

Masarykova univerzita v Brně
Pedagogická fakulta

Laboratorní cvičení z anorganické chemie

Hana Cídllová

Brno 2005

Odborné konzultace a pomoc s tvorbou videozáznamů: RNDr. Aleš Mareček, CSc.

Technická spolupráce:

praktické ověření vybraných experimentů: Jitka Macenauerová , Jitka Požárová

opis části textu, kreslené obrázky: Veronika Doskočilová

kamera: Miroslav Fiala, Jitka Macenauerová

finální úprava CD: Miroslav Fiala

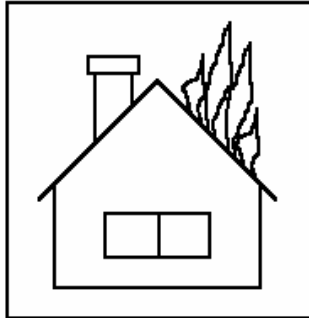
Recenze: Vladimír Šustáček

Copyright © Hana Cídlková, 2005

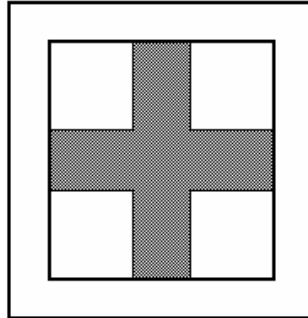
ISBN

TÍSŇOVÁ TELEFONNÍ ČÍSLA

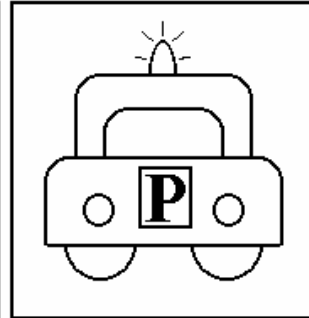
150



155



158



**KOMBINOVANÁ ZÁCHRANNÁ SLUŽBA
112**

**Při požití toxické látky volat TIS
(toxikologické informační středisko)**

224 919 293

Obsah

Tísňová telefonní čísla.....	3
Předmluva.....	6
1 Laboratorní řád a bezpečnost práce.....	7
1.1 Laboratorní řád.....	7
1.2 Bezpečnost práce s elektrickým zařízením.....	9
1.3 První pomoc při úrazech.....	10
Popáleniny.....	10
Poleptání.....	10
Poranění rozbitým sklem.....	11
Otravy toxickými látkami.....	11
1.4 Vybrané prvky a jejich nebezpečné vlastnosti.....	11
1. skupina PSP.....	11
2. skupina PSP.....	12
13. skupina PSP.....	13
14. skupina PSP.....	14
15. skupina PSP.....	15
16. skupina PSP.....	16
17. skupina PSP.....	17
Vybrané kovy.....	18
Vybrané organické sloučeniny.....	20
1.5 Vysvětlení použitých toxikologických zkratk.....	22
1.6 Jiné náhlé příhody.....	28
1.7 Piktogramy.....	29
1.8 Koncentrace a hustoty některých žíravín.....	29
2 Návody k úlohám.....	30
I. Demonstrační úlohy.....	30
Úloha 1 Chlor, jeho příprava a vlastnosti.....	30
Úloha 2 Redukce oxidu olovnatého vodíkem.....	31
Úloha 3 Samozápalnost bílého fosforu.....	32
Úloha 4 Chlorečnan draselný, bengálské ohně.....	33
Úloha 5 Aluminotermie.....	33
II. Vlastnosti látek.....	35
Úloha 6 Elektrolýza vody.....	35
Úloha 7 Vlastnosti hydroxidu sodného.....	36
Úloha 8 Vodík a jeho vlastnosti.....	36
Úloha 9 Kyslík a jeho vlastnosti I.....	38
Úloha 10 Kyslík a jeho vlastnosti II.....	39
Úloha 11 Voda, tvrdost vody, důkaz vybraných aniontů.....	39
Úloha 12 Voda, hydráty, hydratace, dehydratace, solvatace.....	40
Úloha 13 Oxidačně-redukční (redoxní) reakce peroxidu vodíku.....	40
Úloha 14 Charakteristické barvení plamene ionty alkalických kovů a kovů alkalických zemin.....	41
Úloha 15 Elektrolýza vodného roztoku chloridu sodného.....	41
Úloha 16 Reakce Na, K, Ca s vodou.....	42
Úloha 17 Hoření hořčíku a reakce hořčíku s vodou.....	43
Úloha 18 Stanovení molární hmotnosti CaCO ₃	43
Úloha 19 Adiční reakce bromové vody s ethylenem.....	44
Úloha 20 Příprava kyslíku tepelným rozkladem halogeničnanů.....	45
Úloha 21 Princip chladicích směsí.....	46
Úloha 22 Síra a její vlastnosti.....	46

Úloha 23	Analytické reakce vybraných aniontů	47
Úloha 24	Oxidačně-redukční (redoxní) vlastnosti kovů, reakce mědi s kyselinami	48
Úloha 25	Reakce $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$ a Na_2SO_3	49
Úloha 26	Závislost reakční rychlosti na teplotě a koncentraci reaktantů	50
Úloha 27	Koordinační sloučeniny niklu a mědi	51
Úloha 28	Galvanické pokovování (niklování).....	51
<i>III. Příprava látek</i>		52
Úloha 29	Příprava oxidu chromitého.....	52
Úloha 30	Příprava jodidu olovnatého	53
Úloha 31	Příprava monohydrátu síranu tetraamoměďnatého	53
Úloha 32	Příprava pyroforického olova	54
Úloha 33	Příprava chloridu amonného	54
Úloha 34	Příprava a vlastnosti amoniaku.....	55
Úloha 35	Příprava kyseliny trihydrogenborité	55
Úloha 36	Příprava oxidu boritého	56
<i>IV. Krystalizace</i>		57
Úloha 37	Příprava $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ a pěstování směšného krystalu $K(Al,Cr)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	57
3	Rozpis úloh	59
4	Použitá literatura	60

PŘEDMLUVA

Tato skripta jsou určena studentům učitelství chemie na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Obsahují návody k praktickým úlohám, které studenti provádějí v laboratorním cvičení z anorganické chemie.

Cvičení sledují tři základní cíle:

- spojení teoretických poznatků získaných v přednáškách a při samostatném studiu odborné literatury s praktickým ověřením na vybraných experimentech,
- prohlubování a integrace laboratorních dovedností a návyků, které studenti získali v předchozím semestru v rámci předmětu Laboratorní technika a procvičení základních laboratorních operací v anorganické chemii,
- příprava studentů, budoucích učitelů, na školní experimentální práci a pochopení postavení školního chemického experimentu jako jednoho z významných prostředků pro osvojení učiva a rozvíjení poznávacích schopností jejich budoucích žáků.

Laboratorní úlohy jsou rozděleny do čtyř bloků:

- I. Demonstrační úlohy
(práce se zdravými škodlivými látkami, explozivní reakce, apod.)
- II. Vlastnosti látek
- III. Příprava látek
- IV. Krystalizace

Úlohy byly voleny tak, aby svým obsahovým zaměřením i časovou náročností vyhovovaly požadavkům učitelského studia a dvouhodinové týdenní časové dotaci. Předpokládá se blokové cvičení, tj. čtyřhodinová cvičení po dobu poloviny semestru.

Autorka

1 LABORATORNÍ ŘÁD A BEZPEČNOST PRÁCE

Práce v laboratoři je spojena s použitím látek, přístrojů a aparatur, které jsou nebezpečné z hlediska požárního nebo z hlediska možnosti poškození lidského zdraví. Aby nedocházelo k úrazům ani k jinému poškození zdraví, je nutno dodržovat určitá bezpečnostní opatření, především laboratorní řád.

1.1 Laboratorní řád

S tímto laboratorním řádem musejí být povinně seznámeni posluchači v první hodině každého laboratorního cvičení a svým podpisem proškolení potvrdí.

1. Na začátku semestru si každá laboratorní skupina studentů přinese 2 mýdla a 2 ručníky. Tyto potřeby jim budou během semestru k dispozici.
2. Vyučující nebo instruktor seznámí přítomné s bezpečnostními listy jednotlivých látek včetně R a S vět.
3. Před prací v laboratoři si studenti oblečou laboratorní pláště a přezují se (tenisky). V laboratoři si nasadí ochranné brýle.
4. Do laboratoře si posluchači berou pouze věci nezbytné k práci, zejména psací potřeby, skripta, laboratorní deník.
5. Oblečení a věci, které nejsou nutné pro práci v laboratoři, posluchač uzamkne do přidělené skříňky. Klíč si vezme s sebou do laboratoře.
6. Posluchači jsou povinni přicházet do laboratoře včas a řádně připraveni tak, aby účelně využili času stanoveného pro dané cvičení. Posluchači, který do cvičení přišel pozdě bez předchozí domluvy, nebude účast na cvičení povolena.
7. V rámci přípravy na laboratorní cvičení musí posluchači předem prostudovat pracovní návod dané úlohy, seznámit se s chemickým principem a praktickým provedením úlohy, provést předepsané výpočty, vyhledat předepsané konstanty a seznámit se s fyzikálními a chemickými vlastnostmi (včetně toxicity a první pomoci) používaných látek.
8. V chemické laboratoři je studentům dovoleno pracovat pouze za dozoru vyučujícího nebo instruktora. Před zahájením cvičení nesmějí být prováděny žádné manipulace s přístroji nebo jiným materiálem připraveným pro cvičení.
9. K provedení práce mohou posluchači přistoupit až po přezkoušení znalostí učitelem. Zjistí-li vyučující, že se posluchač na úlohu řádně nepřipravil, vykoná posluchač úlohu v náhradním termínu. Termín, na který se posluchač nepřipravil, se hodnotí jako absence.
10. K vlastnímu provedení úlohy může posluchač přistoupit až po kontrole aparatury učitelem nebo instruktorem.
11. V laboratoři se mohou provádět jen práce uvedené v návodu k příslušné úloze za dodržení všech bezpečnostních a hygienických předpisů a pravidel. Jiné práce je dovoleno vykonávat jen na příkaz vyučujícího nebo instruktora.

12. Posluchači nesmí samovolně měnit předepsaný postup práce ani provádět práce, které nesouvisí se splněním zadané úlohy.
13. Jednotliví pracovníci i skupiny pracovníků používají ke své práci pouze vyhrazený prostor a pomůcky, které jim byly přiděleny, a také za ně osobně zodpovídají.
14. Před zahájením práce zkontrolují posluchači podle seznamu úplnost vybavení na stole. Po skončení prací uvedou pracovní místo do původního stavu a předají je učiteli nebo instruktorovi.
15. Posluchači jsou povinni seznámit se a pracovat s jednotlivými látkami podle piktogramů (str. 29) uvedených na etiketě příslušné látky. Pokud na etiketě nejsou uvedeny R a S věty, musí je posluchač před zahájením výuky vyhledat v bezpečnostním listu příslušné látky.
16. Při práci jsou posluchači povinni důsledně udržovat pořádek a čistotu na svém úseku pracoviště.
17. Posluchači si vedou laboratorní deník, do něhož během cvičení zapisují vlastní pozorování a výsledky měření. Po skončení práce předloží tyto záznamy vyučujícímu.
18. Výsledky práce shrne posluchač v laboratorním protokolu, který odevzdá nejpozději do týdne po provedení práce.
19. Každá absence musí být řádně omluvena písemným dokladem. Každá zameškaná úloha musí být nahrazena.
20. V laboratoři je **zakázáno** jíst, pít a kouřit. Rovněž je **zakázáno** laboratorní nádobí používat k jídlu, pití a přechovávání potravin.
21. Při práci je nutno používat předepsané ochranné prostředky, zejména plášť, přezůvky, brýle a rukavice.
22. Při laboratorní práci je nutno si mýt často ruce mýdlem pod tekoucí vodou, zejména po práci s žiravinami a jedy, při změně práce, před každým opuštěním laboratoře.
23. Chemikálie se nesmí brát nechráněnou rukou.
24. S žiravinami je nutno pracovat opatrně, používat předepsaných ochranných pomůcek. Při přípravě roztoku hydroxidu je nutno sypat hydroxid do vody, při ředění kyselin se nalévá kyselina do vody.
25. Zásobní láhve s roztoky je nutno uchopovat nálepkou do dlaně, nikdy nedržíme láhve jen za hrdlo. Větší nádoby při přenášení držíme i za dno.
26. Žiravé a toxické látky se pipetují zásadně bezpečnostními pipetami.
27. Při manipulaci s látkami v otevřených nádobách (např. zkumavkách) je nutno odvrátit ústí nádoby od obličeje a je nezbytné dbát na to, aby nesměřovalo k sousedním pracovníkům.
28. Všechny manipulace s látkami dýmavými a dráždivými, toxickými látkami, koncentrovanými kyselinami a rozpouštědly provádíme jen v zapojené digestoři s dobrým odtahem. Totéž se týká látek, u nichž výše uvedené jevy mohou vzniknout neopatrnou manipulací.
29. Při práci s hořlavými kapalinami je nutno zabezpečit dobré odvětrání vzniklých par.
30. Odpad hořlavin a olejů je zakázáno vylévat do kanalizace, k likvidaci se používá určených nádob.
31. Louhy a kyseliny je možno vylévat do kanalizace jen po důkladném zředění vodou (1:30).

32. Při práci se sklem je třeba chránit se před pořezáním použitím ochranných pomůcek. Střepy a jiné odpadky s ostrými hranami musí být odkládány do nádob zvlášť k tomu určených (označeny nápisem „SKLO“).
33. Všechny závady, které se vyskytnou během práce, je nutno okamžitě hlásit vedoucímu cvičení nebo instruktorovi.
34. Každé poranění, poleptání, požití látky, stejně jako bolesti hlavy, hučení v uších a jiné příznaky je **nezbytně nutné** neprodleně hlásit vedoucímu cvičení nebo instruktorovi. Veškeré úrazy, poleptání, otravy apod. je nutno evidovat.
35. Po skončení práce je nutno uzavřít vodu, vypnout plyn, vypnout elektrické spotřebiče a uvést pracoviště do původního stavu. Zkontrolovat, zda jsou uzavřeny všechny nádoby s chemikáliemi.
36. Před opuštěním laboratoře po skončení práce je posluchač povinen předat pracovní místo vedoucímu cvičení nebo instruktorovi.
37. Práce v chemické laboratoři je **zakázána** ženám těhotným a matkám do konce 9. měsíce [21]. Posluchačka je povinna vedoucímu cvičení okamžitě oznámit graviditu.

1.2 Bezpečnost práce s elektrickým zařízením

1. Při práci s elektrickými přístroji smí posluchač vykonávat pouze úkony uvedené v příslušném návodu ve skriptech. Jiné činnosti smí vykonávat pouze na přímý příkaz vedoucího cvičení.
2. Osoby bez elektrotechnické kvalifikace mohou samostatně obsluhovat pouze jednoduchá elektrická zařízení provedená tak, že při obsluze nemohou přijít do styku s částmi pod napětím.
3. Obsluhující se smí dotýkat jen částí, které jsou pro obsluhu určeny a musí k nim mít volný přístup.
4. Obsluhující se nesmí dotýkat elektrických zařízení mokřýma rukama.
5. Elektrické přístroje je nutno chránit před vlhnutím.
6. Při požáru hasíme elektrická zařízení pod proudem nejčastěji sněhovým hasicím přístrojem, nikdy ne vodou.
7. Změny na elektrickém zařízení (např. výměna žárovky, pojistek, přepojování vodičů, ...) provádíme vždy ve stavu bez napětí.
8. Udržovat, opravovat a rozšiřovat instalace, které přivádějí elektrickou energii na pracovní místo až do přístroje, smějí jen osoby tím pověřené a s potřebnou kvalifikací.

1.3 První pomoc při úrazech

I při nejvyšší opatrnosti a dodržování všech bezpečnostních předpisů pro práci v chemické laboratoři dochází někdy k větším či menším úrazům. Pravidla poskytování první pomoci si proto musí osvojit každý pracovník laboratoře, aby mohl poskytnout pomoc nejen spolupracovníkům, ale i sobě. První pomoc poskytnutá laikem ovšem nenahrazuje lékařské ošetření. Při všech úrazech a zraněních je nutné postiženého po poskytnutí první pomoci ihned odeslat k lékařskému ošetření, lékaře přivolat nebo zajistit převoz do nejbližší nemocnice.

Pracovní úrazy, jimiž byla způsobena smrt nebo pracovní neschopnost trvající nejméně jeden den mimo den, kdy došlo k pracovnímu úrazu, podléhají registraci a organizace jsou povinny vést o nich evidenci v knize úrazů. Každý pracovník a student je **povinen hlásit tyto úrazy svému nejbližšímu nadřízenému nebo učiteli**.

Nejčastější zranění a úrazy v chemické laboratoři lze rozdělit do následujících skupin:

1. Popáleniny
2. Poleptání a popálení chemikáliemi
3. Poranění rozbitým sklem
4. Otravy toxickými látkami
5. Jiné náhlé příhody

Popáleniny

Popáleniny v chemické laboratoři nikdy neumýváme vodou a nesaháme na ně. Je velmi důležité zabránit vstupu infekce do postižené tkáně, zvláště u popálenin rozsáhlých a hlubokých. Postižená místa kryjeme sterilním krycím obvazem a dopravíme postiženého do nemocnice. Popálenému dáváme pít velké množství tekutin, avšak ne alkoholické nápoje.

V případě vznícení oděvu je nutné energicky zabránit panice. Postižený nesmí pobíhat. Hořící oděv nejlépe uhasíme pomocí přikrývek nebo jiných oděvů. Pokud je uhašený oděv přilepen k pokožce, nesmí se nikdy strhávat, celá popálená část i s oděvem se zahalí do čistého prostěradla (ručníku, košile apod.) a zajistí se převoz postiženého do nemocnice.

Poleptání

Politý oděv co nejrychleji odložit (ještě před použitím oplachů a neutralizačních prostředků). Zasažené místo **ihned** oplachujeme silným proudem vody, pak neutralizačním roztokem.

Neutralizační roztoky:

- při poleptání kyselinami: 2% roztok NaHCO_3
- při poleptání hydroxidů: 2% roztok H_3BO_3

Při potřísnění očí leptajícími látkami se musí otevřené (i násilím) oči ihned vyplachovat velkým množstvím vody, a to nejméně 10-15 minut. **Voda nesmí při proplachování téci z kontaminovaného oka do čistého!** Nepokoušíme se o žádnou neutralizaci v oku! Na oči dáme po oplachu sterilní hydrofilní mul, zavážeme a postiženého **v každém případě odveze-me k lékaři nebo do nemocnice!**

Při požití kyseliny nebo hydroxidu se pokusíme ihned vyvolat zvracení. Za 10-15 minut po požití se již o vyvolání zvracení nesnažíme. Ihned podáme neutralizační prostředek:

- při požití kyselin – větší množství suspenze MgO v ledové vodě
- při požití hydroxidů – větší množství 1% roztoku octové kyseliny nebo ledově ochlazené zředěné citrónové šťávy.

Poranění rozbitým sklem

Poranění očí: Oči převážeme sterilním obvazem s měkkou podložkou tak, abychom zabránili pohybu víčka a poraněného dopravíme k očnímu lékaři. **Laik nesmí do poraněného oka nikdy zasahovat! Zaseknutý předmět nikdy nevytahujeme!**

Řezné rány ošetříme přiložením sterilního krycího obvazu. Krvácející ránu nejprve překryjeme sterilní gázou a teprve na gázu přiložíme vatou a pak obvaz.

V případě poranění tepen a žil poraněnou končetinu zvedneme, aby nastalo co největší odkrvení poraněné oblasti a přímo na ránu přiložíme sterilní tlakový obvaz. Zcela výjimečně, při poranění velké tepny, je nutné použít pružného gumového škrtidla, které se přikládá směrem k srdci, tj. nad ránu. Stažení škrtidla musí být takové, aby krvácení ustalo. Zapišeme přesný čas přiložení škrtidla, pak již škrtidlo nepovolujeme. **Postiženého je nutno ihned dopravit k ošetření do nemocnice!**

Otravy toxickými látkami

Informace o toxických a zdraví škodlivých látkách lze nalézt například v [16].

V následujícím přehledu jsou uvedeny toxikologické a jiné nebezpečné vlastnosti zejména těch látek, s nimiž je možný kontakt v laboratorním cvičení z anorganické chemie. Příznaky otravy bývají jasně patrné u dráždivých látek (postižení očí, dýchacích cest, kůže, zažívacího traktu), zatímco u řady jiných látek se účinky na organismus projeví až po určité době. Proto je nutno příznaky nevolnosti při (a po) práci konfrontovat s možností předchozího kontaktu s toxickými látkami.

1.4 Vybrané prvky a jejich nebezpečné vlastnosti

1. skupina PSP¹

Vysoká reaktivita alkalických kovů vyžaduje při práci s nimi maximální opatrnost a používání ochranných pomůcek. Přímý kontakt s pokožkou může způsobit vážné místní popáleniny, v případě očí i oslepnutí. Reagují extrémně silně s vodou za vzniku silně zásaditých hydroxidů, vodíku a vývoje tepla. V přítomnosti vzduchu dochází obvykle k explozi (třaskavá směs). Alkalické hydroxidy (louhy) zmýdelňují tkáň, působí hloubkově za tvorby bolestivých destrukcí, rány se velmi dlouho a špatně hojí. Zásaditost hydroxidů stoupá od lithného k cesnému (hydroxidy viz kapitola Poleptání, str. 10).

Vodík

Jako plyn je zápalný, se vzduchem tvoří výbušné směsi, jinak je netoxický.

Lithium

V těle se vyskytuje ve stopách, nemá biologický význam. Nadbytek iontu Li⁺ se projevuje únavou, poruchami zraku, nespavostí a depresemi. Používá se k léčení v psychiatrii.

Sodík

Biogenní prvek, reguluje objem krve a udržuje rovnováhu kapalin a tlaku vně a uvnitř buněk. Ovlivňuje přenos nervových impulsů, srdeční činnost, metabolismus cukrů a proteinů.

První pomoc²: Iribas, Irisec

¹ PSP = periodická soustava prvků

Chlorid sodný

Nepředstavuje akutní nebezpečí. Řídí rovnováhu kyselin a zásad, aktivizuje esenciální enzymy a tvorbu HCl v žaludku potřebnou pro trávicí proces. Doporučená denní dávka je 3-7 g. Přebytek NaCl způsobuje vznik vysokého krevního tlaku. Jednorázová toxická dávka je 200-280 g pro člověka o hmotnosti 70 kg.

První pomoc: Iritat, Nasaka

Draslík

Biogenní prvek, nenahraditelný sodíkem, mimo jiné ovlivňuje srdeční činnost.

První pomoc: Iribas, Irisec

Chlorid draselný

Po požití způsobuje křeče a nepravidelnou srdeční činnost. Otrava již po jednorázovém požití cca 15 g.

První pomoc: Kalaka

Rubidium a jeho soli

Jsou z toxikologického hlediska shodné s draslíkem.

První pomoc: Iribas, Irisec

Cesium a jeho soli

Podobné jako u sodíku, větší dávky způsobují atrofii dýchacích cest.

První pomoc: Iribas, Irisec

2. skupina PSP

Hořčík

Prvek nezbytný pro život, důležitý pro průběh řady enzymatických reakcí. Jeho nedostatek v organismu se projevuje podobně i u vápníku. Z toxikologického hlediska není významný. Poranění způsobená a znečištěná kovovým hořčíkem se těžce hojí (záněty). Hydroxid a síran hořečnatý se někdy používají jako projímadla (laxativa). Oxid hořečnatý dráždí oči a sliznice dýchacích cest.

První pomoc: Iritat

Vápník

V posledních letech byla prokázána bioregulační funkce vápenatých iontů, které se účastní vitaminy a hormony. Jejich hladina v krvi je přísně regulována (nedostatek vede ke křečím, přebytek k obrnám). Hydroxid a oxid vápenatý působí dráždivě, místně poškozují tkáně (vznikají pupínky a vřídky, které se špatně hojí). Při zasažení očí vápenou vodou může dojít k vážnému poškození (až oslepnutí). Nadýchání prachu může způsobit zánět plic.

První pomoc: Iribas

² Uvedené zkratky používá [9], [10] a [11].

Stroncium

Při požití je toxicita jeho sloučenin relativně malá, protože se obtížně vstřebávají do organismu. V řadě případů jsou účinky analogické jako u barya. Stroncium má několik radioaktivních izotopů, které se ukládají v kostech podobně jako vápenaté ionty a porušují krve tvorbu. Hydroxid a oxid strontnatý jsou silnější zásady než analogické sloučeniny vápníku.

Chlorid strontnatý

$\text{SrCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ při intravenózní aplikaci je u zvířat méně toxický než chlorid vápenatý a řádově méně toxický než chlorid barnatý.

První pomoc: Iritat, Zyxter,

Baryum

Požití rozpustných solí vyvolává těžké a smrtelné otravy. Akutní otrava: slinění, průjmy, zvracení, ztráta rovnováhy, poruchy řeči, zraku, sluchu, v pozdějším stadiu selhání oběhu (často spojeno s cyanózou). Dochází ke krvácení do zažívacího traktu, ledvin a k vážnému poškození jater. Chronické otravy jsou vzácné. Projevy: slabost, hubnutí, záněty sliznice v ústech, vypadávání vlasů a obočí. Negativní vliv na generativní funkci obou pohlaví. $\text{Ba}(\text{OH})_2$ a BaO viz též $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a CaO . Síran barnatý je nerozpustný ve vodě a v kyselinách, proto je relativně netoxický a je používán jako kontrastní látka při vyšetřování zažívacího traktu.

První pomoc: Bamelo, Iritat

Peroxid barnatý

Kromě účinků barnatých solí (viz výše) je nutno počítat i s účinky peroxidů: bolestivé poškození zasažené pokožky či očí, změna struktury barviv v tkáních (změna zbarvení tkání). Při požití nebezpečí krvácení a mechanického porušení žaludku vlivem uvolněného kyslíku. Vdechování způsobuje podráždění dýchacích cest až edém (otok) plic.

První pomoc: Bamelo, Iritat

13. skupina PSP

Bor

Jeho sloučeniny se používají v medicíně: místně jako desinfekce, léky pro hubnutí, léčba epilepsie. Projevy akutní otravy: zvracení, průjmy, bolesti břicha, bolesti hlavy, útlum či agresivita, křeče. Při chronických otravách se kumuluje v mozku, játrech a kostech.

Kyselina trihydrogenboritá

Její 3% roztok je tzv. *borová voda*. Nejčastější příčiny otrav jsou způsobeny záměnou nebo vstřebáním z mastí. Smrtící dávka pro dospělé je 15 g, pro děti 2 g.

První pomoc: Bonatec

Borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Toxicita srovnatelná s kyselinou trihydrogenboritou.

První pomoc: Bonatec

Hliník

Vykazuje pro člověka velmi malou toxicitu. V případě poruchy funkcí ledvin, však nedochází k jeho vylučování z těla, je neurotoxický. Hlavní projev otravy jsou poruchy řeči, demence označovaná jako Alzheimerova nemoc a záchvaty. Inhalace velmi jemného prachu vede k suchému kašli, nálezy na plicích jako při silikóze. Může se objevit kožní alergie.

První pomoc: Zyxter

Oxid hlinitý

Existuje v několika přírodních i umělých formách. Při požití je pokládán za neškodný. Z inhalace dýmů při výrobě brusných materiálů na bázi korundu se popisuje vážné plicní onemocnění. Je známo několik tragicky skončených případů. Po expozici prachu dochází někdy i k perforaci nosního septa. Je karcinogenní.

První pomoc: Zyxter

14. skupina PSP

Uhlík

Grafit ve formě prachu může způsobit bolesti hlavy, kašel (černé hleny), dechové obtíže, příp. až invaliditu.

Oxid uhelnatý

Zákeřný jed, protože není detekován smyslovými orgány. Hlavním účinkem CO je přeměna hemoglobinu na karboxyhemoglobin, takže v plicích nedochází k přenosu kyslíku z vdechovaného vzduchu do krve a dochází k dušení organismu. K hemoglobinu se CO váže 200-300× silněji než kyslík. Akutní otrava – smrt během několika vteřin. Menší expozice: bolesti hlavy, bušení krve v hlavě, tlak na prsou. Mladší lidé jsou na CO citlivější, zvláště těhotné ženy.

První pomoc: Asatra

Kyanovodík, kyanidy

Vstřebávání inhalací, požitím i přes kůži, smrtelná dávka 0,04-0,3 g. Silně dusivý účinek (analogie CO). Přítomnost HCN se projeví hořkomandlovým zápachem.

První pomoc: Asacyn

Oxid uhličitý

Při 10 objemových procentech CO₂ dochází k ochrnutí dýchání. Vysoké koncentrace způsobují dušení až ztrátu vědomí. Při kontaktu s tuhým CO₂ (suchý led) dochází k místnímu omrznutí (teplota -78 °C).

První pomoc: Asanox

Sirouhlík

Bezbarvá hořlavá kapalina, bod varu 46 °C, tvořící se vzduchem výbušnou směs. Otravy vznikají při inhalaci par. Akutní otrava: bolesti hlavy, neklid, bezvědomí až smrt. Chronická otrava: únava, snížená chuť k jídlu, hubnutí, neuróza, poruchy spánku,

postižení centrální nervové soustavy. Se sirouhlíkem je nutno pracovat v zapnuté digestoři a lahvičku s kapalinou pečlivě uzavírat, spoj hrdla nádoby a víčka přelepovat.

První pomoc: Cendep

Olovo

Otrava olovem je někdy označována jako *saturnismus* nebo *plumbismus* a je pokládána za nejstarší a dosud nejdůležitější průmyslovou otravu. Akutní otrava olovem či jeho sloučeninami je vzácná, mezi akutní a chronickou otravou není podstatných rozdílů v příznacích. Při požití většího množství rozpustných sloučenin olova je popisována salivace (slinění), kovová chuť v ústech, nevolnost, kolikovitě bolesti břicha a zvracení, poškození červených krvinek, ledvin a jater, nervového systému, cév a svalstva, u dětí psychické změny. Hromadí se v kostech, je podezření na karcinogenitu (postižení plic a ledvin), teratogenní a embryotoxické účinky. Kovové olovo je nad 600 °C těkavé, proto je nebezpečné vdechování par nad roztaveným olovem a jeho slitinami. Všechny rozpustné sloučeniny olova jsou vysoce toxické.

Octan olovnatý

Používá se na obklady. Po požití je toxický. Těžkou otravu vyvolají již 2 g. Smrtečná dávka pro dospělého člověka je cca 20 g. Je karcinogenní.

První pomoc: Pubano

Dusičnan olovnatý

Kromě účinků olovnatých iontů přistupují i účinky dusičnanových aniontů. Dusičnany (Na, K) jsou podstatně méně toxické než dusitany. V těle se dusičnany redukují z částí na dusitany. Koncentrované roztoky dusičnanů působí leptavě na pokožku, po požití velkých dávek vzniká katar gastrointestinálního traktu, dysfunkce ledvin. Projevy otravy: slabost, bolesti hlavy, cyanóza.

První pomoc: Pubano

Oxid olovnatý

Pro vznik chronické otravy olovem je nebezpečnější než kovové olovo a ostatní sloučeniny olova s výjimkou uhličitanu a síranu.

První pomoc: Pubano

15. skupina PSP

Dusík

Toxikologicky jsou nejvýznamnější oxidy dusíku, amoniak, dusitany a dusičnany (a dále kyanidy, které jsou diskutovány u uhlíku).

Amoniak (čpavek)

Dráždivé účinky, koncentrace 3 500 mg/m³ způsobuje okamžitou smrt (zástava dechu). Vodný roztok leptá sliznice, při zasažení očí možnost oslepnutí. Při požití leptá zažívací trakt, způsobuje tzv. toxickou hepatitidu (žloutenku) a zánět ledvin. Smrtečná dávka je cca 20 g desetiprocentního roztoku.

První pomoc: Iribas

Kyselina dusitá a dusitany

Zvracení, bolesti hlavy a břicha, cyanóza, bezvědomí. Karcinogeny.
Smrtná dávka je 4 g.

První pomoc: Iridac

Kyselina dusičná a dusičnany

Méně toxické než dusitany a kyselina dusitá, avšak v těle se zčásti redukuje na dusitany. Leptavé účinky, katar gastrointestinálního traktu, dysfunkce ledvin. Slabost, bolesti hlavy, cyanóza.

První pomoc: Iridac

Fosfor

Černá a červená modifikace jsou považovány za prakticky netoxické. **Bílá** modifikace je samozápalná, na kůži působí těžce se hojící popáleniny. Akutní otrava: pálení v hrdle, bolesti břicha. Po inhalaci par (dlouhá doba latence): žaludeční nevolnost, zvracení, krvavé průjmy, zvětšení jater a žloutenka. Smrtná dávka pro dospělého člověka je cca 70 mg bílého fosforu (srovnatelné s kyanidy).

První pomoc: Porome

Oxid fosforečný

Dráždivé účinky při inhalaci prachu.

První pomoc: Iridac, Porome

16. skupina PSP

Kyslík

Biogenní prvek, ve vysoké koncentraci působí při vdechování obtíže. Projevy: bolesti hlavy, dráždění sliznic a plic.

Peroxid vodíku

Silné oxidační činidlo, poškozuje tkáň, nebezpečný pro oči. Tříprocentní vodný roztok se používá jako desinfekční činidlo.

První pomoc: Iritat

Síra

Esenciální prvek. Síra sama není toxická, existuje však řada toxických sloučenin.

Oxid siřičitý

Rozpoznatelný při koncentraci 2 mg/m³ (sladká chuť v ústech). Dráždí horní cesty dýchací (až edém plic). Chronická expozice ovlivňuje krvetvorbu, metabolismus glycidů, způsobuje rozedmu plic, ovlivňuje menstruační cyklus žen.

První pomoc: Iridac

Oxid sírový

Silnější dráždivé účinky než oxid siřičitý.

První pomoc: Iridac

Kyselina sírová

Silná kyselina s dehydratačními schopnostmi, leptá pokožku a sliznice, vzniklé rány se těžko hojí (pozor na oči). Při požití dochází k poleptání jícnu, žaludku, často vážné poškození zdraví až smrt. Aerosol dráždí horní cesty dýchací, oční sliznice, poškození zubů, vředy, záněty pokožky.

První pomoc: Iridac

Sírany

Vesměs netoxické, používají se jako projímadla.

První pomoc: Iridac

17. skupina PSP

Chlor

Dráždí oči a horní cesty dýchací, způsobuje edém plic (bojový plyn).

První pomoc: Iridac

Chlorovodík a kyselina chlorovodíková

Intenzivní místní dráždivé účinky.

První pomoc: Iridac

Chloridy

Životně důležitá součást potravy. V případě toxicity přichází v úvahu toxicita kationtu.

První pomoc: Iridac, Iritat

Chlornany:

Uvolňují chlor. Korozivní a dráždivé účinky.

První pomoc: Closus

Chlorečnany:

S organickými látkami tvoří výbušné směsi. Dráždí kůži a sliznice, řadí se mezi silné krevní toxiny (methemoglobinemie).

První pomoc: Iritat

Brom

V parách téměř stejné účinky jako chlor. Kapalný při potřísnění způsobuje popáleniny.

První pomoc: Broide

Bromičnany

Toxičtější než chlorečnany. Hemolýza (rozklad krve), poškození jater, ledvin a centrálního nervového systému.

První pomoc: Broate

Jod

Esenciální prvek. Nedostatek vede k duševní a tělesné zaostalosti. Inhalace par má silnější účinky než chlor. Smrtná dávka pro člověka je 2 g.

První pomoc: Jodeme

Jodidy

Při chronickém působení je pozorována zvýšená funkce štítné žlázy, hubnutí, poruchy spánku a srdeční činnosti.

První pomoc: Jodide, Kalaka

Vybrané kovy

Chrom

Esenciální prvek, zasahující do metabolismu cukrů a tuků. Sloučeniny chromnaté a chromité jsou prakticky netoxické, některé mají místní leptavé účinky. Sloučeniny Cr(VI) jsou vysoce toxické, mutagenní a karcinogenní. Protijedem je askorbová kyselina (vitamin C), která je převádí na sloučeniny Cr(II) a Cr(III). Akutní otrava: Leptavě na gastrointestinální trakt, poškození ledvin (bílkoviny, cukr a krev v moči) a jater. Chronická otrava: leptání až proděravění nosní přepážky, vředy a nádory.

První pomoc: Crmate

Dichromany

Viz sloučeniny Cr(VI). Smrtná dávka $K_2Cr_2O_7$ pro dospělého člověka je 2 g.

První pomoc: Crmate

Kobalt

Esenciální prvek, obsažený např. ve skupině vitaminů zvané korinoidy (kobalaminy) – klasickým představitelem je vitamin B_{12} (resp. B_{12a}), spolupůsobící při vzniku a vývoji červených krvinek. Akutní otravy jsou velmi vzácné – po požití průjmy, bolesti žaludku. Inhalace prachu vede k bronchitidám. Chronické otravy se projevují poškozením jater, ledvin a astmatem. Některé sloučeniny kobaltu jsou podezřelé z karcinogenity.

První pomoc: Cobelo

Mangan

Esenciální prvek ovlivňující krevtvorbu. Toxický, způsobuje závažná nervová onemocnění. Akutní otrava je méně důležitá než chronická (*manganismus*). Chronická otrava: únava, nechutenství, ospalost, neklid, sexuální poruchy, špatná nálada, vznětlivost až agresivita, později ztráta rovnováhy a schopnosti koordinovat pohyb, poruchy řeči, paměti, zraku a další.

Manganistan draselný

Silné oxidační činidlo. Působí místní poškození tkání, poškozuje funkci ledvin. Smrtelná dávka je 5 g.

První pomoc: Angelo, Angepi

Měď

Esenciální prvek, který je obsažen v některých metaloenzýmech. U dětí se nedostatek projevuje fyzickou a duševní retardací (Mankesova choroba). Toxické jsou rozpustné soli. Akutní otrava: žaludeční obtíže, apatie, křeče, koma až smrt. Expozice prachu oxidu měďnatého vyvolává horečku s příznaky podobnými chřipce (tzv. horečka slévačů).

Pentahydrát síranu měďnatého (modrá skalice)

Silné emetikum (1 g vyvolá zvracení). Při vyšších obsazích Cu v krvi dochází k poškození ledvin (projevy jako žloutenka). Na pokožku působí dráždivě: svědění až záněty. Může způsobit zánět spojivek.

První pomoc: Cupelo, Iritat

Nikl

Z toxikologického hlediska je řazen mezi významné toxické látky. Při kontaktu s pokožkou způsobuje vznik vyrážek. Akutní otrava má za následek poškození zažívacího traktu, cév, ledvin, srdce a centrálního nervového systému. Chronické otravy: onemocnění pokožky, alergie, rakovina plic, nosní přepážky a vzácněji hltnanu.

První pomoc: Ikelo

Rtuť

V parách je velmi škodlivá. Odpařuje se již při pokojové teplotě. Páry se snadno vstřebávají plicemi a kovová rtuť pokožkou. Příznaky chronické otravy: vzrušenost, deprese, návaly krve, třes, poruchy řeči, slinění, šedomodrý lem na dásních, halucinace, poruchy centrálního nervového systému. Na rozdíl od rozpustných rtuťových solí není polknutí kovové rtuti životu nebezpečné. Při otravě sloučeninami rtuti jsou v popředí příznaky žaludeční (zvracení s krví) a poškození ledvin (zástava močení).

První pomoc: Merano

Stříbro

Kov není toxický. Sloučeniny mají leptavé účinky na kůži a sliznice. Chronické expozice vyvolávají argyrii = nevratné usazování Ag v různých orgánech, sliznici a kůži.

Dusičnan stříbrný (lapis)

Leptá kůži, po požití je toxický (dusičnan).

První pomoc: Angelo, Iritat

Zinek

Esenciální prvek, součást některých enzymů. Nedostatek Zn způsobuje špatné hojení ran, malý vzrůst, opožděnou pubertu. Při práci s roztaveným Zn a jeho slitinami se projevuje profesionální otrava s několikahodinovou latencí, označovaná jako horečka slévačů. Její příčinou je

alergická reakce na bílkoviny denaturované působením dýmů ZnO. Tato intoxikace je známa i u dalších kovů, např. Cd, Co, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sn. Otrava: sladko v ústech, kašel, únava, bolesti hlavy, třesavka, horečnaté stavy. Rozpustné sloučeniny Zn mají leptavé a po požití emetické účinky (zvracení).

První pomoc: Iritat, Zinelo

Železo

Biologicky významný prvek, důležitý pro krvetvorbu a přenos kyslíku (hemoglobin).

Oxid železnatý a železitý

Při inhalaci dráždí horní cesty dýchací, chronická otrava sideróza, nebezpečí vzniku rakoviny plic.

První pomoc: Femelor

Vybrané organické sloučeniny

Ethanol

Bezbarvá, čirá kapalina, příjemného alkoholického zápachu a chuti. Akutní toxická dávka je per os u dospělých 6 až 8 g na kg tělesné hmotnosti, u dětí asi 3 g/kg. Je psychotropní látkou působící na centrální nervový systém, poškozuje cévy, srdeční sval, játra. Při těžkých intoxikacích může dojít ve stavu hluboké narkózy k zástavě dechu. Tento stav vyžaduje bezprostřední lékařský zásah.

První pomoc: Cendep, Iritat

Octová kyselina

Má charakteristický „octový“ zápach, bod varu 118 °C. Obchodní kyselina určená k chemickým laboratorním účelům má koncentraci 99,5 %, zředěná lékopisná 6 %, obvyklá koncentrace potravinářského octa je 8 %.

Octová kyselina, její páry, roztoky nebo aerosol mají výrazný místní dráždivý účinek. Pobyt v atmosféře obsahující páry nebo aerosol octové kyseliny vyvolává pálení očí, zarudnutí spojivek (ve vyšší koncentraci křeč víček), svědění v nose, pálivý pocit na patře a na prsou, nucení ke kašli, při větší expozici laryngitidu (zánět hrtanu), bronchitidu, zánět sliznic průdušek, při další expozici edém plic. Delší působení i malých koncentrací octové kyseliny v atmosféře poškozuje povrch zubů a zvyšuje jejich kazivost.

Koncentrovaná octová kyselina je schopna způsobit při vniknutí do očí trvalé zakalení rohovky (denaturuje její bílkoviny). Při požití koncentrované octové kyseliny se pokládá za smrtící několik desítek mililitrů.

První pomoc: Iritat

Vinná kyselina

Je toxikologicky nezávadná.

Diethylether (ether)

Má výrazný narkotický účinek a slabý účinek dráždivý. Při požití vyvolává opilost mnohem rychleji než ethanol, její trvání je však kratší. Smrt způsobuje požití asi 25-50 cm³ etheru.

Nebezpečí představuje i roztažení žaludku tlakem par. Akutní otrava inhalační je obdobná opilosti. Chronická otrava se projevuje neurotickými obtížemi: ztrátou chuti k jídlu a žaludečními nevolnostmi, bolestmi hlavy, spavostí. Kůži ethylether vysušuje a lehce dráždí.

První pomoc: Cendep, Iritat

Fenolftalein

Bezděčně objevený projímavý účinek fenolftaleinu (byl přidáván do vína) učinil z něj velmi široce používané laxativum (projímadlo). Po perorální dávce 50-250 mg se účinek dostavuje za 6-8 hodin. Účinkuje převážně na tlusté střevo a částečně se vstřebává, děti přežily dávky až 8 g. Vzácně vyvolal alergické kožní reakce po požití i po místní aplikaci.

První pomoc: Zyxter

Methyloranž

U psů vyvolávají větší dávky methyloranže zvracení. V seznamech karcinogenů vedena není. Používá se též jako fungicid (Dexon). U lidí přímo kůži nedráždí, může však vyvolávat ekzémy. U dospělého člověka je jednorázová smrtící dávka při požití asi 3,5 g.

První pomoc: Zyxter

1.5 Vysvětlení použitých toxikologických zkratk

Angelo

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vlažné vody nebo mléka či vody s rozmíchanými bílky (2-4 bílky do 1/2 litru) a snažit se o vyvolání zvracení.			Úplný tělesný klid, lékařská kontrola.

Angepi

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vlažné vody nebo mléka s rozmíchanými bílky (2-4 na 1/2 litru) vyvolat zvracení, pak podat 10 tablet aktivního uhlí (adsorbují chlor vznikající v žaludku reakcí KMnO_4 s HCl).	Rychlý a důkladný výplach vodou.		

Asacyn

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Rychle vypít přes 1/2 litru (vlažné) vody nebo (lépe, avšak jen tehdy, neznamená-li to větší zdržení) roztok $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (asi 5 vrchovatých lžiček do litru vody) a snažit se o vyvolání zvracení (drážděním hrdla).	Velmi rychle a důkladně vypláchnout oči.	Omýt kůži vodou, pak kůži omýt vodou a mýdlem nebo zředěným (20%) alkoholem a převléknout.	Vynést postiženého na čistý vzduch a nedýchá-li dostatečně sám: umělé dýchání (pozor, aby se neotrávil záchrance) a je-li k dispozici amylnitrit, dát ho co nejdříve postiženému vdechovat.

Asanox – dušení

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
			Rychle (avšak s ohledem na vlastní bezpečnost) dostat postiženého na čerstvý vzduch, zajistit průchodnost dýchacích cest. Nedýchá-li dostatečně sám: začít umělé dýchání. Nepracuje-li srdce: masáž srdce. Vytrvat v umělém dýchání a případné masáži srdce do příchodu lékaře.

Asatra

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
			Přenést postiženého na čerstvý vzduch. Zvrací-li, dbát, aby nevdechoval zvratky (poloha s hlavou na stranu). Je-li v bezvědomí, odstranit překážky dýchání (hleny ev. umělý chrup), tlačit dolní čelist vpřed, nedýchá-li sám: umělé dýchání (vytrvat!), nepracuje-li srdce: masáž srdce.

Bamelo

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vody nebo (lépe) roztoku Na ₂ SO ₄ (Karlovarská sůl) nebo MgSO ₄ (obojího asi 1 vrchovatá lžice do 1/2 litru vody) a snažit se o vyvolání zvracení (drážděním hrdla), nedopustit procházení, úplný tělesný klid, nedopustit ochlazení.			

Bonatec

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vody nebo suspence aktivního uhlí (asi 5 lžiček nebo 10 tablet na 1/2 litru) a snažit se o vyvolání zvracení.		Zasažené místo důkladně opláchnout vodou a kůži omýt vodou a mýdlem nebo roztokem NH ₄ Cl (3 vrchovaté lžice do litru vody).	

Broate

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vlažné vody nebo (lépe) roztoku Na ₂ S ₂ O ₃ (asi 5 lžiček do litru vody) a snažit se o vyvolání zvracení (drážděním hrdla).			

Broide

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1 litr slané vody obsahující 5 lžic NaCl na 1 litr, drážděním hrdla vyvolat zvracení.		Potřísněné místo rychle umýt vodou a namazat glycerolem	

Cendep

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Je-li postižený při vědomí: Vypít asi 1/2 litru vlažné vody, slané vody nebo sodovky a drážděním hrdla vyvolat zvracení. Po zvracení podat černou kávu. Je-li vědomí výrazně porušeno: nepokoušet se o vyvolání zvracení, pečovat o průchodnost dýchacích cest (poloha s hlavou na stranu, vyjmout předměty z úst, zaklonit hlavu a tlačít dolní čelist vpřed).	Rychlý a důkladný výplach vodou.	Kůži omýt vodou a mýdlem.	Přenést na čistý vzduch, pečovat o průchodnost dýchacích cest.

Closus

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Neuplynula-li od požití doba delší než půl hodiny: vypít 1/4-1/2 litru vody nebo mléka s rozmíchaným bílkem nebo moukou (polévková lžice do 1/4 litru), vyvolat zvracení.	Oči důkladně vypláchnout vodou.	Důkladně omýt vlažnou vodou a mýdlem.	

Cobelo

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít 1/2 litru vlažné slané vody (2 polévkové lžice soli do 1/2 litru), snažit se vyvolat zvracení.			

Crmate

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Ihned vypláchnout ústa vodou nebo mlékem. Neuplynulo-li od požití více než půl hodiny a je-li stav postiženého dobrý (bez větších bolestí břicha): vypít asi 1/2 litru vlažné vody nebo mléka a snažit se o vyvolání zvracení.	Rychle a důkladně vypláchnout vodou.	Důkladně omýt vodou a mýdlem.	

Cupelo

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vody nebo (lépe) mléka nebo roztok $K_4[Fe(CN)_6]$ (1 kávová lžička žluté krevní soli do 1/2 litru vody). O vyvolání zvracení se pokoušet jen do deseti minut po požití, pak již ne.	Rychlý a důkladný výplach vodou.	Kůži omýt vodou a mýdlem.	

Femelor

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru mléka nebo mléka s 3-4 rozšlehanými bílky. Neuplynulo-li od požití více než asi hodina, snažit se o vyvolání zvracení.	Rychle a důkladně vypláchnout vodou.	Omýt vodou a mýdlem.	

Ikelo

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vlažné vody nebo (lépe) mléka a snažit se o vyvolání zvracení.			

Iribas

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Ihned vyplachovat ústa vodou nebo mlékem a bezprostředně po požití (do pěti minut) pokusit se o vyvolání zvracení drážděním hrdla po vypití 1/4-1/2 litru vlažné vody, mléka nebo zředěného (1 : 5) octa; později se o vyvolání zvracení již nepokoušet, později (po pěti minutách) nedávat pít žádné větší množství tekutin; má-li postižený žízeň, dát mu napít jen nezbytné, co nejmenší množství mléka nebo zředěného (1:5 až 1 : 10) octa.	Vypláchnout co nejrychleji a co nejdůkladněji vodou; vyplachovat alespoň 10 minut, k dalšímu vyplachování použít borovou vodu, Ophthal.	Rychle opláchnout vodou, rychle odstranit nasáklý oděv a obuv, je-li nutné, ostříhat zasažené vlasy nebo vousy; po opláchnutí vodou přiložit na zasažená místa obklad s roztokem citrónové kyseliny.	Přenést postiženého na čistý vzduch (nenechat ho chodit). Vodou nebo vlažnou borovou vodou vypláchnout oči a ústa nebo i nosní dutinu. Potom ev. převléci oděv, úplný tělesný klid na lůžku se zákazem kouření; každý případ po větší expozici předat pod dohled lékaře.

Irisec

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
	Pokusit se rychle mechanicky nebo odsátím filtračním papírem, čistou tkaninou o odstranění přiškvařených kousků (neodstraňovat příliš hrubým násilím) Pak opláchnout dostatečným množstvím vody (15-30 minut oplachovat), k otevření víčka použít i menší násili. Nepokoušet se o neutralizaci ani asanaci! Zavolat lékaře.	Pokusit se rychle mechanicky nebo odsátím filtračním papírem, čistou tkaninou o odstranění přiškvařených kousků (neodstraňovat příliš hrubým násilím). Pak opláchnout dostatečným množstvím vody. Odstranit zasažený oděv, a je-li to nutné, tak ostříhat zasažené vlasy, vousy. Zasažená místa omýt vodou, mýdlem a opět vodou (1/2-2 hodiny).	

Iridac

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Ihned vyplachovat ústa vodou nebo (lépe) mlékem bezprostředně po požití (do pěti minut) je možno pokusit se o vyvolání zvracení drážděním hrdla po vypití 1/4-1/2 litru vlažné vody nebo mléka; později se o vyvolání zvracení již nepokoušet. Později (po deseti minutách) nedávat pít žádné větší množství tekutin; má-li postižený žízeň, dát mu napít jen nezbytného, co nejmenšího množství mléka nebo suspenze MgO (asi 3 lžice MgO do ½ litru vody). Po případném omytí a převlečení úplný tělesný klid na lůžku. Nedávat NaHCO ₃ (zažívací sodu)!	Zasažené oči vypláchnout co nejrychleji a co nejdůkladněji vodou; vyplachovat alespoň 10 minut. Nepokoušet se o neutralizaci!	Zasaženou kůži rychle opláchnout dostatečným množstvím vody, rychle odstranit nasáklý oděv a obuv. Je-li nutné, ostříhat zasažené vlasy nebo vousy; důkladně, avšak bez velkého mechanického dráždění omýt (vlažnou) vodou a mýdlem; po opláchnutí vodou přiložit na zasažená místa obklad s roztokem NaHCO ₃ (asi 5-15 lžic NaHCO ₃ do litru vody). Nesmí se dostat do očí! Klid na lůžku a výměna neutralizačních obkladů každých 10 minut. Po půl hodině je lze nahradit přikládáním kaše z NaHCO ₃ navlhčeného vodou. Výměna neutralizačních obkladů po dobu 1 až 2 hodiny.	Jde-li o větší expozici (déle než minutu trvající kašel nebo pocit pálení na hrudi), přenést postiženého na čistý vzduch (nenechat ho chodit). Vlažnou vodou vypláchnout oči, ústa (vyndat případnou protézu či rovnátka) i nosní dutinu. Po případném převlečení úplný tělesný klid na lůžku. Zákaz kouření. Každý případ po větší expozici předat pod dohled lékaře.

Iritat

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Ihned ústa vypláchnout vodou nebo mlékem. Do 5-10 minut vypít cca 1/2 litru vlažné, příp. slané vody či sodovky, snažit se o vyvolání zvracení (drážděním hrdla). Později nedávat pít žádné větší množství tekutin, ale na žádost postiženého či při známkách šoku podat pouze <u>malé</u> množství vody či čaje. Omýt, převléct, úplný klid na lůžku.	15-30 min vyplachovat vlažnou vodou, oko i násilím otevřít. Neprovádět žádnou neutralizaci v oku!	Opláchnout vodou (záleží více na rychlosti než na čistotě a teplotě), oplachovat po dobu 30-120 min nebo do příchodu lékaře. Odstranit potřísněný oděv, obuv, ostříhat zasažené vlasy, vousy.	Vynést na čistý vzduch, nedovolit kouřit, klid na lůžku, vypláchnout oči, ústa i nosní dutinu vlažnou vodou, vykloktat.

Jodeme

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru mléka nebo vody s rozmíchaným škrobem (moukou) nebo s rozšlehanými bílky. Nesnažit se o vyvolání zvracení.	Rychlý a důkladný výplach vodou.	Omýt vodou nebo (lépe) roztokem Na ₂ S ₂ O ₃ (5 lžic do litru vody), opláchnout vodou.	Úplný tělesný klid, zákaz kouření, lékař.

Jodide

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1 litr slané vody obsahující 5 lžic NaCl na 1 litr, drážděním hrdla vyvolat zvracení.			

Kalaka

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1 litr slané vody obsahující 5 lžic NaCl na 1 litr, drážděním hrdla vyvolat zvracení.			

Merano

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vlažné vody nebo (lépe) roztoku Na ₂ SO ₄ (asi 5 kávových lžiček do 1/2 litru vody) nebo roztoku NaHCO ₃ (3 kávové lžičky na 0,5 litru vody) nebo vody s rozšlehanými bílky (3 bílky na 0,5 litru vody). O vyvolání zvracení (drážděním hrdla) se intenzivně snažit jen asi do půl hodiny po požití. Co nejrychleji zařídit lékařské ošetření. Sdělit do telefonu přivolanému lékaři, že je nutná injekce BAL (= dimercaptol = dithioglycerin).			

Nasaka

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Při požití velkého množství vypít asi 1 litr vlažné vody, drážděním hrdla se snažit vyvolat zvracení.			

Porome

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vody nebo světle růžového roztoku KMnO ₄ a snažit se o vyvolání zvracení (drážděním hrdla).		Opláchnout proudem vody, odstranit pinzetou ulpívající kousky fosforu, zasažené místo opláchnout důkladně zředěným (3% roztokem) H ₂ O ₂ ; přikrýt gázou nebo čistou tkaninou ve vrstvě asi 2 cm. Nedávat žádnou mast!	

Pubano

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vlažné vody nebo (lépe) roztoku Na ₂ SO ₄ (asi 3 kávové lžičky do 0,5 litru vody), drážděním hrdla se snažit vyvolat zvracení, pak podat asi 10 tablet aktivního uhlí. Nepodávat mléko!	Rychlý a důkladný výplach vodou.	Kůži opláchnout vodou, omýt vlažnou vodou s mýdlem a pak důkladně opláchnout vodou.	

Zinelo

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
Vypít asi 1/2 litru vlažné vody (nebo lépe mléka), o vyvolání zvracení se drážděním hrdla snažit do 10 min po požití, pak už ne.	Rychlý a důkladný výplach vodou.	Omýt vodou a mýdlem, opláchnout vodou.	Čistý vzduch, výplach očí a úst vlažnou vodou. Úplný klid na lůžku, zákaz kouření.

Zyxter

Požítí	Zasažení očí	Potřísnění kůže	Nadýchání
V případě nutnosti masáž srdce a umělé dýchání. V bezvědomí dbát o průchodnost dýchacích cest. Při poruše vědomí, náběhu ke křečím nebo při náznacích poruchy krevního oběhu (bledost, promodráání, slabý či nepravidelný tep, obtížné dýchání) klid na lůžku, nepokoušet se o vyvolání zvracení, udržet tělesnou teplotu. Při dobrém celkovém stavu (nejde-li o požití petroleje, benzínu, terpentýnu ani většího množství silné žraviny) vypláchnout ústa vodou, vykloktat, vypít asi 1/2 litru vlažné vody a drážděním hrdla vyvolat zvracení.	Odstranit např. kapesníkem pevně nelpící tuhé částičky (zaseknuté střepey necháme na místě!) Odsát nastříkanou tekutinu. I násilím otevřít oko a po dobu 15-30 min proplachovat vlažnou vodou. Nepokoušet se o neutralizaci. Zavolat očního lékaře.	Opláchnout vodou, odstranit potřísněný oděv, obuv, případně ostříhat potřísněné vlasy a vousy.	Čistý vzduch, v případě nutnosti masáž srdce a umělé dýchání. Dbát o průchodnost dýchacích cest, udržovat tělesnou teplotu. Výplach očí, úst, nosní dutiny vlažnou vodou, vykloktat, omýt, převléknout, klid na lůžku, zákaz kouření.

1.6 Jiné náhlé příhody

Mdloba

Postiženého uložíme v klidu a uvolníme těsné části oděvu. Je-li v obličeji rudý, položíme ho hlavou mírně nahoru. Je-li bledý, uložíme ho hlavou mírně dolů a nohy poněkud zvedneme (podložíme). Přikládáme studené obklady na čelo, případně postříkáme obličej a hrudník studenou vodou. Zajistíme dostatečný přívod čerstvého vzduchu, kontrolujeme dech a srdeční činnost a podle závažnosti voláme lékaře.

Úrazy elektrickým proudem

Je-li někdo zasažen elektrickým proudem a dotýká se stále elektrického vedení, zajistíme ihned vypnutí proudu, tj. vypnutí pojistek, hlavního vypínače, apod. Nelze-li proud vypnout, smíme se postiženého dotknout jen v tom případě, že jsme sami izolováni (dřevem, gumou, apod.).

V případě, že postižený je v bezvědomí, zjistíme ihned, zda nedošlo k zástavě dýchání a krevního oběhu. Pokud ano, zahájíme ihned kříšení a okamžitě přivoláme lékařskou pomoc. **V kříšení nesmíme ustát** (často jde jen o zdánlivou smrt, která může trvat i několik hodin). Smrt může konstatovat pouze lékař.

Následující uvedené instrukce a pravidla se vztahují na dospělého člověka, ne na dítě!

- Umělé dýchání z úst do úst provedeme následně: Nejprve uvolníme dýchací cesty tzv. trojitým manévrem (záklon hlavy, otevření úst, předsunutí dolní čelisti) a odstraníme případné překážky v ústech či nose postiženého. Nezačne-li potom postižený sám dýchat, zahájíme umělé dýchání. Na ústa přiložíme resuscitační roušku a dvěma rychlými vdechy během 10 sekund (Nosní dírky postiženého je nutno rukou sevřít). Současně pohledem kontrolujeme zdvihání hrudníku, což je důkazem, že vdechnutý vzduch pronikl do plic (musí se zvedat hrudník, nikoliv břicho). Pokud se zvedá břicho, je nutno uvolnit cesty dýchací – zapadlý jazyk). Pak hmatáme tep na krční tepně. Je-li hmatný, pokračujeme v umělém dýchání rychlostí 1 vdech za 5 sekund.
- Nepřímá srdeční masáž: Postiženého uložíme na pevnou podložku. Levou ruku položíme prohnutou dlaní na hrudní kost postiženého tak, aby se prsty této ruky nedotýkaly žeber. Dolní okraj dlaně má být asi 3 cm nad hrotem mečovitého výběžku hrudní kosti. Pravou ruku položíme dlaní na levou. Napneme lokty a nakloníme se nad postiženého, aby tlak směřoval přímo dolů. Hrudník stlačujeme pravidelně, plynule a nepřerušovaně rychlostí asi 60× za minutu. Dlaně při stlačení musí klesnout asi o 3 cm pod původní polohu.
- Kombinace umělého dýchání a nepřímé srdeční masáže: Střídá se 15 stlačení hrudníku (celkem asi za 15 sekund) a 2 rychlé vdechy.

Popáleniny vzniklé elektrickým proudem ošetříme, jak bylo uvedeno u popálenin (str. 10).

1.7 Piktogramy



1.8 Koncentrace a hustoty některých žiravin

Látka	Koncentrace ³ hmotnostní (%)	Hustota (g cm ⁻³)
H ₂ SO ₄	98 %	1,836
HNO ₃	65 %	1,527
HCl	35 %	1,267
	10 %	1,047
CH ₃ COOH	99 %	1,049
NH ₃ – vodný roztok	25 %	0,907
	10 %	0,958

³ Kromě šedě označených údajů se jedná o koncentrace a hustoty neředěných, komerčně dodávaných výrobků.

2 NÁVODY K ÚLOHÁM

Upozornění

Součástí tohoto studijního materiálu je přiložené CD, na kterém jsou k většině úloh barevné fotografie sestavených reakčních aparatur, produktů reakce apod. nebo krátké videozáznamy (týká se především vybraných dějů a pokusů s toxickými látkami). Je v zájmu studentů se na ně podívat, aby se na práci v laboratoři připravili co nejlépe.

I. Demonstrační úlohy

Úloha 1 Chlor, jeho příprava a vlastnosti

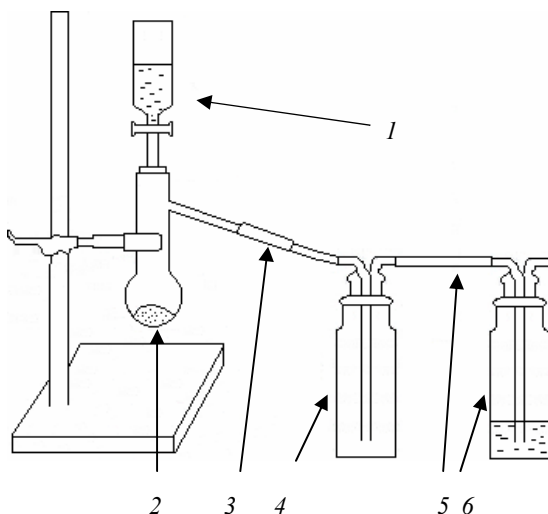
Chemikálie: HCl (zředěná z koncentrovaného 35% roztoku v objemovém poměru 1:1), KMnO₄, NaOH, C₂H₅OH

Pomůcky: 2 promývací válce, frakční baňka, spojovací hadičky, přikapávací nálevka, stojan se svorkou, barevný hadřík, červený a modrý lakmusový papír, jodidoškrobový papírek, kleště, svíčka připevněná k drátu, špejle

Postup

- pokus pro jeho časovou náročnost provádět na začátku⁴ laboratorního cvičení
- **je bezpodmínečně nutno pracovat v digestoři**
- sestavit aparaturu dle obrázku č. 1
- na dno frakční baňky vsypat asi 3 g KMnO₄
- do uzavřené dělicí nálevky vlit asi 30 cm³ roztoku HCl
- do promývacího válce na konci aparatury dát asi 1/3 jeho objemu nasyceného roztoku NaOH
- z dělicí nálevky ke KMnO₄ přikapávat roztok HCl (pozor, dělicí nálevka se nesmí úplně vyprázdnit!)
- vznikajícím chlorem naplnit promývací válec zařazený uprostřed aparatury a uzavřít jej zátkou
- s najímáním chlorem provést následující pokusy:
 - a) do promývacího válce vložit nejprve zapálenou špejli a poté hořící svíčku upevněnou na drátku, pozorovat probíhající děj
 - b) do válce s chlorem vhodit navlhčený jodidoškrobový papírek, navlhčený modrý a červený lakmusový papírek a kousek barevné látky předem namočené v ethanolu
 - c) ihned pozorovat chování jodidoškrobového papírku (studenty na ně předem upozornit), na konci cvičení sledovat změnu zbarvení ostatních barevných papírků, resp. hadříku

⁴ Provedení trvá dlouho, doporučuje se experimentem laboratorní cvičení zahájit.



Obr. 1: Aparatura pro přípravu chloru

- 1 – dělicí nálevka s HCl
- 2 – frakční baňka s $KMnO_4$
- 3 – spojovací hadička
- 4 – promývací válec (na jímání Cl_2 k pokusům)
- 5 – spojovací hadička
- 6 – promývací válec s NaOH (na likvidaci přebytečného Cl_2)

CD:

Obr.: Chlor je žlutozelený

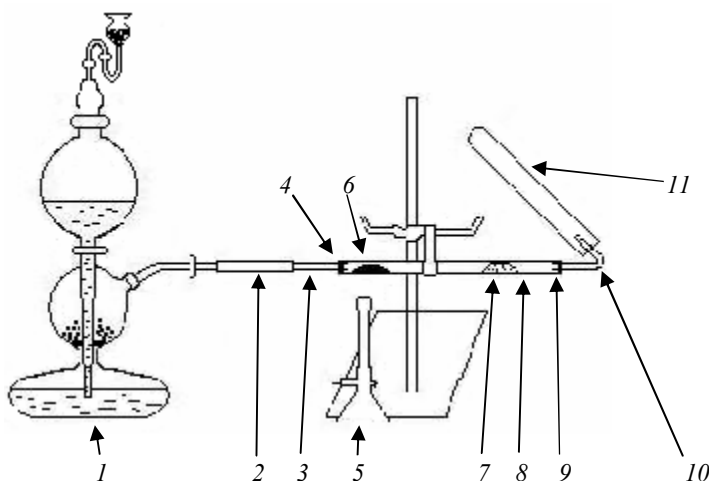
Úloha 2 Redukce oxidu olovnatého vodíkem

Chemikálie: PbO, bezvodý $CuSO_4$

Pomůcky: Kippův přístroj s náplní, křemenná reakční trubice, stojan na zkumavky, 3 zkumavky, 2 úzké chemické lžičce, trubička na odvod vodíku z Kippova přístroje, zúžená trubička pro spalování přebytečného vodíku, 2 zátky s otvorem pro trubičky na vodík, kahan, špejle.

Postup

- **pracovat v digestoři**
- do první třetiny křemenné reakční trubice vložit PbO (co nejužší hromádka vysoká asi do 1/3 tloušťky trubice)
- do druhé části umístit stejné množství bezvodého $CuSO_4$ ⁵
- sestavit aparaturu dle obrázku č. 2
- zkontrolovat těsnost všech spojení
- z Kippova přístroje reakční trubicí začít přivádět vodík



Obr. 2: Aparatura

- 1 – Kippův přístroj
- 2 – spojovací hadička
- 3 – spojovací trubička
- 4 – zátka
- 5 – kahan
- 6 – PbO
- 7 – $CuSO_4$
- 8 – reakční trubice
- 9 – zátka
- 10 – odvodná trubička
- 11 – zkumavka pro jímání vodíku ke zkoušce třaskavosti

⁵ $Cu SO_4$ musí být předem vysušený, tj. bílý. Místo $Cu SO_4$ lze do stejných míst kápnout roztok $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (viz Úloha 12). Pak jej kahanem zahříváme až do zmodrání. Pak trubicí otočíme modrou vrstvičkou nahoru. Teprve potom vkložíme PbO. Reakcí s vodou se modrý $CoCl_2$ mění na jeho růžový hexahydrát. Je nutno pracovat rychle, $CoCl_2$ snadno přijímá vzdušnou vlhkost.

- odvodnou trubičkou na konci aparatury vodík jímá do zkumavky na zkoušku třaskavosti⁶
- jímání vodíku a zkoušku opakovat tak dlouho, až z aparatury odchází čistý vodík.
- až je zkouška negativní (ozve se „plknutí“), vodík na konci hořáčku špejlí zapálit (plamen má být asi 2 cm vysoký, zregulujeme opatrně kohoutem na střední části Kippova přístroje)
- reakční trubici v místě s PbO zahřívat kahanem (**kahanem je nutno pohybovat, zahřívat mimo zátku a hadičku**)
- reakce začne probíhat a původně žlutý PbO se změní na černou látku
- průběh reakce je za příznivých okolností indikován také změnou barvy síranu měďnatého
- po zčernání výchozí látky odstavit kahan a vypnout přívod vodíku

Práce s Kippovým přístrojem⁷

- využívá se pro přípravu jakéhokoliv plynu, který vzniká reakcí kapaliny s tuhou látkou.
- do střední kulové baňky Kippova přístroje se umístí kousky pevné látky tak, aby pryžová destička s otvory bránila jejich propadnutí do spodní části přístroje
- kapalina se lije do horní baňky při uzavřeném kohoutku
- plyn se začne vyvíjet po otevření bočního kohoutku a je odváděn trubicí vycházející ze střední baňky do určené reakční nádoby
- vyvíjení plynu se zastaví uzavřením bočního kohoutku

CD:

Obr.: Aparatura

Obr.: Detail reakční trubice

Mov: Kontrola čistoty vodíku, zapálení přebytečného vodíku a redukce PbO vodíkem

Aud: Zvukový efekt: „štěknutí vodíku“

Aud: Zvukový efekt: „plknutí vodíku“

Úloha 3 Samozápalnost bílého fosforu

Chemikálie: bílý fosfor, CS₂

Pomůcky: filtrační papír, kleště, porcelánová miska velká (nad ní se zapaluje filtrační papír) a porcelánová miska malá (na rozpouštění bílého fosforu v sirouhlíku a na namáčení filtračního papíru)

Postup

- **pracovat v digestoři**
- v porcelánové misce s asi 5 cm³ CS₂ rozpustit kousek bílého fosforu velký asi jako zrnko hrášku (lze rozpouštět i větší kousek, zbytek bez oplachování vrátit do zásobní lahve)
- do roztoku namočit do harmoniky poskládaný proužek filtračního papíru o rozměrech asi 2×15 cm (držet v kleštích), studenty upozornit na toxicitu CS₂ i bílého fosforu
- konec namočené papírové harmoniky držet v kleštích a jemně s ní mávat nad velkou porcelánovou miskou, aby se CS₂ vypařil
- pozorovat chování schnoucího papíru

CD:

Mov: Provedení experimentu

⁶ Vodík tvoří se vzduchem výbušnou směs. Hoření takové směsi je doprovázeno velmi hlasitým efektem, tzv. *štěknutím*. Zahájit reakci v aparatuře naplněné takovou směsí je nebezpečné (hrozí výbuch a roztrhání aparatury se všemi dalšími důsledky). Čistý vodík při hoření vydá jen slabý zvuk, tzv. *plknutí*. Práce s čistým vodíkem je méně nebezpečná.

⁷ Studentům 1. a 2. ročníku je plnění a přenášení Kippova přístroje z bezpečnostních důvodů ZAKÁZÁNO. Uvedené operace provede laborant nebo vyučující před zahájením výuky.

Úloha 4 Chlorečnan draselný, bengálské ohně

Chlorečnan draselný tvoří bílé, lesklé krystalky, jejichž rozpustnost ve vodě silně vzrůstá s teplotou. Tato vlastnost umožňuje jeho čištění krystalizací. Chlorečnany tvoří s různými hořlavými látkami (sírou, uhlíkem, cukrem, škrobem aj.) prudce výbušné směsi, neboť chlorečnany jsou silná oxidační činidla. Při práci s chlorečnany je proto nutné důsledně dodržovat bezpečnostní předpisy! Platí přísný zákaz jejich odnášení z laboratoře.

Chemikálie: $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, KClO_3 , koncentrovaná H_2SO_4

Pomůcky: 9 listů papíru, třecí miska s tloučkem, 3 železné misky, ochranné rukavice, ochranný štít, 4 navažovací lžičky (ne plastové), pipeta

Postup

- **pracovat v digestoři!**
- zkontrolovat, zda třecí miska je čistá (nesmí obsahovat zbytky organických látek)
- nejprve si na dva listy papíru navážit 2 g NaNO_3 a 4 g škrobu⁸
- potom⁹ na třetí list papíru navážit 4 g KClO_3 , jsou-li v něm hrudky, pak jej rozetřít v suché a čisté misce (nesmí obsahovat zbytky organických látek)
- hmotnostní poměr látek bude tedy $\text{KClO}_3 : \text{NaNO}_3 : \text{škrob} = 2 : 1 : 2$
- látky v digestoři nasypat do železné misky a důkladně promíchat, až vznikne homogenní směs
- směs v misce postavit na dlaždici uprostřed digestoře, ostatní pomůcky odsunout na kraj digestoře
- směs nenechávat dlouho stát, mohlo by dojít k samovznícení
- chránit si obličej ochranným štítem a ruce gumovými rukavicemi, stáhnout čelní stěnu digestoře
- směs zapálit kapkou kyseliny sírové pomocí pipety, pozorovat průběh reakce a barvu plamene
- další dvě směsi namíchat obdobně, avšak místo NaNO_3 použít $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ nebo $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
- **použité listy papíru spálit v železné misce, neházet do koše!**

CD:

Mov: Bengálský oheň 1 (s $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)

Mov: Bengálský oheň 2 (s $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$)

Mov: Bengálský oheň 3 (s NaNO_3)

Úloha 5 Aluminotermie

Hliník je stříbrolesklý kov, velmi kujný a tažný. Poměrně dobře vede elektrický proud. Podle hodnoty jeho standardního elektrodového potenciálu je silně elektropositivní. Na vzduchu je stálý, neboť se pokrývá ochranným povlakem oxidu. Při styku s vodou se pokrývá souvislou vrstvičkou nerozpustného nereaktivního hydroxidu, čímž se stává vůči ní zcela odolným. Na velké afinitě hliníku ke kyslíku je založen významný způsob přípravy kovů, který se nazývá aluminotermie. Aluminotermicky lze mnohé kovy vyredukovat z jejich oxidů. Při reakci se uvolňuje velké množství tepla (reakce, přestože je nutno ji aktivovat zapálením reakční směsi, je silně exotermní a průběh je prudký až explozivní).

Chemikálie: hořčíková páska, práškový hliník, Fe_2O_3 , práškový hořčík, BaO_2

Pomůcky: kahan, kleště, kovová trojnožka, žáruvzdorný kelímek, železná miska s pískem

⁸ Dusičnan a škrob je možno navážit na celé cvičení dopředu např. do lékovek, krabiček od filmů apod. Velmi se tím šetří čas.

⁹ KClO_3 se nesmí dlouho nechat na papíře, protože KClO_3 je v kontaktu s organickou látkou výbušný.

Postup

- **pracovat v digestoři!**
- smícháním práškového hliníku s Fe_2O_3 v hmotnostním poměru 1:1 připravit tzv. *termit*
- do žáruvzdorného kelímku nasypat asi do dvou třetin termit
- kelímek vložit do železné misky s pískem
- uprostřed termitové směsi vyhloubit jamku
- připravit zápalnou směs smícháním BaO_2 s práškovým hořčíkem v objemovém poměru 1:1
- do jamky vložit asi 3 cm dlouhou hořčíkovou pásku
- pásku obsypat zápalnou směsí
- stáhnout čelní stěnu digestoře
- upozornit studenty na světelný a zvukový efekt
- nyní hořčíkovou pásku zapálit¹⁰ kahanem, postavit kahan dále od reakční směsi a ihned zcela uzavřít digestoř

CD:

Mov: Průběh reakce

¹⁰ Zápalnou směs lze zapálit také tak, že se převrství krystalickým manganistanem draselným, na který se přikápně pomocí pipety asi $0,5 \text{ cm}^3$ glycerinu. Směs se vznítí za 30-60 vteřin. Zápalnou směs lze zapálit také pomocí zápalky, na kterou se navlékne asi dvoucentimetrový knot a nechá se nasáknout ethanolem. Takto připravená zápalka se zasune do jamky termitové směsi hlavičkou dolů a nahoře zapálí pomocí špejle.

II. Vlastnosti látek

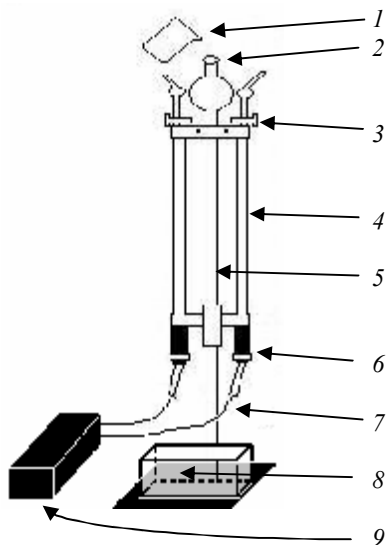
Úloha 6 Elektrolýza vody

Chemikálie: koncentrovaná H_2SO_4 , destilovaná voda

Pomůcky: Hofmannův přístroj, zdroj stejnoměrného elektrického napětí 12 V, grafitové elektrody, gumové rukavice, kapátko, kádinka 200 cm^3 , skleněná vana nebo dvě hluboké a široké misky

Postup

- přístroj v dolní části uzavřít zátkami s elektrodami, pod ně umístit skleněnou vanu, otevřít oba horní kohouty
- v kádince si připravit okyselenou vodu (asi 2 cm^3 H_2SO_4 do 150 cm^3 vody)
- Hofmannův přístroj opatrně¹¹ naplnit vodou okyselenou H_2SO_4 na začátek stupnice¹² (roztok nalévat středem horní části přístroje)
- nyní připojit stejnosměrný proud s 12 V napětí a nechat asi 2 minuty probíhat elektrolyzu
- za tu dobu se roztok v obou ramenech nasýtí vznikajícími plyny a měření bude přesnější
- kohouty uzavřít
- asi 5× po přibližně pěti až desetiminutových intervalech odečtete objemy plynů vznikajících u elektrod
- ukončení práce: obléci si rukavice, zkontrolovat, že pod přístrojem je skleněná vana, POMALU¹³ otevřít kohouty
- opatrně pomalu v rukavicích nad vanou povytáhnout jednu elektrodu, roztok H_2SO_4 vyteče do vany. Pak stejně vytáhnout i druhou elektrodu (pro vytečení zbytku roztoku)



Obr. 3: Plnění Hofmannova přístroje

- 1 – kádinka s okyselenou vodou pro plnění přístroje
- 2 – baňka pro vlévání okyselené vody a pro jímání vody vytlačené vzniklými plyny
- 3 – kohouty
- 4 – ramena pro vývoj plynů
- 5 – stojan
- 6 – elektrody
- 7 – elektrické vodiče
- 8 – bezpečnostní miska
- 9 – zdroj stejnosměrného napětí cca 12 V

¹¹ Okyselená voda (zředěný roztok H_2SO_4) se nesmí dostat do očí. Na rozdíl od byrety není možno hladinu kapaliny v Hofmannově přístroji citlivě regulovat pomocí odpouštění kohoutkem. Proto je nutno v závěrečné fázi okyselenou vodu přilévat pomalu.

¹² Školní přístroj má první vyznačenou hodnotu objemu na 2 cm^3 . Počáteční polohu hladiny tedy zvolíme na 2 cm^3 a tuto hodnotu budeme při dalších měřeních odečítat.

¹³ Při rychlém otevření se hladina kapaliny v přístroji rozhoupe a hrozí její vystříknutí a vniknutí do očí. Z toho důvodu je nutno kohouty otvírat pomalu.

Tab. 1: Záznam z měření (závislost objemu vzniklých plynů na čase)

Čas	cm ³ H ₂	cm ³ O ₂	cm ³ H ₂ : cm ³ O ₂

CD:

Obr.: Plnění Hofmannova přístroje

Obr.: Naplněný přístroj před začátkem elektrolyzy

Obr.: Detail vývoje kyslíku a vodíku

Obr.: Objemový poměr vzniklých plynů během experimentu

Úloha 7 Vlastnosti hydroxidu sodného

Chemikálie: NaOH (pecičkový)

Pomůcky: kádinka, lžička, teploměr, tyčinka, 2 uzavíratelné váženky nebo lékovky, z nich jedna uzavíratelná, odměrný válec 10 cm³

Postup

a) Pohlcování atmosférické vlhkosti hydroxidem sodným

- do dvou uzavíratelných nádobek navážit po cca 1 g NaOH (hmotnosti obou nádobek si zapsat s přesností na 0,01 g)
- jednu nádobku nechat otevřenou a druhou uzavřenou
- uložit na místo určené vyučujícím, nádoby označit svým jménem
- v úvodu dalšího cvičení obě nádobky opět zvážit s přesností na 0,01 g, použitý NaOH z otevřené nádobky použít v pokračování této úlohy (b), NaOH z uzavřené nádobky předat kolegům pro vypracování úlohy 7b.

Tab. 2: Záznam z měření (hmotnostní změny nádobky s NaOH)

	původní hmotnost (g)	konečná hmotnost (g)	přírůstek hmotnosti (g)
otevřená nádobka			
uzavřená nádobka			

b) Rozpouštění hydroxidu sodného

- do kádinky s 10 cm³ vody o předem změřené teplotě vsypat 1 g pevného NaOH (míchat tyčinkou)
- nyní opět změřit teplotu roztoku v kádince
- vzniklý roztok použít v úloze Vodík a jeho vlastnosti

Úloha 8 Vodík a jeho vlastnosti

Chemikálie: hliníkový plíšek, tuhý NaOH (použit od úlohy Vlastnosti NaOH), HCl (1:1), H₂SO₄ (1:1), CH₃COOH (1:1), granulovaný Zn

Pomůcky: 4 zkumavky, stojan na zkumavky, kádinka, tyčinka, kahan, chemická lžice, zátka s trubičkou

Postup

a) Reakce kyselin se zinkem

- do tří zkumavek nalít po asi 8 cm³ HCl, CH₃COOH, H₂SO₄ zředěné vodou v poměru 1:1
- do každé z nich vhodit granulku Zn

- pozorovat rychlost reakce, vyplnit tabulku

Tab. 3: Rozpis provedení experimentu

Zkumavka č.	8 cm ³	Přidat	Rychlost reakce
1	HCl	1 granulka Zn	1 – 2 – 3
2	CH ₃ COOH	1 granulka Zn	1 – 2 – 3
3	H ₂ SO ₄	1 granulka Zn	1 – 2 – 3

Rychlost doplnit dle sledování: 1 – nejrychlejší, 2 – střední, 3 – nejpomalejší

b) Reakce hliníku s koncentrovaným roztokem NaOH

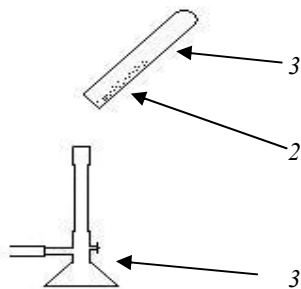
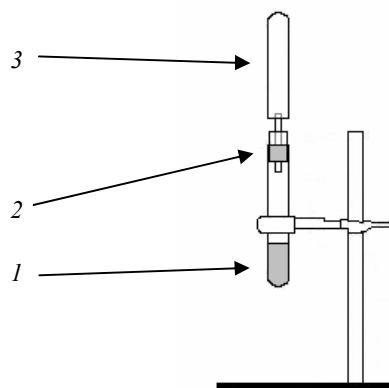
- do zkumavky uchycené ve stojanu na dno zasunout hliníkový plíšek (asi 3×3 cm, natrhaný či nastříhaný na kousky)
- přilít roztok NaOH (1 g na 10 cm³ vody připravený v úloze Vlastnosti NaOH), aby byl plíšek ponořený
- zkumavku uzavřít zátkou s trubičkou
- vznikající vodík jímat¹⁴ do zkumavky otočené dnem vzhůru
- vodík dokázat přiložením ústí zkumavky k plameni (zvuková¹⁵ zkouška)

Obr. 4: Uspořádání experimentu

1 – reakční směs

2 – zátka s trubičkou

3 – zkumavka na jímání vodíku, otočená dnem vzhůru



Obr. 5: Držení zkumavky při zkoušce na vodík

1 – zkumavka s najímaným vodíkem (je nutno ji přemísťovat ve svislé poloze dnem vzhůru)

2 – orosení zkumavky doprovázející důkaz vodíku

3 – kahan umístěný stranou od zkumavky, ve které je připravován vodík

CD:

Obr.: Jímání vodíku

Obr.: Držení zkumavky při zvukové zkoušce na vodík

Aud: Zvukový efekt: „štěkání vodíku“ – **NELEKNĚTE SE!**

Aud: Zvukový efekt: „plkání vodíku“

Mov: Provedení experimentu

¹⁴ Pozor, reakce hliníku s hydroxidem může být poměrně bouřlivá. Reakční směs může i „vykypět“ ze zkumavky. Nelekněte se a stále držte zkumavku s jímáním vodíkem dnem vzhůru. Dbejte však na to, aby se ústí zkumavky jímající vodík neumazalo od kypějícího roztoku. Pokud se umaže, nesahejte na ně.

¹⁵ Pozor, zvukový efekt může být velmi hlasitý. Před provedením zkoušky varujte spolužáky.

Úloha 9 Kyslík a jeho vlastnosti I

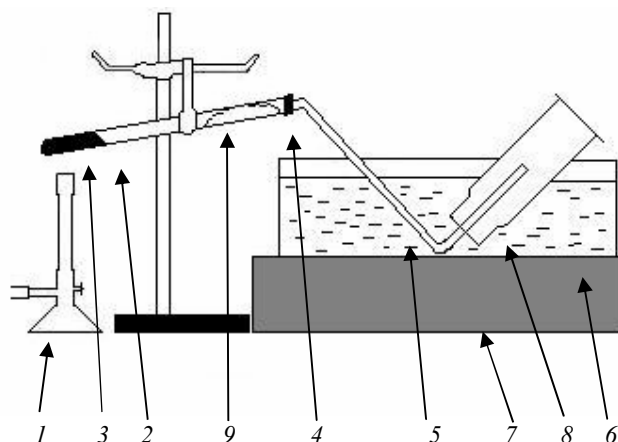
Chemikálie: pevný KMnO_4 , prášková síra

Pomůcky: lakmusový papír, 2 válce se zátkou, odvodná trubice se zátkou, skleněná vana, spalovací lžička, čedičová vata, pinzeta, kapátko, 2 skleněné destičky, zkumavka, kahan, lakmusový papír

Postup

- do zkumavky nasypat 5 g KMnO_4
- ústí zkumavky ucpat kouskem čedičové vaty (asi 2 cm dlouhý ve zkumavce)
- válec zcela naplnit vodou takto:
 - ponořit jej do vody ve vaně
 - nyní válec ve vaně otočit dnem vzhůru tak, aby zůstal zcela plný vody
- sestavit aparaturu dle obrázku číslo 6
- KMnO_4 mírně zahřívát (kahanem je nutno pohybovat, zkumavka **nesmí být zahřívána na jednom místě – hrozí prasknutí**)
- vznikající plyn jímat do válce
- až je válec plný plynu, přestat zkumavku zahřívát a válec pod hladinou uzavřít skleněnou destičkou
- válec vyjmout z vany, postavit dnem dolů a nechat zakrytý
- stejným způsobem naplnit plynem i druhý válec
- v plameni kahanu zapálit špejli, po 1-2 sekundách plamen sfouknout a IHNED vložit do prvního válce
- pozorovat probíhající děj
- do druhého válce pak vložit na spalovací lžičce hořící síru (**provádět v digestoři**)
- válec se naplní bílým dýmem, ten pohltnit vodou (do válce s dýmem vlít vodu, válec zakryt destičkou a obsah protřepat) – provádět v digestoři
- pH papírkem zjistit pH vzniklého roztoku viz obrázky 16-18 na CD

Obr. 6: Aparatura k úloze



- 1 – kahan
- 2 – KMnO_4
- 3 – zkumavka s KMnO_4
- 4 – zátká
- 5 – odvodná trubička
- 6 – vana s vodou
- 7 – podstavec
- 8 – válec pro jímání produktu
- 9 – čedičová vata

CD:

Obr.: Aparatura k úloze

Obr.: Doutnající (zapálená a pak sfouklá) špejle po vložení do kyslíku

Obr.: Hořící síra na vzduchu – detail

Obr.: Hořící síra vložená do kyslíku

Obr.: Pohlčení plynu (vzniklého hořením síry) ve vodě

Obr.: Odebrání kapky roztoku pro stanovení pH pomocí pH-papírku

Obr.: Nanesení kapky vzorku na pH-papírek

Obr.: Odhad pH srovnáním barvy navlhčeného pH-papírku se stupnicí

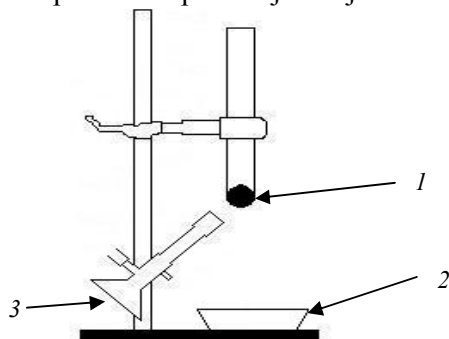
Úloha 10 Kyslík a jeho vlastnosti II

Chemikálie: dřevěné uhlí, NaNO_3 (chilský ledek)

Pomůcky: kahan, kleště, ochranný štít, stojan, železná miska s pískem

Postup

- **pracovat v digestoři**
- zkumavku s asi 2-3 g (asi 2 cm^3 , odhadneme od oka, na přesném množství nezáleží) NaNO_3 upevnit ve svislé poloze do stojanu
- pod ni postavit železnou misku s pískem
- plamenem roztavit chilský ledek (kahanem je **nutno pohybovat**)
- odsunout hořící kahan stranou
- do kleští uchopit kousek dřevěného uhlí velký asi jako hrášek až fazole
- uhlí v plameni zapálit a **ihned** je vhodit do zkumavky s roztaveným ledkem
- pozorovat probíhající děj



Obr. 7: Tepelný rozklad dusičnanu

- 1 – NaNO_3
- 2 – miska s pískem
- 3 – kahan

CD:

Obr.: Provedení první části experimentu

Obr.: Roztavený ledek

Obr.: Průběh reakce po vhození uhlí do zkumavky

Mov: Provedení experimentu

Úloha 11 Voda, tvrdost vody, důkaz vybraných aniontů

Chemikálie: $0,1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ AgNO}_3$, 10% H_2SO_4 , $0,2 \text{ mol dm}^{-3} \text{ KMnO}_4$, 15 % KSCN, vzorky vody: pitná, destilovaná, dešťová, minerální, znečištěná vodovodní („rezavá“).

Pomůcky: 5 hodinových sklíček, infralampa, 5 odměrných válců, 5 zkumavek, 5 kapátek, 1 cejchovaná zkumavka, 1 kádinka na proplach kapátek, stojan na zkumavky, černý papír, fix na sklo, houbička na nádobí

Postup

a) Přítomnost příměsí ve vodě

- na hodinových sklech¹⁶ pod infralampou odpařovat¹⁷ po 4 kapkách (tj. přibližně stejné malé objemy) pitné, dešťové, minerální, znečištěné vodovodní a destilované vody. Sklíčka při odpařování položit na černý papír (na papíře označit, který vzorek kam pokládáme).
- srovnat množství vzniklého odparku
- destilovanou vodou a houbičkou očistit skla od odparků

b) Reakce s AgNO_3

- do jednotlivých zkumavek nalít přibližně¹⁸ 3 cm^3 daných druhů vod
- do každé z nich přidat 4 kapky AgNO_3
- pozorovat změnu vlastností roztoků

¹⁶ Pokud skla nejsou čistá, přeleastit je hadříkem nebo houbičkou.

¹⁷ Sklíčka s vodou umístit na černém papíře na začátku výuky přímo pod infralampu. Tu zapnout, vzorky nechat odpařovat a přitom pracovat na dalších úkolech.

¹⁸ Odhadneme od oka. Na přesném objemu nezáleží. Vzorky lijeme bez nálevky přímo do určených zkumavek.

Tab. 4: Záznam z pozorování (množství a vlastnosti odparků)

Voda:	pitná	dešťová	minerální	znečištěná vodovodní	destilovaná
Množství odparku ¹⁹					
Sraženina či zákal ²⁰ s AgNO ₃					
Barva sraženiny či zákalu s AgNO ₃					

c) Reakce s KSCN

- do válců nalít po 20 cm³ jednotlivých druhů vod
- do každého přidat 2,5 cm³ H₂SO₄
- promíchat jemným potřepáním (neucpávat prstem)
- přidat 3 kapky roztoku KMnO₄
- obsah válců promíchat jemným protřepáním (neucpávat prstem)
- po 10 minutách přidat 2,5 cm³ 15% roztoku KSCN a protřepat
- pozorovat barevné změny

CD:

Obr.: Výsledek reakce různých druhů vody s KSCN

Úloha 12 Voda, hydráty, hydratace, dehydratace, solvatace

Chemikálie: bezvodý C₂H₅OH, krystalický CoCl₂ · 6 H₂O, destilovaná voda

Pomůcky: kádinka, kahan, porcelánový kelímeček, chemické kleště, trojúhelník, stojan, chemická lžice, tyčinka, zkumavka.

Postup

- v porcelánovém kelímku na trojúhelníku mírně zahřívát 0,25 g krystalického CoCl₂ · 6 H₂O tak dlouho, až ztratí krystalovou vodu (to se projeví změnou zbarvení a tím, že vzorek přestane bublat a prskat, výsledné zbarvení je blankytně modré); kahanem je nutno pohybovat
- vychladlou sůl přesypat do kádinky a přilít přibližně 5 cm³ bezvodého ethanolu (odhadem, není nutno měřit); sůl v ethanolu rozpustit; vzniklý roztok je blankytně modrý
- alkoholický roztok podvrstvit ve zkumavce asi 1 cm³ vody (odhadem), podvrstvení viz obr. 23-24 na CD
- pozorovat barevné změny

CD:

Obr.: Provedení podvrstvení

Obr.: Výsledek reakce – barevná změna

Úloha 13 Oxidačně-redukční (redoxní) reakce peroxidu vodíku

Chemikálie: KI, H₂SO₄ (1:1), 1% KMnO₄, 3% H₂O₂, škrobový maz (uchovávat v chladničce)

Pomůcky: 2 zkumavky, 4 kapátka, 2 zátky, kádinka

Postup

a) Oxidační účinky peroxidu vodíku

- ve zkumavce s vodou (asi 5 cm³) rozpustit asi 0,05 g KI
- okyselit jej zředěnou H₂SO₄ 1:1 (3 kapky, zamíchat třepáním)

¹⁹ Zaznamenejte přibližně: +++ hodně, ++ středně, + málo, – nic

²⁰ + vznikla sraženina, (+) vznikl zákal, – roztok beze změny

- přidávat po kapkách 3% peroxid vodíku (asi 5 kapek – nemíchat, sledovat hladinu), až vznikne první pozorovatelné žluté zbarvení
 - promíchat, odlít do kádinky asi 0,5 cm³
 - ke vzniklému žlutému roztoku přidat škrobový maz (1 cm³), zazátkovat, zamíchat
 - sledovat chování roztoku
 - pokud roztok nezmodrá, ale spíše zčerná (a případně v něm vznikne sraženina), přidáme k 0,5 cm³ roztoku uschovanému v kádince asi 5 cm³ destilované vody a pak 1 cm³ škrobového mazu; nyní by roztok měl zmodrat
- b) Redukční účinky peroxidu vodíku
- do zkumavky s 1 kapkou roztoku KMnO₄ přidat 5 cm³ H₂O
 - okyselit jej zředěnou H₂SO₄ 1:1 (3 kapky, zamíchat třepáním) a přidat 1 cm³ 3% H₂O₂
 - sledovat barevnou změnu roztoku

Úloha 14 Charakteristické barvení plamene ionty alkalických kovů a kovů alkalických zemin

Chemikálie: (přibližně) 1 mol dm⁻³ nasycené roztoky chloridů Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba v zásobních lahvích či zkumavkách uzavřených uzávěry s platinovými drátky), koncentrovaná HCl, neznámý vzorek

Pomůcky: kahan, platinové drátky (místo platinového drátku lze použít i tuhu), stojan se zkumavkami

Postup

- Pt²¹ drátek namočit do HCl a vyžít, až přestane barvit plamen
- sodnou sůl nanášet do plamene až nakonec, jelikož sodík má vysokou intenzitu barvení plamene a proto i v malé koncentraci ruší zbarvení plamene způsobené ostatními ionty
- vyžít Pt drátek ponořit do roztoku soli a vnést do plamene
- pozorovat barvu a intenzitu zbarvení plamene
- tyto tři kroky opakovat se všemi roztoky solí i s neznámým vzorkem, sodnou sůl zkoumat až jako poslední

CD:

Obr.: Příklady barvení plamene

Úloha 15 Elektrolýza vodného roztoku chloridu sodného

Chemikálie: fenolftalein, jodidoškrobový papírek, nasycený roztok NaCl

Pomůcky: U-trubice, zdroj stejnosměrného napětí 12 V, 1 zkumavka, kahan

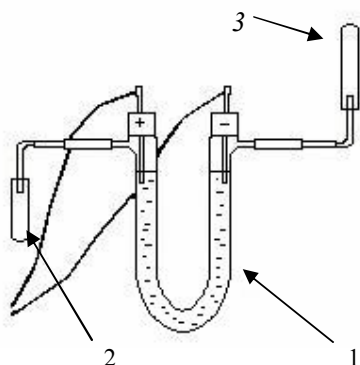
Postup²²

- U-trubicí naplnit nasyceným roztokem NaCl
- sestavit aparaturu dle obrázku č. 8
- do katodového prostoru přidat 3 kapky fenolftaleinu
- zapnout zdroj stejnosměrného napětí (12 V)
- elektrolýzu provádět asi 5 minut
- sledovat zbarvení roztoku v katodové oblasti
- plyn vznikající na katodě jímat do zkumavky otočené dnem vzhůru

²¹ Pokud jsou láhve nebo zkumavky s roztoky solí uzavřeny uzávěry s platinovým drátkem, je nejlépe použít vždy drátek z uzávěry. Po použití je nezbytně nutné vrátit uzávěry do správných láhví (zkumavek).

²² Úloha může být časově velmi náročná, proto je vhodné jí cvičení zahájit.

- ověřit zkoušku hořlavosti
- pokud nedojde ke zvukovému efektu, nechat elektrolyzu probíhat podstatně déle (např. do konce cvičení) a stále jímát plyn v katodové oblasti; pozor, **v blízkosti aparatury se nesmí pracovat s otevřeným plamenem** – nebezpečí výbuchu
- k plynu vznikajícímu na anodě opatrně čichnout
- navlhčeným jodidoškrobovým papírkem ověřit oxidační vlastnosti tohoto plynu (vsunout jej do trubice vycházející z anodové oblasti)
- pokud nedojde ke změně zbarvení, vypnout zdroj stejnosměrného napětí a navlhčený papírek přímo vsunout nad hladinu v anodové oblasti



Obr. 8: Aparatura pro elektrolyzu nasyceného roztoku NaCl

1 – U-trubice s vodným roztokem NaCl

2 – zkumavka pro jímání plynu vznikajícího v anodové oblasti

3 – zkumavka pro jímání plynu vznikajícího v katodové oblasti

CD:

Obr.: Aparatura

Úloha 16 Reakce Na, K, Ca s vodou

(reakci s draslíkem provádí vyučující)

Chemikálie: alkoholický roztok fenolftaleinu, Ca, Na, K, H₂O

Pomůcky: 3× drátěné pletivo, ochranný štít, kleště nebo pinzeta, 3 skleněné misky, skleněná tyčinka, 3 skleněné destičky (kryty na misky), skleněná mistička na krájení kovů, nůž

Postup

a)

- do připravených misek nalít destilovanou vodu do výšky asi 2 cm, vložit do nich drátěné pletivo, zakrýt skleněnou destičkou
- do každé misky přidat 3-4 kapky alkoholického roztoku fenolftaleinu a zamíchat tyčinkou
- nasadit si ochranný štít
- do první misky vhodit²³ pomocí kleští²⁴ nebo pinzety kousek vápníku, do druhé kousek sodíku, do třetí vhodí vyučující kousek draslíku (vždy velký asi jako ½ hrášku). Misku ihned po vhození kovu opět zakrýt skleněnou destičkou.
- sledovat průběh reakcí (intenzita děje, vývoj plynů, změna zbarvení roztoku, případné další změny a jevy)

²³ Pracovat opatrně, při reakcích používat ochranný štít, nikdy nebrat uvedené kovy do rukou, zbytky nevyhazovat do vodovodního potrubí ani koše, ale vrátit je do zásobních lahví a použít při dalších reakcích. Příprava kousků kovů (řezání) musí probíhat na určené kovové misce. Veškeré nástroje použité pro práci s kovy (kleště, nůž) ukládat pouze na určenou kovovou misku. Likvidaci zbytků kovů ulpělých na noži, kleštích a misce provede na konci semestru laborant nebo vedoucí cvičení (ethanolem).

²⁴ Pokud by kov ulpěl na kleštích (pinzetě) a nepadal z nich do vody, lze mu napomoci postrčením nožem. V žádném případě kleštěmi neklepeme o okraj misky.

b)

- misky vodovodní vodou opláchnout a pokus opakovat se sodíkem, avšak nevkládat jej přímo do vody v misce, ale na filtrační papír (cca 5×5 cm) plovoucí na hladině

CD:

Obr.: Misky s ochranným pletivem

Obr.: Vložení draslíku do vody

Obr.: Vznícení vodíku vzniklého reakcí draslíku s vodou

Mov: Videozáznam reakce sodíku s vodou

Mov: Videozáznam reakce sodíku s vodou na filtračním papíře

Úloha 17 Hoření hořčíku a reakce hořčíku s vodou

Chemikálie: hořčíková páska, roztok fenolftaleinu

Pomůcky: Erlenmeyerova baňka, kahan, kleště, špejle, keramická síťka, svíčka

Postup

- v Erlenmeyerově baňce přivést k varu 100 cm³ vody
- až uniká viditelné množství vodní páry, zasunout do hrdla Erlenmeyerovy baňky postupně hořící špejli a hořící svíčku
- pozorovat, co se stane s plamenem
- pomocí kleští vsunout do hrdla asi 5-10 cm dlouhou hořící hořčíkovou pásku
- pozorovat, co se stane s plamenem
- produkt reakce nechat spadnout do vody v baňce
- po skončení reakce vypnout kahan, po částečném vychladnutí k obsahu Erlenmeyerovy baňky přidat 3-5 kapek roztoku fenolftaleinu a poznačit si výsledek

CD:

Mov: Provedení experimentu

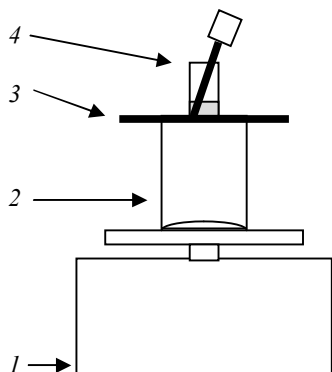
Úloha 18 Stanovení molární hmotnosti CaCO₃

Chemikálie: 20% HCl, práškový CaCO₃

Pomůcky: kádinka 250 cm³ (raději užší a vyšší), kádinka 50 cm³, chemicky odolný kryt kádinky s otvorem uprostřed (vhodný je nefunkční CD-disk), odměrný válec 20 cm³, kapátko

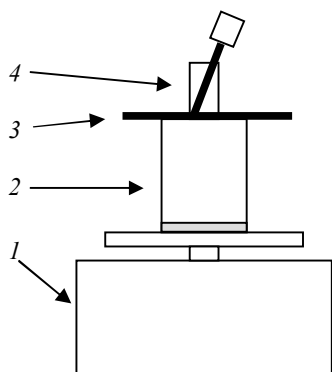
Postup

- **po celou dobu provádění experimentu je nutno zůstat u předvážek a zabezpečit, aby žádná z pomůcek neupadla a aby roztok HCl nevytekl do vah**
- na dno větší kádinky na předvážkách navážit přibližně 2 g práškového CaCO₃ (hmotnost CaCO₃ zjistit s přesností na desetiny gramu m₁)
- kádinku s CaCO₃ ponechat na vahách a zakrýt ji krytem, na kryt postavit menší kádinku obsahující přibližně 15 cm³ 20% HCl (přibližně o 50% více, než je nutné ke zreagování veškerého naváženého CaCO₃), do kádinky umístit kapátko
- zapsat hmotnost celé soustavy (obě kádinky i s obsahem, kryt a kapátko) s přesností na desetiny gramu m₂
- od této chvíle nesmí být použita funkce TARE ani žádná jí podobná, váhy nevypínat
- nasadit si ochranný štít
- roztok HCl opatrně pomocí kapátka otvorem vlít do velké kádinky (kryt po celou dobu ponechat na kádince)
- malou kádinku ani kapátko nečistit od ulpělých kapek roztoku HCl, ihned je postavit zpět na kryt
- po ukončení reakce opět zjistit hmotnost celé soustavy m₃
- uklidit na vahách a v jejich okolí



Obr. 9a: Schéma uspořádání před zahájením reakce (určení m_2)

- 1 – předvážky (!Ne analytické váhy!)
 2 – velká kádinka s CaCO_3
 3 – kryt
 4 – malá kádinka s roztokem HCl a kapátkem



Obr. 9b: Schéma uspořádání po reakci (určení m_3)

- 1 – předvážky (!Ne analytické váhy!)
 2 – velká kádinka s reakčními produkty (kromě plynného)
 3 – kryt
 4 – malá kádinka se zbytky ulpělého roztoku HCl a s kapátkem

CD:

Obr.: Schéma uspořádání před zahájením reakce

Obr.: Schéma uspořádání po reakci

Mov: Provedení experimentu

Úloha 19 Adiční reakce bromové vody s ethylenem

Chemikálie: bromová voda, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, Al_2O_3

Pomůcky²⁵: odvodní trubice, smotek čedičové vaty, skleněná vana, stojan se svorkou, 2 zkumavky, kádinka, tyčinka, zátka na zkumavku, kahan

Postup

- do zkumavky vpravit asi 3 cm vysokou vrstvu kašovitě směsi Al_2O_3 s ethanolem
- převrstvit suchým práškovým Al_2O_3 o stejném objemu
- do ústí zkumavky volně zasunout smotek čedičové vaty
- zkumavku uzavřít zátkou s odvodnou trubičkou
- trubičku zasunout do vody ve vaně, aby se plyn dal jímat nad vodou do zkumavky
- zkumavku upevnit mírně našikmo (ústím trošku nahoru) do stojanu
- zkontrolovat kvalitu spojovacích hadiček a těsnost všech spojů.
- v místě se suchou vrstvou Al_2O_3 ji mírně zahřívát
- vznikající plyn jímat do zkumavky
- po ukončení vývoje plynu nejprve rozpojit aparaturu, pak přestat zahřívát
- do zkumavky s plynem přidat (v digestoři!) asi 2 cm³ bromové vody a protřepat
- pozorovat změny

²⁵ Tuto úlohu provádět ve stejné vyučovací lekci jako úlohu Příprava kyslíku tepelným rozkladem halogeničnanů (obě úlohy potřebují velmi podobné vybavení a aparaturu).

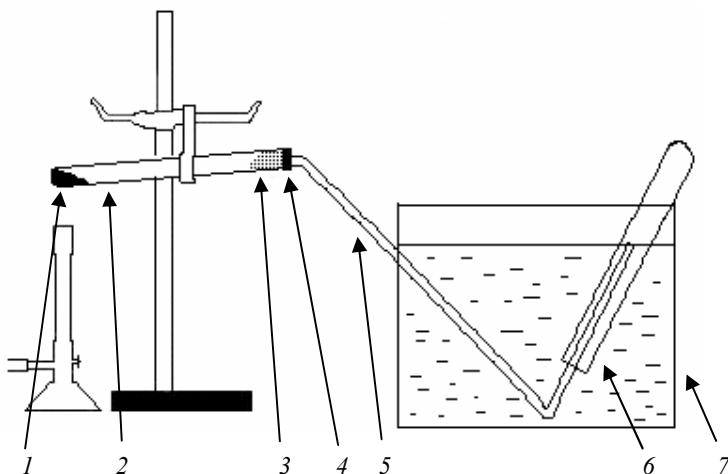
Úloha 20 Příprava kyslíku tepelným rozkladem halogeničnanů

Chemikálie: KBrO_3 ²⁶

Pomůcky: zkumavka, cejchovaná zkumavka, zahnutá skleněná trubička, skleněná vana, stojan se svorkami, teploměr, tlakoměr, skelná vata, kahan

Postup

- zkumavku s přibližně 0,07 až 0,1 g KBrO_3 (hmotnost je nutno znát na 0,0001 g přesně²⁷) umístit mírně našikmo (ústím poněkud nahoru) do stojanu
- do ústí zkumavky volně zasunout smotek skelné vaty (jeho úkolem je zachytávat případně se rozstříkující krystalky)
- k ní připojit skleněnou trubici na konci zahnutou, ponořit ji do vany s vodou
- na skleněnou trubici nasadit zkumavku s cejchováním objemu, zcela naplněnou vodou
- KBrO_3 kahanem zahřívát tak dlouho, dokud se taví a uniká kyslík (bublinky vytlačující vodu z cejchované zkumavky); kahanem je nutno pohybovat
- změřit teplotu a tlak v místnosti
- změřit objem vzniklého kyslíku



Obr. 10: Aparatura

- 1 – KBrO_3
- 2 – zkumavka s KBrO_3
- 3 – skelná vata
- 4 – zátka
- 5 – odvodná trubička
- 6 – cejchovaná zkumavka na jímání vznikajícího kyslíku
- 7 – skleněná vana s vodou

CD:

Obr.: Aparatura

²⁶ Lze použít také KClO_3 nebo KIO_3

²⁷ Vážení provedeme tak, že prázdnou zkumavku vytárujeme na analytických vahách, přidáme KBrO_3 „na špičku nože“ a zvážíme.

Úloha 21 Princip chladicích směsí

Chemikálie: H₂O, drcený led, NaCl nebo bezvodý CaCl₂

Pomůcky: malá kovová nádobka s rovným dnem (např. plechovka), podložka, 2 lžičky, teploměr, hadr, kladívko

Postup

- na podložku nalít odhadem asi 3 cm³ vody (i vodovodní)
- do ní postaví kovovou nádobku
- led zabalit do hadru a na podlaze roztlouct kladivem na jemnou tříšť
- do nádobky nasypat trochu drceného ledu a přidat čistou lžičkou NaCl (v poměru hmotností cca 3:1) nebo CaCl₂ (v poměru hmotností cca 3:2)
- jednou rukou přitlačit plechovku k podložce a druhou asi 1 minutu míchat směs (druhou lžičkou)
- změřit teplotu směsi
- uchopit nádobku a opatrně ji zvednout asi 5 cm nad pracovní desku stolu
- pozorovat chování podložky

CD:

Obr.: Provedení experimentu

Mov: Provedení experimentu

Úloha 22 Síra a její vlastnosti

Pracovat v digestoři!

Chemikálie: síra, CS₂

Pomůcky: síťka s keramickou výplní, filtrační papír, hodinové sklíčko, kleště, kahan, kruh, nálevka, nůž, porcelánový kelímek, stojan, železná miska s pískem, chemická lžice, kádinka, asi 5 cm dlouhý hřebík

Postup

a) Příprava kosočtverečné modifikace síry

- 10 cm³ sirouhlíku nasytit práškovou sírou
- roztok ihned přefiltrovat přes skládaný filtr na hlubší hodinové sklíčko
- nechat v digestoři krystalizovat
- pozorovat tvar vzniklých krystalků (**kosočtverečná síra**)²⁸

b) Příprava jednoklonné modifikace síry a plastické síry

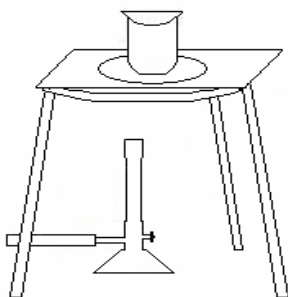
- ve vyšším porcelánovém kelímku (zakrytém hodinovým sklíčkem, aby síra nezačala hořet) roztavit tolik síry, aby tavenina sahala 1 cm pod okraj kelímku. S hodinovým sklíčkem zacházet opatrně²⁹. Během tavení síra v kelímku klesne. Pak je nutno odstavit kahan a síru dosypat.
- v plameni nahřát kleště
- kelímek přenést zahřátými kleštěmi do pískové lázně

²⁸ Po usušení a dokončení tohoto cvičení vložte kosočtverečnou, jednoklonnou i plastickou síru do kelímku, v němž jste síru tavili (viz úkol b).

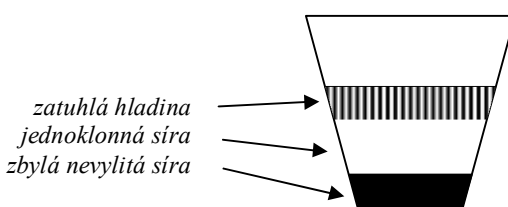
²⁹ Při manipulaci musí mít sklíčko stejnou teplotu jako předměty, jichž se dotýká. Chcete-li horké sklíčko uchopit do kleští, je nutno kleště napřed nahřát. Chcete-li sklíčko položit na horký kelímek, je nutno napřed nahřát sklíčko. Horké sklíčko neodkládáme na pracovní desku v digestoři, ale chvíli je podržíme v kleštích, aby vychladlo.

- písek ke kelímku přihnout a obsah kelímku nechat pozvolna chladnout; na střed hladiny foukat, aby také zatuhl (**nadechovat se v prostoru mimo digestoř!**)
- jakmile se vytvoří tuhá vrstva na povrchu taveniny (je vidět změna charakteru hladiny, ale ztuhnutí je možno vyzkoušet i hřebíkem), prorazit ji hřebíkem na protilehlých stranách a jedním z otvorů vylít zbylou nevykrytalizovanou síru do kádinky se studenou vodou (v kádince s vodou vznikne **plastická síra**)
- nepřeklápět kelímek a odkrojit souvislou vrstvu tuhé síry, která překrývá jehličkovité krystaly její **jednoklonné** modifikace
- po ukončení práce přemístit všechny zbytky síry do porcelánového kelímku použitého v postupu b).

Obr. 11: Tavení síry (kelímek se sírou dejte na sítku, ne do trojhránku. Omezíte tím možnost jejího zapálení).



Obr. 12: Různé druhy síry v kelímku po tavně



CD:

Obr.: Tavení síry

Obr.: Filtrace sírouhlikového roztoku síry

Obr.: Kosočtverečná modifikace síry

Obr.: Tuhnutí roztavené síry při přípravě jednoklonné síry

Obr.: Plastická a jednoklonná síra

Úloha 23 Analytické reakce vybraných aniontů

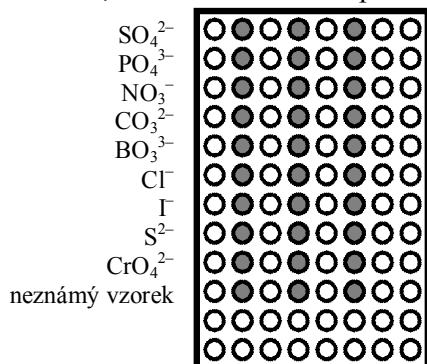
Chemikálie: roztoky o koncentraci $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ (vše v nádobkách s kapátkem) obsahující anionty SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , I^- , S^{2-} , BO_3^{3-} , CrO_4^{2-} , $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ roztoky AgNO_3 a BaCl_2 , 1 mol dm^{-3} roztoky HNO_3 , CH_3COOH a HCl , neznámý vzorek (zadá vyučující).

Pomůcky: 3 skleněné kapkovací destičky nebo průhledná mikrotitrační destička

Postup

- po jedné kapce každého zkoumaného roztoku včetně neznámého vzorku dát do tří sousedních důlků tečkovací destičky (kapek tedy bude $3 \times 10 = 30$, naznačeno na obrázku č. 14)
 - ke každému vzorku včetně neznámého (celkem do 10 jamek v **prvním** sloupci destičky) přidat 1 kapku AgNO_3
 - ke každému vzorku včetně neznámého (celkem do 10 jamek v **druhém** sloupci destičky) přidat 1 kapku BaCl_2
 - ke každému vzorku včetně neznámého (celkem do 10 jamek v **třetím** sloupci destičky) přidat 1 kapku vody (srovnání)
 - pozorovat a do tabulky zapsat vznik a barvu sraženin, případně změnu barvy kapek
- k těm vzorkům, které s AgNO_3 vytvořily sraženinu, přidat po jedné kapce HNO_3
 - pozorovat, zda se sraženina rozpouští
- k těm vzorkům, které s BaCl_2 vytvořily sraženinu, přidat po jedné kapce CH_3COOH , počkat 15 minut

- pozorovat, zda se sraženina rozpouští
- d) k těm vzorkům, které s BaCl₂ vytvořily sraženinu a ta se v bodě c) přidáním CH₃COOH nerozpustila, přidat 1 kapku HCl
- pozorovat, zda se sraženina rozpouští



Obr. 13: Kapkovací (nebo mikrotitrační) destička; šedě je naznačeno vhodné rozmístění vzorků.

Tab. 5: Přehledné znázornění skupinových analytických reakcí vybraných aniontů³⁰.

	Sraženina s AgNO ₃	Sraž. s AgNO ₃ nerozp v HNO ₃	Sraženina s BaCl ₂	Sraž. s BaCl ₂ nerozpustná v CH ₃ COOH	Sraž. s BaCl ₂ nerozpustná v HCl
SO ₄ ²⁻	(+)	–	+ bílá	+ bílá	+ bílá
PO ₄ ³⁻	+ žlutá	–	+ bílá	–	–
NO ₃ ⁻	–	–	–	–	–
CO ₃ ²⁻	+ světle žlutá	–	+ bílá	–	–
BO ₃ ³⁻	(+) světle žlutá, jen z konc. roztoku	–	(+) bílá, jen z konc. roztoku	–	–
Cl ⁻	+ bílá	+ bílá	–	–	–
I ⁻	+ žlutá	+ žlutá	–	–	–
S ²⁻	+ černá	(+) černá	–	–	–
CrO ₄ ²⁻	+ červenohnědá	–	+ světle žlutá	+ světle žlutá	–

+ ... vzniká sraženina, (+) ... sraženina vzniká jen v případě koncentrovaného roztoku, – ... sraženina nevzniká

Úloha 24 Oxidačně-redukční (redoxní) vlastnosti kovů, reakce mědi s kyselinami

Chemikálie: 2 mol dm⁻³ HNO₃, 2 mol dm⁻³ HCl, 0,1 mol dm⁻³ ZnSO₄, 0,1 mol dm⁻³ CuSO₄, 0,1 mol dm⁻³ FeSO₄, Zn plech, Cu plech, dlouhý Fe hřebík

Pomůcky: stojan se 2 zkumavkami, smirkový papír, 4 kádinky, držák na zkumavky, kahan

Postup

a) Srovnání redoxních vlastností mědi a zinku

- do 20 cm³ (odhadem, neměřit) 0,1 mol dm⁻³ CuSO₄ zčásti ponořit zinkový plech (předem očištěný smirkovým papírem) = pokus (A)
- do 20 cm³ (odhadem, neměřit) 0,1 mol dm⁻³ ZnSO₄ zčásti ponořit měděný plech (předem očištěný smirkovým papírem) = pokus (B)
- počkat asi 15 minut (zatím lze provádět jiné úkoly)
- zhodnotit proběhlé děje

CD:

Obr.: Provedení a výsledek experimentu A, B

³⁰ Dle [15].

b) Srovnání redoxních vlastností železa a mědi

- do 20 cm³ (odhadem, neměřit) 0,1 mol dm⁻³ FeSO₄ zčásti ponořit proužek měděného plechu = pokus (C)
- do 20 cm³ (odhadem, neměřit) 0,1 mol dm⁻³ CuSO₄ zčásti ponořit³¹ železný hřebík = pokus (D)
- počkat asi 15 minut (zatím lze provádět jiné úkoly)
- zhodnotit proběhlé děje

CD:

Obr.: Výsledek experimentu C, D

c) Reakce mědi s kyselinami

- do dvou zkumavek vložit osmirkované měděné plíšky
- do první zkumavky přilít (odhadem) asi 2 cm³ 2 mol dm⁻³ HCl
- do druhé zkumavky přilít (odhadem) asi 2 cm³ 2 mol dm⁻³ HNO₃
- obě zkumavky mírně zahřát
- děje pozorovat a výsledky porovnat

CD:

Obr.: Měď s HCl a s HNO₃

Úloha 25 Reakce K₂Cr₂O₇, KMnO₄ a Na₂SO₃

Chemikálie: 0,01 mol dm⁻³ K₂Cr₂O₇, konc. H₂SO₄, 0,01 mol dm⁻³ KMnO₄, Na₂SO₃ (s)

Pomůcky: 2 zkumavky, stojan na zkumavky, chemická lžice

Postup

a) Reakce K₂Cr₂O₇ se Na₂SO₃

- do roztoku K₂Cr₂O₇ (3 cm³) přidat 3-5 kapek H₂SO₄
- jemným potřepáním promíchat (neucpávat prstem)
- přidat tolik Na₂SO₃ (s), až se přestane měnit barva roztoku (asi na špičku nože)
- zaznamenat výsledné zbarvení roztoku



b) Reakce KMnO₄ s Na₂SO₃

- do roztoku KMnO₄ (3 cm³) přidat 3-5 kapek H₂SO₄
- jemným potřepáním promíchat (neucpávat prstem)
- přidat tolik Na₂SO₃ (s), až se přestane měnit barva roztoku (asi na špičku nože)
- pozorovat výsledné zbarvení roztoku



CD:

Obr.: Úloha a): zbarvení roztoků

Obr.: Úloha b): zbarvení roztoků

³¹ Oba ponořované předměty předem očistit smirkovým papírem

Úloha 26 Závislost reakční rychlosti na teplotě a koncentraci reaktantů

Chemikálie: 25% H₂SO₄ (= roztok A), 0,5 mol dm⁻³ (COOH)₂ (= roztok B),
0,04 mol dm⁻³ KMnO₄ (= roztok C)

Pomůcky: 4 kádinky 100 cm³, odměrné válce 5 cm³ (2 ks), 50 cm³ (2 ks), stojan, keramická síťka, pipeta (3 ks), stopky nebo hodinky s vteřinovou ručičkou

Postup

a) Závislost reakční rychlosti na teplotě

přípravit 2 kádinky (100 cm³), dále postupovat dle následujícího rozpisu (dodržovat pořadí operací ve směru zleva doprava v rozpise), změřit dobu potřebnou k dosažení změny zbarvení roztoku (charakterizuje rychlost reakce):

Tab. 6: Záznam z měření (doba potřebná ke změně zbarvení roztoků)

Číslo kádinky	roztok A	roztok B	destilovaná voda	teplota	roztok C	Doba potřebná ke změně zbarvení
1	5 cm ³	2,5 cm ³	50 cm ³	pokožová	2 cm ³	
2	5 cm ³	2,5 cm ³	50 cm ³	60 °C ³²	2 cm ³	

b) Závislost reakční rychlosti na koncentraci reaktantů

přípravit 2 kádinky (100 cm³), dále postupovat dle následujícího rozpisu (dodržovat pořadí operací ve směru zleva doprava v rozpise), změřit dobu potřebnou k dosažení změny zbarvení roztoku (charakterizuje rychlost reakce):

Tab. 7: Záznam z měření (doba potřebná ke změně zbarvení roztoků)

Číslo kádinky	roztok A	roztok B	destilovaná voda	teplota	roztok C	Doba potřebná ke změně zbarvení
1	5 cm ³	2,5 cm ³	0 cm ³	pokožová	2 cm ³	
2	5 cm ³	2,5 cm ³	25 cm ³	pokožová	2 cm ³	

³² Uvedenou teplotu poznáme podle toho, že kádinka z vnější strany při doteku nesnesitelně pálí, avšak její obsah ještě nevaří.

Úloha 27 Koordinační sloučeniny niklu a mědi

Chemikálie: koncentrovaný roztok NH_3 , $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CuCl}_2$, $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NiCl}_2$.

Pomůcky: kapkovací destička, kádinka, 4 kapátka

Postup

- na kapkovací destičku dát do dvou jamek po jedné kapce $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CuCl}_2$ a do dvou jamek po jedné kapce $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NiCl}_2$
- do jedné jamky s CuCl_2 a do jedné jamky s NiCl_2 přidat po jedné kapce koncentrovaného roztoku NH_3 , do zbývajících jamek po 1 kapce vody
- pozorovat výsledné zbarvení roztoku

Tab. 8: Záznam z pozorování (zbarvení produktů)

jamka č.	$1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CuCl}_2$	$1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NiCl}_2$	konc. NH_3	H_2O	výsledné zbarvení roztoku
1	1 kapka	–	1 kapka	–	
2	1 kapka	–	–	1 kapka	
3	–	1 kapka	1 kapka	–	
4	–	1 kapka	–	1 kapka	

CD:

Obr.: Kapky $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NiCl}_2$ a $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CuCl}_2$ před reakcí s roztokem NH_3

Obr.: Kapky $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NiCl}_2$ a $1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ CuCl}_2$ po reakci s roztokem NH_3

Úloha 28 Galvanické pokovování (niklování)

Chemikálie: destilovaná H_2O , H_2SO_4 nebo HNO_3 o koncentraci 1 mol dm^{-3} , niklová destička (anoda), měděný plech (katoda), niklovací lázeň (složení: $70 \text{ g NiSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$, $40 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$, $20 \text{ g H}_3\text{BO}_3$, 5 g NaCl , doplnit do 1000 cm^3)

Pomůcky: 2 kádinky, pinzeta, niklový předmět (anoda), měděný plech (katoda), brusný papír, zdroj stejnosměrného napětí cca 12 V

Postup

- měděný plech určený k poniklování pečlivě brusným papírem mechanicky očistit a na chvíli ponořit do zředěného roztoku H_2SO_4 nebo HNO_3 ³³
- opláchnout jej destilovanou vodou ze stříčky
- vložit do niklovací lázně (lázeň nalít asi 2 cm vysoko do kádinky) – měděný plech bude katodou
- jako anodu použít niklový předmět
- elektrody se nesmějí dotýkat
- obě elektrody připojit ke zdroji stejnosměrného napětí cca 12 V
- po $10\text{--}15$ minutách elektrolýzu ukončit, odpojit elektrody
- vyjmout katodu, opláchnout ji vodou a prohlédnout si ji
- použitou niklovací lázeň vrátit do zásobní láhve

CD:

Obr.: Galvanické poniklování – aparatura

Obr.: Galvanické poniklování – výsledek práce

³³ Použitou kyselinu vrátit do lahve označené „na oplach“.

III. Příprava látek

Výpočty musí posluchač provést předem doma, jinak vykoná cvičení v náhradním termínu.

Úloha 29 Příprava oxidu chromitého³⁴

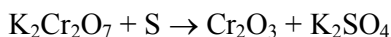
Cr_2O_3 je představitelem amfoterního oxidu, neboť reaguje jak s kyselinami, tak i se zásadami. S kyselinami tvoří chromité soli a se silnými hydroxidy příslušné chromitany. Cr_2O_3 je zelená ve vodě nerozpustná látka, která se používá jako pigment (chromová zeleň). Přípravuje se redukcí dichromanů alkalických kovů sírou nebo termickým rozkladem $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Chemikálie: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 5% BaCl_2 , prášková síra

Pomůcky: baňka, Büchnerova nálevka, kádinka, porcelánová miska, stojan s trojhranem, třecí miska s tloučkem, zátka, železný kelímek, skleněná kapkovací destička, černý papír, 3 kapátka, velká kádinka (500-800 cm³), kahan, kleště

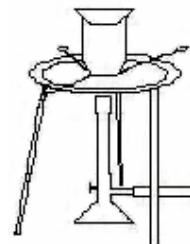
Postup

- v třecí misce³⁵ rozetřít 5 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ s dvojnásobkem vypočteného množství práškové síry
- směs nasypat do železného kelímku
- kelímek zakrýt porcelánovou miskou a zpočátku mírně, pak intenzivně zahřívát kahanem (**provádět v digestoři**, protože hrozí vznícení síry a vznik toxického SO_2). Současně dát v kádince ohřívát asi 300 cm³ vody (zahřát téměř k varu)
- reakce je u konce, až původně oranžová reakční směs zezelená
- do horké vody ponořit částečně vychlazený kelímek a obsah kelímku za zvýšené teploty vylouhovat
- pozor, žhavý kelímek se nesmí dotknout kádinky, jinak by kádinka praskla
- pokud se produkt z kelímku tímto procesem neuvolní, vydlabat jej chemickou lžící z kelímku do vody v kádince a ve vodě jej lžící rozmělnit
- vzniklý Cr_2O_3 třikrát dekantovat³⁶ vodou
- na závěr jej přefiltrovat na Büchnerově nálevce
- promývat vodou tak dlouho, až je reakce filtrátu na síranové anionty negativní³⁷



Obr. 14: Příprava Cr_2O_3

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ se sírou (zakrýlý kelímek s reakční směsí na trojhranu)



CD:

Obr.: Příprava Cr_2O_3

³⁴ Provedení úlohy je časově náročné. Doporučuje se touto úlohou zahájit cvičení.

³⁵ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ navážít na předvážkách přímo do vytárované třecí misky.

³⁶ Dekantace je způsob promývání. Analogií dekantace je např. promývání rýže před vařením. Na produkt v kádince nalijeme destilovanou vodu a tyčinkou zamícháme. Pak obsah kádinky necháme v klidu stát, aby produkt sedl na dno. Potom roztok nad produktem opatrně slijeme.

³⁷ Ke kapce filtrátu na kapkovací destičce přidat kapku 5% BaCl_2 . V přítomnosti síranů (tj. při pozitivní reakci) vzniká bílá sraženina. Je vhodné, aby kapkovací destička byla skleněná (průhledná bezbarvá) a podložena černým papírem. Bílá sraženina je tak lépe vidět.

Úloha 30 Příprava jodidu olovnatého

Chemikálie: Pb(NO₃)₂, 45% HNO₃, KI

Pomůcky: 1 kádinka 100 cm³, kuželová baňka, síťka s keramickou výplní, Büchnerova nálevka, kahan, stojan s kruhem a svorkou, váhy, filtrační papír

Postup

- v kuželové baňce rozpustit 0,33 g Pb(NO₃)₂ ve 100 cm³ vody
- pokud se při rozpouštění (v důsledku hydrolyzy) tvoří bílý zákal, okyselit několika kapkami HNO₃ až do rozpuštění zákalu. Pokud se zákal nevytvoří, kyselinu nepřidávat.
- v kádince rozpustit 0,33 g KI ve 100 cm³ vody
- oba roztoky zahřát k varu³⁸, pak oba slít dohromady do kuželové baňky stojící na izolační desce nebo síťce
- baňku opatrně postupně ochladit proudem tekoucí vody a nechat stát v umyvadle se studenou vodou. Zabezpečit proti vniknutí vodovodní vody.
- vychladlou baňku lze dále ochladit v ledniče, výtěžek PbI₂ bude větší
- po několika minutách se vyloučí zlatavé krystalky PbI₂
- vzniklý PbI₂ odfiltrovat na Büchnerově nálevce, produkt nechat do dalšího cvičení na místě určeném vyučujícím na podepsaném papíře vysušit.
- vysušený produkt zvážit a vypočítat výtěžek

CD:

Obr.: PbI₂ bývá nazýván „zlatý déšť“

Úloha 31 Příprava monohydrátu síranu tetraamoměďnatého

[Cu(NH₃)₄]SO₄ · H₂O tvoří temně modré krystaly, které jsou na vzduchu při normální teplotě stálé. Při zahřívání se rozkládá na CuSO₄ a NH₃. Ve vodě se poměrně dobře rozpouští na temně modrý roztok vykazující alkalickou reakci.

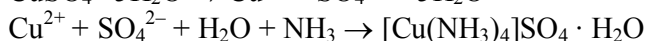
[Cu(NH₃)₄]SO₄ · H₂O lze připravit působením nadbytku NH₃ na roztok CuSO₄.

Chemikálie: 26% NH₃, C₂H₅OH, CuSO₄ · 5H₂O

Pomůcky: 2 kádinky, Büchnerova nálevka se zátkou, odsávací baňka, odměrný válec 25 cm³, tyčinka, lžice

Postup

- v kádince s 10 cm³ destilované vody rozpustit 2,5 g CuSO₄ · 5H₂O
- do roztoku za laboratorní teploty pomalu přidávat roztok NH₃, až se zelenomodrá sraženina Cu(OH)₂ rozpustí a vznikne čirý fialově modrý roztok
- vzniklý čirý roztok vlit do dvojnásobného objemu ethanolu
- vytvoří se jemná krystalická látka [Cu(NH₃)₄]SO₄ · H₂O
- vzniklou sůl odfiltrovat na Büchnerově nálevce
- prolít malým množstvím ethanolu a vysušit při laboratorní teplotě



³⁸ Pozor, zahřívání trvá dlouho. Roztoky dejte zahřívát a věnujte se další práci na jiných úkolech.

Úloha 32 Příprava pyroforického olova

Olovo patří mezi nejměkčí a nejtěžší běžně užívané kovy. Na vzduchu se již za normální teploty rychle oxiduje a povléká tenkou vrstvičkou oxidu nebo uhličitanu, která ho chrání před další oxidací. Nejsnadněji se oxiduje čerstvě vyredukované a jemně rozptýlené olovo, např. olovo pyroforické. Pyroforickou formu olova lze získat opatrným zahříváním některých organických solí olova, např. vlnanu, citranu apod.

Chemikálie: vinná kyselina (OHCHCOOH)₂, octan olovnatý Pb(CH₃COO)₂

Pomůcky: Büchnerova nálevka se zátkou, kádinka, zkumavka z těžkotavitelného skla, odsávací baňka, kahan, držák na zkumavky

Postup

- připravit si vlnan olovnatý takto:
 - 7,5 g octanu olovnatého rozpustit v 75 cm³ vody
 - přidat vypočtené množství vinné kyseliny
 - vzniklou sraženinu odsát na Büchnerově nálevce
 - promýt vodou a vysušit v sušárně při 90 °C³⁹
- **suchý vlnan žíhat** ve vodorovné poloze v těžkotavitelné zkumavce v **digestoři**
 - produkty termického rozkladu jsou toxické, proto je třeba **pracovat v dobře táhnoucí digestoři**
 - horkou zkumavku nepokládat na dlaždičky digestoře, hrozí prasknutí zkumavky
 - černá hmota, která zůstane ve zkumavce, je pyroforické olovo
 - nasypat je na nehořlavou podložku, např. na dlaždice v digestoři
 - pozorovat déšť jisker
 - zkumavku nečistit, bude použita dalšími studenty v téže úloze; zkumavku odborně vyčistí asistent po ukončení výuky
 - pyroforické vlastnosti si olovo ponechává několik dnů, pokud je uchováváno ve zkumavce bez přístupu vzduchu

CD:

Mov: Provedení experimentu

Úloha 33 Příprava chloridu amonného

Pracovat v digestoři!

NH₄Cl je známý pod triviálním názvem salmiak. Tvoří bezbarvé krystalky dobře rozpustné ve vodě. Snadno sublimuje. Používá se např. jako elektrolyt v suchých článcích. NH₄Cl lze připravit např. neutralizací zředěného roztoku HCl zředěným roztokem NH₃.

Chemikálie: koncentrovaný NH₃, 10% HCl

Pomůcky: Odměrný válec 50 cm³ a 25 cm³, 2 kádinky, lakmusový papír, tyčinka, kahan, síťka, trojnožka

Postup

- sestavit a vyrovnat chemickou rovnici přípravy NH₄Cl z NH₃ a HCl
- vypočítat, kolik cm³ 10% HCl je třeba na přípravu 5 g NH₄Cl
- toto množství vlit odměrným válcem do kádinky
- vypočítat objem 10% NH₃ potřebný pro přípravu 5 g NH₄Cl

³⁹ Sušení trvá dlouho. Suchý vlnan olovnatý proto obdržíte od laboranta, abyste úlohu mohli dokončit. Vámi připravený vlnan olovnatý na konci cvičení po sušení předějte laborantovi pro další studenty.

- z koncentrovaného roztoku NH_3 si připravit 10% roztok (připravit si o 10 % víc, než je vypočtené množství)
- HCl v kádince neutralizovat vypočteným množstvím 10% NH_3 , ale dát jej o něco více, aby roztok reagoval alkalicky (kontrola pomocí lakmusového papíru)
- roztok zahustit zahřáním a odpařením na objem cca 25 cm^3
- kádinku nechat vychladnout a pak ji odložit na určené místo (zbývající vodu nechat do příštího cvičení odpařit)
- v příštím cvičení produkt z kádinky vydlabat a zvážit jej

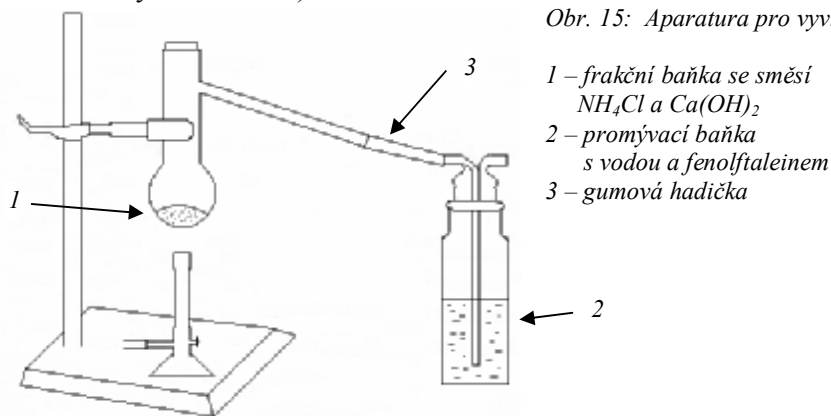
Úloha 34 Příprava a vlastnosti amoniaku

Chemikálie: alkoholický roztok fenolftaleinu, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NH_4Cl

Pomůcky: frakční baňka, kahan, promývací baňka, gumová hadička, stojan, svorka, zátka

Postup

- frakční baňku naplnit směsí NH_4Cl a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (každý z nich o hmotnosti 2,00 g)
- sestavit aparaturu na vývoj plynu dle obrázku č. 15
- frakční baňku připojit k promývací baňce s 50 cm^3 vody obsahující 5 kapek alkoholického roztoku fenolftaleinu
- frakční baňku zahřívát (kahanem je nutno pohybovat)
- pozorovat vývoj plynu a změnu barvy indikátoru
- po skončení pokusu nejprve odpojit promývací baňku, teprve potom vypnout kahan, aby nedošlo ke zpětnému toku roztoku z promývací baňky do frakční baňky
- pomocí pH papírku určit pH vzniklého roztoku amoniaku (práce s pH papírky viz CD, obrázky k úloze č. 9)



Obr. 15: Aparatura pro vyvíjení NH_3

- 1 – frakční baňka se směsí NH_4Cl a $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 2 – promývací baňka s vodou a fenolftaleinem
- 3 – gumová hadička

CD:

Obr.: Aparatura pro vývoj NH_3

Obr.: Vývoj NH_3 a důkaz jeho zásaditých vlastností

Obr.: Odebrání kapky roztoku pro stanovení pH pomocí pH-papírku

Obr.: Nanesení kapky vzorku na pH-papírek

Obr.: Odhad pH srovnáním barvy navlhčeného pH-papírku se stupnicí

Úloha 35 Příprava kyseliny trihydrogenborité⁴⁰

H_3BO_3 tvoří perleťově bílé krystaly, jejichž rozpustnost ve vodě značně vzrůstá se zvyšováním teploty. Její roztoky působí mírně antisepticky. Patří mezi slabé kyseliny. Zahříváním na $175 \text{ }^\circ\text{C}$ z ní odštěpením vody vzniká HBO_3 , která se dalším zahříváním dehydratuje až na B_2O_3 . H_3BO_3 lze připravit účinkem roztoku HCl na tzv. borax.

⁴⁰ Úloha 35 a Úloha 36 se musí provádět ve stejné vyučovací lekci, přičemž Úloha 35 se vypracuje jako první.

Chemikálie: borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, koncentrovaná HCl

Pomůcky: Büchnerova nálevka, odměrný válec, odsávací baňka, kádinka, kahan, kovová trojnožka, skleněná tyčinka, síťka s keramickou výplní, filtrační papír

Postup

- pomocí rovnice (napřed je nutno ji vyrovnat!)
$$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$$
vypočítat množství $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ potřebné pro přípravu 13,25 g H_3BO_3 . Pozor, na zásobní láhvi s boraxem bude velmi pravděpodobně napsáno $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.
- na toto množství nalít 20 cm³ vody, zahřátím a mícháním rozpustit
- do vzniklého roztoku $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ po kapkách za stálého míchání (**v digestoři!**) vlít vypočítané množství HCl
- roztok ochladit pod tekoucí vodou, pak ledem, pak na 5 minut vložit do mrazničky (ne déle, aby směs nezmrzla a neroztrhla kádinku)
- vykrystalizovanou H_3BO_3 odfiltrovat⁴¹ na Büchnerově nálevce
- na filtru z ní vymačkat matečný roztok
- produkt ihned použít k další práci v úloze č. 36 (příprava oxidu boritého)

Úloha 36 Příprava oxidu boritého⁴²

Oxid boritý B_2O_3 je bezbarvá sklovitá látka, která jen velmi obtížně krystalizuje. Je dobře rozpustný ve vodě za současného vzniku H_3BO_3 a v ethanolu za současného vzniku $\text{B}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$. Oxid boritý B_2O_3 vzniká např. hořením boru. Přípravuje se obvykle termickou dehydratací H_3BO_3 .

Chemikálie: H_3BO_3 připravená v úloze č. 35.

Pomůcky: kádinka, kahan, kovová tyčinka s ostrým hrotem, kovová trojnožka, třecí miska, železný kelímek, trojhran

Postup

- použít H_3BO_3 připravenou v předcházející úloze
- H_3BO_3 zahřívat v železném kelímku přímým plamenem až do teploty červeného žáru
- z kypící taveniny se postupně uvolňuje voda ve formě vodní páry. Po uvolnění veškeré vody (tj. po ukončení reakce) tavenina přestane pěnit, vznikne čirá, sklovitá tavenina, která se usadí na stěnách misky.
- odstavit plamen
- kelímek s taveninou ihned ponořit do misky se studenou vodou (aby došlo k tepelnému šoku a aby produkt popraskal a odprýskal od stěn misky)
- **pozor, voda se nesmí dostat dovnitř do kelímku**
- zchladlý preparát rozmělnit v třecí misce

⁴¹ Pokud nevzniknou krystaly, míchejte roztok asi 3-5 minut a pak jej na chvíli dejte do chladničky.

⁴² Úloha 35 a Úloha 36 se musí provádět ve stejné vyučovací lekci, přičemž Úloha 35 se vypracuje jako první.

IV. Krystalizace

Úloha 37 Příprava $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ a pěstování smíšeného krystalu $\text{K}(\text{Al,Cr})(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Podvojně sírany obecného složení $\text{M}^I\text{M}^{III}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M}^I = \text{Na, K, Rb, Cs, NH}_4, \text{TI}$ a $\text{M}^{III} = \text{Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ga, In, Tl}$) nazýváme kamence. Připravujeme je např. společnou krystalizací M_2^ISO_4 s $\text{M}_2^{III}(\text{SO}_4)_3$. Některé kamence jsou navzájem izomorfní, jsou to tedy látky s podobnou chemickou strukturou, krystalizující v podobných krystalových tvarech. Pro izomorfní látky je charakteristické, že krystal jedné z nich může být zárodkem krystalové mřížky jiné izomorfní látky, krystalizující ze společného roztoku. Vznikají tak smíšené krystaly, v nichž se jednotlivé složky zastupují v libovolném poměru. Podmínkou izomorfie jsou (kromě podobných chemických vlastností zastupujících se složek a stejných krystalových soustav, v nichž obě látky krystalizují), také přibližně stejné rozměry zastupujících se stavebních částic.

Chemikálie: koncentrovaná H_2SO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Pomůcky: 4 kádinky, odsávací baňka, Büchnerova nálevka, lžička, tyčinka, filtrační papír, pryžový prstenec, teploměr, bavlněná (v žádném případě ne silonová) nit, špejle, odměrný válec 5 cm^3 , navažovací lžička

Postup

a) Příprava krystalů $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

- do 300 cm^3 vody přidat 2 cm^3 koncentrované kyseliny H_2SO_4 (odměrným válcem)
- roztok zahřát asi na $60 \text{ }^\circ\text{C}^{43}$ a přidat do něj $60 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, rozpustit.
- po rozpuštění $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ přidat K_2SO_4 (potřebné množství vypočítat z rovnice uvedené na konci úlohy)
- 100 cm^3 tohoto roztoku po částech za horka⁴⁴ zfiltrat přes Büchnerovu nálevku do 160 cm^3 vody v odsávací baňce
- filtrát nyní přelit do kádinky o odpovídajícím objemu
- nechat volně krystalizovat do příštího cvičení, kdy se z něj vyberou nejlepší monokrystaly $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ a odevzdají se vyučujícímu
- **zbytek nepřefiltrovaného zahřátého roztoku ponechat do úlohy b)**

b) Příprava smíšeného krystalu $\text{K}(\text{Al,Cr})(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, pěstování většího monokrystalu

$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

- do odsávací baňky s 200 cm^3 vody ohřáté na $40 \text{ }^\circ\text{C}$ po částech za horka přefiltrat přes Büchnerovu nálevku uschovaný roztok z postupu a)
- polovinu vzniklého roztoku odlít do jedné kádinky a druhou do druhé
- v jedné polovině rozpustit $0,4 \text{ g KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- vyčkat, až teplota obou roztoků klesne⁴⁵ na $30 \text{ }^\circ\text{C}$

⁴³ Tuto teplotu poznáme podle toho, že při vnějším doteku kádinka velmi pálí.

⁴⁴ Pokud by filtrovaný roztok vychladl, je nutné jej bezprostředně před filtrací znova zahřát.

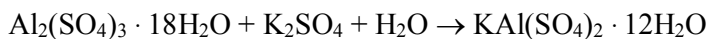
⁴⁵ Toto čekání je nutné, jinak se zavěšený monokrystal (viz též následující poznámka) rozpustí.

- nyní do každého z obou roztoků ponořit monokrystal $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (uvázaný⁴⁶ na bavlněné niti, která je připevněná na špejli), krystal umístit na střed roztoku v kádince
- nechat stát do příštího cvičení, pak odebrat monokrystal

Poznámka

Práce s Büchnerovou nálevkou

- z filtračního papíru vystříháme kolečko, které pokrývá celé dno, zakrývá všechny otvory nálevky a nezahýbá se podél stěn vzhůru (jinak by se oddělovaná látka dostala do filtrátu)
- nálevku utěsňuje v hrdle odsávací baňky pryžový prstenec
- filtrační papír vložíme do nálevky, navlhčíme jej, baňku připojíme k vývěvě a pustíme ji, aby se filtrační papír přisál
- nyní filtrujeme roztok; vždy dolijeme část roztoku dříve, než se filtr úplně vysuší
- při přerušení (ukončení) odsávání nejprve sejmemo hadici spojující odsávací baňku s vývěvou, teprve pak zastavíme vývěvu. Při obráceném postupu hrozí nasátí vody z vývěvy do filtrátu.



⁴⁶ Při uvázování krystalu počítejte s tím, že v horkém roztoku se bude krystal nejprve zčásti rozpouštět a zmenšovat tak svůj objem, takže bude hrozit nebezpečí, že z uvázání vypadne. Krystal spadlý na dno kádinky se nevyvíjí pravidelně (ode dna nemá přísun materiálu). Spadlý krystal je tedy nutno vyjmout z roztoku a přivázat znovu.

3 ROZPIS ÚLOH

Studentská dvojice	I	II	II	II	III	III	IV
1	Úvod, demonstrační úlohy 1-5	6-9 10-13	14-17 18-21	22-25 26-28	29 30-31 32	33 34 35-36	Kontrolní test pěstování monokrystalu 37
2		10-13 6-9	18-21 14-17	26-28 22-25	30-31 32 29	34 35-36 33	
3		14-17 18-21	22-25 26-28	6-9 10-13	32 29 30-31	35-36 33 34	
4		18-21 14-17	26-28 22-25	10-13 6-9	33 34 35-36	29 30-31 32	
5		22-25 26-28	6-9 10-13	14-17 18-21	34 35-36 33	30-31 32 29	
6		26-28 22-25	10-13 6-9	18-21 14-17	35-36 33 34	32 29 30-31	

Poznámka

Pro efektivní využití času v laboratoři je potřeba zachovávat naznačené pořadí úloh. Nejdříve se vypracují úlohy uvedené v horním řádku, pak v dolním. Je-li u některé úlohy uvedeno, že je časově náročná, je třeba touto úlohou zahájit cvičení.

4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Bezpečnostní listy – oxid uhličitý [online]. Datum vydání: 30.9.1999, datum revize: 11.9.2004 [cit. 25. 7. 2005]. <<http://www.messer.cz/bl/bl-oxid-uhlicity.php>>.
- [2] P. Boldiš – Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2: Část 1 – Citace: Metodika a obecná pravidla. Verze 3.3 ©1999-2004, poslední aktualizace 11. 11. 2004. [cit. 2. 8. 2005]. <<http://www.boldis.cz/citace/citace1.pdf>>.
- [3] P. Boldiš – Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2: Část 2 – Modely a příklady citací u jednotlivých typů dokumentů. Verze 3.0 (2004). ©1999-2004, poslední aktualizace 11. 11. 2004. [cit. 2. 8. 2005]. <<http://www.boldis.cz/citace/citace2.pdf>>.
- [4] Chemie.gfxs.cz – chemický vzdělávací portál. Fosfor. [cit. 2. 8. 2005]. <http://chemie.gfxs.cz/index.php?pg=prvek&prvek_id=15>.
- [5] L. Jančář, I. Jančářová – Analytická chemie: laboratorní cvičení. MU, Brno 1997.
- [6] B. Kábelová, I. Pilátová, Z. Hanáková – Laboratorní technika II. VUTIUM, Brno 1999.
- [7] J. Klikorka – Obecná a anorganická chemie. SNTL, Praha 1989.
- [8] M. Kouřil – Demonstrační pokusy z obecné a anorganické chemie. SPN, Praha 1985.
- [9] J. V. Marhold – Přehled průmyslové toxikologie: anorganické látky. Avicenum, Praha 1980.
- [10] J. V. Marhold – Přehled průmyslové toxikologie. Sv. 1. Avicenum, Praha 1986.
- [11] J. V. Marhold – Přehled průmyslové toxikologie. Sv. 2. Avicenum, Praha 1986.
- [12] Ministerstvo životního prostředí ČR: Platná právní norma: Zákon č.356/2003 Sb. Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 186/2004 Sb. [cit. 2. 8. 2005]. <<http://www.env.cz/www/platnalegislativa.nsf/0/5693d83e933151afc1256dea002a32c1?OpenDocument>>.
- [13] E. Musilová, H. Peňázová – Chemické názvosloví anorganických sloučenin. MU, Brno 2000.
- [14] E. Musilová, M. Soldán – Praktická cvičení z anorganické a organické chemie. MU, Brno 1996.
- [15] A. Okáč – Analytická chemie kvalitativní. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha 1956.
- [16] J. Paleček, J. Palatý – Toxikologie, hygiena a bezpečnost práce v chemii. VŠCHT Praha, Praha 1991.
- [17] J. Pichler – Chemie ve společnosti I. Chemizace. PřF MU v Brně, Brno 1992.
- [18] L. Sommer – Chemické důkazy prvků a iontů. UJEP, Brno 1985.
- [19] V. Šrámek, L. Kosina – Obecná a anorganická chemie. Nakladatelství Olomouc, Olomouc 2000.
- [20] J. Trtílek, V. Hofmann, J. Borovička – Školní chemické pokusy. SPN, Praha 1973.
- [21] Úplné znění zákona č. 65/1965 sb., Zákoník práce. Hlava pátá. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci. § 134c: Rizikové faktory pracovních podmínek a kontrolovaná pásma. [cit. 2. 8. 2005]. <http://zakony.fin.cz/prilohapg_p5-Cz0065_1965_050501_02e.htm>.
- [22] Z. Vodrážka – Biochemie. Academia, Praha 1996.
- [23] J. Vohlýdal, A. Julák, K. Štulík – Chemické a analytické tabulky. Grada Publishing, Praha 1999.