

# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzikální chemie



## **Analýza dostupných chemických pokusů s d- a f-prvky BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Autor:	Matěj Navrátil
Studijní program:	B1407 Chemie
Studijní obor:	Aplikovaná chemie
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	<b>Mgr. Ing. Václav Bazgier, Ph.D.</b>
Studijní rok:	2022/2023

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím všech uvedených pramenů. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byl jsem seznámen 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 studenta.....

### **Poděkování**

Rád bych tímto způsobem poděkoval svému vedoucímu práce Mgr. Ing. Václavu Bazgierovi, Ph.D. za konzultace, jeho dohled a cenné rady při vypracování této práce. Dále bych také rád poděkoval doc. RNDr. Karlu Berkovi, Ph.D. za jeho konstruktivní připomínky a postřehy, které napomohly vzniku této práce. Na závěr bych rád poděkoval i své rodině a přátelům za podporu a pomoc při psaní práce i po celou dobu studia.

## **Bibliografická identifikace**

<b>Jméno a příjmení autora</b>	Matěj Navrátil
<b>Název práce</b>	Analýza dostupných chemických pokusů s d- a f-prvky
<b>Typ práce</b>	Bakalářská práce
<b>Pracoviště</b>	Katedra fyzikální chemie
<b>Vedoucí práce</b>	Mgr. Ing. Václav Bazgier, Ph.D.
<b>Rok obhajoby práce</b>	2023
<b>Klíčová slova</b>	popularizace, experiment, d-prvky, f-prvky
<b>Počet stran</b>	54
<b>Jazyk</b>	český

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá shromážděním série pokusů demonstrujících vlastnosti d- a f-prvků a jejich následným možným využitím ve výuce chemie středních a základních škol, nebo popřípadě jako pomocného nástroje pro nadšence do této problematiky. Teoretická část vysvětluje problematiku popularizace, použití chemického experimentu v rámci popularizace a základní charakteristikou d- a f-prvků. Praktická část se věnuje sérii chemických pokusů a její implementací do databáze Pokusnice.

## **Bibliographical identification**

<b>Autor's name</b>	Matěj Navrátil
<b>Title</b>	Analysis of available chemical experiments with d- and f-elements
<b>Type of thesis</b>	Bachelor thesis
<b>Department</b>	Department of Physical Chemistry
<b>Supervisor</b>	Mgr. Ing. Václav Bazgier, Ph.D.
<b>The year of presentation</b>	2023
<b>Keywords</b>	popularization, experiment, d-elements, f-elements
<b>Number of pages</b>	54
<b>Language</b>	czech

## **Annotation**

This bachelor thesis is concerned with the collection of a series of experiments demonstrating the properties of d- and f-elements and their subsequent possible use in the teaching of chemistry in secondary and primary schools, or as an auxiliary tool for chemistry enthusiasts. The theoretical part explains the issues of popularization, the use of chemical experiments as a tool of popularization and the basic characteristics of d- and f-elements. The practical part deals with a series of chemical experiments and its implementation in the Pokusnice database.

# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Teoretická část .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>Popularizace vědy .....</b>	<b>2</b>
2.1.1	Vědecká komunikace .....	2
2.1.2	Popularizace vědy .....	3
2.1.3	Přínosy popularizace vědy .....	4
2.1.4	Nástroje popularizace vědy .....	5
2.1.5	Popularizátoři .....	8
2.1.6	Popularizace chemie .....	10
<b>2.2</b>	<b>Experiment jako nástroj popularizace .....</b>	<b>11</b>
2.2.1	Badatelská metoda .....	11
2.2.2	Experiment ve výuce chemie .....	13
2.2.3	Zdroje chemických experimentů .....	15
2.2.4	Bezpečnost práce v laboratoři .....	15
2.2.5	Pokus ve virtuálním prostředí .....	16
<b>3.</b>	<b>Praktická část.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Pokusnice.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Chemické pokusy s d- a f-prvky .....</b>	<b>20</b>
<b>4.</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>48</b>
<b>5.</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>49</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>50</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů a literatury.....</b>	<b>51</b>

# 1. Úvod

V současnosti dochází k obecnému poklesu zájmu o přírodovědné obory z řad široké veřejnosti i studentů. Veřejnost vnímá tyto obory jako směs informací, které nelze pochopit bez nezbytných znalostí, a kvůli tomu, že nevidí jejich využití v každodenním životě, nemají motivaci snažit se tyto informace získat. Studentům se jeví jako neatraktivní, nudné a zbytečně složité, protože učitelé většinou kladou přílišný důraz na teoretický výklad a neobohacují výuku o praktické demonstrace, které mají nesmírně důležitou roli ve výuce.

V rámci chemie těmito demonstracemi chápeme pokusy, které mohou svým zajímavým průběhem a překvapivými výsledky představovat nový přístup k řešení problémů. Konflikt mezi dosavadními znalostmi a nečekanými výsledky může vést k získání úplně nových poznatků a k lepšímu pochopení i zapamatování učiva [1].

Tato bakalářská práce se zabývá chemickými experimenty s d- a f-prvky, využitelnými ve výuce chemie na středních a základních školách. Cílem práce je představit základní vlastnosti těchto prvků, navrhnout několik experimentů, které demonstrují vlastnosti těchto prvků a zhodnotit jejich efektivitu a použití ve výuce. Práce je rozdělena do dvou částí: **teoretické** a **praktické**. V teoretické části je popsána problematika popularizace vědy a využití chemického pokusu v rámci popularizace. V experimentální části jsou popsány nalezené experimenty s d- a f-prvky, jako jsou například vliv teploty nebo koncentrace na reakci mědi s kyselinou dusičnou, příprava pyroforického železa či žíhání modré skalice.

## **2. Teoretická část**

### **2.1 Popularizace vědy**

#### **2.1.1 Vědecká komunikace**

Pod termínem vědecké komunikace rozumíme souhrn publikovaných, prezentovaných či popularizovaných informací o vědeckých objevech. Jejím primárním cílem je tyto informace šířit a seznamovat s nimi vědce pracující ve stejném oboru, oborech příbuzných i širokou veřejnost, tato část ovšem bývá často přehlížena, navzdory její důležitosti. [2] Neefektivní komunikace může přijít draho jak vědu, tak i samotnou veřejnost. Věda totiž vyžaduje podporu veřejnosti (např. v podobě finančních prostředků nebo důvěry). Zda k této podpoře dojde závisí na tom, jak moc veřejnost vědě důvěřuje a váží si jí. Stojí výzkum za investici? Vytváří pracovní místa, které slibuje? Kladou vědci blaho veřejnosti nad své zájmy? Právě na takové otázky pomáhá vědecká komunikace vědcům i veřejnosti odpovědět. [3] Efektivní vědecká komunikace naproti tomu informuje veřejnost o výhodách, rizicích a nákladech spojených s rozhodnutími, a umožňuje tak veřejnosti činit správná rozhodnutí na základě podaných informací. Vědecká komunikace veřejnosti tedy přináší spoustu nových problémů, na které je nutné najít řešení. Ani ta nejúčinnější vědecká komunikace však nedokáže plně zaručit výběr správného rozhodnutí. [4]

#### **Klíčové pojmy:**

##### **Věda**

Pod pojmem si lze představit systematické shromažďování informací o světě kolem nás, vedoucí k formulaci ověřitelných zákonů a teorií. [5]

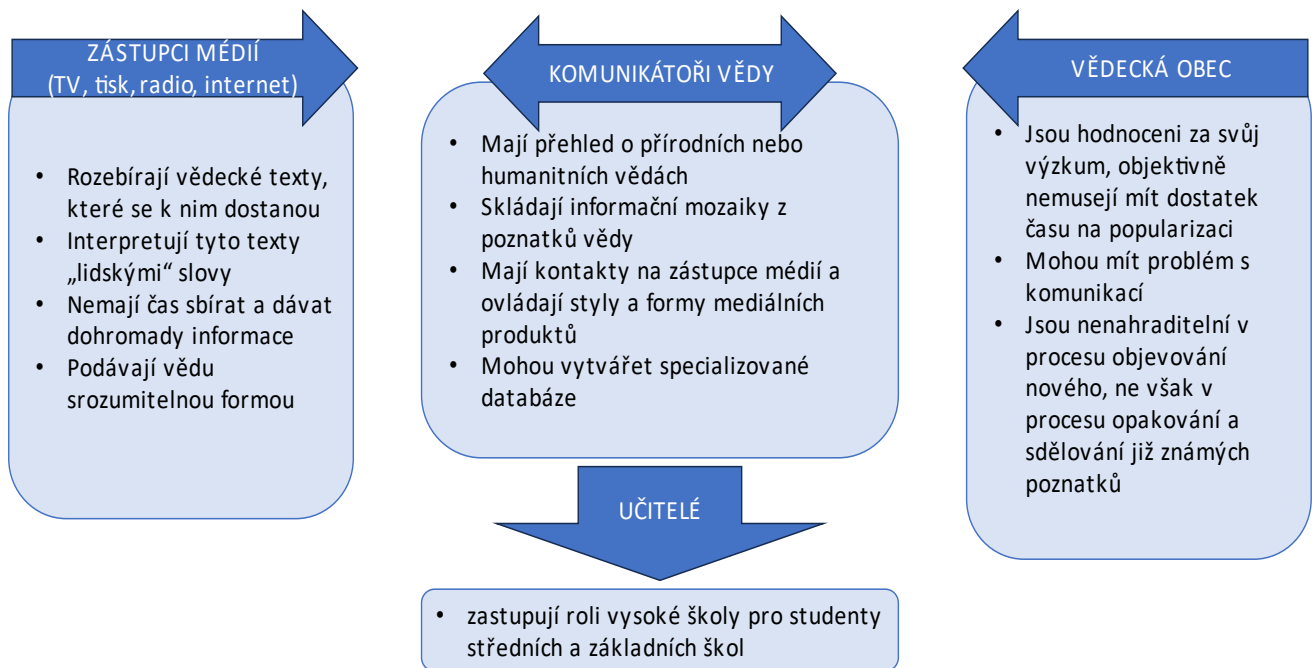
##### **Veřejnost**

Veřejnost lze obecně definovat jako každou osobu dané společnosti, tedy jako velmi heterogenní skupinu, která v sobě zahrnuje vědce, politiky, komunikátory vědy, ale také studenty a lidi se zájmem o vědu, často bývá rozdělována na laickou veřejnost a vědeckou komunitu. [5]

##### **Medializace vědy**

Medializací vědy označujeme aktivní prezentaci vědecké činnosti a výsledků této činnosti v médiích, přesněji prezentaci předmětů výzkumu vědy, způsob a důvod jejich prezentace.





Obrázek 1: Schéma strategie komunikace vědy (upraveno z [5])

### 2.1.2 Popularizace vědy

Důležitou součástí vědecké komunikace tvoří popularizace vědy, při které dochází k rozšiřování poznatků co největšímu okruhu zájemců. [2] Společnost a věda se totiž navzájem potřebují, společnost se díky vědě rozvíjí v sociální, ekonomické i politické sféře a věda na oplátku ze společnosti čerpá finanční zdroje, talenty a svobodu kterou jí umožňuje. Vztah mezi vědou a společností by měl být harmonický, aby nedocházelo k opomíjení úlohy vědců a samotné vědy, ale naopak k jejímu oceňování a rozvoji a aby do vědy nepřestaly proudit finanční a lidské zdroje, k tomu je potřeba popularizace. Popularizace vědy představuje snahu ukázat myšlenky ze světa vědy takovým způsobem, že všichni (jak vědecká obec, tak i laická veřejnost) pochopí tyto základní myšlenky a vytvoří si ucelenější a konkrétnější představu o podstatě vědy a jejím přínosu pro společnost. Popularizace může být interpretována i jako rozhovor vědce s veřejností, který by, pokud má dosáhnout stanovených cílů, měl vypadat jako rozhovor mezi dvěma partnery. Při tomto dialogu by měly být využívány takové komunikační kanály, které publiku bez větších obtíží pomohou pochopit přenášenou myšlenku a sdělení. [6]

#### Popularizace usiluje o:

- zajištění zobecněného a zjednodušeného konceptu vědy,
- růst zájmu a povědomí veřejnosti o vědě, vědeckém výzkumu a transformace jejich výsledků do praxe,
- podporu veřejného zájmu a účasti na vývoji vědy,
- zlepšení komunikačních dovedností vědeckých institucí a vědců samotných,

- integrování veřejnosti do popularizace výsledků vědy. [5]

Popularizace, společně s propagací instituce, vědeckou komunikací a komunikací s médii, je, jak již bylo zmíněno výše, jedním z aspektů celkové komunikace vědy. Je definována jako sdílení informací, jenž si klade za cíl propagovat určité aktivity či jevy a s jejich pomocí zvýšit zainteresovanost jisté cílové skupiny, kterou má v konečném výsledku motivovat k intenzivnějšímu zapojení se do vědy. [6]

Pojmy popularizace a medializace jsou do určité míry propojené. V žádné oficiálně schválené koncepci či legislativním pramenu mezi nimi není určen rozdíl, ale jako **medializace** musí být označován jednosměrný tok informací (tzn. od vědců a výzkumníků k členům veřejnosti nebo jiné cílové skupiny). **Popularizace** se vyznačuje snahou o aktivní přístup a zpětné reakce ze strany cílové skupiny. [5]

### 2.1.3 Přínosy popularizace vědy

Z popularizace vědy mohou profitovat všichni, od studentů základních škol, přes vědeckou obec až po státní orgány, proto je důležité zaměřovat popularizaci nejen na širokou veřejnost, ale také na samotnou vědeckou obec. [7] Díky rozvoji popularizačních aktivit měla již v dobách dávno před internetem široká veřejnost množství šancí se samostatně vzdělávat v tom, co ji bavilo a zajímalo. Seriózně realizovaná popularizace vědy vždy při nejmenším ztížila práci šarlatánům a podvodníkům snažícím se lidem prodat své neexistující služby. Mohla inspirovat již celé generace dětí a mladistvých k budoucí vědecké kariéře, dodat nové impulsy umění a také přesvědčit i pracovníky mimo vědu o důležitosti podpory vědeckého zkoumání. [8] Bohužel i navzdory těmto příležitostem, jsou členům laické veřejnosti často cizí jak základní přírodovědné či technické znalosti, tak znalosti ze světa vědy. Popularizace se to snaží změnit posílením povědomí o vědě, zvyšováním vědecké gramotnosti a změnou postoje občanů k vědě a její finanční podpoře. [6]

Benefity, které popularizace poskytuje se týkají i vědy samotné. Díky aktivitám v rámci popularizace se totiž do vědy dostávají jak finance ze státního a soukromého sektoru, tak i motivované lidské zdroje. Popularizace je tedy pro životaschopnost a rozvoj vědy klíčová. [6]

Orgány státní správy, mající oblast vědy ve své gesci, mohou prostřednictvím popularizace přispívat k tomu, že veřejnost pochopí podstatu a přínos vědy a získá tak povědomí o výsledcích, které věda poskytuje. Pokud lidé nemají k dispozici informace o tom, co se za zdmi vědeckých laboratoří a institutů děje, mohou mít z vědy strach a nevnímat ji důvěryhodně. Pokud bude věda pro veřejnost sektorem opředeným tajemstvím, nebudou mít důvod do ní investovat peníze. Bude pro ně něco, co oni sami nechtějí a nevnímají jako důležitou součást, a v konečném důsledku ji mohou začít i odmítat. Za použití popularizace je tedy dosaženo společenské jednomyslnosti ohledně veřejných prostředků svěřených do rukou vědy, což s sebou v závěru přináší zvýšení životní úrovně obyvatel daného státu. [6]

Popularizace je schopná subjektům v akademické sféře získat nejenom pozornost a zájem výzkumníků napříč sférami vědy a zdroje nových příjmů, ale zvláště nové zájemce o studium, kteří jsou pro přežití a vitalitu vysokoškolských oborů nepostradatelní. Univerzity mohou navíc za použití popularizačních technik přispět ke komercializaci svých vědeckých výsledků, čímž si zajistí peněžní prospěch, zlepšení statusu v žebříčcích vysokých škol a zajištění prestižního jména ať už v rámci státu nebo i nadnárodním měřítku. [6]

#### **2.1.4 Nástroje popularizace vědy**

Velice důležitým faktorem pro zajištění úspěchu popularizace je volba správného postupu a prostředků, které budou efektivně působit na daný cílový kolektiv. Přestože převládá snaha o co největší dosah popularizační činnosti, lze pozorovat, že aktivity cílené na užší okruh lidí mívají větší dopad. [9] Nejpříhodnějších výsledků může popularizace docílit vhodnou kombinací nástrojů cílících na širokou veřejnost a nástrojů, které se zaměřují na úzké skupiny lidí. Na popularizaci vědy a výzkumu je každý rok vypsáno obrovské množství grantů, projektů a dalších podpor jak v rámci České republiky, tak celé Evropy i světa. V České republice je velmi významný projekt Otevřená věda, který se zabývá popularizačními přednáškami, školeními pro popularizátory, konferencemi apod., který je realizován Akademií věd ČR ve spolupráci s fondy Evropské unie. Níže je uvedeno několik příkladů těchto projektů.

- **S-TEAM** (Science-Teacher Education Advanced Methods)
- **ESTABLISH** (European Science and technology in Action: Building Links with Industry, Schools and Home)

- **FIBONACCI**
- **PRIMAS** (Promoting inquiry in Mathematics and Science Education across Europe)
- **CoReflect** (Digital support for Inquiry, Collaboration and Reflection on Socio-Scientific Debates, zaměřený na počítačovou podporu aktivizujících metod vyučování)
- **PTPO** (Podpora technických a přírodovědných oborů, popularizace, garance MŠMT ČR)
- **Scientix** (The community for science education in Europe, evropská platforma pro šíření a sdílení know-how a nejlepších příkladů a pro spolupráci v oblasti vyučování přírodních věd napříč Evropskou unií) [10]

V současné době jsou jedním z nejmocnějších nástrojů masové popularizace **média**, a to díky jejich obrovskému dosahu a vlivu. Ovšem v ranném stádiu medializace vědy se mohlo zdát, že se média snažila spíše vědu poškodit než ji vhodnou formou přednést veřejnosti. Vědci jevíli jistou nechuť k výstupům v médiích i ke sdílení informací týkajících se průběhů a výsledků jejich práce. Problém byl také na straně zástupců médií, kteří se často kvůli nedostatku informací neorientovali ve vědeckých tématech v takové míře, aby mohli vést smysluplný rozhovor s vědeckou komunitou. Odborná témata představována v médiích byla proto často pro společnost matoucí, ne-li absolutně nesrozumitelná. To mělo ve výsledku negativní dopad v očích veřejnosti a o mediální výstupy zaměřené na vědu a výzkum se ztrácel zájem. [11]

V uplynulých letech ovšem došlo k výraznému zvýšení mediálního zájmu o vědecká témata. Prezentace vědy v médiích se z nesmyslného duelu mezi vědeckou obcí a publicisty přeměnila ve smysluplné a promyšlené aktivity v rámci popularizace, kterých se s radostí účastní známé vědecké osobnosti. [12] Jako názorný příklad lze použít populárně-naučný pořad Hydepark-Civilizace [13], který produkuje Česká televize nebo časopis Vesmír [14], kde jsou informace o současném výzkumu předávány formou pochopitelnou pro laickou veřejnost.

Velmi důležitou roli v rámci popularizace získal v posledních letech **internet**, webový prostor totiž přinesl popularizaci mnoho možností. Informace o vědě se objevují

na webech zaměřených na popularizaci, i na zpravodajských portálech ve vědecko-technických segmentech. Své využití také nalézají známé sociální sítě (Instagram, YouTube, Facebook), které poskytují prostor využitelný pro zvyšování povědomí o výzkumu a vývoji a stimulaci zájmu o něj. Jejich prostřednictvím dochází ke sdílení informací o nových objevech ve světě vědy a výzkumu, připravovaných akcích i všeobecných zajímavostech. V rámci internetu může popularizace využít i relativně nového marketingového trendu, nazvaného *influencer marketing*. Spočívá v navazování spolupráce s populárními tvůrci videí na serverech jako je Instagram, TikTok a především YouTube. Influenceri disponující velkým vlivem mohou obdobně jako celebrity mít dopad na formování názorů a spotřebitelských preferencí sledovatelů. Jejich spoluprací s popularizátory a následným sdílením informací o dané popularizační instituci či vědecké problematice může dojít k významnému zvýšení zájmu o určitou oblast v řadách široké veřejnosti, dětí a studentů nevyjímaje. [15]

Klíčový podíl na vzdělanosti společnosti má **formální vzdělávání**. Tím je v tomto případě myšleno především základní vzdělání, které je pro všechny povinné, a navazující středoškolské vzdělání. Jejich prostřednictvím systém poskytuje společnosti základní informace a znalosti nutné pro správné fungování v profesním, sociálním i osobním životě. [11] Formální vzdělávací systém má tedy velký vliv na formování názoru jedince, nicméně rychlost vývoje nových vědeckých poznatků a výzkumu je tak vysoká, že vzdělávací systém pravděpodobně nikdy nebude schopen přizpůsobit se tak dokonale, aby dokázal dostatečně rychle reagovat. [16] Ačkoliv nejsou tradiční způsoby výuky v očích popularizace vždy považovány za příhodné, hrají v rámci popularizace vědy velice důležitou roli, protože tehdy dochází k prvnímu seznámení jedince s vědou a jsou pokládány základy zájmu jedince o vědeckou sféru. [9]

Veškerá vzdělávací činnost, která se provozuje nezávisle na formálním vzdělávacím systému je označována jako **neformální vzdělávání**. Jde obzvláště o organizované edukační aktivity zaměřené na rozvoj dovedností a vzdělávání nad rámec běžných školních aktivit. Zpravidla platí, že tyto aktivity jsou dobrovolné a záleží pouze na daných jedincích a jejich zájmu účastnit se. [17] Aktivity neformálního vzdělávání směřované na studenty základních a středních škol i děti se obvykle snaží využít propojení mezi neformálním a formálním vzděláváním. Mezi tyto aktivity patří zvláště projekty, soutěže a semináře vedené zábavnou cestou, i další mimoškolní aktivity, které mohou probíhat na

školách i mimo ně, které ovšem obvykle přinášejí nové znalosti, postavené právě na formálním vzdělávání. Těmito možnostmi lze často představit nadaným jedincům práci ve světě vědy, ale nejsou cílené pouze na ně. Neformální vzdělávání je tedy schopno nabídnout možnost individuálního přístupu a tím pádem i efektivní rozvoj jedince prostřednictvím různých druhů aktivit spojených s vědou.

### **2.1.5 Popularizátoři**

Obecně platí, že běžní lidé a vědci nemluví stejným jazykem. Výrazy, které jsou pro vědce naprosto běžné a bez problému srozumitelné, mohou být pro laiky nesrozumitelné až abstraktní. Informace o vědě a výzkumu, která je předávána do skupin „nevědců“ v odborném dialektu se ve většině případů mine účinkem, nedojde k jejímu pochopení a tím pádem nevyvolá zájem a motivaci. Odborné výrazy, stejně jako forma jejich distribuce musí být vhodně pozměněny, aby se shodovaly se slovní zásobou, způsobem myšlení a zájmem obyčejných občanů. Popularizátor má za úkol odstranit komunikační a lingvistické bariéry a interpretovat odborné vědecké výrazy a informace vhodnou formou, která je blízká cílovému okruhu lidí a kterou budou členové skupiny schopni a ochotni pochopit. Lze ho definovat jako jedince, který přednáší o vědě nebo realizuje různé akce a projekty v rámci popularizace. Neplatí, že jím může být výhradně vědec, může to být i laik, který se ve vědě shlédl, rozumí jí a chce svůj zápal a zájem předávat ostatním. [6]

Vědci samotní málokdy vnímají komunikaci s veřejností a popularizaci vědy jako podstatnou a nejsou dostatečně motivováni k účasti na ní. Nároky na popularizátora nejsou malé, a ne každý vědec je schopen je splnit, což může být zapříčiněno mnoha důvody. Vědci často kombinují více pracovních aktivit, jako je například tvorba odborných článků, získávání finančních prostředků, nebo realizace vlastního výzkumu. V důsledku takového vytížení jim potom nezbývá čas, ani energie, aby se mohli věnovat popularizaci. V mnoha případech dochází k tomu, že člen vědecké obce necítí povinnost sdílet informace mimo vědeckou komunitu a odmítá se popularizace účastnit. Práce popularizátora vyžaduje jisté předpoklady, měl by se před lidmi cítit přirozeně a mít charisma, aby byl schopen zaujmout. Tyto schopnosti ovšem většina vědců postrádá a musí se je naučit, což může být demotivující. [6]

K tomu, že se vědecký a technologický rozvoj, ani zájem veřejnosti o něj nezastavil významně přispěli mnozí známí popularizátoři z řad vědců, mediálně známých osob i autorů science-fiction literatury. Několik z nich ze zahraniční i domácí sféry je uvedeno níže. [8]

### **Zahraníční popularizátoři**

- Stephen Hawking (†2018) – britský teoretický fyzik, kosmolog a spisovatel, teoreticky předpověděl Hawkingovo záření
- Sir David Attenborough – britský přírodovědec, popularizátor, režisér a moderátor popularizačních pořadů o přírodě BBC
- Neil deGrasse Tyson – americký astrofyzik, známý popularizátor vědy a výzkumník Amerického přírodovědného muzea
- Peter Atkins – britský chemik, popularizátor a bývalý profesor na Oxfordské univerzitě
- Brian Cox – britský částicový fyzik, výzkumný pracovník Královské společnosti, bývalý hudebník, a průvodce vědeckými pořady BBC
- Michio Kaku – americký teoretický fyzik, popularizátor vědy a spoluautor teorie strun
- sir Martyn Poliakoff – britský chemik, profesor na univerzitě v Nottinghamu, známý videi na YouTube

### **Čeští popularizátoři**

- Jiří Grygar – astronom, astrofyzik a popularizátor vědy v oblasti astronomie, astrofyziky a vztahu vědy a víry
- Michael Londesborough – chemik britského původu, spolupracuje na projektech Akademie věd ČR, ČT a Národního technického muzea
- Václav Cílek – geolog, popularizátor vědy, spisovatel, průvodce populárně-naučných pořadů ČT a Českého rozhlasu
- Olga Ryparová – lektorka a popularizátorka chemie, zakladatelka webových kurzů chemie Olinium

### 2.1.6 Popularizace chemie

Přírodovědná a technická gramotnost je nedílnou součástí vzdělání pro 21. století. Ačkoliv současná mladá generace z různých důvodů nemá zájem prioritně studovat přírodovědné a technické obory, je žádoucí hledat nové způsoby a možnosti prezentace a propagace těchto oborů. [18] Chemie se spolu s fyzikou a dalšími přírodovědnými a technickými obory řadí mezi méně oblíbené předměty na základních a středních školách. Žáci je vnímají jako obtížné a náročné, ač jsou perspektivní a zajímavé. Mezi hlavní důvody patří zřejmě převažující transmisivní vyučování, memorování učiva bez pochopení souvislostí, pouhá reprodukce získaných poznatků, ačkoli podle moderní didaktiky je spíše nutné naučit žáky informace vyhledávat, filtrovat, používat a vzájemně je propojovat. [10]

Chemie je obecně vnímána jako obtížný předmět, ve kterém je potřeba uplatnit velké množství logicky propojených teoretických znalostí. To se projevuje v poklesu zájmu o studium oborů chemie a následně v nerovnováze na trhu práce. V současnosti se Česká republika potýká s narůstajícím nedostatkem kvalitních vysokoškolsky vzdělaných odborníků v přírodovědných oborech. Motivací ke studiu chemie je kromě možnosti vhodného uplatnění v budoucí profesi, uplatnění základních poznatků z chemie v každodenním životě, např. při stravování, uklízení, pěstování plodin apod. [19]

Podstatnou součástí chemie je **experimentální činnost**, ta bohužel v běžné výuce nedostává z různých důvodů k dispozici dostatečný prostor. Může to být zapříčiněno nízkou hodinovou dotací, nedostatečným materiálním vybavením či bezpečnostními omezeními i dalšími důvody. Tento problém mohou pomoci zmírnit různé formy popularizace, které jsou převážně založeny na reálných chemických experimentech. Cílovou skupinou těchto činností mohou být žáci, učitelé chemie nebo široká veřejnost. Na každou ze skupin je mířená jiná forma popularizace, pro každou skupinu uvádím formy popularizace v následující tabulce. [19]



Tabulka 1 Formy popularizace podle cílové skupiny (upraveno z [19])

		CÍLOVÁ SKUPINA		
		žáci	učitelé chemie	veřejnost
FORMA POPULARIZACE	chemická olympiáda (CHO)	veletrh nápadů učitelů chemie	dny vědy a techniky	
	korespondenční seminář (KSICHT)	mezinárodní konference didaktiků chemie	noc vědců	
	chemický kemp	odborné časopisy	dny otevřených dveří	
	projekt OPVK	česká společnost chemická (ČSCH)		
	chemický kroužek			

## 2.2 Experiment jako nástroj popularizace

### 2.2.1 Badatelská metoda

Badatelská metoda výuky využívá konstruktivistického přístupu k učení. Spočívá v postavení studenta do centra dění, čímž dostává hlavní slovo ve zprostředkovávání a řízení svého učení. Učitelé mají za úkol představovat průvodce, instruktory, facilitátory a trenéry, kteří prostřednictvím aktivit, nabídnutých příležitostí a prostředků podporují vlastní analýzy a reflexe studentů. Základní princip je důraz na vytváření vědomostí, nikoliv na jejich reprodukci, je třeba brát v úvahu dosavadní znalosti studentů a pojetí žáků, které se ve většině případech odlišuje od vědeckého. Při samotné výuce je kladen důraz na řešení problémů, dovednosti složitějších myšlenkových operací a hluboké porozumění, přičemž bývají využívány zdroje, které zajišťují autenticitu reálného světa. Tato metoda výuky má vést ke zvýšení vnitřní motivace prostřednictvím výzkumu a bádání, které povzbudí žáky v získávání vědomostí nezávisle na učiteli a cílech studia. Často bývá organizována formou skupinové práce, při které se studenti učí spolupracovat v týmu, a umožňuje tak různorodost pohledů a názorů. [20], [21]

V přírodovědných předmětech je možné konstruktivistické učení rozvíjet pomocí badatelsky orientované výuky, která využívá postupů z odborného prostředí vědy a výzkumu. Při poznávání a studiu přírody je třeba být schopen rozpoznat problém, vyhledávat informace, zkoumat domněnky, plánovat výzkum, vytvářet modely,

navrhovat experimentální řešení, uskutečnit jej a získané poznatky diskutovat se spolužáky nebo formulovat logické argumenty. [21]

Cyklus bádání může mít mnoho podob. Níže je uveden obecný cyklus, podle kterého je na začátku navržena výzkumná otázka (1.vyšetřování), ta je rozvíjena během diskuse (2.nabytí) o možných způsobech řešení. Z navržených řešení se vybere jedno (3.předpoklad), pro které se rozpracuje a uskuteční detailní plán provedení (4. realizace). Poté se nashromáždí všechny získané informace a důkazy a vyvodí se závěry (5.shrnutí). Výsledky bádání jsou na konec prezentovány a diskutovány s ostatními (6.představení). [22]



Obrázek 2: Cyklus bádání podle D. Llewellyna (upraveno z [22])

Badatelsky orientovanou výuku lze interpretovat mnoha způsoby, všechny však zahrnují následující činnosti:

- kladení otázek
- formulování hypotéz
- práce s literaturou a dalšími informačními zdroji
- plánování výzkumu
- provedení výzkumu, pozorování

- diskuse výsledků a zvážení alternativních řešení
- analýza a interpretace údajů [22]

### 2.2.2 Experiment ve výuce chemie

Výuka chemie má značnou výhodu v tom, že její vyučování lze stavět na základě důkazů, které hodnotíme využitím většiny lidských smyslů. Pokusy mají pro chemii nepostradatelný význam. Již první vydaná učebnice Demerihho Kurz chemie (vydaná 1697) považuje experiment za základ chemie. Žáci uplatňují úvahu a dokáží tak pochopit podstatu sledovaných jevů. Využívání experimentu ve výuce se čím dál více snižuje. Zdůvodnění lze najít v malé časové dotaci s ohledem na Rámcový vzdělávací program nebo nedostatečné množství pomůcek a chemikálií z důvodu omezených finančních možností nebo špatné informovanosti vyučujících. [23], [24]

Pro žáky jsou chemické pokusy zajímavé a mají potenciál být velmi efektivní. Může v jejich rámci docházet k nepředvídatelnému průběhu nebo se mohou zprvu jevit nevysvětlitelně. U experimentů lze pozorovatele upoutat sluchovými, čichovými světelnými i barevnými efekty. Pokusy ve výuce zpravidla plní určité funkce, jako je experimentální ověření učiva, rozvíjení logického myšlení, vytváření vědeckého názoru a vzhledem k jejich atmosférickému vlivu i motivace. V chemii nám pokus také poskytuje cenné informace o složení, vlastnostech a uspořádání dané chemické látky. Jeho absence má za následek ztrátu názornosti a obecnou neoblíbenost chemie. Častý důvod nízké účinnosti experimentů bývá efekt odcizeného poznávání způsobený nízkou transparentností prováděných pokusů. [20]

Chemický experiment má být sémanticky, logicky a chronologicky uspořádaný tak, aby byl v souladu s očekáváním žáků a s platnými pravidly vědy. Rozvržení experimentu by mělo obsahovat následující části: motivace, teoretická příprava, praktická příprava, sledování průběhu a vyvozování závěrů. [20] Prostřednictvím pokusu dochází k získávání tzv. instrumentální zkušenosti. Cíl experimentů je propojit teoretické úvahy s empiricko-výzkumnými procedurami. Dojde k navržení hypotézy o vztazích mezi proměnnými a ke způsobu jejího ověření, čímž dochází k rozvoji instrumentální zkušenosti. [25]

#### **Klasifikace chemických pokusů**

- a) Podle vnějších forem výuky
  - i) školní

- (1) v povinné výuce
  - (a) ve vyučování
  - (b) v laboratorním cvičení
- (2) ve volitelné výuce
  - (a) v chemických praktikách
- (3) v nepovinné výuce
  - (a) v zájmovém kroužku
  - (b) na chemické besídce
  - (c) na chemické olympiádě
- ii) domácí
  - (1) zadaný učitelem
  - (2) z iniciativy žáka
- b) Podle vnitřních forem výuky
  - i) demonstrační pokus
    - (1) prováděný učitelem
    - (2) prováděný žákem
  - ii) žákovský pokus
    - (1) žáci pracují na stejných úkolech
    - (2) žáci pracují na různých úkolech
- c) Podle fází výuky
  - i) při motivaci – provádí ho vyučující, má mít jasný výsledek
  - ii) při osvojování – provádí ho vyučující, má žáky uvést do nové problematiky
  - iii) při upevňování a kontrole (např. shrnující, navazující nebo kombinovaný)
- d) Podle množství použitých látek
  - i) makrotechnika – při použití větších množství látek (pokusy v kádinkách, baňkách)
  - ii) semimikrotechnika – při použití malých množství látek (0,1 – 1 g, 1 – 10 cm<sup>3</sup>)
  - iii) mikrotechnika – např. provádění kapkových reakcí roztoků na skleněné destičce
- e) Podle exaktnosti práce a hodnocení výsledků
  - i) kvalitativní – nejsou důležité číselné hodnoty, zajímají nás vlastnosti
  - ii) kvantitativní – pomocí měření veličin je za úkol vysvětlit strukturu, stav a změny látek [26], [27]

### 2.2.3 Zdroje chemických experimentů

Zdroje chemických experimentů můžeme rozdělit na dvě primární skupiny, knižní a internetové. Ke **knižním** řadíme veškeré tištěné dokumenty zabývající se problematikou chemických pokusů, jedná se o učebnice, sbírky, časopisy a příručky s experimenty a dalšími chemickými demonstracemi. Tištěné zdroje představovaly záruku ověřených postupů a byly vnímány jako spolehlivé. V posledních letech však začínají ustupovat **internetovým**, oproti nim bývá pořízení obzvláště starších pramenů spojeno s komplikacemi a již není nezbytně nutné, vzhledem k tomu, že mnoho knižních zdrojů má na internetu elektronickou verzi, která zpravidla bývá dostupnější. Podrobné přehledy literatury věnující se problematice chemických experimentů, lze najít v disertační práci P. Kolorose. [28] S rozvojem internetu a moderních technologií došlo také k velkému rozvoji elektronických zdrojů distribuovaných na různých nosičích nebo na internetu. Jejich nespornou výhodou je zejména snadná dostupnost, možnost vizuální a interaktivní prezentace pokusů, zejména pak využití videonahrávek pokusů, které slouží jako náhrada provedení nebezpečných experimentů nebo pro opakovaný rozbor určitého jevu. Za nejobsáhlejší úložiště je obecně považována videoplatforma YouTube [29], která nabízí nepřehledné množství videí, týkajících se chemických experimentů v mnoha jazycích. Nevýhodou internetových zdrojů je, že mohou časem přestat být dostupné. [26], [30]

### 2.2.4 Bezpečnost práce v laboratoři

Zásady pro bezpečnou práci a ochranu zdraví v laboratoři a jejím zázemí stanovuje norma ČSN 01 8003 Zásady pro bezpečnou práci v chemických laboratořích, která vytyčuje požadavky na vybavení a práci v laboratoři, definuje pravidla práce s jednotlivými kategoriemi nebezpečných chemických látek, jejich skladování a likvidaci odpadů. Současné znění normy obsahuje také nově přidanou kapitolu zaměřenou na požadavky na školní laboratoře.

Dle odstavce 12.1 této normy mohou nezletilí žáci vykonávat laboratorní práce pouze pod přímým soustavným dohledem odpovědné osoby, to znamená osoby starší 18 let určené ředitelem školy k zajištění bezpečného provozu laboratoře v souladu s platným provozním řádem laboratoře. Odstavec 12.3 říká, že studenti mladší 18 let, ale starší 15 let mohou zacházet se směsmi vymezených tříd bezpečnosti i s vysoce toxickými látkami. Následující odstavec 12.4 vyžaduje, aby žáci mladší 15 let ve školní laboratoři pracovali pouze s potravinami nebo běžně dostupnými přípravky, jejichž používání nebo prodej

není nijak omezen. Zbývající odstavce vyžadují, aby byli nezletilí žáci před započítím prací prokazatelně seznámeni s provozním řádem, možnými riziky, s bezpečnou manipulací s látkami, laboratorním sklem a vzniklými odpady, se způsobem používání ochranných pomůcek, s postupy při vzniku nehody a následném poskytnutí první pomoci. Bezpečný a didakticky ověřený postup práce musí být žákům vysvětlen, případně demonstrován v návaznosti na jejich mentální vyspělost a jazykovou vybavenost. [31]

Chemikálie v laboratoři musí být řádně popsány a označeny, jejich uskladnění a manipulace s nimi musí odpovídat H-větám a P-větám. Tyto věty musejí být uvedeny na každé chemikálii obsahující alespoň jednu nebezpečnou látku. **H-věty** udávají specifickou rizikovost, popisují tedy fyzikálně-chemická, environmentální a zdravotní rizika, kdežto **P-věty** obsahují pokyny o tom, jak správně a bezpečně nakládat s nebezpečnými chemickými látkami. [20], [32], [33]

### 2.2.5 Pokus ve virtuálním prostředí

Současná technologická situace umožňuje realizaci chemických experimentů i bez přímého využití materiálních prostředků, není nutná ani místní, ani časová vazba a student či členové společnosti si tak mohou vyzkoušet různé pokusy nezávisle na místě a čase. Z praktického hlediska se laboratoře ve virtuálním prostředí rozlišují na dvě skupiny, na vzdálené a virtuální. **Vzdálené laboratoře** jsou založeny na realizaci skutečného experimentu odděleně od experimentátora, který pokus na dálku ovládá prostřednictvím ovládacího webového rozhraní přes počítačovou síť, provádí pokus a měří data, která jsou relevantní. [34] **Virtuální laboratoř** funguje zcela bez technického nepostradatelného vybavení souvisejícího s bádáním, využívá se pouze počítače k virtualizaci. Tato laboratoř umožňuje počítačové simulace a modelování, u kterých může uživatel měnit parametry studovaných jevů a pracovat s údaji, ke kterým by se reálně nedostal. [35]

Experimentální virtuální prostředí našlo své využití při výuce mnoha přírodovědných i technických oborů, chemie nevyjímaje. Přináší totiž mnoho výhod jak pro studenty, tak i pro učitele. Chemie má pověst velice komplexního teoretického oboru, i tato domněnka může společně s dalšími faktory (např. práce s nebezpečnými chemikáliemi, provádění náročných postupů, nedostatek času a používání laboratorního vybavení) ve studentech vyvolat úzkost a strach z úkonů experimentální práce v laboratoři. Tyto možné problémy je schopno eliminovat virtuální prostředí, konkrétněji virtuální laboratoře, kde si studenti

mohou vše vyzkoušet bez možných rizik a časového tlaku. Učitelům mohou sloužit jako podpůrný nástroj pro výuku během teoretických hodin, při vyučování mimo školní hodiny nebo jako náhrada laboratoří, například v době pandemie COVID-19, kdy do laboratoří studenti neměli přístup. [36], [37]

Existuje velké množství virtuálních laboratoří i publikací, které se jim věnují. Jeden z mála zdrojů, který se věnuje virtuálním laboratořím zaměřeným na chemii je Portál Chemie 2.0 [38], z anglických zdrojů pak přehled On-line Labs [39] na stránkách Americké chemické společnosti. [40]

Mezi současně aktivní internetové virtuální laboratoře patří následující:

- **Live Chem** – virtuální laboratoř zaměřená na reakce roztoků kationtů s poměrně širokou škálou činidel a kyselin, k dispozici je 14 roztoků kationtů a 22 činidel  
[https://vrchemistry.chem.ox.ac.uk/livechem/transitionmetals\\_content.html](https://vrchemistry.chem.ox.ac.uk/livechem/transitionmetals_content.html)  
[41]
- **Virtual LAB** – zaměřuje se na velký rozsah chemických vědních oborů a na účelné spojení teorie s praktickým využitím, obsahuje 14 místností, ve kterých lze provádět jednodušší úlohy  
<https://basf.kids-interactive.de/en> [42]
- **General Chemistry Interactive Simulations** – obsahuje 75 různých chemických úloh, některé pouze početní, zbytek jsou virtuální laboratorní úlohy  
<http://employees.oneonta.edu/viningwj/sims/> [43]
- **PhET Interactive Simulation** – poskytuje 130 interaktivních simulací, z nichž 44 se přímo týká chemie  
<https://phet.colorado.edu/cs/> [44]
- **Chemistry Solutions** – nabízí 27 simulací z více okruhů, některé se týkají pouze teorie  
<https://teachchemistry.org/classroom-resources/simulations> [45]
- **ChemVlab+** – otevřená virtuální laboratoř, lze provádět velké množství experimentů omezených pouze chemikáliemi, laboratorním nádobím a přístroji  
<https://www.chemvlab.org/about/index.php> [46]

## 3. Praktická část

### 3.1 Metodika

Jak již bylo zmíněno v teoretické části v současnosti existuje velké množství zdrojů chemických pokusů, tištěných i internetových, v rámci této bakalářské práce byly jako zdroje experimentů využívány internetové databáze, konkrétně:

- **MEL Chemistry experiments** [47]
- **Studiumchemie** [48]
- **ČT edu** [49]
- **I love chemistry!** [50]
- **RSC Education** [51]

Vybrané pokusy musely splňovat několik kritérií, jako jejich spojitost s d- nebo f-prvky, bezpečnost a nepřítomnost v databázi Pokusnice [52] (databázi je věnována kapitola 3.2).

Na základě rešerše internetových databází chemických pokusů byla sestavena série 20 pokusů týkajících se d- a f-prvků a jejich sloučenin, která byla následně implementována do internetové databáze Pokusnice[52]. Nalezené pokusy demonstrují vlastnosti daných prvků prostřednictvím chemických reakcí. Každý z pokusů obsahuje následující informace:

- Název pokusu
- Princip
- Pomůcky
- Chemikálie
- Postup
- Časová náročnost
- Video
- Poznámky

### 3.2 Pokusnice

Jedná se o chemickou internetovou databázi pod správou Univerzity Palackého v Olomouci, jejíž autoři jsou Mgr. Ing. Václav Bazgier, Ph.D., doc. RNDr. Karel Berka,



Ph.D. a Jakub Juračka. Databáze je celá vedená v českém jazyce, obsahuje textové návody k pokusům doplněné o videa. Plný přístup do databáze je zpoplatněn, ale nabízí možnost vyzkoušet si bezplatnou demoverzi, která umožňuje zobrazit sedm pokusů, detailní informace o jednotlivých chemických látkách, odkaz na Wikipedii [53] a bezpečnost zpracovanou v souladu s aktuální legislativou.



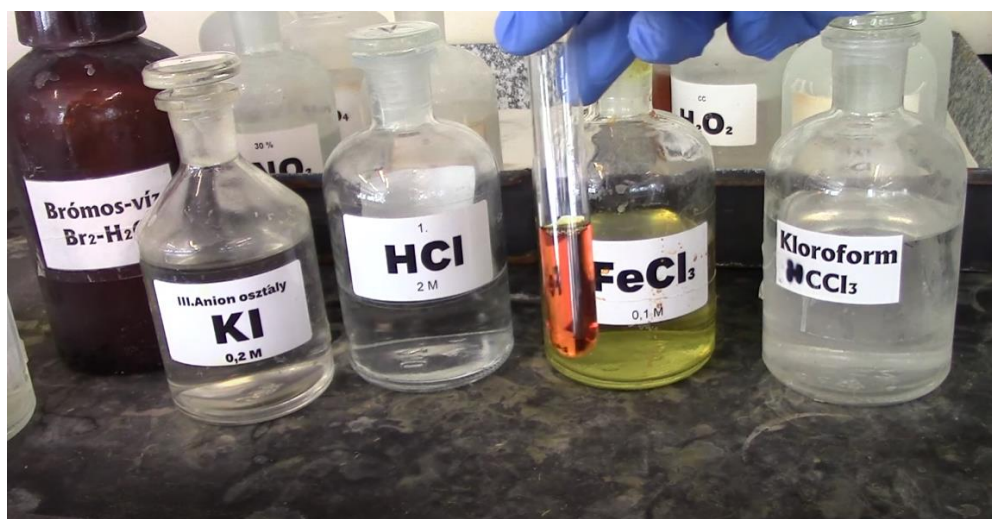
Obrázek 3: Úvodní stránka Pokusnice (převzato z 56)

Plná verze databáze obsahuje v současnosti 100 chemických pokusů a možnost vytvoření online úložiště chemikálií a laboratorního skla, podle kterého lze pokusy vyfiltrovat. Databáze dále obsahuje možnost filtrování pokusů podle oblasti chemie (obecná chemie, anorganická chemie, organická chemie, biochemie, laboratorní technika, analytická chemie a efektní pokusy), podle zařazení (ZŠ, SŠ) a podle typu experimentu (demonstrační, žákovský školní a žákovský domácí). Každý pokus obsahuje obecný popis, postup, videonávod, chemikálie, vybavení, časovou náročnost pokusu, poznámky, popřípadě informace týkající se bezpečnosti nebo nákres aparatury.

### 3.3 Chemické pokusy s d- a f-prvky

#### Reakce $\text{Fe}^{3+}$ s $\text{I}^-$

<u>Název pokusu:</u>	Reakce $\text{Fe}^{3+}$ s $\text{I}^-$
<u>Princip:</u>	Reakcí $\text{Fe}^{3+}$ s $\text{I}^-$ dochází k redukci železitých iontů na železnaté ionty, přičemž současně dochází k oxidaci jodidových aniontů na jod, který má červené zbarvení. $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$
<u>Pomůcky:</u>	2 zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka
<u>Chemikálie:</u>	0,1M roztok $\text{FeCl}_3$ , 0,2M roztok KI
<u>Postup:</u>	1. Do 2 zkumavek nalijte 3 ml síranu železitého, do jedné ze zkumavek následně přikapávejte roztok jodidu draselného.  2. Zkumavka s přidáním jodidem draselným se po chvíli zbarví do červena. (Obrázek 6)
<u>Časová náročnost:</u>	10 minut
<u>Poznámky:</u>	pokus se provádí pouze s $\text{FeCl}_3$ , chloroform ve videu slouží pouze pro ukázkou <b>KI</b> – nebezpečný, způsobuje poškození gastro-intestinálního systému (orálně), štítné žlázy při prodloužené nebo opakované expozici <b><math>\text{FeCl}_3</math></b> – nebezpečný, zdraví škodlivý při požití, dráždí kůži, způsobuje vážné poškození očí
<u>Video:</u>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=DcjNRi40bLA">https://www.youtube.com/watch?v=DcjNRi40bLA</a> [54]



Obrázek 4: Pozitivní důkaz železitých iontů (převzato z [54])

## Cínový ježek

<u>Název pokusu:</u>	Cínový ježek
<u>Princip:</u>	Kovy jsou v pevném stavu tvořeny kladně nabitými částicemi v záporně nabitém oblaku elektronů. V případě tohoto experimentu se částice cínu raději vyskytují ve formě oblaku elektronů, zatímco zinek má sklon vznášet se v podobě iontu. Granule zinku reaguje s roztokem $\text{SnCl}_2$ a dochází k reakci: $\text{Zn} + \text{SnCl}_2 \rightarrow \text{Sn} + \text{ZnCl}_2$ V důsledku této reakce dochází k vyloučení cínu ve formě krystalků na povrchu zinkové granule.
<u>Pomůcky:</u>	kádinka
<u>Chemikálie:</u>	0,5 M roztok $\text{SnCl}_2$ , Zn ve formě granulí
<u>Postup:</u>	1. Do kádinky vložte granuli zinku a přilijte roztok $\text{SnCl}_2$ , tak aby byla granule viditelně pod hladinou roztoku. 2. Po přidání roztoku do kádinky se na povrchu granule začnou vytvářet krystalky cínu, tvarem připomínající bodliny. (Obrázek 7)
<u>Časová náročnost:</u>	15 minut
<u>Poznámky:</u>	<b><math>\text{SnCl}_2</math></b> – nebezpečný, může způsobit podráždění dýchacích cest a alergickou reakci při styku s kůží
<u>Video:</u>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=hSHVMluQNvo">https://www.youtube.com/watch?v=hSHVMluQNvo</a> [55]

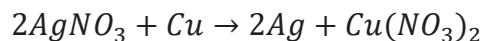


Obrázek 5: Cínové krystalky na povrchu zinku (převzato z [55])

## **Stříbrný strom**

Název pokusu: Stříbrný strom

Princip: Měď je schopna vytěsnit stříbro z roztoků stříbrných solí, v tomto případě podle reakce:



Na povrchu mědi se objevují vyloučené lesklé jehlicovité krystaly stříbra a roztok se zbarvuje do modra, jak se ionty mědi dostávají do roztoku.

Pomůcky: měď (drát, plíšek, ...), kádinka

Chemikálie: roztok  $AgNO_3$  5g/l

Postup: 1.Do kádinky nalijte roztok  $AgNO_3$ .(před experimentem může být potřeba drát očistit, toho lze dosáhnout ponecháním drátu v nasyceném roztoku NaCl v octu po dobu několika minut)

2.Do roztoku ponořte měděný drát vytvarovaný dle uvážení (např. v podobě stromu) a pozorujte vznik stříbrných krystalků na povrchu drátu. (Obrázek 8)

Časová náročnost: 10 minut

Poznámky:  $AgNO_3$  – nebezpečný, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí, vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=2uhLHu6Kmgs> [56]



Obrázek 6: Stříbrné krystalky na povrchu mědi (převzato z [56])

## Stříbrné zrcátko

<u>Název pokusu:</u>	Stříbrné zrcátko
<u>Princip:</u>	Reakcí Tollensova činidla se sloučeninou ze skupiny aldehydů, v tomto případě glukózou, dochází k redukci stříbrných iontů z $\text{Ag}^{+1}$ na $\text{Ag}^0$ a k oxidaci aldehydové skupiny na karboxylovou. V případě glukosy dojde k oxidaci na kyselinu glukonovou. Redukované stříbro se usazuje na povrchu skleněné baňky v podobě stříbrného zrcátka.
<u>Pomůcky:</u>	baňka s plochým dnem, zátka, kádinka, odměrné válce, kapátko, skleněná tyčinka
<u>Chemikálie:</u>	glukóza, 0,1M $\text{AgNO}_3$ , 0,8M KOH, 35% $\text{NH}_3$ , destilovaná voda
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Rozpusťte 2,2 g glukózy v 50 ml destilované vody.</li><li>2. Nalijte 150 ml dusičnanu stříbrného do kádinky.</li><li>3. Pipetou přidávejte k roztoku dusičnanu stříbrného amoniak, dokud se vzniklá hnědá sraženina znovu nerozpustí a nevznikne čirý bezbarvý roztok, který obsahuje bezbarvý iont <math>[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+</math>.</li><li>4. Přidejte 75 ml roztoku hydroxidu draselného, vznikne tmavě hnědá sraženina. Po kapkách přidávejte amoniak, dokud se sraženina nerozpustí a nevznikne čirý, bezbarvý roztok (Tollensovo činidlo).</li><li>5. Roztok přelijte do baňky a přidejte 12 ml roztoku glukózy. Baňku zazátkujte a roztok promíchejte tak, aby smočil nejlépe celý vnitřní povrch baňky. Míchejte, dokud se nevytvoří zrcadlový povrch.</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	25 minut
<u>Poznámky:</u>	Tollensovo činidlo nikdy nepřipravujte předem, nespotřebované zbytky činidla likvidujte okamžitě, stáním se činidlo stává výbušným stříbrné zrcátko odstraní pomocí koncentrované $\text{HNO}_3$ (Ag se rozpustí za vzniku dusičnanu stříbrného), pokud by reakce neprobíhala za laboratorní teploty, zkumavku zahřejte (provádějte v digestoři) <b><math>\text{AgNO}_3</math></b> – nebezpečný, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí, vysoce toxický pro vodní organismy, vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

**KOH** – nebezpečný, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

**NH<sub>3</sub>** – nebezpečný, může způsobit podráždění dýchacích cest, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí, vysoce toxický pro vodní organismy.

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=y-4qqcCxD6g> [57]



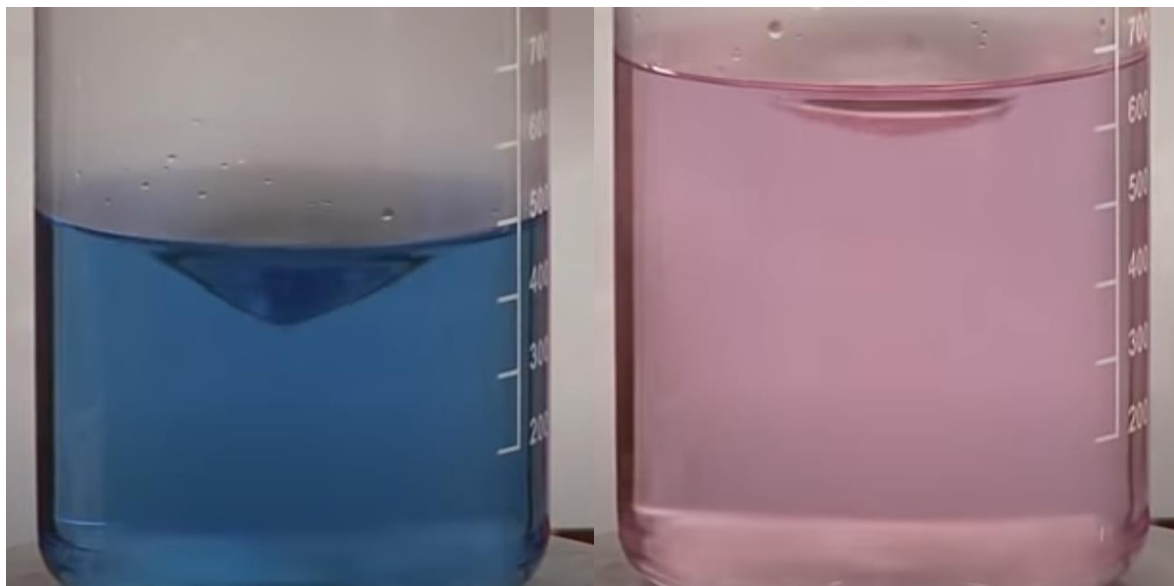
*Obrázek 7: Stříbrné zrcátko v baňce (převzato z [57])*

## CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O – Vliv koncentrace na rovnováhu

<u>Název pokusu:</u>	CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O – Vliv koncentrace na rovnováhu
<u>Princip:</u>	Co <sup>2+</sup> z hexahydrátu chloridu kobaltnatého je ve vodném roztoku obklopen 6 molekulami vody – vytváří komplexní aquakation [Co <sup>II</sup> (H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> , který má oktaedrické uspořádání. Přidáváním koncentrované kyseliny chlorovodíkové k roztoku hexahydrátu chloridu kobaltnatého, respektive ke komplexní částici [Co <sup>II</sup> (H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> dochází ke zvýšení koncentrace chloridových aniontů v roztoku, a tím k postupnému nahrazování molekul vody v koordinační sféře Co <sup>2+</sup> chloridovými anionty. Vzniká komplexní anion [Co <sup>II</sup> Cl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> – mění se náboj komplexní částice, ale také prostorové uspořádání: z oktaedrického na tetraedrické. Tyto dva komplexy mají odlišné barvy – oktaedrický [Co <sup>II</sup> (H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup> je růžový, tetraedrický [Co <sup>II</sup> Cl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> má modrou barvu.
<u>Pomůcky:</u>	zkumavka, kapátko, zátka
<u>Chemikálie:</u>	0,1 M roztok CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O, konc. HCl (12M), destilovaná voda
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Do větší zkumavky nalijte 2 ml roztoku hexahydrátu chloridu kobaltnatého.</li><li>2. Přidávejte po malých dávkách koncentrovanou kyselinu chlorovodíkovou – obsah zkumavky mírně protřepejte.</li><li>3. Následně přilévejte vodu – opět mírně protřepejte obsah zkumavky. Hexahydrát chloridu kobaltnatého má růžovou barvu, po přidání koncentrované kyseliny chlorovodíkové se zbarvení roztoku mění na modré.</li><li>4. Přiléváním vody se barva vrací na původní růžovou.</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	10 minut
<u>Poznámky:</u>	ke 2 ml roztoku CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O je třeba přidat cca 2 ml konc. HCl, zkumavka se zahřívá při přidávání HCl <b>CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O</b> – nebezpečný, zdraví škodlivý při požití, může vyvolat alergickou kožní reakci, při vdechování může vyvolat příznaky alergie nebo astmatu nebo dýchací potíže, podezření na genetické poškození, může vyvolat rakovinu při vdechování, může poškodit reprodukční schopnost, vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

**HCl** – nebezpečná, může způsobit podráždění dýchacích cest, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=GS9kIj9n-BU> [58]



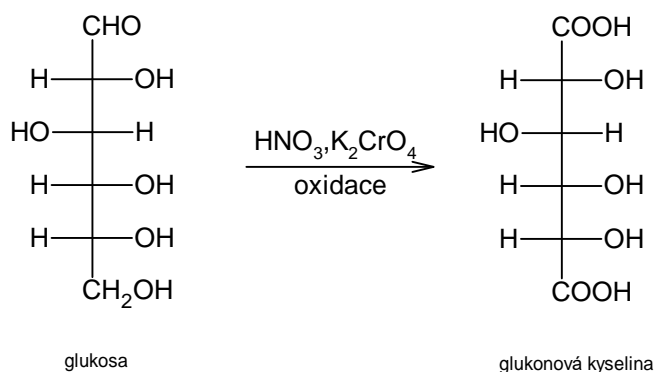
*Obrázek 8: Srovnání barvy oktaedrického (vpravo) a tetraedrického (vlevo) komplexu (převzato z [58])*



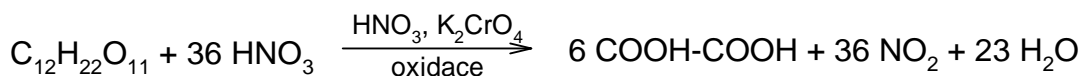
## Důkaz monosacharidů a oligosacharidů (nitrochromová reakce)

Název pokusu: Důkaz monosacharidů a oligosacharidů (nitrochromová reakce)

Princip: Nitrochromová reakce se používá k odlišení monosacharidů a oligosacharidů od polysacharidů, pozitivní výsledek (modré zbarvení) dává tato reakce s monosacharidy a oligosacharidy. Účinkem koncentrované kyseliny dusičné a chromanu draselného dochází k oxidaci daných typů sacharidů, přičemž chroman (Cr v oxidačním čísle VI) se redukuje na chromnaté kationty, které jsou modře zbarveny. Z polysacharidů reaguje za těchto podmínek pouze inulin, u kterého dochází za těchto podmínek k hydrolyze. Po čase ovšem dochází ke změně zbarvení ze žluté na modrou také u škrobu (polysacharid) – působením koncentrované kyseliny dusičné proběhne hydrolyza škrobu na kratší úseky (dextriny, maltózu či až na monosacharid glukosu). Hydrolyzou vzniklé monosacharidy a oligosacharidy poskytují pozitivní výsledek reakce – modré zbarvení.



Obrázek 9: Oxidace glukózy v rámci nitrochromové reakce



Obrázek 10: Oxidace sacharózy v rámci nitrochromové reakce

Pomůcky: 3 zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka, zátka, lžička

Chemikálie: glukóza, sacharóza, škrob, konc.  $\text{HNO}_3$  (65%), 5%  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , destilovaná voda

Postup: 1. Připravte si 3 zkumavky a v každé rozpustěte lžičku příslušného sacharidu ve 2 ml destilované vody.

2. Do každé zkumavky přidejte 3 ml koncentrované kyseliny dusičné a 7 kapek chromanu draselného, protřepte.

3. Po chvíli se v prvních dvou zkumavkách objeví modré zbarvení, ve třetí zkumavce lze pozorovat žlutou barvu. (I v případě škrobu dochází po delší době ke změně barvy ze žluté na modrou.) (Obrázek 10)

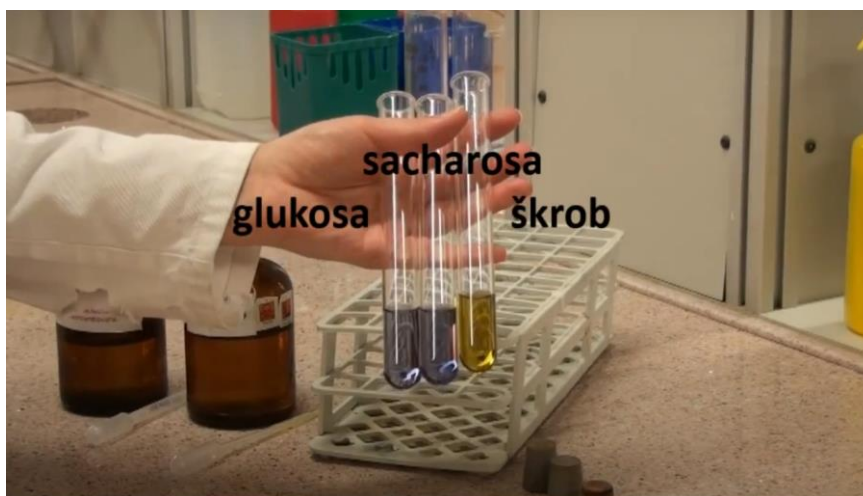
Časová náročnost: 15 minut

Poznámky: při použití 10 kapek chromanu bude zbarvení výraznější modré zbarvení se objeví až po chvíli, ne okamžitě v případě škrobu dojde k tvorbě modrého postupně, během 10 minut

**HNO<sub>3</sub>** – nebezpečná, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí. Toxický při vdechování, oxidující látka

**K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>** – nebezpečný, dráždí kůži, může vyvolat alergickou kožní reakci, způsobuje vážné podráždění očí, může způsobit podráždění dýchacích cest, může vyvolat genetické poškození, může vyvolat rakovinu při vdechování, vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=5hguzUq1QmA> [59]

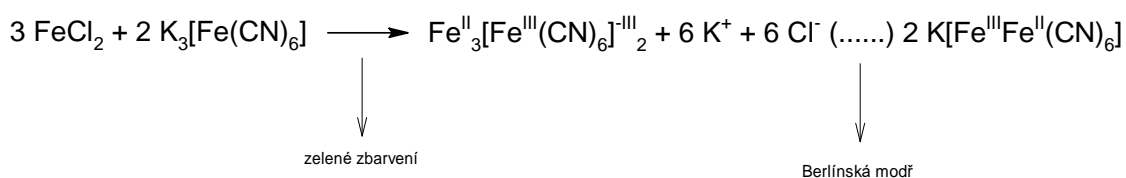
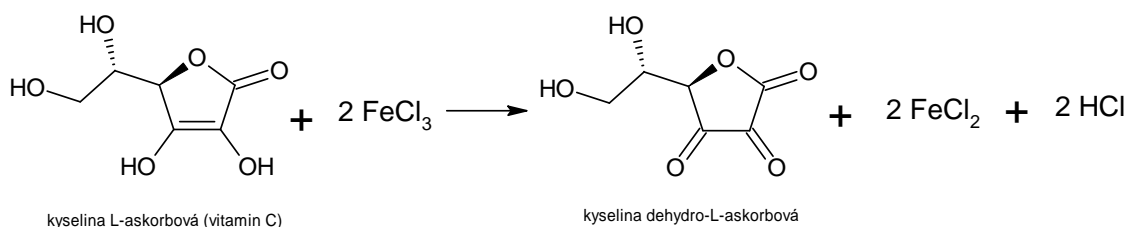


Obrázek 11: Výsledek nitrochromová reakce (převzato z [59])

## Důkaz vitamínu C (kyseliny askorbové) pomocí FeCl<sub>3</sub>

Název pokusu: Důkaz vitamínu C (kyseliny askorbové) pomocí FeCl<sub>3</sub>

Princip: Kyselina askorbová reaguje s FeCl<sub>3</sub> za vzniku kyseliny dehydroaskorbové, přičemž železité kationty se redukují na železnaté. Fe<sup>2+</sup> můžeme dokázat reakcí s červenou krevní solí, kdy vzniká tmavě modrá sraženina.



Obrázek 12: Reakce vitamínu C s FeCl<sub>3</sub> a následná reakce FeCl<sub>2</sub> s červenou krevní solí

Pomůcky: 3 zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka

Chemikálie: roztok vitamínu C (Celaskon – 2 tablety rozpustit ve 100 ml vody), citrusová šťáva, ovocná limonáda, 5% roztok FeCl<sub>3</sub>, 5% roztok červené krevní soli K<sub>3</sub>[Fe<sup>III</sup>(CN)<sub>6</sub>]

Postup: 1. Do 3 zkumavek nalijte 5 ml roztoku vitamínu C (Celaskonu), citrusové šťávy a ovocné limonády.

2. Do všech zkumavek přidejte 1 ml roztoku chloridu železitého a zamíchejte.

3. Poté do každé zkumavky přikápněte pár kapek roztoku hexakynoželezitanu draselného (červené krevní soli) a opět zamíchejte.

4. Ve zkumavkách, kde je obsažena kyselina askorbová, dochází k barevné reakci – lze pozorovat vznik tmavě modré sraženiny.

Časová náročnost: 15 minut

Poznámky: v případě ovocné limonády může být zbarvení nazelenalé, místo tmavě modrého

vznikající tmavě modrá sraženina se nazývá Berlínská modř

**FeCl<sub>3</sub>** – nebezpečný, způsobuje vážné poškození očí, zdraví škodlivý při požití, dráždí kůži

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=yYtJwbLuUcI> [60]



*Obrázek 13: Pozitivní důkaz vitamínu C v Celaskonu(vlevo), citrusové šťávě(vpravo) a limonádě(uprostřed)  
(převzato z [60])*

## Kouzelné písmo

<u>Název pokusu:</u>	Kouzelné písmo
<u>Princip:</u>	Zahřátím růžového hexahydrátu chloridu kobaltnatého se uvolňuje krystalová voda a vzniká bezvodý chlorid kobaltnatý, který má modrou barvu. Chlorid kobaltnatý je velmi hygroskopický, proto po navlhčení (stačí i vzdušná vlhkost) modrý chlorid kobaltnatý přijímá vodu a vzniká opět růžový hexahydrát chloridu kobaltnatého. Této změny zbarvení se využívá v silikagelu, do kterého se přidává bezvodý $\text{CoCl}_2$ jako indikátor množství obsažené vlhkosti. Silikagel se používá v exsikátorech k vysoušení látek – silikagel je pórovitá forma oxidu křemičitého, která je schopná absorbovat vodu.
<u>Pomůcky:</u>	filtrační papír, štětec, kádinka, kahan, sirky
<u>Chemikálie:</u>	5% roztok $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Na filtrační papír nakreslete štětcem namočeným v roztoku hexahydrátu chloridu kobaltnatého libovolné obrázky.</li><li>2. Filtrační papíry nechte uschnout. Po zaschnutí lze pozorovat na papíře slabě růžové tahy štětcem.</li><li>3. Poté je „vyvolejte“ nad kahanem, popřípadě nad svíčkou.</li><li>4. Při jejich „vyvolání“ nad kahanem nakreslený obrázek zmodrá. Na vzduchu se ovšem ihned mění zpět na slabě růžový.</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	15 minut
<u>Poznámky:</u>	pokus je možné předpřipravit nakreslením obrázků před provedením pokusu <b><math>\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}</math></b> – nebezpečný, zdraví škodlivý při požití, může vyvolat alergickou kožní reakci, při vdechování může vyvolat příznaky alergie nebo astmatu nebo dýchací potíže, podezření na genetické poškození, může vyvolat rakovinu při vdechování, může poškodit reprodukční schopnost, vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky
<u>Video:</u>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=mclwoYLSb-s">https://www.youtube.com/watch?v=mclwoYLSb-s</a> [61]

## Reakce fenolů s $\text{Fe}^{3+}$

<u>Název pokusu:</u>	Reakce fenolů s $\text{Fe}^{3+}$
<u>Princip:</u>	Fenoly tvoří s $\text{Fe}^{3+}$ různě zbarvené komplexy. Fenolátové anionty nahrazují vodu v koordinační sféře $\text{Fe}^{3+}$ – vznikají komplexní částice od $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OAr})]^{2+}$ po komplexní částice $[\text{Fe}(\text{OAr})_6]^{3-}$ .
<u>Pomůcky:</u>	6 zkumavek, stojan na zkumavky, zátky, lžička, kapátko
<u>Chemikálie:</u>	roztok fenolu, roztok pyrokatecholu, roztok resorcinolu, roztok hydrochinonu, roztok floroglucinolu, roztok pyrogallolu, 5% roztok $\text{FeCl}_3$
<u>Postup:</u>	<p>1. Připravte si roztoky jednotlivých fenolů – na špičku malé lžičky látky rozpust'ete v 5 ml vody. (rozpuštěním fenolů ve vodě vzniknou bezbarvé roztoky, pouze pyrokatechol tvoří nahnědlý roztok)</p> <p>2. Ke každému roztoku přidejte 3 kapky roztoku chloridu železitého.</p> <p>3. Přikapáváním roztoku chloridu železitého dochází ke změně barvy: fenol – (temně) fialová; pyrokatechol – tmavě zelená až zelenošedá; resorcinol – fialová; hydrochinon – při přikapávání zelená, mění se ihned na oranžovohnědou; floroglucinol – fialová; pyrogallol – hnědá až rezavá. (Obrázek 11)</p>
<u>Časová náročnost:</u>	15 minut
<u>Poznámky:</u>	<p>pro přípravu roztoků stačí opravdu velmi málo jednotlivých látek</p> <p>u fenolu a pyrokatecholu lze pozorovat velmi temné barvy, stačí pouze 2 kapky roztoku <math>\text{FeCl}_3</math>, u ostatních 3 kapky, v případě hydrochinonu i více</p> <p><b>Fenol</b> – nebezpečný, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí, podezření na genetické poškození, může způsobit poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici, toxický při požití, při styku s kůží nebo při vdechování</p> <p><b>Pyrokatechol</b> – nebezpečný, dráždí kůži, způsobuje vážné podráždění očí, může vyvolat rakovinu, podezření na genetické poškození, toxický při požití nebo při styku s kůží</p> <p><b>Resorcinol</b> – nebezpečný, zdraví škodlivý při požití, dráždí kůži, způsobuje vážné podráždění očí, vysoce toxický pro vodní organismy</p> <p><b>Hydrochinon</b> – nebezpečný, zdraví škodlivý při požití, může vyvolat alergickou kožní reakci, způsobuje vážné</p>

poškození očí, podezření na genetické poškození, podezření na vyvolání rakoviny, vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

**Pyrogallol** – nebezpečný, podezření na genetické poškození, zdraví škodlivý při požití, při styku s kůží nebo při vdechování, škodlivý pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

**FeCl<sub>3</sub>** – nebezpečný, způsobuje vážné poškození očí, zdraví škodlivý při požití, dráždí kůži

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=povZV0XPCF0> [62]



Obrázek 14: Roztoky fenolů s Fe<sup>3+</sup> (převzato z [62])

## Reakce Cu s kyselinou dusičnou – vliv koncentrace

<u>Název pokusu:</u>	Reakce Cu s kyselinou dusičnou – vliv koncentrace
<u>Princip:</u>	<p>Cu patří mezi ušlechtilé kovy – v Beketově řadě napětí kovů se nachází napravo od vodíku, což znamená, že nedokáže vyredukovat vodík z roztoků kyselin. Cu jakožto ušlechtilý kov reaguje pouze s kyselinami, které mají oxidační účinky, např. zředěná i koncentrovaná HNO<sub>3</sub> a koncentrovaná H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.</p> <p>Reakcí mědi s kyselinou dusičnou vzniká dusičnan měďnatý, který je modrý či modrozelený, měď se oxiduje, dusík se redukuje buď na oxid dusnatý či dusičitý v závislosti na koncentraci kyseliny dusičné, posledním produktem reakce je voda. Oxid dusnatý NO je bezbarvý, samovolně se ovšem oxiduje vzdušným kyslíkem na oxid dusičitý. Oxid dusnatý vzniká při reakci mědi se zředěnou kyselinou dusičnou. Oxid dusičitý NO<sub>2</sub> má rezavou až hnědou barvu a vzniká reakcí mědi s koncentrovanou kyselinou dusičnou.</p> $3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$
<u>Pomůcky:</u>	2 zkumavky, stojan na zkumavky, kádinka na čisticí roztok
<u>Chemikálie:</u>	zř. (10%) HNO <sub>3</sub> , konc. (65%) HNO <sub>3</sub> , plíšky Cu, (čisticí roztok – zř. CH <sub>3</sub> COOH, pevný NaCl)
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Měděné plíšky očistěte nasyceným roztokem NaCl v octu. (viz pokus Stříbrný strom)</li><li>2. Připravte si 2 zkumavky – do jedné nalijte 3 ml zředěné (10%) kyseliny dusičné a do druhé 3 ml koncentrované (65%) kyseliny dusičné.</li><li>3. Najednou vhod'te do obou zkumavek stejně velký kus očištěného měděného plíšku.</li><li>4. Po vhození měděných plíšků do roztoků kyseliny dusičné začne ihned probíhat reakce ve zkumavce s koncentrovanou kyselinou dusičnou – po pár minutách lze pozorovat změnu zbarvení roztoku z bezbarvé na modrou. Ze zkumavky uniká rezavý plyn. Po chvíli měděný plíšek zreaguje úplně. Ve zkumavce se zředěnou kyselinou dusičnou žádná reakce neprobíhá. (Obrázek 12)</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	20 minut
<u>Poznámky:</u>	vzhledem k uvolňování nitrosních plynů experiment provádějte v digestoři nebo v dobře větrané místnosti



na čistící roztok stačí v kádince rozpustit tři lžičky kuchyňské soli v octu

v koncentrované kyselině měď zreaguje do pěti minut, ve zředěné reakce není viditelná ani po deseti minutách

**HNO<sub>3</sub>** – nebezpečná, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí, toxický při vdechování

**CH<sub>3</sub>COOH** – nebezpečná, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=vgFGWI-tzdo> [63]



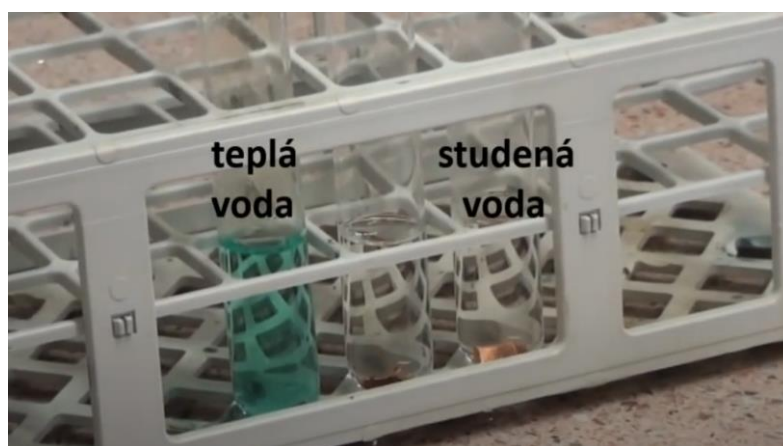
Obrázek 15: Srovnání zbarvení zkumavek reakce HNO<sub>3</sub> s Cu (převzato z [63])

## Reakce Cu s kyselinou dusičnou – vliv teploty

<u>Název pokusu:</u>	Reakce Cu s kyselinou dusičnou – vliv teploty
<u>Princip:</u>	Cu patří mezi ušlechtilé kovy – v Beketovově řadě napětí kovů se nachází napravo od vodíku, což znamená, že nedokáže vyredukovat vodík z roztoků kyselin. Cu jakožto ušlechtilý kov reaguje pouze s kyselinami, které mají oxidační účinky – zředěná i koncentrovaná $\text{HNO}_3$ a koncentrovaná $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
<u>Pomůcky:</u>	3 zkumavky, stojan na zkumavky, kádinka s ledem a studenou vodou, vodní lázeň, kádinka na čistící roztok
<u>Chemikálie:</u>	zř. (10%) $\text{HNO}_3$ , plíšky Cu, (čistící roztok – zř. $\text{CH}_3\text{COOH}$ , pevný NaCl)
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Připravte si 3 zkumavky a do všech tří nalijte 3 ml zředěné (10%) kyseliny dusičné.</li><li>2. Do všech zkumavek najednou vhod'te stejně velký kus měděného plíšku.</li><li>3. Jednu zkumavku ponořte do vodní lázně, druhou ponechejte stát při laboratorní teplotě a třetí ponořte do kádinky s ledem a studenou vodou.</li><li>4. Viditelná reakce začne po chvíli probíhat ve zkumavce na vodní lázni – lze pozorovat změnu zbarvení roztoku z bezbarvé na modrou, po chvíli od začátku reakce se z roztoku začne uvolňovat viditelný rezavý plyn. Ve zbývajících dvou zkumavkách – zkumavce ponechané za laboratorní teploty a zkumavce v kádince s ledem – žádná reakce neprobíhá. (Obrázek 13)</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	25 minut
<u>Poznámky:</u>	vzhledem k možnému uvolňování nitrosních plynů experiment provádějte v digestoři nebo v dobře větrané místnosti plíšky před provedením experimentu očistěte v čistícím roztoku (3 lžičky kuchyňské soli v octu) na vodní lázni začne reakce probíhat do deseti minut, zbylé reakce nejsou viditelné ani po deseti minutách <b><math>\text{HNO}_3</math></b> – nebezpečná, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí, toxický při vdechování <b><math>\text{CH}_3\text{COOH}</math></b> – nebezpečná, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=AYzKF95KC4U> [64]



*Obrázek 16: Výsledky reakce v závislosti na teplotě (převzato z [64])*

## Reakce Zn s S

<u>Název pokusu:</u>	Reakce Zn s S
<u>Princip:</u>	Zinek reaguje se sírou za zvýšené teploty za vzniku sulfidu zinečnatého. Po zapálení směsi dochází k prudké reakci doprovázené světelným (záblesk) i tepelným efektem. $\text{Zn} + \text{S} \rightarrow \text{ZnS}$
<u>Pomůcky:</u>	filtrační papír, špejle, sirky, lžička, kovová podložka
<u>Chemikálie:</u>	práškový Zn, prášková S
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Na filtrační papír dejte práškový zinek a práškovou síru v hmotnostním poměru 2:1 (např. 2 lžičky práškového zinku na 1 lžičku práškové síry).</li><li>2. Směs důkladně, ale opatrně promíchejte a přeneste ji na kovovou podložku.</li><li>3. Směs zapalte dlouhou hořící špejlí. Po zapálení směsi lze pozorovat záblesk a v blízkosti cítit uvolňující se teplo. (reakce proběhne velmi rychle)</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	10 minut
<u>Poznámky:</u>	pokus provádějte v digestoři nebo dobře větrané místnosti, chraňte si zrak před zábleskem nutné dodržení bezpečné vzdálenosti, při reakci může dojít k popálení odlétávající sírou a zinkem při zapálení špejlí je bezpečné použít maximálně 5 g směsi, pro větší směsi je nutné použít odpalovací zařízení <b>srážena S</b> – nebezpečná, dráždí kůži, hořlavá tuhá látka, při hoření síry na vzduchu mohou vznikat oxidy síry – SO <sub>2</sub> (toxický).
<u>Video:</u>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=MY7uBAK7YMA">https://www.youtube.com/watch?v=MY7uBAK7YMA</a> [65]

## Falešné stříbro a zlato

<u>Název pokusu:</u>	Falešné stříbro a zlato
<u>Princip:</u>	<p>Zinek se rozpouští v hydroxidu sodném za vzniku komplexu <math>\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]</math>, přičemž se uvolňuje vodík. Jestliže umístíme do roztoku měď, začne se na jejím povrchu vylučovat elektrochemicky zinek. Tím plíšek mědi získá stříbrnou barvu. Při zahřívání v plameni kahanu zinek pronikne do vrstvy mědi a vytvoří slitinu s mědí – mosaz. Reakce mezi zinkem a hydroxidem sodným probíhá:</p> $\text{Zn} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$ <p>Reakce pokovování neprobíhá, pokud měď a zinek nejsou v kontaktu, procesy vypadají následovně: Reakce na Zn části: <math>\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-</math> Reakce na Cu části: <math>[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn} + 4\text{OH}^-</math></p>
<u>Pomůcky:</u>	2 kádinky, lžička, chemické kleště, odpařovací miska, trojnožka, kahan třecí miska s tloučkem, lžička, špejle, sirky
<u>Chemikálie:</u>	pevný NaCl, 5% $\text{CH}_3\text{COOH}$ , plíšky Cu (nebo mince), práškový Zn, 20% NaOH, studená voda
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Do menší kádinky nasypete 3 lžičky chloridu sodného a přidejte 15 ml 5% roztoku kyseliny octové, roztok zamíchejte.</li><li>2. Do této směsi vložte čisté měděné plíšky (staré mince). S plíšky míchejte tak dlouho, dokud se nezačnou lesknout.</li><li>3. Plíšky následně vyjměte chemickými kleštěmi a usušte je – nedotýkejte se jich rukama.</li><li>4. Do odpařovací misky nasypete asi 3 lžičky práškového zinku, a poté přilijte do poloviny odpařovací misky 20% roztok hydroxidu sodného.</li><li>5. Odpařovací misku zahřívejte – roztok ovšem nesmí přijít k varu. (zahřívání roztoku provádějte v digestoři, vznikají dráždivé výpary)</li><li>6. Do horkého roztoku (uvolňují se bublinky) vložte měděné plíšky a zahřívejte asi 5 minut. Kleštěmi občas plíšky zamíchejte.</li></ol>

7. Následně vyjměte kleštěmi plíšky z roztoku a ponořte je do kádinky se studenou vodou, plíšky v ní umyjte.

8. Umyté a osušené plíšky uchopte kleštěmi a zahřívejte je ve vnější zóně plamene kahanu.

9. Po změně barvy plíšku ochlaďte plíšek v kádince se studenou vodou. Plíšek osušte a vyleštěte. (měděné plíšky mění při zahřívání v odpařovací misce se zinkem a roztokem NaOH svoji barvu z oranžové na stříbrnou, při zahřívání v plameni kahanu dochází k přeměně na zlatou barvu) (Obrázek 14)

Časová náročnost: 25 minut

Poznámky: plíšky před provedením experimentu očistěte v čistícím roztoku (3 lžičky kuchyňské soli v octu)  
měděný plíšek je dobré ponechat v roztoku NaOH se Zn asi 5 minut, popřípadě i déle, pokud není plíšek celý pokrytý stříbrnou vrstvičkou  
plíšek je nutné očistit od zbytků práškového Zn  
plíšek nenechávejte v plameni kahanu celou dobu, ale projíždějte mincí plamenem, během cca 2 minut se mince zbarví do zlaté barvy  
**CH<sub>3</sub>COOH** – nebezpečná, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí  
**NaOH** – nebezpečný, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=eVdPxuUvIII> [66]

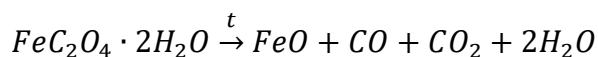


Obrázek 17: Mince falešného zlata a stříbra (převzato z [67])

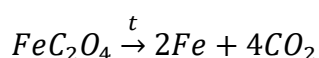
## Ohnivý déšť

Název pokusu: Ohnivý déšť

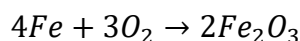
Princip: Samozápalnost je schopnost pevného materiálu samovznícení v práškovém stavu. Tyto vlastnosti mají například prášky několika kovů. Mírným zahříváním dihydrátu šťavelanu železnatého vznikají oxidy a pozorujeme změnu barvy na černou.



Intenzivním zahříváním se bezvodý šťavelan rozkládá za vzniku jemného pyroforického železa.



Pyroforické železo je velmi reaktivní a na vzduchu reaguje s kyslíkem.



Pomůcky: zkumavka, kahan, držák na zkumavky, vata

Chemikálie: dihydrát šťavelanu železnatého, aceton

Postup:

1. Zahřívejte dihydrát šťavelanu železnatého v plameni kahanu, dokud se jeho barva nezmění ze žluté na černou.
2. Obsah zkumavky nasypete na vatu namočenou v acetonu. Vata díky pyroforickým vlastnostem železa začne hořet. (Obrázek 15)

Časová náročnost: 10 minut

Poznámky:  $FeC_2O_4 \cdot 2H_2O$  je možné připravit z dihydrátu kyseliny šťavelové  $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$  a Mohrovi soli  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ : do 20% vodného roztoku síranu železnato-amonného, okyseleného kapkou koncentrované kyseliny sírové, přidejte 1,5-násobek stechiometrického množství 10% vodného roztoku kyseliny šťavelové, přitom se vysráží žlutá sraženina produktu směs mírně zahřejte k varu a nechte hrudkovitou žlutou sraženinu usadit, sraženinu přečistěte dekantací horkou vodou a poté ji přefiltrujte za sníženého tlaku Büchnerovou nálevkou, důkladně promyjte horkou vodou a nakonec ethanolem a vysušte na vzduchu

vzhledem k uvolňování oxidu uhelnatého při žíhání směsi, je nutné experiment provádět v digestoři

**$\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$**  – zdraví škodlivý při požití a při styku s kůží

**Aceton** – vysoce hořlavá kapalina i její páry, způsobuje vážné podráždění očí, může způsobovat ospalost nebo závratě

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=UbvBi6vvHXw> [68]



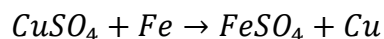
*Obrázek 18: Zapálení vaty pyroforickým železem (převzato z [68])*



## Vytěšňování mědi železem

Název pokusu: Vytěšňování mědi železem

Princip: Železo se nachází v Beketově řadě kovů vlevo, má nižší potenciál a dokáže tudíž vytěšnit měďnaté kationty z roztoků jejich solí. Při reakci dochází ke změně zbarvení roztoku do zelena vznikajícím síranem železnatým, na železném hřebíku se vylučuje měď.



Pomůcky: kádinka, hřebík, šroub

Chemikálie: 5% roztok  $\text{CuSO}_4$ , ethanol

Postup:

1. Hřebík či šroub odmastěte denaturovaným ethanolem.
2. Do kádinky nebo zkumavky s 5% roztokem modré skalice vložte železný hřebík.
3. Roztok se postupně zbarvuje do zelena a na hřebíku se vylučuje měď. (Obrázek 16)

Časová náročnost: 10 minut

Poznámky: do pěti minut se na hřebíku objeví vrstvička mědi, změna zbarvení není tak patrná  
 **$\text{CuSO}_4$**  – nebezpečný, zdraví škodlivý při požití, dráždí kůži, způsobuje vážné poškození očí, vysoce toxický pro vodní organismy  
**Ethanol** – nebezpečný, způsobuje vážné podráždění očí, hořlavina

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=1je8sd59oAs> [69]



Obrázek 19: Srovnání barvy roztoku před(vpravo) a po vyloučení mědi(vlevo) (převzato z [69])

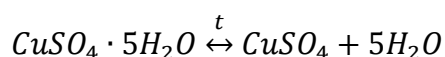
## Hoření železa

<u>Název pokusu:</u>	Hoření železa
<u>Princip:</u>	Železná brusná vata klade procházejícímu elektrickému proudu odpor, který se projevuje vznikem tepla. Pokud je vata dostatečně jemná, proud z baterie ji vznítí. Hořící železo reaguje se vzdušným kyslíkem za vzniku oxidu železitého a dalšího tepla, které udržuje reakci v chodu.
<u>Pomůcky:</u>	kovová podložka, 9 V baterie
<u>Chemikálie:</u>	železná brusná vata (hrubost 00 – 0000)
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Železnou vatu trochu načechrejte k usnadnění přístupu kyslíku</li><li>2. Vatu položte na kovovou podložku a přiložte k ní baterii.</li><li>3. Pozorujte hoření jednotlivých vláken.</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	10 minut
<u>Poznámky:</u>	načechráním vaty lze docílit rovnoměrného hoření vaty vzhledem k práci s ohněm dodržujte bezpečné zásady, při jejich nedodržení hrozí např. popálení
<u>Video:</u>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=h0ebXe8UC7I">https://www.youtube.com/watch?v=h0ebXe8UC7I</a> [70]

## Žihání modré skalice

Název pokusu: Žihání modré skalice

Princip: Krystalky modré skalice ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) obsahují ve své vnitřní struktuře 5 molekul vody na každý měďnatý iont  $\text{Cu}^{2+}$ . Zahříváním se krystaly zbaví vody, stanou se pouze  $\text{CuSO}_4$ , změní tak své vlastnosti a zbělají. Při přidání vody krystaly  $\text{CuSO}_4$  přijímají molekuly vody a vrací se do původní formy – modře zbarveného pentahydrátu síranu měďnatého  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .



Pomůcky: zkumavka, kahan, kleště, lžička, stříčka na vodu, stojan na zkumavky, hodinové sklíčko

Chemikálie:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , destilovaná voda

Postup:

1. Krystalky modré skalice umístěte do zkumavky.
2. Zkumavku zahřívejte pomocí kahanu do změny barvy krystalků (měla by nastat asi za 10 minut) z modré barvy na bílou.
3. Přidejte pár kapek vody ke krystalkům a pozorujte změnu zbarvení zpátky na modrou. (Obrázek 17)

Časová náročnost: 20 minut

Poznámky:  $\text{CuSO}_4$  – nebezpečný, zdraví škodlivý při požití, dráždí kůži, způsobuje vážné poškození očí, vysoce toxický pro vodní organismy

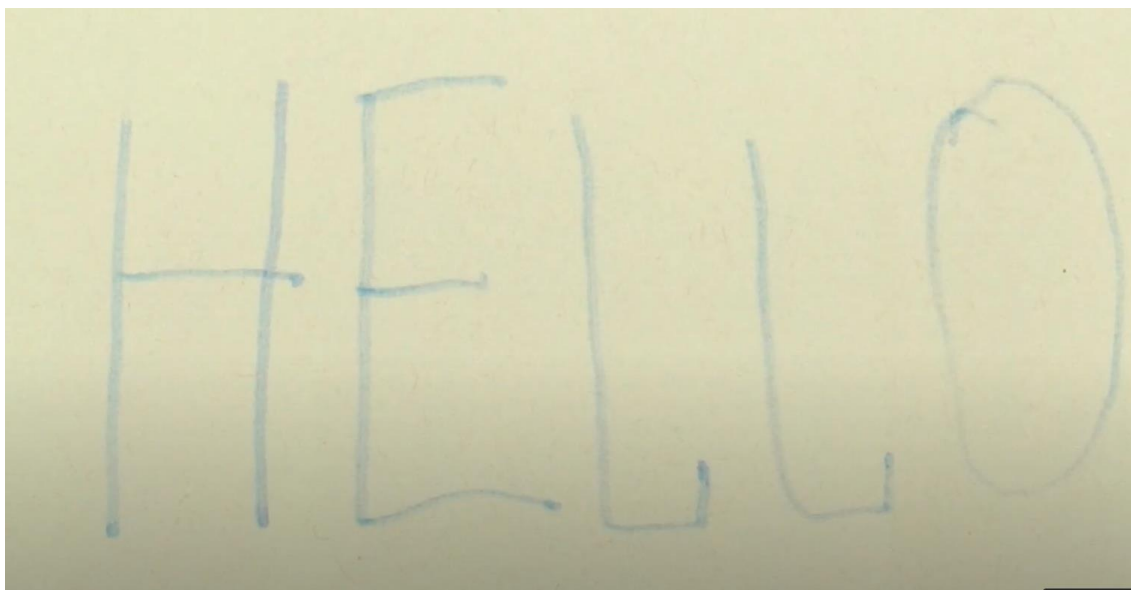
Video: <https://www.youtube.com/watch?v=GeDYWGtqeXQ> [71]



Obrázek 20: Krystalky bezvodé modré skalice (bílé krystalky) a hydratované (modré krystalky) (převzato z [71])

## Neviditelný inkoust

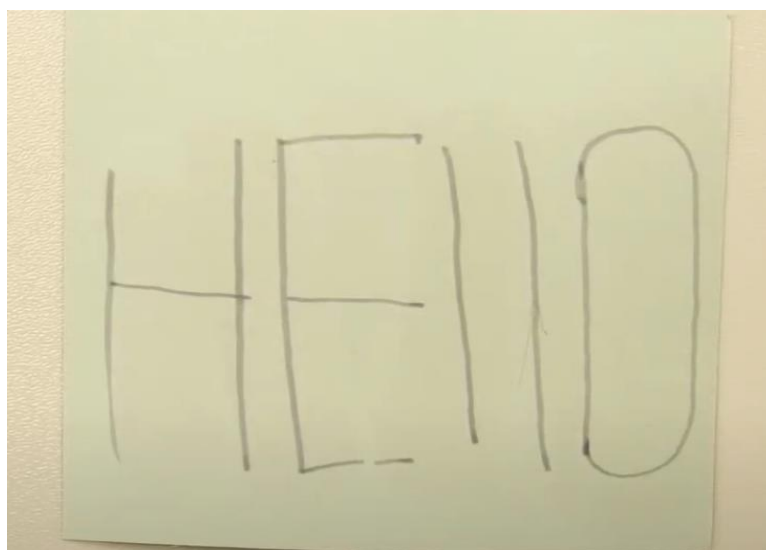
<u>Název pokusu:</u>	Neviditelný inkoust
<u>Princip:</u>	Plynný amoniak reaguje s $\text{Cu}^{2+}$ ionty ve filtračním papíru za vzniku komplexu $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , jehož barva je sytě modrá.
<u>Pomůcky:</u>	štetec, kádinka, Petriho miska, filtrační papír
<u>Chemikálie:</u>	1M roztok $\text{CuSO}_4$ , 2M roztok $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Pomocí štětce nakreslete na papír roztokem síranu měďnatého libovolný obrázek nebo napište text.</li><li>2. Do Petriho misky nalijte uhličitán amonný a na misku položte papír s kresbou.</li><li>3. Po pár minutách uvidíte kresbu výraznou modrou barvou. (Obrázek 18)</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	10 minut
<u>Poznámky:</u>	vzhledem k nepříjemnému zápachu je lepší pracovat ve větrané místnosti nebo v digestoři $\text{CuSO}_4$ – nebezpečný, zdraví škodlivý při požití, dráždí kůži, způsobuje vážné poškození očí, vysoce toxický pro vodní organismy $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – zdraví škodlivý při požití, dráždí kůži, způsobuje vážné poškození očí
<u>Video:</u>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=8b02BRgs86w">https://www.youtube.com/watch?v=8b02BRgs86w</a> [72]



Obrázek 21: Zvýrazněný text napsaný roztokem síranu měďnatého (převzato z [72])

## Železný inkoust

<u>Název pokusu:</u>	Železný inkoust
<u>Princip:</u>	Vznikající sloučenina taninu a $\text{Fe}^{2+}$ je tak dobrá v zanechávání stop na papíře, že se po staletí používá jako skutečný inkoust. Železná část $\text{FeSO}_4$ , chemická látka známá lidstvu od nepaměti, reaguje s taninem (tříslovinou), který se vztahuje k výrůstkům dubů vyvolaným určitým druhem vosy. Tyto výrůstky jsou bohatým zdrojem tříslovin. Třísloviny se nacházejí nejen v dubových výrůstcích, ale také v dubové kůře a listech, stejně jako v jiných rostlinách. Jednou z konkrétních rostlin, která obsahuje velké množství tříslovin, je <i>Camellia sinensis</i> , rostlina, z níž se vyrábí obyčejný čaj.
<u>Pomůcky:</u>	štetec, kádinka, filtrační papír
<u>Chemikálie:</u>	1% roztok taninu, 0,1 M roztok $\text{FeSO}_4$
<u>Postup:</u>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Pomocí štětce nakreslete na filtrační papír roztokem taninu libovolný obrázek nebo napište text.</li><li>2. Papír s kresbou pokapejte roztokem <math>\text{FeSO}_4</math>.</li><li>3. Po chvíli uvidíte zřetelnou kresbu načernalou barvou. (Obrázek 19)</li></ol>
<u>Časová náročnost:</u>	10 minut
<u>Poznámky:</u>	<b><math>\text{FeSO}_4</math></b> – dráždí kůži, způsobuje vážné podráždění očí, podráždění očí, může způsobovat podrážděnost a nevolnost
<u>Video:</u>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ZAwsE5Q-I4c">https://www.youtube.com/watch?v=ZAwsE5Q-I4c</a> [73]



Obrázek 22: Zvýrazněný text napsaný taninem (převzato z [73])

## 4. Diskuse

Sestavená série obsahuje devatenáct chemických pokusů demonstrujících vlastnosti d-prvků, konkrétně železa, manganu, zinku, stříbra, kobaltu, chromu, mědi, a jejich sloučenin. Nebyly nalezeny žádné pokusy s uměle vytvořenými a radioaktivními prvky vzhledem ke komplikacím, které jsou s jejich využitím spojené. Umělé vytvořené prvky se v současné době využívají pouze k vědeckým účelům a radioaktivní prvky jsou pro využití v dnešní výuce chemie na středních a základních školách považovány za příliš nebezpečné. Pro další d-prvky, jako je například palladium (Pd) nebo rhodium (Rh) nebyly nalezeny pokusy z důvodu jejich omezené dostupnosti a velmi vysoké ceně. Vzhledem k nedostupnosti vnitřně přechodných prvků, neboli f-prvků, a nebezpečí práce s nimi (mnohé z nich jsou radioaktivní), nejsou tyto prvky využitelné ve výuce chemie.

Nalezené pokusy nejsou časově náročné na přípravu ani na provedení, všechny lze realizovat do 30 minut. Lze tak v rámci jednoho prvku, například železa nebo mědi, vyzkoušet více pokusů bez obav z časového vytížení. Pokusy také nevyžadují použití speciálního laboratorního vybavení nebo ochranných pomůcek a většinu je možné provést v běžných prostorách výukových laboratoří či v domácím prostředí. Například v pokusech Stříbrné zrcátko, Ohnivý déšť a Hoření železné vaty je ovšem nutná práce v digestoři nebo v dobře větraném prostoru, v prvním případě se pracuje s 35% amoniakem, který je nebezpečný pro zdraví a velmi nepříjemně zapáchá, v dalších dvou experimentech vzniká oheň. Digestoř či dobře větrané prostory je z hlediska bezpečnosti potřeba využít i v dalších pokusech, u takových pokusů uvádím, zda je nutná práce v digestoři i důvod tohoto opatření. V experimentu Reakce Zn s S dochází k velmi bouřlivé reakci a je tedy nutné dodržovat bezpečnou vzdálenost. V několika pokusech se pracuje s kyselinami či zásadami, s látkami klasifikovanými jako žiraviny, v těchto případech je nutné využít ochranných pomůcek jako jsou rukavice nebo ochranné brýle a pracovat s opatrností.

V rámci práce jsem osobně několik pokusů vyzkoušel k ověření jejich správného průběhu ve výukové chemické laboratoři své střední školy, konkrétně jde o pokusy Neviditelný inkoust, Žihání modré skalice, Vytěšňování mědi železem, Stříbrné zrcátko, Cínový ježek a Stříbrný strom.

## 5. Závěr

Chemický experiment je nezbytnou součástí výuky chemie i popularizace této vědy. Experiment umožňuje studentům a veřejnosti pochopit základní chemické principy, procesy a reakce, které se odehrávají v přírodě i v laboratoři. Také podporuje rozvoj dovedností jako je pozorování, měření, analýza, interpretace a kritické myšlení. Chemický experiment může sloužit jako zdroj motivace, zájmu a zábavy pro ty, kteří se chtějí dozvědět více o chemii a jejím vlivu na život a společnost, je tedy důležitým nástrojem pro vzdělávání a osvětu v oblasti chemie.

Cílem této bakalářské práce bylo sestavení sady chemických experimentů týkajících se d- a f- prvků, tedy přechodných kovů a vnitřně přechodných prvků, která byla následně implementována do internetové chemické databáze Pokusnice. Pokusy jsou zaměřeny na demonstraci vlastností d-prvků například pokus Ohnivý déšť ukazuje vlastnost pyroforického železa samovznítit se na vzduchu bez potřeby zápalného zařízení. Pokusy se týkají různých oblastí chemie a jsou určeny pro použití ve výuce chemie na středních a základních školách, na kterou je zaměřená databáze Pokusnice.

Přínos této práce spočívá v rozšíření obsahu Pokusnice o další pokusy, čímž poskytuje více možností pro učitele chemie i pro případné nadšence pro tuto vědu.

## 6. Conclusion

Chemical experimentation is an essential part of teaching chemistry and popularizing this science. The experiment allows students and the public to understand the basic chemical principles, processes and reactions that take place in nature and in the laboratory. It also promotes the development of skills such as observation, measurement, analysis, interpretation, and critical thinking. A chemistry experiment can serve as a source of motivation, interest and fun for those who want to learn more about chemistry and its impact on life and society, making it an important tool for chemistry education and outreach.

The aim of this bachelor thesis was to build a set of chemical experiments related to d- and f- elements, i.e. transition metals and internally transition elements, which was then implemented in the online chemical database Pokusnice. The experiments are aimed at demonstrating the properties of the d-element, for example, the Fire Rain experiment shows the property of pyrophoric iron to spontaneously ignite in air without the need for an ignition device. The experiments cover various areas of chemistry and are intended for use in teaching chemistry in secondary and primary schools, which is the focus of the Pokusnice database.

The contribution of this work is to extend the content of the Pokusnice with additional experiments, thus providing more options for chemistry teachers and potential enthusiasts for this science.



## Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] L. Kvittek et al., „Education of science and competitive activities”, *Probl. Educ. 21st Century*, 2, 37, 2007.
- [2] A. Kodýtková, „Komunikace vědeckých informací (vědecká komunikace)”, Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, 2007.
- [3] B. Fischhoff a D. A. Scheufele, „The science of science communication”, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110(3) 14031–14032, 2013, doi: 10.1073/pnas.1312080110.
- [4] B. Fischhoff, „The sciences of science communication”, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110(3) 14033–14039, 2013, doi: 10.1073/pnas.1213273110.
- [5] T. Gráf, „Teorie a praxe komunikace vědy”. *Astronomické vzdělávání a popularizace astronomie aneb v Plzni to vše začalo...*, Kašperské Hory, 2016.
- [6] D. Fráňová, „Popularizace výzkumu a vývoje”, Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, 2016.
- [7] J. Grygar, „Současné nároky na popularizaci a popularizátora v astronomii”. *Astronomické vzdělávání a popularizace astronomie aneb v Plzni to vše začalo...*, Kašperské Hory, 2016.
- [8] L. Rohlíková a J. Vejvodová, „Popularizace vědy”, Západočeská univerzita v Plzni, 2016.
- [9] L. Hebáková, D. Marek a Z. Kučera, „Popularizace výzkumu a vývoje – cíle a možnosti dalšího rozvoje v ČR”, Technologické centrum Praha, 2011.
- [10] M. Šmídl, „Popularizace chemie”, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, 2014.
- [11] „The public understanding of science”. Royal Society, Dostupné z : <https://royalsociety.org/topics-policy/publications/1985/public-understanding-science/> (Viděno 29.4.2023)
- [12] C. Höschl „Pud sebezáchovy”, Jak vrtěti médii, Česká hlava s.r.o., Praha 2009.
- [13] „Hyde Park Civilizace”, iVysílání Česká televize. <https://www.ceskatelevize.cz/porady/10441294653-hyde-park-civilizace/> (Viděno 29.4.2023)
- [14] " Časopis Vesmír". <https://vesmir.cz/cz/> (Viděno 29.4.2023)
- [15] D. Fráňová, „Popularizace výzkumu a vývoje v českých médiích”, Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, 2016.
- [16] H. Bhola, „Science for all people: Some educational settings and strategies for the popularization of science and technology”. *International Conference on „Popularization of Science and Technology: what Informal and Nonformal Education can do?* Paříž, 1990.
- [17] D. Havlíčková, „Metodika - Kompetence, Kvalita, Kvalifikace, (sebe)Koncepce: pro neformální vzdělávání”, Národní institut pro další vzdělávání, 2015.
- [18] P. Masopust a J. Rejlová, „Popularizace vědy ve volnočasových aktivitách žáků SŠ: fyzika”, Západočeská univerzita v Plzni, 2016.
- [19] V. Sirotek, „Popularizace vědy ve volnočasových aktivitách žáků ZŠ: chemie“, Západočeská univerzita v Plzni, 2016.
- [20] S. Radinová, „Modelové chemické experimenty s hořčíkem”, Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2020.
- [21] E. Stratilová Urválková, „Počítačem podporované experimenty ve výuce chemie na střední škole”, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2013.
- [22] D. Llewellyn, „Inquire Within”, Corwin Press, 2014.

- [23] B. Z. Muhiddinova, „Functions and forms of chemical experiment“, *European science review*, (1-2), 48-50, 2020.
- [24] M. Tóthová, „Kriminální tematika v chemických edukačních experimentech“, Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2017.
- [25] T. Janík et al., „Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky“, Masarykova univerzita, 2016.
- [26] T. Pinka, „Databáze chemických experimentů“, Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 2021.
- [27] R. Zvelebilová, „Vizualizace edukačních experimentů“, Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2012.
- [28] P. Koloros, „Školní pokus ve výuce chemie-minulost a současnost“, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2011.
- [29] „YouTube“. <https://www.youtube.com/> (Viděno 28.4 2023)
- [30] P. H. Walton, „On the use of chemical demonstrations in lectures“, *University Chemistry Education*, 2002.
- [31] P. Holzhauser, and R. Matuška. „Použití chemických látek při výuce a v rámci volnočasových aktivit žáků mladších 15 let“ *Chem. Listy* 113.4, 2019.
- [32] P. A. Skřehot, J. Marek, M. Skřehotová, F. Houser, a J. Piřa, „Požadavky na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví žáků při používání nebezpečných chemických látek během praktické výuky chemie“, *Chem. Listy*, 110(12), 2016.
- [33] V. Souček, „Bezpečnost práce a zacházení s chemikáliemi ve středoškolské laboratoři“, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2014.
- [34] F. Látal, „Porovnání charakteristik klasické a úsporné žárovky s využitím dálkově ovládané laboratoře“. *Veletřh nápadů učitelů fyziky 14*, Brno, 2009.
- [35] J. Dostál, „Experiment as part of inquiry-based instruction“, *Trendy Ve Vzděl.*, 1(1), 9–19, 2013.
- [36] V. K. Kolil, S. Muthupalani, a K. Achuthan, „Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy“, *International J. Edu. Technol. Higher Educ.*, 17(1), 1-22, 2020, doi: 10.1186/s41239-020-00204-3.
- [37] Z. Tatli a A. Ayas, „Virtual Chemistry Laboratory: Effect Of Constructivist Learning Environment“, *Turkish Online J. Dist. Edu.*, 13(1), 183-199, 2012.
- [38] „Portál chemie - český webový projekt s chemickou tematikou“. <https://portal-chemie.webnode.cz/> (Viděno 29.4.2023)
- [39] „OnlineLabs.in - Virtual laboratory simulations for science education“. <https://onlinelabs.in/> (Viděno 29.4.2023)
- [40] J. Mikeš a J. Hlavatý, „Možnosti využití virtuálních laboratoří při výuce chemie na středních školách“, *Chem. Listy*, 114(4), 291-294, 2020.
- [41] „LiveChem - Online Reaction Video Library“. [https://vrchemistry.chem.ox.ac.uk/livechem/transitionmetals\\_content.html](https://vrchemistry.chem.ox.ac.uk/livechem/transitionmetals_content.html) (Viděno 29.4.2023)
- [42] „BASF Virtual Lab“. <https://basf.kids-interactive.de/en> (Viděno 29.4.2023)
- [43] „General Chemistry Simulations“, Bill Vining, SUNY Oneonta Used with permission by Cengage Learning. <http://employees.oneonta.edu/viningwj/sims/> (Viděno 29.4.2023)
- [44] „PhET Interaktivní simulace“, PhET. <https://phet.colorado.edu/cs/> (Viděno 29.4.2023)
- [45] „Chemistry Solutions“, AACT. <https://teachchemistry.org/classroom-resources/simulations> (Viděno 29.4.2023)
- [46] „Chem VLab+“. <https://www.chemvlab.org/about/index.php> (Viděno 29.4.2023)

- [47] „Experiments - MEL Chemistry”, MEL Science. <https://melscience.com/US-en/chemistry/experiments/> (Viděno 29.4.2023)
- [48] „Chemický pokus – Studium chemie, PřF UK”. <https://studiumchemie.cz/experiment/> (Viděno 29.4.2023)
- [49] „Chemie - ČT edu”, ČT edu. <https://edu.ceskatelevize.cz/predmet/chemie> (Viděno 29.4.2023)
- [50] „Chemické pokusy”. <http://ilovechemistry.info/pokusy> (Viděno 29.4.2023)
- [51] „Education | Royal Society of Chemistry”, RSC Education. <https://edu.rsc.org> (Viděno 29.4.2023)
- [52] „Pokusnice | Pokusnice”. <https://pokusnice.cz/login> (Viděno 29.4.2023)
- [53] „Wikipedia, the free encyclopedia”. <https://cs.wikipedia.org> (Viděno 29.4.2023)
- [54] „Iodide ions with Fe(III)”, (2020). <https://www.youtube.com/watch?v=DcjNRi40bLA> (Viděno 29.4.2023)
- [55] „Tin hedgehog” from the „Tin” set”, (2018). <https://www.youtube.com/watch?v=hSHVMluQNvo> (Viděno 29.4.2023)
- [56] „How to make a glamorous silver tree from copper and salt („Silver tree” experiment)”, (2018). <https://www.youtube.com/watch?v=2uhLHu6Kmsg> (Viděno 29.4.2023)
- [57] „A giant silver mirror”, (2011). <https://www.youtube.com/watch?v=y-4qqcCxDbg> (Viděno 18.6.2023)
- [58] „Equilibrium in cobalt(II) chloride solution”, (2008). <https://www.youtube.com/watch?v=GS9kJ9n-BU> (Viděno 29.4.2023)
- [59] „Nitrochromová reakce”, (2013). <https://www.youtube.com/watch?v=5hguzUq1QmA> (Viděno 29.4.2023)
- [60] „Důkaz vitamínu C”, (2012). <https://www.youtube.com/watch?v=yYtJwbLuUcI>
- [61] „Kouzelné písmo – CoCl<sub>2</sub>”, (2013). <https://www.youtube.com/watch?v=mc1woYLSb-s> (Viděno 29.4.2023)
- [62] „Reakce fenolů s železitými kationty”, (2013). <https://www.youtube.com/watch?v=povZV0XPCF0> (Viděno 29.4.2023)
- [63] „Reakce Cu s kyselinou dusičnou - vliv koncentrace”, (2013). <https://www.youtube.com/watch?v=vgFGWI-tzdo> (Viděno 29.4.2023)
- [64] „Reakce mědi s kyselinou dusičnou - vliv teploty”, (2013). <https://www.youtube.com/watch?v=AYzKF95KC4U> (Viděno 29.4.2023)
- [65] „Reaction between zinc and sulfur”, (2015). <https://www.youtube.com/watch?v=MY7uBAK7YMA> (Viděno 29.4.2023)
- [66] „Turning copper into „silver” and „gold””, (2011). <https://www.youtube.com/watch?v=eVdPxuUvIII> (Viděno 29.4.2023)
- [67] „Turn Pennies Silver and Gold (Chemistry Trick) ”, (2010). [https://www.youtube.com/watch?v=\\_g\\_ml8tAnWE](https://www.youtube.com/watch?v=_g_ml8tAnWE)
- [68] „„Fiery rain” experiment–How to make pyrophoric iron”, (2017). <https://www.youtube.com/watch?v=UbvBi6vvHXw>
- [69] „Fe + CuSO<sub>4</sub> = FeSO<sub>4</sub> + Cu | Copper sulfate and iron Nail | Single displacement reaction”, (2022). <https://www.youtube.com/watch?v=1je8sd59oAs>
- [70] „“Steel wool” from the “Iron” set MEL Chemistry experiment”, (2018). <https://www.youtube.com/watch?v=h0ebXe8UC7I>
- [71] „Heating of Copper Sulphate - MeitY OLabs”, (2014). <https://www.youtube.com/watch?v=GeDYWGtqeXQ>
- [72] „„Invisible copper” experiment from the „Chemistry for spies” set”, (2018). <https://www.youtube.com/watch?v=8b02BRgs86w>

[73] „„Iron gall ink" experiment from the „Chemistry for spies" set", (2018).  
<https://www.youtube.com/watch?v=ZAwsE5Q-I4c>