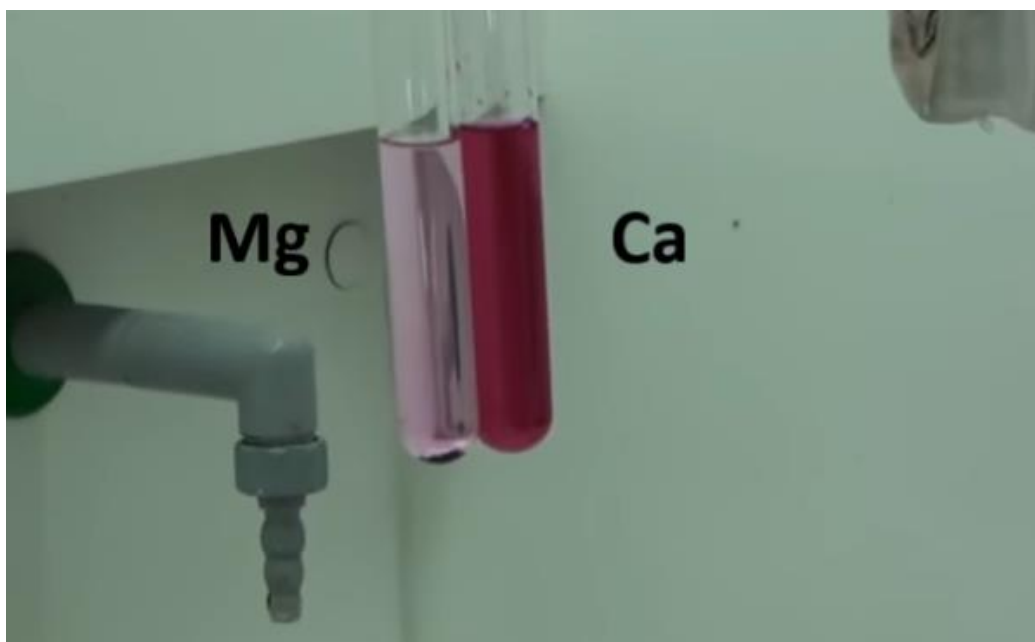
Vápník po vhození do vody reaguje ihned, barva roztoku se mění na fialovou, lze pozorovat bublinky. Hořčík s vodou rychle nereaguje, je potřeba jej zahřát, poté je možné pozorovat unikající plyn a barva roztoku se mění na fialovou.

Bezpečnost

Pracujte v ochranných rukavicích.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=W-54iZYfnqg&t=1s>⁴⁸



Obr. 13: Reakce Mg a Ca s vodou, snímek obrazovky z ref. ⁴⁸.

Plamenové zkoušky

Obecný popis

Vložení vzorku do plamene je mu dodána energie, která způsobí excitaci elektronů. Excitované elektrony se vracejí zpět na původní energetickou hladinu, rozdíl energie mezi excitovaným stavem a základním stavem je vyzářen ve formě elektromagnetického záření, jehož vlnové délky jsou typické pro daný prvek.

Barvy plamene: **Li⁺** purpurově červená, **Na⁺** intenzivně žlutooranžová, **K⁺** fialová (sodíkové zbarvení se filtruje modrým kobaltovým sklem), **Rb⁺** červeno-fialová, **Cs²⁺** modrá, **Mg²⁺** intenzivně bílá, **Ca²⁺** oranžovočervená, **Sr²⁺** karmínově červená, **Ba²⁺** žlutozelená, **B³⁺** jablečně zelená, **Cu²⁺** zelená, **Mn²⁺** zelená (současné jiskření), **Se⁴⁺** chrpově modrá, **Mo⁴⁺** sírově žlutá, **In³⁺** modrá až modrofialová, **Tl⁺** smaragdově zelená, **Pb²⁺** modrobílá.

Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

Roztoky vybraných kationtů (lze použít i roztoky nízkých koncentrací, cca 0,1%), roztok HCl (poměr 1:1).

Vybavení

Kahan, sirky, platinový drátek s očkem zatavený na konci skleněné tyčinky (lze místo něj použít špejle – nelze použít pro K⁺), zkumavky, popisovač.

Postup

1. Do zkumavek odlijte přibližně 1 ml vzorků určených k analýze, do další zkumavky nalijte přibližně 3 ml roztoku HCl (ředěno 1:1), všechny zkumavky si označte.
 - a. Před prací je nutné platinové očko nejprve vyčistit od případných nečistot z předchozích stanovení. Do zkumavky s roztokem HCl namáčíme platinové očko a poté jej vložíme do nesvítivé části plamene, změna barvy plamene indikuje znečištění a je potřeba postup čištění opakovat tak dlouho, až není patrná změna zbarvení plamene, poté můžeme začít stanovení.
2. Pracujte opatrně, aby se platinový drátek nešetrou manipulací neohýbal nebo nevylomil ze skleněné tyčinky, drátek se také nežihá celý, ale maximálně jeho první třetina s očkem (nahříváním celého drátku hrozí prasknutí skleněné tyčinky).
3. Postupně smáčejte očko v daném analyzovaném vzorku a vkládejte do plamene, sledujte se změnu zbarvení plamene, výsledky si запиšte. Mezi jednotlivými vzorky je nutné očko vyčistit pomocí HCl (jak je popsáno výše).

Bezpečnost

Pracujte opatrně, aby při práci s plamenem nedošlo k popálení. Při práci s HCl pracujeme opatrně, aby nedošlo k poleptání.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=9NEG1OAvNDs>⁴⁹

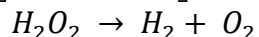
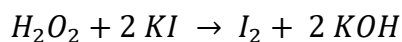


Obr. 14: Zbarvení plamene měďnatými ionty, snímek obrazovky z ref.⁴⁹.

Sloní pasta

Obecný popis

Po smíchání vzniká rostoucí pěna připomínající sloní chobot, proto se nazývá sloní pasta. Dochází k reakci H_2O_2 s KI, za vzniku jódu a hydroxidu draselného, a ke katalytickému rozkladu H_2O_2 na vodu a kyslík.



Vzniklý jód je možné dokázat přikápnutím škrobu – pěna zfialoví. Kyslík je možno dokázat doutnající špejlí.

Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

Nasyčený roztok KI, H_2O_2 (30%, aq), saponát, (potravinářské barvivo).

Vybavení

Odměrný válec (vyšší, užší), plastová nádoba (větší), malý odměrný válec (10ml).

Postup

1. Válec umístěte do umyvadla nebo do nádoby, aby nedošlo ke znečištění pracovního místa.
2. Do válce nalijte asi 4 ml H_2O_2 , 2 ml saponátu a promíchejte. Můžete přidat pár kapek potravinářského barviva.
3. Přidejte 4 ml nasyceného roztoku KI. Po přidání KI dojde k vytvoření mohutné pěny (zbarvené buď podle přidaného barviva nebo je žlutá bez přidání barviva).

Bezpečnost

Použijte ochranné rukavice, při práci dávat pozor, aby nedošlo k potřísnění. Při úklidu pozor, pěna je horká a může obsahovat zbytky peroxidu vodíku.

Videonávod

https://www.youtube.com/watch?v=w_WnIqbbSEY⁵⁰

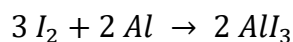


Obr. 15: Sloní pasta, snímek obrazovky z ref.⁵⁰.

Reakce I₂ s Al

Obecný popis

Hliník s jodem reaguje za vzniku jodidu hlinitého. Aby k této reakci mohlo dojít, použije se voda pro smytí pasivované vrstvy hliníku. Čerstvý hliník zbavený pasivované vrstvy energicky reaguje s jodem.



Jedná se o exotermickou reakci (uvolňuje teplo), což způsobuje sublimaci jodu, a proto lze pozorovat jeho fialové plynné páry. Hliník je dobré redukční činidlo.

Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

I₂ (s), Al (práškový), voda (stříčka).

Vybavení

Třecí miska s tloučkem (2), kovová miska, stříčka nebo kapátko (pipeta).

Postup

1. V jedné suché třecí misce rozetřete 3 g jodu a v další suché třecí misce rozetřete 2 g hliníku. Obě látky poté smíchejte na filtračním papíru.
2. Směs nasype do kovové misky a přidejte pár kapek ze stříčky. (Pokud se jedná o silně pasivovaný nebo hruběji práškový hliník, je potřeba použít teplou vodu, aby byla reakce iniciována.)
3. Po přikápnutí vody se po chvíli začnou uvolňovat fialové páry a lze pozorovat žlutý plamen.

Bezpečnost

Pracujte v digestoři nebo v dobře větrané místnosti. Hliník s jodem se nesmí ve třecí misce třit společně, mohlo by dojít k samovznícení směsi.

Při likvidaci je nejprve potřeba z dostatečné vzdálenosti vzniklý jodid hlinitý pokropit vodou (vzniká dráždivý HI), až poté je možné umytí. Není možné jej likvidovat jako pevnou látku do komunálního odpadu, jelikož hrozí opětovné vznícení směsi.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=rSMMuA4QHww>⁵¹



Obr. 16: Fialový kouř z reakce jodu a hliníku s vodou, snímek obrazovky z ref. ⁵¹.

Pokus s kvasnicemi

Obecný popis

Pekařské droždí neboli kvasnice je výrobek, jehož podstatu tvoří živoucí lisované buňky kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*. Zhruba 1 g droždí obsahuje 10 miliard těchto živých buněk. Kvasinky mají schopnost přeměňovat cukry na alkohol a oxid uhličitý (pozorujeme nafouknutím balónku), probíhá v nich tzv. alkoholové kvašení.

Časová náročnost

15 minut

Chemikálie

Sacharosa (krystalový cukr), půl kostky kvasnic.

Vybavení

Erlenmeyerova baňka, kádinka, nafukovací balonek, lžička.

Postup

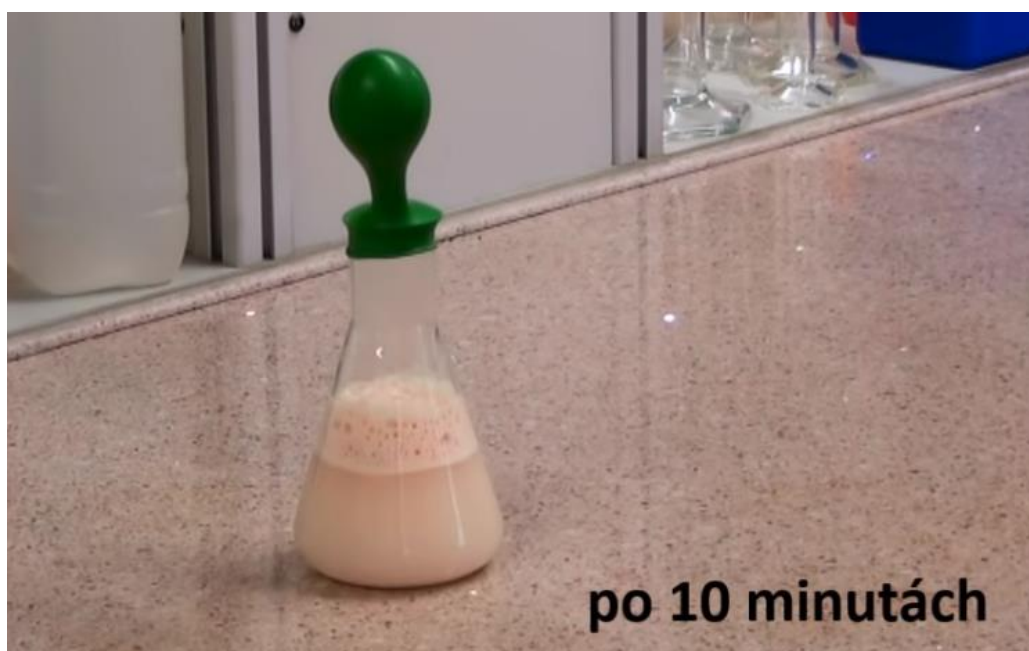
1. Do Erlenmeyerovy baňky dejte 2 lžičky krystalového cukru, nadrobte k němu kvasnice a zalijte 200 ml vlažné vody. Baňku promíchejte krouživým pohybem.
2. Na hrdlo baňky umístěte balonek (je dobré předem vyzkoušet, zda se dobře nafukuje) a nechte stát v teple. Po chvíli je možné pozorovat pění roztoku a nafukování balónku.

Bezpečnost

Žádné speciální opatření.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=ziVjKX1Gxec>⁵²

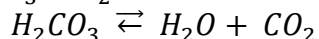
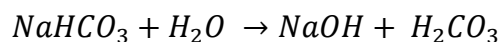


Obr. 17: Balonek nafouknutý při alkoholovém kvašení, snímek obrazovky z ref.⁵².

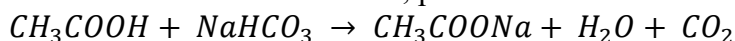
Lávová lampa

Obecný popis

Lávová lampa je v tomto případě nádoba, ve které jsou umístěny dvě nemísitelné kapaliny různých hustot. Při kontaktu šumivé tablety s vodou dochází k chemické reakci, při které vznikají bublinky oxidu uhličitého.



Jedlá soda reaguje zásaditě, zatímco ocet (kyselina octová) reaguje kyselě. Při kontaktu jedlé sody s octem dochází k neutralizační reakci, při které také vzniká oxid uhličitý.



Bublinky oxidu uhličitého nadnášejí kapky vody nebo octa nahoru na hladinu, kde uniknou do okolí a voda nebo ocet klesají skrz olej zpět ke dnu.

Časová náročnost

10 minut

Chemikálie

Jedlá soda (NaHCO_3) či šumivá tableta, zeleninový olej, potravinářské barvivo, voda nebo ocet.

Vybavení

Vyšší nádoba (kádinka/zavařovací sklenice/odměrný válec), kádinka, lžička/kapátko.

Postup

Při použití šumivé tablety:

1. Do vyšší nádoby dejte trochu potravinářského barviva a nalijte na něj vodu, promíchejte.
2. Dále přilijte zhruba dvojnásobné množství oleje, nechejte nad olejem trochu místa (alespoň 1 cm), aby nádoba při reakci nepřetekla.
3. Do nádoby vhodte šumivou tabletu a sledujte reakci.

Při použití jedlé sody:

1. Do menší kádinky nalijte trochu octa a obarvěte jej potravinářským barvivem.
2. Do vyšší nádoby nasypejte jedlou sodu tak, aby byla do výšky asi 1 cm. Poté pomalu po stěně nádoby nalijte olej do takové výšky, aby po přilítí připraveného octu do nádoby hladina dosahovala maximálně 1 cm pod okraj.
3. Pomalu přilijte do nádoby ocet a sledujte reakci.

Bezpečnost

Žádné speciální opatření.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=qCuFjXGSVB4> ⁵³

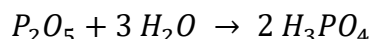


Obr. 18: Domácí lávová lampa (s šumivou tabletou).

Kyselý oblak

Obecný popis

Hořením fosforu vzniká oxid fosforečný, který je kyselý oxid. Při jeho interakci s vodou vzniká kyselina fosforečná.



Lakmus je acidobazický indikátor, v neutrálním prostředí má fialové zbarvení, v alkalickém prostředí modré zbarvení a v kyselém prostředí červené zbarvení. Kyselina fosforečná, která vzniká při reakci, je kyselá a zbarvení lakmusu se proto mění na červenou.

Časová náročnost

5 minut

Chemikálie

Červený fosfor (s), lakmus (aq), destilovaná voda.

Vybavení

Baňka (2l), lihový kahan, sirky, spalovací lžička, gumová zátka na baňku (korek).

Postup

1. Do baňky nalijte asi čtvrt litru destilované vody, přidejte lakmusový roztok.
2. Na spalovací lžičku naberte červený fosfor, zapalte kahan a fosfor nad ním zapalte.
3. Poté lžičku pomalu vsuňte do baňky nad vodu. Začne se tvořit oblak oxidu fosforečného.
4. Když je baňka více zaplněná oblakem, uzavřete ji zátkou. Oxid fosforečný se postupně rozpouští ve vodě a vzniká kyselina fosforečná, oblak postupně zmizí. Kyselina fosforečná je kyselá, barva lakmusu se z fialové změní na červenou.

Bezpečnost

Pracujte nejlépe v digestoři. Pracujte v rukavicích a ochranných brýlích. Látky používané v tomto pokusu jsou nebezpečné pro zdraví a toxické.

Pro likvidaci zbytků na spalovací lžičce použijte cca 5% roztok modré skalice, který s případným zbylým fosforem vytváří netoxický fosfid.

Videonávod

<https://www.youtube.com/watch?v=F3zTYjzbC9M>⁵⁴



Obr. 19: Kyselý oblak, snímek obrazovky z ref.⁵⁴.

Boraxová sněhová vločka

Obecný popis

Rozpustnost boraxu ve vodě je 51,4 g/l při 20 °C, s rostoucí teplotou se jeho rozpustnost zvyšuje. Když se poté voda opět ochladí, vzniká nestabilní přesycený roztok, ze kterého se nadbývající borax vylučuje a krystalizuje na jakémkoliv texturovaném povrchu.

Časová náročnost

Příprava 10-15 minut, 24 hodin čekání.

Chemikálie

Borax, vařící voda.

Vybavení

Lžice, nádoba na vodu (zavařovací sklenice/kádinka), žinylková tyčinka (tvarovací), příze, tužka, papírová utěrka.

Postup

1. Do sklenice nalijte vařící vodu. Přidejte lžičku boraxu a míchejte, dokud se nerozpustí. Přidejte další lžičku a postup opakujte tak dlouho, dokud na dně nezůstane trocha prášku, který se již nerozpustí.
2. Z tyčinky si vytvarujte tvar, jaký chcete, přivažte ji a přivažte druhý konec na tužku, díky které budete moci tvar ponořit do roztoku.
3. Ponořte vytvarovanou přivázanou tyčinku tak, aby byla kompletně pod vodou, ale nedotýkala se dna sklenice ani jejích stěn. Nechejte v roztoku 24 hodin. Poté tvar vyjměte z roztoku a nechejte jej usušit na papírové utěrce.

Bezpečnost

Pozor při práci s vroucí vodou, aby nedošlo k opaření. Při práci s boraxem dávejte pozor, aby se vám nedostal do očí.

Videonávod

https://www.youtube.com/watch?v=CdG_txiNF5A⁵⁵

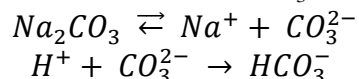


Obr. 20: Boraxová vločka, snímek obrazovky z ref. ⁵⁵.

Kouzelná kapalina

Obecný popis

Některé látky nemají na pH vliv, jako například sacharosa (cukr) nebo kuchyňská sůl (NaCl), jelikož jejich přidáním do roztoku se koncentrace OH^- ani H^+ v roztoku nezvýší. Jiné látky si zase z roztoku berou OH^- nebo H^+ , například Na_2CO_3 , které v roztoku disociuje na ionty Na^+ a CO_3^{2-} , kdy ionty CO_3^{2-} tvoří s H^+ v roztoku HCO_3^- ionty.



Tím je v roztoku vyšší koncentrace OH^- než H^+ , pH roztoku se zvýší a je zásadité. Indikátor reaguje s ionty a je zbarven na základě jeho vzniklé formy (či forem).

Časová náročnost

10 minut

Chemikálie

Na_2CO_3 (0,1 mol/l), NaHCO_3 (s), NaHSO_4 (0,1 mol/l), kyselina citronová (aq, 10%), thymolová modř (0,1%), voda.

Vybavení

Kádinky (případně zkumavky), lžička, kapátka.

Postup

1. Nejprve si do kádinky připravte roztok pH indikátoru thymolové modři (1 velká lžička, voda). Poté si připravte 5 menších kádinek či zkumavek.
2. Do první dejte 10 kapek NaHSO_4 ; do druhé dejte 5 kapek kyseliny citronové, do třetí smíchejte 5 kapek kyseliny citronové a 5 kapek Na_2CO_3 , do čtvrté dejte malou lžičku NaHCO_3 a do páté 5 kapek Na_2CO_3 .
3. Do každé z menších kádinek/zkumavek rovnoměrně rozdělte roztok indikátoru thymolové modři. Indikátor mění barvu na základě pH roztoku, pozorujeme tedy změnu zbarvení v kádinkách, podle kterého lze přibližně určit pH.

Bezpečnost

Žádné speciální opatření.



Obr. 21: Změna zbarvení roztoků po přidání indikátoru na základě pH, snímek obrazovky z ref. ⁵⁶.

Kyselé vzory

Obecný popis

Thymolová modř se v zásaditém prostředí barví modře, přidáním kyselého roztoku a opatrným promícháním se objeví oranžové obrazce/vzory, kvůli jinému zabarvení formy indikátoru.

Časová náročnost

10 minut

Chemikálie

Na_2CO_3 (0,1 mol/l), NaHSO_4 (0,1 mol/l), thymolová modř (0,1%), voda.

Vybavení

Petriho miska, kapátko/pipeta.

Postup

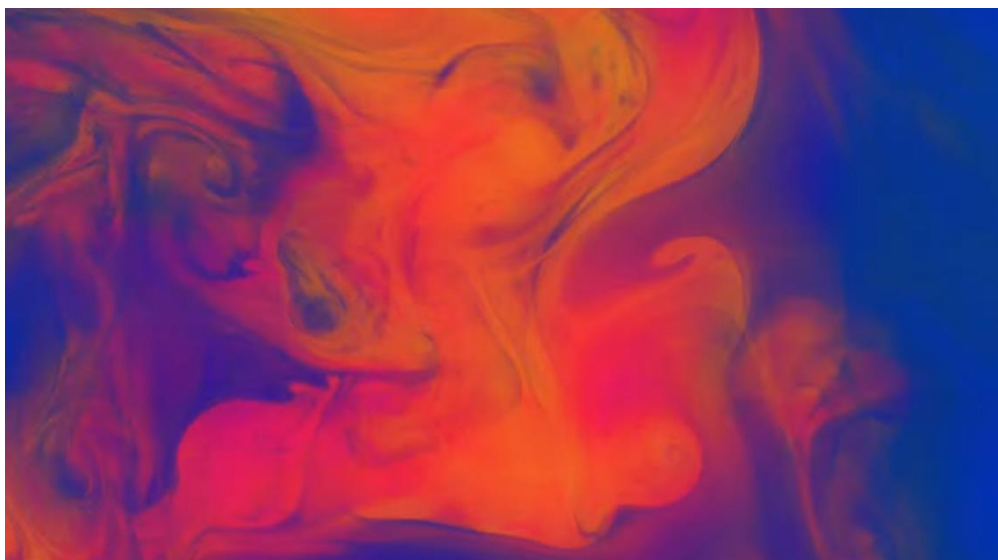
1. Do Petriho misky připravte zředěný roztok uhličitanu sodného (3 kapky Na_2CO_3 , přidání vody), aby kapalina pokrývala dno misky.
2. Přidejte 10 kapek thymolové modře a promíchejte, roztok se změní na modrý. Poté přidejte na různá místa 5-7 kapek Na_2CO_3 a opatrně míchejte, můžete "kreslit" vzory, až dokud nebude celý roztok žlutý.
3. Poté na různá místa přidejte roztok Na_2CO_3 a opět opatrně míchejte a můžete tvořit vzory, dokud nebude celý roztok opět modrý.
4. Kroky přidávání NaHSO_4 a Na_2CO_3 můžete opakovat několikrát, vždy můžete zkusit přidávat jiná množství.

Bezpečnost

Žádné speciální opatření.

Videonávod

https://www.youtube.com/watch?v=QSSI_QFBoUM⁵⁷



Obr. 22: Kyselé vzory, snímek obrazovky z ref.⁵⁸.

4 Diskuse

Sesbíráno bylo celkem 20 pokusů s s- a p- prvky. Konkrétně se jedná o vodík, sodík, síru, vápník, hořčík, jod, hliník a fosfor. Ostatní pokusy jsou se sloučeninami s- a p- prvků. S s- a p- prvky uměle vytvořenými a s radioaktivními prvky nebyly nalezeny žádné pokusy, jelikož uměle vytvořené prvky se zatím využívají pouze k vědeckým účelům a radioaktivní prvky jsou podle dnešních měřítek příliš nebezpečné pro výuku na základních či středních školách. Pro vzácné plyny nebyly prvky sesbírány kvůli jejich velice nízké reaktivitě. Nakonec pro některé další prvky, které nejsou pro pokusy tolik běžné, jsou toxické (jako olovo) nebo by byly příliš drahé, nebyly hledány pokusy.

Tyto sesbírané pokusy se mohou zařadit mezi demonstrační a žákovské pokusy, zároveň také jde o pokusy motivační, osvojovací ale také pokusy využívané při upevňování a kontrole učiva. Z hlediska přesnosti a vyhodnocení práce se jedná spíše o kvalitativní pokusy, pro pokus Tvrdost vody se jedná o kvantitativní pokus, při kterém se počítá látková koncentrace iontů v kohoutkové vodě. Z pohledu použitého množství látek lze sesbírané pokusy řadit mezi makrotechnické, případně semimikrotechnické.

Většina pokusů má časovou náročnost do 30 minut, s několika výjimkami. Pro pokus boraxová sněhová vločka je nutné čekat 24 hodin po krátké přípravě, u tohoto pokusu je tedy možné vyzkoušet si jiný chemický pokus a poté se další den přijít podívat na vzniklé „vločky“.

Pro většinu pokusů je potřeba používat ochranné rukavice a případně ochranné brýle, kvůli práci s kyselinami či zásadami. U pokusů Dýmavnice, Světlušky, Peklo ve zkumavce, Reakce I_2 s Al a Kyselý oblak je potřeba pracovat v digestoři nebo ve velmi dobře větrané místnosti. Pro pokus Skákající sodík je nutné obstarat odpadní lahev pro zbytky po provedení pokusu, jelikož roztoky obsahují organická rozpouštědla. U některých z pokusů je také využití ohně nebo tepelného zdroje (kahan/vařič) a je při nich potřeba dbát zvýšené opatrnosti.

Většina pokusů nevyžaduje speciální laboratorní vybavení, stačí pouze základní laboratorní sklo. Pokusy využívají především kádinky, zkumavky a odměrné válce a také kapátka či pipety. Kádinky je možné nahradit zavařovacími sklenicemi. U pokusu Plamenové zkoušky je využíván speciální platinový drátek s očkem, který lze nahradit obyčejnou špejlí, tu však nelze použít pro K^+ . Pokusy Důkaz vodíku a Příprava CO_2 mají požadavky na laboratorní sklo poněkud náročnější, používají filtrační baňku a promývačku, které nemusejí být ve školách k dispozici.

V rámci chemických laboratoří na střední a vysoké škole jsem osobně vyzkoušela pokusy Důkaz dusíku, Důkaz síry, Důkaz vodíku, Tvrdost vody a Plamenové zkoušky. Osobně mimo školní laboratoře jsem také vyzkoušela pokus Lávová lampa.

Pro začátečníky, kteří si chtějí nejprve vyzkoušet méně náročné pokusy, je vhodné začít s pokusem Lávová lampa, Pokus s kvasnicemi, Boraxová sněhová vločka, Plamenové zkoušky nebo Sloní pasta. Pokus Plamenová zkouška zahrnuje nejvíce s- a p- prvků ze sesbíraných pokusů.

5 Závěr

Při výuce chemie je velmi důležitým prvkem chemický pokus, který dokáže naučenou látku demonstrovat a díky tomu ji mohou žáci i široká veřejnost lépe pochopit a zároveň si ji mohou tzv. „osahat“. Chemický pokus je klíčovým obohacením výuky chemie, díky kterému je také jednodušší si látku zapamatovat.

Cílem této práce bylo sesbírat sérii chemických pokusů s s- a p- prvky, ať už se samotnými prvky či se sloučeninami, které je obsahují. Sada těchto pokusů následně bude implementována do chemoinformatických databází Wikipokusy a Pokusnice.

Tyto pokusy mají za úkol demonstrovat vlastnosti daných s- a p- prvků. Například pokus Plamenové zkoušky, který ukazuje na vlnové délky excitovaného elektromagnetického záření, které jsou pro každý z prvků typické. Pokusy jsou určeny pro další využití při výuce chemie na základních či středních školách, na které je zaměřena Pokusnice.

Přínos této bakalářské práce je v obohacení Pokusnice a také Wikipokusů o další chemické pokusy, což rozšiřuje možnosti učitelům na výběr pokusů do hodin chemie, případně také jiným nadšencům do chemie.

Dalším krokem, kterým by bylo možné se s touto prací ubírat by mohlo být vyzkoušení sady chemických pokusů v chemickém kroužku a získat k nim zpětnou vazbu a poté zjistit, které z těchto pokusů jsou největším přínosem.

6 Conclusion

In teaching chemistry, a very important element is the chemical demonstration, which can demonstrate the learned substance and thanks to this, students and the general public can understand chemical phenomena better and at the same time can "touch" it. The chemical demonstration is a key enrichment of chemistry teaching, which also makes it easier to remember the material.

The aim of this work was to collect a series of chemical demonstrations with the s- and p- elements, either with the elements themselves or with compounds containing them. The set of these demonstrations will then be implemented in the chemoinformatics databases Wikipokusy and Pokusnice.

These demonstrations are intended to showcase the properties of the s- and p-elements in question. For example, the Flame Experiment, which shows the wavelengths of excited electromagnetic radiation that are typical for each of the elements. The demonstrations are intended for further use in teaching chemistry in primary or secondary schools, which is the focus of the Pokusnice.

The contribution of this bachelor's thesis is in the enrichment of the Pokusnice and also the Wikipokusy with additional chemical demonstrations, which expands the possibilities for teachers to select demonstrations for chemistry classes or for other chemistry enthusiasts.

The next step to take with this work could be to try out a set of chemistry demonstrations in a chemistry club and get feedback on them, and then see which ones are the most beneficial.

7 Použité zdroje a literatura

- (1) Hebáková, L.; Marek, D. ; Kučera, Z. *Popularizace výzkumu a vývoje – cíle a možnosti dalšího rozvoje v České Republice*. Technologické centrum Praha. 2011. <https://www.tc.cz/storage/download/ba63897c114e16fa1bffb86100cafb49e0a0391a> (Dostupné 2.5.2023)
- (2) Spurgeon, D. Science popularization: its history, triumphs and pitfalls. *Impact of science on society*, 1986, 36(144), 341-343.
- (3) Fráňová, D. Popularizace výzkumu a vývoje, *Diplomová práce*. Masarykova Univerzita Brno. 2016.
- (4) Rohlíková, L. ; Vejvodová, J. *Popularizace vědy*. Západočeská univerzita v Plzni, 2016, 30s. <http://hdl.handle.net/11025/29423> (Dostupné 2.5.2023).
- (5) *Zázraky přírody*. <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10214135017-zazraky-prirody/> (Dostupné 16.4.2023).
- (6) *Časopis Vesmír*. <https://vesmir.cz/cz/o-nas/redakce/> (Dostupné 16.4.2023).
- (7) *Časopis ABC*. <https://www.abicko.cz> (Dostupné 17.4.2023).
- (8) *Khan Academy*. <https://www.khanacademy.org> (Dostupné 16.4.2023).
- (9) *Mladý chemik*. <https://mladychemikcr.cz/soutez/> (Dostupné 17.4.2023).
- (10) *KSICHT*. <https://ksicht.natur.cuni.cz> (Dostupné 30.4.2023).
- (11) *Chemická olympiáda*. <https://olympiada.vscht.cz/cs/> (Dostupné 1.5.2023).
- (12) Kvítek, L.; Soukupová, J.; Zajoncová, L.; Štosová, T., et al. Education Of Science And Competitive Activities. *Problems of Education in the 21st Century*, 2007, 2, 39-41
- (13) Beneš, P.; Rusek, M. ; Kudrna, T. Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České Republice. *Chemické listy*, 2015, 109, 159-162.
- (14) Šmídl, M. *Popularizace chemie*. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem. 2014. https://chemistry.ujep.cz/userfiles/files/opory_popularizace_chemie.pdf (Dostupné 2.5.2023)
- (15) Sirotek, V. *Popularizace vědy ve volnočasových aktivitách žáků ZŠ: chemie*. Západočeská univerzita v Plzni, 2016. <http://hdl.handle.net/11025/29416> (Dostupné 2.5.2023)
- (16) O'Brien, T. The science and art of science demonstrations. *Journal of Chemical Education*, 1991, 68(11), 933.
- (17) Koloros, P. *Školní pokus ve výuce chemie-minulost a současnost*. Dizertační práce. Univerzita Karlova v Praze, 2011. <http://hdl.handle.net/20.500.11956/47329> (Dostupné 2.5.2023)
- (18) Pinka, T. *Databáze chemických experimentů*. Diplomová práce, Masarykova univerzita, Brno, 2021. <https://is.muni.cz/th/quek2/> (Dostupné 2.5.2023)
- (19) Brown, C. L. *Úžasné chemické pokusy v kuchyni*. Edika, Albatros Media, 2015. ISBN 978-80-266-0639-0.
- (20) Heinecke, L. L. *Zábavné vědecké pokusy pro děti - 52 experimentů, které zvládnete doma v kuchyni*. Slovart, 2016. ISBN 978-80-7529-028-1.
- (21) Thompson, R. B *Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments: All Lab, No Lecture*. Make Community, LLC, 2008. ISBN 978-0596514921.
- (22) Shakhshiri, B. Z. *Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry*. University of Wisconsin Press, 1983. ISBN 978-0299088903.
- (23) Otyepková, E.; Prucek, R.; Kvítek, L.; Panáček, A., et al. *Základy vybraných experimentálních chemických metod*. Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3754-5.
- (24) Janeczková, A.; Fialová, A. ; Šima, M. *Chemická laboratorní cvičení II pro 2. ročník SPŠCH*. Ostrava: Pavel Klouda, 2004. 36 p. ISBN 80-86369-09-9.
- (25) *Studium chemie*. <https://studiumchemie.cz/experiment/> (Dostupné 18.4.2023).
- (26) Bazgier, V.; Berka, K.; Juračka, J. *Pokusnice*. <http://pokusnice.cz/> (Dostupné 16.4.2023).

- (27) *Chemické pokusy na Wikiknihách*.
https://cs.wikibooks.org/wiki/Chemick%C3%A9_pokusy (Dostupné 1.5.2023).
- (28) *MEL Science*. <https://melscience.com/US-en/> (Dostupné 18.4.2023).
- (29) Nováková, Z. ;Prucek, R. Legislativní úprava manipulace s chemickými látkami ve školních laboratořích. *Chemické listy*, 2013, 107(6), 471-475.
- (30) *Bezpečnost práce.info* <https://www.bezpecnostprace.info/skoleni/bozp-chemicka-laborator/>
bylo 29 (31) Kovalčíková, T. *Obecná a anorganická chemie: studijní text pro SPŠCH*. Ostrava: nakladatelství Pavko, 2014. ISBN 978-80-86369-19-8.
bylo 30 (32) Roubal, J. *Obecná a anorganická chemie*. Gymnázium v Duchcově, 1998.
bylo 31 (33) Kulveitová, H. *Chemie II:(chemie prvků)*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1322-6.
- (34) *Periodic Table of Elements*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/periodic-table/> (Dostupné 17.4. 2023).
- (35) Francis, D. Nihonium Moscovium Tennessine Oganesson. *Word Ways*, 2017, 50(1), 12.
- (36) Holý, P. O českých názvech prvků a jejich značkách. *Chemické listy*, 2022, 116(4), 242-253.
- (37) Schwerdtfeger, P. One flerovium atom at a time. *Nature chemistry*, 2013, 5(7), 636-636.
- (38) Day, K. Uuh? No. It's livermorium! *Nature Chemistry*, 2016, 8(9), 896-896.
- (39) Vinklárek, J. *Reakce olovnatých kationtů*. Univerzita Pardubice,
https://download.upce.cz/cms/erben/Sk_XIV.htm (Dostupné 30.4.2023).
- (40) Hron, Z. a kol. Příprava a důkaz vodíku. *eBedox*
<https://www.youtube.com/watch?v=iyj4rx29Xt4> (Dostupné 30.4.2023).
- (41) Šmídl, M. a kol. Stanovení tvrdosti vody. *Schola Humanitas*.
<https://www.youtube.com/watch?v=wOjYHgNg2k> (Dostupné 30.4.2023).
- (42) Chemistry experiment 11 - Jumping sodium. *koen2all*
<https://www.youtube.com/watch?v=zbmLMm2Mpa8> (Dostupné 30.4.2023).
- (43) Suchomel, P.; Otyepka, M. .Příprava CO₂. *Laboratorní technika* Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3798-9 <http://aplchem.upol.cz/predmety/LABT/9.pdf>
(Dostupné 30.4.2023).
- (44) Chlorid amonný vzniklý slučováním par chlorovodíku a amoniaku. *E-ChemBook – Multimediální učebnice chemie* <https://www.youtube.com/watch?v=pBfQbhWGyFU>
(Dostupné 30.4.2023).
- (45) Vrzáčková, E. Hasící přístroj. *studiumchemie cz*
<https://www.youtube.com/watch?v=CcsIbg4cwt4> (Dostupné 30.4.2023).
- (46) Vrzáčková, E. Světlušky (Pokus s amoniakem). *studiumchemie cz*
<https://www.youtube.com/watch?v=uKvqqwN4qi8> (Dostupné 30.4.2023).
- (47) Uran Peklo ve zkumavce II - chemické pokusy *pointdexter16431879*.
https://www.youtube.com/watch?v=nHf--wlb2_U (Dostupné 30.4.2023).
- (48) Vrzáčková, E. Reakce Mg a Ca s vodou. *studiumchemie cz*
<https://www.youtube.com/watch?v=W-54iZYfnqg> (Dostupné 30.4.2023).
- (49) Hron, Z. a kol. Plamenové zkoušky. *eBedox*
<https://www.youtube.com/watch?v=9NEG1OAvNDs> (Dostupné 30.4.2023).
- (50) Zubní pasta pro slony. *ZŠ Polná* https://www.youtube.com/watch?v=w_WnIqbbSEY
(Dostupné 30.4.2023).
- (51) Glamorous purple smoke from iodine and aluminium ("Purple Haze" experiment). *MEL Science* <https://www.youtube.com/watch?v=rSMMuA4QHww> (Dostupné 30.4.2023).
- (52) Vrzáčková, E. Pokus s kvasnicemi. *studiumchemie cz*
<https://www.youtube.com/watch?v=ziVjKX1Gxec> (Dostupné 30.4.2023).

- (53) How to Make a Lava Lamp at Home. *Creative SL*
<https://www.youtube.com/watch?v=qCuFjXGSVB4> (Dostupné 30.4.2023).
- (54) Experiment: How to make acid cloud with a sprinkle of phosphorus. *MEL Science*
<https://www.youtube.com/watch?v=F3zTYjzbC9M> (Dostupné 30.4.2023).
- (55) Borax crystal snowflakes. *HomeschoolScientist*
https://www.youtube.com/watch?v=CdG_txiNF5A (Dostupné 30.4.2023).
- (56) Magic liquid. *MEL Chemistry*. https://melscience.com/BG-en/chemistry/experiments/colors-v2_magicliquid/ (Dostupné 30.4.2023).
- (57) "Acidic patterns" from the "Colorful chemistry" set. *MEL Chemistry*
https://www.youtube.com/watch?v=QSSI_QFBoUM (Dostupné 30.4.2023).
- (58) Acidic patterns. *MEL Chemistry*. https://melscience.com/BG-en/chemistry/experiments/thymol-blue-v2_petri-dish (Dostupné 30.4.2023).