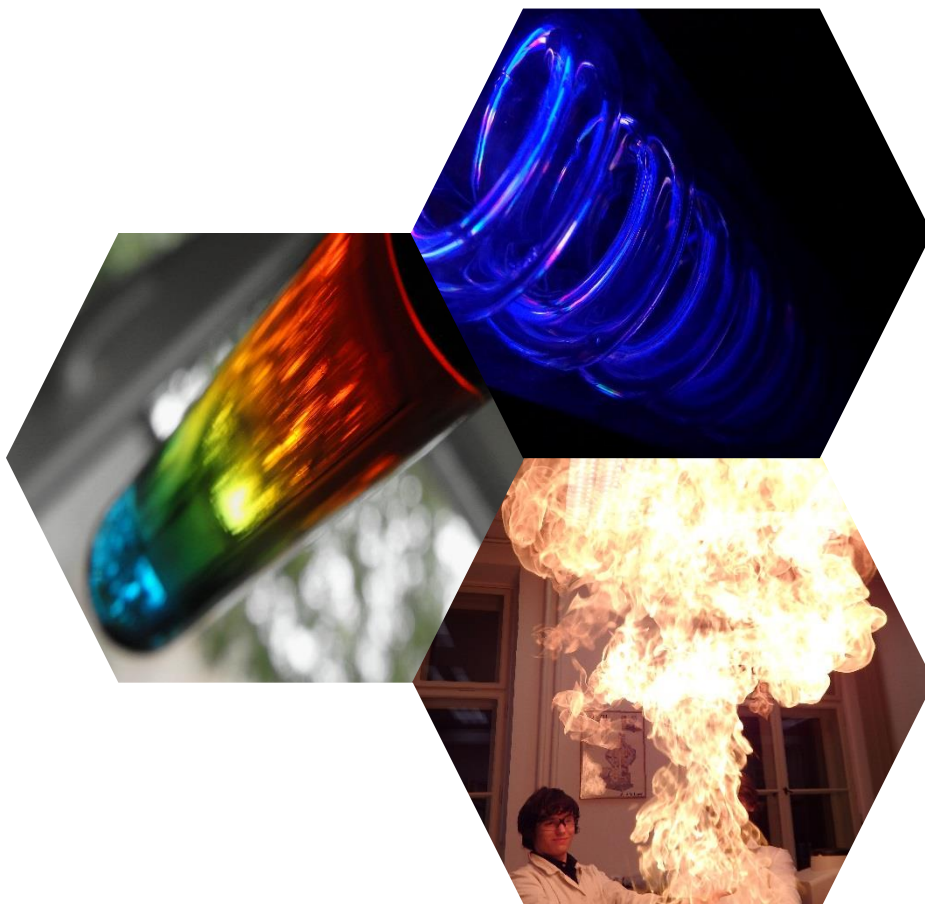


Chemické experimenty pro učitele základních a středních škol



Autoři: Petr Palivec a Kamila Starkbaumová

Slovo úvodem

Vážení učitelé, Vážené paní učitelky,

Doufáme, že tento materiál Vám bude rádcem, inspirací a především dobrým pomocníkem při výuce chemie či propagaci vědy. Naším cílem je poukázat na rozmanitost a krásu chemických experimentů a jevů, které skrývají. Právě díky tomuto faktu, by se tento sborník mohl stát velmi dobrou pomůckou při výuce chemie. Veškeré jevy jsou vysvětlovány pravdivě, ale zároveň srozumitelně, což jsme si osobně vyzkoušeli při práci se všemi věkovými kategoriemi při propagaci vědy a to především chemie. Náš sborník je koncipován poněkud zvláštním způsobem a to především kvůli tomu, že jsme nechtěli jít s davem a držet se již zašlých sborníků experimentů. Naše experimenty jsou řazeny do kategorií dle společného prvku a tím otevírají dveře novým možnostem poznání, zkoumání a pochopení látek a obecně chemie.

Nakládejte, prosím, s tímto sborníkem s nejlepším vědomím a svědomím, skrývá se za ním víc nežli jen didaktická pomůcka, ale také předmět rozvoje vědy a výzkumu, získáváním nových, mladých tváří, jelikož zájem dětí a mládeže o vědecké disciplíny slábne.

Kamila Starkbaumová, Petr Palivec (MSŠCH)

Praha 2016

Prohlášení autorů

Autoři nenesou odpovědnost za zranění a poškození věcí. Prosíme, abyste se drželi návodu a dbali na bezpečnost Vás i lidí ve Vašem okolí.

Poděkování

Chtěli bychom především vyjádřit svoje vřelé díky Ing. Zitě Valentové, která nám vždy podala pomocnou ruku a umožnila vznik této práce. Dále patří velký dík i Masarykově střední škole chemické, díky které jsme nabyli zkušeností v laboratorní praxi a v propagaci vědeckých oborů.

Obsah

Bezpečnost práce	4
Youtubový kanál – AntiProton	4
Experimenty	4
1. Experimenty se sloučeninami mědi.....	4
1.1. Příprava chloridu měďnatého	4
1.2. Rozpouštění CuCl_2 v H_2O	9
1.3. Důkaz vody v organických rozpouštědlech.....	10
1.4. Srážecí reakce	11
1.5. Dehydratace modré skalice	15
1.6. Zářivá měď.....	16
1.7. Termit $\text{CuO} + \text{Zn}$	16
1.8. PROJEKT 1 – KRYSTALIZACE CuSO_4 A CuCl_2	17
2. Experimenty se sloučeninami železa	19
2.1. Srážecí reakce	19
2.2. Falešná krev	22
2.3. Příprava mědi	23
2.4. Příprava FeS	23
2.5. Spalování železných hoblinek – „železný déšť“	24
2.6. Oddělování železa ze směsí	24
2.7. Daktyloskopie	25
2.8. Termit z Fe_2O_3	25
3. Experimenty se sloučeninami manganu.....	28
3.1. Samozápalné směsi	28
3.2. Chemický chameleon.....	29
3.3. Sloní pasta z KMnO_4	31
3.4. Rozklad H_2O_2	31
3.5. Termit z MnO_2	32
3.6. PROJEKT 5 – roztoky KMnO_4	33
4. Experimenty se sloučeninami chromu	35
4.1. Světlušky – spalování NH_3 za přítomnosti Cr_2O_3	35
4.2. Sopka z dichromanu amonného	35
GHS	37
1. Výstražné symboly.....	37
2. H-věty	37
2.1. EUH-věty – doplňkové věty o nebezpečnosti.....	38
3. P-věty.....	39

Bezpečnost práce

Při práci s chemikáliemi pracujte vždy v ochranných brýlích a laboratorním plášti, v případě chemikálií poškozujících pokožku i v ochranných rukavicích a ochranném štítu. Dále je nutné dodržovat pracovní postup pro zamezení nežádoucím reakcím, které by mohly vést až k poškození vašeho zdraví!!!

POZOR!!! Je nutné stále sledovat, rychle se měnící zákony České republiky, které mohou upravovat nebezpečnost látek!

Youtubový kanál – AntiProton

Abychom zaručili, co možná nejnázornější popis níže uvedených jevů, připravili jsme pro Vás i videa na youtubovém kanálu AntiProton. Video budou neustále přidávána a časem na tento kanál budeme nahrávat i videa chemických experimentů, které sice nesouvisí přímo s naším sborníkem, ale stále budou popisovat zajímavé jevy z oblasti chemie. Video by měla sloužit především jako názorná pomůcka, nevlastní-li škola potřebné chemikálie, nebo z bezpečnostních důvodů nelze experiment provést, což se týká například i experimentů se sloučeninami chromu, se kterými je možná práce pouze za určitých podmínek daných zákonem. Samozřejmě také lze video využít, pokud časové možnosti při výuce neumožňují přípravu experimentů přímo v učebně/laboratoři.

Odkaz: https://www.youtube.com/channel/UCnq_bHN62YHlh2g4aPu5sjw

Experimenty

V následujícím textu vám budou představeny různé chemické experimenty využívající rozmanitých chemických a fyzikálních jevů.

1. Experimenty se sloučeninami mědi

V prvním souhrnu experimentů se budeme zabývat sloučeninami mědi. Měď ve sloučeninách může nabývat oxidačních čísel od +I až do +IV. Nejznámější sloučeninou mědi je bezpochyby pentahydrát síranu měďnatého neboli modrá skalice, avšak my budeme pracovat především s chloridem měďnatým, který má mnohem zajímavější vlastnosti a to především jeho schopnost tvořit hydráty.

1.1. Příprava chloridu měďnatého

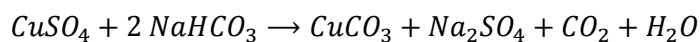
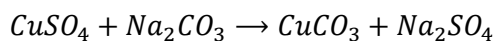
Jak již bylo řečeno mnohem známější a taktéž dostupnější sloučeninou mědi je modrá skalice a chlorid měďnatý mnohdy není v laboratoři dostupný, a proto je dobré vědět, jak se dá připravit například i ze zmíněné modré skalice či kovové mědi.

Postup č. 1 příprava CuCl_2 z CuSO_4

Bezpečnost: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261, 270, 280, 305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09), Na_2CO_3 (H: 319; P: 305+351+338; GHS07), HCl (H: 314, 335, 290, P: 261, 280, 305+351+338, 304+340, 310; GHS05, GHS07), CuCl_2 (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261, 270, 280, 305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09)

Nejprve si připravíme 10% roztok modré skalice (nevadí, když bude o trochu méně či více koncentrovaný). Objem záleží na množství chloridu měďnatého, které chcete připravit. Chcete-li připravit 10 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, pracujte s kádinkou velkou 400 a více mL. Je důležité, aby roztok dosahoval maximálně do jedné čtvrtiny objemu kádinky. Zahřejeme kádinku na přibližně 50 °C (tip: Jak poznat, že je kádinka dostatečně teplá? 50°C je asi taková teplota, že kádinka je horká, ale stále ji ještě udržíte v ruce, pozor není dobré zahřívat obsah kádinky k varu) a přiléváme po malých dávkách vypočtené

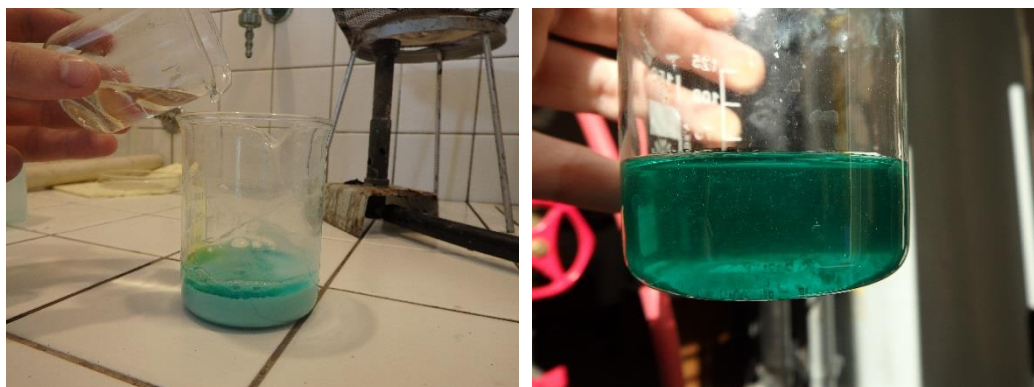
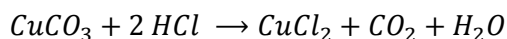
množství, cca 10% roztoku uhličitanu nebo hydrogenuhličitanu sodného. Začne vznikat světle modrá sraženina.



Vzniklý uhličitan necháme usadit. To zabere poměrně dlouhou dobu. Po usazení sraženiny odlijeme roztok nad sraženinou. Několikrát promyjeme vodou z vodovodu (přibližně 2x) a 3. promytí provedeme destilovanou vodou. (přilijeme ke sraženině vodu, aby byla hladina přibližně v polovině kádinky, zamícháme a necháme opět usadit.) *



Následně musíme provést test na přítomnost síranových aniontů v roztoku nad sraženinou. Ten provedeme tak, že kapátkem odebereme malé množství kapaliny nad CuCO_3 a kápneme ji na hodinové sklíčko. K tomuto roztoku přidáme pár kapek (2-3) roztoku chloridu barnatého, pokud vzniká bílá sraženina síranu barnatého, musíme provést opět dekantaci až do vymizení těchto nežádoucích iontů **. Ve chvíli, kdy vzorek neobsahuje síranové anionty, necháme sraženinu odstát po co nejdelší dobu (10 minut minimálně), aby většina uhličitanu měďnatého byla usazena na dně kádinky. Pokusíme se odlít co největší množství vody nad uhličitanem. K takto vzniklé sraženině přiléváme po malých dávkách koncentrovanou kyselinu chlorovodíkovou až do rozpuštění sraženiny. Je potřeba přilévat kyselinu v malých dávkách, jelikož při reakci vzniká také oxid uhličitý. Pokud bychom přilili najednou velké množství kyseliny, mohlo by dojít k vypěnění a přetečení chemikálií z kádinky.



Jakmile přestane vznikat oxid uhličitý, necháme roztok vařit a odpaříme cca dvě třetiny objemu. Zbytek roztoku necháme volně krystalizovat.

*Pokud se vám sraženina nechce usazovat, jednoduše ji převedte do větší kádinky a doplňte vodou přibližně do poloviny objemu kádinky.

**Pokud vzorek stále obsahuje malé množství síranových aniontů, můžeme si dovolit jejich přítomnost zanedbat a pokračovat dále bez přečištění. Přeci jen připravujeme látku pro chemické pokusy, nikoli pro analytickou chemii.

Pro ulehčení výpočtů jsme si pro Vás dovolili připravit tabulku s již předem vypočtenými hodnotami.

m(CuCl ₂ ·2 H ₂ O)	Roztok CuSO ₄ · 5 H ₂ O	Roztok Na ₂ CO ₃	Roztok NaHCO ₃	V HCl (35%)
10 g	15 g + 85 mL vody	6,5 g + 60 mL vody	10 g + 100 mL vody	15 mL
15 g	22,5 g + 128 mL vody	9,7 g + 90 mL vody	15 g + 150 mL vody	22 mL
20 g	30 g + 170 mL vody	13 g + 120 mL vody	20 g + 200 mL vody	30 mL
30 g	45 g + 170 mL vody	21,5 g + 180 mL vody	30 g + 300 mL vody	45 mL

Pokud se rozhodnete pracovat ve větším množství, nezapomeňte také použít větší kádinku.

Postup č. 2 Příprava CuCl₂ reakcí HCl s Cu

Bezpečnost: HCl (H: 314, 335, 290; P: 261, 280, 305+351+338, 304+340, 310; GHS05, GHS07), H₂O₂ (H: 302, 318; P: 280, 305+351+338, 310; GHS05, GHS07), CuCl₂ (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261, 270, 280, 305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09)

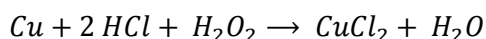
Již jsme si ukázali, jak připravit chlorid měďnatý z modré skalice. Tento postup je však časově náročný a je nutností pracovat ve velkém objemu, abychom měli dostatečný výtěžek. Nyní si ukážeme druhou cestu, která je sice jednodušší a rychlejší, a však pracujeme při ní se silnou oxidační směsí a můžou vznikat jedovaté plyny (HCl, Cl₂). Z těchto důvodů **pracujeme zásadně v rukavicích a v DIGESTOŘI!!**

Při tomto postupu budeme potřebovat dvě kádinky. Jednu velkou (pokud pracujete se 100 mL roztoku, použijte kádinku minimálně o velikosti 500 mL) a druhou větší, tak aby se do ní ta první vešla (cca 3L), popřípadě se dá použít jiná nádoba dostatečného objemu, která nebude z materiálu podléhající reakcím s použitými a vznikajícími chemikáliemi.



V první kádince smícháme 1 díl 35% roztoku kyseliny chlorovodíkové s 1 dílem 30% roztoku peroxidu vodíku. Ve chvíli co tento roztok připravíme, začne se sám zahřívát a může unikát jedovatý chlór. Nyní je ten pravý čas na to **zapnout digestoř** a alespoň dvakrát se ujistit, že skutečně odsává. Takto připravený roztok umístíme do již předem zmíněné větší kádinky.

Další krok je totiž vhození měďnatých plíšků, nebo měďnatého drátu do oxidační směsi kyseliny a peroxidu. Jakmile toto provedete, ihned zavřete digestoř. Zprvu se možná nic dít nebude, směs je zatím relativně chladná a měď je chráněna vrstvou svých oxidačních produktů na jejím povrchu. Tato vrstva se bude postupně rozpouštět, roztok se začne zbarvovat do žluto-zelena a zahřívát se. V jednu chvíli začne být reakce na tolik prudká, že dojde během pár minut ke spontánnímu varu směsi a vývinu plynu doprovázeným silným pěněním. V tuto chvíli je možné, že menší kádinka přeteče *.



Ještě horký roztok vyjmemme spolu s menší kádinkou z té větší, pokud nějaký při reakci přetekl, přelijeme ho zpět do menší. Vzniklá směs je velmi tmavá a obsahuje velké množství CuCl_2 avšak i nezreagovaného chlorovodíku a stopového množství rozpuštěného chlóru. Abychom se zbylých nežádoucích plynů zbavili, musíme směs přivést opět k varu **. Stále horkou kádinku tedy zahříváme v digestoři kahanem i s kousky nezreagované mědi až do odpaření poloviny objemu.



Takto vzniklý roztok přelijeme do krystalizační misky přiměřené velikosti a necháme volně krystalizovat.

*Pokud roztok ani po 10 minutách nejeví žádné známky rychlejší reakce, můžeme reakci nestartovat tím, že přisypeme malé množství (1-2 g) práškové mědi a urychleně zavřeme digestoř.

**Před přivedením k varu je možné přidat uhličitán měďnatý vyrobený podle 1. postupu.

Pro ulehčení výpočtů jsme si pro Vás dovolili připravit tabulku s již předem vypočtenými hodnotami.

m(CuCl ₂ ·2 H ₂ O)	V (35% HCl)	V (30% H ₂ O ₂)	m(Cu, 50 % přebytek)
10 g	15 mL	15 mL	10 g
15 g	22 mL	22 mL	15 g
20 g	30 mL	30 mL	20 g
30 g	45 mL	45 mL	30 g

Mějte na paměti, že tato reakce může být velmi rozmarná. Čerstvě koupený peroxid vodíku bude reagovat mnohem lépe, než peroxid starý deset let. Zároveň také záleží na reakčním povrchu mědi. Pokud používáte měděný drát o průměru 1 mm, reakce nastane během pár sekund po vhození drátu do směsi a bude mít rychlý a bouřlivý průběh. V tomto případě doporučujeme předem přilít malé množství vody (asi desetinu objemu směsi). Na druhou stranu, pokud budete používat měděný plíšek, bude trvat mnohem déle, než reakce vůbec začne a pravděpodobně nebude mít tolik bouřlivý průběh.

Postup č. 3 Příprava bezvodého CuCl₂

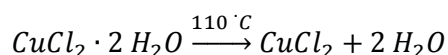
Bezpečnost: CuCl₂ (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261,270,280,305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09)

Již jsme si připravili krystalický dihydrát chloridu měďnatého. Ten nám však nebude stačit ke všem následujícím pokusům a u některých z nich bude potřeba použít bezvodý chlorid měďnatý. Jeho příprava je velice jednoduchá. Vezmeme libovolné množství krystalického CuCl₂ · 2 H₂O a umístíme ho do přiměřeně velké, porcelánové odpařovací misky, nebo jiné porcelánové, žáruvzdorné nádoby. Celou nádobu následně postavíme na keramickou sítku na trojnožce a začneme zahřívat kahanem.

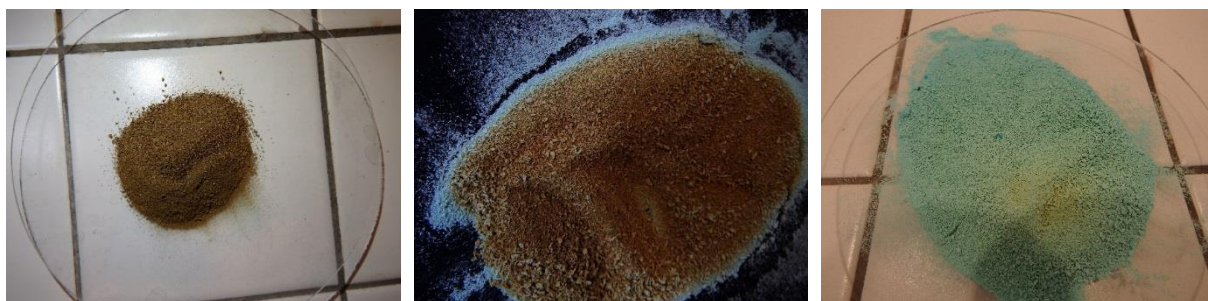


Nyní můžeme vidět, jak se modrý hydrát chloridu měďnatého mění na hnědou bezvodou formu. Nyní je potřeba krystaly řádně promíchávat aby se chlorid měďnatý lidově řečeno nepřipaloval. Pokud bychom ho totiž dlouho nerovnoměrně zahřívali, mohlo by se stát, že se část rozloží na chlorid měďný (CuCl) a plynný chlór. Chlorid měďný je látka s naprosto odlišnými vlastnostmi, která je v našich pokusech nežádoucí a chlór je látka značně toxická. Pokud však budeme krystaly neustále míchat skleněnou tyčinkou nebo lžičkou všechny krystaly se postupem času dehydratují. Kromě míchání se také snažíme rozbít jakékoliv velké hrudky. Během pěti až deseti minut (záleží na množství chloridu,

kteřé jsme připravovali) by měl být veškerý chlorid měďnatý přeměněn na svoji bezvodou, žlutohnědou formu.



Takto vzniklý chlorid hned použijeme, nebo uchováváme v exsikátoru za nepřístupu vzdušné vlhkosti. Chlorid měďnatý totiž pohlcuje vodu ze vzduchu a přechází zpět na dihydrát. Toto můžete vidět na následujících fotografiích.



Experimenty s CuCl_2

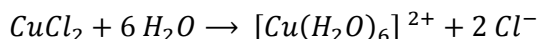
Jak jsme již v předešlém textu nastínili, chlorid měďnatý je velice podivná sloučenina, ale to je na ní to krásné. Většina jeho reakcí je založena především na rozmanitosti struktury a vlastností komplexů, které vytváří. Nejprve bychom si měli vysvětlit samotné rozpouštění CuCl_2 ve vodě.

1.2. Rozpouštění CuCl_2 v H_2O

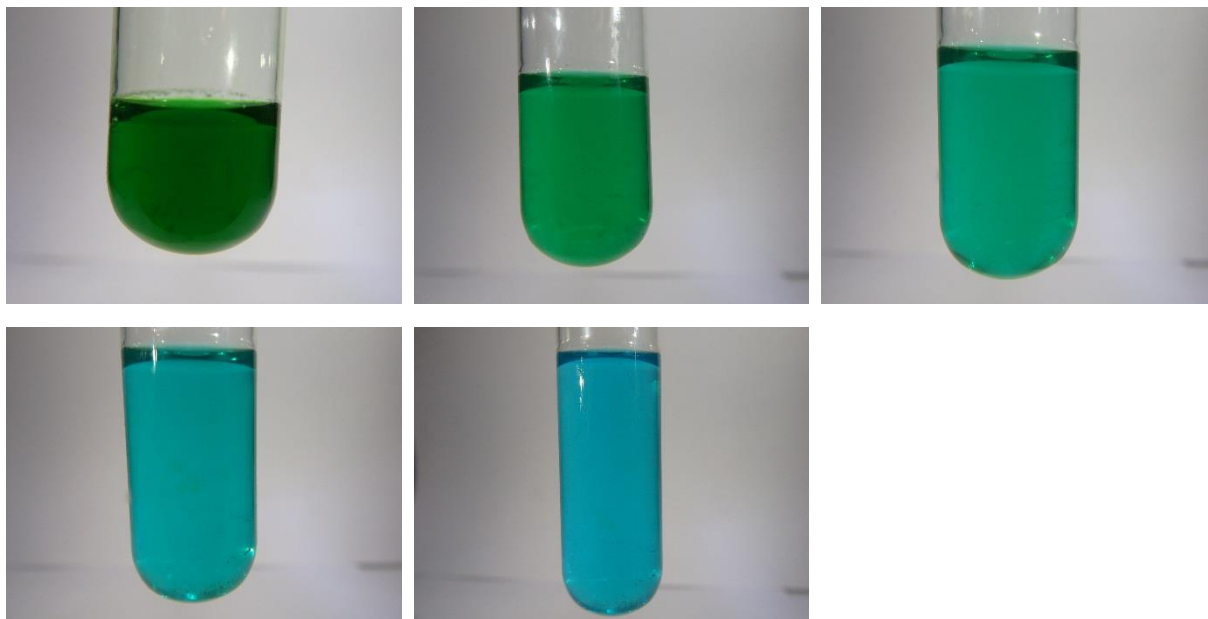
Bezpečnost: CuCl_2 (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261, 270, 280, 305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09)

V základních informacích o chloridu měďnatém jste se mohli dočíst o vlastnosti CuCl_2 pohlcovat vzdušnou vlhkost. Právě, tímto vtahováním vody do své struktury, vzniká dihydrát chloridu měďnatého, se kterým se nejčastěji dále pracuje. Při rozpouštění dihydrátu CuCl_2 v H_2O lze pozorovat poměrně zajímavé změny barev roztoku. Nejprve se roztok zbarví do zelené, poté do světle zelené a přes tyrkysovou přechází až na světle modrý roztok. Tímto se chlorid měďnatý velice liší například od KMnO_4 , kterému se s koncentrací mění i barva, tedy čím méně manganistanu máte ve vodném roztoku tím světlejší je. Tato změna barvy u roztoků chloridu měďnatého závisí, jak na koncentraci, tak na teplotě a především i na přítomnosti chloridových aniontů. Platí, že čím vyšší koncentrace Cl^- je v roztoku, tím je roztok zelenější. Modrá barva, která vzniká v závěru, je způsobena vznikem hexaaquaměďnatého komplexu $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. (Při tomto experimentu je mnohdy zajímavější pracovat s velmi koncentrovaným roztokem, který lze připravit rozpouštěním Cu v HCl viz 2. Příprava CuCl_2 reakcí s HCl za přítomnosti H_2O_2 . V tomto případě lze pozorovat změny zbarvení od velmi tmavě zelené až k výsledné světle modré barvě) Změna barev je dána tím, že roztok zprvu obsahuje jen malé množství vody a měďnatý kationt není schopný vytvořit komplex s vodou a v roztoku se vyskytují spíše

komplexy s chloridovými anionty. Postupným přiléváním vody do roztoku vzniká již zmíněný komplex podle následující rovnice:



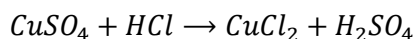
Provedení tohoto pokusu je tedy velice jednoduché. Do zkumavky nasypeme přibližně půl gramu (asi půlka malé lžičky) dihydrátu chloridu měďnatého a přilejeme malé množství vody, tak aby se všechno rozpustilo a zároveň aby roztok zůstal stále tmavě zelený (přibližně mililitr). Alternativní metodou by bylo nalít do zkumavky rovnou tmavě zelený roztok vzniklý podle postupu č. 2 před krystalizací. Ke vzniklému roztoku následně přiléváme po malých dávkách vodu a sledujeme, jak se jeho barva mění.



Samotnou reakci lze pozorovat i při pomalém přikapávání vody do roztoku CuCl_2 a to ve všech možných fázích najednou. Zároveň čím více, po vzniku hexaaquaměďnatého komplexu, budete roztok ředit, tím světlejší obsah zkumavky budete mít.

Tip1: K tomuto experimentu je velice zajímavé připravit si potravinářským barvivem (zelené + žluté) obarvenou vodu a postupovat stejně jako u CuCl_2 , tedy přilévat vodu a pozorovat jak se mění její barva. Je vidět rozdíl mezi „obyčejným“ ředěním a chemickou reakcí při ředění CuCl_2 .

Tip2: V případě, že nemáte dihydrát chloridu měďnatého, je možné provést tento experiment i za použití pentahydrátu síranu měďnatého neboli modré skalice. V tomto případě pak rozpustíte modrou skalici přibližně 30% kyselinou chlorovodíkovou. Reakcí těchto dvou sloučenin vzniká tmavě zelený roztok chloridu měďnatého. Následně pak pokračujte dle návodu opakovaným přidáváním malého množství vody, opět bude pozorovatelná změna zbarvení roztoku.

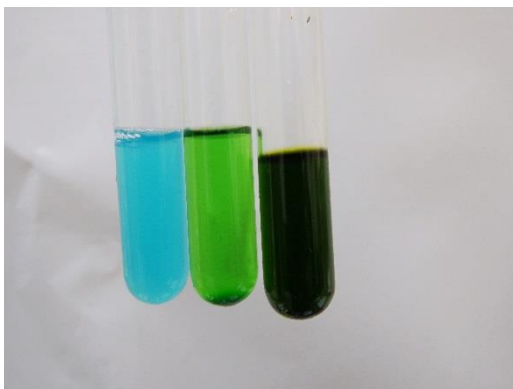


1.3. Důkaz vody v organických rozpouštědlech

Bezpečnost: CuCl_2 (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261, 270, 280, 305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09), Etanol (H: 225; P: 233; GHS02), Aceton (H: 225, 319, 336; P: 210, 261, 305 + 351 + 338; GHS02, GHS07)

Již bylo zmíněno, že chlorid měďnatý (bezvodý) na sebe váže molekuly vody a vytváří různě barevné komplexy v závislosti na koncentraci vody ve svém okolí. Tohoto jevu se využívá k důkazům vody

v organických rozpouštědlech a my toto využijeme pro náš následující pokus. Připravíme si tři zkumavky a do každé umístíme stejné množství (asi půl gramu) bezvodého chloridu měďnatého připravený podle postupu číslo 3. Do první zkumavky přilijeme obyčejnou vodu (3 až 5 mL), zkumavku zašpuntujeme a protřepeme. Vznikl nám již známý, světle modrý roztok hexaaquaměďnatého komplexu. Do druhé zkumavky přilijeme stejné množství technického lihu a do třetí zkumavky aceton a stejně jako u první i tyto dvě zkumavky zašpuntujeme a protřepeme. Nyní můžeme pozorovat, že zkumavka s lihem je tmavě zelená a zkumavka s acetonem je skoro až hnědá. Toto je způsobeno tím, že technický líh není čistý ethanol, ale obsahuje asi 5 % vody. Měďnatý kation je tedy schopen vytvořit jisté množství vodného komplexu, avšak není ho dostatečné množství, aby byl roztok světle modrý jako v prvním případě. Poslední zkumavka je nejtmaší, protože aceton obsahuje méně než 1 % vody a měďnatý kation netvoří skoro žádné komplexy s vodou.



1.4. Srážecí reakce

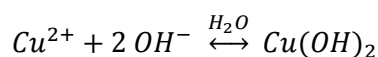
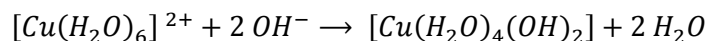
Bezpečnost: CuCl_2 (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261, 270, 280, 305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09)

V předešlých bodech jsme si vysvětlili, jak se rozpouští CuCl_2 v H_2O . Jak již napovídá název této skupiny experimentů, necháme CuCl_2 podléhat reakcím se sloučeninami, se kterými bude vytvářet sraženiny různých barev. Sraženina, je zjednodušené označení pro sloučeninu, která je velice omezeně rozpustná v určitém rozpouštědle. U sraženin obsahujících měďnatý kationt budeme především využívat toho, že sraženiny nebudou rozpustné ve vodě, jelikož budeme vždy vycházet z roztoku chloridu měďnatého. Samotné provedení tohoto pokusu je velmi jednoduché. Nejprve připravíte do zkumavky (s průměrem nejlépe $d=2,5$ cm) sloupec (cca 3 cm vysoký) roztoku CuCl_2 měl by být ve fázi, kdy je světle modrý. (Při následujících experimentech se zaměřujeme pouze na měďnaté kationty a přítomnost chloridových aniontů v roztoku nic nemění. Můžeme se tedy dovolit použít $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ na místo $\text{CuCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) Následně přilijeme podobné či menší množství srážedla (př. NaOH). Nabídneme Vám vždy 2 reakce, jedna vycházející z faktu, že při rozpouštění chloridu měďnatého vzniká hexaaquaměďnatý komplex a druhá zjednodušená se zanedbáním vody.

1.4.1. Reakce CuCl_2 s NaOH

+ Bezpečnost: NaOH (H: 314; P: 280, 310, 305+351+338; GHS05)

V tomto případě budeme postupovat klasicky dle výše zmíněného návodu. Vysrážením vznikne světle modrá sraženina hydroxidu měďnatého.

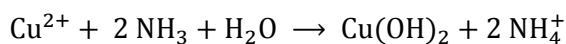
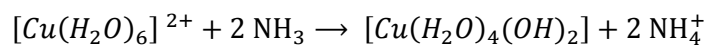




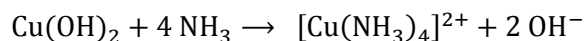
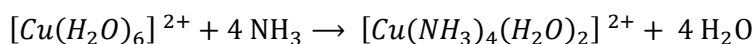
1.4.2. Reakce CuCl_2 s NH_3

+Bezpečnost: NH_3 (H: 314, 335, 400; P: 261, 273, 280, 305+351+338,310; GHS05, GHS07, GHS09)

Při této reakci musíme postupovat mnohem obezřetněji nežli v té předešlé. Hlavním důvodem této opatrnosti je, že sraženina, která vzniká reakcí chloridu měďnatého s amoniakem, se zároveň v nadbytku amoniaku rozpouští. Srážíme proto po kapkách amoniaku. Nezapomínejte, že amoniak je těkavá látka a pracujte vždy opatrně (Kádinka či jiná nádoba s amoniakem musí být vždy uzavřena víčkem nebo přiklopena hodinovým sklíčkem). Při srážení pozorujeme vznik světle modré sraženiny. Jelikož srážíme chlorid měďnatý v zásaditém prostředí, vzniká stejně jako v bodu I. hydroxid měďnatý. Při přidání nadbytku amoniaku se začne světle modrá sraženina rozpouštět na tmavě modrý či tmavě fialový roztok. Při pomalém přidávání amoniaku do roztoku se ve zkumavce budou tvořit 3 fáze: spodní fáze je samotný chlorid měďnatý, prostřední hydroxid měďnatý (světle modrý), a vrchní část je tetraamminměďnatý komplex (tmavě modrý).



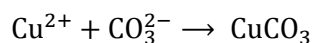
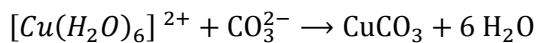
Nadbytek:



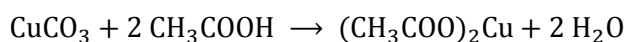
1.4.3. Reakce CuCl_2 s NaHCO_3 nebo Na_2CO_3

+Bezpečnost: Na_2CO_3 (H: 319; P: 305+351+338; GHS07)

Opět budeme pokus provádět klasickým způsobem tentokrát za použití roztoku NaHCO_3 nebo Na_2CO_3 . Vysrážením vzniká světle modrá sraženina CuCO_3 .



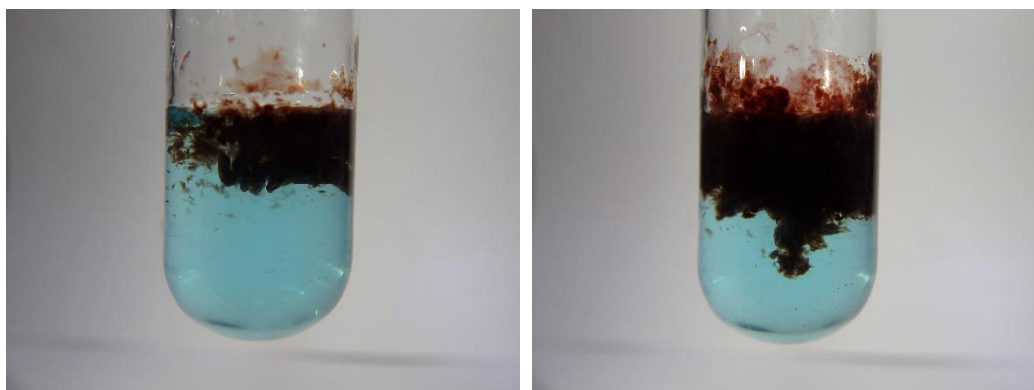
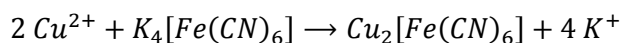
Dále se v experimentu dá pokračovat přidáním kuchyňského octa, avšak musíte postupovat velmi pomalu, jelikož reakce je velmi bouřlivá a zkumavka by vám mohla přetéct. Po přilítí kyseliny octové na sraženinu, začne reagovat uhličitán s kyselinou za vzniku octanu měďnatého a vznikne opět čirý modrý roztok.



1.4.4. Reakce CuCl_2 s $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

+Bezpečnost: $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (H412, EUH032, GHS09)

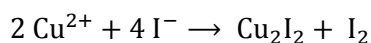
Tuto reakci budeme provádět klasicky jako jiné zkumavkové reakce, avšak je dobré přikapávat roztok žluté krevní soli do zkumavky po malých dávkách, abyste lépe zachytili tvorbu sraženiny, viz foto. Zároveň je dobré obsah zkumavky promíchat (krouživými pohyby zkumavky), sraženina se navrství na stěny zkumavky a bude lépe viditelná hnědá barva sraženiny. Jak již bylo zmíněno, reakcí žluté krevní soli s měďnatými solemi vzniká hnědá sraženina označovaná jako Hattchetova hněď



1.4.5. Reakce CuCl_2 s KI

+Bezpečnost: KI (H: 315, 319, 334, 317; P: 280, 285, 261, 305 + 351 + 338, 302 + 352, 501; GHS07, GHS08)

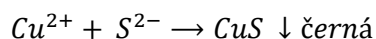
Tuto reakci buď můžeme provést s oběma látkami ve formě roztoku, nebo k rozpuštěnému chloridu měďnatému stačí vhodit pár krystalků jodidu draselného a pořádně protřepat (před třepáním zkumavku zazátkujte, abyste předešli kontaktu vašeho prstu s chemikáliemi). Touto reakcí vzniká sraženina dimeru jodidu měďného, která je bílá, ale kvůli vznikajícímu jódu se nám jeví jako šedá či narezlá. Pro lepší pozorování sraženiny Cu_2I_2 je dobré, nechat zkumavku v klidu stát. Po čase se sraženina usadí.



1.4.6. Reakce CuCl_2 s Na_2S

+Bezpečnost: Na_2S (H: 314, 400; P: 280, 301 + 310, 305 + 361 + 353, 305 + 351 + 338, 405, 501; GHS05, GHS06, GHS09)

Příprava tohoto experimentu je opět velice snadná. Do zkumavky s CuCl_2 po kapkách přidáváme roztok sulfidu sodného, reakcí těchto dvou sloučenin vzniká tmavě hnědá až černá sraženina sulfidu měďnatého.





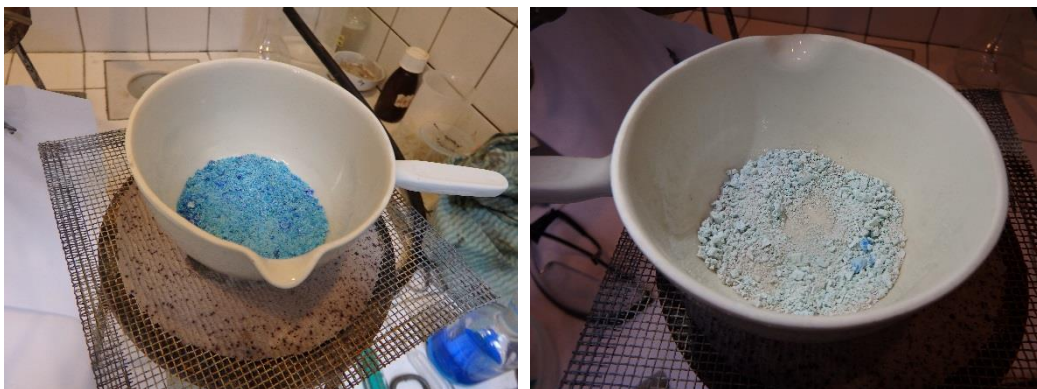
Tip: Snažte se nádobu s roztokem Na_2S udržovat stále zavřenou, jelikož silně zapáchá po zkažených vejcích.

1.5. Dehydratace modré skalice

Síran měďnatý tvoří tři hydráty, z nichž o nejznámějším pentahydrátu síranu měďnatého neboli modré skalici, byla zmínka v předešlých pokusech. Dalšími hydráty této sloučeniny jsou její monohydrát a trihydrát, síran měďnatý se však vyskytuje i v bezvodé formě. Jak jsme si již vyzkoušeli při přípravě bezvodého chloridu měďnatého přidáním energie například ve formě tepla lze vodu ze struktury této sloučeniny vymanit, využíváme k tomu proces zvaný žíhání, v tomto případě jsme mohli pozorovat barevnou změnu ze světle modré až na hnědou. Bezvodý síran měďnatý má však bílou barvu, a proto budeme sledovat barevný přechod z modré barvy pentahydrátu na čistě bílý bezvodý síran.

Bezpečnost: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261,270,280,305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07,GHS09)

Tento experiment je velice snadný na provedení, jediné, co je třeba určitě množství modré skalice (dle Vašeho času) zahřívat například v porcelánové misce nebo porcelánovém žíhacím kelímku nad kahanem, tak dlouho než se veškerý obsah nezbarví do bíla.



Tip: Obsah zahřívané nádoby je dobré míchat, abychom urychlili celý proces, zároveň je lepší využít jemně rozmělněnou modrou skalici, jelikož dehydratace větších částic látky trvá déle.

Dále lze v experimentu pokračovat zpětnou hydratací CuSO_4 , tím, že k dehydratovanému prášku kápnete vodu, látka se ihned hydratuje na původní modrý pentahydrát.



1.6. Zářivá měď

Bezpečnost: Aceton (H: 225, 319, 336; P: 210, 261, 305 + 351 + 338; GHS02, GHS07)

V následujícím pokuse si ukážeme katalytické vlastnosti kovové mědi. Připravte si vysokou kádinku o velikosti přibližně 100 ml. Měděný drát dlouhý cca 30 cm, dřevěnou špejli, kelímkové kleště, kahan a organické rozpouštědlo jako je např. aceton (měl by však fungovat i ethanol, či isopropanol). Do kádinky nalijte přibližně 5 ml acetonu a navrch kádinky položte špejli. Měděný drát smotejte do spirály, jako vidíte na obrázku (můžete použít i jiný tvar), avšak útvar musí být zakončený kusem rovného drátu, na jehož konci je navíc háček (vzniklý ohnutím drátu), tak aby spirála byla těsně nad hladinou avšak nebyla namočená v acetonu.

Spirálu a zahřejte v plamenu kahanu tak, aby se spirála rozžhavila do červena a poté pověste drát na špejli na kádince.



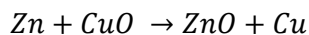
POZOR!!! Drát nikdy nedržte přímo v ruce, neboť by mohlo dojít k vážnému popálení. Při zahřívání drát uchopte do kelímkových kleští.

Za normálního osvětlení je pokus špatně vidět, pokud se však přesunete na temné místo, bude na povrchu mědi jasně viditelný žhnoucí efekt.

1.7. Termit $\text{CuO} + \text{Zn}$

Bezpečnost: CuO (H410; P273+ GHS09), práškový zinek (H410; P273, P501; GHS09)

Jako termit jsou v chemii označovány směsi kovu s oxidem jiného kovu, které při zapálení hoří vysokou teplotou, řádově až tisíce stupňů celsia. Nejčastěji je jako termit označována směs Fe_2O_3 s práškovým Al. My si zde však ukážeme, že je možné použít i jiné směsi a protože v této části našeho sborníku se věnujeme pokusům se sloučeninami mědi, jako oxidační činidlo nám poslouží oxid měďný a oxidovaným kovem bude práškový zinek. Při reakci bude vznikat kovová měď a oxid zinečnatý podle rovnice.



POZOR!!! Při reakci termitů se uvolňuje obrovské množství tepla a teplota hoření směsi je více jak 1000 °C. Experiment provádějte venku mimo dosah hořlavých materiálů.

Směs se dá připravit smícháním práškového zinku a oxidu měďnatého v poměru 4 : 5, hmotnost směsi by však neměla být menší než 5 g. Maximální hmotnost není nijak omezena, v zájmu bezpečnosti však nedoporučujeme pracovat s hmotností větší, než 20 g. Po odvážení daného množství látky smíchejte tak aby směs byla homogenní (měla jednu barvu). Toho docílíte například tak, že obě látky nasypete na papír a přehýbáním tam a zpět budete směs přesypávat, aby se co nejlépe promíchala (viz video). Následně směs nasypete do porcelánového kelímku. Navrch směsi přisypte malé množství práškového hořčíku, a zapíchněte do něj přibližně 5 cm dlouhou hořčikovou pásku. Celý porcelánový kelímek vložte do květníku s pískem a ten umístěte ven, mimo dosah hořlavých materiálů. Zapalovačem zapalte konec hořčikové pásky a odstupte minimálně 10 metrů.

1.8. PROJEKT 1 – KRYSTALIZACE CuSO_4 A CuCl_2

Bezpečnost: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261, 270, 280, 305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09), CuCl_2 (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261, 270, 280, 305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07, GHS09)

Krystaly, které dítě by je nemilovalo, přeci jen tvoří roztodivné tvary, rostou v různých úhlech a každý je tak dokonale jiný. Na děti a žáky obecně vždy velice zapůsobí, to co si vlastním přičiněním vytvoří, to co si sami mohou vyzkoušet, bohužel legislativa ČR v posledních letech velice upravila možnost práce dětí s chemickými látkami a to směrem k nule. Pod přímým, neustálým dohledem odpovědné osoby (vyučujícího), je však manipulace s těmito látkami povolena, jsou-li dodrženy základní bezpečnostní předpisy jako ochranné pomůcky, školení o nakládání s chemickými látkami a podobně. Výuka chemie by dle našeho názoru i názoru některých odborníků neměla být ochuzena o samostatnou či skupinovou práci, a proto jsme se do našeho sborníku rozhodli zahrnout i návrhy několika projektů, které děti samy či za pomoci vyučujícího provádí, vyhodnocují výsledky, zjišťují informace a především aniž by si to ony samy mnohdy uvědomovaly, se UČÍ. Prvním ze skupiny projektů je dlouhodobý projekt tvorby krystalů modré skalice a chloridu měďnatého.

Cíl projektu: Žák dokáže popsat princip krystalizace, rozeznává od sebe krystalové struktury a umí je pojmenovat.

Teoretický základ: Krystalická struktura neboli krystalová mřížka je ve své podstatě popis uspořádání jednotlivých částic krystalu pevné látky, částicemi myslíme atomy, molekuly nebo ionty, tudíž určuje jejich vzájemnou polohu. Existují různé druhy krystalových mřížek, které se liší vlastnostmi (např. rozměry, úhly apod.) jejich základních buněk, což jsou nejmenší části krystalové struktury. Základní druhy těchto mřížek jsou trojklonné (triklinické), jednoklonné (monoklinické), kosočtverečné

(orthorombické), čtverečné (tetragonální), šesterečné (hexagonální), klencové (trigonální) a krychlové (kubické). Modrá skalice má pak trojklonnou krystalovou strukturu a dihydrát chloridu měďnatého zaujímá kosočtverečnou strukturu. Obecně pak krystalizace je proces, kdy jsou částice uspořádávány do krystalové struktury, čímž dochází ke vzniku krystalů.

Pomůcky: Kádinka nebo krystalizační miska, hodinové sklíčko, lžička, (provázek a tužka)

Chemikálie: Pentahydrát síranu měďnatého, chlorid měďnatý, voda

Typ projektu: dlouhodobý

Časová náročnost: týden až měsíc (záleží na množství krystalizované látky)

Ochranné pomůcky: ochranné brýle, ochranné gumové rukavice, laboratorní plášť nebo oblečení, u kterého nevadí poškození

Návrh provedení projektu: Žáci projdou základním poučením o chování během laboratoří z chemie (základy bezpečnosti práce a správného nakládání s chemikáliemi a provádění experimentu), zároveň jim je nastíněn postup a výsledek, ke kterému by měli dojít a jsou jim přiděleny úkoly, které by měl každý vypracovat. Žáci jsou rozděleni do dvojic až trojic. Prvním úkolem je vytvoření přesyceného roztoku, k čemuž se sami dopracují za pomoci výpočtů, nebo jim učitel množství dané sloučeniny a vody zadá. Další částí projektu je samostatné vyhledávání informací o krystalových strukturách v učebnicích, sešitech, knihách nebo na internetu. Zároveň by žáci měli alespoň jednou týdně kontrolovat svojí nádobu s probíhající krystalizací a zapisovat si do sešitů jaké změny zaznamenaly (např. úbytek vody v průběhu několika dnů). Po dokončení krystalizace by měla každá skupina vypracovat výsledné hlášení o jejich experimentu, ve kterém by se měli zmínit o tom, co je krystalová struktura, krystalizace a jakou krystalovou strukturu má právě sloučenina, se kterou pracovali.

Provedení experimentu: Do kádinky připravíme přesycený roztok jedné z těchto dvou látek, tento roztok buď přelijeme do krystalizační misky, nebo necháme krystalizovat v kádince (Tip: v případě chloridu měďnatého přikryjte kádinku hodinovým sklíčkem, při krystalizaci má tato sloučenina tendenci „šplhat“ po stěnách kádinky ven a mohlo by dojít ke kontaminaci okolních předmětů). Dále pak nechte tuto nádobu po několik dnů namístě, kam se žáci běžně nedostanou, aby se zamezilo možným zraněním. Popřípadě lze krystaly pěstovat na provázku přivázaném k tužce položené na vrchu kádinky, v tomto případě je nutné, aby provázek byl alespoň z poloviny ponořen do nasyceného roztoku, a opět se nechá ležet několik dní (Tip: Tímto postupem není vhodné nechat krystalizovat chlorid měďnatý, nevynikla by tolik jeho struktura).



2. Experimenty se sloučeninami železa

Železo je druhý nejrozšířenější kov na Zemi a jeho využití je velice rozsáhlé. Je to jeden z prvních kovů, které lidstvo začalo využívat pro tvorbu nástrojů a to již v pravěku. V přírodě se železo vyskytuje převážně v minerálech, ze kterých se pak získává ve vysokých pecích. Sloučeniny železa nabývají převážně oxidačních čísel +II a +III, ale existují sloučeniny o oxidačních číslech +IV a +VI. V této sérii experimentů se budeme převážně zabývat železitými (+III) sloučeninami a v některých pokusech využijeme i sloučeniny železnaté (+II).

2.1. Srážecí reakce

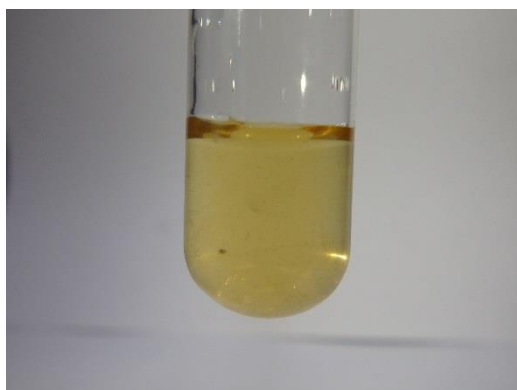
Bezpečnost: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ (H302; H314; P264; P280; P310; GHS05; GHS07), $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ (H302; H319; H315; P305+P351+P338; P302+P352; P280; GHS07), NaOH (H: 314; P: 280, 310, 305+351+338; GHS05), Na_2S (H302; H31; H314; H400; EUH 031; P273; P280; P305+P351+P338; P310; GHS05; GHS06; GHS09,) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (P260), KSCN (H332; H312; H302; EUH032; H412 P280; P273; GHS07)

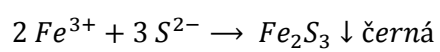
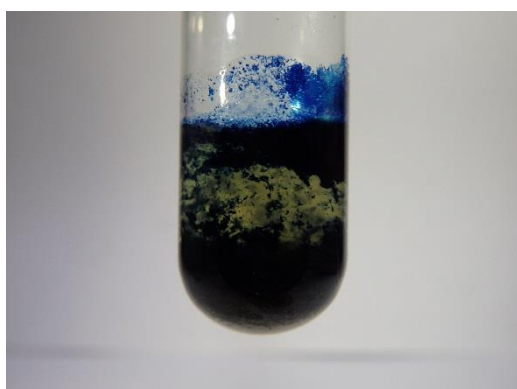
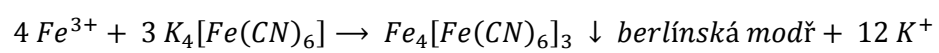
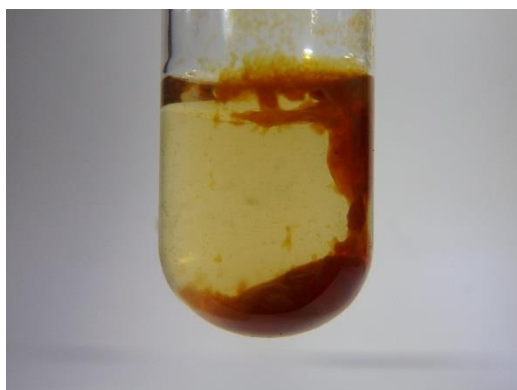
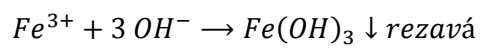
Tato podskupina experimentů spadá odborností do analytické chemie a to primárně do kvalitativní analýzy, kde zkoumáme z jakých prvků, sloučenin, popřípadě aniontů a kationtů se vzorek (látky, směs látek) skládá. Srážecí analýza je souhrn reakcí, při kterých vzniká tzv. sraženina, jinými slovy sloučenina, která je velice omezeně rozpustná v daném rozpouštědle, ačkoliv by se mohlo zdát, že se nerozpouští, vždy se určité procento (v tomto případě je % opravdu velké bavíme se spíš o setinách procent až promilích) látky rozpustí. Tuto vlastnost udává konstanta součin rozpustnosti (součin rozpustnosti vyjadřuje, kolik látky se v určitém rozpouštědle rozpustí, tudíž vyjadřuje rovnováhu mezi sraženinu a nasyceným roztokem). Z této konstanty lze usoudit jak moc nebo málo rozpustná sloučenina je a to podle následujícího pravidla: čím vyšší je součin rozpustnosti, tím více rozpustná sloučenina je a naopak.

Kationty železa Fe^{2+} a Fe^{3+} v analytické chemii patří do III. třídy kationtů.

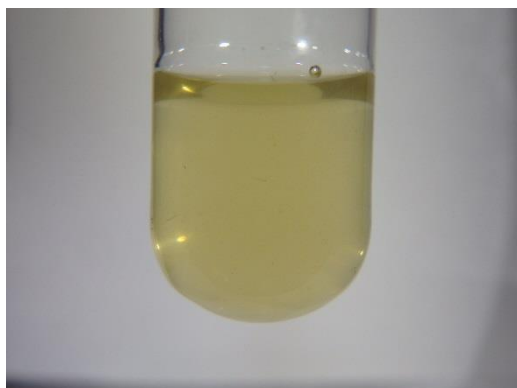
Srážecí reakce provádíme ve zkumavkách. Připravíme si roztok sloučeniny daného kationtu a rozlijeme ho do zkumavek. Následně si připravíme roztoky srážedel. Srážení provádíme tak, že si do kapátka nabereme srážedlo a přikapáváme ho do roztoku vzorku nebo vždy malé množství srážedla přilijeme ke vzorku. Postupujeme dle následujících rovnic:

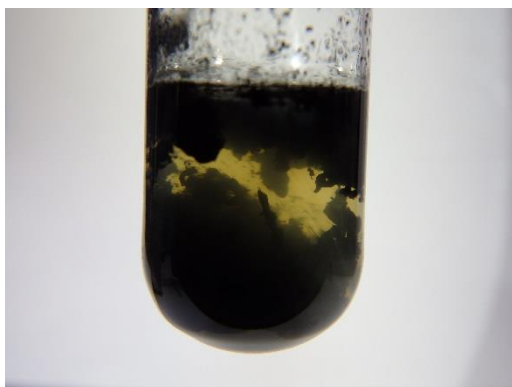
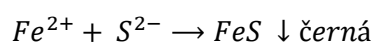
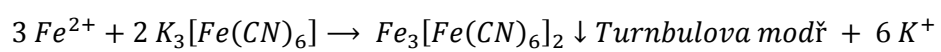
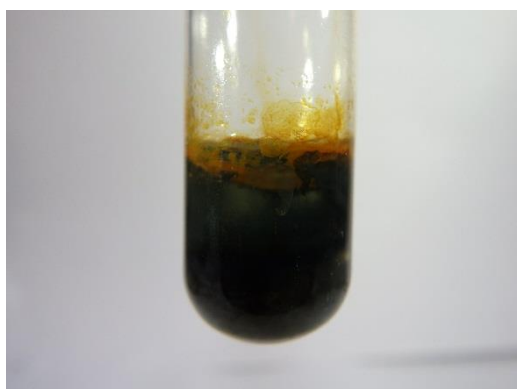
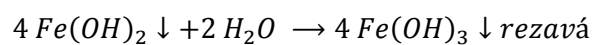
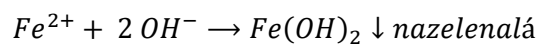
2.1.1. Fe^{3+}





2.1.2. Fe^{2+}

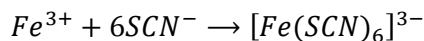




2.2. Falešná krev

Bezpečnost: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$ (H302; H314; P264; P280; P310; GHS05; GHS07), KSCN (H332; H312; H302; EUH032; H412 P280; P273; GHS07)

Další převážně analytickou reakcí je reakce rhodanidu (thiokyanatanu) draselného se železitými ionty (FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). Touto reakcí vzniká krvavě rudý roztok, proto ho nezařazujeme do srážecích reakcí. Tento experiment nevyužívá látek škodlivých lidské kůži, tudíž se pokus provádí „podřezáním“, avšak dá se provést i ve zkumavce, kádince či jiné nádobě.



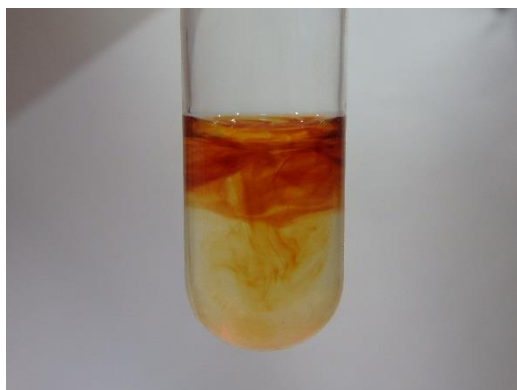
Postup č. 1 Podřezání

Do kádinek si připravíme roztok chloridu železitého (nebo síranu železitého). Následně si namočíme houbičku či hadřík do roztoku chloridu železitého a dobrovolníkovi potřeme část ruky, následně si namočíme do KSCN skleněnou tyčinku, nebo pro lepší efekt ztupený nůž. Poté nožem/tyčinkou přejedeme po místě nátěru Fe^{3+} , ve chvíli co se nůž/tyčinka dotkne ruky, začne ruka „krvácet“, jinými slovy začne vznikat červený roztok. Pokus lze doprovázet s komentářem uvádějícím, že roztok nanesený na ruce funguje jako dezinfekce a nůž si čistíte od nečistot, ale vaší fantazii se meze nekladou. Z vlastních zkušeností také můžeme doporučit kreslení obrázků dětem, které mají strach z krvavého efektu.



Postup č. 2 Zkumavková reakce

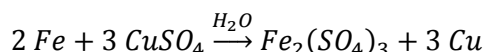
Opět si do dvou kádinek připravíme roztoky obou sloučenin, tentokrát však několik mililitrů FeCl_3 nalijeme do zkumavky a přidáme k němu po kapkách roztok rhodanidu. Můžeme sledovat vznik červeného roztoku, přidáme-li větší množství rhodanidu, celý obsah zkumavky se přebarví do temně rudé (barva roztoku se může jevit až černě).



2.3. Příprava mědi

Bezpečnost: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (H: 302, 315, 319, 335, 410; P: 261,270,280,305+351+338, 302+352, 362, 405; GHS07,GHS09)

Při tomto experimentu dochází k vytěsnění mědi z pentahydrátu síranu měďnatého pomocí železa, využíváme během něj Beketovovy řady standardních elektrodových potenciálů kovů (zkráceně Beketovovy řady kovů). Při tomto experimentu je vytěsněna měď ze své soli působením železa. Železo má elektrodový potenciál $-0,44\text{ V}$, a proto je schopno vytěsnit měď, jejíž elektrodový potenciál je $+0,159\text{ V}$. Obecně lze říct, že kov s nižším elektrodovým potenciálem je schopen vytěsňovat kationty kovů s vyšším elektrodovým potenciálem z roztoků jejich solí.



Postup je velice jednoduchý nejprve si do kádinky připravíme 5-10% roztok pentahydrátu síranu měďnatého. Následně do roztoku vložíme kousky železa (př. hřebíky). Již po krátké době se na hřebících začne vytvářet oranžová až hnědá vrstvička mědi. Později se začnou vytvářet „lupínky“ vyloučené mědi.

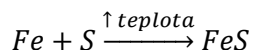
Tip: Reakce běží sama o sobě někdy však velice pomalu, její průběh urychlíte zahřátím roztoku modré skalice, zároveň je dobré když lehce odíráte měď z hřebíků pomocí skleněné tyčinky.



2.4. Příprava FeS

Bezpečnost: železo práškové (H228; P210; GHS02), síra prášková (H228; P210; GHS02)

Sulfid železnatý se připravuje tavením směsi práškové síry a práškového železa. Sulfid železnatý se dále dá využít k přípravě sulfanu reakcí s kyselinou chlorovodíkovou.



Postup č. 1 Ve zkumavce

V kádince si vytvoříme směs práškové síry a železa v poměru 1:1, kterou promícháme. Část této směsi přibližně 1 až 2 lžičky převedeme do zkumavky. Zkumavku uchytíme ve vrchní části kleštěmi nebo rukou v pevných žáruvzdorných rukavicích. Následně její dno zahříváme nad kahanem (zkumavka by měla být do úhlu 45°). Po určité době začne směs „vřít“. Poté nechte zkumavku vychladnout a následně rozbijte její dno (Pozor na pořezání). Počítejte samozřejmě s tím, že o zkumavku nenávratně přijdete.

Postup č. 2 Dotykem rozžhavené tyčinky

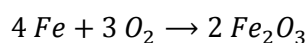
Opět si připravte směs práškové síry a železa tentokrát ke směsi o poměru 1:1 přidejte navíc ještě o něco více železa. Tuto směs opět promíchejte a vysypte tenkou vrstvičku na například železný plíšek (podložka musí být z nehořlavého materiálu). Následně si nahřejte konec skleněné tyčinky nad kahanem a po zarudnutí jejího konce se jím dotkněte směsi (a držte jí na místě). Směs začne hořet a

vytvoří se sulfid železnatý. POZOR!!! Při tomto postupu pracujte s ochranným štítem a dbejte na to, aby nedošlo k popálení vašich ruky.



2.5. Spalování železných hoblinek – „železný déšť“

Železo ve své běžné formě nehoří, například kladivo jen těžce zapálíte (pokud nezapalujete jeho dřevěnou část samozřejmě), ale ve formě prášku či maličkých hoblinek je schopno podléhat hoření.



Pomalým vsypáváním železného prášku do plamene kahanu, se bude tvořit „déšť“ z jisker, které vzniknou spalováním železa. Zároveň se můžete přesvědčit, že železo v normální formě nehoří tím, že vložíte do plamene nějaký železný předmět.

Tip: Podobně se dá zapálit i ocelová (železná) vata, ve které je železo ve formě velmi tenkých drátků.

2.6. Oddělování železa ze směsí

V tomto experimentu využijeme především magnetických vlastností železa. Pro začátek si představte, že směs, která před vámi leží, je velice nebezpečná a jednotlivých složek se nesmíte dotknout rukou, avšak je pro Vás velice důležité jednotlivé složky oddělit.

Postup

Do kádinky nasypeme 20 g kuchyňské soli a 2 g železných hoblinek. Směs promícháme a nasypeme její část na papír (lepší je když máte papír v půli ohnutý a tvoří písmeno V). Následně pomocí magnetu odstraníte veškeré hoblínky.

Tip: Do směsi můžete přidat nějakou ve vodě nerozpustnou sloučeninu, poté se postupuje od začátku odstraněním železa, poté směs převedete do kádinky a přilijete vodu. Chlorid sodný se rozpustí a látka ve vodě nerozpustná ne, proto obsah kádinky zfiltrujete. Látka vám uvízne na filtračním papíru a zbylý roztok NaCl můžete nechat krystalizovat na vodní lázni.

2.7. Daktyloskopie

Bezpečnost: železo práškové (H228; P210; GHS02)

Daktyloskopie je jedna z nejznámějších kriminalistických metod získávání stop a to primárně otisků prstů. Daktyloskopie zkoumá odlišnosti papilárních linií při vyšetřování trestných činů. V potu, který člověk vylučuje je mnoho organických látek, na které se dokáží „přilepit“ různé částice například i železný prášek.

Postup

Na čistý papír uděláme otisk prstu a to tak, že prst přibližně 2 až 3 s přidržíme na papíře. Následně na papír vysypeme železný prášek a chvilku necháme ležet. Poté prášek přesypeme zpět do nádoby. Na papíře se objeví otisk vašeho prstu vykreslený drobnými částicemi železa. Otisk prstu můžete přelepit průhlednou lepicí páskou a sejmut ho z papíru, případně nalepit na jiný papír nebo kam budete chtít.

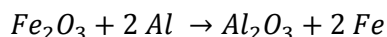
Tipy: Při tomto experimentu se dá samozřejmě využít jakékoliv práškové (šedé nebo černé) sloučeniny nebo její směsi, která nemá žádný větší negativní účinek na lidské zdraví (například grafit).



2.8. Termit z Fe_2O_3

Bezpečnost: Fe_2O_3 (H319, H335, H315; P305+P351+P338, P337+P313; GHS07), práškový hliník (H261, H250; P222, P370+P378; GHS02)

U sloučenin mědi jsme si již vysvětlili, jaký je princip termitu. V tomto případě se zaměříme na jednu z vůbec nejznámějších termitů směsí. Jedná se o směs oxidu železitého a práškového hliníku. Princip reakce spočívá v tom, že oxid železitý oxiduje hliník na oxid hlinitý a sám se redukuje na kapalné železo o teplotě okolo 2000 °C podle následující rovnice.



POZOR!!! Při reakci termitů se uvolňuje obrovské množství tepla a teplota hoření směsi je více jak 1000 °C. Experiment provádějte venku mimo dosah hořlavých materiálů.

Směs se dá připravit smícháním práškového hliníku a oxidu železitého v poměru 1 : 3, hmotnost směsi by však neměla být menší než 5 g. Maximální hmotnost není nijak omezena, v zájmu bezpečnosti však nedoporučujeme pracovat s hmotností větší, než 20 g. Po odvážení daného množství látky smíchejte tak aby směs byla homogenní (měla jednu barvu). Toho docílíte například tak, že obě látky nasypete na papír a přehybáním tam a zpět budete směs přesypávat, aby se co nejlépe promíchala (viz video). Následně směs nasype do porcelánového kelímku. Navrch směsi přisypte malé množství práškového hořčíku, a zapíchněte do něj přibližně 5 cm dlouhou hořčikovou pásku. Celý porcelánový kelímek vložte do květníku s pískem a ten umístěte ven, mimo dosah hořlavých materiálů. Zapalovačem zapalte konec hořčikové pásky a odstupte minimálně 10 metrů.

2.9. Mezerovitost

V posledním experimentu skupiny železa a jeho sloučenin chemii více propojíme s běžným životem. Každý z nás již někdy řešil, že na konci dovolené se do kufru nevejde tolik věcí jako při příjezdu, všem musí být jasné, že jsou-li věci v kufru špatně uspořádané a mají mezi sebou mnoho mezer, není možné do kufru vměstnat původní množství například oblečení. Podobný problém je každodenně řešen i v rámci například chemického průmyslu, ale abychom se neomezovali jen na ten, tak je to součást opravdu téměř každého oboru, ve kterém je nutné převážet určité typy materiálů, tak aby zabrali co možná nejméně místa, což se týká například i kamenictví. Ale abychom se vrátili zpět k pointě experimentu, při tomto experimentu si experimentálně i výpočty určíme, v jaké formě by bylo nejsnazší převážet železo (samozřejmě vynecháme celý odlitý blok železa) a to, jestli ve formě hřebíků, matic, anebo v práškové formě. Budeme tedy určovat poměr mezi mezerami a čistým materiálem v nasypaném množství materiálu.

Tento experiment nemá nikterak složité provedení, do tří kádinek si navážíme stejné množství každého z výše uvedených železných výrobků (matice, hřebíky, prášek), navážku si klidně můžete zvolit sami, ale my jsme pro tento experiment využili sto gramů každého z materiálů. Následně si do tří odměrných válců nalijte stejné množství vody a запиšte si ho (námi použitý objem vody byl 150 g), je to důležité pro další výpočty. Do dalších, klidně menších odměrných válců si nasype všechny 3 vzorky, ale **POZOR! nesetřepávejte je**, jinak byste přišli o mezery, které vznikly pouhým nasypáním a následně si запиšte objem u každého z materiálů. Následně materiály přesype do válců s vodou (u práškového železa dávejte pozor, aby se vám zbytečně nedrželo na stěnách, vsypte ho přímo do vody). Hladina vody v odměrném válci stoupne, запиšte si i tuto hodnotu.



Experimentální část, již téměř prozrazuje, který materiál by se nejlépe skladoval, ale potvrdíme si to i výpočtem. Následuje tabulka námi naměřených hodnot, které budeme využívat k označení výpočtů.

Měřená veličina	Hřebíky	Práškové Fe	Matice
m/g	100	100	100
V(nасыpaný)/mL	50	34	40
V(vody)/mL	150	150	150
V(vody+Fe)/mL	160	170	160

V následujících výpočtech je nutné dosazovat do vzorců v základních jednotkách. Nejprve si vypočteme násypnou hustotu materiálu, který byl nasypán do prvního odměrného válce (bez vody). Násypnou hustotu budeme značit ρ_s a její základní jednotka je kg/m^3 . Tuto hustotu lze snadno vypočítat dle velice známého vztahu poměru hmotnosti a objemu nasypaného materiálu.

$$\rho_s(\text{Hřebíky}) = \frac{m}{V_{(\text{nasypaný})}} = \frac{0,1 \text{ kg}}{50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s(\text{Práškové Fe}) = \frac{m}{V_{(\text{nasypaný})}} = \frac{0,1 \text{ kg}}{34 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 2941 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s(\text{Matice}) = \frac{m}{V_{(\text{nasypaný})}} = \frac{0,1 \text{ kg}}{40 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

V dalším kroku těchto výpočtů si vypočteme hustotu kompaktního materiálu neboli hustotu materiálu bez mezer. Tuto hustotu budeme značit ρ_k . Opět využijeme obdobný výpočet, tentokrát však hmotnost materiálu budeme dělit objemem kompaktního materiálu, kterou získáme rozdílem celkového objemu v odměrném válci (voda + Fe) s objemem vody bez železa.

$$\rho_k(\text{Hřebíky}) = \frac{m}{V_{(\text{H}_2\text{O}+\text{Fe})} - V_{(\text{H}_2\text{O})}} = \frac{0,1 \text{ kg}}{(160 - 150) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 10000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_k(\text{Práškové Fe}) = \frac{m}{V_{(\text{H}_2\text{O}+\text{Fe})} - V_{(\text{H}_2\text{O})}} = \frac{0,1 \text{ kg}}{(170 - 150) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 5000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_k(\text{Matice}) = \frac{m}{V_{(\text{H}_2\text{O}+\text{Fe})} - V_{(\text{H}_2\text{O})}} = \frac{0,1 \text{ kg}}{(160 - 150) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 10000 \text{ kg/m}^3$$

Díky předešlým výpočtům již můžeme přejít k tomu hlavnímu, tedy k výpočtu mezerovitosti. Jak již bylo výše uvedeno, mezerovitost určuje poměr mezi objemem mezer a objemem materiálu bez mezer, tudíž je to ve své podstatě procentuální vyjádření mezer na určitý objem materiálu. Mezerovitost se dá vypočítat několika různými způsoby, ať již dle definice (poměr objemu mezer a objemu nasypaného množství materiálu), anebo dalšími variacemi tohoto vzorce, které se ze základního dají odvodit. Níže si uvedeme některé možnosti výpočtu a k hlavnímu výpočtu využijeme dříve vypočtené hustoty (násypnou a hustotu kompaktního materiálu). Mezerovitost budeme značit jako ε_0 a objem mezer jako V_0 , objem nasypaného materiálu jako V_s a objem kompaktního materiálu jako V_k . V těchto výpočtech převádět na základní jednotky není třeba, jelikož se mezi sebou vykrátí.

$$\varepsilon_0 = \frac{V_0}{V_s} = \frac{V_s - V_k}{V_s} = 1 - \frac{V_k}{V_s} = 1 - \frac{\frac{m}{\rho_s}}{\frac{m}{\rho_k}} = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_k}$$

$$\varepsilon_0(\text{Hřebíky}) = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_k} = 1 - \frac{2000}{10000} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 0,80 \Rightarrow 80 \%$$

$$\varepsilon_0(\text{Práškové Fe}) = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_k} = 1 - \frac{2941}{5000} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 0,41 \Rightarrow 41 \%$$

$$\varepsilon_0(\text{Matice}) = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_k} = 1 - \frac{2500}{10000} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 0,75 \Rightarrow 75 \%$$

A na úplný závěr výpočtů si samostatně vypočítáme objem mezer, abychom dokázali snáze porovnat, jaký objem mezer byl v jakém materiálu. Objem mezer získáme z rozdílu objemu materiálu nasypaného neboli s mezerami a objemu kompaktního materiálu. Opět není nutné převádět na základní jednotky, jelikož, nám výsledek vyjde ve stejné jednotce, v jaké dosazujeme.

$$V_0(\text{Hřebíky}) = V_s - V_k = 50 \text{ mL} - 10 \text{ mL} = 40 \text{ mL}$$

$$V_0(\text{Práškové Fe}) = V_s - V_k = 34 \text{ mL} - 20 \text{ mL} = 14 \text{ mL}$$

$$V_0(\text{Matice}) = V_s - V_k = 40 \text{ mL} - 10 \text{ mL} = 30 \text{ mL}$$

I tímto výpočtem jsme zjistili, že práškové železo opravdu obsahuje nejméně mezer, matice obsahují mezer přibližně dvakrát tolik co práškové železo a hřebíky ještě o něco víc. Z tohoto experimentu ve své podstatě vyplývá, že uspořádanost částic a jejich tvar má zásadní podíl na tom, kolik místa mezi jednotlivými částmi zbyde volného při nasypání. Výpočty násypné hustoty a hustoty kompaktního materiálu lze sledovat nárůst hustoty v kompaktním materiálu oproti materiálu nasypanému, což je více než logické. Z těchto výpočtů se dá například dále pokračovat zadáním úlohy typu: Vypočtete kolik hřebíků, matic a práškového železa se vejde do půllitrové PET-lahve, znají-li výše uvedené hodnoty. Tip: Experiment lze provádět téměř s jakýmkoliv materiálem, který se nerozpouští, popřípadě nereaguje s vodou.

3. Experimenty se sloučeninami manganu

Mangan, světle šedý tvrdý kov. Jeho sloučeniny nabývají oxidačních čísel od - III do VI, avšak nejčastěji má mangan oxidační čísla +II, +IV a +VII. Jedna z nejznámějších sloučenin manganu je manganistan draselný, tato látka se ve velmi zředěném roztoku prodává v lékárnách jako dezinfekce. Právě této látce budeme nejvíce využívat v následujících pokusech.

3.1. Samozápalné směsi

Věci není mnohdy lehké zapálit, člověk k tomu potřebuje sirky, zapalovač či jiný zdroj vysoké teploty, ale my Vám ukážeme, že si vystačíte i s obyčejným lihem, nebo cukrem.

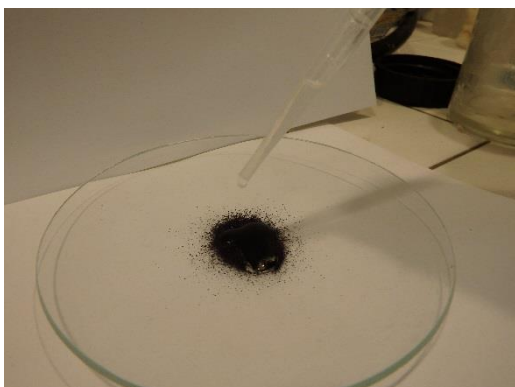
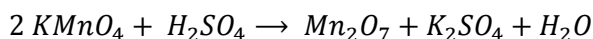
POZOR!!! Pracujete-li s hořlavými směsmi, dbejte vždy na bezpečnost sebe i lidí ve vašem okolí, držte se striktně návodu a pokus provádějte v digestoři nebo dobře větraných prostorech s nasazeným obličejovým štítem.

Postup č. 1 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{líh}$

Bezpečnost: KMnO_4 (H272; H302; H314; H410; P220; P273; P270; P303+P361+P353; P305+P351+P338; GHS03; GHS07; GHS09); H_2SO_4 (H314; P280; P310; P305+P351+P338; P301+P330+P331; GHS05); Ethanol (H225; P233; GHS02)

Na hodinové sklíčko si připravíme půl čajové lžičky manganistanu draselného. Následně manganistan pokapeme cca 5 kapkami koncentrované kyseliny sírové a promícháme skleněnou tyčinkou. Směs je dobré udržovat pořád ve středu hodinového sklíčka. Poté na směs kápněte ethanol, směs by ihned měla vzplanout.

POZOR!!! Nikdy nelijte ethanol z lahve, může docházet k vystříknutí zapálené směsi do okolí a zapálení věcí či popálení lidí.

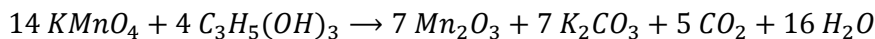


Reakcí manganistanu draselného s koncentrovanou kyselinou sírovou vzniká oxid manganistý, který zapaluje téměř všechny organické sloučeniny například líh, vatu, cukr, papír a dokonce i polystyren, je tedy možné místo lihu využít jinou sloučeninu ze zde uvedených.

Postup č. 2 KMnO_4 + glycerin

Bezpečnost: KMnO_4 (H272; H302; H314; H410; P220; P273; P270; P303+P361+P353; P305+P351+P338; GHS03; GHS07; GHS09), Glycerol (H319; P305 + P351 + P338; GHS07)

Opět si na hodinové sklíčko připravíme přibližně půl čajové lžičky manganistanu draselného, tentokrát však přidáme přibližně 5 kapek glycerolu, promícháme a směs necháme malou chvilku ležet. Po přibližně 30s směs vzplane. Toto vzplanutí je způsobeno oxidací glycerolu, která nejprve není vidět a po nějaké době se glycerol působením vznikajícího tepla zapálí. Glycerol se zoxiduje až na oxid uhličitý a vodu, zatímco manganistan se zredukuje na oxid manganitý.



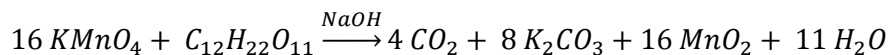
POZOR!!! Při reakci může vznikat akrolein, který je vysoce toxický, proto je nutné v každém případě pracovat v digestoři.

Tip: V případě, že reakce neproběhne, zkuste použít zředěnější glycerol k této situaci, může dojít například při použití práškového manganistanu, u hoblinkového reakce probíhá normálně. Popřípadě stačí manganistan navlhčit dvěma až třemi kapkami vody a až poté přikápnout glycerin.

3.2. Chemický chameleon

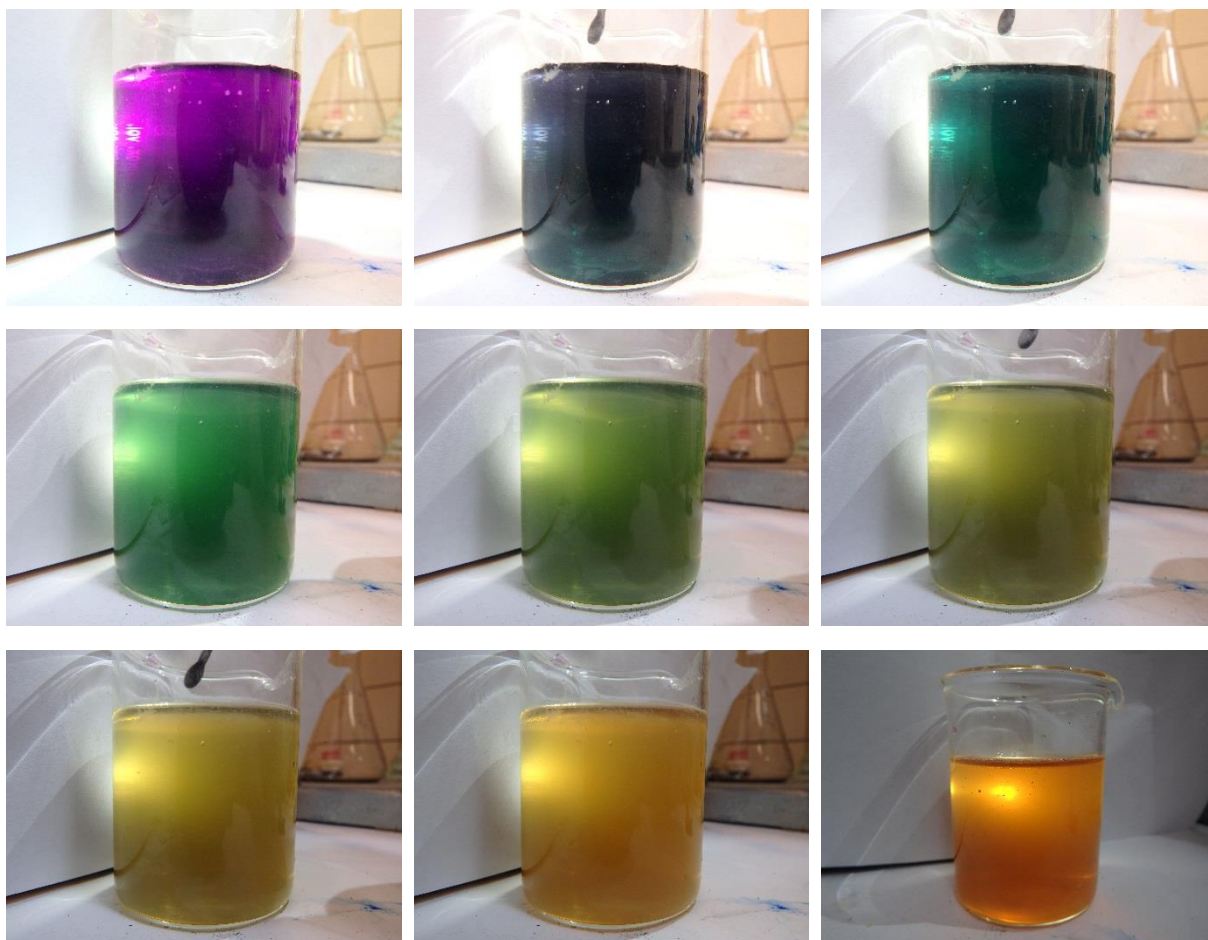
Bezpečnost: KMnO_4 (H272; H302; H314; H410; P220; P273; P270; P303+P361+P353; P305+P351+P338; GHS03; GHS07; GHS09), NaOH (H: 314; P: 280, 310, 305+351+338; GHS05)

Chameleon jakožto zvíře je znám svojí schopností přizpůsobit své zbarvení prostředí, ve kterém se právě vyskytuje, tento jev je znám jako mimikry, kterými disponují i další zvířata, avšak co si představit pod chemickým chameleone? Chemický chameleon má velmi podobnou schopnost měnit barvu jako některá zvířata, ale v jeho případě se nemusí schovávat před predátory ani nemusí splývat s prostředím laboratoře.



Příprava tohoto pokusu je poměrně snadná. Do kádinky nasypeme několik krystalků manganistanu draselného (množství přizpůsobte velikosti kádinky, výsledný roztok manganistanu by měl být fialový, ale ne příliš tmavý) a přilijeme vodu, tak aby hladina roztoku dosahovala přibližně 5/6 výšky kádinky. Následně promícháme a necháme manganistan rozpustit. Poté přidáme půl čajové lžičky hydroxidu sodného a opět promícháme. V Dalším kroku už je nutné sledovat barvu v kádince, jelikož přidáme lžičku cukru. Za stálého míchání pozorujeme přechod z fialové barvy na modrou, z modré na tmavě zelenou a přes světle zelenou barvu až do hnědočervené popřípadě do žluté.

Tyto změny barvy jsou způsobeny redukcí manganistanu pomocí sacharózy v zásaditém prostředí. Mangan v oxidačním čísle VII. tedy manganistan má v roztoku růžovou až fialovou barvu. Manganan, mangan v oxidačním čísle VI. má zelenou barvu a burel neboli oxid manganičitý s oxidačním číslem IV. má hnědou barvu, avšak jeho drobné částice se rozmístí po celém objemu roztoku a neusazují se, proto se nám jeví roztok jako žlutý nebo naoranžovělý. Ostatní barvy, jako například modrá, byly způsobeny promícháním dvou fází, tedy té, která zrovna podléhala redukci (původní fáze) a té, která už byla zredukována (nová fáze). Například původní manganistan s fialovou barvou byl v jednu chvíli promíchán se zeleným mangananem a toto spojení barev se nám jevílo modře.



Tipy: Čím koncentrovanější (tmavší) roztok manganistanu draselného připravíte, tím méně budou vidět jednotlivé přechody. Zároveň čím menší množství hydroxidu sodného k roztoku přidáte, tím pomaleji reakce bude probíhat a díky tomu, bude jednodušší pozorovat změny zbarvení.

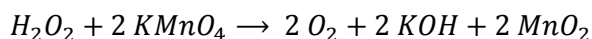
3.3. Sloní pasta z KMnO_4

Jak již bylo řečeno, mangan ve svých sloučeninách nabývá oxidačních čísel od -III do +VII, tudíž manganistan s oxidačním číslem +VII lze redukovat na sloučeninu s nižším oxidačním číslem. Látce, která je lehce redukovatelná, říkáme oxidační činidlo nebo oxidovadlo. Oxidačním činidlem se bere jakákoliv látka, která dokáže ostatní látky oxidovat a sama se zredukuje, přesným opakem je například peroxid vodíku, kde kyslík má oxidační číslo -I, tudíž se může oxidovat na kyslík s nulovým oxidačním číslem, takové látky říkáme redukční činidlo či redukovadlo. Je to taková látka, která jiné látky redukuje a sama sebe oxiduje. A právě těchto jevů budeme využívat v následujícím experimentu.

Bezpečnost: KMnO_4 (H272; H302; H314; H410; P220; P273; P270; P303+P361+P353; P305+P351+P338; GHS03; GHS07; GHS09), H_2O_2 (H: 302, 318; P: 280, 305+351+338,310; GHS05, GHS07)

Do kádinky si připravíme nasycený roztok manganistanu draselného (takový, aby měl tmavě fialovou barvu), který následně převedeme do odměrného válce (Do válce o objemu 100 mL nalijeme přibližně 10 mL roztoku manganistanu). A přikápneme cca 3 kapky saponátu. Do směsi v odměrném válci nalijeme 30% peroxid vodíku (přibližně stejné množství jako manganistanu). Ihned se začne tvořit velké množství nafialové pěny.

Reakcí manganistanu draselného s peroxidem vodíku vzniká kyslík, který „nabublává“ saponát, proto se tvoří pěna.



Tip: Odměrný válec umístěte do lavoru či na igelit, tak abyste vzniklou pěnu mohli lépe zlikvidovat.

POZOR!!! Na vzniklou pěnu nikdy nesahejte rukama, může obsahovat stopy 30% silně žíravého peroxidu vodíku, proto pěnu likvidujte zásadně v rukavicích.

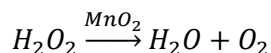
3.4. Rozklad H_2O_2

Bezpečnost: H_2O_2 (H: 302, 318; P: 280, 305+351+338,310; GHS05, GHS07), MnO_2 (H302, H332; P261; GHS07)

Peroxid vodíku se samovolně rozkládá na vodu a kyslík, avšak tento rozklad je velice pomalý a okem téměř neviditelný. Přidáme-li k němu katalyzátor, neboli látku, která snižuje aktivační energii reakce, tento rozklad se urychlí, což lze sledovat například při použití 3% peroxidu vodíku na drobné ranky, kde lze sledovat vznik velkého množství bublinek kyslíku, který působí velice antibakteriálně. V tomto případě je však takzvaným katalyzátorem enzym v krvi. V našem dalším experimentu si vyzkoušíme

katalýzu pomocí oxidu manganičitého neboli burelu, experiment je velice podobný reakci manganistanu draselného s peroxidem vodíku, avšak v tomto případě se nejedná o oxidačně-redukční proces, ale pouze jen o urychlený rozklad peroxidu vodíku.

Do baňky s plochým dnem (např. Erlenmayerovy) nalijeme 20 mL 30% peroxidu vodíku, do kterého následně nasypeme půl lžičky burelu a sledujeme vývoj kyslíku. O vznikajícím kyslíku se můžeme přesvědčit vložení rozžhavené špejle, která při kontaktu s kyslíkem vzplane.



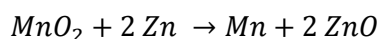
Tip: experiment lze dělat i s 3% roztokem H_2O_2 , ale reakce není tak účinná. Zároveň lze tento pokus provádět i s menším množstvím použitých chemikálií například ve zkumavce. Po dokončení reakce lze oxid manganičitý promýt vodou a nechat vysušit, jakožto katalyzátor vystoupil z reakce v nezměněné podobě a lze ho proto dále využívat.

POZOR!!! Peroxid vodíku je silná žíravina, pracujte proto v ochranných rukavicích.

3.5. Termit z MnO_2

Bezpečnost: MnO_2 (H302, H332; P261; GHS07), práškový zinek (H410; P273, P501; GHS09)

I u sloučenin manganu si ukážeme jednoho zástupce řady termitů. Tentokrát se bude jednat o termit, kde bude jako oxidační činidlo použit oxid manganičitý, zvaný též burel. Burel se dá použít pro reakci se zinkem, při které vzniká oxid zinečnatý a mangan a jako u ostatních termitů velké množství tepla.



POZOZ!!! Při reakci termitů se uvolňuje obrovské množství tepla a teplota hoření směsi je více jak 1000 °C. Experiment provádějte venku mimo dosah hořlavých materiálů.

Směs se dá připravit smícháním práškového zinku a burelu v poměru 3 : 2, hmotnost směsi by však neměla být menší než 5 g. Maximální hmotnost není nijak omezena, v zájmu bezpečnosti však nedoporučujeme pracovat s hmotnostmi větší, než 20 g. Po odvážení daného množství látky smíchejte tak aby směs byla homogenní (měla jednu barvu). Toho docílíte například tak, že obě látky nasypete na papír a přehybáním tam a zpět budete směs přesypávat, aby se co nejlépe promíchala (viz video). Následně směs nasypete do porcelánového kelímku. Navrch směsi přisypte malé množství práškového hořčíku, a zapíchněte do něj přibližně 5 cm dlouhou hořčikovou pásku. Celý porcelánový kelímek vložte do květníku s pískem a ten umístěte ven, mimo dosah hořlavých materiálů. Zapalovačem zapalte konec hořčikové pásky a odstupte minimálně 10 metrů.

3.6. PROJEKT 5 – roztoky KMnO₄

Bezpečnost: KMnO₄ (H272; H302; H314; H410; P220; P273; P270; P303+P361+P353; P305+P351+P338; GHS03; GHS07; GHS09)

Nejllepší způsob jak žáky naučit základní chemické výpočty je, nechat je vyzkoušet si jak daný problém, který matematicky řeší, funguje v praxi, k čemuž by mohl napomoci tento projekt.

Cíl projektu: Žák využívá základní chemické výpočty v praxi a rozeznává rozdíly v koncentraci látky a dokáže popsat, jak se liší jednotlivé roztoky manganistanu draselného.

Teoretický základ: Manganistan draselný má v roztoku růžovou až fialovou barvu. Odstín fialové (růžové) závisí na koncentraci daného roztoku. Čím víc koncentrovaný roztok je (tzn. Čím větší množství KMnO₄ na objem vody), tím tmavší je, ředíte-li roztok vodou, obsah nádoby zesvětluje do světle fialové až růžové. Veličina molární koncentrace udává počet molů látky na 1 L objemu. To znamená, že molární koncentraci lze vypočítat pomocí podílu látkového množství n a objemu V

$$c = \frac{n}{V} \quad [c] = \text{mol/L}$$

Tento výpočet lze rozšířit o rozepsání vzorce látkového množství, tím získáváme následující vzorec:

$$c = \frac{m}{V \cdot M}$$

Z tohoto vztahu lze pak odvodit vztah pro výpočet hmotnosti, ze kterého lze určit hmotnost navážky manganistanu do určitého objemu vody.

$$m = M \cdot V \cdot c$$

		V/L	V/L	V/L
m/g	c/mol·L ⁻¹	0,25	0,5	1
	0,1	3,95085	7,9017	15,8034
	0,2	7,9017	15,8034	31,6068
	0,3	11,85255	23,7051	47,4102
	0,4	15,8034	31,6068	63,2136
	0,5	19,75425	39,5085	79,017
	0,01	0,395085	0,79017	1,58034
	0,02	0,79017	1,58034	3,16068
	0,03	1,185255	2,37051	4,74102
	0,04	1,58034	3,16068	6,32136
	0,05	1,975425	3,95085	7,9017
M/g·mol ⁻¹		158,034		

Známe-li navážky, můžeme přejít k samotné přípravě roztoků.

Typ projektu: Krátkodobý

Časová náročnost: 20 min – 45 min

Pomůcky: kádinka, lžička, skleněná tyčinka, váha, odměrná baňka se zátkou

Chemikálie: manganistan draselný, voda (v případě, že chcete velice přesný výsledek, je lepší použít vodu destilovanou, jestli ne postačí vám voda z vodovodu)

Ochranné pomůcky: ochranné rukavice, ochranné brýle, laboratorní plášť nebo jiné oblečení, které si žáci smí ušpinit

Návrh provedení projektu: : Žáci projdou základním poučením o chování během laboratoří z chemie (základy bezpečnosti práce a správného nakládání s chemikáliemi a provádění experimentu), zároveň jim je nastíněn postup a výsledek, ke kterému by měli dojít a jsou jim přiděleny úkoly, které by měl každý vypracovat. Žáci jsou rozděleni do čtveřic. Každá čtveřice by měla vytvořit jinak koncentrovaný roztok. Poté co všechny skupiny svůj roztok připraví, seřadí všechny skupiny své roztoky podle koncentrace. Každá skupina si připraví odůvodnění toho, že jsou roztoky jiné a pokusí se objasnit dle jakého „klíče“ se intenzita barvy snižuje nebo zvyšuje.

Provedení experimentu: Do kádinky si odvážíme naměřené množství manganistanu draselného, poté k němu přilijeme vodu a skleněnou tyčinkou promícháme. Roztok manganistanu přelijeme do odměrné baňky. Skleněnou tyčinku opláchneme destilovanou vodou kádinky, do které znovu přidáme trochu destilované vody, abychom obsah kádinky dokonale převedly do odměrné baňky, po té co tento proces 2x až 3x provedeme, doplníme odměrnou baňku po risku.



Tip: Lepší variantou výpočtu by mohl být například výpočet hmotnostní koncentrace, která může být pro žáky pochopitelnější, jelikož jednotka mol (a následně mol na litr) se žákům základních škol velice špatně představuje, zatímco jednotka gram na litr je mnohem pochopitelnější.

4. Experimenty se sloučeninami chromu

Chrom je chemický prvek patřící do skupiny přechodných kovů. Nejčastěji se vyskytuje v mocenstvích Cr³⁺ a Cr⁶⁺. Chromité soli bývají nejčastěji zelené, ale mohou mít i jiné barvy, které zaleží na množství vody přítomné v jejich hydrátech. S šestimocným chromem se nejčastěji můžeme setkat v podobě solí kyseliny chromové, tedy chromanů (CrO₄) a dichromanů (Cr₂O₇). Pokusy s těmito soli však provádějte pouze v laboratoři, neboť chrom v oxidačním čísle VI je karcinogenní.

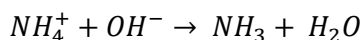
POZOR!!! Práce se sloučeninami chromu osobám mladším 18 let je zakázána dle vyhlášky č. 180/2015 Sb. O zakázaných pracích a pracovištích, která pokládá žáky za pracovníky a tudíž i upravuje pravidla pro jejich nakládání s některými chemickými látkami. Kvůli karcinogenitě a celkové toxicitě chromu a jeho sloučenin není vhodné provádět experimenty s těmito látkami v přítomnosti nezletilých. Nechceme však, abyste přišli o některé zajímavé experimenty, a proto jsme experimenty zdokumentovali formou fotografií, které můžete naléznout níže a i ve formě videí, které lze shlédnout na našem YouTubeovém kanálu AntiProton.

4.1. Světlušky – spalování NH₃ za přítomnosti Cr₂O₃

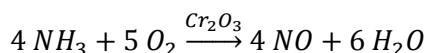
Snad každé malé dítě během letních večerů chytalo světlušky do sklenic od okurek a vytvářelo si tím přírodní lampičku, ale nám chemikům nepříjde hezké takto trápit malé broučky, a vymysleli jsme si způsob jak světlušky mít i bez možných ztrát na jejich životech.

Bezpečnost: NH₃ (H: 314,335,400; P: 261, 273, 280, 305 + 351 + 338, 310; GHS05, GHS07, GHS09), Cr₂O₃ (H: 319; P: 305 + 351 + 338; GHS07)

Pokus probíhá tak, že se vezme velká sklenice s malým množstvím čpavkové vody, která se zavře a nechá chvíli stát. Po chvíli je do sklenice přisypán horký oxid chromitý, což nastartuje reakci. Tu doprovází světelný efekt v podobě malých žhnoucích jisker, jež připomínají světlušky. Experiment můžeme popsat pomocí dvou rovnic. Nejprve při nalití čpavkové vody do sklenice dojde k odpaření amoniaku z roztoku.



Po odpaření se amoniak smísí se vzdušným kyslíkem a po přisypání oxidu chromitého dojde ke spálení amoniaku, za vzniku oxidu dusnatého a vody.



Samotný oxid chromitý funguje pouze jako katalyzátor, což znamená, že vystupuje z reakce v nezměněné podobě.

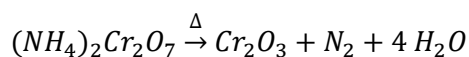
Zajímavost: Tato reakce je průmyslově velmi významná, neboť je prvním krokem při výrobě kyseliny dusičné tzv. Ostwaldovým procesem.

4.2. Sopka z dichromanu amonného

V předešlém pokusu jsme si nahrazovali část přírody chemickým experimentem, v tom budeme i nadále pokračovat a vytvoříme si chemickou sopku.

Bezpečnost: (NH₄)₂Cr₂O₇ (H: 272, 350, 340, 360FD, 330, 301, 312, 372, 314, 334, 317,410;GHS03, GHS06, GHS07, GHS08, GHS09), Cr₂O₃ (H: 319; P: 305 + 351 + 338; GHS07)

Dichroman amonný je nestabilní sloučenina, která se za horka rozkládá na oxid chromitý, dusík a vodní páru.



Princip:

V molekule dichromanu amonného jsou obsaženy celkem 4 prvky, a to vodík, kyslík, dusík a chrom. Vodík a kyslík se nachází ve svém běžném oxidačním stupni a to je v případě vodíku +I a v případě kyslíku -II. Totéž však neplatí v případě dusíku a chromu. Chrom v této sloučenině má oxidační číslo +VI. Chrom v tomto mocenství je sice relativně stabilní, avšak za vhodných podmínek a s vhodným reakčním partnerem velmi rád přijme 3 elektrony a redukuje se na chrom +III. K tomu poslouží již zmíněný dusík, v podobě amonného kationtu, ve kterém je dusík obsažený v oxidačním stupni -III. Při zapálení této sloučeniny dojde k tomu, že se dichroman amonný začne rozkládat podle výše uvedené rovnice, ze které můžeme vyčíst, že chrom se redukuje na oxid chromitý a oxiduje při tom dusík v amonném kationtu na plynný dusík. Vznikem dusíku dojde ke zvýšení tlaku a unikající plyn s sebou odnáší žhnoucí kousky rozkládajícího se dichromanu a tím vzniká efekt vybuchující sopky.

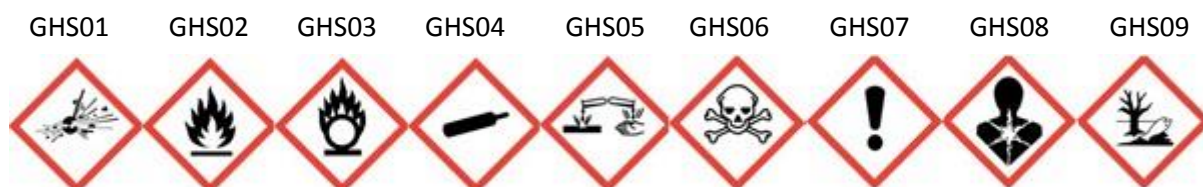
Tip: Vzniklý oxid chromitý můžete ihned použít na reakci „Světlušky“.

Tip: Pokus je dobré provádět v zatemněné místnosti, kvůli lepší viditelnosti „světlušek“.

GHS

Globálně harmonizovaný systém klasifikace a označování chemikálií, tímto systémem se momentálně řídí veškeré označení nebezpečnosti chemikálií v České republice. Nejdůležitějšími částmi tohoto systému pro nás jsou výstražné symboly a H (hazard statements) a P (precautionary statements) věty. Doplněk k H-větám jsou EUH-věty.

1. Výstražné symboly



GHS01	Výbušné látky
GHS02	Hořlavé látky
GHS03	Oxidující látky
GHS04	Plyny pod tlakem
GHS05	Korozivní a žíravé látky
GHS06	Toxické látky
GHS07	Dráždivé látky
GHS08	Látky nebezpečné pro zdraví
GHS09	Látky nebezpečné pro životní prostředí

2. H-věty

H200	Nestabilní výbušnina
H201	Výbušnina, nebezpečí masivního výbuchu
H202	Výbušnina; vážné nebezpečí zasažení částicemi
H203	Výbušnina; nebezpečí požáru, tlakové vlny nebo zasažení částicemi
H204	Nebezpečí požáru nebo zasažení částicemi
H205	Při požáru může způsobit masivní výbuch
H220	Extrémně hořlavý plyn
H221	Hořlavý plyn
H222	Extrémně hořlavý aerosol
H223	Hořlavý aerosol
H224	Extrémně hořlavá kapalina a páry
H225	Vysoce hořlavá kapalina a páry
H226	Hořlavá kapalina a páry
H228	Hořlavá tuhá látka
H240	Zahřívání může způsobit výbuch
H241	Zahřívání může způsobit požár nebo výbuch
H242	Zahřívání může způsobit požár
H250	Při styku se vzduchem se samovolně vznítí
H251	Samovolně se zahřívá; může se vznítit
H252	Ve velkém množství se samovolně zahřívá; může se vznítit
H260	Při styku s vodou uvolňuje hořlavé plyny, které se mohou samovolně vznítit
H261	Při styku s vodou uvolňuje hořlavé plyny
H270	Může způsobit nebo zesílit požár; oxidant
H271	Může způsobit nebo zesílit požár; silný oxidant
H272	Může zesílit požár; oxidant
H280	Obsahuje plyn pod tlakem; při zahřívání může vybuchnout
H281	Obsahuje zchlazený plyn; může způsobit omrzliny nebo poškození chladem
H290	Může být korozivní pro kovy
H300	Při požití může způsobit smrt
H301	Toxický při požití
H302	Zdraví škodlivý při požití
H304	Při požití a vniknutí do dýchacích cest může způsobit smrt
H310	Při styk s kůží může způsobit smrt

H311	Toxický při styku s kůží
H312	Zdraví škodlivý při styku s kůží
H314	Způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí
H315	Dráždí kůži
H317	Může vyvolat alergickou kožní reakci
H318	Způsobuje vážné poškození očí
H319	Způsobuje vážné podráždění očí
H330	Při vdechování může způsobit smrt
H331	Toxický při vdechování
H332	Zdraví škodlivý při vdechování
H334	Při vdechování může vyvolat příznaky alergie nebo astmatu nebo dýchací potíže
H335	Může způsobit podráždění dýchacích cest
H336	Může způsobit ospalost nebo závrať
H340	Může vyvolat genetické poškození
H341	Podezření na genetické poškození
H350	Může vyvolat rakovinu
H351	Podezření na vyvolání rakoviny
H360	Může poškodit reprodukční schopnost nebo plod v těle matky
H361	Podezření na poškození reprodukční schopnosti nebo plodu v těle matky
H362	Může poškodit kojence prostřednictvím mateřského mléka
H370	Způsobuje poškození orgánů
H371	Může způsobit poškození orgánů
H372	Způsobuje poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici
H373	Může způsobit poškození orgánů při prodloužené nebo opakované expozici
H400	Vysoce toxický pro vodní organismy
H410	Vysoce toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky
H411	Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky
H412	Škodlivý pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky
H413	Může vyvolat dlouhodobé škodlivé účinky pro vodní organismy

2.1. EUH-věty – doplňkové věty o nebezpečnosti

EUH 001	Výbušný v suchém stavu
EUH 006	Výbušný za přístupu i bez přístupu vzduchu
EUH 014	Výbušný za přístupu i bez přístupu vzduchu
EUH 018	Při používání může vytvářet hořlavé nebo výbušné směsi par se vzduchem
EUH 019	Může vytvářet výbušné peroxidy
EUH 044	Nebezpečí výbuchu při zahřátí v uzavřeném obalu
EUH 029	Uvolňuje toxický plyn při styku s vodou
EUH 031	Uvolňuje toxický plyn při styku s kyselinami
EUH 032	Uvolňuje vysoce toxický plyn při styku s kyselinami
EUH 066	Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže
EUH 070	Toxický při styku s očima
EUH 071	Způsobuje poleptání dýchacích cest
EUH 059	Nebezpečný pro ozonovou vrstvu
EUH 201	Obsahuje olovo. Nemá se používat na povrchy, které mohou okusovat nebo olizovat děti
EUH 201A	Pozor! Obsahuje olovo
EUH 202	Obsahuje chrom (VI). Může vyvolat alergickou reakci
EUH 203	Obsahuje isokyanáty. Může vyvolat alergickou reakci
EUH 204	Obsahuje epoxidové složky. Může vyvolat alergickou reakci
EUH 205	Obsahuje epoxidové složky. Může vyvolat alergickou reakci
EUH 206	Pozor! Nepoužívejte společně s jinými výrobky. Může uvolňovat nebezpečné plyny (chlor)
EUH 207	Pozor! Obsahuje kadmium. Při používání vznikají nebezpečné výpary. Viz informace dodané výrobcem. Dodržujte bezpečnostní pokyny
EUH 208	Obsahuje...Může vyvolat alergickou reakci
EUH 209	Při používání se může stát vysoce hořlavým
EUH 209A	Při používání se může stát hořlavým
EUH 210	Na vyžádání je k dispozici bezpečnostní list
EUH 401	Dodržujte pokyny pro používání, abyste se vyvarovali rizik pro lidské zdraví a životní prostředí

3. P-věty

P101	Je-li nutná lékařská pomoc, mějte po ruce obal nebo štítek výrobku
P102	Uchovávejte mimo dosah dětí
P103	Před použitím si přečtěte údaje na štítku
P201	Před použitím si obstarejte speciální instrukce
P202	Nepoužívejte, dokud jste si nepřečetli všechny bezpečnostní pokyny a neporozuměli jim
P210	Chraňte před teplem/jiskrami/otevřeným plamenem/horkými povrchy. – Zákaz kouření
P211	Nestříkejte do otevřeného ohně nebo jiných zdrojů zapálení
P220	Uchovávejte/skladujte odděleně od oděvů/.../hořlavých materiálů
P221	Proveďte preventivní opatření proti smíchání s hořlavými materiály
P222	Zabraňte styku se vzduchem
P223	Chraňte před možným stykem s vodou kvůli prudké reakci a možnému náhlému vzplanutí
P230	Uchovávejte ve zvlhčeném stavu
P231	Manipulace pod inertním plynem
P232	Chraňte před vlhkem
P233	Uchovávejte obal těsně uzavřený
P234	Uchovávejte pouze v původním obalu
P235	Uchovávejte v chladu
P240	Uzemněte obal a odběrové zařízení
P241	Používejte elektrické/ventilační/osvětlovací/.../zařízení do výbušného prostředí
P242	Používejte pouze nářadí z nejméně nebezpečného kovu
P243	Proveďte preventivní opatření proti výbojům statické elektřiny
P244	Udržujte redukční ventily bez maziva a oleje
P250	Nevystavujte obrušování/nárazům/.../tření
P251	Tlakový obal: nepropichujte nebo nespálujte ani po použití
P260	Nevdechujte prach/dým/plyn/mlhu/páry/aerosoly
P261	Zamezte vdechování prachu/dýmu/plynu/mlhy/par/aerosolů
P262	Zabraňte styku s očima, kůží nebo oděvem
P263	Zabraňte styku během těhotenství/kojení
P264	Po manipulaci důkladně omyjte
P270	Při používání tohoto výrobku nejezte, nepijte ani nekuřte
P271	Používejte pouze venku nebo v dobře větraných prostorách
P272	Kontaminovaný pracovní oděv neodnášejte z pracoviště
P273	Zabraňte uvolnění do životního prostředí
P280	Používejte ochranné rukavice/ochranný oděv/ochranné brýle/obličejový štít
P281	Používejte požadované osobní ochranné prostředky
P282	Používejte ochranné rukavice proti chladu/obličejový štít/ochranné brýle
P283	Používejte ohnivzdorný/nehořlavý oděv
P284	Používejte vybavení pro ochranu dýchacích cest
P285	V případě nedostatečného větrání používejte vybavení pro ochranu dýchacích cest
P301	PŘI POŽITÍ:
P302	PŘI STYKU S KŮŽÍ:
P303	PŘI STYKU S KŮŽÍ (nebo s vlasy):
P304	PŘI VDECHNUTÍ:
P305	PŘI ZASAŽENÍ OČÍ:
P306	PŘI STYKU S ODĚVEM:
P307	PŘI EXPOZICI:
P308	PŘI EXPOZICI nebo podezření na ni:
P309	PŘI EXPOZICI nebo necítíte-li se dobře:
P310	Okamžitě volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO nebo lékaře
P311	Volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO nebo lékaře
P312	Necítíte-li se dobře, volejte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÍ STŘEDISKO nebo lékaře
P313	Vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření
P314	Necítíte-li se dobře, vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření
P315	Okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc/ošetření
P320	Je nutné odborné ošetření (viz ... na tomto štítku)
P321	Odborné ošetření (viz ... na tomto štítku)
P322	Specifické opatření (viz ... na tomto štítku)
P330	Vypláchněte ústa
P331	NEVYVOLÁVEJTE zvracení
P332	Při podráždění kůže
P333	Při podráždění kůže nebo vyrážce:
P334	Ponořte do studené vody/zabalte do vlhkého obvazu
P335	Volné částice odstraňte z kůže
P336	Omrzlá místa ošetřete vlažnou vodou. Postižené místo netřete
P337	Přetrvává-li podráždění očí:
P338	Vyjměte kontaktní čočky, jsou-li nasazeny, a pokud je lze vyjmout snadno. Pokračujte ve vyplachování

P340	Přenešte postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu v poloze usnadňující dýchání
P341	Při obtížném dýchání přenešte postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu v poloze usnadňující dýchání
P342	Při dýchacích potížích:
P350	Jemně omyjte velkým množstvím vody a mýdla
P351	Několik minut opatrně oplachujte vodou
P352	Omyjte velkým množstvím vody a mýdla
P353	Opláchněte kůži vodou/osprchujte
P360	Kontaminovaný oděv a kůži okamžitě omyjte velkým množstvím vody a potom oděv odložte
P361	Veškeré kontaminované části oděvu okamžitě svlékněte
P362	Kontaminovaný oděv svlékněte a před opětovným použitím ho vyperte
P363	Kontaminovaný oděv před opětovným použitím vyperte
P370	V případě požáru:
P371	V případě velkého požáru a velkého množství:
P372	Nebezpečí výbuchu v případě požáru
P373	Požár NEHASTE, dostane-li se k výbušninám
P374	Haste z přiměřené vzdálenosti a dodržujte běžná opatření
P375	Kvůli nebezpečí výbuchu haste z dostatečné vzdálenosti
P376	Zastavte únik, můžete-li tak učinit bez rizika
P377	Požár unikajícího plynu: Nehaste, nelze-li únik bezpečně zastavit
P378	K hašení použijte ...
P380	Vykliďte prostor
P381	Odstraňte všechny zdroje zapálení, můžete-li tak učinit bez rizika
P390	Uniklý produkt absorbujte, aby se zabránilo materiálním škodám
P391	Uniklý produkt seberte
P401	Skladujte...
P402	Skladujte na suchém místě
P403	Skladujte na dobře větraném místě
P404	Skladujte v uzavřeném obalu
P405	Skladujte uzamčené
P406	Skladujte v obalu odolném proti korozi/... obalu s odolnou vnitřní vrstvou
P407	Mezi stohy/paletami ponechte vzduchovou mezeru
P410	Chraňte před slunečním zářením
P411	Skladujte při teplotě nepřesahující ... °C/...°F
P412	Nevystavujte teplotě přesahující 50 °C/122 °F
P413	Množství větší než ... kg/... liber skladujte při teplotě nepřesahující ... °C/...°F
P420	Skladujte odděleně od ostatních materiálů
P422	Skladujte pod ...
P501	Odstraňte obsah/obal ...

Kombinace P vět

Existují i kombinace P vět, při těchto kombinacích postupujte dle následujícího vzoru:

Jedna z charakteristik určité látky je P301 + P330 + P331, víte, že P301 je definována jako "PŘI POŽITÍ:", P330 jako „Vypláchněte ústa.“ A P331 jako „NEVYVOLÁVEJTE zvracení.“, tudíž spojením Vám vznikne následující věta: PŘI POŽITÍ: Vypláchněte ústa a NEVYVOLÁVEJTE zvracení, z čehož velice zřejmě vyplývá, jak se máte zachovat při požití takové látky.

Návod na rozklíčování bezpečnosti u experimentů

Př. Na₂CO₃ (H: 319; P: 305+351+338; GHS07), lehkým přepisem získáváme H319, P305+P351+P338 a GHS07, které lehce najdete v seznamu vět a symbolů o nebezpečnosti.

