

# **C7650 Školní pokusy 1**

Návody ke cvičení

## Vybrané bezpečnostní pokyny

Po úspěšném absolvování didaktických praktik jsou studenti/ky učitelství chemie schopni samostatně a bezpečně provádět demonstrační i žákovské experimenty ve výuce. V průběhu praktik se seznamujete nejen s experimenty jako takovými, ale i jejich správným provedením. V případě jakýchkoliv nejasností se obračejte na vedoucí cvičení tak dlouho, dokud nebude vše jasné.

Níže je shrnuto několik obecných bezpečnostních pokynů, které popisují vybraná specifika školních chemických experimentů. Vždy platí základní nařízení obsažená v laboratorním řádu.

### 1. Zapalování připravovaného plynu

Hořlavý plyn obvykle vyvíjíme ve zkumavce opatřené spalovací trubičkou. Před zapálením plynu je nutné počkat dostatečně dlouho, aby vznikající plyn vytlačil všechny vzduch z aparatury. Jinak hrozí nebezpečí prošlehnutí plamene do aparatury.

Při ukončení spalování je vhodné nejprve sfouknout hořící plamen a až následně vytáhnout ze zkumavky zátku se spalovací trubičkou, příp. přerušit zahřívání zkumavky.

### 2. Zavádění plynu do roztoku činidla

Plyn obvykle připravujeme ve zkumavce opatřené zaváděcí trubičkou, zkumavku často zahříváme. V takovém případě je nutné zkumavku zahřívát rovnoměrně tak, aby nedošlo ke vzkypění reakční směsi do zaváděcí trubičky.

Při ukončení zavádění nejprve: buď odpojíme zaváděcí trubičku, nebo odstraníme roztok, do kterého plyn zavádíme. Až po té přerušíme zahřívání reakční směsi. Po přerušení zahřívání plyn v aparatuře rychle chladne a při nasátí roztoku do vyvíjecí zkumavky obvykle dochází k jejímu prasknutí.

### 3. Příprava explozivních směsí

Při přípravě směsí složených z oxidovadla a paliva (bengálské ohně, střelný prach a další směsi obsahující především chlorečnany nebo dusičnany) postupujeme následujícím způsobem. Pro nabírání jednotlivých složek směsi bereme vždy čistou lžičku, nesmí dojít ke kontaminaci zásobní lahve oxidovadla palivem. Jednotlivé složky směsi roztíráme samostatně v čistých, suchých třecích miskách. Vlastní smíchání rozetřených složek provádíme na papíře přesypáváním, ne třením (v některých případech je možné míchat protřepáváním v kádince – podle pokynů cvičících). Při tření či jiné nešetrné manipulaci s explozivními směsmi hrozí jejich zahoření.

### 4. Pozorování experimentů

Při pozorování experimentů s výraznými světelnými efekty je vhodné sledovat pokus periferně, dochází k menšímu oslnění. Na totéž upozorníme žáky při provádění demonstračního pokusu.

## Příprava a vlastnosti některých činidel

### 1. Fenolftalein

Připravuje se jako 1% roztok v ethanolu.

### 2. Škrobový maz (roztok škrobu)

1 g škrobu suspendujeme v malém množství vody, vzniklou řídkou kaší nalijeme do 100 cm<sup>3</sup> vroucí vody, krátce povaříme do rozpuštění škrobu.

*Pozn.:* Škrob při uchovávání podléhá hydrolyze. Literatura uvádí možnost konzervovat jej přidávkem malého množství (na špičku špachtle) chloridu rtuťnatého, který zvyšuje trvanlivost roztoku. V každém případě je ale vhodné starší roztok před použitím otestovat.

### 3. Lugolův roztok (roztok jodu)

Jod se téměř nerozpouští ve vodě, připravujeme jeho roztok ve vodném roztoku KI. Navážíme 1,5 g KI a 0,6 g I<sub>2</sub>, rozpustíme ve 100 cm<sup>3</sup> vody. V případě potřeby je možné měnit koncentraci roztoku. Roztok jodu uchováváme v tmavé nádobě.

### 4. Fehlingovo činidlo

Připravují a uchovávají se odděleně Fehlingovy roztoky I a II.

Fehling I: 35 g modré skalice rozpustíme v 500 cm<sup>3</sup> vody.

Fehling II: 173 g vinanu sodno-draselného (Seignetova sůl) a 52 g hydroxidu sodného rozpustíme v 500 cm<sup>3</sup> vody.

Před užitím smícháme stejné objemy roztoků I a II za vzniku tmavě modrého roztoku.

### 5. Tollensovo činidlo

K 5% roztoku dusičnanu stříbrného ve zkumavce přidáme kapku 10% roztoku hydroxidu sodného, vzniká hnědá sraženina. Za míchání přikapáváme 2% roztok amoniaku právě do rozpuštění sraženiny.

*Pozn.:* Přebytek amoniaku snižuje citlivost činidla.

Nepoužité Tollensovo činidlo se musí ihned zlikvidovat, není možné jej uchovávat! Stáním vzniká třaskavé stříbro.

## Příprava na cvičení

V rámci přípravy na cvičení se seznámte s jednotlivými návody. Není-li uvedena, vyhledejte v literatuře chemickou podstatu prováděného experimentu (včetně vysvětlení, najdete tedy odpověď na otázku „jak to funguje?“). Zapište rovnice všech probíhajících dějů. Připravte si odpovědi na dotazy uvedené u jednotlivých experimentů. Proved'te všechny přípravné výpočty – nejsou-li udány, je zapotřebí ze stechiometrie reakce vypočítat navážky výchozích látek. U kapalin jsou v laboratoři k dispozici čisté látky (rozpuštědla), resp. koncentrované vodné roztoky (běžné kyseliny, amoniak, peroxid vodíku). Rozmyslete si, jaká množství jakých koncentrací budete pro provedení experimentů potřebovat a dopředu si napočítejte množství konc. roztoků a vody potřebná k jejich přípravě.

# 1. Cvičení: Kovy

Pro toto cvičení jsou k dispozici připravené následující roztoky: 0,02M  $\text{KMnO}_4$  a 0,05M kys. šťavelová.

## Chemická kinetika a rovnováha

### *Závislost rychlosti reakce na teplotě a koncentraci výchozích látek*

Připravíme si 150  $\text{cm}^3$  roztoku manganistanu draselného o koncentraci 0,02  $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  a 150  $\text{cm}^3$  roztoku kyseliny šťavelové o koncentraci 0,05  $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$  (kys. šťavelová je k dispozici jako dihydrát). Manganistan okyselíme 10  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Pro dokumentaci vlivu teploty odměříme do tří kádinek po 20  $\text{cm}^3$  manganistanu, do jiných tří kádinek po 22  $\text{cm}^3$  kys. šťavelové. Kyselinu v první kádince necháme při teplotě laboratoře, ve druhé kádince ji zahřejeme na asi 50  $^\circ\text{C}$ , ve třetí kádince k počínajícímu varu. Následně současně do všech tří kádinek s kys. šťavelovou nalijeme okyselený manganistan. Pozorujeme.

Pro dokumentaci vlivu koncentrace si připravíme nové trojice kádinek s manganistanem a kys. šťavelovou s tím, že kys. šťavelovou v první kádince neředíme, v druhé kádince zředíme 100  $\text{cm}^3$  vody a ve třetí kádince 200  $\text{cm}^3$  vody. Všechny kádinky s kys. šťavelovou zahřejeme na stejnou teplotu, a to asi 60  $^\circ\text{C}$ . Následně do nich současně přidáme roztok manganistanu. Pozorujeme.

### *Rovnováha mezi barevnými komplexy kobaltnatými*

Pro přípravu zásobního roztoku navážíme 3 g hexahydrátu chloridu kobaltnatého, rozpustíme jej ve 30  $\text{cm}^3$  vody a přidáme 30  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{HCl}$ . Vzniká fialový roztok.

Připravíme si kádinku s ledovou lázní a druhou kádinku s vodní lázní vyhřátou na 80  $^\circ\text{C}$ . Do tří zkumavek nalijeme asi 5 cm vrstvu připraveného roztoku chloridu kobaltnatého. Jednu zkumavku ponecháme jako srovnávací, druhou ponoříme do ledové lázně, třetí do horké vodní lázně. Pozorujeme barevné změny.

Do tří zkumavek nabereme po 2 cm vysoké vrstvě roztoku  $\text{CoCl}_2$ . Do první zkumavky přilijeme vrstvu konc.  $\text{HCl}$  vysokou 1 cm, do druhé zkumavky stejně vysokou vrstvu vody. Třetí zkumavka slouží jako srovnávací. Zkumavky promícháme, pozorujeme barevné změny.

### *Poznámky:*

Vliv koncentrace na rychlost reakce se často demonstruje také reakcí granulky zinku z roztoky  $\text{HCl}$  různé koncentrace (5, 20 a 30 %). Při provedení ve třech zkumavkách vedle sebe je rozdílná rychlost vývinu vodíku jasně patrná.

Teplotně závislá rovnováha mezi aqua- a chlorokomplexy kobaltnatými je reverzibilní děj, opakovaným ohřátím a ochlazením roztoku docílíme příslušných barevných změn. Podobně můžeme neustále obracet rovnováhu i u vlivu koncentrace.

Teplotní závislost je možné demonstrovat i v U-trubici. Pokud roztok  $\text{CoCl}_2$  nalijeme do U-trubice a kahanem zahříváme jen jedno rameno, dojde k reakci doprovázené barevnou změnou pouze v zahříváném rameni trubice.

*Dotazy:*

- 1) Objasněte, proč byly zvoleny právě uvedené hodnoty koncentrace roztoků manganistanu a kys. šťavelové.
- 2) Proč se v první části cvičení manganistanu bere 20 cm<sup>3</sup> a kys. šťavelové 22 cm<sup>3</sup>?
- 3) Zapište rovnici reakce, která probíhá při rovnovážných změnách kobaltnatých komplexů. Určete barvu jednotlivých částic a také tepelné zbarvení reakce. Zapište rovnovážnou konstantu reakce.
- 4) Při kterém provedení (vliv teploty, vliv koncentrace) pokusu týkajícího se chem. rovnováhy se mění velikost rovnovážné konstanty? Odpověď zdůvodněte příslušnými fyzikálně-chemickými vztahy.
- 5) V čem spočívá změna zbarvení mezi studovanými komplexy kobaltu?

## 1. Vznik barevných komplexních sloučenin

Ve zkumavkách provedeme reakce následujících roztoků:

- a) železnatá sůl s hexakyanoželezitanem
- b) železitá sůl s hexakyanoželeznatanem
- c) měďnatá sůl s hexakyanoželeznatanem
- d) měďnatá sůl s amoniakem
- e) železitá sůl s rhodanidem

*Poznámky:*

Tvorbu barevných komplexů (např. reakce a) a e) ) je možné zařadit jako „tajná písma“. Na filtrační papír napíšeme vzkaz bezbarvým/světlým roztokem. Po zaschnutí vzkaz „vyvoláme“ potřením druhým roztokem. Lze připravit i vícebarevné vzkazy.

Reakci e) známe taky jako „umělou krev“ v různých provedeních, např. „pořezání“: jedním roztokem („dezinfekcí“) se potře zápěstí, druhým roztokem (jinou „dezinfekcí“) se potře nůž a potom se (tupou stranou nože!) přejede po zápěstí. Objeví se „krev“. Obdobně pokud si nenápadně na prst nalepíme krystalek rhodanidu a prst vsuneme do kádinky s roztokem železité soli, začne z prstu „vytékat krev“.

*Dotazy:*

- 1) K produktům jednotlivých reakcí přiřaďte názvy Hachattova hněd, Turnbullova modř, berlínská (pruská) modř. V čem se liší obě modři?
- 2) Uvedené reakce lze využít v analytické chemii jako důkazové reakce. V analytické literatuře můžeme nalézt i informace o maskování, např. ionty železité se maskují fluoridovými ionty. Vysvětlete, co to znamená (včetně rovnice pro uvedený příklad).

## 2. Vlastnosti hydroxidu hlinitého

Hydroxid hlinitý získáme reakcí hlinité soli s malým množstvím roztoku alkalického hydroxidu jako vločkovitou bílou sraženinu. Přídavkem většího množství hydroxidu se sraženina hydroxidu hlinitého rozpustí. Lze demonstrovat i rozpouštění v kyselině jako důkaz amfoterních vlastností.

*Dotaz:*

- 1) Tvorby sraženiny hydroxidu hlinitého se využívá při procesu čiření vody. Vysvětlete podstatu procesu včetně původu hydroxidu hlinitého.

### 3. Příprava oxidu měďnatého

Ve zkumavce si srážením roztoků modré skalice a hydroxidu sodného připravíme gelovitou sraženinu hydroxidu měďnatého. Sraženinu povaříme (pozor na vystříknutí směsi), vzniká černý oxid měďnatý.

Pokus se běžně provádí preparativně jako jednoduchá úloha z chemické syntézy – použijeme větší množství výchozích látek, směs zahříváme v kádince a vzniklý CuO izolujeme filtrací.

### 4. Vliv velikosti povrchu na rychlost reakce

Do dvou zkumavek nalijeme několik  $\text{cm}^3$  10% roztoku HCl. Do první zkumavky vhodíme granulku zinku, do druhé vsypeme na špičku špachtle práškového zinku. Pozorujeme.

### 5. Autokatalýza

Připravíme  $90 \text{ cm}^3$  0,02M roztoku manganistanu draselného, okyselíme jej  $10 \text{ cm}^3$  konc. kyseliny sírové. Do druhé kádinky připravíme  $100 \text{ cm}^3$  0,05M roztoku kys. šťavelové. Oba připravené roztoky rozdělíme na poloviny. Do jedné poloviny manganistanu přidáme  $1 \text{ cm}^3$  roztoku manganaté soli a ihned do obou roztoků manganistanu nalijeme kys. šťavelovou.

### 6. Oheň bez sirek (provádějte pod dozorem vedoucího cvičení)

Do porcelánové misky nasypeme malé množství  $\text{KMnO}_4$  a k němu přidáme trošku konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (asi  $1 \text{ cm}^3$ ). Vzniká zelený roztok. Do misky vhodíme malý kousek filtračního papíru (plochy asi  $2 \text{ cm}^2$ ), vzplane.

Na špejli namotáme vatu, namočíme do ethanolu nebo acetonu. Dotkneme se špejlí hladiny směsi v misce, vata vzplane. Pozor, hořící špejli držíme nad nehořlavou podložkou, špejle se často přepálí a upadává z ní hořící konec s vatou.

Pod dozorem vedoucího cvičení je možné ke směsi do misky vpravit malé množství lihu ze stříčky.

*Dotazy:*

- 1) Objasněte složení zeleného roztoku v misce, včetně vysvětlení jeho vzniku.
- 2) Během pokusu se často z misky uvolňuje malé množství hnědého dýmu. Čím je tvořený?

### 7. Příprava jodidu olovnatého („zlatý déšť“)

V kádince připravíme roztok 0,3 g KI v  $60 \text{ cm}^3$  vody. Ve druhé kádince (nebo Erlenmeyerově baňce) připravíme roztok 0,3 g  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  v  $60 \text{ cm}^3$  vody. Oba roztoky současně zahřejeme k varu. Ještě horké roztoky nalijeme do Erlenmeyerovy baňky a necháme zvolna chladnout na laboratorní teplotu. Pozorujeme vznik lesklých šupinkových krystalů, které při zamíchání působí jako „zlatý déšť“.

*Poznámky:*

Známý efektní pokus, od jehož provedení žáky někteří ustupují z důvodu toxicity dusičnanu olovnatého. Riziko lze snížit tím, že žákům roztok  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  připraví vyučující.

Nádobí po provedení pokusu bývá znečištěno stopami žluté sraženiny. Ty lze snadno odstranit omytím alkalickým hydroxidem, ve kterém je jodid olovnatý dobře rozpustný.

*Dotazy:*

- 1) Jaký typ krystalizace probíhá při popsaném provedení?
- 2) V čem by se lišil výsledek pokusu, pokud bychom smíchali oba roztoky za laboratorní teploty? Můžete vyzkoušet ve zkumavce.
- 3) Co lze na základě provedeného experimentu konstatovat o rozpustnosti  $\text{PbI}_2$ ?

4) Proč je navážka obou výchozích látek totožná?

### 8. Sopka

V suchých čistých třecích miskách odděleně rozetřeme 3 lžičky dichromanu amonného a 2 lžičky dusičnanu amonného. Po rozetření je smísíme dohromady ještě s ½ lžičky práškového železa nebo zinku (promícháváme přesypáváním, ne třením). Směs nasypeme na odpalovací plech umístěný na krycí dlaždici a zapálíme kahanem.

*Poznámky:*

Klasická „Sopka na stole“ předpokládá zapálení pouze dichromanu amonného. Produkt vznikající při popsaném provedení je kompaktnější, méně odlétává z místa zapálení, takže pozůstatky experimentu se snáze likvidují než při použití čistého  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

### 9. Prskavky

Pro přípravu prskavek navážíme výchozí látky podle tabulky, dusičnan je třeba nejprve rozetřít.

Zabarvení	práškové Fe	práškový Al	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	dextrin
zelené	2,5 g	0,5 g	5,5 g	-	1,5 g
červené	2,5 g	0,5 g	-	5,5 g	1,5 g

Práškové výchozí látky promícháme ve třecí misce a po kapkách přidáváme vodu tak, aby vznikla hustá lepivá kaše. Pozor, vody je nutné přidat velmi malé množství, vzniklá směs musí lepit a nesmí téct. Jakmile vznikne tekoucí kaše, nebude možné nanést ji na drát a získat prskavku.

Připravenou směs nanese na železný drát a necháme na filtračním papíru zaschnout do příštího cvičení. Po zaschnutí prskavku zavěsíme na žíhací kruh a nad nehořlavou podložkou zapálíme kahanem.

Pozor, barnaté a strontnaté soli jsou jedovaté, dbejte příslušných nařízení laboratorního řádu.

### 10. Elektrolýza roztoku síranu měďnatého

Do elektrolytické nádoby (U-trubice bez diafragmy) připravíme asi 5% roztok  $\text{CuSO}_4$ . Vložíme grafitové elektrody a zavedeme stejnosměrný proud. Pozorujeme průběh reakce a porovnáme s elektrolýzou roztoku  $\text{KBr/KI}$  (viz Praktikum SŠ chemie – pokud jste experiment nestihli v podzimním semestru, nyní je prostor jej vyzkoušet). Vysvětlete rozdíly.

## 2. Cvičení: Prvky 15. skupiny

### 1. Příprava amoniaku

Ve třetí misce smísíme půl lžičky pevného  $\text{NH}_4\text{Cl}$  a půl lžičky pevného  $\text{NaOH}$ . Směs roztíráme. Pro urychlení reakce je možné směs ovlhčit několika kapkami vody. Vznikající amoniak prokážeme čichem a navlhčeným indikátorovým papírkem, který vložíme do unikajícího plynu.

Uvedená reakce probíhá také v roztoku.

### 2. Příprava kyseliny dusité

Do zkumavky nalijeme vychlazený nasycený roztok  $\text{KNO}_2$ , k němu po kapkách přidáváme vychlazenou 40%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Zkumavku zvenku chladíme v ledové lázni. Vzniká světle modrý roztok kyseliny dusité.

*Dotazy:*

- 1) Proč soustavu chladíme?
- 2) Pokusy 1. a 2. vedou k přípravě odlišných sloučenin, přesto mají společný chemismus. Vysvětlete tuto příbuznost.

### 3. Vznik chloridu amonného

Na Petriho misku kápneme kapku konc.  $\text{NH}_3$  a konc.  $\text{HCl}$  tak, aby se na misce roztoky nesmísily. Misku zakryjeme kádinkou obrácenou dnem vzhůru. Po chvíli vznikne dým tvořený  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

*Poznámky:*

Pokus lze modifikovat mnoha způsoby. Kapky roztoků nebo kousky vaty namočené v amoniaku (resp.  $\text{HCl}$ ) je možné umístit na opačné konce skleněné trubice a trubici uzavřít. Jakmile k sobě plyny prodifundují, začne se tvořit v trubici dým.

Kroužky ze salmiaku podobné kouřovým kroužkům (viz např. Pán prstenů) vytvoříme následujícím způsobem: potřebujeme konc.  $\text{NH}_3$  v plastové lahvi. Otevřeme si lahev s konc.  $\text{HCl}$  a konc.  $\text{NH}_3$ , chlorovodík necháme volně unikat z lahve držené v jedné ruce. Lahev s amoniakem umístíme pod ústí lahve s  $\text{HCl}$  a stlačením plastové lahve s amoniakem vyfoukneme plynný  $\text{NH}_3$  do chlorovodíku. Pozor na vystříknutí konc. amoniaku, stlačení musí být úměrné volnému objemu lahve.

### 4. Rozpustnost amoniaku ve vodě (amoniaková fontána)

Do baňky s kulatým dnem nalijeme několik  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{NH}_3$ . Baňku zahřejeme nad plamenem kahanu, abychom amoniak vypudili z roztoku a nasýtili baňku plynným  $\text{NH}_3$ . Následně baňku uzavřeme zátkou s delší trubičkou (její konec směřující do baňky může být zúžený v trysku). Spodní konec trubičky ponoříme do nádoby s vodou obarvenou indikátorem, např. fenolftaleinem. Dojde k nasátí vody do baňky. Vysvětlete průběh pokusu.

*Poznámky:*

Analogicky lze experiment provést i s  $\text{HCl}$ . Pokud použijeme indikátor, který má jiné zbarvení v kyselém, neutrálním a zásaditém prostředí, můžeme v jednom pokusu vzít dvě baňky, jednu s  $\text{HCl}$  a druhou s  $\text{NH}_3$  a uvidíme všechna zbarvení.

### 5. Katalytická oxidace amoniaku

Baňku nasýtíme parami amoniaku podobně jako v předchozím pokusu. Následně do baňky zavedeme malé množství kyslíku (lehkým fouknutím). Baňku uchytíme do stojanu dnem

vzhůru. Do směsi plynů vložíme rozžhavený platinový drátek. Pozor, je zapotřebí pracovat rychle, pokud drátek při přesunu do baňky vychladne, reakce nebude probíhat.

*Dotazy:*

- 1) Tato reakce je součástí jedné z důležitých průmyslových výrob. Popište celý její průběh.
- 2) Jak byste dokázali, jaký plyn v baňce vzniká?

## 6. Katalytická oxidace amoniaku II

Pro provedení potřebujeme rozměrnější kádinku (objem nejméně 600 cm<sup>3</sup>). Na její dno nalijeme 10 – 20 cm<sup>3</sup> konc. NH<sub>3</sub>, kádinku překryjeme hodinovým sklem a mírným zahřátím nad kahanem ji nasatíme parami amoniaku (pozor na prasknutí kádinky, zahříváme na rozdíl od předchozích pokusů zlehka). Nyní si připravíme všechny pomůcky, v následující fázi budeme pracovat rychle. Kádinku zakrytou hodinovým sklem umístíme do bezprostřední blízkosti kahanu, připravíme si spalovací lžičku a dichroman amonný. Na spalovací lžičce zahřejeme dichroman amonný tak, aby započal jeho rozklad (vzniká zelený Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, tento samotný pokus je známý jako „sopka“). Jakmile rozklad začne, sejmeme hodinové sklíčko z kádinky a současně umístíme spalovací lžičku s rozkládajícím se dichromanem do ústí kádinky. Horký oxid chromitý padá do kádinky a na jeho povrchu dochází k oxidaci amoniaku, částičky oxidu chromitého svítí.

*Poznámky:*

Do kádinky s amoniakem musí padat horký oxid chromitý, pokud má možnost cestou vychladnout, k reakci nedochází.

Pokud není k dispozici dichroman amonný, můžeme použít přímo oxid chromitý. Práškový Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nahřejeme na kovové lžičce na co nejvyšší teplotu (červený žár kovové lžičky) a horký oxid jemně rozprašujeme do kádinky s parami amoniaku. Při tomto provedení se ale často nepodaří dosáhnout dostatečné teploty Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a světelný efekt není pozorovatelný.

## 7. Oheň, který píše a kreslí

Připravíme si nasycený roztok dusičnanu sodného nebo draselného. Vatou namotanou na špejli napíšeme tímto roztokem vzkaz/obrázek na filtrační papír. Je vhodné, aby obrázek začínal na některém kraji papíru – místo si označíme, tam papír následně zapálíme. Je vhodné nanést 2 – 3 vrstvy roztoku (necháme zaschnout a nanese další vrstvu). Papír necháme uschnout (je možné dát jej na topení). Následně papír zapálíme v označeném místě, nápis pomalu prohořívá, zatímco papír nenasyčený dusičnanem nehoří. Papír zapalujeme na krycí dlaždici v digestoři.

## 8. Modrý plamen (k provedení přivolejte vedoucího cvičení)

Připravíme 1 g chloridu amonného, 4 g dusičnanu amonného a 4 g práškového zinku. Jsou-li amonné soli hrubě krystalické, rozetřeme je (odděleně v různých třecích miskách). Látky promísíme (přesypáváním, ne třením) – provádíme v digestoři. Směs nasypeme na plech umístěný na krycí dlaždici. Směs zapálíme několika kapkami vody z pipetky – pozor, pipetku držíme šikmo tak, aby se ruka nenacházela nad zapalovanou směsí.

## 9. Termický rozklad dusičnanu olovnatého

Do zkumavky nasypeme půl lžičky Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Zkumavku pomalu zahříváme kahanem, vzniká oxid dusičitý. Do zkumavky vložíme zapálenou špejli, pozorujeme.

## 10. Oxidy dusíku

Připravíme si aparaturu pro vývin plynu a jímání plynu pod hladinou vody (viz dále). V aparatuře na vývin plynu provedeme reakci mědi s  $\text{HNO}_3$ . Je-li k dispozici prášková měď, volíme 10 – 15% roztok  $\text{HNO}_3$ , pro reakci s měděnými plíšky volíme 30 – 35% kyselinu. Vznikající plyn jímáme pod hladinou vody do zkumavky obrácené dnem vzhůru. To znamená: z bočního vývodu frakční baňky odvádíme hadičkou se zaváděcí trubičkou plyn do vany s vodou. Zaváděcí trubička je zavedena do zkumavky naplněné vodou, zkumavka je dnem vzhůru umístěna ve vaně s vodou. Při jímání plynu nejprve necháme z aparatury vytlačit vzduch, teprve po té jímáme vznikající plyn do zkumavky. Bezbarvým plynem naplníme 2 – 3 zkumavky. Po vytažení zkumavky z vody plyn mění barvu na hnědou, tvoří se oxid dusičitý.

## 11. Pokusy s kapalným dusíkem

V kapalném dusíku řada materiálů mění svoje vlastnosti.

Můžeme vychladit kus gumové hadičky (pozor, její ústí čouhající z dusíku nesmí na nikoho mířit, z hadice vystřikuje kapalný dusík) a vychlazený konec rozbít kladivem.

Olověný zvoneček vychlazený v dusíku začne zvonit.

Nafouknutý balonek chlazený kapalným dusíkem demonstruje změnu objemu plynu v závislosti na teplotě, ve spodní části zchlazeného balonku jsou patrné vymražené složky vzduchu.

Trocha kapalného dusíku nalitá do teplé vody produkuje efektní dým.

Vložíme-li do kapalného dusíku ampuli se zataveným oxidem dusičitým, pozorujeme tvorbu dimery  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Provádějte za dozoru vedoucího cvičení.

Biologický materiál vymražený kapalným dusíkem mění své vlastnosti. Pod dozorem vedoucího cvičení je možné na zlomek sekundy ponořit do kapalného dusíku ruku (bez prstýnků!!!).

Petrželová nať zmražená v kapalném dusíku křehne, zmražený banán či okurku je možné použít místo kladiva (tyto vzorky si studenti/ky v případě zájmu zajišťují sami).

Kapalný dusík je možné použít pro zkapalnění kyslíku. Mírný proud kyslíku z tlakové lahve zavádíme do předem vychlazené zkumavky ponořené v kapalném dusíku. Po chvíli pozorujeme kondenzaci modré kapaliny.

Z vaty obalené filtračním papírem vyrobíme napodobeninu cigarety (lze použít i pravou). Cigaretu namočíme do kapalného kyslíku, necháme nasáknout. Následně ji na nehořlavé podložce zapálíme špejlí. Pozor, chová se jako raketka. Podobně je možné zapálit kukuřičnou či arašídovou křupku nasálkou kapalným kyslíkem (křupky nejsou součástí výbavy praktika).

### **Pokusy s fosforem: ke všem pokusům s bílým fosforem přivolejte vedoucího cvičení!**

Veškeré předměty a nádoby, které přichází do kontaktu s bílým fosforem, je nutné dekontaminovat roztokem modré skalice. Tvoří se nerozpustný fosfid měďnatý.

Manipulaci s bílým fosforem provádějte vždy pod vodou.

Před započítím pokusů s bílým fosforem přivolejte vedoucího cvičení k ověření znalosti zásad bezpečné práce.

## 12. Vznik bílého fosforu z červeného

Připravíme si takovou dvojici zkumavek, kdy menší z nich dobře zapadá do větší, končí 2 – 3 cm nad jejím dnem a utěsňuje ji. Na dno větší zkumavky vložíme malé množství suchého

červeného fosforu. Zkumavku utěsníme menší zkumavkou naplněnou vodou, tato zkumavka slouží jako chladič. Červený fosfor mírně zahříváme kahanem, uvolňují se páry fosforu, které kondenzují na dně vnitřní zkumavky. Jakmile zkondenzuje malé množství bílého fosforu na vnitřní zkumavce, přestaneme zahřívát a necháme aparaturu vychladnout. Následně vytáhneme vnitřní zkumavku na vzduch, bílý fosfor po chvíli vzplane.

Obě zkumavky po skončení experimentu opláchneme nejprve v roztoku modré skalice.

*Dotazy:*

- 1) Čím se vysvětluje vysoká reaktivita bílého fosforu?
- 2) Červený fosfor se používá při výrobě zápalek, najděte si složení hlavičky a škrťátka zápalek.

### **13. Porovnání reaktivity bílého a červeného fosforu**

Do stojanu uchytneme vodorovně plech. Na plech umístíme kousek bílého a kousek červeného fosforu. Plech zesponu zahříváme kahanem, kahan umístíme tak, aby byl ve stejné vzdálenosti od bílého i červeného fosforu. Bílý vzplane dříve.

### **14. Rozpustnost bílého fosforu v sirouhlíku**

Do zkumavky nabereme 2 – 3 cm na výšku sirouhlíku a do něj vhodíme kousek bílého fosforu velikosti hrachového zrna, mícháme do rozpuštění. Kus filtračního papíru lehce zmačkáme tak, aby na něj nalitý roztok se do papíru nasákl a nevytekl. Papír uchopíme do kleští a polijeme roztokem fosforu v sirouhlíku. Po odpaření  $CS_2$  dojde k samovznícení bílého fosforu.

Spalitelné zbytky (papír) před likvidací spálíme kahanem, nádobí opláchneme nejprve roztokem modré skalice, až následně vodou.

*Poznámky:*

Pokud pozorujeme papír ve tmě, vidíme před vzplanutím luminiscenci fosforu.

Pokus se často provádí tak, že vatičkou namočenou na špejli napíšeme roztokem fosforu na filtrační papír nápis/obrázek, který po odpaření  $CS_2$  vzplane. Je nutné použít větší množství fosforu a po skončení experimentu je nutné likvidovat větší množství použitých pomůcek (špejli s vatou spálit apod.).

### **15. Reakce červeného fosforu s chlorečnanem**

Celý experiment **včetně přípravy** provádějte pod dozorem vedoucího cvičení.

Směs červeného fosforu s chlorečnanem je silně náchylná k explozi, není možné ji míchat, natož pak roztírat. Pozor na používání čistého nádobí (lžičky), nesmí dojít ke kontaminaci zásobních lahví.

Na kovové nebořlavé podložce, např. stojanu, připravíme na kousku filtračního papíru malá množství (na špičku špachtle!) červeného fosforu, převrstvíme stejným malým množstvím  $KClO_3$ . Lehké promísení není nutné, maximálně je možné mírně zatrást filtračním papírem. Připravenou směs odpálíme úderem (kladivo, tyč stojanu).

### 3. Cvičení: Prvky 16. skupiny

Poznámka: k prvkům 16. skupiny se vztahuje velké množství experimentů. Pokud nestihnete odzkoušet všechny v rámci jednoho cvičení, je možné část nechat k prvkům 17. skupiny, kde je pokusů méně.

#### 1. Oxidační účinky peroxidu vodíku

Peroxid vodíku oxiduje jodid draselný na jod. Pro zkumavkové provedení použijeme 5 – 10% roztoky obou látek.

Pokus je možné provést jako tajné písmo: Připravíme si roztok KI se škrobem (škrob povařit – viz příprava činidel). Tímto roztokem napíšeme na filtrační papír tajnou zprávu. Vzkaz vyvoláme ponořením do 5% roztoku  $H_2O_2$  na Petriho misce, pomalu vzniká modré zbarvení.

Peroxid vodíku oxiduje také sulfidy. Na filtrační papír napíšeme vzkaz/nakreslíme obrázek roztokem olovnaté soli. Nápis vyvoláme působením plynného sulfanu na ještě vlhký papír (příprava sulfanu viz dále) – nápis zčerná vznikajícím sulfidem olovnatým. Pokud papír s černým nápisem ponoříme do misky s 30%  $H_2O_2$ , nápis po chvíli zmizí – sulfid se oxiduje.

#### 2. Příprava kyslíku termickým rozkladem manganistanu

Do zkumavky nabereme asi 1 cm vysokou vrstvu  $KMnO_4$ . Zkumavku zahříváme kahanem, ozývá se praskavý zvuk, který doprovází borcení krystalů manganistanu. Do zkumavky vložíme doutnající špejli, kterou prokážeme vznikající kyslík.

Reakcí vzniká také burel a manganan draselný, jejich přítomnost je možné ukázat. Manganany jsou stabilní v alkalickém prostředí, proto pokud nasypeme malé množství pevného produktu termického rozkladu  $KMnO_4$  do válce (nebo vysoké zkumavky) s 5% roztokem KOH nebo NaOH, barví se vznikající roztok zeleně. Současně je možné pozorovat černé kousky burelu, které se usazují na dně nádoby.

V neutrálním a kyselém prostředí manganany stabilní nejsou – při sypání do vody či do 5%  $H_2SO_4$  vzniká fialový roztok (a černý burel).

Pokud sypeme připravený manganan do vysokého sloupce vody (odměrný válec), můžeme ukázat, jak je důležité pečlivě pozorovat celý probíhající experiment (v začátku výuky chemie kapitola pozorování a pokus). Do vody nasypeme několik krystalů připraveného mangananu, pozorní žáci si všimnou, že tvořící se roztok je nejprve krátce zelený, ale rychle mění barvu na fialovou. Nerozpustný burel je stále pozorovatelný.

Konečně je možné demonstrovat také vliv teploty na rychlost chemické reakce. Pokud manganan nasypeme na led, rozkladná reakce probíhá pomalu a je vidět zelené zbarvení mangananu. Při nasypaní do teplé vody naopak fialový manganistan vzniká okamžitě.

*Dotazy:*

- 1) Podle popsaných skutečností uvažte možnosti využití popsaných experimentů v různých kapitolách výuky chemie.
- 2) Zapište výraz pro rovnovážnou konstantu rozkladu mangananu ve vodě.
- 3) S využitím poznatků o posunech chemické rovnováhy vysvětlete, proč je manganan stabilní v zásaditém prostředí a není stabilní v neutrálním a kyselém prostředí.

#### 3. Džin z lahve

Do rozměrnější Erlenmeyerovy baňky (objem nejméně  $500\text{ cm}^3$ ) nalijeme 10 – 20  $\text{cm}^3$  konc.  $H_2O_2$  a opatrně vhodíme malé množství (čtvrt malé lžičky) pevného  $KMnO_4$ . Z baňky uniká „džin“, ve kterém je doutnající špejli možné prokázat přítomnost kyslíku. Pozor, reakce je

poměrně prudká, pokud nemáme k dispozici velkou baňku, je vhodnější snížit koncentraci peroxidu vodíku na 20 %. Případně je možné použít různě zředěné roztoky  $\text{H}_2\text{O}_2$  k demonstraci vlivu koncentrace na rychlost reakce.

#### 4. Katalytický rozklad peroxidu vodíku

Do dvou kádinek si připravíme po  $30 \text{ cm}^3$  10% roztoku  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Do obou kádinek vhodíme malé množství (na špičku špachtle)  $\text{MnO}_2$ , pozorujeme. Vznikající kyslík je možné dokázat doutnající špejlí. Jakmile reakce probíhá, do jedné z kádinek přidáme  $5 \text{ cm}^3$  20%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Po ukončení vývinu kyslíku v této kádince do ní přidáme další dávku burelu. Srovnáme s první kádinkou, do které jsme nic nepřidávali a vysvětlíme rozdíly.

#### *Poznámky:*

Pro přípravu většího množství kyslíku v laboratoři můžeme využít jak reakci z pokusu 3., tak z pokusu 4. Kyslík připravíme v aparatuře na vývin plynu. Do frakční baňky umístíme pevný reaktant (manganistan nebo burel), je možné jej převrstvit malým množstvím vody (aby byl právě pod hladinou, reakční směs se v roztoku lépe homogenizuje). Z přikapávací nálevky kapeme na pevný reaktant peroxid vodíku, na manganistan kapeme peroxid okyselený kys. sírovou, na burel kapeme peroxid neokyselený. V obou případech použijeme 15% roztok  $\text{H}_2\text{O}_2$ , rychlost přikapávání volíme podle požadovaného množství kyslíku.

#### 5. Spalování v kyslíku (provádějte pod dozorem vedoucího cvičení)

Na dno spalovacího válce nasypeme ochrannou vrstvu písku. Válec naplníme kyslíkem z tlakové lahve (nebo připravený – viz pozn. u pokusu 4). Na spalovací lžičce do válce postupně vnášíme železnou drátěnku, práškový zinek, práškovou síru, červený fosfor, sodík, dřevěné uhlí. Všechny materiály je třeba nejprve zahřát nad plamenem kahanu. Mezi jednotlivými pokusy je zapotřebí doplnit kyslík do válce.

Pozor na pořezání od železné drátěnky, stříhejte ji opatrně.

Sodík volte velikosti hrachového zrna. Při zahřívání se nejprve roztaví a následně na okamžik pokryje černou blankou – to je okamžik, kdy sodík téměř začíná hořet, v tom okamžiku je zapotřebí jej přemístit do válce s kyslíkem. Veškeré pomůcky (včetně filtračního papíru), které přišly do kontaktu se sodíkem, je nutné propláchnout vodou (podrobné pokyny viz Praktikum SŠ chemie).

#### 6. Voda je polární kapalina

Byretu naplníme vodou a uchytkáme ji do stojanu tak, aby její ústí bylo asi 30 cm nad širokou miskou. Třením plastové (ideálně ebonitové) tyče a nějaké kožešiny si na povrchu tyče připravíme elektrický náboj. Nyní pustíme vodu z byrety a přiblížíme nabitou tyč k proudu vody. Proud se ohýbá. Nepochopitelné látky (kapalné alkany, ether) na přiblížení tyče nereagují (pozor na technický benzín, může obsahovat polární příměsi). Pokus lze provést i s tenkým, kompaktním proudem vody z kohoutku umyvadla.

#### 7. Čertík (provádějte pod dozorem vedoucího cvičení)

Vybereme si tenkostěnnou zkumavku a kousek dřevěného uhlí a roubíkové síry, vyzkoušíme, že oba kousky projdou ústím prázdné zkumavky. Nyní do prázdné zkumavky nabereme 2 – 3 cm vysokou vrstvu dusičnanu draselného. Zkumavku umístíme do stojanu nad miskou s pískem a rovnoměrně ji zahříváme do roztavení veškerého dusičnanu. Z taveniny unikají drobné bublinky kyslíku. Před koncem tavení nažhavíme v plameni kahanu kousek dřevěného uhlí (bez přerušení ohřevu dusičnanu), jakmile je dusičnan roztavený, vhodíme nažhavený kousek uhlí do zkumavky. Uhlík ve zkumavce čile poskakuje – kleště, kterými jsme uhlí drželi, ponecháme v ústí zkumavky, aby uhlík nemohl vyskočit. Po chvilce, ještě před

dohořením uhlí, vhodíme do zkumavky kousek síry. Již není nutné držet kleště v ústí zkumavky, naopak je vhodné lehce poodstoupit. Probíhá bouřlivá reakce, při níž často dochází k utavení zkumavky.

*Poznámky:*

Reakci je vhodné pozorovat periferně, ne přímo.

Je vhodné volit tenkostěnnou zkumavku. Jednak je její utavení efektivní (pokud se povede), především ale silnostěnná zkumavka se při velkém tepelném namáhání neutaví, ale může prasknout.

## 8. Plastická síra

Do zkumavky nasypeme asi do čtvrtiny její výšky práškovou síru. Soustavu velmi jemně zahříváme vysoko nad plamenem kahanu – vzniká světle žlutá tavenina (při prudším zahřívání není patrná). Při dalším zahřívání (již v plameni kahanu) tavenina ve zkumavce tmavne a zvyšuje se její viskozita, v maximu síra zcela přestává téct – zkumavku je možné obrátit dnem vzhůru. Při dalším zahřívání viskozita opět klesá, u ústí zkumavky kondenzuje sirný květ. Jakmile tmavá tavenina síry opět velmi dobře teče, vylijeme ji do připravené kádinky se studenou vodou. Pozor, při kontaktu se vzduchem horká síra někdy vzplane. Plastickou síru je možné z kádinky vyjmout (rukou) a zkoumat její mechanické vlastnosti.

*Dotazy:*

- 1) Uveďte všechny pozorované stavy taveniny ve zkumavce do souvislosti se strukturou materiálu. Čím je tvořena první, světle žlutá tavenina? Čím je tvořena plastická síra?
- 2) Plastická síra je tzv. metastabilní stav. Co to znamená?

## 9. Kosočtverečná síra

Do 2 – 3 cm<sup>3</sup> sirouhlíku ve zkumavce přidáme na špičku špachtle práškové síry nebo malý úlomek roubíkové síry rozetřený ve třetí misce. Po rozpuštění síry ponoříme zkumavku do teplé vodní lázně (40 – 45 °C) a vyčkáme odpaření CS<sub>2</sub>, vylučují se krystaly kosočtverečné síry.

## 10. Zápalnost par sirouhlíku

Na porcelánovou misku nalijeme asi 5 cm<sup>3</sup> CS<sub>2</sub>. V plameni kahanu (v bezpečné vzdálenosti od misky) nahřejeme skleněnou tyčinku. Horkou tyčinku pomalu přibližujeme k hladině sirouhlíku. Ještě než dosáhneme hladiny, sirouhlík vzplane.

*Dotazy:*

- 1) CS<sub>2</sub> lze nahradit jiným vysoce těkavým organickým rozpouštědlem. Kterým?
- 2) Kam zařadíme tento pokus?

## 11. Reakce kovů se sírou (provádějte pod dozorem vedoucího cvičení)

3,2 g práškové síry smísíme se stechiometrickým množstvím práškového železa. Směs dobře promícháme, nasypeme na plech umístěný na krycí dlaždici a zapálíme pomocí rozžhaveného železného hřebíku.

ZnS připravíme ze 2 g práškového zinku smíchaného se stechiometrickým množstvím síry. Dobře promíchanou směs umístíme na odpalovací plech na žihací kruh, zapálíme zespolu hořícím kahanem (zapálíme kahan a stáhneme ochranné sklo digestoře).

$\text{Na}_2\text{S}$  připravíme z kousku sodíku velikosti hrachového zrna. Sodík na odpalovacím plechu překryjeme lžičkou práškové síry, plech umístíme na žíhací kruh a pod plech umístíme hořící kahan. Po chvíli dojde k prudké reakci.

Veškeré zbytky po sodíku, nádobí i filtrační papír likvidujeme vodou – podrobné pokyny viz Praktikum SŠ chemie.

*Poznámky:*

Pokusy lze provádět odděleně nebo dohromady pro srovnání reaktivity kovů.

Na vzniku  $\text{FeS}$  lze demonstrovat rozdíly mezi prvkem, sloučeninou a směsí – kovové  $\text{Fe}$  i směs  $\text{Fe} + \text{S}$  reaguje na magnet (přiložený zesponu přes filtrační papír). Vzniklý  $\text{FeS}$  už na magnet nereaguje (pozor na zbytky nezreagovaného  $\text{Fe}$ ).

Přítomnost sulfidových iontů v produktech reakce lze dokázat pokapáním zředěnou  $\text{HCl}$ , uniká snadno identifikovatelný sulfan.

## 12. Příprava a vlastnosti sulfanu

Sulfan připravíme reakcí  $\text{FeS}$  s 20%  $\text{HCl}$ . Je možné použít připravený  $\text{FeS}$  (po vychladnutí) nebo zásobní chemikálii. Sulfan připravíme ve zkumavce, ke které si připravíme zátku s hořákovou trubičkou a zátku se zaváděcí trubičkou. Vznikající sulfan nejprve zavádíme do roztoků okyseleného dichromanu draselného a okyseleného manganistanu draselného, dochází k redoxní reakci (volba koncentrace roztoků oxidovadel viz Praktikum SŠ chemie). Následně zaváděcí trubičku vyměníme za hořákovou, počkáme okamžik na vytlačení vzduchu z aparatury a sulfan u ústí hořákové trubičky zapálíme. Hoří světle modrým plamenem. Pokud do plamene vložíme dno porcelánové misky, zbarví se žlutě.

*Poznámky:*

Zásobní  $\text{FeS}$  bývá někdy na povrchu zoxidován a reaguje velmi pomalu. Pokud se vývin sulfanu ve zkumavce chvíli od začátku reakce nerozběhne živým tempem, je možné reakční směs mírně zahřát kahanem. Ohřev provádíme opatrně, reakce má někdy tendenci se najednou rozběhnout, pak při přehřátí hrozí vzkypění reakční směsi mimo zkumavku.

Připravovaný sulfan je možné také použít ke srážení sulfidů kovů. Ať už jako sulfanová voda (či sulfid amonný), nebo třeba ve zkumavkovém provedení, kdy vatu namotanou na špejli namočíme do roztoku různých solí (kadmnaté, měďnaté, olovnaté...) a špejle krátce umístíme do ústí zkumavky s vyvíjeným sulfanem. Vata se zbarví podle příslušného sulfidu.

*Dotazy:*

- 1) Popište všechny pozorované děje chemickými rovnicemi.
- 2) Vysvětlete, proč sulfan může vystupovat jako redukovadlo, ale nemůže vystupovat jako oxidovadlo.
- 3) Co vzniká hořením sulfanu? Jak to, že po vložení porcelánové misky do plamene hořícího sulfanu, se na misce vylučuje síra? Vysvětlete.
- 4) Tvorba různých sraženin sulfidů je důležitou součástí sulfanového způsobu dělení kationtů. Jakou barvu má většina nerozpustných sulfidů? Jakou barvu mají  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnS}$  a  $\text{MnS}$ ?

## 13. Reakce $\text{H}_2\text{S}$ s $\text{SO}_2$

Sulfan a oxid siřičitý (příprava viz pokus č. 14) zavádíme současně do kádinky s teplou vodou. Vylučuje se síra.

*Dotazy:*

- 1) Jak označujeme tento typ redoxní reakce (vznik jednoho oxidačního stavu ze dvou různých ox. stavů téhož prvku)?

#### **14. Příprava a vlastnosti oxidu siřičitého**

Oxid siřičitý připravíme v aparatuře na vývin plynu reakcí pevného siřičitanu sodného s 30 – 40%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Vznikající  $\text{SO}_2$  zavádíme do okyseleného roztoku  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  a okyseleného roztoku  $\text{KMnO}_4$ .

Vznikající  $\text{SO}_2$  najímáme do vysoké kádinky, následně do ní vložíme hořící svíčku (např. na spalovací lžičce či kleštěmi). Svíčka zhasne.

*Dotazy:*

- 1) Je  $\text{SO}_2$  oxidační nebo redukční činidlo? Uvažujte kontext pokusů 13 a 14. Svě tvrzení vysvětlete.
- 2) Jaký je chemický princip přípravy  $\text{SO}_2$  ze siřičitanu?

#### **15. Střelný prach** (zapálení provádějte pod dohledem vedoucího cvičení)

Střelný prach připravíme ze 4 lžiček dusičnanu draselného, 2,5 lžiček práškové síry (nebo roubíkové) a 1 lžičky dřevěného uhlí. Všechny složky je zapotřebí nejprve samostatně rozetřít v suchých, čistých třecích miskách. Mísení se provádí přesypáváním, nikdy třením. Střelný prach nasypeme na odpalovací plech položený na krycí dlaždici, zapálíme jej žhnoucí špejlí.

#### **16. Dehydratační účinky kyseliny sírové**

Kyselina sírová je schopna dehydratovat organické i anorganické látky.

Dehydratace cukru: kostku cukru na misce pokapeme několika kapkami konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Pozorujeme.

Efektivněji probíhá dehydratace práškového cukru: do malé kádinky nasypeme asi 2 cm vysokou vrstvu práškového cukru (lze použít i krystalový). Cukr zalijeme malým množstvím konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tak, aby byla pevná látka právě zalitá kyselinou, ale nebyla utopená. Směs po přilítí kyseliny lehce promícháme tyčinkou. Po několika minutách směs šumí, unikají z ní plyny a z kádinky vylézá černý „had“. Před vyhozením do chemického odpadu vzniklý materiál důkladně propláchneme vodou, abychom odstranili zbytky kyseliny sírové.

Dehydratovat lze i papír – na filtrační papír napíšeme konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nápis. Pokud dehydratace a tedy zviditelnění nápisu neprobíhá samovolně, lze papír zahřát vysoko nad plamenem kahanu. Při žákovském provedení experimentu pozor na vzplanutí papíru.

Dehydratace anorganických solí: dehydratujeme takové hydráty, které se svojí barvou výrazně liší od bezvodé soli, např. modrou skalici či  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Malé množství soli umístíme do zkumavky, přilijeme asi 1  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , po protřepání je patrná barevná změna – tvorba bezvodé soli.

#### **17. Peroxosírová směs** (provádějte pod dozorem vedoucího cvičení, včetně přípravy)

Ve směsi konc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  a konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  se tvoří kyselina peroxosírová, která kombinuje a zesiluje silné oxidační účinky obou vstupních látek.

V kádince objemu 250  $\text{cm}^3$  smísíme opatrně asi 40  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  s asi 40  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , promícháme (lijeme kyselinu do peroxidu). Kádinku umístíme na misku s pískem. Do peroxosírové směsi vhodíme kousek filtračního papíru (plocha asi 2  $\text{cm}^2$ ). Má-li směs správnou teplotu, za lehkého zašumění papír zmizí (je oxidován, jakoby hoří bez přítomnosti plamene). Vhození lze opakovat. Postupným vhozením několika kousků filtračního papíru

zahřejeme směs tak, aby lehce bublala rozkládajícím se peroxidem (pokud pění, reakce je příliš bouřlivá, je třeba počkat). Do takto připravené směsi je možné umístit obyčejnou tužku. Pozor, směs během reakce pění, pokud výška pěny hrozí přetečením z kádinky, tužku pomocí kleští vyndáme a vyčkáme zklidnění reakce. Postupně peroxosírová směs rozpustí dřevo z tužky, grafit je výrazně odolnější. Po skončení reakce s tužkou je vhodné do směsi postupně házet malé kousky filtračního papíru, dokud obsah směsi nezačne uhelnatět. To znamená, že peroxid byl vyčerpán. Po vychladnutí lze směs zlikvidovat vylitím do výlevky za současného důkladného ředění vodou.

Pozor na velmi silné oxidační účinky peroxosírové směsi, je třeba s ní manipulovat s maximální opatrností, nevhazovat do ní velké kusy oxidovatelných materiálů apod.

## 4. Cvičení: Prvky 17. skupiny

Pro toto cvičení jsou k dispozici připravené následující roztoky: 2%  $\text{AgNO}_3$ .

Poznámka: k prvkům 17. skupiny se váže menší množství pokusů než k předchozí kapitole – prvkům 16. skupiny. Pokud jste některé experimenty v minulém cvičení nestihli odzkoušet, je možné věnovat se jim v tomto cvičení.

### 1. Reakce halogenidů s kys. sírovou

Do tří zkumavek nasypeme asi 0,5 cm vysokou vrstvičku  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KBr}$  a  $\text{KI}$ . Každý halogenid převrstvíme několika  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Pozorujeme a porovnáme průběh reakcí.

*Dotazy:*

- 1) Popište průběh reakcí rovnicemi.
- 2) Jak se laboratorně připravují jednotlivé halogenovodíky?
- 3) Proč neprovádíme obdobnou reakci s fluoridem?

### 2. Příprava chloru

Chlor připravíme v aparatuře na vývin plynu. Do frakční baňky umístíme pevný  $\text{KMnO}_4$ , zalijeme jej malým množstvím vody (aby byly krystaly právě pod hladinou). Z přikapávací nálevky na manganistan kapeme konc.  $\text{HCl}$ , rychlost přikapávání regulujeme podle potřeby množství chloru. Chlor využijeme pro následující experimenty.

*Poznámka:*

Chlor lze připravit i okyselením chlornanu, tj. např. chlorového vápna nebo přípravku Savo. Pro vyčištění frakční baňky od hnědého povlaku po manganistanu použijeme vhodné redukční činidlo – roztok kyseliny šťavelové, nebo okyselený zředěný roztok peroxidu vodíku.

### 3. Vytěsňování bromu a jodu chlorem

Připravený chlor zavádíme do roztoků bromidu a jodidu v malých kádinkách. Chlor je možné foukat i na pevný  $\text{KI/KBr}$  na Petriho misce.

Pokus lze provést i jako tajné písmo – na filtrační papír napíšeme nápis roztokem  $\text{KI}$ , necháme zaschnout a vyvoláme plynným chlorem.

### 4. Spalování v chloru (provádějte pod dozorem vedoucího cvičení)

Připravíme si suchý spalovací válec, na jeho dno umístíme ochrannou vrstvu písku. Válec uchytíme do stojanu, naplníme plynným chlorem. Ve válci lze spalovat: měděný drát (spirálu), práškový zinek (příp.  $\text{Mg}$  nebo  $\text{Al}$ ), železnou drátěnku, červený fosfor, hořící svíčku. Používáme spalovací lžičku.

Kovy ( $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$ ) je nutné před reakcí pořádně zahřát/rozžhavit v plameni kahanu, následně je vložíme ( $\text{Cu}$  či  $\text{Fe}$ ) nebo sypeme (prášky –  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Al}$ ) do chloru ve válci.

Červený fosfor před vložením do chloru na spalovací lžičce zapálíme.

Svíčku je nutné nechat dobře rozhořet, v některých případech při přechodu z atmosféry kyslíku do chloru zhasne.

Mezi jednotlivými spalovacími pokusy necháme aparaturu vychladnout a doplníme spotřebovaný chlor.

Pozor, železná drátěnka je ostrá, při stříhání malého množství drátků postupujeme opatrně.

## 5. Luminiscence singletového kyslíku

Singletový kyslík vzniká při zavádění plynného chloru do silně bazického roztoku  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Reakcí chloru s hydroxidem vzniká nejprve chlornan sodný, který se peroxidem oxiduje na chloritan sodný. Ten je nestabilní, rozkládá se za vzniku  $\text{NaCl}$  a právě singletového kyslíku. Singletový kyslík jakožto energeticky bohatý stav je schopen svoji přebytečnou energii uvolnit v podobě červené luminiscence.

Připravíme 3M roztok  $\text{NaOH}$ , smísíme jej s konc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  v poměru 4:1 (1 díl  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), vzniklý roztok necháme vychladnout. Do takto připraveného roztoku zavádíme hadičkou plynný chlor z aparatury (viz pokus č. 2). Je vhodné zatemnit místnost. Bublinky vycházející z hadičky vykazují červenou luminiscenci.

*Poznámky:*

Při mísení hydroxidu s peroxidem postupujeme pomalu, ředění je exotermické a peroxid vodíku se za zvýšené teploty rozkládá. Pokud po smíchání směs vypění, peroxid se rozložil a roztok je nutné připravit znovu.

*Dotazy:*

- 1) Zapište rovnice popsaných reakcí.
- 2) „Normální“ kyslík nazýváme tripletový. Co znamenají výrazy singletový a tripletový (kyslík či obecně stav)?
- 3) Zakreslete energetický diagram molekulových orbitalů pro singletový i tripletový kyslík. Který z nich je paramagnetický? Vysvětlete, proč je singletový kyslík energeticky bohatší než tripletový.

## 6. Příprava jodu

Ve zkumavce smícháme půl lžičky rozetřeného  $\text{KI}$  a čtvrt lžičky  $\text{MnO}_2$ . Homogenizovanou směs ovlhčíme několika kapkami 40%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Zkumavku zlehka zahříváme kahanem, uvolňují se fialové páry jodu. Pokud zahříváme intenzivněji, jod spolu s vodou kondenzuje na stěnách zkumavky a fialový plyn je hůře viditelný.

## 7. Příprava bromu

Půl lžičky  $\text{KBr}$  smícháme ve zkumavce se stejným množstvím  $\text{MnO}_2$ , přelijeme asi  $3\text{ cm}^3$  zředěné kys. sírové (1:2). Po chvíli se uvolňují páry bromu.

*Poznámka:*

Oba postupy z pokusů 5. a 6. lze použít obdobně pro přípravu bromu i jodu.

## 8. Halogenidy stříbrné

Reakcí roztoků chloridu, bromidu a jodidu s 1 – 2% roztokem  $\text{AgNO}_3$  připravíme sraženiny  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$  a  $\text{AgI}$ . Každou sraženinu rozdělíme na třetiny do tří zkumavek (tj. celkem devíti, ve třech je  $\text{AgCl}$ , ve třech  $\text{AgBr}$  a ve třech  $\text{AgI}$ ). Do prvních zkumavek s různými halogenidy kapeme za občasného míchání konc.  $\text{NH}_3$ , pozorujeme. Do druhé sady halogenidů kapeme roztok thiosíranu sodného, pozorujeme. Třetí sadu zkumavek necháme stát na světle, příp. osvítíme spálením kousku hořčkové pásky. Pozorujeme šednutí halogenidů vlivem vylučujícího se stříbra.

*Dotazy:*

- 1) Kde se uvedených reakcí využívá?

- 2) Pokud k produktu reakce  $\text{AgCl}$  s  $\text{NH}_3$  budeme přikapávat zředěnou kys. dusičnou, co nastane? Můžete vyzkoušet.

### 9. Bengálský oheň (zapalujte za dozoru vedoucího cvičení)

Odděleně v čistých třecích miskách rozetřeme 3 lžičky  $\text{KClO}_3$ , 3 lžičky škrobu (obvykle netřeba roztírat) a 1,5 lžičky dusičnanu strontnatého. Látky smísíme přesypáváním (nikdy třením). Směs vsypeme na plech nebo železnou misku umístěnou na krycí dlaždici a zapálíme kapkou konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Pipetu s kyselinou držíme šikmo tak, aby ruka držící pipetu byla mimo směr vyšlehnutí plamene.

#### *Poznámky:*

Škrob lze nahradit pudíngem či cukrem. Dusičnan strontnatý slouží k obarvení plamene, lze použít i jiné plamen barvicí soli, případně lze tuto složku vynechat. Zapálení lze provést i hořící špejlí.

#### *Dotazy:*

- 1) Najděte, jaké reakce jsou zodpovědné za zapálení bengálského ohně pomocí kys. sírové. Všimněte si, že po dopadu kapky kyseliny se na povrchu směsi vytvoří kapka, od které se reakce šíří dále.

### 10. Tančící gumový medvídek

Do suché zkumavky nabereme 1 – 2 cm její výšky chlorečnanu draselného. Zkumavku uchytíme do stojanu a kahanem zahříváme, dokud se chlorečnan neroztaví. Následně do taveniny pomocí kleští vhodíme gumového medvídku. Pozor, probíhá prudká reakce, medvídek má tendenci vyskočit zpět. Proto necháme kleště v ústí zkumavky.

#### *Poznámky:*

Během reakce někdy dochází k vyprsknutí několika kapiček chlorečnanu ze zkumavky. Z toho důvodu je vhodné při provedení experimentu ve třídě mít kolem pokusu dostatečně volný prostor, např. vyklidit přední lavici, pokud přímo sousedí s demonstračním stolem. Je vhodné pro experiment volit červené medvídky, neboť ty nemá vedoucí praktika rád 😊

### 11. Zápalná šňůra

Do horkého roztoku vytvořeného z 25 cm<sup>3</sup> vody, 9 g chlorečnanu sodného, a 1 g hexakyanoželezitanu draselného namočíme silnější bavlněnou přízi. Usušíme ji na vzduchu. Suchou šňůru položíme na krycí dlaždici nebo upevníme na žíhací kruh a zapálíme, efektně shoří.

### 12. Termický rozklad chlorečnanu draselného

Do zkumavky nabereme malé množství (1 cm její výšky)  $\text{KClO}_3$ . Do druhé zkumavky totéž, ale chlorečnan ve zkumavce smísíme s oxidem manganičitým (na špičku špachtle). Obě zkumavky upevníme do stojanu a současně zahříváme. Pozorujeme, kde dochází dříve k vývinu kyslíku (dokážeme doutnajícím špejlím).

### 13. Reakce bromičnanu se sírou (zapalujte za dozoru vedoucího cvičení)

Opatrným přesypáváním smícháme půl lžičky práškové síry a půl lžičky  $\text{KBrO}_3$ . Směs umístíme na odpalovací plech položený na krycí dlaždici a zapálíme hořící špejlí. Pozor, reakce je prudká, síra hoří jasně modrým plamenem.

#### **14. Sloní zubní pasta**

Ve vysokém (alespoň 100 cm<sup>3</sup>) odměrném válci připravíme koncentrovaný roztok KI (2 lžičky KI do asi 10 cm<sup>3</sup> vody), přidáme polévkovou lžící saponátu, promícháme. Válec umístíme do výlevky a nalijeme do něj 10 – 20 cm<sup>3</sup> konc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Vzniká velké množství nažloutlé pěny. Objasněte podstatu pokusu.

*Poznámky:*

Podobného efektu docílíme, pokud peroxid lijeme do roztoku KMnO<sub>4</sub> se saponátem, případně do suspenze burelu ve vodě se saponátem. Toto provedení bývá nazýváno „Hrnečku, vař!“. Provedení s burelem se lépe uklízí, manganistan intenzivně barví.

#### **15. Neutralizace**

Do silnostěnné zkumavky nalijeme nejvýše třetinu její výšky konc. HCl. Zkumavku uchytíme do stojanu. Vhodíme do ní jednu, nejvýše dvě pecky NaOH. Pozorujeme bouřlivou neutralizační reakci. Pozor, směs prská, je třeba dodržovat bezpečnou vzdálenost.

## 5. Cvičení: Uhlovodíky

### 1. Příprava uhlovodíků dekarboxylací

Z octanu sodného připravíme methan.

Bezvodý octan sodný rozetřeme ve třecí misce na jemný prášek se stejným množstvím NaOH nebo natronového vápna. Směs vpravíme do zkumavky tak, aby tvořila asi 3 cm vysokou vrstvu. Zkumavku uzavřeme zátkou se zaváděcí trubičkou, připravíme si zkumavku s bromovou vodou a roztokem  $\text{KMnO}_4$ . Zkumavku s reakční směsí zahříváme kahanem. Po vytlačení vzduchu z aparatury zavádíme methan krátce do bromové vody a manganistanu – k reakcím nedochází. Po chvilce přerušíme zahřívání, vyměníme zaváděcí trubičku za hořákovou a obnovíme zahřívání. Jakmile methan vytlačí ze zkumavky vzduch, zapálíme jej na konci hořákové trubičky.

Po vychladnutí do zkumavky s pevnými zbytky po reakci kápneme několik kapek zředěné HCl (1:1) a do jejího ústí vložíme zapálenou špejli.

*Poznámky:*

Obdobně lze z benzoanu sodného (či kyseliny benzoové) získat benzen.

Při žákovském provedení pozor na prošlehnutí plamene, příp. nasátí roztoku zaváděcí trubičkou do zkumavky s reakční směsí.

Koncentrace bromové vody a roztoku manganistanu volíme tak, aby byly patrné barevné změny (tam, kde mají nastat), ale zároveň aby roztoky byly co nejvíce zředěné, aby odbarvení netrvalo příliš dlouho (tzn. bromová voda lehce žlutá, manganistan lehce růžový, nikoliv intenzivně fialový). To platí i pro další reakce, kdy do těchto činidel zavádíme plyn pro důkaz násobné vazby.

Máme-li k dispozici trihydrát octanu sodného, bezvodý octan připravíme jeho přežhánáním (nejprve se taví, po odpaření vody tuhne).

*Dotazy:*

- 1) Jakou další reakcí lze laboratorně připravit methan?
- 2) Lze získat methan Wurtzovou syntézou?

### 2. Hustota methanu (provádějte pod dozorem vedoucího cvičení)

Mikrotenový sáček naplníme čistým zemním plynem. To znamená: sejmemo přírodní plynovou hadici z kahanu a do sáčku najímáme čistý plyn z hadice tak, aby sáček byl zcela plný. Pokud sáček pustíme, stoupá ke stropu. Je-li sáček v bezpečné vzdálenosti od osob a předmětů, zapálíme jeho otevřené ústí hořící špejli.

*Poznámky:*

Je třeba mít co nejtenší sáčky, jinak hmotnost sáčku bude celou soustavu stahovat k zemi. Pokud nemáme k dispozici vhodně malé sáčky, je nutné zapálení provádět venku. Při zapalování pozor na vlasy.

### 3. Hustota butanu (provádějte pod dozorem vedoucího cvičení)

Do stojanu uchytkáme korýtka z nehořlavého materiálu (plech, karton obalený alobalem apod.) tak, aby směřovalo šikmo k desce stolu, na které bude pod korýtkem umístěna zapálená svíčka. Do větší kádinky (400 ml nebo více) najímáme butanovou náplň do zapalovače, vyčkáme, dokud se případný kapalný butan zcela neodpaří (je možné demonstrovat chlazení látky při jejím odpařování – dno kádinky je vlivem spotřebovaného výparného tepla studené). Máme zdánlivě prázdnou kádinku, nyní její obsah opatrně nalijeme na horní konec korýtko a

obsah kádinky necháme stékat na svíčku. Pozor, butan vzplane efektním plamenem, který často prohoří až do kádinky. Směs ale hoří velmi rychle a stěny kádinky zůstávají chladné.

#### 4. Příprava a vlastnosti ethenu

Ethen připravíme dehydratací ethanolu kys. sírovou.

V kádince smísíme 1 cm<sup>3</sup> ethanolu a 5 cm<sup>3</sup> konc. kys. sírové. Připravenou směs vpravíme do zkumavky. Připravíme si pomůcky pro navazující experimenty, zkumavku uzavřeme zátkou s hořákovou trubičkou. Zkumavku s reakční směsí zahříváme kahanem, vyčkáme, až vznikající ethen vytlačí ze zkumavky vzduch, pak jej na konci hořákové trubičky zapálíme. Pozorujeme plamen hořícího ethylenu. Po chvíli plamen sfoukneme, přerušíme zahřívání a hořákovou trubičku vyměníme za zaváděcí trubičku. Reakční směs opět zahříváme a vznikající plyn zavádíme postupně do zkumavek naplněných okyseleným roztokem manganistanu, neokyseleným roztokem manganistanu a do zkumavky s bromovou vodou. Koncentrace použitých činidel viz pokus č. 1.

*Dotazy:*

- 1) Rozepište mechanismus dehydratace ethanolu.
- 2) Zapište vyčíslenou rovnici oxidace ethenu manganistanem.
- 3) Jak lze prokázat, že hořením ethenu vzniká CO<sub>2</sub>? Navrhněte experiment.

#### 5. Příprava a vlastnosti ethynu

Acetylen připravíme reakcí karbidu vápníku s vodou.

Experiment provedeme obdobně jako přípravu ethenu v pokusu č. 4. Do zkumavky vložíme malý kousek karbidu vápníku (velikosti nehtu na malíčku), připravíme si veškeré další potřebné pomůcky. Následně karbid zalijeme několika cm<sup>3</sup> vody, zkumavku uzavřeme hořákovou trubičkou. Po vytlačení vzduchu ze zkumavky zapálíme unikající acetylen. Plamen sfoukneme, vyměníme hořákovou trubičku za zaváděcí a vyzkoušíme reakce acetylenu s manganistanem a bromovou vodou (viz pokus č. 4).

*Poznámky:*

Karbid vápníku je velmi tvrdý materiál, pro jeho nalámání na malé kousky je zapotřebí použít kladivo a nerozbitnou podložku (nejlépe betonová dlaždice ve venkovním prostoru, ne keramická dlaždice v digestoři – karbid je tvrdší).

Karbid vápníku je mimo dodavatele chemikálií dostupný i v potřebách pro speleology a také pro zahrádkáře, kteří jej používají k odpuzování krtků.

*Dotazy:*

- 1) Porovnáte-li plamen hořícího methanu, ethenu a acetylenu, lze pozorovat rozdíly. Plamen acetylenu je výrazně svítivý a čadivý. Vysvětlete tuto skutečnost. Jak by vypadal plamen benzenu, kterému z uvedených uhlovodíků by byl podobný?

#### 6. Další pokusy s acetylenem

Malý kousek karbidu vápníku vložíme do skleněné vany a překryjeme jej vrstvou ledu. Vznikající acetylen na povrchu ledu zapálíme hořící špejlí.

V malé kádince vyvíjíme chlor reakcí malého množství KMnO<sub>4</sub> s konc. HCl. K reakční směsi přihodíme velmi malý (půl hrachového zrna) kousek karbidu vápníku. Vznikající acetylen samovolně reaguje s chlorem.

## 7. Stanovení čistoty karbidu vápníku

Připravíme si aparaturu na vývin plynu a jeho jímání pod hladinou vody. To znamená: Do stojanu uchytíme suchou frakční baňku, na její olivku nasadíme hadičku. Hadička zavádí plyn vznikající ve frakční baňce do odměrného válce objemu 250 cm<sup>3</sup>. Válec je otočený dnem vzhůru, zcela naplněný vodou (bez bublin!) a ponořený pod hladinou vody v misce/vaně.

Odvážíme přesně přibližně 0,5 g CaC<sub>2</sub>, hmotnost zaznamenáme. Karbid převedeme do suché frakční baňky. Frakční baňku nyní uzavřeme přikapávací nálevkou s vodou a začneme kapat vodu na karbid. Reakci necháme probíhat, dokud veškerý karbid nezreaguje (pozor na vytečení veškeré vody z přikapávací nádoby a tím pádem možnost úniku vznikajícího plynu). Vznikající plyn jímáme do odměrného válce, plyn z válce postupně vytlačuje vodu. Po skončení reakce odečteme objem vzniklého plynu. Ze získaného objemu vypočteme čistotu použitého vzorku CaC<sub>2</sub> v procentech.

*Poznámky:*

Nejsou-li k dispozici přikapávačky, je možné do frakční baňky nalít najednou větší množství (50 ml) vody a baňku rychle uzavřít zátkou.

Pro větší přesnost experimentu je možné jímát acetylen pod hladinou nasyceného roztoku NaCl (proč?).

Ze získaného objemu plynu lze vypočítat čistotu vzorku karbidu vápenatého. Pokud žáci znají stavovou rovnici ideálního plynu, mohou počítat se skutečnými podmínkami v laboratoři. Pokud rovnici neznají, zadáme jim hodnotu molárního objemu přepočtenou na aktuální laboratorní podmínky, příp. vysvětlíme zdroj nepřesnosti výpočtu s hodnotou  $V_m$  za normálních podmínek.

Výsledek vyhodnocení závisí na povaze vzorku. Pokud žáci použijí tvrdý černý kousek karbidu, je jeho čistota vyšší. Pokud použijí z části zvětralý karbid (šedý či dokonce práškový materiál, který již obsahuje větší množství uhličitanu), získávají značně nižší hodnoty čistoty.

## 8. Cyklohexan vs cyklohexen

Do dvou zkumavek připravíme po 3 cm<sup>3</sup> cyklohexanu a cyklohexenu. Ke každé látce vhodíme zrno jodu, promícháme. Roztok jodu v cyklohexanu je fialový, roztok v cyklohexenu je hnědý a stáním se odbarvuje. Vysvětlíte.

Do nových dvou zkumavek odměříme opět cyklohexan a cyklohexen. Do obou přidáme malé množství bromové vody. Promícháme a pozorujeme.

## 9. Pokusy s benzenem, bromace benzenu

Na porcelánové misce zapálíme 1 – 2 cm<sup>3</sup> benzenu (ne více). Porovnáme plamen s ostatními uhlovodíky (methan, ethen, ethyn).

1 cm<sup>3</sup> benzenu protřepeme ve zkumavce s okyseleným manganistanem. Vysvětlíte průběh reakce.

Do dvou zkumavek nalijeme stejná množství (po 2 cm<sup>3</sup>) bromové vody a benzenu. Do jedné zkumavky přidáme na špičku špachtle železného prášku, do druhé zkumavky nic nepřidáváme. Obě zkumavky mírně zahřejeme a objasníme průběh experimentu (včetně mechanismu).

## 10. Oxidace toluenu

1 cm<sup>3</sup> toluenu oxidujeme ve zkumavce okyseleným roztokem manganistanu (mírně zahřejeme). Porovnejte průběh reakce s oxidací benzenem.

### 11. Bromace toluenu

Do dlouhé úzké zkumavky nalijeme toluen. Podle pokynu cvičících přidáme několik  $\text{cm}^3$  bromu, obsah zkumavky promícháme. Zkumavku uchytíme do stojanu a na její spodní část nasuneme tmavé stínítko. Horní část zkumavky ozáříme světlem stolní lampy. Jakmile probíhá reakce, do ústí zkumavky vložíme vodou ovlhčený indikátorový papírek. Po proběhnutí reakce přestaneme zkumavku osvětlovat a sejmem stínítko ze spodní části zkumavky.

*Dotazy:*

- 1) Pojmenujte produkt(y) reakce.
- 2) Zapište mechanismus reakce.
- 3) Co se stane, když po sejmutí stínítka ozáříme i zbytek zkumavky? Vyzkoušejte.

### 12. Sublimace naftalenu

Do vyšší kádinky (nejlépe bez zobáčku) nasypeme asi 1 g naftalenu. Do kádinky postavíme větvičku. Kádinku uzavřeme baňkou s kulatým dnem naplněnou studenou vodou a zahříváme ji mírným plamenem kahanu. Naftalen sublimuje ze dna kádinky, kondenzuje na větvičce a dnu baňky.

### 13. Nitrace arenů

Připravíme si nitrační směs složenou z 4  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{HNO}_3$  a 6  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Nitrační směs rozdělíme na poloviny do dvou zkumavek.

Do první zkumavky přidáme asi 2  $\text{cm}^3$  benzenu, obsah zkumavky několik minut protřepáváme za laboratorní teploty. Objevuje se žluté zbarvení nitrobenzenu, který má charakteristický zápach po hořkých mandlích. Vylitím obsahu zkumavky do ledové tříště se nitrobenzen vyloučí jako žlutá olejovitá kapalina.

Do druhé zkumavky přidáme asi 1  $\text{cm}^3$  nitrobenzenu, zkumavku vložíme do vodní lázně vyhřáté na 60 – 90 °C a za protřepávání zahříváme několik minut. Následně směs vlijeme do kádinky s ledovou tříští, po chvíli stání se vylučují krystaly 1,3-dinitrobenzenu.

Do třetí zkumavky připravíme asi 5  $\text{cm}^3$  zředěné  $\text{HNO}_3$  (ředíme 1:1 vodou). Do zkumavky přidáme roztok 0,2 g fenolu ve 2  $\text{cm}^3$  vody. Protřepáváme za laboratorní teploty, následně vlijeme do kádinky s ledovou tříští. Vylučuje se směs pevných produktů.

Do poslední zkumavky vpravíme asi 3  $\text{cm}^3$  konc.  $\text{HNO}_3$ , po malých dávkách přidáváme asi 0,5 g naftalenu. Za stálého protřepávání zahříváme reakční směs několik minut na vodní lázni. Následně obsah zkumavky vlijeme do kádinky s ledovou tříští. Vzniká žlutohnědá směs, na povrchu se vylučuje žlutohnědý  $\alpha$ -nitronaftalen.

*Dotazy:*

- 1) Rozepište mechanismus nitrační reakce, vysvětlete podstatu tvorby elektrofilu.
- 2) Porovnejte reaktivitu benzenu, nitrobenzenu a fenolu.
- 3) Který z vznikajících nitrofenolů má vyšší teplotu tání? Vysvětlete.
- 4) Je kyselejší fenol nebo nitrofenol? Zdůvodněte.
- 5) Do které polohy  $\alpha$ -nitronaftalenu probíhá další substituce?

## 6. Cvičení: Karboxylové kyseliny a jejich deriváty

Pro toto cvičení jsou k dispozici připravené následující roztoky: 1M NaOH a 0,1M HCl.

### Stanovení kyseliny acetylsalicylové v Acylpyrinu

Pro stanovení kyseliny acetylsalicylové použijeme zpětnou acidimetrickou titraci. Acetylsalicylová kyselina v přítomnosti hydroxidu hydrolyzuje, tato reakce však probíhá pomalu, proto ji nemůžeme použít pro přímé alkalimetrické stanovení. Acetylsalicylovou kyselinu tedy nejprve za horka hydrolyzujeme roztokem hydroxidu a jeho nadbytek stanovíme acidimetrickou titrací.

Do kádinky objemu 250 cm<sup>3</sup> vložíme dvě tablety Acylpyrinu, přilijeme 25 cm<sup>3</sup> vody. Pipetou přidáme 25,0 cm<sup>3</sup> roztoku NaOH o koncentraci 1 mol·dm<sup>-3</sup>. Kádinku mírně zahříváme kahanem do rozpuštění tablet (rozpad lze urychlit tyčinkou; tableta obsahuje malé množství nerozpustných pojiv, směs po rozpuštění tablet zůstává kalná). Kádinku přikryjeme hodinovým sklem a zahříváme k varu asi 5 minut. Pozor, při přehřátí směs pění, regulujte teplotu tak, aby roztok vřel jen mírně. Po vychladnutí opláchneme hodinové sklo do kádinky a celý její obsah kvantitativně převedeme do odměrné baňky objemu 100 cm<sup>3</sup>, baňku doplníme vodou po rysku.

Do titrační baňky pipetujeme 10 cm<sup>3</sup> připraveného roztoku vzorku. Přidáme 40 cm<sup>3</sup> vody, několik kapek roztoku fenolftaleinu. Titrujeme roztokem HCl o koncentraci 0,1 mol·dm<sup>-3</sup> do odbarvení roztoku. Titraci provedeme nejméně třikrát. Ze získaných spotřeb vypočteme skutečný obsah acetylsalicylové kyseliny v jedné tabletě Acylpyrinu v mg.

#### *Poznámky:*

Zpětná titrace je pro žáky složitější na vyhodnocení. Postup výpočtu je možné naznačit v zadání slovně, aby žáci měli návod, jak na řešení přijít.

Z dostupných organických kyselin lze jednoduše přímo stanovit např. kyselinu octovou v octu nebo kyselinu šťavelovou. Zpětnou titraci lze využít pro stanovení koncentrace amoniaku.

#### *Dotazy:*

- 1) Vysvětlíte v úvodu použité pojmy acidimetrie a alkalimetrie.
- 2) Jaký je rozdíl mezi přímou, nepřímou a zpětnou titrací?
- 3) Při stanovení kyseliny šťavelové titrací hydroxidem sodným se před koncem titrace přidává do titrační baňky roztok chloridu vápenatého, jinak hrozí při stanovení této slabé dvojsytné kyseliny vznik nepřesností. Vysvětlíte roli CaCl<sub>2</sub> při tomto stanovení.

### 1. Důkaz násobné vazby v kyselině olejové

Do zkumavky vlijeme asi 4 cm<sup>3</sup> bromové vody. Přidáme několik kapek kys. olejové, protřepeme. Bromová voda se odbarví.

Do zkumavky vpravíme asi 4 cm<sup>3</sup> zásaditého roztoku KMnO<sub>4</sub>. Přidáme několik kapek kys. olejové, protřepeme.

### 2. Vznik solí karboxylových kyselin

Do tří zkumavek připravíme po asi 3 cm<sup>3</sup> roztoku kys. octové (zředěné 1:1; lze použít koncentrovaný roztok – pozor na prudkou reakci). Do jedné zkumavky vhodíme granulku zinku, do druhé kousek měďeného drátku, do poslední hoblíčku hořčičku. Podobný pokus lze provést s kys. mravenčí.

Ve zkumavce si připravíme roztok kys. olejové v acetonu (v poměru 1:2). Vhodíme hoblíku hořčíku. Pozorujeme.

*Poznámky:*

Experiment je vhodné propojit se zápisy vzorců vznikajících solí. Žáci si často neuvědomí platnost „křížového pravidla“, které znají z anorganického názvosloví, se solemi organických kyselin. Problémy dělá i to, jakou část molekuly organické kyseliny uzavřít do závorky (chtějí závorkovat jen anion  $\text{COO}^-$ ), příp. vzorce solí vícetytných kyselin.

*Dotazy:*

- 1) Soli karbox. kyselin můžeme získat také jejich reakcí s uhličitany či oxidy kovů. Uveďte vhodný příklad/příklady. Jak by taková reakce probíhala s oxidem manganistým?

### 3. Hydrolýza octanového iontu

Pro hydrolýzu je nutná přítomnost vody jako reaktantu.

Ve zkumavce připravíme vodný roztok octanu sodného. Přídavkem několika kapek fenolftaleinu se roztok barví do fialova.

Nyní nabere malé množství pevného trihydrátu octanu sodného do zkumavky a kápneme na něj jednu kapku fenolftaleinu. Fialové zbarvení se neobjevuje. Zkumavku zahřejeme nad kahanem, při tavení octanu se fialové zbarvení objeví. Při opětovném chladnutí se tavenina odbarvuje.

### 4. Teplý „led“

Do zkumavky nasypeme 3 – 5 cm vysokou vrstvu trihydrátu octanu sodného. Přikápneme asi 10 kapek vody (ne proudem, octan musí být ovlhčený, ne rozpuštěný). Zkumavku ohříváme mírným plamenem kahanu, dokud se veškerý octan neroztaví. Taveninu ochladíme pod studenou vodou – pozor, se zkumavkou manipulujte velmi opatrně. Účelem je získat podchlazenou taveninu, při nahýbání zkumavky či třepání může dojít k předčasné krystalizaci taveniny.

Po vytažení zkumavky z vody dotykem ověříme teplotu (vlažná, ne horká). Krystalizaci podchlazené taveniny vyvoláme kontaktem se zárodečným materiálem – vhodíme do zkumavky krystalek octanu sodného, příp. se kovovou špachtlí dotkneme hladiny taveniny. Materiál okamžitě krystaluje, přičemž uvolňuje teplo (ověříme dotykem).

*Poznámky:*

Podstata experimentu je stejná, jako v domácích hřejivých polštářcích, zahřívacích vložkách do rukavic pro horolezce apod.

Provedení experimentu je citlivé na předčasnou krystalizaci. Má-li podchlazená tavenina k dispozici krystalizační centrum, okamžitě dochází ke krystalizaci. Takovým centrem může být nečistota či vryp na stěně zkumavky, zaschlý krystal octanu sodného na stěně pocházející z nešetrného zahřívání, nebo i smítko prachu náhodně zapadlé do zkumavky. Je vhodné experiment opakovat, jakmile jej dostanete do ruky, je provedení efektivní a reprodukovatelné.

Lze nalézt různé modifikace experimentu, např. použití většího množství (kádinka, baňka – při pomalém nalévání taveniny z kádinky na zárodečný krystal najednou roste „kopec“ či krápník z krystalizujícího materiálu). Tyto jsou efektivní, avšak závisejí na zručnosti experimentátora, často dochází k předčasné krystalizaci ještě v nádobě s taveninou.

Po vykrytalování lze octan opět roztavit a pokus opakovat.

Octan sodný lze nahradit pentahydrátem thiosíranu sodného.

*Dotazy:*

- 1) Vysvětlete pojmy mřížková energie a solvatace, zamyslete se nad energetickými změnami doprovázejícími tyto děje.
- 2) Na základě odpovědi na ot. 1) komentujte tepelné zabarvení rozpouštění plynů ve vodě. Vysvětlete, proč lze plyn vypudit z roztoku zahřátím.
- 3) S využitím odpovědi na ot. 1) vysvětlete, proč je rozpouštění trihydrátu octanu sodného ve vodě endotermický děj a jeho krystalizace děj exotermický.
- 4) Znáte příklady pevných látek, jejichž rozpouštění ve vodě je exotermické? Vysvětlete s využitím pojmů z ot. 1).

## **5. Briggs-Rauscherova oscilační reakce**

Při oscilačních reakcích dochází k periodickým změnám koncentrace jedné nebo více reakčních komponent. Obvykle se jedná o složité systémy následných reakcí, jejichž finální produkty jsou zároveň výchozími látkami pro celý cyklus, který se periodicky opakuje (osciluje). Jsou-li jednotlivé reakce doprovázeny barevnými změnami, je možné oscilační průběh pozorovat.

Připravíme si tři roztoky:

Roztok A: 4,3 g  $\text{KIO}_3$  rozpustíme ve  $100 \text{ cm}^3$  vody, po rozpuštění (trvá delší dobu) přidáme  $0,5 \text{ cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Roztok B: 1,56 g kyseliny malonové a 0,34 g monohydrátu síranu manganatého rozpustíme ve vodě, přidáme několik  $\text{cm}^3$  škrobového mazu (připravíme povařením) a doplníme vodou na objem  $100 \text{ cm}^3$ .

Roztok C:  $40 \text{ cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  zředíme vodou na objem  $100 \text{ cm}^3$ .

Ve vysoké kádince (směs při vlastní reakci mírně pění) smícháme roztoky A a B, důkladně promícháme. Ke vzniklému roztoku přilijeme roztok C. Pozorujeme oscilující změny barvy. Reakci je možné nechat oscilovat bez míchání, je možné míchat na elmag. míchačce.

*Poznámky:*

Ostré přechody jednotlivých barev se objevují po uplynutí několika prvních cyklů. Směs následně osciluje asi 2 – 5 minut, kdy se postupně spotřebovává peroxid vodíku (směs pění). Po skončení reakce směs zůstává trvale zbarvena modře.

## **6. Příprava esterů**

Chceme-li demonstračně připravit estery pro zkoumání jejich vlastností (vůně, nerozpustnost ve vodě), lze použít jednoduchých zkumavkových reakcí.

Do zkumavky nalijeme 2 – 3 cm na výšku koncentrované karboxylové kyseliny, přilijeme obdobné množství alkoholu. Ke směsi opatrně přikápneme  $0,5 - 1 \text{ cm}^3$  konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , promícháme. Zkumavku vložíme do horké vodní lázně a necháme asi 5 minut reagovat. Po skončení reakce kapalnou směs vylijeme do malé kádinky s vodou, na hladině zůstává vrstva připraveného esteru.

Na SŠ bývají k dispozici kyseliny mravenčí, octová, máselná a benzoová (použijeme asi 1 g pevné kys. benzoové). Z alkoholů je k dispozici ethanol, často také methanol, butanoly či amylalkohol. V rámci praktika vyzkoušejte libovolné kombinace alkoholu a kyseliny, abyste si vybrali pro budoucí praxi.

### *Poznámky:*

Při vlastní demonstraci ve třídě je vhodné použít několik vybraných esterů cca 4 – 5 zkumavek. Pokud jich je více, příprava experimentu se neúměrně prodlužuje a při očichávání většího počtu vzorků jsou jednotlivé již obtížně rozlišitelné.

Vzniklý ester je možné místo do vody vylít do zředěného roztoku uhličitanu či hydrogenuhličitanu sodného, který neutralizuje zbytky páchnoucí karbox. kyseliny (pozor, směs může pěnit).

Horkou vodní lázeň připravíme jednoduše pomocí rychlovarné konvice – než nadávkuje reaktanty do zkumavek, voda se v konvici uvaří. Během pokusu ji není nutné přehřívat, reakce běží dostatečně rychle, aby lázeň zůstala horká.

V jednoduchém uspořádání lze experiment provést i preparativně. Např. pro přípravu ethylformiátu zvolíme následující postup:

Do zkumavky navážíme 0,5 g bezvodého práčkového  $\text{CaCl}_2$ , přidáme 1,4  $\text{cm}^3$  kys. mravenčí a 2,2  $\text{cm}^3$  ethanolu, promícháme. Do zkumavky vložíme chladicí prst a zkumavku vložíme na 5 min do vodní lázně vyhřáté na asi 60 °C. Během zahřívání směs občas promícháme. Po skončení reakce přidáme 5  $\text{cm}^3$  vody, promícháme. Ve zkumavce se oddělí horní vrstva esteru a spodní vodná fáze. Kapátkem odsajeme esterovou vrstvu, protřepeme ji s několika  $\text{cm}^3$  5% roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a znovu ji odebereme pomocí kapátka. Takto získáme poměrně čistý ester, není však prostý vody.

### *Dotazy:*

- 1) Rozepište mechanismus esterifikační reakce.
- 2) Vysvětlete roli kyseliny sírové v systému.

## **7. Chemiluminiscence luminolu**

Připravíme si dva roztoky:

Roztok A obsahuje 0,1 g luminolu a 5  $\text{cm}^3$  5% roztoku NaOH doplněné vodou na objem 400  $\text{cm}^3$ .

Roztok B obsahuje 1,5 g hexakynoželezitanu draselného rozpuštěného ve 400  $\text{cm}^3$  vody, do tohoto roztoku přidáme 3  $\text{cm}^3$  konc. peroxidu vodíku.

Při nalévání roztoku B do roztoku A pozorujeme světle modrou luminiscenci, která je zvlášť efektní při průchodu delší cestou, např. spirálou chladiče. Barvu luminiscence lze ovlivnit přidávkem fluoresceinu nebo eosinu – rozdělíme roztoky A a B na třetiny, do jedné přidáme na špičku špachtle fluoresceinu, do druhé eosinu. Po rozpuštění vlijeme do všech tří nádob rozdělený roztok B.

## 7. Cvičení: Přírodní látky - sacharidy

Pro toto cvičení jsou k dispozici připravené následující roztoky: Lugolův roztok, Fehlingův roztok I a II, 0,1% methylenová modř, 2%  $\text{AgNO}_3$ .

### Hydrolyza bramborového škrobu

Nakrájíme bramboru na tenké plátky, vložíme je do kádinky a zalijeme přiměřeným množstvím vody (aby byly ponořené). Soustavu vaříme na mírném plameni asi 5 minut, k dalším experimentům použijeme získaný výluh.

Roztok škrobu si připraví dvojice studentů dohromady, hydrolyzu provádí každý sám (oba experimenty).

#### *Kyselá hydrolyza*

Ke 20  $\text{cm}^3$  výluhu přidáme 5  $\text{cm}^3$  10% roztoku  $\text{HCl}$  a varný kamínek. Nádobu ponoříme do vroucí vodní lázně a ponecháme zahřívát. Každé 3 minuty odebereme vzorek o objemu 1  $\text{cm}^3$ . Odebraný vzorek zředíme přídatkem 1  $\text{cm}^3$  vody a přidáme několik kapek Lugolova roztoku. Podle stupně hydrolyzy škrobu se roztoky po reakci s Lugolovým činidlem barví postupně modře přes fialovou a fialovočervenou barvu, až zbarvení zcela zmizí. Jakmile se již vzorek s Lugolovým činidlem nebarví, je hydrolyza ukončena. Se zbytkem vzorku provedeme Fehlingovu zkoušku.

#### *Enzymatická hydrolyza*

Pro enzymatickou hydrolyzu použijeme asi 3  $\text{cm}^3$  výluhu z brambory nebo suspenzi malého množství (na špičku špachtle) škrobu v 3  $\text{cm}^3$  vody. Ke škrobu přidáme 3  $\text{cm}^3$  slin (získáme např. tak, že si do úst vpravíme malé množství – asi 2  $\text{cm}^3$  – destilované vody a chvíli ji podržíme v ústech).

Směs ve zkumavce zahříváme na vodní lázni teploty 37 °C. Průběh reakce je možné sledovat Lugolovou zkouškou podobně jako v předchozím případě. Každopádně po ca 10 minutách (čas nemusí být závislý na výsledku Lugolovy zkoušky) provedeme se vzorkem či jeho částí Fehlingovu zkoušku.

#### *Poznámky:*

Lze vymyslet různé kombinace důkazových reakcí redukcí/neredukcí sacharidů, případně převedení neredukcí (škrob, sacharosa) na redukcí.

V rámci objasnění podstaty Fehlingovy zkoušky je vhodné žákům ukázat i negativní reakci, tj. skutečnost, že škrob s Fehlingovým činidlem nereaguje.

#### *Dotazy:*

- 1) Jaké je složení Lugolova roztoku? Jaké částice obsahuje?
- 2) Proč se reakční směs při prvním provedení vaří, zatímco při druhém nikoliv?

### 1. Nitrace celulosy (před začátkem experimentu přivolejte vedoucího cvičení)

Nitrační směs připravíme a nitraci provedeme ve vlastní digestoři mimo dosah ostatních experimentů, aby nedošlo k její kontaminaci.

Nitrační směs připravíme jako směs 1 objemového dílu konc.  $\text{HNO}_3$  se 2 objemovými díly konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (např. 125  $\text{cm}^3$   $\text{HNO}_3$  + 250  $\text{cm}^3$   $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Ředění koncentrovaných kyselin provádíme opatrně v ledové lázni za stálého míchání. Připravenou nitrační směs necháme v ledové lázni vychladit.

Do vychlazené nitrační směsi vložíme vatou tak, aby byla zcela ponořená pod hladinou kapaliny. Vatou nemačkáme, necháme volně ponořenou. Za stálého chlazení nitrujeme asi 15 –

20 minut. Následně vatu vyjmeme, nitrační směs důkladně zředíme a vylejeme do výlevky. Vatu velmi dobře promyjeme vodou a necháme vysušit na filtračním papíře do příštího cvičení.

Malý kousek vysušené nitrovyatky můžeme zapálit na ruce, můžeme z ní připravit malé „raketky“, nebo jen tak zapálit. Veškeré zapalování nitrovyatky provádějte pod dohledem vedoucího cvičení!

#### *Poznámky:*

Při nitraci by vata neměla žloutnout či hnědnout, takový produkt nemá vhodné vlastnosti pro následující zapalování.

Po promytí je možné vatu lehce vyždímat, nesnažíme se ji však lisovat, pokud vata zežmolkovává, obsahuje velké spleené chuchvalce nevhodné k zapalování. Promytí je možné provádět také neutralizačním roztokem (jedlá soda apod.), nicméně běžné promytí proudem vody je dostačující.

### **2. Reakce cukru s dusičnanem draselným** (k zapálení přivolejte vedoucího cvičení)

V čistých suchých třecích miskách odděleně rozetřeme 3 lžičky  $\text{KNO}_3$  a 2,5 lžičky sacharosu. Získané prášky promísíme v kádince nebo na filtračním papíře (přesypáváním, netřít!). Směs nasypeme do plechové misky (příp. na odpalovací plech) umístěné na krycí dlaždici a zapálíme ji hořící nebo žhnoucí špejlí.

Směs je možné barvit dusičnany kovů, které barví plamen (podobně jako bengálské ohně).

### **3. Zapálení cukru**

Na nehořlavé podložce (krycí dlaždice, příp. na ní umístěný plech) se pokusíme plamenem kahanu zapálit kostku cukru (hromádku krystalu). Ve vduhém provedení kostku cukru posypeme skořicí, nebo popelem ze spáleného listí (hromádku krystalu rozetřeme a smísíme se skořicí/popelem). Takto „upravený“ cukr již zapálit lze – proč?

### **4. Cukrová duha**

Připravíme si čtyři kádinky. Do první z nich dáme jednu plnou polévkovou lžici cukru, do druhé dvě lžice, do třetí tři lžice, do poslední čtyři lžice. Nyní do každé kádinky přidáme dvě polévkové lžice vody a špetku potravinářského barviva (do každé kádinky jinou barvu, jedna může zůstat bezbarvá). Důkladně promícháme. Pokud vzniká hustá kaše, přidáme do každé kádinky trochu vody (do všech kádinek stejné množství, např. půl lžice). Nyní vezmeme pátou kádinku, dostatečně rozměrnou pro všechny roztoky. Roztoky do ní postupně naléváme, opatrně tak, aby na dně byl nejkonzentrovější, ten opatrně převrstvíme druhým nejkonzentrovějším roztokem atd. Získáme „duhu“, protože roztoky různých hustot budou plavat jeden na druhém.

#### *Poznámky:*

Pokus se často provádí i s nemísitelnými kapalinami/materiály, jako je chloroform, voda, ether, případně i pevnými látkami (guma, korek, měď plavající na hladině rtuti apod.).

### **5. Modrá baňka**

Připravíme si baňku objemu  $250 \text{ cm}^3$  a k ní těsnící zátku. V baňce rozpustíme 2 g NaOH a 2 g glukosy ve  $100 \text{ cm}^3$  vody. Přidáme malé množství 0,1% roztoku methylenové modři, baňku uzavřeme, promícháme. Obash baňky se postupně odbarví. Po protřepání se modré zbarvení opět objeví, při stání v klidu se obsah odbarvuje. Po opětovném protřepání se modré zbarvení obnoví a takto stále dokola. Pokud již vznik modrého zbarvení trvá dlouho, je třeba baňku na chvíli odzátkovat, aby se do ní dostal další kyslík.

*Poznámky:*

Pokud methylenovou modř nahradíme indigokarmínem (asi 0,5 cm<sup>3</sup> 1% roztoku či několik málo krystalků pevného indikátoru), získáme modifikaci pokusu zvanou „chemický semafor“. Barevné změny jsou v tomto případě tři, ze žluté přes oranžovou (lehké protřepání) na zelenou (intenzivnější protřepání) a stáním zpět.

## **6. Hydrolýza celulosy**

Celulosa je chemicky poměrně odolný materiál, přesto je to stále polysacharid, tedy může být hydrolyzována až na základní stavební jednotku glukosu.

Utrhneme velmi malý kousek vaty, vložíme do zkumavky a zalijeme 1 cm<sup>3</sup> konc. HCl. Vata by měla být mírně načechraná a zcela ponořená v kyselině. Směs 10 minut zahříváme na vroucí vodní lázni (tentokrát nestačí horká voda z varné konvice). Směs zežloutne, vata viditelně mění svoji konzistenci. Zkumavku vyjmeme z vodní lázně. Nejprve neutralizujeme zbytky kyseliny přidávkem 5 cm<sup>3</sup> Fehlingova roztoku II, následně teprve přilijeme 5 cm<sup>3</sup> vlastního Fehlingova činidla (vzniklého smísením roztoků Fehling I a II v poměru 1:1). Tím se v podstatě vyplní celý objem zkumavky. Zkumavku promícháme a ponoříme do horké vodní lázně. Po 5 – 10 minutách vyjmeme, obsah zkumavky je stále modrý, nicméně na dně je patrné malé množství Cu<sub>2</sub>O – důkaz, že z vaty se reakcí s HCl uvolňoval redukující sacharid.

*Dotazy:*

- 1) Jaké je složení a užití Schweizerova činidla?
- 2) Jaké znáte deriváty celulosy, jak se získávají?

## **7. Postříbření zkumavky (Tollensova reakce)**

Připravíme si čistou zkumavku, kterou zevnitř postříbíme. Zkumavka by měla být nová, nepoškrábaná, je vhodné odstranit mastnotu vymytím saponátem.

Do této zkumavky nalijeme asi 5 cm<sup>3</sup> 2% roztoku AgNO<sub>3</sub>. Přidáme jednu kapku 10% roztoku NaOH, vzniká hnědošedá sraženina. Pomocí kapátka přidáváme koncentrovaný amoniak a se směsí mícháme tak dlouho, dokud nedojde k úplnému rozpuštění vzniklé sraženiny. K takto připravenému roztoku Tollensova činidla přilijeme stejný objem asi 5 – 10% roztoku glukosy. Obsah zkumavky promícháme a zahříváme na vodní lázni tak dlouho, dokud se nevytloučí stříbrné zrcátko po celém povrchu zkumavky.

Zbytky roztoků vylijeme do výlevky, zkumavku několikrát vypláchneme vodou. Postříbřenou zkumavku si můžete odnést jako suvenýr.

*Poznámky:*

Připravené Tollensovo činidlo je nutné ihned spotřebovat či zlikvidovat, nelze je skladovat. Při delším stání se z něj vylučuje explozivní třaskavé stříbro.

Postříbřena bude ta část zkumavky, kam zasahuje reagující směs – množství reaktantů volíme podle toho, z jaké části chceme zkumavku postříbřit.

Ve škole se obvykle nachází zásoba zkumavek, které jsou svojí velikostí nevyhovující (malé) pro běžné experimenty. S výhodou je možné je využít na postříbření.