

PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA
UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH



**Didaktika školských pokusov zo všeobecnej
a anorganickej chémie**

Ivana Sotáková - Martin Vavra - Mária Ganajová

Košice 2024

Didaktika školských pokusov zo všeobecnej a anorganickej chémie

Vysokoškolský učebný text

Autori:

RNDr. Ivana Sotáková, Ph.D.

RNDr. Martin Vavra, PhD.

doc. RNDr. Mária Ganajová, CSc.

Oddelenie didaktiky chémie, Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Recenzenti:

prof. RNDr. Katarína Györyová, DrSc.

Katedra anorganickej chémie, Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

RNDr. Zuzana Dzuršinová, PhD.

Gymnázium Jána Adama Raymana, Mudroňova 20, 080 01 Prešov

Tento text je publikovaný pod licenciou Creative Commons 4.0 - CC BY NC ND („Uved'te pôvod – Nepoužívajte komerčne - Nespracovávajúte“)



Za odbornú a jazykovú stránku tejto tohto textu zodpovedajú autori. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Dostupné od: 15.03.2024

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

ISBN 978-80-574-0296-1 (e-publikácia)

Obsah

Predhovor.....	6
1 Všeobecné pokyny pre prácu v školskom chemickom laboratóriu	7
1.1 Školský chemický pokus	7
1.1.1 Školské chemické laboratórium	10
1.2 Pracovný poriadok v školskom chemickom laboratóriu	11
1.2.1 Práca s chemikáliami, ich uskladnenie a likvidácia	13
1.2.1.1 Likvidácia nebezpečných chemikálií	18
1.2.2 Prvá pomoc pri nehodách v školskom chemickom laboratóriu	19
2 Základné procesy v chemickom laboratóriu	21
2.1 Príprava roztokov	21
2.1.1 Príprava roztokov s daným hmotnostným zlomkom.....	21
2.1.1.1 Hmotnostný zlomok síranu meďnatého v modrej skalici	25
2.1.2 Príprava roztokov s presnou koncentráciou látkového množstva	25
2.2 Stanovenie hustoty roztokov	28
2.3 Difúzia.....	31
2.3.1 Difúzia manganistanu draselného	31
2.3.2 Rýchlosť difúzie amoniaku a chlorovodíka	32
2.4 Zrážanie, dekantácia a filtrácia.....	33
2.5 Destilácia a kryštalizácia	35
2.5.1 Destilácia roztoku manganistanu draselného	35
2.5.2 Kryštalizácia modrej skalice	36
2.6 Osmóza a dialýza	38
2.6.1 Chemická záhradka	39
2.6.2 Dialýza	40
2.7 Chromatografia.....	40
2.7.1 Papierová chromatografia	41
2.7.2 Chromatografia na kriede.....	42
2.8 Sublimácia a desublimácia	43
3 Základné chemické deje a zákony	44
3.1 Zákon zachovania hmotnosti.....	44
3.1.1 Reakcia hydrogenuhličitanu sodného s roztokom kyseliny octovej	44
3.1.2 Zrážanie chloridu strieborného.....	45
3.2 Rozpustnosť látok v polárnom a nepolárnom rozpúšťadle	46
3.3 Rozpúšťacie a reakčné teplo.....	47
3.4 Hydrolýza roztokov solí.....	50

3.5 Faktory ovplyvňujúce rýchlosť chemickej reakcie	52
3.5.1 Vplyv veľkosti povrchu na rýchlosť chemických reakcií	52
3.5.2 Vplyv teploty na rýchlosť chemických reakcií	56
3.5.3 Vplyv koncentrácie na rýchlosť chemických reakcií	58
4 Počítačom podporované chemické experimenty	60
4.1 PPE Exotermické a endotermické reakcie	62
4.2 PPE Vplyv teploty na rýchlosť rozkladu peroxidu vodíka	67
4.3 PPE Vplyv koncentrácie na rýchlosť rozkladu peroxidu vodíka	71
4.4 PPE Vplyv katalyzátora na rýchlosť rozkladu peroxidu vodíka	74
4.5 PPE Zmeny pH pri acidobázických reakciách	77
4.6 Premietané chemické pokusy pomocou vizualizéra.....	80
5 Základné pokusy z anorganickej chémie	85
5.1 Vodík a jeho vlastnosti.....	85
5.1.1 Príprava vodíka reakciou zinku s kyselinou chlorovodíkovou	86
5.1.2 Príprava vodíka reakciou sodíka s vodou.....	87
5.1.3 Príprava vodíka elektrolytickým rozkladom vody	90
5.2 Halogény a ich zlúčeniny	91
5.2.1 Príprava chlóru	91
5.2.1.1 Reakcia sodíka s chlóróm.....	93
5.2.1.2 Dôkaz bieliacich účinkov chlóru.....	94
5.2.2 Príprava jódu	95
5.3 Chalkogény a ich zlúčeniny	97
5.3.1 Príprava kyslíka.....	97
5.3.1.1 Príprava kyslíka katalytickým rozkladom peroxidu vodíka.....	97
5.3.1.2 Príprava kyslíka rozkladom solí.....	99
5.3.1.3 Dôkaz rozpustnosti kyslíka vo vode.....	100
5.3.2 Príprava sulfánu a zrážanie sulfidov	101
5.3.3 Príprava oxidu siričitého	103
5.3.4 Kyselina sírová a jej vlastnosti.....	105
5.4 Dusík a jeho zlúčeniny	106
5.4.1 Príprava oxidov dusíka NO _x	106
5.4.2 Príprava amoniaku.....	108
5.4.2.1 Príprava amoniaku mechanochemicky.....	110
5.4.2.2 Amoniaková fontána	110
5.5 Uhlík a jeho zlúčeniny.....	111
5.5.1 Príprava oxidu uhličitého	111
5.5.1.1 Príprava oxidu uhličitého v balónikoch	114

5.5.1.2 Model hasiaceho prístroja	116
6 Monitorovací kufřík.....	117
7 Redoxné reakcie kovov	127
7.1 Redukcia striebra.....	127
7.2 Redukcia manganistanu draselného	128
7.3 Dichrómanova sopka.....	131
7.4 Tvrdohlavý roztok	131
7.5 Blesky pod hladinou.....	132
7.6 Vianočné prskavky	133
7.7 Oxidácia železa plynným kyslíkom	135
8 Zaujímavé školské pokusy.....	136
8.1 Dúha vo valci	136
8.2 Modrý efekt.....	137
8.3 Slonia zubná pasta.....	138
8.4 Lávová lampa	140
8.5 Päť farieb jedného roztoku.....	141
8.6 Faraónove hady	142
8.7 Tajné písmo	143
8.7.1 Tajné písmo vyvolané teplom	143
8.7.2 Tajné písmo vyvolané iným roztokom.....	145
8.7.3 Tajné písmo vyvolané amoniakom	146
8.8 Sodíkové jojo.....	147
8.9 Zlatý dážď	148
8.10 Prírodný indikátor	150
8.11 Farebné šumienky	151
8.12 Šumivé bomby.....	153
8.13 Plameňové skúšky alkalických kovov a kovov alkalických zemín.....	154
8.14 Horenie gumového medvedíka.....	155
9 Interaktívna periodická tabuľka prvkov	157
10 Prílohy	159
10.1 Vyjadrenie zloženia vybraných vodných roztokov	159
10.2 Štandardizácia vodného roztoku hydroxidu sodného.....	165
10.3 Monitorovací kufřík: Metódy stanovení vybraných parametrov vody	167
Zoznam použitej literatúry.....	169

Predhovor

Chemické pokusy sú významnou súčasťou vyučovania chémie na základných a stredných školách, a preto tvoria dôležitú súčasť vzdelávania študentov učiteľstva chémie.

Chemické pokusy v školskom laboratóriu slúžia na experimentálne potvrdenie vedeckých poznatkov, sú zdrojom nových teoretických poznatkov a prispievajú k rozvoju chemického myslenia, experimentálnych zručností a k mnohostrannej výchove, vzťahu k práci, zodpovednosti, presnosti, dôkladnosti a iniciatívy.

Predložený učebný text je určený pre študentov magisterského štúdia učiteľstva chémie (v kombinácii) na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach ako zdroj modelových školských pokusov zo všeobecnej a anorganickej chémie. Bude využívaný pri výučbe povinného predmetu Špeciálne praktikum školských pokusov I.

Úvodná kapitola je venovaná všeobecným informáciám o zariadení a podmienkach pre bezpečnú prácu v školskom chemickom laboratóriu a osobnej zodpovednosti učiteľa chémie za bezpečnosť a ochranu zdravia jemu zverených žiakov. Jednotlivé kapitoly obsahujú návody na pokusy k vybraným témam zo všeobecnej a anorganickej chémie doplnené o didaktické a technické aspekty realizácie týchto pokusov. Ku každému pokusu je uvedený princíp práce, potrebné pomôcky a chemikálie, postup práce, doplnený schémou na zostavenie aparatúry. Na záver každého pokusu je uvedené pozorovanie a vysvetlenie, ktoré je potrebné pre správnu interpretáciu výsledkov prevedeného chemického pokusu. Vzhľadom na napĺňanie požiadaviek digitálnej transformácie vzdelávania je zaradená samostatná kapitola zameraná na vybrané počítačom podporované experimenty a premietané pokusy s využitím vizualizéra. Ďalšia samostatná kapitola je venovaná práci s monitorovacím kufríkom umožňujúcim uskutočniť jednoduché pokusy s environmentálnou tematikou priamo v teréne. Záverečnú kapitolu tvoria zaujímavé pokusy, ktoré dopĺňajú témy anorganickej chémie a môžu slúžiť aj na motiváciu žiakov.

Návody na pokusy sa obsahovo zhodujú s požiadavkami štátnych vzdelávacích programov z chémie pre základné školy a gymnáziá a môžu poslúžiť aj ako pomôcka pre učiteľov pri výbere vhodných demonštračných pokusov, alebo pokusov pre laboratórne práce žiakov.

Videá vybraných pokusov sú prístupné v rámci interaktívnej periodickej tabuľky prvkov, ktorá sa nachádza na Ústave chemických vied PF UPJŠ v Košiciach.

Podakovanie patrí recenzentkám, a to prof. RNDr. Kataríne Györyovej, DrSc. a RNDr. Zuzane Dzurišinovej, PhD., za ich cenné rady, pripomienky a návrhy, ktoré umožnili zlepšiť kvalitu predloženého učebného textu. Budeme vďační za všetky pripomienky a vecné námety k obsahu učebného textu, ktoré pomôžu pri skvalitňovaní prípravy študentov učiteľstva chémie.

Autori

Košice, február 2024

1 Všeobecné pokyny pre prácu v školskom chemickom laboratóriu

1.1 Školský chemický pokus

Školský chemický pokus je základný didaktický prostriedok, ktorý má vo vyučovaní chémie vzhľadom na svoju informatívnu a formatívnu funkciu zvláštne postavenie. Informatívna funkcia predstavuje súbor informácií a poznatkov, ktoré žiaci získavajú v priebehu jednotlivých fáz chemického pokusu. Formatívna funkcia súvisí s formovaním a rozvíjaním pozorovacích schopností, manuálnych zručností a v neposlednom rade aj s bezpečnosťou práce pri manipulácii s chemickými látkami a ich účinkami. V súvislosti s rozvojom schopností a zručností sa rozvíjajú a formujú aj charakterové črty osobnosti žiaka, vzťah k práci, zodpovednosť, presnosť, dôkladnosť a iniciatíva.

Pri realizácii školských chemických pokusov sa u žiakov rozvíja schopnosť tvoriť hypotézy, analyzovať, syntetizovať a zovšeobecňovať. Experimentálna činnosť vedie žiakov ku kritickému mysleniu a pozorovaniu, k vyvodzovaniu záverov. Pritom sa rozvíjajú schopnosti formulovať závery, využívať odbornú terminológiu, zdôvodňovať a hodnotiť. Pokusy napomáhajú aj k rozvoju analytického myslenia, tvorivého myslenia, logického uvažovania a riešenia problémov. A zároveň slúžia k prepojeniu poznatkov z ďalších predmetov, čo vedie k rozvoju medzipredmetových vzťahov.

Z hľadiska vonkajších organizačných foriem výučby má chemický pokus svoje postavenie v povinnej výučbe chémie (hodiny základného typu, hodiny laboratórnych prác), voliteľnej výučbe chémie (cvičenia z chémie, seminár z chémie) a nep povinnej výučbe chémie (chemické praktiká, záujmový krúžok, chemická olympiáda). Z hľadiska vnútorných organizačných foriem výučby možno chemické pokusy zaradiť na vyučovacej hodine ako pokusy demonštračné, alebo ako pokusy žiacke.

Zaradenie demonštračného alebo žiackeho pokusu učiteľ musí zohľadniť pri príprave na vyučovaciu hodinu, metodiky, pracovného listu pre žiaka alebo inej aktivity, ktorá učiteľovi zefektívni prácu na hodine.

Fázy chemického pokusu

Existuje niekoľko fáz školského chemického pokusu:

1. fáza: Príprava chemického pokusu

- materiálna príprava: príprava chemického skla a ďalších laboratórnych pomôcok, a potrebných chemikálií.

- nemateriálna príprava: vedomosti a zručnosti, ktoré sú potrebné k prevedeniu, pozorovaniu a vyhodnoteniu pokusu.

2. fáza: Prevedenie a pozorovanie priebehu chemického pokusu

Táto fáza zahŕňa predovšetkým:

- postupnú realizáciu krokov pracovného postupu a súčasné usmerňovanie pozornosti a myšlienkovvej činnosti žiakov,
- záznam čiastkových výsledkov jednotlivých pozorovaní a meraní,
- priebežnú formuláciu odpovedí na čiastkové otázky.

3. fáza: Vyhodnotenie chemického pokusu zahŕňa predovšetkým:

- spracovanie výsledkov pokusu,
- systematizáciu výsledkov a pozorovaní (tabuľky, grafy a diagramy),
- formuláciu celkových záverov pozorovania a merania,
- konfrontáciu výsledkov s východiskovými hypotézami, určenie vzťahu záverov k východiskovému cieľu,
- zovšeobecnenie výsledkov.

4. fáza: Spracovanie získaných údajov

Post-experimentálna fáza:

Táto fáza zahŕňa bezpečnú likvidáciu vedľajších produktov reakcií, nespotrebovaných reaktantov, odloženie produktov reakcie, prípadne aj nespotrebovaných reaktantov, umytie a uloženie pomôcok, upratanie pracovného miesta.

Demonštračný pokus

Je to forma školskej práce, pri ktorej učiteľ sám robí pokus, usmerňuje priebeh pokusu a pozorovanie žiakov. Priebeh, technika a vedecká správnosť vysvetlenia pokusu je prejavom učiteľovej odbornej fundovanosti a technickej zručnosti.

Demonštračný pokus zaradi učiteľ obyčajne vtedy, keď si pokus vyžaduje:

- zložitejšiu aparatúru, alebo drahé (unikátne) prístroje,
- zvýšenú pozornosť vzhľadom na nebezpečný priebeh chemickej reakcie,
- zručnosť pre získanie výsledku, alebo je časovo náročný.

Pri uvádzaní demonštračného pokusu dodržiava učiteľ určitý postup:

- formuluje cieľ pokusu,
- oboznámi a ukáže žiakom východiskové látky,

- popíše, zostaví a naplní aparatúru pred žiakmi, aparatúru zostavuje v smere priebehu chemického deja, teda zľava doprava z pohľadu žiakov,
- po začatí pokusu upozorní žiakov na príznaky reakcie,
- v priebehu dlhšieho pokusu usmerňuje aktívne pozorovanie žiakov a riadi diskusiu ohľadom pozorovaného deja,
- v závere pokusu ukáže žiakom konečné produkty, zapíše rovnicu chemickej reakcie a slovné formuluje zovšeobecnenie a závery.

Podmienkou úspešnosti demonštračného pokusu je aj jeho dobrá viditeľnosť. Demonštračný pokus robí učiteľ vždy na vyvýšenom mieste (demonštračnom stole) s využitím väčších nádob a väčšieho množstva látok (t. j. makrotechnikou, s množstvom použitých tuhých látok 1-5 g a nad 5 cm³ u kvapalín). Priebeh demonštračných pokusov, ktoré si vyžadujú prevedenie v malých množstvách, môžeme niekoľkonásobne zväčšiť premietaním (vertikálnou, alebo horizontálnou projekciou), napríklad využitím vizualizéra.

Demonštračné pokusy slúžia pre žiakov ako nástroj motivácie k danému výkladu, objavovaniu a objasňovaniu nových poznatkov, prípadne ich overeniu.

Žiacky pokus

Býva obyčajne jednoduchý, časovo nenáročný, jednoznačný, presvedčivý, bezpečný, primeraný vekovej a odbornej vyspelosti žiakov. Žiacke pokusy, organizované tak, že všetci žiaci v tom istom čase robia ten istý pokus, alebo ten istý pracovný úkon označujeme ako žiacke pokusy frontálne (pokusy súčasné). Pokusy, pri ktorých žiaci využívajú svoje vlastné pracovné tempo sú pokusy simultánne (súbežné). Pokusy žiakov možno organizovať aj tak, že žiaci pracujú na čiastkových úlohách, keď každý žiak, alebo skupinka žiakov rieši samostatnú čiastkovú úlohu a na základe výsledkov sa odvodí spoločný záver. Žiaci môžu pracovať aj na rozličných úlohách, pri ktorých riešia tematicky rozdielne úlohy.

Žiacke pokusy organizované frontálnym spôsobom sú vhodné pre správny nácvik laboratórnej techniky, preto ich zaraďujeme najmä v začiatkoch výučby chémie, simultánny spôsob volíme častejšie pri laboratórnych prácach, kde môžu byť zaradené aj náročnejšie pokusy, ktoré vyžadujú od žiakov už osvojené základy laboratórnej techniky.

Pre žiacke pokusy v základnom type vyučovacích hodín volíme práce s malými množstvami chemických látok (t. j. semimikrotechniku, s množstvom tuhých látok 0,1 – 1 g a 0,5 – 5 cm³ u kvapalín).

Všetky pokusy, demonštračné alebo žiacke, musia byť pred zaradením do vyučovacej hodiny dôsledne preskúšané, učiteľ musí detailne poznať priebeh, podmienky a výsledok pokusov, aby mohol žiakov pri práci správne usmerňovať.

V priebehu svojej praxe učiteľ kompletizuje dokumentačné karty pokusov, na ktorých uvádza tému pokusov, pracovný postup a schému pokusu, potrebné pomôcky a chemikálie, pozorovania, závery, literárne a internetové zdroje. Pre každý pokus učiteľ vypracuje posudok o riziku, kde uvedie aj spôsob likvidácie odpadu, bezpečnosť pri práci, použitie osobných ochranných pracovných pomôcok a i. Takto spracovaná a utriedená kartotéka chemických pokusov je dobrou pomôckou pri príprave učiteľa na vyučovaciu hodinu a slúži ako príloha k písomnej príprave na vyučovaciu hodinu.

1.1.1 Školské chemické laboratórium

K základným priestorom pre experimentálnu výučbu chémie patrí odborná učebňa chémie, chemické laboratórium a prípravovňa, v ktorej si učiteľ overuje pokusy na výučbu, pripravuje potrebné pomôcky, poprípade sú v nej umiestnené skrinky na uskladnenie chemikálií a potrebných pomôcok.

Odborná učebňa chémie slúži na každodennú výučbu chémie a je prispôsobená možnostiam na demonštračné pokusy učiteľa aj jednoduché práce žiakov.

Školské chemické laboratórium je určené na prácu s menším počtom žiakov (pri povinných laboratórnych prácach sa trieda delí na skupiny), na realizáciu náročnejších chemických pokusov a na chemickú mimoškolskú činnosť (krúžky, chemická olympiáda, SOČ a pod.). Veľkosť laboratória musí zodpovedať požiadavke, aby na každého žiaka pripadali 2 m² podlahovej plochy a 10 m³ vzdušného priestoru. Laboratórium má byť veľká svetlá miestnosť s oknami orientovanými na sever.

K základnému vybaveniu školského laboratória patrí demonštračný stôl pre učiteľa s kompletným vybavením na realizáciu chemických pokusov. Žiacke laboratórne stoly sú obyčajne dvojstranné a žiaci pri nich pracujú kvôli bezpečnosti v stojci. Sú vybavené policami na odkladanie roztokov a spotrebných chemikálií a úložným priestorom v dolnej časti pod pracovnou doskou. Skrinková a zásuvková časť laboratórnych stolov slúži pre základné pomôcky k experimentálnej práci. Demonštračný stôl učiteľa aj žiacke laboratórne stoly sú vybavené energetickými blokmi, prívodom a odvodom vody.

Požiadavkou na chemické laboratórium je vzduchotechnické zariadenie. Jeho inštalácia je riešená umiestnením digestora nad demonštračným stolom, alebo samostatným digestorom. V laboratóriu je mimo pracovných stolov pre učiteľa a žiakov vyhradený pracovný stôl, na ktorom sú umiestnené analytické váhy a niektoré zariadenia nevyhnutné na laboratórnu prácu (sušiareň, pec, mikroskop a pod.).

Laboratórium je opatrené výstražnými a príkazovými značkami, ktoré musia rešpektovať každý, kto vstupuje do chemického laboratória. Na viditeľnom a prístupnom mieste musí byť umiestnený hasiaci prístroj a lekárnička s patričným vybavením.

1.2 Pracovný poriadok v školskom chemickom laboratóriu

V školskom chemickom laboratóriu je učiteľ zodpovedný za život a zdravie jemu zverených žiakov. Učiteľ je zodpovedný za dodržiavanie v súčasnosti platných legislatívnych predpisov, ako aj interných predpisov týkajúcich sa bezpečnosti a ochrany zdravia v škole. Pri práci v laboratóriu je potrebné riadiť sa zákonnými normami a nariadeniami v zmysle zákonov a nariadení vlády: zákona NR SR č. 124/2006 Z. z. o bezpečnosti a ochrane zdravia pri práci a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov; zákona NR SR č. 103/2015 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov; nariadenia vlády č. 355/2006 Z. z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom pri práci.

Učiteľ zodpovedá za pracovné podmienky a realizáciu opatrení, ktorými možno predchádzať nehodám. So základnými predpismi, v ktorých sa vymedzujú povinnosti a kompetencie jednotlivých pracovníkov pri zabezpečení ochrany zdravia pri práci, sa musí učiteľ oboznámiť. Za zdravie, bezpečnosť žiakov a bezpečnú prácu v chemickom laboratóriu zodpovedá učiteľ.

Hlavné povinnosti učiteľa chémie:

1. Oboznámiť žiakov s bezpečnostnými predpismi a zásadami bezpečnej práce na prvej vyučovacej hodine chémie v laboratóriu (o poučení podpíšu žiaci prehlásenie).
2. Pre žiacke pokusy volí učiteľ len také pokusy, ktoré sám vyskúšal. Rozhoduje pritom o vhodnosti a primeranosti pokusu pre žiakov a o použití chemikálií, ich množstvách a koncentráciách.
3. Pred začiatkom laboratórnych prác učiteľ skontroluje laboratórium, či jeho vybavenie odpovedá plánovaným pokusom.
4. Všetky potrebné pomôcky a chemikálie k pokusom pripraví učiteľ vopred.
5. Pred začiatkom praktickej práce učiteľ overí teoretickú pripravenosť žiakov na cvičenie.
6. Upozorní žiakov na možné nebezpečenstvo vo vybraných pokusoch.
7. V priebehu cvičenia učiteľ kontroluje dodržiavanie všetkých pokynov a upozorňuje žiakov na prípadné nedostatky.
8. V závere cvičenia dohliada na likvidáciu odpadných látok a skontroluje stav laboratória.
9. Počas laboratórneho cvičenia učiteľ nesmie opustiť laboratórium bez rovnocennej náhrady.
10. Učiteľ zodpovedá za správne skladovanie a evidenciu chemikálií.
11. Učiteľ zabezpečí označenie a uzamknutie skladu s chemikáliami ako aj vstupu do laboratória.

Okrem zodpovednosti za úroveň odborných vedomostí žiakov je učiteľ chémie osobne zodpovedný aj za bezpečnosť a dodržiavania hygienických pravidiel pri experimentálnej práci.

Nebezpečie pri chemických pokusoch nemožno síce nikdy úplne vylúčiť, pretože nespočíva len v tematike pokusov, ale nesie ho so sebou celá povaha prác a práve preto k základným podmienkam bezpečnej práci v chémii patrí predovšetkým dôkladnosť odborného vzdelania a rozsah experimentálnej prípravy učiteľa chémie. V rukách odborne fundovaného a skúseného učiteľa chémie nie sú chemické pokusy nebezpečné, pretože predvída nielen možné príčiny nehôd pri vlastných pokusoch, ale dokáže včas posúdiť nedostatočné skúsenosti, neobratnosť, alebo únavu žiakov.

V chemickom laboratóriu sa musia dodržiavať pravidlá o hygiene a bezpečnosti práce:

- dôkladná teoretická príprava a organizácia práce pri pokusoch,
- poriadok, disciplína a sústredenosť pri práci,
- dostatok miesta na pracovnom stole a osvojenie si správnych pracovných techník,
- dôsledné oboznamovanie žiakov s toxickými účinkami chemikálií na ľudský organizmus,
- znalosť a dodržiavanie bezpečnostných predpisov a zásad bezpečnej práce.

Laboratórny poriadok

Laboratórny poriadok obsahuje pravidlá bezpečnej práce, ktoré musia žiaci dodržiavať a je umiestnený na viditeľnom mieste v laboratóriu:

1. Do chemického laboratória vstupujeme v pracovných plášťoch (odporúča sa biely a bavlnený plášť), použijeme vhodnú obuv, pričom si treba so sebou nosiť len potrebné pomôcky (zošit, písacie potreby, kalkulačka, tabuľky). Podľa charakteru práce **používame osobné ochranné prostriedky** (ochranný štít, ochranné okuliare, rukavice a i.).
2. **Pri práci používame iba riadne označené chemikálie, nepoškodené chemické nádoby a pomôcky**, ktoré po skončení práce očistíme a uložíme na určené miesta. Chemikálie nikdy nechutnávame, zápach zisťujeme usmerneným pohybom ruky.
3. V chemickom laboratóriu sa nesmieme jesť, prechovávať potraviny, piť z laboratórnych nádob, fajčiť.
4. Po skončení práce, pred odchodom z laboratória si dôkladne umyjeme ruky mydlom.
5. **Pri práci so sklom** sa chránime pred porezaním. Sklenené rúrky, tyčinky, teplomery a pod. zasúvame do otvoru v zátku alebo do hadice nenásilne, vždy vopred zvlhčené glycerolom, alebo vodou. Trubicu zasúvame opatrne krúživým pohybom, pričom ju držíme pri zátku, nie v ohybe. Ruky si pritom chránime tkaninou. Sklenené kohúty a zábrusy potierame tenkou vrstvou tuku na zábrusy. Rozbité sklo odstraňujeme z povrchu stola vždy kefkou, nikdy nie rukou.
6. Pri varení vody, alebo iných kvapalín pridávame do varných nádob varné telieska (pórovité telieska, ako sú kúsky porcelánových čriepkov, sklenené guľičky, a pod.), aby

sme zabránili utajenému varu, ktorý vzniká miestnym prehriatím kvapaliny o niekoľko stupňov nad jej teplotu varu. **Nad zohrievanú kvapalinu sa nikdy nenakláňame!**

7. Pri zohrievaní v skúmavke (skúmavku máme upevnenú v držiaku na skúmavky a držíme ju nad plameňom šikmo) ňou pohybujeme, aby sa kvapalina zohrievala rovnomerne. Skúmavku preto držíme vždy otvorom od seba a od ostatných osôb.
8. Všetky manipulácie s prchavými, zápachajúcimi, výbušnými, horľavými chemikáliami a nebezpečnými plynmi robíme v digestore s dostatočným ťahom alebo aspoň zaistíme dobré vetranie miestnosti. S horľavými látkami nesmieme pracovať pri otvorenom plameni. Pri rozliatí horľaviny je nevyhnutné ihneď zhasnúť kahany, vypnúť elektrický prúd a zaistiť dokonalé vyvetranie miestnosti.
9. Pri práci s elektrickými spotrebičmi pracujeme vždy so suchými rukami a pod dozorom vyučujúceho. Na chybu elektrospotrebiča vždy upozorníme vyučujúceho, nikdy ju neodstraňujeme sami!
10. Dodržiujeme všetky pokyny vyučujúceho, bez schválenia vyučujúcim nemeníme postupy práce!
11. Každý úraz je nutné hlásiť učiteľovi, ktorý urobí záznam.
12. Z každého praktického cvičenia vypracujeme zápis/protokol.

1.2.1 Práca s chemikáliami, ich uskladnenie a likvidácia

Prácu s nebezpečnými chemickými látkami upravuje zákon NR SR č. 67/2010 Z.z. o podmienkach uvedenia chemických látok a chemických zmesí na trh a o zmene a doplnení niektorých zákonov (chemický zákon) a jeho doplnenie zákonmi č. 339/2012 Z.z., 319/2013 Z.z., 262/2014 Z.z.

Pri experimentálnej práci prichádza učiteľ aj žiaci do priameho kontaktu s chemikáliami (chemický faktor). Každá chemikália je v určitej miere nebezpečná, závisí od jej koncentrácie a najmä od jej množstva. Niektoré sú kategorizované ako toxické. Aby sa minimalizovalo riziko pri práci s chemikáliami je potrebné poznať vlastnosti použitých chemických látok, ako aj spôsob manipulácie s nimi. Je dôležité byť oboznámený so základnými pravidlami vyplývajúcimi zo zákona a oboznámiť nimi aj žiakov pred začatím práce. Učiteľ vedie zoznam chemikálií a zaznamenáva ich spotrebu. Pri takejto evidencii zapíšeme do zošita druh chemikálie, množstvo a účel jej použitia. Taktiež nesmieme zabudnúť uviesť aj čas, ako dlho sme pracovali s danou chemikáliou.

Z uvedených nariadení a doplnení vyplýva, že žiaci na základných a stredných školách vôbec nesmú prísť do kontaktu s karcinogénnymi a toxickými chemickými látkami. To vylučuje použitie napr. chrómanov či olovnatých, kademnatých alebo kobaltnatých zlúčenín v chemickom laboratóriu základnej alebo strednej školy. Tiež práca s koncentrovanými kyselinami a hydroxidmi nie je povolená žiakom na základných a stredných školách. Učiteľ si v rámci prípravy na pokus vopred pripraví roztoky týchto žieravín, s ktorými môžu pracovať aj jemu zverení žiaci.

Chemikálie pri ich uskladňovaní a uchovávaní chránime pred priamym slnečným svetlom a pred iným ohrevom. Plynné látky sa uchovávajú v tlakových fľašiach a roztoky a kvapaliny v reagenčných fľašiach, prípadne v odmerných bankách. Tuhé látky uschovávame v prachovniciach (chemikálie, ktoré so sklom reagujú – hydroxidy alkalických kovov a sóda, uskladňujeme v plastových nádobách). Kyseliny majú byť uložené v záchytných plastových vaniach, v špeciálnych skriniach.

V školských podmienkach používame niektoré chemikálie aj ako reálne učebné pomôcky, preto ich vedieme ako ukážkové vzorky, spotrebné alebo zásobné chemikálie. Zbierky chemikálií musia byť uzamknuté v skriniach a zabezpečené proti odcudzeniu v prehľadnom racionálnom usporiadaní. Pre školské podmienky je nepraktické a aj odborne je nevhodné triedenie chemikálií podľa abecedného poriadku, alebo podľa tematických celkov (tie isté chemikálie sa vyskytujú vo viacerých témach učiva). Pre uschovávanie chemikálií sa najčastejšie využíva spôsob ich usporiadania podľa skupín a typu chemických látok.

Anorganické látky napr. systémom na prvky, oxidy, kyseliny, hydroxidy, chloridy, sírany...

Organické látky podľa funkčných skupín organických zlúčenín (napr. alkoholy, aldehydy, karboxylové kyseliny).

Chemikálie sa vyskytujú v niekoľkých stupňoch čistoty. V tabuľke 1 uvádzame rozdelenie chemických látok z hľadiska čistoty.

Tabuľka 1 Rozdelenie chemických látok podľa čistoty

Skupina a podskupina	Označenie	Skratka	Latinské označenie	Skratka
I 1	zvlášť čistý	zv.č.	purum speciale	pur.sp.
II 2	chemicky čistý	ch.č.	purissimum	puriss.
	pre analýzu	p.a.	pro analysi	p.a.
	čistý	č.	purum	pur.
III 5	čistený	čistený	depuratum	depur.
	technický	techn.	technicum	techn.
	surový	sur.	crudum	crud.

Delenie chemických látok podľa rizika nebezpečenstva:

Nariadením Európskeho parlamentu a rady (ES) č. 1272/2008 bol zavedený Globálny harmonizovaný systém klasifikácie a označovania chemických látok (GHS) doplnený výstražnými piktogramami (obr. 1).



Obrázok 1 Globálny harmonizovaný systém klasifikácie a označovania chemických látok

Príslušné výstražné piktogramy na obaloch chemických látok alebo zmesí odkazujú na fyzikálne nebezpečenstvá, zdravotné riziká a nebezpečenstvá pre životné prostredie. Podľa GHS je výstražným piktogramom kosoštvorec s červeným okrajom. Na bielom pozadí vo vnútri

je čierny symbol, ktorý implicitne predstavuje typ rizika. Tieto informácie sú uvedené aj na obale každej chemikálie a detailnejšie sú rozpísané v **karte bezpečnostných údajov**. Podľa legislatívy EÚ sú na obaloch chemikálií okrem výstražných piktogramov uvádzané i tzv. výstražné upozornenia (H–vety, „Hazard statements“), ktoré informujú o rizikách práce s danou chemikáliou a bezpečnostné upozornenia (P–vety, „Precautionary statements“), ktoré informujú o bezpečnom uschovávaní, manipulácii a bezpečnej práci s uvedenou chemikáliou.

Ako príklad uvádzame etiketu, ktorá sa nachádza na obale pre **kyselinu chlorovodíkovú** (35%, p.a.) (obr. 2) a najdôležitejšie informácie uvedené v karte bezpečnostných údajov pre túto chemikáliu (obr. 3).

centralchem[®]
chemická obchodná spoločnosť

Kyselina chlorovodíková
p.a. 35%

HCl

CAS: 7647-01-0 * EINECS: 231-595-7
MW: 36.46 * Obsah hl. zložky min 35%
ADR/RID: UN 1789 8 / PGII

1000 ml

Šarža: 20220329-001
Expirácia: 03.2023

NEBEZPEČENSTVO

H290 Môže byť korozívna pre kovy. H314 Spôsobuje vážne poleptanie kože a poškodenie očí. H335 Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest. P260 Nevdychujte prach/ dym/ plyn/ hmlu/ pary/ aerosóly. P280 Noste ochranné rukavice/ ochranný odev/ ochranné okuliare/ ochranu tváre. P303 + P361 + P353 PRI KONTAKTE S POKOŽKOU (alebo vlasmi): Všetky kontaminované časti odevu okamžite vyzlečte. Pokožku opláchnite vodou/sprchou. P304 + P340 + P310 PO VDÝCHNUTÍ: Presuňte osobu na čerstvý vzduch a umožnite jej pohodlne dýchať. Okamžite volajte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/lekára. P305 + P351 + P338 PO ZASIAHNUTÍ OČÍ: Niekoľko minút ich opatrne vyplachujte vodou. Ak používate kontaktné šošovky a je to možné, odstráňte ich. Pokračujte vo vyplachovaní.

Len pre výskumné a vývojové účely. Všetky vlastnosti a rizika nemusia byť známe. Prosím konzultujte s kartou bezpečnostných údajov.
Núdzové tel číslo +421254774166

Centralchem, s.r.o., Vajnorská 137 831 04 Bratislava, 02/53414156, centralchem@centralchem.sk, www.centralchem.sk

Obrázok 2 Etiketa z obalu kyseliny chlorovodíkovej (p.a. 35%)

Etiketa musí obsahovať 6 dôležitých údajov: Názov látky, piktogramy, zvýraznené signálne slovo (Nebezpečenstvo alebo Varovanie), H-vety, P-vety a telefónne číslo dodávateľa chemikálie.

ODDIEL 1: Identifikácia látky/zmesi a spoločnosti/podniku**1.1 Identifikátory výrobku**

Názov výrobku	:	Hydrochloric acid
Katalógové číslo:	:	H1758
Značka	:	Sigma
Indexové č.	:	017-002-01-X
č. REACH	:	01-2119484862-27-XXXX
Č. CAS	:	7647-01-0

ODDIEL 2: Identifikácia nebezpečnosti**2.1 Klasifikácia látky alebo zmesi****Klasifikácia podľa Nariadenia (ES) č.1272/2008**

Korozívnosť pre kovy (Kategória 1), H290

Žieravosť kože (Kategória 1B), H314

Toxicita pre špecifický cieľový orgán - jednorazová expozícia (Kategória 3), Dýchací systém, H335

Plný text H-údajov uvedených v tomto oddieli viď oddiel 16.

2.2 Prvky označovania**Značenie podľa Nariadenia (ES) č.1272/2008**

Piktogram



Výstražné slovo

Nebezpečenstvo

Rizikové vety

H290

Môže byť korozívna pre kovy.

H314

Spôsobuje vážne poleptanie kože a poškodenie očí.

H335

Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest.

Bezpečnostné oznámenie(a)

P260

Nevdychujte prach/ dym/ plyn/ hmlu/ pary/ aerosóly.

P280

Noste ochranné rukavice/ ochranný odev/ ochranné okuliare/ ochranu tváre.

P303 + P361 + P353

PRI KONTAKTE S POKOŽKOU (alebo vlasmi): Všetky kontaminované časti odevu okamžite vyzlečte. Pokožku opláchnite vodou/sprchou.

P304 + P340 + P310

PO VDÝCHNUTÍ: Presuňte osobu na čerstvý vzduch a umožnite jej pohodlne dýchať. Okamžite volajte TOXIKOLOGICKÉ INFORMAČNÉ CENTRUM/lekára.

P305 + P351 + P338

PO ZASIAHNUTÍ OČÍ: Niekoľko minút ich opatrne vyplachujte vodou. Ak používate kontaktné šošovky a je to možné, odstráňte ich. Pokračujte vo vyplachovaní.

Doplnkové údaje o nebezpečenstve

žiadny

Obrázok 3 Karta bezpečnostných údajov – kyselina chlorovodíková, p.a. 35%

Podľa § 11 nariadenia vlády SR č. 355/2005 Z.z. je zamestnávateľ povinný vypracovať **prevádzkový poriadok** pracovísk pre činnosti súvisiace s chemikáliami, kam zaraďujeme aj školské chemické laboratória. Prevádzkový poriadok je dokument, ktorý obsahuje identifikačné údaje pracoviska, typ a rozsah prác, vykonaných na pracovisku, kategorizuje pracovné činnosti, uvádza konkrétne chemické látky a ich používané množstvá nachádzajúce sa na pracovisku, spôsob skladovania chemických látok, spôsoby odstránenia havarijných stavov, protipožiarne predpisy a spôsob skladovania a likvidácie vzniknutých nebezpečných chemických odpadov. Tento dokument podľa uvedeného zákona musí mať každá organizácia, v ktorej zamestnanci

pri práci prichádzajú do kontaktu s nebezpečnými chemickými látkami, vrátane škôl. Po schválení regionálnym úradom verejného zdravotníctva je škola spôsobilá pre prácu s chemikáliami.

1.2.1.1 Likvidácia nebezpečných chemikálií

Takmer pri každom chemickom pokuse v laboratóriu vzniká nejaký odpad, ktorý nemôžeme vylievať do výlevky. Pri jednoduchých školských pokusoch sa môžeme najčastejšie stretnúť s odpadom, ktorý obsahuje ióny ťažkých kovov (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ...), roztoky kyslé alebo zásadité, prípadne rôzne znečistené organické rozpúšťadlá.

- Roztoky s obsahom ťažkého kovu – tieto roztoky zbierame do samostatne, zvlášť na to určenej nádoby. Po ukončení cvičení pomocou roztoku hydroxidu sodného (alebo hydroxidu draselného) vyvrážame vo vode nerozpustné hydroxidy ťažkých kovov ($\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$...). Roztok hydroxidu sodného pridávame do roztoku s kovmi dovtedy, pokiaľ roztok nad vyvráženými hydroxidmi neostane mierne zásaditý – kontrolujeme pomocou univerzálneho pH papierika. Vyvrážené hydroxidy ťažkých kovov odfiltrujeme. Filtrát, ktorý obsahuje iba rozpustenú vzniknutú sodnú soľ (chlorid, síran, dusičnan...) a nadbytočný hydroxid sodný, môžeme vyliať do výlevky. Odfiltrované hydroxidy ťažkých kovov zabalíme do filtračného papiera, necháme vysušiť a vyhodíme do tuhého nebezpečného odpadu.
- Roztoky kyselín – roztoky kyselín je potrebné zneutralizovať pridaním roztoku hydroxidu sodného (draselného). Neutralizačný roztok pridávame po malých dávkach a neustále premiešavame. Priebežne kontrolujeme pH roztoku a pridávanie príslušného hydroxidu ukončíme, keď bude jeho pH mierne zásadité. Roztok obsahuje iba rozpustné sodné (draselné) soli, ktorý môžeme vyliať do výlevky. Odpadové vody sú vo všeobecnosti kyslé, preto je vhodnejšie do výlevky vylievať mierne zásadité roztoky. Zneutralizovaný roztok pri vylievaní vo výlevke dostatočne zriedime prúdom vody.
- Roztoky zásad – podobne ako odpadové roztoky kyselín, aj odpadové roztoky zásad je potrebné pred vyliatím do výlevky zneutralizovať. Na tento účel použijeme roztok kyseliny chlorovodíkovej, ktorý do roztoku zásady pridávame za stáleho miešania po častiach až do mierne zásaditej reakcie.
- Znečistené organické rozpúšťadlá – organické rozpúšťadlá, ktoré v laboratóriu už nepotrebujeme nesmieme vylievať do výlevky (s výnimkou malých množstiev etanolu). Je potrebné ich zbierať do zvlášť na to určených nádob a triediť podľa obsahu halogénov do dvoch skupín – **nehalogenované rozpúšťadlá** (organické rozpúšťadlá, ktoré neobsahujú atóm halogénu – alkoholy, étery, acetón, hexán...) a **halogenované rozpúšťadlá** (organické rozpúšťadlá s obsahom halogénu – chloroform, dichlórmetán...). Konečnú likvidáciu takto zozbieraných nádob s organickými rozpúšťadlami zabezpečí spoločnosť, ktorá sa zaoberá likvidáciou nebezpečného odpadu.

1.2.2 Prvá pomoc pri nehodách v školskom chemickom laboratóriu

Pri nehodách sa okrem okamžitého ošetrenia a poskytnutia prvej pomoci musí zabezpečiť postihnutému odborné lekárske ošetrenie. Každý úraz je treba brať vážne, lebo neuvážený zásah môže postihnutému viac škodiť ako prospieť.

V chemickom laboratóriu sa najčastejšie stretávame s nasledujúcimi nehodami:

Popáleniny – malé zranenia ochladíme pod tečúcou vodou (alebo na postihnuté miesto priložíme ľad) a prikryjeme suchým sterilným obvazom. Pri rozsiahlejších popáleninách postihnuté miesta len prikryjeme suchým sterilným obvazom pre ochranu pred infekciou a zraneného dopravíme čo najskôr do nemocnice. K popáleninám najčastejšie dochádza z neopatrnosti pri dotyku horúceho predmetu (nádoba s horúcim roztokom, železný kruh, zdroj ohrevu...). Preto pri manipulácii s horúcimi roztokmi používame suchú bavlnenú handričku prípadne hrubú rukavicu.

Poranenia kože – mechanické (rezné, tržné a bodné rany). Menšie mechanické poranenia a odreniny (ak nezostalo v ranách sklo!) ošetríme priamo v laboratóriu. Okolie rán omyjeme alkoholom, alebo 1,5 – 3% roztokom peroxidu vodíka. Väčšie poranenia predbežne obviažeme suchým sterilným obvazom (neprikladať vatú!) a vyhl'adáme odborné ošetrenie.

Poleptanie pokožky alebo sliznice dýchacieho ústrojenstva spôsobujú žieraviny. Postihnuté miesta opláchneme čo najskôr silným prúdom vody. Pri poleptaní kyselinou omývame postihnuté miesto gázou namočenou do 3% roztoku hydrogenuhličitanu sodného. Pri poleptaní hydroxidmi použijeme 3% roztok kyseliny citrónovej, alebo 1% roztok kyseliny octovej. Pri poleptaní oka ho okamžite vyplachujeme tečúcou vodou 15 až 20 minút (tlak vody nesmie byť príliš silný, aby nepoškodil zrak). Pri poleptaniach kyselinou, oko opatrne vypláchneme 3% roztokom bórxu (sodná soľ kyseliny trihydrogenboritej $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) a pri poleptaniach zásadou 3% roztokom kyseliny trihydrogenboritej (H_3BO_3). Bezodkladne zabezpečíme odborné vyšetrenie očným lekárom.

Otrava nebezpečnými plynmi, alebo požitím toxických látok – pri otravách plynmi (chlór, amoniak, pary brómu, chlorovodík, sulfán a i.) treba postihnutému zabezpečiť pokoj, čistý vzduch a zabezpečiť urýchlený prevoz do nemocnice.

Každé laboratórium je povinne vybavené lekárničkou, ktorá obsahuje zdravotnícky materiál pre poskytnutie prvej pomoci, preto je povinnosťou učiteľa chémie zoznámiť sa s jej obsahom a dbať na to, aby bola použiteľná v prípade nehody. Odporúčaný obsah lekárničky tvorí dezinfekčný prostriedok, sterilná gáza, sterilný obvaz, sterilné náplasti, náplast na cievke, pinzeta, nožničky a roztoky (uvedené vyššie) potrebné na rýchle ošetrenie poleptania. Vhodná súčasť lekárničky je aj masť, prípadne chladivý obvaz na popáleniny. Vybaviť pracoviská potrebnými prostriedkami na poskytnutie prvej pomoci (lekárničky) je povinnosťou

zamestnávateľa (školy). Pri každom úraze musíme počítať aj s tým, že úrazy a zľaknutia sú sprevádzané šokom. Neliečený šok môže mať veľmi vážne následky (najmä u detí), preto každému úrazu venujme starostlivosť i vtedy, keď sa účinok v čase úrazu nijako neprejavuje. Každý úraz, ktorý sa stal v školskom chemickom laboratóriu sa eviduje buď v knihe úrazov alebo väčší úraz podlieha evidencii s hlásením nadriadeným školským orgánom.

Aby sme úplne vylúčili poleptanie ústnej dutiny a očí, používame osobné ochranné pomôcky, ktoré má pre seba vyhradené učiteľ a každý žiak (ochranné okuliare na oči). Na pipetovanie používame pipetovacie balóniky alebo nástavce!

2 Základné procesy v chemickom laboratóriu

2.1 Príprava roztokov

Z praktického hľadiska je v laboratóriu výhodné mať sadu základných tzv. zásobných roztokov. V prípade potreby ich máme rýchlo k dispozícii, prípadne ich riedením vieme pripraviť nové roztoky daných látok. Roztoky s presnou koncentraciou sa pripravujú a uskladňujú v odmerných bankách (obr. 4). Roztoky s daným hmotnostným zlomkom sa pripravujú v kadičkách a na ich dlhodobšie uskladnenie slúžia reagenčné fľaše (obr. 5).



Obrázok 4
Odmerná banka



Obrázok 5 Reagenčné
fľaše

Princíp:

Roztok je homogénne sústava zložená z rozpustenej látky a rozpúšťadla. Najbežnejšie spôsoby vyjadrovania zloženia roztokov sú:

- pomocou hmotnostného zlomku rozpustenej látky v roztoku: $w(A) = \frac{\text{hmotnosť látky A}}{\text{hmotnosť roztoku}}$
- pomocou objemového zlomku (iba pre zmesi kvapalných látok): $\varphi(A) = \frac{\text{objem látky A}}{\text{objem roztoku}}$
- pomocou koncentrácie látkového množstva: $c(A) = \frac{\text{počet mólov látky A}}{1 \text{ dm}^3 \text{ roztoku}} [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]$
- pomocou hmotnostnej koncentrácie $c_m(A) = \frac{\text{hmotnosť látky A}}{1 \text{ dm}^3 \text{ roztoku}} [\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}]$

2.1.1 Príprava roztokov s daným hmotnostným zlomkom

Ak máme zadané zloženie roztoku pomocou hmotnostného zlomku, musíme poznať hmotnosti všetkých zložiek potrebných na prípravu roztoku. V prípade kvapalných rozpúšťadiel si túto hmotnosť potrebujeme prepočítať pomocou hustoty na objem rozpúšťadla.

Veľmi bežne používané rozpúšťadlo je destilovaná voda, ktorá má pri laboratórnej teplote hustotu blízku ideálnej hodnote $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Táto hodnota je považovaná za ideálnu z toho

dôvodu, pretože či jednotkou delíme alebo násobíme, číselná hodnota upravovanej veličiny sa nemení. Takéto zjednodušenie ($\rho = 1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) môžeme použiť aj pre veľmi zriedené vodné roztoky (približne do 1%).

Úloha: Pripravte 200 g 1,5% roztoku NaCl.

Pomôcky a chemikálie:

kadička, odmerný valec, váhy, lyžička, tyčinka, chlorid sodný

Postup práce:

Na začiatku je nevyhnutné vypočítať si množstvo všetkých zložiek potrebných na prípravu roztoku, teda hmotnosť tuhého NaCl a objem vody. Ak v zadaní úlohy nie je uvedené koľko roztoku máme pripraviť, tak si jeho množstvo určíme podľa toho, približne koľko roztoku budeme potrebovať (najpraktickejšie je stanoviť si hmotnosť roztoku, pretože počítame s hmotnostným zlomkom). Odvážený chlorid sodný v kadičke rozpustíme vo vypočítanom objeme vody a premiešame, pokiaľ sa úplne nerozpustí.

Výpočet pomocou vzťahov:

$$m_{\text{celk}} = 200 \text{ g}$$

$$m(\text{NaCl}) = w \cdot m_{\text{celk}} = 0,015 \cdot 200 = \mathbf{3,0 \text{ g}}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{celk}} - m(\text{NaCl}) = 200 - 3,0 = 197 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{\rho} = \frac{197 \text{ g}}{1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}} = \mathbf{197 \text{ cm}^3}$$

Výpočet pomocou zmiešavacej rovnice:

$$\begin{aligned} m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 &= m_3 \cdot w_3 \\ m_1 \cdot 1 + m_2 \cdot 0 &= 200 \cdot 0,015 \\ m_1 &= 200 \text{ g} \cdot 0,015 \end{aligned}$$

Rozpúšťaný tuhý chlorid sodný je čistá bezvodá látka, preto $w_1 = 1$.
Čisté rozpúšťadlo neobsahuje žiaden chlorid sodný, preto $w_2 = 0$.

$$m_1 = 200 \text{ g} \cdot 0,015 = \mathbf{3,0 \text{ g}}$$

$$m_2 = m_3 - m_1 = 200 - 3,0 = 197 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{\rho} = \frac{197 \text{ g}}{1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}} = \mathbf{197 \text{ cm}^3}$$

Výpočet pomocou trojčlenky:

$$\begin{array}{l} 100\% \text{ hmotnosti roztoku} \dots\dots\dots 200 \text{ g} \\ 1,5\% \text{ hmotnosti roztoku} \dots\dots\dots x \text{ g} \end{array} \Rightarrow x = \frac{1,5\% \cdot 200 \text{ g}}{100\%} = 3,0 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{celk}} - m(\text{NaCl}) = 200 - 3,0 = 197 \text{ g} \Rightarrow V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{\rho} = \frac{197 \text{ g}}{1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}} = 197 \text{ cm}^3$$

Poznámka ku výpočtom:

Z uvedených postupov výpočtu vidíme, že nezáleží akým postupom sa dopracujeme k správne výsledku. V ďalšej časti učebného textu budeme uvádzať vždy iba jeden z možných postupov.

Poznámka ku váženiu:

Váženú chemikáliu nikdy nekladíme priamo na miskú váh, ale používame na to špeciálne navažovacie lodičky, prípadne hodinové sklíčko. Kvôli lepšiemu presypaniu odváženého materiálu môžeme na váženie použiť aj filtračný, prípadne iný vhodný papier.

Úloha: Pripravte 250 g 10% roztoku HCl riedením koncentrovanej HCl (36%).

Pomôcky a chemikálie:

kadičky, odmerné valce, tyčinka, koncentrovaná kyselina chlorovodíková (36%)

Postup práce:

Ak nie je určené množstvo roztoku, tak si ho určíme podľa potreby. Napríklad, potrebujeme pripraviť 250 g 10% roztoku HCl (ak by sme si určili 250 cm³, tak tento objem musíme prepočítať cez príslušnú hustotu na hmotnosť roztoku). Vypočítame si objem koncentrovanej kyseliny chlorovodíkovej a objem vody potrebné na prípravu tohto roztoku. Kyselinu opatrne po tyčinke a za stáleho miešania pridávame po malých častiach do vody. Z dôvodu možného vyšplechnutia koncentrovanej kyseliny (hrozí lokálne prehriatie) vždy **lejeme kyselinu do vody a roztok miešame tyčinkou**. Nakoľko z koncentrovanej HCl sa uvoľňuje plynný chlorovodík, riedenie koncentrovanej HCl uskutočňujeme v digestore.

Výpočet pomocou zmiešavacej rovnice:

$$m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = m_3 \cdot w_3$$

$$m_1 \cdot 0,36 + m_2 \cdot 0 = 250 \cdot 0,10$$

$$m_1 \cdot 0,36 = 250 \text{ g} \cdot 0,10$$

$$m_1 = \frac{250 \text{ g} \cdot 0,1}{0,36} = 69,44 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad V(36\% \text{ HCl}) = \frac{m}{\rho} = \frac{69,44 \text{ g}}{1,1791 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} = \mathbf{58,9 \text{ cm}^3}$$

$$m_2 = m_3 - m_1 = 250 - 69,44 = 180,56 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{\rho} = \frac{180,56 \text{ g}}{1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} = \mathbf{180,6 \text{ cm}^3}$$

Poznámka ku meraniu objemu:

Na odmeriavanie objemu kvapalín a roztokov používame odmerný valec, prípadne pipetu. Na **pipetovanie používame pipetovacie balóniky alebo pipetovacie nástavce**, čím vylúčime neželané požitie roztokov.

Úloha: Pripravte 100 g 2,5% roztoku CuSO_4 rozpúšťaním $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Skutočnosť, že síran meďnatý vytvára hydrát musíme pri príprave roztokov brať do úvahy. Síran meďnatý je bežne dostupný vo forme stabilného pentahydrátu, ktorý okrem síranu meďnatého obsahuje aj vodu (obsah síranu meďnatého v $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ je 63,92%, viď kapitola 2.1.1.1).

Pomôcky a chemikálie:

kadička, odmerný valec, tyčinka, lyžička, váhy, pentahydrát síranu meďnatého

Postup práce:

Opäť si určíme množstvo roztoku, ktoré potrebujeme pripraviť (ak nie je vopred dané). Vypočítame si potrebnú hmotnosť $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a vody potrebné na prípravu roztoku. Odvážené množstvo modrej skalice rozpustíme vo vode a premiešame tyčinkou.

Výpočet pomocou vzťahov:

$$m_{\text{celk}} = 100 \text{ g}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = w \cdot m_{\text{celk}} = 0,025 \cdot 100 = 2,5 \text{ g} \quad \Rightarrow \quad m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{0,6392} = \mathbf{3,911 \text{ g}}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{celk}} - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 100 - 3,911 = 96,1 \text{ g}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m}{\rho} = \frac{96,1 \text{ g}}{1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} = \mathbf{96,1 \text{ cm}^3}$$

2.1.1.1 Hmotnostný zlomok síranu meďnatého v modrej skalici

Hmotnostný zlomok je veličina, ktorou sa bežne vyjadruje aj obsah určitej zložky v čistých látkach. Napríklad obsah medi, vody alebo síranu meďnatého v modrej skalici. Modrá skalica, pentahydrát síranu meďnatého, zahrievaním postupne stráca vodu. Pri teplote 400°C získame bezvodý síran meďnatý.

Pomôcky a chemikálie:

žihací téglik, pec, kliešte do pece, exsikátor, trecia miska s tlčíkom, lyžička, váhy, pentahydrát síranu meďnatého

Postup práce:

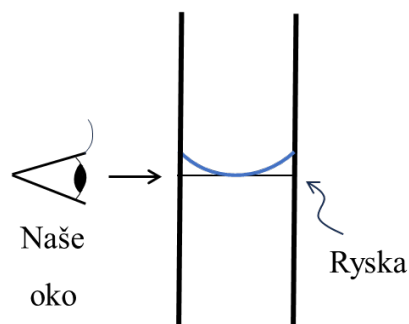
Do téglika navážime približne 1 g jemne rozotretej modrej skalice (presnú hmotnosť si zapíšeme!). Téglik dáme do pece a žihame pri teplote 400°C po dobu 45 minút. Po uplynutí stanoveného času vyberieme téglik z pece a dáme voľne vychlaďiť do exsikátora. Po jeho vychladení odvážime téglik s bielym síranom meďnatým a zapíšeme si jeho hmotnosť. Zo získaných hmotností vypočítame experimentálne stanovený hmotnostný zlomok CuSO_4 v pentahydráte síranu meďnatého a porovnáme s teoreticky vypočítanou hodnotou.

$$w(\text{CuSO}_4)_{\text{teor}} = \frac{M_r(\text{CuSO}_4)}{M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{159,608}{249,682} = 0,6392$$

2.1.2 Príprava roztokov s presnou koncentráciou látkového množstva

Roztoky s presnou koncentráciou pripravujeme v odmerných bankách, kde je ryskou určený presný objem roztoku. Pri bezfarebných alebo priehľadných roztokoch odčítavame objem kvapaliny cez dolný meniskus (obr. 6). Meniskus je hladina kvapaliny, ktorá je vplyvom adhézných síl zakrivená. Takto odčítavame objem kvapaliny aj v pipetách a odmerných valcoch.

Odmerné banky majú špeciálny hruškovitý tvar a úzke hrdlo so značkou, ktorá nám ukazuje, kedy sa v odmernej banke nachádza taký objem, akým je daná banka označená. Na začiatku si musíme vypočítať iba množstvo látky, ktorej roztok pripravujeme.



Obrázok 6 Správny pohľad na dolný meniskus

Objem rozpúšťadla pri príprave roztokov s presnou koncentráciou nepotrebujeme vedieť, nakoľko v odmernej banke doplníme objem roztoku presne po rysku.

Úloha: Pripravte 500 cm³ roztoku NaOH s koncentráciou 0,050 mol·dm⁻³.

Pomôcky a chemikálie:

odmerná banka, kadička, tyčinka, váhy, lyžička, hydroxid sodný

Postup práce:

Objem pripraveného roztoku je určený veľkosťou odmernej banky. Vypočítame si potrebnú hmotnosť hydroxidu sodného a presne odvážime na analytických váhach. Odvážené množstvo rozpustíme v kadičke v menšom množstve rozpúšťadla, ako je celkový objem roztoku a prelejeme do odmernej banky. Kadičku niekoľkokrát prepláchneme malým množstvom rozpúšťadla, aby sme do odmernej banky dostali celé množstvo rozpúšťanej látky. Nakoniec odmernú banku opatrne doplníme rozpúšťadlom presne po rysku. Banku uzatvoríme zátkou a otočením premiešame. Odmernú banku označíme štítkom.

Výpočet pomocou vzťahov:

$$V_{\text{celk}} = 500 \text{ cm}^3 = 0,500 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{NaOH}) = 0,050 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Spojením základných vzťahov pre výpočet hmotnosti čistej látky z látkového množstva ($m = n \cdot M$) a vzťahu pre výpočet látkového množstva z koncentrácie ($n = c \cdot V$) dostaneme nasledujúci vzťah:

$$m(\text{NaOH}) = n \cdot M = c \cdot V \cdot M = 0,050 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,500 \text{ dm}^3 \cdot 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \mathbf{1,00 \text{ g}}$$

Úloha: Pripravte 250 cm³ roztoku CuSO₄ s koncentráciou 0,10 mol·dm⁻³ rozpúšťaním CuSO₄·5H₂O.

Pomôcky a chemikálie:

odmerná banka, kadička, tyčinka, váhy, lyžička, pentahydrát síranu meďnatého

Postup práce:

Objem pripraveného roztoku je určený veľkosťou odmernej banky. Vypočítame si potrebnú hmotnosť $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, presne odvážime, rozpustíme v kadičke v menšom množstve rozpúšťadla a prelejeme do odmernej banky. Kadičku niekoľkokrát prepláchneme malým množstvom rozpúšťadla, aby sme do odmernej banky kvantitatívne preniesli celé množstvo rozpúšťanej látky. Odmernú banku doplníme čistým rozpúšťadlom presne po rysku, premiešame a označíme štítkom.

Výpočet pomocou vzťahov:

$$V_{\text{celk}} = 250 \text{ cm}^3 = 0,250 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{CuSO}_4) = 0,100 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,68 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = c \cdot V \cdot M = 0,100 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,250 \text{ dm}^3 \cdot 249,68 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = \mathbf{6,242 \text{ g}}$$

Poznámka:

Pomer látkových množstiev $n(\text{CuSO}_4) : n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 1:1$. Z toho vyplýva, že ich látkové množstvá aj ich koncentrácie sú rovnaké, ale hmotnosti nie. Preto pri výpočte použijeme molárnu hmotnosť tej zlúčeniny, ktorú reálne vážime a následne rozpúšťame.

Úloha: Pripravte 250 cm^3 roztoku H_2SO_4 s koncentráciou $0,50 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ riedením koncentrovanej H_2SO_4 (96%).

Pomôcky a chemikálie:

odmerná banka, pipeta (v prípade väčších objemov odmerný valec), kadička, tyčinka, koncentrovaná kyselina sírová (96%)

Postup práce:

Požadovaný objem pripraveného roztoku (250 cm^3) je totožný s objemom použitej odmernej banky. Vypočítame si potrebný objem koncentrovanej kyseliny sírovej. Pomocou pipety a pipetovacieho nástavca, resp. balónika (v prípade väčšieho objemu použijeme odmerný valec) odmeriame potrebné množstvo 96% H_2SO_4 a po častiach za stáleho miešania tyčinkou ju pridáme do kadičky s malým množstvom vody (po častiach lejeme kyselinu do vody a pravidelne premiešavame). **Pozor!** Riedenie koncentrovanej kyseliny sírovej je silne

exotermický proces. Obsah kadičky necháme vychladnúť, prelejeme do odmernej banky a kadičku niekoľkokrát prepláchneme vodou. Nakoniec odmernú banku opatrne doplníme destilovanou vodou presne po rysku, premiešame a označíme.

Výpočet pomocou zmiešavacej rovnice:

Pri riedení koncentrovaných kyselín sa objem koncentrovanej kyseliny najjednoduchšie vypočíta pomocou zmiešavacej rovnice. V prípade, že všetky zložky sú kvapaliny resp. roztoky, použijeme nasledujúci tvar zmiešavacej rovnice:

$$c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_3 \cdot V_3$$
$$c_1 \cdot V_1 + 0 \cdot V_2 = 0,050 \cdot 0,250$$

Z chemických laboratórnych tabuliek vieme ľahko zistiť koncentráciu 96% kyseliny sírovej:

$$c(96\% \text{ H}_2\text{SO}_4) = 17,966 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$17,966 \cdot V_1 = 0,050 \cdot 0,250$$

$$V_1 = \frac{0,50 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,250 \text{ dm}^3}{17,966 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}} = 6,96 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = \mathbf{7,0 \text{ cm}^3}$$

2.2 Stanovenie hustoty roztokov

Hustota je fyzikálna veličina, ktorá nám slúži na prepočet objemu roztoku (prípadne rozpúšťadla) na jeho hmotnosť. Existujú viaceré metódy na meranie hustoty roztokov, pričom najbežnejšie sú meranie hustoty pomocou hustomeru a pyknometrická metóda.

Meranie hustoty hustomerom

Princíp:

Meranie hustoty hustomerom je založené na Archimedovom zákone. Hustomer je dlhá uzavretá sklenená nádobka, ktorá je v dolnej časti zaťažovaná závažím a v úzkej hornej časti sa nachádza stupnica na odčítanie hustoty meraného roztoku (obrázok 7). Meranie hustomerom je rýchle,

ale nie veľmi presné. Nevýhodou tohto merania je, že potrebujeme veľké množstvo meraného roztoku (aby sme naplnili odmerný valec).



Obrázok 7 Sada hustomerov

Pomôcky a chemikálie:

odmerný valec (100 cm³), sada hustomerov, váhy, lyžička, kadička, chlorid sodný

Postup práce:

V kadičke si pripravíme 7% roztok NaCl. Odmerný valec naplníme približne do 2/3 týmto roztokom. Do roztoku opatrne vložíme hustomer tak, aby nespadol na dno a aby v dôsledku jeho ponorenia nedošlo k vyliatiu meraného roztoku z odmerného valca. Po ustálení hustomera na jeho stupnici odčítame hodnotu hustoty meraného roztoku – ukazovateľ hodnoty je dolný meniskus meraného roztoku.

Poznámka:

Tak ako rôzne roztoky majú rôzne hustoty, tak existujú aj rôzne typy hustomerov s rôznym rozsahom meraných hodnôt. Preto si na meranie hustoty pomocou hustomera vyberieme taký hustomer, ktorého rozsah nám pre daný prípad vyhovuje.

Meranie hustoty pyknometricky

Princíp:

Meranie hustoty pyknometrickou metódou je časovo náročnejšie, ale nameraná hustota je presnejšia a meranie si nevyžaduje veľký objem meraného roztoku.

Pyknometer (obr. 8) je malá kalibrovaná nádobka s úzkym hrdlom, uzavretým zátkou s kapilárou, ktorou po zatvorení vytečie nadbytočná kvapalina. Na nádobke je vyznačený presný objem.



Obrázok 8 Pyknometer

Pomôcky a chemikálie:

pyknometer, malý lievnik alebo malá kadička, váhy, roztok chloridu sodného (7%)

Postup práce:

Meranie hustoty pomocou pyknometra spočíva v jeho vážení. Ako prvé si odvážime prázdny suchý pyknometer (m_1). Následne pyknometer dôkladne naplníme roztokom meranej kvapaliny, pričom dbáme, aby v ňom neboli žiadne vzduchové bubliny. To dosiahneme tak, že meraný roztok budeme pomaly nalievať do pyknometra z malej kadičky alebo pomocou malého lievika. Je dôležité zabezpečiť, aby počas plnenia pyknometra bol priestor pre unikajúci vzduch. Pyknometer naplníme približne do polovice zábrusu, uzavrieme vrchnou časťou a prípadný vytečený roztok dôkladne utrieme. Takto naplnený pyknometer odvážime (m_2). Ten istý pyknometer vyprázdňujeme a poriadne prepláchneme vodou (aby sme pyknometer zbavili pôvodného roztoku). Následne ho rovnakým postupom naplníme destilovanou vodou tak, aby v ňom neboli prítomné žiadne vzduchové bublinky. Vodou naplnený pyknometer odvážime (m_3) a vypočítame hustotu meraného roztoku:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1}$$

Pre presnejší výpočet hustoty meraného roztoku môžeme korigovať vypočítanú hustotu prostredníctvom hustoty vody a hustoty vzduchu (ten sa nachádza v prázdnom suchom pyknometri):

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1} \cdot (\rho(\text{H}_2\text{O}) - \rho_{\text{vzduch}}) + \rho_{\text{vzduch}}$$

$$\rho(\text{H}_2\text{O}, 20^\circ\text{C}) = 0,9982 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$$

$$\rho_{\text{vzduch}}(20^\circ\text{C}) = 0,001205 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$$

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1} \cdot (0,9982 - 0,001205) + 0,001205$$

Nakoniec namerané hodnoty hustoty pripraveného 7% vodného roztoku chloridu sodného stanovené oboma postupmi porovnáme s tabuľkovou hodnotou.

Ktorá z nameraných hodnôt hustoty je bližšia tabuľkovej hodnote?

2.3 Difúzia

Princíp:

Difúzia je fyzikálny proces, pri ktorom dochádza k transportu častíc v roztoku, zmesi plynov. Pri difúzii sa vyrovnáva rozdiel koncentrácií a dochádza k presunu molekúl (iónov) z miest s vyššou koncentráciou do miest s nižšou koncentráciou.

2.3.1 Difúzia manganistanu draselného

Pomôcky a chemikálie:

veľká kadička, tyčinka, malá lyžička, manganistan draselný

Postup práce:

Veľkú kadičku naplníme vodou (môžeme použiť vodu z vodovodu) a pomocou malej lyžičky do nej pridáme niekoľko kryštálov manganistanu draselného. Roztok nemiešame a pozorujeme voľnú difúziu rozpusteného KMnO_4 v roztoku. Po chvíli môžeme roztok opatrne na krátku chvíľu premiešať, čím v kadičke spôsobíme mierne vírenie vody. Opäť pozorujeme.

2.3.2 Rýchlosť difúzie amoniaku a chlorovodíka

Pomôcky a chemikálie:

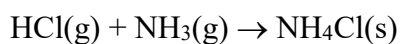
sklenená trubica (dlhá približne 1 m, priemer približne 1 cm), stojan a držiak na trubicu, vata a špajla, tmavá podložka, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, koncentrovaný amoniak, ochranné rukavice

Postup práce:

Sklenenú trubicu upevníme v držiaku do vodorovnej polohy. Pod trubicu umiestnime tmavú podložku. Do jedného otvoru trubice vložíme kúsok vaty na špajli, ktorý je namočený v roztoku koncentrovanej HCl a do druhého otvoru vložíme vatú namočenú v koncentrovanom roztoku amoniaku. Oba konce potom utesníme suchou vatou (alebo zátkou) tak, aby nedochádzalo k uvoľňovaniu plynov mimo trubicu. **Pokus prevádzkame v digestore!**

Pozorovanie a vysvetlenie:

V sklenenej trubici dôjde po čase k vzniku bieleho chloridu amónneho. Jeho vznik je podmienený spojením oboch plynných reaktantov (HCl a NH₃), ktoré vstupujú do trubice z rôznych strán. Tieto reaktanty difundujú v trubici naplnenej vzduchom rôznou rýchlosťou. Ktorý z nich má vyššiu rýchlosť difúzie?



Na základe Grahamovho zákona, resp. Graham-Bunsenovho zákona je pri konštantnej teplote a tlaku rýchlosť difúzie plynu nepriamo úmerná druhej odmocnине jeho molárnej hmotnosti. To znamená, že plynný chlorovodík je ťažší a preto sa pohybuje pomalšie. Biely produkt NH₄Cl sa tvorí bližšie k HCl, pretože plynný NH₃ sa pohybuje rýchlejšie.

Poznámka:

Ak potrebujeme uviesť skupenstvo jednotlivých zložiek chemickej reakcie, napr. v termochémii alebo pri vylučovacích reakciách, môžeme použiť nasledovné označenia skupenských stavov:

(g) – plynná fáza „gaseous“

(l) – kvapalná fáza „liquid“

(s) – tuhá fáza „solid“

(aq) – vodný roztok „aqueous“

(solv) – nevodný roztok „solvent“

2.4 Zrážanie, dekantácia a filtrácia

Princíp:

Zrážanie je chemický proces, kedy sa zo sústavy vylúči jeden z produktov vo forme zrazeniny – tuhej fázy. Vyzrážaný tuhofázový produkt po určitom čase (závisí najmä od veľkosti vyzrážaných častíc a ich hustoty) sedimentuje na dne nádoby. Keď potrebujeme roztok nad zrazeninou zbaviť rozpustných nečistôt je potrebné roztok dekantovať.

Dekantácia patrí k jednoduchým separačným metódam a predstavuje postupné zlievanie kvapalnej fázy nad usadenou zrazeninou, čím sa obsah rozpustných nečistôt postupne znižuje (dekantáciu zrazeniny je potrebné niekoľkokrát opakovať). Po poslednej dekantácii vyzrážaný produkt prefiltrujeme a dôkladne premyjeme čistým rozpúšťadlom, aby sme produkt úplne zbavili rozpustných nečistôt. Najbežnejšie používaným filtračným materiálom je filtračný papier umiestnený vo filtračnom lieviku.

Filtrácia je separačná metóda na rozdeľovanie heterogénnych zmesí na základe rozdielnej veľkosti častíc. Filtráciu môžeme urýchliť dvoma spôsobmi:

- znížením tlaku pod filtrom. Tento spôsob je v školskom chemickom laboratóriu ľahko uskutočniteľný za použitia Büchnerovho lievika a odsávacej banky, ktorá je napojená na vývevu (vodná, olejová, membránová) – **filtrácia pri zníženom tlaku**.
- zvýšením tlaku nad filtrom, čo je ale v školskom laboratóriu ťažko realizovateľné. V prípade plného filtračného lievika je zo začiatku rýchlosť filtrácie urýchlená hydrostatickým tlakom kvapaliny, ktorá sa nachádza vo filtračnom lieviku.

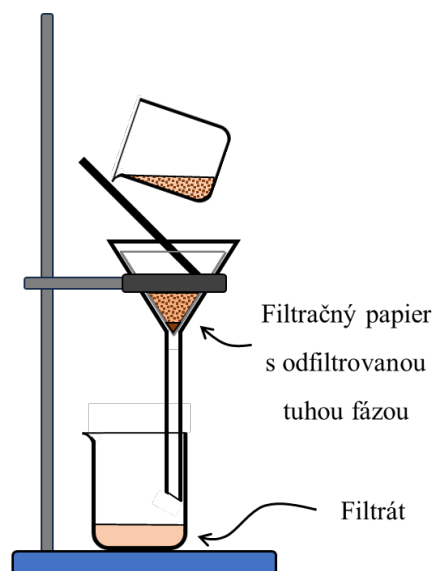
Dekantácia, filtrácia a príprava roztokov patria medzi fyzikálne procesy, preto ich priebeh nemôžeme zapísať chemickou rovnicou.

Pomôcky a chemikálie:

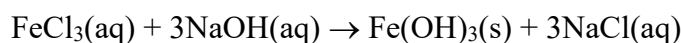
kadičky, filtračný lievik, filtračný kruh, stojan, tyčinka, odmerný valec, Büchnerov lievik, odsávacia banka s tesnením, výveva na generovanie podtlaku, roztok chloridu železitého znečistený pieskom a pilinami, roztok hydroxidu sodného

Postup práce:

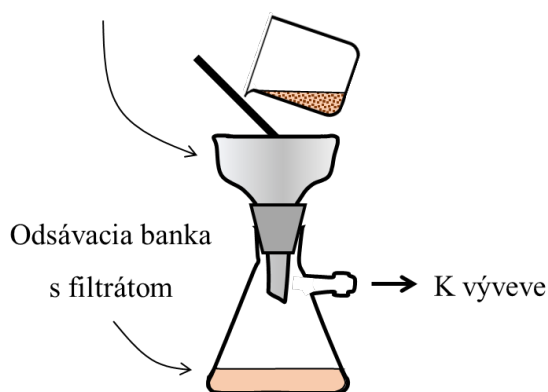
Odmeriame si 25 cm³ suspenzie roztoku chloridu železitého s pieskom a pilinami. Danú heterogénnu zmes prefiltrujeme cez filtračný papier pri atmosférickom tlaku (obr. 9). Po ukončení filtrácie pridáme do kadičky s filtrátom po častiach roztok hydroxidu sodného, čím dôjde k vyvráždaniu hydroxidu železitého. O tom, či došlo k úplnému vyvráždaniu Fe(OH)₃ sa presvedčíme nasledujúcim spôsobom. Vzniknutú zrazeninu necháme usadiť a opatrne pridáme do kadičky malé množstvo zrážadla (roztok NaOH). Ak dôjde k vzniku novej zrazeniny, tak pokračujeme v zrážaní ďalej; ak k vzniku novej zrazeniny nedôjde, ale dôjde iba k zvráteniu tej usadenej, môžeme zrážanie ukončiť.



Obrázok 9 Filtrácia pri atmosférickom tlaku



Büchnerov lievik s
odfiltrovanou zrazeninou



Obrázok 10 Filtrácia pri zníženom tlaku

Po skončení zrážania vzniknutý tuhý produkt niekoľkokrát dekantujeme čistým rozpúšťadlom, v tomto prípade čistou vodou. Po poslednej dekantácii (po zliatí kvapalnej fázy už nemusíme dolievať nové rozpúšťadlo) prečistený produkt prefiltrujeme pomocou aparatury pri zníženom tlaku (obr. 10). Zrazeninu na filtračnom papieri poriadne premyjeme vodou, aby sme úplne vymyli zvyšky rozpusteného chloridu sodného. Odfiltrovaný hydroxid železitý môžeme nechať prúdom vzduchu spôsobeným podtlakom čiastočne vysušiť.

Poznámka:

Filtračný papier je najbežnejší filtračný materiál, zložený z jednotlivých navzájom prepletených vlákien celulózy. Medzi týmito vláknami sa nachádzajú malé póry rôznej veľkosti, ktoré umožňujú proces filtrácie. Veľkosť pórov vo filtračnom papieri je u rôznych dodávateľov filtračného papiera označená iným spôsobom, napr. podľa filtračnej rýchlosti. Rýchlosť filtrácie

priamo úmerne závisí od veľkosti pórov a takisto od veľkosti filtrovaných častíc a viskozity rozpúšťadla.

V prípade veľmi jemných zrazenín môže vplyvom podtlaku dôjsť k prechodu malých nanočastíc do filtrátu. V priebehu filtrácie môže postupne dôjsť k upchatiu väčších otvorov vo filtračnom papieri väčšími časticami, čím sa zastaví prienik nanočastíc zrazeniny do filtrátu. Ak chceme získať číry filtrát je nevyhnutné prvý filtrát s obsahom nanočastíc hydroxidu železitého prefiltrovať ešte raz cez existujúci filter so zrazeninou.

Ak by bola zrazenina veľmi jemná v celom objeme, tak filtráciu pri zníženom tlaku použiť nemôžeme. V takomto prípade zrazeninu môžeme odfiltrovať jedine pri atmosférickom tlaku.

Na filtráciu pri zníženom tlaku môžeme použiť aj tzv. fritový lievnik, kde ako filtračný materiál slúži pórovité sklo. V závislosti od veľkosti pórov fritovej zložky ich označuje symbolmi S1 až S4, pričom najväčšie póry sú vo frite S1 a najmenšie vo frite s označením S4.

2.5 Destilácia a kryštalizácia

2.5.1 Destilácia roztoku manganistanu draselného

Princíp:

Destilácia je metóda na oddelovanie zmesi kvapalín založená na rozdielnej teplote varu. Touto metódou najčastejšie oddelujeme dve miešateľné kvapaliny, prípadne destiláciou môžeme z roztoku oddestilovať čisté rozpúšťadlo.

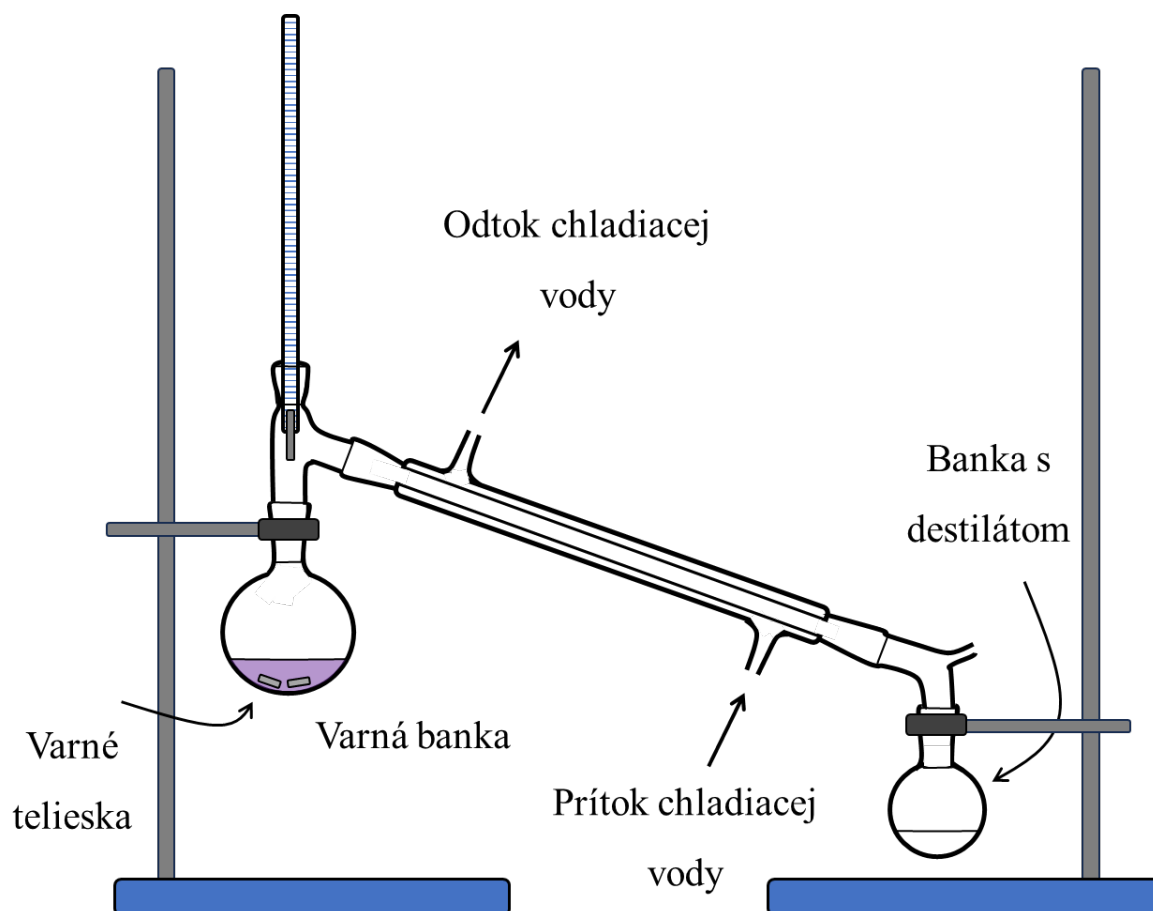
Pomôcky a chemikálie:

varná banka, Liebigov chladič, stojany, svorky, držiaky, teplomer, predloha, hadice na chladiacu vodu, varné telieska, kahan, železný kruh, keramická sieťka, roztok manganistanu draselného

Postup práce:

Zostavíme si destilačnú aparatúru podľa obrázka 11. Pri spájaní zábrusov dbáme na to, aby spoje boli dôkladne namazané vhodným tukom, napr. Ramsayovým tukom. Do varnej banky dáme 100 cm³ roztoku KMnO₄ a chladič napojíme hadicami na chladiacu vodu. K roztoku vo varnej banke pridáme varné telieska, aby sme predišli utajenému varu. **Prívod chladiacej vody napájame vždy do dolnej časti chladiča!** Skontrolujeme tesnosť aparatúry a roztok vo varnej

banke začneme zahrievať. Na teplomere priebežne sledujeme teplotu a pozorujeme proces destilácie. Destiláciu ukončíme v momente, keď vo varnej banke nebude dostatočné množstvo roztoku (destiláciu nemožno realizovať až do úplného vyparenia obsahu v banke).



Obrázok 11 Destilačná aparátúra

2.5.2 Kryštalizácia modrej skalice

Princíp:

Kryštalizácia je proces, pri ktorom sa z roztoku vylučuje tuhá fáza vo forme kryštálov. Poznáme dva druhy kryštalizácie:

- prerušovaná kryštalizácie – rýchlym ochladením horúceho nasýteného roztoku dôjde z dôvodu zníženia teploty roztoku k vylúčeniu tuhej fázy, nakoľko v sústave nebude dostatočné množstvo rozpúšťadla na to, aby celé množstvo rozpustenej látky ostalo naďalej v roztoku (platí pre tie látky, ktoré majú vyššiu rozpustnosť pri vyššej teplote). Proces prerušovanej kryštalizácie je rýchly, preto vzniknuté kryštály sú spravidla malé (obr. 12).

- voľná kryštalizácia – pomalým voľným odparovaním rozpúšťadla pri laboratórnej teplote z roztoku ľubovoľného zloženia dôjde k zahusteniu roztoku, až vznikne nasýtený roztok. Ďalším odparovaním, kedy už nie je dostatok rozpúšťadla na to, aby bolo celé množstvo rozpustenej chemikálie v roztoku, dôjde k vzniku tuhej fázy. Nakoľko tento proces je dlhý, tak vzniknuté kryštály sú spravidla veľké (obr. 13).

Rozpúšťaná látka sa pri danej teplote rozpúšťa iba do určitej miery a vytvára nasýtený roztok. Rozpustnosť s (pri danej teplote) sa najčastejšie vyjadruje ako množstvo rozpustenej látky v 100 g nasýteného roztoku alebo na 100 g čistého rozpúšťadla. Rozpustnosť nepriamo udáva hmotnostný zlomok nasýteného roztoku danej látky pri určitej teplote.

Rozpustnosť modrej skalice ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) pri rôznych teplotách:

$$s(20^\circ\text{C}) = 37 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} / 100 \text{ g vody}$$

$$s(50^\circ\text{C}) = 80 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} / 100 \text{ g vody}$$

$$s(100^\circ\text{C}) = 195 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} / 100 \text{ g vody}$$

Pomôcky a chemikálie:

kadičky, odmerný valec, tyčinka, váhy, lyžička, stojan, železný kruh, keramická sieťka, kahan, pentahydrát síranu meďnatého, vodný kúpeľ so studenou vodou (prípadne s ľadom)

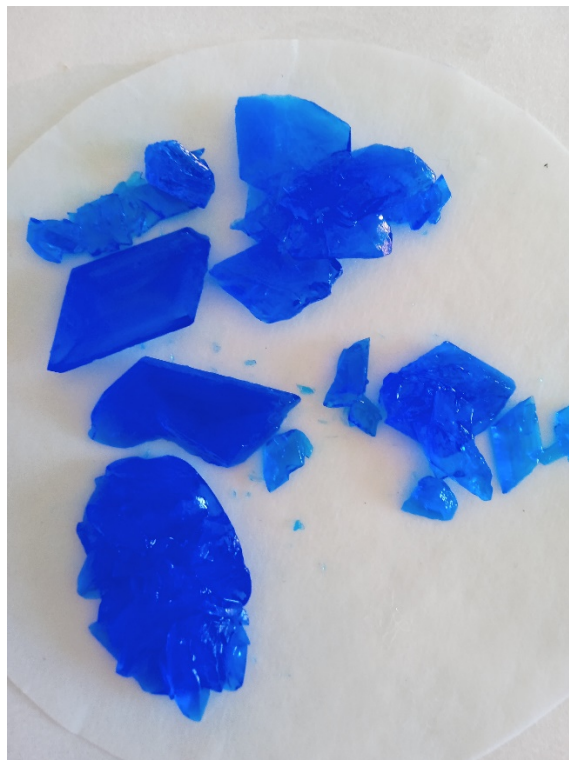
Postup práce:

V dvoch kadičkách rozpustíme v každej 10 g modrej skalice v takom množstve vody, aby sme získali nasýtený roztok pri teplote 20°C . Pre rýchlejšie rozpustenie môžeme roztoky mierne zahriať. Pripravený modrý roztok v prvej kadičke necháme voľne stáť na bezpečnom mieste – voľná kryštalizácia.

Na železný kruh (trojnožku) s keramickou sieťkou položíme druhú kadičku s roztokom síranu meďnatého a necháme pomaly zahusťovať (odparovať rozpúšťadlo) nad plynovým kahanom. Keď sa na povrchu roztoku začne tvoriť kryštalizačná blana, zahusťovanie ukončíme a tento horúci roztok preniesieme do vodného kúpeľa so studenou vodou (prípadne aj s ľadom), kde dôjde k jeho rýchlemu ochladeniu – prerušovaná kryštalizácia.



Obrázok 12 Kryštály $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ získané prerušovanou kryštalizáciou



Obrázok 13 Kryštály $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ získané voľnou kryštalizáciou

2.6 Osmóza a dialýza

Princíp:

Osmóza je proces, ktorý nastáva v prípade dvoch roztokov s rôznou koncentráciou, ktoré sú navzájom oddelené polopriepustnou membránou. V dôsledku rozdielnej koncentrácie prechádzajú molekuly rozpúšťadla do roztoku s vyššou koncentráciou, čím dochádza k postupnému vyrovnávaniu koncentrácií daných roztokov.

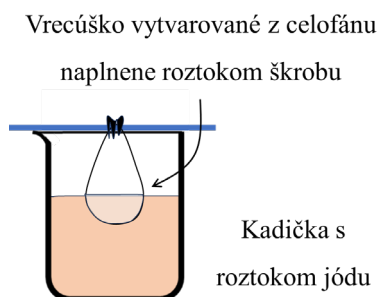
Osmóza jódu

Pomôcky a chemikálie:

kadička, polopriepustná membrána (celofán), ceruzka, gumička, roztok jódu v jodide draselnom, škrob

Postup práce:

Kadičku naplníme roztokom jódu, ktorý je rozpustený v roztoku jodidu draselného. Malé celofánové vrecúško (preliačime celofán) naplníme roztokom škrobu a pomocou ceruzky a gumičky upevníme na kadičke s roztokom jódu tak, aby hladina roztoku jódu v kadičke a hladina škrobu v celofáne boli v rovnakej výške (obr. 14). Po chvíli pozorujeme farebné zmeny škrobu.



Obrázok 14 Osmóza jódu do roztoku škrobu

Pozorovanie a vysvetlenie:

Steny celofánu sú polopriepustné, a preto jednoduché molekuly vody a jódu prenikajú do vrecúška so škrobom a spôsobujú jeho zafarbenie. Koloidné častice škrobu cez celofán do kadičky neprechádzajú.

2.6.1 Chemická záhradka

Pomôcky a chemikálie:

sklenená vaňa, tyčinka, lyžičky, rozpustné soli prechodných kovov rôznej farby: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (modrá skalica), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (zelená skalica), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (biela skalica), $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (tmavo ružové), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (tmavo žlté), $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (tmavo zelené), iné farebné dostupné soli prechodných kovov, vodné sklo (roztok kremičitanu sodného)

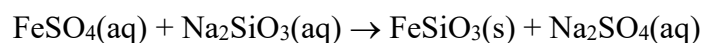
Postup práce:

Do vaničky nalejeme vodné sklo, ktoré zriedime s vodou približne v pomere 1:2 a poriadne premiešame tyčinkou. Následne budeme do vaničky pridávať pomocou lyžičky kryštály zlúčenín prechodných prvkov. Pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Vo vaničke pozorujeme „rast“ rôznych farebných útvarov, ktoré vychádzajú z pridaných kryštálov. Vo vodnom roztoku kremičitanu sodného dochádza k ich postupnému rozpúšťaniu

a následne k reakcii s kremičitanom sodným. Dochádza k vzniku nerozpustných kremičitanov prechodných kovov, ktoré okolo kryštálu vytvárajú tenkú polopriepustnú membránu. Za membránou je pri kryštály vysoká koncentrácia soli prechodného prvku a pred membránou je jej koncentrácia nulová. V dôsledku osmózy dochádza k prenikaniu molekúl vody z okolia cez membránu ku kryštálu až dôjde k jej prasknutiu. Po jej prasknutí sa ďalší roztok soli prechodného prvku uvoľní do priestoru (smerom ku hladine) a vznikne nová membrána. Tento proces sa stále opakuje, čoho výsledkom je „rast chemickej rastlinky“ vo vaničke (obr. 15).



Obrázok 15 Chemická záhradka

2.6.2 Dialýza

Princíp:

Dialýza je riadená difúzia. Používa sa na oddeľovanie rozpustených látok cez polopriepustnú membránu. Najčastejšie sa dialýza používa pri čistení krvi ako náhrada za činnosť obličky. Aby nedošlo k ochudobneniu krvi o potrebné zložky, za membránou sa nenachádza čistá voda, ale simulovaná krvná plazma. Tak dôjde k oddeleniu iba nežiadúcich zložiek z krvi, ako je napr. močovina alebo amónne soli.

2.7 Chromatografia

Princíp:

Chromatografia je spôsob oddeľovania zložiek zmesi založený na rozdelení jej zložiek medzi dve fázy – stacionárnu a mobilnú. Stacionárna fáza (nepohyblivá) je buď umiestnená v kolóne

alebo na plochej vrstve, prípadne sa nachádza v určitom stálom tvare (napr. krieda). Mobilná fáza (pohyblivá) zabezpečuje transport vzorky stacionárnou fázou. Princíp rozdelenia zložiek zmesi je na základe ich rozdielnej afinity k stacionárnej fáze – zložky zmesi postupujú stacionárnou fázou rôznou rýchlosťou, čím dôjde k ich oddeleniu.

2.7.1 Papierová chromatografia

Princíp:

Najjednoduchšou chromatografickou metódou je papierová chromatografia, ktorá je charakteristická tým, že ako stacionárna fáza vystupuje chromatografický papier (môže byť nahradený filtračným papierom). Vhodnou náhradou je kombinácia nite a filtračného papiera.

Pomôcky a chemikálie:

kadička, malá sklenená miska, trecia miska s roztieradlom, stojan, filtračný kruh, filtračný lievik, filtračný papier, tyčinka, piesok, etanol (96%), farebné listy (fialové listy z okrasných drevín, žihľava, červená kapusta... prípadne môžeme použiť aj malé množstvo cvikly), hrubá niť

Postup práce:

Farebné listy rozotrieme v trecej miske s malým množstvom piesku. Potom pridáme 96% etanol a pokračujeme v rozotieraní. Pripravený výluh prefiltrujeme do suchej kadičky. Za ten čas si pripravíme kruh filtračného papiera, v jeho strede urobíme malú dierku a prevlečieme cez ňu hrubú niť. Filtrát prelejeme do malej sklenenej misky a položíme na ňu pripravený kruh filtračného papiera s niťou tak, aby spodná časť nite bola ponorená vo filtráte. Pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Po čase pozorujeme vzlianie farbív a vznik farebných kruhov v okolí diery v strede papiera. Farebné listy rastlín obsahujú chlorofyl a rôzne iné farbivá, čo sú rastlinné pigmenty, ktoré im dodávajú ich typickú farbu. Na obrázku 16 vidíme oddelené prírodné farbivá z fialového listu buku lesného (*Fagus sylvatica* „Purpurea Pendula“), ktoré sa od seba oddelili z dôvodu odlišnej pohyblivosti v stacionárnej fáze (niť + papier).



Obrázok 16 Papierová chromatografia

2.7.2 Chromatografia na kriede

Pomôcky a chemikálie:

krieda (stacionárna fáza), čierna fixka Centropen, kadička s vodou (mobilná fáza)



Obrázok 17

Postup práce:

Na spodnú časť kriedy (približne 2 cm od dolného konca) nakreslíme čiernou fixkou hrubú čiaru (obr. 17). Následne kriedu umiestnime do kadičky s vodou tak, aby hladina vody bola pod nakreslenou čiarou. Pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Po ponorení kriedy do vody vidíme, že krieda začína nasávať vodu, ktorá pomaličky vystupuje nahor. Keď dosiahne naznačenú čiaru, začne stúpajúca mobilná fáza brať so sebou aj jednotlivé zložky fixky, avšak rôznou rýchlosťou. Dôsledkom tejto skutočnosti bude rozdelenie homogénnej sústavy, ktorá vytvára náplň čiernej fixky (obr. 18).



Obrázok 18

Poznámka:

Tento pokus môžeme jednoduchšie zrealizovať tak, že na pruh filtračného papiera (8 x 4 cm) nakreslíme hrubú čiaru čiernou fixkou a umiestnime do kadičky s vodou tak, aby nakreslená čiara bola nad hladinou vody. Pre pokus môžeme použiť fixky rôznych farieb a navzájom porovnať.

2.8 Sublimácia a desublimácia

Princíp:

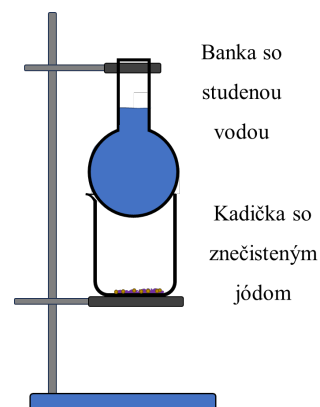
Sublimácia je skupenská zmena látky z tuhej fázy priamo na plynnú fázu. Opačný proces, kedy priamo z plynnej fázy vzniká tuhá fáza sa označuje pojmom **desublimácia**.

Pomôcky a chemikálie:

vysoká suchá kadička, banka s guľatým dnom, stojan, svorka, držiak, železný kruh a keramická sieťka, kahan, jód znečistený pieskom, vata, ľad

Postup práce:

Do vysokej suchej kadičky nasypeme 0,4 g znečisteného jódu. Kadičku umiestnime na sieťku a položíme na ňu banku s guľatým dnom, ktorú naplníme studenou vodou, prípadne pridáme niekoľko kúskov ľadu (obr. 19). Banku s vodou prichytíme do stojana pomocou držiaka. Výlevku v hornej časti kadičky poriadne zapcháme kúskom vaty, pretože pary jódu sú toxické. Znečistený jód začneme opatrne zohrievať pomocou kahana a pozorujeme.



Obrázok 19 Aparatúra na sublimáciu jódu

Pozorovanie a vysvetlenie:

Rýchlo po spustení ohrevu dôjde v kadičke k sublimácii jódu, čo budeme pozorovať uvoľnením fialových pár plynného jódu. Nečistoty – piesok, svoje skupenstvo nezmení, a tak dôjde k oddeleniu jódu od piesku. Po sublimovaní celého množstva jódu zahrievanie zastavíme a po čase uvoľnené pary naspäť desublimujú na studenom dne banky s guľatým dnom. Aparatúru rozoberáme až po vychladnutí.

Vypočítajte, koľko percent čistého jódu sa nachádzalo v znečistenom jode.

3 Základné chemické deje a zákony

3.1 Zákon zachovania hmotnosti

Princíp:

„Hmotnosť uzavretej sústavy je konštantná a nezávisí od zmien, ktoré v tejto sústave prebiehajú“ je znenie zákona zachovania hmotnosti, ktorý nezávisle na sebe formulovali Lavoisier a Lomonosov. Skutočnosť, že v sústave prebehla určitá chemická reakcia je najľahšie dokázaná na vylučovacích reakciách, kedy sa zo sústavy vylučuje buď plynná látka, alebo tuhá fáza (zrážanie).

3.1.1 Reakcia hydrogenuhličitanu sodného s roztokom kyseliny octovej



Pomôcky a chemikálie:

vysoká kadička, Erlenmeyerova banka so zátkou, malá skúmavka, pinzeta, odmerný valec, váhy, lyžička, hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna), 8% roztok kyseliny octovej (ocot)

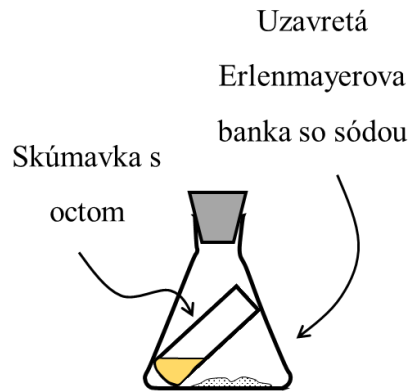
Postup práce – otvorená sústava:

Odvážime 4,2 g sódy bikarbóny. Do vysokej kadičky dáme 40 cm³ octu. Kadičku s octom odvážime. Následne nasypeme odváženú sódu bikarbónu do kadičky s octom a pozorujeme.

Po pridaní sódy bikarbóny do kadičky pozorujeme okamžitú reakciu sprevádzanú unikaním plynného CO₂. Ak kadičku necháme na váhach, môžeme sledovať postupný hmotnostný úbytok. Po skončení reakcie zapíšeme hmotnosť sústavy po reakcii a zistíme hmotnosť uvoľneného oxidu uhličitého. Porovnáme s vypočítaným množstvom.

Postup práce – uzavretá sústava:

Do suchej Erlenmayerovej banky odvážime 0,25 g sódy bikarbóny. Následne do banky vložíme malú skúmavku, v ktorej sa bude nachádzať 10 cm³ octu a banku poriadne uzavrieme zátkou (obr. 20). Zistíme hmotnosť naplnenej uzavretej Erlenmayerovej banky pred reakciou. Opatrným naklonením banky vylejeme obsah skúmavky do banky, čím spustíme reakciu. Počas reakcie neustále rukou pridržiavame zátku. Pozorujeme vznik plynného oxidu uhličitého. Po ukončení reakcie banku opäť odvážime a porovnáme hmotnosti sústavy pred a po reakcii.

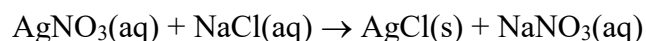


Obrázok 20 Uzavretá sústava pred reakciou

Pozorovanie a vysvetlenie:

Reakcia sódy bikarbóny s octom je vylučovacia reakcia, kedy sa uvoľňuje plynný oxid uhličitý. Pri pokuse v otvorenej sústave sme mohli pozorovať postupný úbytok hmotnosti a naopak, pri uzavretej sústave hmotnostný úbytok nenastal. V uzavretej sústave došlo k zvýšeniu tlaku v Erlenmayerovej banke. Po jej otvorení, a uniknutí vzniknutého CO₂ do vzduchu došlo aj tu k poklesu hmotnosti.

3.1.2 Zrážanie chloridu strieborného



Pomôcky a chemikálie:

Erlenmayerova banka, zátku, malá skúmavka, pinzeta, odmerné valce, váhy, dusičnan strieborný ($w = 1\%$), chlorid sodný ($w = 1\%$)

Postup práce:

Do Erlenmayerovej banky dáme 20 cm³ roztoku chloridu sodného a do skúmavky 10 cm³ roztoku dusičnanu strieborného. Skúmavku opatrne umiestnime do banky a banku uzavrieme zátkou. Banku odvážime. Jej naklonením vylejeme obsah skúmavky do banky a pozorujeme. Po skončení reakcie banku opäť odvážime a porovnáme hmotnosti sústavy pred a po reakcii.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Reakciou roztokov vznikne v banke biela zrazenina chloridu strieborného. Hmotnosť sústavy sa po reakcii nezmenila, čo potvrdzuje, že hmotnosť reaktantov pred reakciou sa rovná hmotnosti produktov po reakcii.

3.2 Rozpustnosť látok v polárnom a nepolárnom rozpúšťadle

Princíp:

Pri úvahe, či sa daná látka bude rozpúšťať v určitom rozpúšťadle sa môžeme riadiť základným pravidlom: „Podobné sa rozpúšťa v podobnom“. To znamená, že nepolárne zlúčeniny sa dobre rozpúšťajú v nepolárnych rozpúšťadlách; polárne a iónové zlúčeniny sa dobre rozpúšťajú v polárnych rozpúšťadlách.

Pomôcky a chemikálie:

sada skúmaviek so zátkami, malé lyžičky, jód, manganistan draselný, dietyléter (alebo benzín), voda

Postup práce:

Do dvoch skúmaviek nalejeme približne 5 cm³ dietyléteri. Pomocou lyžičky pridáme do prvej skúmavky zopár kryštálikov jódu a do druhej skúmavky kryštáliky manganistanu draselného. Obidve skúmavky uzavrieme zátkami. Ten istý postup zopakujeme s ďalšími dvoma skúmavkami, ale namiesto dietyléteri použijeme destilovanú vodu. Pozorujeme.

Následne spojíme obsah skúmaviek s rovnakou rozpúšťanou látkou do jednej, tzn. roztok jódu v dietyléteri prelejeme do skúmavky s nerozpusteným jódom vo vode a roztok manganistanu draselného vo vode nalejeme k nerozpustenému KMnO₄ v dietyléteri. Obe skúmavky uzavrieme zátkou a pretrepeme. Opäť pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

V skúmavke s dietyléterom dôjde k rýchlemu rozpusteniu kryštálikov jódu. Naopak, kryštáliky KMnO₄ sa v dietyléteri rozpúšťať nebudú. V skúmavkách s vodou bude situácia presne opačná, dôjde k rozpúšťaniu manganistanu draselného a jód sa vo vode nerozpustí. Po spojení obsahov skúmaviek a ich premiešaní budeme po čase pozorovať vznik dvoch fáz s jasným fázovým rozhraním, pretože voda a dietyléter sú navzájom nemiešateľné kvapaliny.

Jód je nepolárna molekulová zlúčenina, ktorá sa dobre rozpúšťa v nepolárnych rozpúšťadlách. Naopak, manganistan draselný patrí medzi iónové zlúčeniny, ktoré sa dobre rozpúšťajú v polárnych rozpúšťadlách.

Na základe hodnôt hustoty rozpúšťadiel; $\rho(\text{voda}) = 1,00 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a $\rho(\text{dietyléter}) = 0,71 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; zhodnoťte, ktoré rozpúšťadlo sa nachádza v dolnej a ktoré v hornej časti skúmavky.

3.3 Rozpúšťacie a reakčné teplo

Princíp:

Rozpúšťanie je fyzikálny proces, kedy vplyvom molekúl rozpúšťadla dochádza k rozpadu rozpúšťanej látky a prechodu jej molekúl, resp. iónov do roztoku. Proces rozpúšťania je tvorený dvoma po sebe nasledujúcimi čiastkovými dejmi:

- 1) Uvoľnenie častíc rozpúšťanej látky zo štruktúry tuhej fázy – tento proces je endotermický a teplo, ktoré je potrebné dodať na prekonanie tejto energetickej bariéry sa označuje ako kohézne teplo.
- 2) Solvátácia (v prípade vodných roztokov hovoríme o hydratácii) uvoľnených molekúl (iónov) molekulami rozpúšťadla – je to exotermický proces a teplo, ktoré sa uvoľňuje v tomto procese nazývame hydratačné teplo.

Výsledný teplotný efekt rozpúšťania je daný súčtom spomínaných čiastkových tepelných efektov.

Zmena teploty pri rozpúšťaní tuhých látok vo vode

Pomôcky a chemikálie:

kadičky, tyčinky, teplomery, odmerný valec, lyžičky, váhy, hydroxid sodný, chlorid sodný, uhličitan sodný, dekahydrát uhličitanu sodného, dusičnan amónny

Postup práce:

Do piatich kadičiek dáme 50 cm^3 vody a odmeriame jej teplotu (t_1). Do jednotlivých kadičiek postupne pridáme 5 g uvedených tuhých látok. Obsah kadičiek opatrne miešame tyčinkou a teplomerom meriame teplotu roztoku v momente, keď dôjde k úplnému rozpusteniu pridanej látky (t_2). Namerané hodnoty t_1 a t_2 zaznamenáme do tabuľky 2.

Tabuľka 2 Hodnoty začiatkových a konečných teplôt pri rozpúšťaní tuhých látok vo vode

Zlúčenina	t_1 [°C]	t_2 [°C]	Typ deja
NaOH			
NaCl			
Na ₂ CO ₃			
Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O			
NH ₄ NO ₃			

Zmena teploty pri rozpúšťaní v závislosti od množstva rozpúšťanej zlúčeninyPomôcky a chemikálie:

kadičky, tyčinky, teplomery, lyžička, váhy, hydroxid sodný

Postup práce:

Do troch kadičiek dáme 50 cm³ vody a odmeriame jej teplotu (t_1). Potom pridáme do jednotlivých kadičiek odvážený tuhý hydroxid sodný v množstvách podľa tabuľky 3. Roztoky v kadičkách neustále opatrne miešame. Vo chvíli, keď dôjde k rozpusteniu celého množstva pridaného hydroxidu, zaznamenáme teplotu roztoku (t_2). Namerané hodnoty zaznamenáme do tabuľky 3.

Tabuľka 3 Namerané hodnoty pri rozpúšťaní rôzneho množstva NaOH vo vode

$m(\text{NaOH})$ [g]	t_1 [°C]	t_2 [°C]
1,0		
3,0		
5,0		

Zmena teploty pri chemických reakciách

Pomôcky a chemikálie:

kadičky, tyčinky, teplomery, vodné roztoky kyseliny chlorovodíkovej s rôznou koncentráciou ($c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ a $1,0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), vodné roztoky hydroxidu sodného s rôznou koncentráciou ($c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ a $1,0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)

Postup práce:

Do kadičky dáme 50 cm^3 roztoku HCl s koncentráciou $0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ a odmeriame jeho teplotu pred reakciou (t_1). Následne do kadičky pridáme 50 cm^3 roztoku NaOH s tou istou koncentráciou. Obsah kadičky opatrne miešame tyčinkou a teplomerom odmeriame teplotu sústavy. Do tabuľky 4 zaznamenáme najvyššiu dosiahnutú teplotu (t_2).

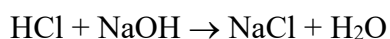
Tento postup zopakujeme s roztokmi HCl a NaOH s koncentráciou $1,0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Tabuľka 4 Namerané hodnoty začiatkových a konečných teplôt pri reakcii HCl a NaOH

$c(\text{HCl}) [\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}]$	$c(\text{NaOH}) [\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}]$	$t_1 [^\circ\text{C}]$	$t_2 [^\circ\text{C}]$
0,5	0,5		
1,0	1,0		

Pozorovanie a vysvetlenie:

Zmiešaním oboch roztokov v kadičke dôjde k ich vzájomnej reakcii – neutralizácii, ktorá patrí medzi spontánne protolytické reakcie exotermického charakteru.



Poznámka:

Ak chceme eliminovať vplyv teploty okolia, môžeme rozpúšťanie a neutralizáciu realizovať v dostupných termonádobách (Dewarove nádoby, termosky), prípadne kadičky zvonku zaizolujeme handričkou.

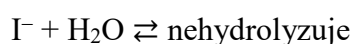
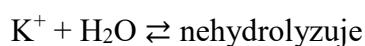
3.4 Hydrolýza roztokov solí

Princíp:

Hydrolýza je typ protolytickej reakcie, ktorá môže nastať pôsobením molekúl vody na ióny prítomné v roztoku. Hydrolýze podliehajú iba ióny pochádzajúce od slabých kyselín a slabých zásad, ktoré v roztoku môžu existovať aj v neionizovanej forme. Hydrolýzou sa do roztoku dostanú ióny H_3O^+ alebo OH^- , ktoré menia hodnotu pH. Môžu nastať nasledujúce prípady:

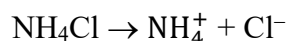
1. Roztok soli ostáva neutrálny, $\text{pH} = 7$

Sú to roztoky solí, ktoré sú zložené z **katiónu od silnej zásady** a **aniónu od silnej kyseliny**. Napríklad vodný roztok jodidu draselného, ktorý vo vode disociuje (ionizuje) na katióny K^+ a anióny I^- , z ktorých ani jeden nepodlieha hydrolýze:

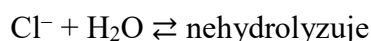
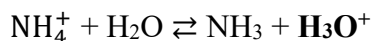


2. Roztok soli je kyslý, $\text{pH} < 7$

Patria tu roztoky solí, ktoré sú zložené z **katiónu od slabej zásady** a **aniónu od silnej kyseliny**. Napríklad vodný roztok chloridu amónneho, ktorý disociuje nasledovne:



Hydrolýze podlieha iba amónny katión. Tým sa do roztoku uvoľnia katióny H_3O^+ , ktoré spôsobujú kyslú reakciu roztoku:

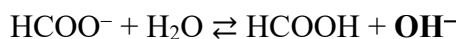
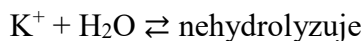


3. Roztok soli je zásaditý, $\text{pH} > 7$

Sú to roztoky solí, ktoré sú zložené z **katiónu od silnej zásady** a **aniónu od slabej kyseliny**. Napríklad roztok mravčanu draselného, ktorý disociuje na tieto ióny:

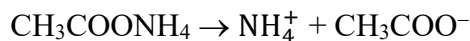


Hydrolyze podlieha iba anión kyseliny mravčej, čím sa do roztoku uvoľnia anióny OH^- :

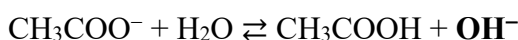
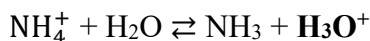


4. Roztok soli je približne neutrálny, $\text{pH} \approx 7$

Sú to roztoky solí, ktoré sú zložené z **katiónu od slabej zásady** a **aniónu od slabej kyseliny**. Napríklad vodný roztok octanu amónneho, ktorý ionizuje na tieto ióny:



V takýchto prípadoch hydrolyze podliehajú oba ióny, preto sa pH roztoku od neutrálnej hodnoty nebude veľmi vzdáľovať:



Pomôcky a chemikálie:

hodinové sklíčko, tyčinky, univerzálny pH papierik, vodné roztoky Na_2CO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NaCl , CH_3COONa

Postup práce:

Na hodinové sklíčko si položíme štyri kúsky univerzálneho pH papierika. Pomocou tyčinky preniesieme jednu kvapku meraného roztoku na papierik a z farebnej škály odčítame pH roztoku. Dávame pozor, aby sme na každé meranie použili čistú tyčinku!

Zistený charakter roztokov (kyslý, neutrálny alebo zásaditý) porovnáme s naším predpokladom a zapíšeme do tabuľky 5.

Tabuľka 5 Predpokladaný a zistený charakter vodných roztokov solí

Roztok	Predpoklad pH	Zistené pH
Na ₂ CO ₃		
(NH ₄) ₂ SO ₄		
NaCl		
CH ₃ COONa		

3.5 Faktory ovplyvňujúce rýchlosť chemickej reakcie

Rýchlosť chemickej reakcie ovplyvňujú nasledujúce faktory: veľkosť reakčného povrchu, teplota, koncentrácia a prítomnosť katalyzátora. Reakčný povrch, teplota a koncentrácia ovplyvňujú rýchlosť reakcie priamo úmerne, to znamená, čím je daný faktor vyšší, tým je vyššia aj rýchlosť danej reakcie. Katalyzátor ovplyvňuje rýchlosť reakcie takým spôsobom, že znižuje aktivačnú energiu daného procesu (pozitívna katalýza). Negatívna katalýza je proces, kedy inhibítor zvyšuje aktivačnú energiu reakcie, čím ju môže nielen spomaliť, ale aj úplne zastaviť.

3.5.1 Vplyv veľkosti povrchu na rýchlosť chemických reakcií

Reakcia uhličitanu vápenatého s kyselinou chlorovodíkovou



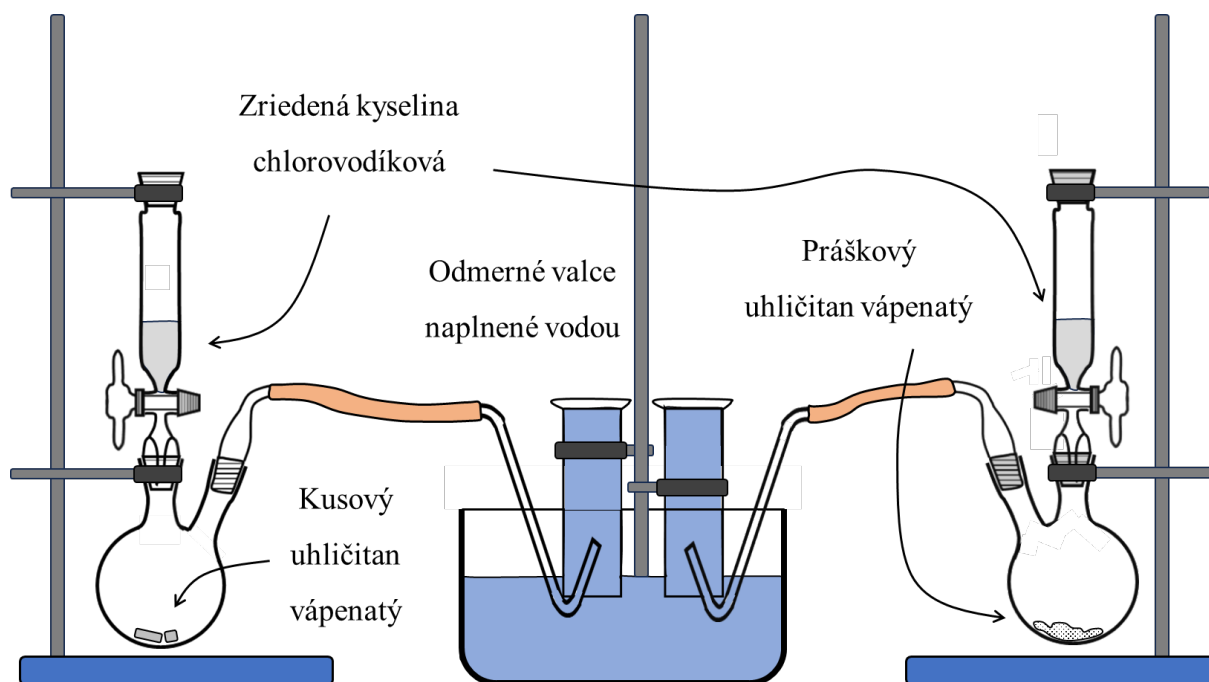
Pomôcky a chemikálie:

väčšia sklenená vaňa, prikvapkávaci lievnik so zábrusom (2 ks), varná banka s jedným bočným otvorom (2 ks), nástavec na bočný otvor banky (2 ks), spojovacie hadičky, zahnutá sklenená rúrka (2 ks), odmerný valec (2 ks), stojany, svorky, držiaky, váhy, lyžička, kusový a práškový uhličitan vápenatý (vápenec), zriedená kyselina chlorovodíková ($w = 10\%$)

Postup práce:

Zostavíme si aparatúru podľa obr. 21 na vývoj a zachytávanie oxidu uhličitého. Do jednej varnej banky dáme kusový uhličitan vápenatý (približne 2 g), do druhej banky odvážeme rovnakú hmotnosť práškového uhličitanu vápenatého. Prikvapkávacie lievniky naplníme 20 cm³

10% roztokom kyseliny chlorovodíkovej. Odmerné valce umiestnime maximálne 1 cm pod hladinu vody vo vaničke (sklenené rúrky takisto umiestnime čo najbližšie pri hladine vody), aby vznikajúci plyn nemusel vytvoriť veľký tlak. V opačnom prípade môže vznikajúci plyn uniknúť cez spoj s hadičkou. Dôkladne skontrolujeme tesnosť aparatúry. Potom naraz otvoríme kohútiky prikvapkávacích lievikov a pridáme roztok HCl k vápenču do oboch baniek. Aby vznikajúci plyn neunikol cez prikvapkávací lievik, ten uzavrieme v momente, keď v ňom ostane len malé množstvo roztoku HCl.



Obrázok 21 Schéma aparatúry na určenie vplyvu veľkosti povrchu na rýchlosť reakcie uhličitanu vápenatého (vápenca) s kyselinou chlorovodíkovou

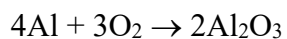
Pozorovanie a vysvetlenie:

Vznikajúci plynný oxid uhličitý uniká z varnej banky odvodovou rúrkou priamo do odmerného valca, ktorý je na začiatku úplne naplnený vodou. Reakcia s práškovým uhličitanom vápenatým s veľkým reakčným povrchom prebieha rýchlejšie, čo spôsobuje aj vznik väčšieho objemu oxidu uhličitého za daný čas, oproti reakcii s kusovým uhličitanom vápenatým.

Poznámka:

Pri zostavovaní aparatúry na prípravu plynov môžeme namiesto prikvapkávacieho lievika a varnej banky s nastavcom použiť oddeľovací lievik s gumovou zátkou s otvorom a frakčnú banku.

Horenie hliníka



Pomôcky a chemikálie:

kliešte, kovová alebo sklenená rúrka spojená s balónikom, kahan, alobal, práškový hliník

Postup práce:

Pomocou klieští vložíme malý kúsok alobalu do plameňa kahana a sledujeme, ako rýchlo zhorí. Potom pomocou rúrky s balónikom fúkneme do plameňa práškový hliník. Pozorujeme silný svetelný efekt a porovnáme rýchlosť prevedených chemických reakcií.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Alobal horí v plameni kahana pomalšie ako práškový hliník (obr. 22), čo súvisí s veľkosťou reakčného povrchu hliníka.

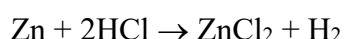


Obrázok 22 Horenie práškového hliníka

Dôležitá poznámka:

Horením práškového hliníka vzniká okrem svetelného záblesku aj teplo. Preto musí byť priestor, do ktorého fúkame práškový hliník prázdny. Nakoľko ako produkt horenia vzniká tuhofázový oxid hlinitý (biely dym), je dôležité ihneď po skončení pokusu laboratórium poriadne vyvetrať a nevdychovať vznikajúci dym.

Reakcia zinku s kyselinou chlorovodíkovou



Pomôcky a chemikálie:

skúmavky, lyžička, váhy, odmerný valec, granulovaný zinok, práškový zinok, zriedená kyselina chlorovodíková ($w = 10\%$)

Postup práce:

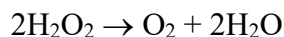
Do jednej skúmavky dáme dve granulky zinku a do druhej skúmavky dáme práškový zinok tej istej hmotnosti. Do skúmaviek nalejeme rovnaké množstvo zriedeného roztoku kyseliny chlorovodíkovej a pozorujeme rýchlosť vzniku bubliniek unikajúceho vodíka.

Pozorovanie a vysvetlenie:

V skúmavke, kde reagoval práškový zinok, dochádza k uvoľňovaniu vodíka vo väčšej miere, ako v prípade reakcie s granulovaným zinkom. Je to spôsobené výrazne väčším reakčným povrchom zinku v prípade reaktantu v práškovej forme.

3.5.2 Vplyv teploty na rýchlosť chemických reakcií

Nekatalytický rozklad peroxidu vodíka



Pomôcky a chemikálie:

odmerný valec, kadičky, skúmavky so zátkami, teplomer, peroxid vodíka ($w = 10\%$)

Postup práce:

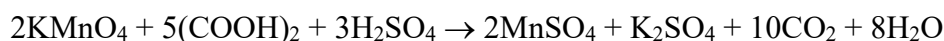
Pripravíme si tri kadičky, v ktorej sa bude nachádzať voda s rôznou teplotou: laboratórna teplota, $40\text{ }^\circ\text{C}$ a $80\text{ }^\circ\text{C}$. Do troch skúmaviek nalejeme 5 cm^3 roztoku peroxidu vodíka a skúmavky uzavrieme zátkou. Skúmavky vložíme do pripravených kadičiek s vodou s rôznou teplotou a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Peroxid vodíka obsahuje atómy kyslíka v oxidačnom čísle $-I$. Táto hodnota nie je pre atóm kyslíka typická, a preto sa bude molekula peroxidu vodíka ochotne zúčastňovať redoxných dejov. Prípadne bude podliehať aj oxidácii aj redukcii – disproporcionácia – rozklad peroxidu vodíka.

Proces disproporcionácie peroxidu vodíka je možné ľahko urýchliť pomocou katalyzátora, ale prebieha aj bez jeho prítomnosti. Rýchlosť samovoľného rozkladu peroxidu vodíka závisí aj od teploty. V kadičke s vodou laboratórnej teploty nepozorujeme takmer žiadnu zmenu, ale v skúmavke umiestnenej v kadičke s horúcou $80\text{ }^\circ\text{C}$ vodou po čase pozorujeme vznik bubliniek plynného kyslíka.

Redukcia manganistanu draselného



Pomôcky a chemikálie:

dve veľké kadičky (800 cm^3), odmerný valec, tyčinka, teplomer, stopky, roztok kyseliny šťaveľovej ($c = 0,5\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), kyselinou sírovou okyslený roztok manganistanu draselného ($c = 0,04\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$)

Postup práce:

Do oboch veľkých kadičiek dáme 25 cm³ roztoku kyseliny šťaveľovej a zriedime ich pridaním 500 cm³ destilovanej vody. Roztok v prvej kadičke ponecháme voľne stáť a roztok v druhej kadičke zohrejeme na teplotu približne 80°C. Následne do oboch kadičiek pridáme 25 cm³ okysleného roztoku KMnO₄ a pozorujeme zmeny sfarbenia. Odmeriame čas potrebný na odfarbenie oboch roztokov.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Pridaním tmavofialového roztoku manganistanu draselného do roztoku kyseliny šťaveľovej dochádza k redukcii manganistanového aniónu na mangánatú soľ, ktorej veľmi zriedený vodný roztok je takmer bezfarebný.

V kadičke s roztokom ohriatym na 80°C prebehla reakcia rýchlejšie, čím sme si overili, že zahrievaním reakčnej sústavy sa urýchľuje priebeh chemickej reakcie. Pri teplote 80°C sa roztok odfarbí takmer okamžite a pri teplote miestnosti sa roztok v kadičke odfarbí až po určitom čase.

Oxidácia medi zriedenou kyselinou dusičnou



Pomôcky a chemikálie:

skúmavky so zátkou (2 ks), kadičky (2 ks), zriedená kyselina dusičná, tenký medený drôtik

Postup práce:

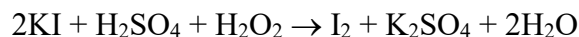
Prvú kadičku naplníme studenou vodou a druhú kadičku naplníme vriacou vodou. Do dvoch skúmaviek nalejeme približne 5 cm³ zriedenej kyseliny dusičnej a vložíme do nich dva malé kúsky medeného drôtika. Skúmavky zazátkujeme a vložíme do pripravených kadičiek. Pozorujeme, v ktorej skúmavke prebieha reakcie rýchlejšie.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Meď bude rýchlejšie reagovať so zriedenou kyselinou dusičnou v kadičke s vriacou vodou. V skúmavke sa bude uvoľňovať plynný oxid dusnatý a po čase roztok v skúmavke nadobudne typický modrý odtieň vodného roztoku meďnatej soli.

3.5.3 Vplyv koncentrácie na rýchlosť chemických reakcií

Redukcia jodidu draselného



Pomôcky a chemikálie:

odmerné valce (100 cm³), pipeta, tyčinky, stopky, kadičky, roztok kyseliny sírovej ($c = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), roztok jodidu draselného ($c = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), roztok škrobu, peroxid vodíka ($w = 3\%$)

Postup práce:

Do štyroch očíslovaných odmerných valcov nalejeme 10 cm³ roztoku kyseliny sírovej a 5 cm³ roztoku škrobu. Následne pomocou pipety pridáme do jednotlivých valcov roztok jodidu draselného, a to 2,0 cm³; 1,0 cm³; 0,5 cm³ a 0,25 cm³. Roztoky vo valcoch doplníme destilovanou vodou po 40 cm³ a premiešame tyčinkou. Nakoniec naraz v rovnakom čase do všetkých štyroch odmerných valcov pridáme 10 cm³ 3% roztoku peroxidu vodíka a pozorujeme.

Ako sa zmenila farba roztokov vo valcoch po 10 sekundách?

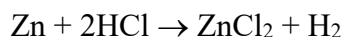
Ako vyzerajú roztoky vo valcoch po 1 minúte?

Pozorovanie a vysvetlenie:

Po pridaní roztoku peroxidu vodíka do odmerných valcov došlo k redoxnej reakcii, pri ktorej vznikol molekulový jód. Ten dáva v prítomnosti škrobu typické modro-fialové zafarbenie.

Vplyvom rôznej koncentrácie roztoku KI je miera vylučovania I₂ v odmerných valcoch rôzna, čo pozorujeme rozdielnou intenzitou zafarbenia roztoku. So znížením koncentrácie jodidu draselného sa zníži aj rýchlosť prebiehajúcej reakcie. Roztok s najvyššou koncentráciou jodidu draselného dosiahol výrazný tmavý odtieň oveľa skôr, ako roztoky vo valcoch s nižšou koncentráciou KI. Po dlhšom čase sa ale intenzity zafarbenia škrobu vo všetkých štyroch valcoch vyrovnajú.

Reakcia zinku s kyselinou chlorovodíkovou



Pomôcky a chemikálie:

skúmavky, stojan na skúmavky, odmerný valec, roztoky kyseliny chlorovodíkovej s rôznou koncentráciou ($c = 0,25 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$; $c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$; $c = 1,0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$; $c = 2,0 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), granulovaný zinok

Postup práce:

Do štyroch skúmaviek dáme po dve granulky zinku. Následne do každej z nich pridáme 10 cm^3 roztoku kyseliny chlorovodíkovej s rôznou koncentráciou a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Zinok reaguje s kyselinou chlorovodíkovou za vzniku plynného vodíka. Intenzita uvoľňovania bubliniek vodíka je najvyššia v skúmavke s najvyššou koncentráciou kyseliny chlorovodíkovej.

4 Počítačom podporované chemické experimenty

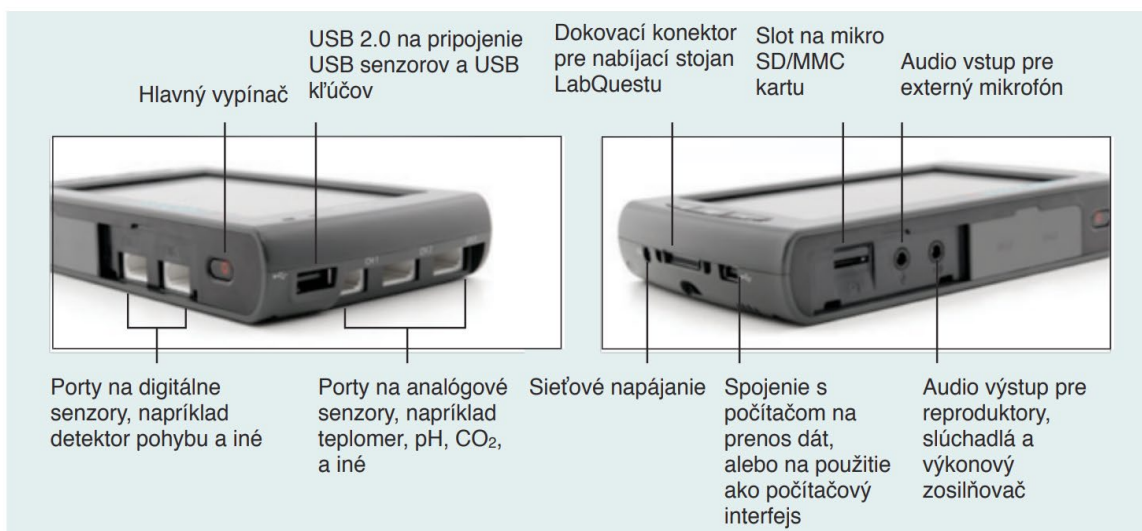
Počítačom podporované experimenty (PPE) predstavujú priame spojenie reálneho experimentu s počítačom, využitie počítača (prípadne iného koncového digitálneho zariadenia – tablet, notebook, smartfón) pri určitých fázach experimentovania, na zaznamenávanie a uchovávanie experimentálnych dát, ich spracovanie a vyhodnotenie. Súbor všetkých zariadení a softvéru, ktoré sú nevyhnutné na uskutočňovanie PPE sa v pedagogickej praxi označuje ako **školský počítačový merací systém**. Medzi takéto meracie systémy patria napríklad **Vernier**, **Coach**, **PASCO** a iné.

LabQuest 2 (obr. 23, obr. 24) je interfejsová a meracia jednotka školského systému Vernier s intuitívnym ovládaním dotykovou obrazovkou. LabQuest 2 je možné používať na zber dát a na ich vyhodnocovanie buď ako samostatné zariadenie, alebo ako interfejsovú jednotku, ktorá prevádza dáta z **meracích senzorov** (káblových alebo bezdrôtových) do počítača alebo do iného zariadenia. Samotný LabQuest 2 sa pripája k počítaču (inému digitálnemu zariadeniu) pomocou USB. LabQuest 2 je vybavený WiFi pripojením a Bluetooth systémom, čo poskytuje široké možnosti spojenia s počítačmi, mobilnými zariadeniami (tabletmi, smartfónmi), Chromebookmi a inými zariadeniami. V súčasnosti je dostupná novšia verzia LabQuest 3, ktorá má väčšiu dotykovú obrazovku a podobné softvérové ovládanie a pripájanie meracích senzorov Vernier všetkých typov ako jednotka LabQuest 2.



Obrázok 23 LabQuest 2 - interfejsová a meracia jednotka školského systému Vernier

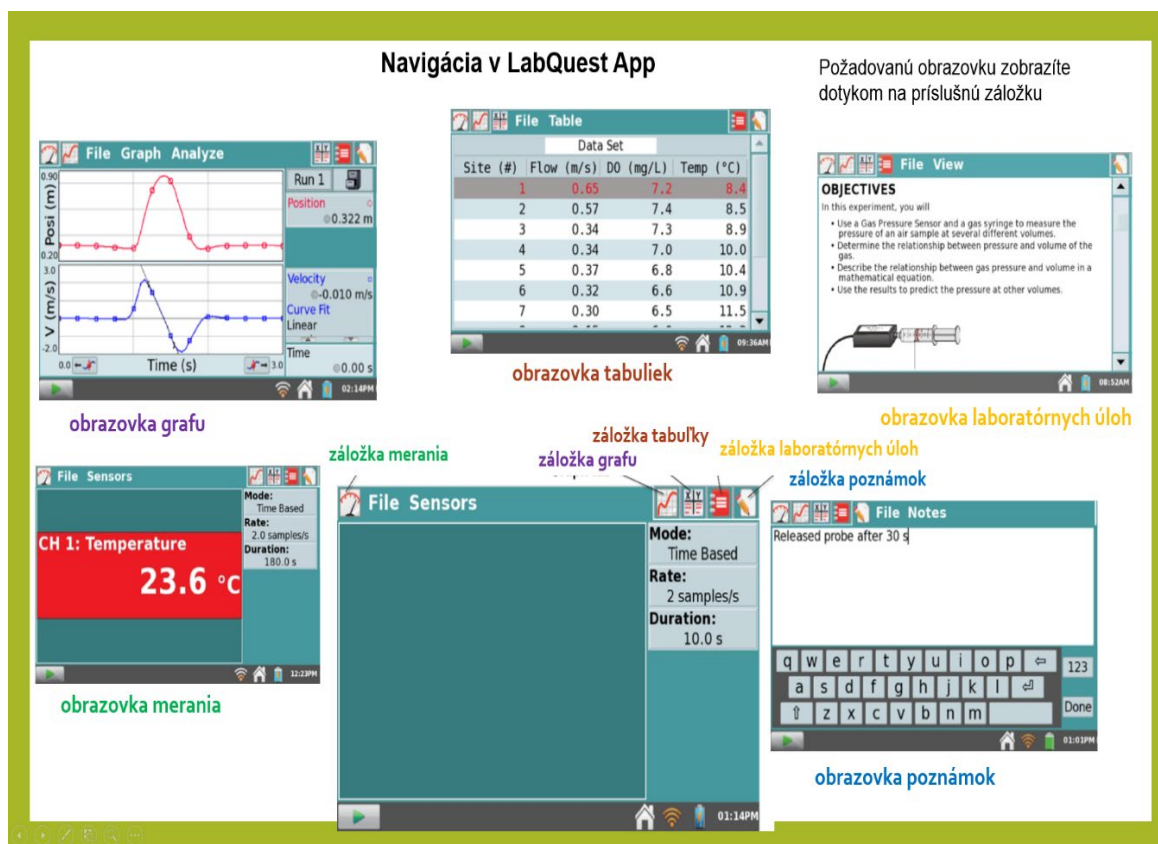
Zdroj: <https://pmsdelta.sk/interfejsy/labquest-2/>



Obrázok 24 LabQuest 2 - prehľad hardvéru

Zdroj: https://pmsdelta.sk/wp-content/uploads/2015/08/LabQuest2_strucny_navod.pdf

LabQuest App (obr. 25) má päť rôznych obrazoviek (meranie, graf, tabuľka, laboratórne úlohy a poznámky). Požadovanú obrazovku zobrazíme dotykom na príslušnú záložku.



Obrázok 25 Prehľad LabQuest App

Zdroj: https://pmsdelta.sk/wp-content/uploads/2015/08/LabQuest2_referencna_prirucka.pdf

Na meranie a vyhodnocovanie dát z meraní na počítačoch (iných digitálnych zariadeniach) je možné použiť buď bezplatný softvér **Vernier Logger Lite** (<https://pmsdelta.sk/softver/>) alebo jeho platenú verziu **Vernier Logger Pro 3** (<https://pmsdelta.sk/softver/logger-pro-3/>). Verzia Lite je obmedzená na lineárne funkcie, neumožňuje spracovanie obrazu ani videa. Obvykle postačuje pre prácu na základných školách. Vernier Logger Pro 3 sa predáva ako trvalá multilicencia pre všetky počítače školy, učiteľov a žiakov školy. Ku každému meraniu môžeme vygenerovať QR kód a pomocou čítačky QR kódov preniesť meranie do mobilu, tabletu a vyhodnocovať pomocou bezplatnej aplikácie Graphical Analysis.

Autorizovaný predaj a poradenstvo pre systém Vernier poskytuje na Slovensku firma PMS Delta s. r. o. (<https://pmsdelta.sk/>).

V ďalšej časti popíšeme počítačom podporované experimenty s využitím senzora teploty, senzora tlaku plynu a senzora pH.

Poznámka:

Interfejsovú a meraciu jednotku je potrebné vopred nabiť. Pretože ak je vybitá, napriek tomu, že ju zapojíme do zdroja, môže sa stať, že určitý čas nereaguje.

4.1 PPE Exotermické a endotermické reakcie

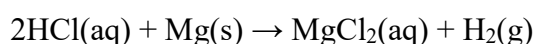
Úloha: Zistíte, ako sa mení teplota reakčnej sústavy pri reakcii:

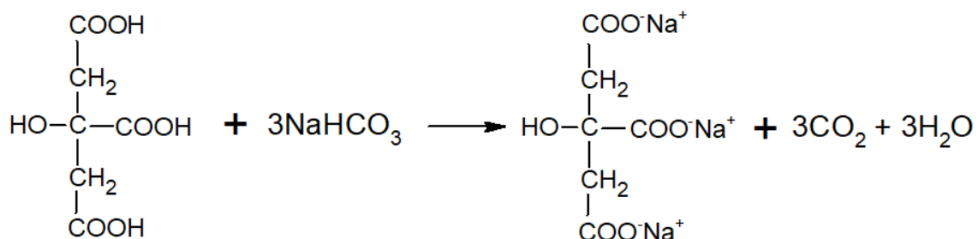
- a) kyseliny chlorovodíkovej s horčíkom,
- b) kyseliny citrónovej (2-hydroxy-propántrikarboxylová kyselina) s hydrogenuhličitanom sodným.

Princíp:

V priebehu chemických reakcií dochádza k uvoľňovaniu tepelnej energie (exotermické reakcie) alebo k spotrebovaniu tepelnej energie (endotermické reakcie).

V PPE budeme sledovať zmeny teploty počas dvoch reakcií:





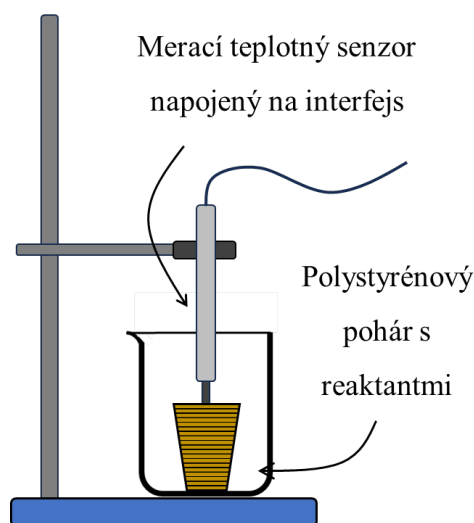
Pomôcky a chemikálie:

počítač/notebook, interfejs Vernier (LabQuest 2/LabQuest 3), softvér Logger Pro 3, teplotný senzor, kadička (250 cm³), odmerný valec (50 cm³), polystyrénový pohár, kovová lyžička, roztok HCl (*w* = 5%), práškový horčičk, roztok kyseliny citrónovej (*w* = 30%), hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna)

Dodržiavajte zásady bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci a majte nasadené ochranné okuliare.

Postup práce:

1. Vložíme polystyrénový pohár do 250 cm³ kadičky podľa obrázka 26.
2. Odmeriame 40 cm³ roztoku 5% HCl a prelejeme ho do polystyrénového pohára. Do roztoku HCl ponoríme senzor teploty.
3. Pripojíme senzor teploty k interfejsu LabQuest 2, ktorý je prepojený s počítačom/notebookom.
4. Pripravíme si malú kovovú lyžičku práškového horčička.
5. V programe LoggerPro 3 v menu Experiment → Zber dát → Trvanie merania nastavíme na 120 sekúnd.
6. Spustíme meranie. Po 20 sekundách pridáme do roztoku HCl malú lyžičku práškového horčička. (Nevdychujeme výpary!).
7. Zaznamenávame dáta, až kým nedosiahneme maximálnu teplotu a teplota už začne klesať. Zastavíme meranie.
8. Po skončení merania vyberieme Experiment → Uložiť posledné meranie (nameraná závislosť sa do grafu zafixuje a program je pripravený opäť merať.) Graf 1 si prekreslíme.

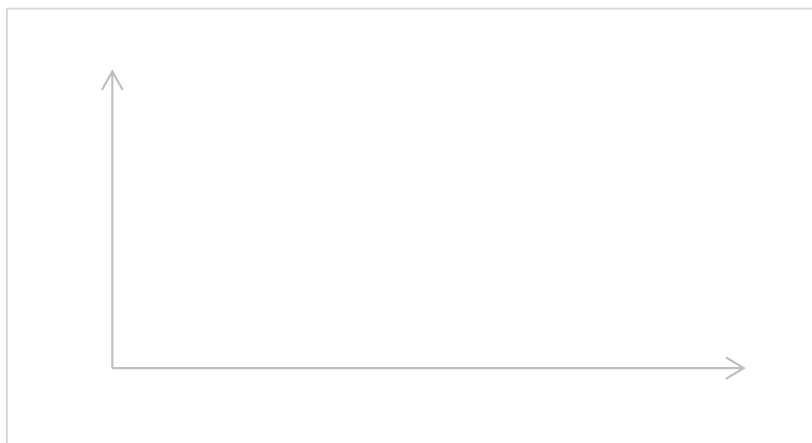


Obrázok 26 Aparatúra na meranie pomocou senzora teploty

9. Zvolíme v menu Analýza a vyberieme funkciu Štatistika pre Priebeh 1. Pomocou štatistických údajov grafu 1 zapíšeme do tabuľky 6 minimum ako počiatočnú teplotu a maximum ako koncovú teplotu a vyberieme správne tvrdenie.
10. Meranie opakujeme pre roztok kyseliny citrónovej a hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna).
11. Zaznamenávame dáta, až kým nedosiahneme minimálnu teplotu a teplota už začne rásť. Zastavíme meranie. Záznam dát uložíme. Graf 2 si prekreslíme.
12. Zvolíme v menu Analýza a vyberieme funkciu Štatistika pre Priebeh 2 (Posledný priebeh). Pomocou štatistických údajov grafu 2 zapíšeme do tabuľky 7 maximum ako počiatočnú teplotu a minimum ako koncovú teplotu a vyberieme správne tvrdenie.

Tabuľka 6 Zmena teploty počas reakcie kyseliny chlorovodíkovej s horčíkom

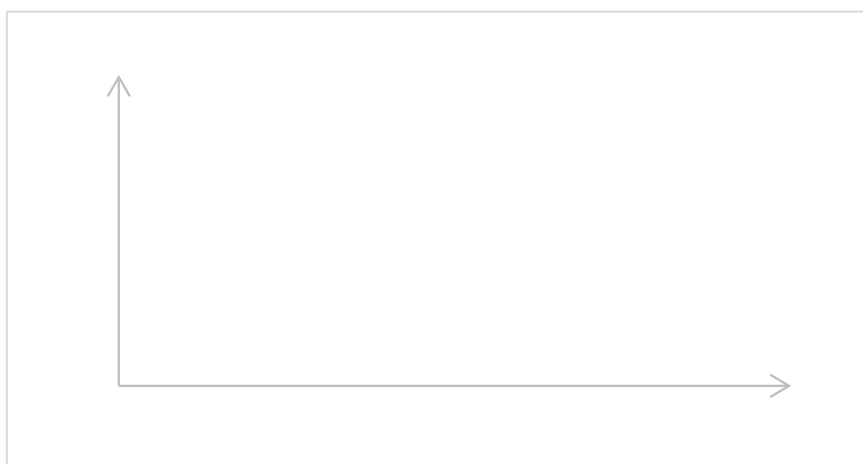
Reaktanty	kyselina chlorovodíková a horčík
Začiatočná teplota t_1 [°C]	
Koncová teplota t_2 [°C]	
Zmena teploty Δt ($\Delta t = t_2 - t_1$) [°C]	
Teplota produktov je vyššia/nížšia ako teplota reaktantov	
Typ reakcie	
Reakčná sústava teplo uvoľňuje/spotrebuje	



Graf 1 Zmena teploty počas reakcie kyseliny chlorovodíkovej s horčíkom

Tabuľka 7 Zmena teploty počas reakcie kyseliny citrónovej s hydrogenuhličitanom sodným

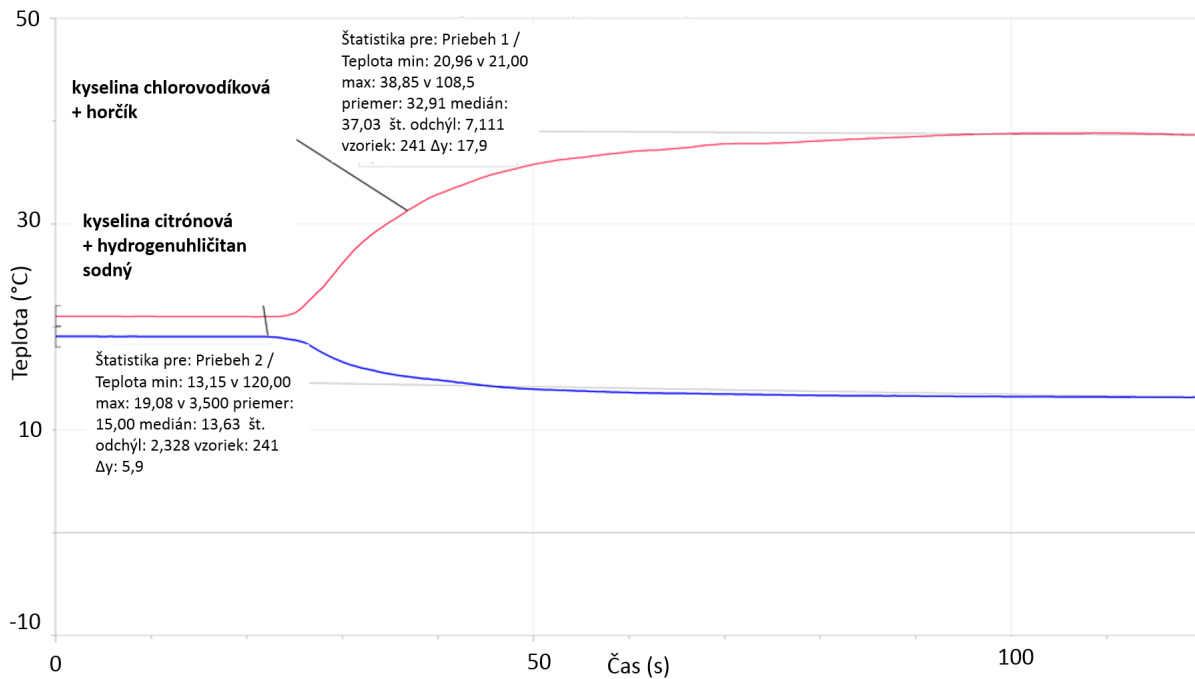
Reaktanty	kyselina citrónová a hydrogenuhličitan sodný
Začiatková teplota t_1 [°C]	
Koncová teplota t_2 [°C]	
Zmena teploty Δt ($\Delta t = t_2 - t_1$) [°C]	
Teplota produktov je vyššia/nížšia ako teplota reaktantov	
Typ reakcie	
Reakčná sústava teplo uvoľňuje/spotrebuje	



Graf 2 Zmena teploty počas reakcie kyseliny citrónovej s hydrogenuhličitanom sodným

Pozorovanie a vysvetlenie:

Na základe získaných grafov (obr. 27) určíme, či ide o endotermickú alebo exotermickú reakciu. Reakcia kyseliny chlorovodíkovej s kovovým horčíkom je exotermická, pretože v priebehu reakcie dochádza k nárastu teploty. Na druhej strane, počas reakcie kyseliny citrónovej s hydrogenuhličitanom dochádza k poklesu teploty. Z toho môžeme usúdiť, že celkový tepelný efekt tohto procesu má endotermický charakter.



Obrázok 27 Zmena teploty pri exotermickej a endotermickej reakcii

Poznámka:

Pri meraní je možné namiesto polystyrénového pohára použiť kalorimeter alebo termosku. Alternatívne môžeme reakčnú nádobu obaliť handričkou, aby sme obmedzili teplotný vplyv okolia. Odporúča sa použiť tiež magnetické miešadlo a miešadielko.

Sebahodnotiaca karta pre študenta k téme Exotermické a endotermické reakcie

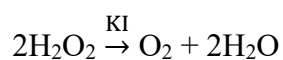
Označte krížikom mieru súhlasu s nasledovnými tvrdeniami.	samostatne	s pomocou	zatiaľ tomu nerozumiem
Viem vysvetliť rozdiel medzi exotermickou a endotermickou reakciou.			
Viem vymenovať príklady exotermických reakcií.			
Viem vymenovať príklady endotermických reakcií.			
Viem zapísať termochemickej rovnicou priebeh chemickej reakcie.			
Viem uskutočniť podľa návodu pokus na meranie tepelných zmien pri chemických reakciách.			
Viem načrtnúť grafickú závislosť zmeny teploty sústavy počas chemickej reakcie od času.			

4.2 PPE Vplyv teploty na rýchlosť rozkladu peroxidu vodíka

Úloha: Prakticky overte ako teplota ovplyvňuje rozklad peroxidu vodíka. Merajte tlak plynu vznikajúceho pri rozklade peroxidu vodíka pri rôznych teplotách.

Princíp:

Vplyv teploty na priebeh katalytického rozkladu peroxidu vodíka pomocou jodidu draselného budeme skúmať pri dvoch rôznych teplotách vodného kúpeľa, a to vo vode s ľadom a v teplej vode (z vodovodu).



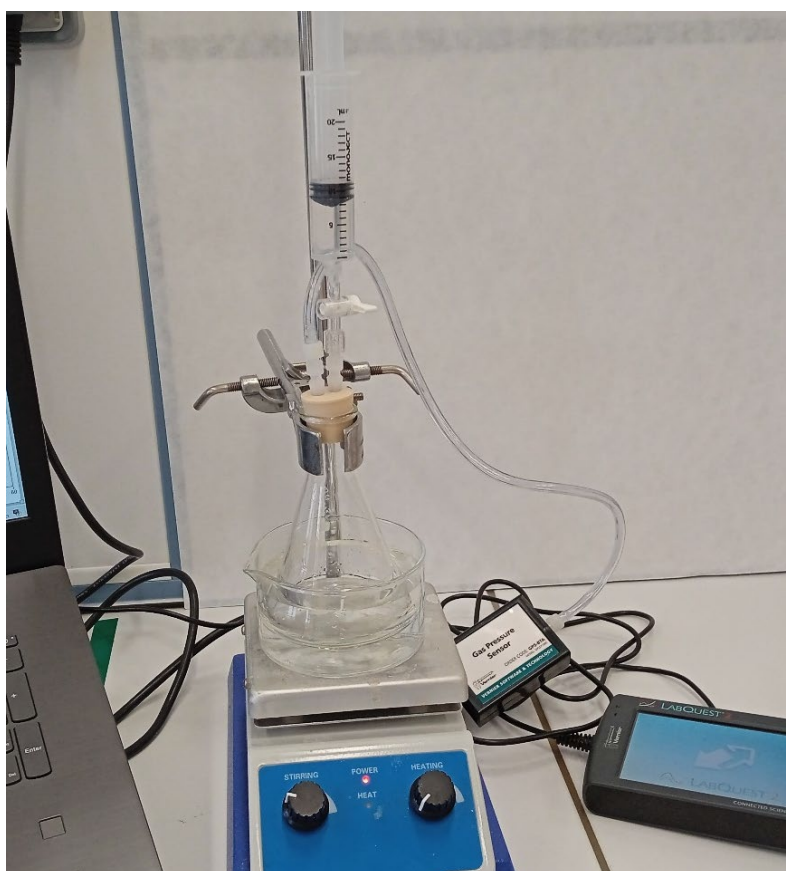
Úlohou je porovnať grafický záznam kriviek závislosti tlaku plynu od času reakcií prebiehajúcich pri rôznej teplote. Hodnoty nameraných dát spracujeme do tabuľky, vyhodnotíme a sformulujeme závery.

Pomôcky a chemikálie:

počítač/notebook, interfejs Vernier (LabQuest 2/LabQuest 3), softvér Logger Pro 3, teplotný senzor, senzor tlaku plynu s plastovou hadičkou a gumenou dvojtvorovou zátkou a s 20 cm³ injekčnou striekačkou, 200 cm³ Erlenmayerova banka (2 ks), 50 cm³ odmerný valec (2 ks), kadička (600 cm³), magnetické miešadlo, miešadielko, roztok H₂O₂ ($w = 1,5\%$), roztok KI ($c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), ľad

Postup práce:

1. Do 200 cm³ Erlenmayerovej banky nalejeme 30 cm³ 1,5% roztoku H₂O₂ a vložíme miešadielko. Banku uzatvoríme gumenou dvojtvorovou zátkou. Na jeden otvor pripevníme dvojcestný ventil. Skontrolujeme, či je uzavretý a potom naň pripojíme striekačku s 10 cm³ roztoku KI ($c = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$). Do druhého otvoru vsunieme plastovú hadičku spojenú so senzorom tlaku plynu. Banku potom postavíme do 600 cm³ kadičky naplnenej aspoň do polovice vodou s ľadom. Kadičku s bankou položíme na magnetické miešadlo (obr. 28).



Obrázok 28 Aparatúra na meranie tlaku plynu

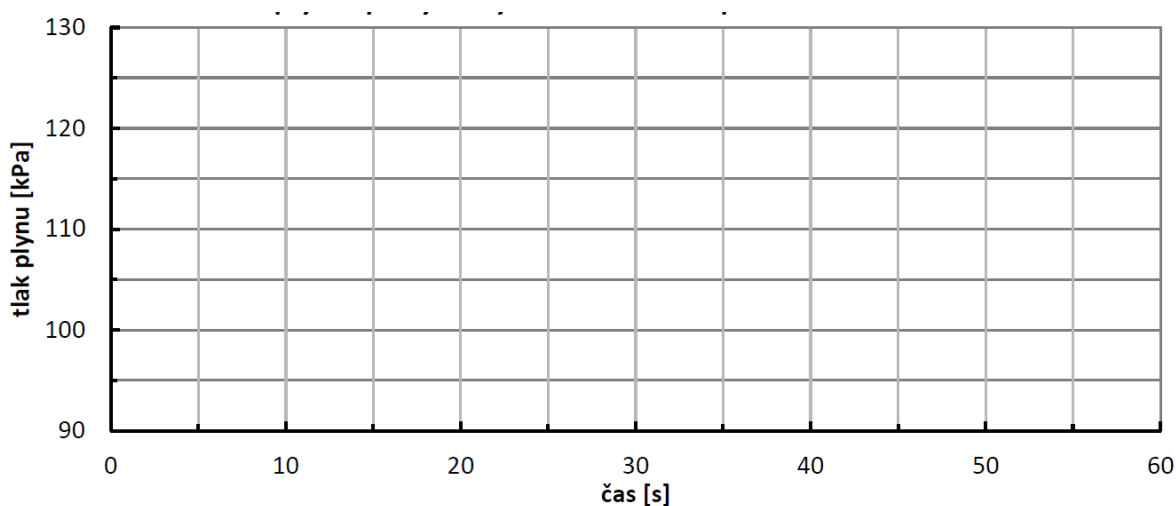
2. Odmeriame teplotu vodného kúpeľa pomocou senzora teploty a hodnotu zapíšeme do tabuľky 8.
3. Pripojíme senzor tlaku plynu k interfejsu LabQuest 2, ktorý je prepojený s počítačom/notebookom.
4. V programe LoggerPro 3 v menu Experiment → Zber dát → Trvanie merania nastavíme meranie na zaznamenávanie jedného údaju za sekundu a trvanie experimentu nastavíme na 60 sekúnd.
5. Zapneme magnetické miešadlo a začneme zber dát. Po asi 10 sekundách otvoríme ventil, stlačíme piest striekačky a celých 10 cm³ roztoku KI pridáme do banky. Uzatvoríme ventil.
6. Opatrne odpojíme striekačku, neotvárame však dvojcestný ventil na uvoľnenie tlaku v banke.
7. Zvolíme v menu Analýza a vyberieme funkciu Štatistika pre Priebeh 1. Namerané hodnoty maximálneho tlaku, minimálneho tlaku a zmeny tlaku plynu zapíšeme do tabuľky 8.
8. Po kliknutí na Zber dát sa objaví ponuka, z ktorej vyberieme možnosť Uložiť posledné meranie.
9. Pripravíme sa na meranie č. 2. Do čistej a suchej Erlenmayerovej banky nalejeme 30 cm³ 1,5% roztoku peroxidu vodíka na druhé meranie. Zopakujeme jednotlivé kroky 1 až 8 s rovnakým množstvom a koncentráciou KI, ale banku tentoraz vložíme do 600 cm³ kadičky s teplou vodou z vodovodu. Odmeriame teplotu vodného kúpeľa a zapíšeme ju do tabuľky 8.
10. Prekreslíme si graf 3 získaný sledovaním vplyvu teploty na rýchlosť rozkladu peroxidu vodíka.

Poznámka:

Je potrebné dávať pozor na dôkladné uzavretie Erlenmayerovej banky zátkou, inak dôjde k úniku plynu a tým poklesne tlak plynu – je to možné pozorovať v grafe. Na zátku by sa však počas experimentu nemalo príliš a striedavo tlačiť, nakoľko aj náhle zatlačenie na zátku má vplyv na tlak plynu v banke – náhle stúpne.

Tabuľka 8 Hodnoty tlaku plynu namerané pri rôznej teplote vodného kúpeľa

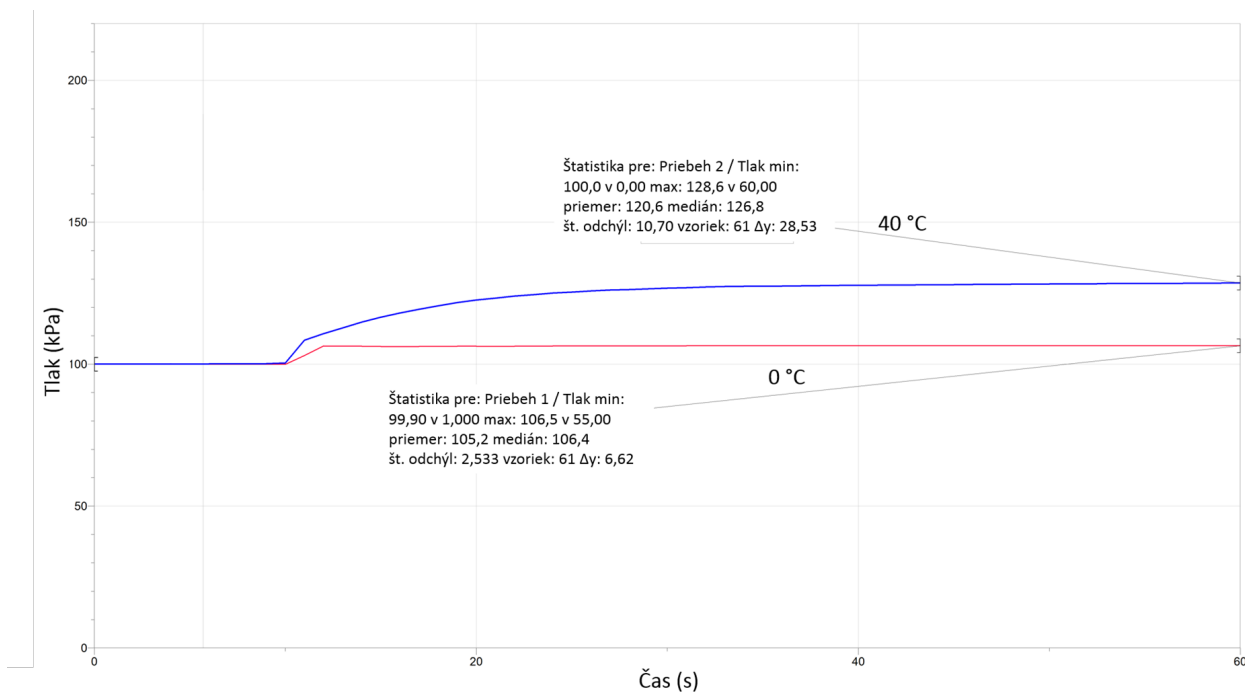
Číslo merania	1 (voda s ľadom)	2 (teplá voda)
Objem roztoku H ₂ O ₂ [cm ³]	30	30
Objem roztoku KI [cm ³]	10	10
Teplota vodného kúpeľa [°C]		
Maximálny tlak [kPa]		
Minimálny tlak [kPa]		
Zmena tlaku [kPa]		



Graf 3 Zmena tlak plynu v banke počas katalytického rozkladu peroxidu vodíka

Pozorovanie a vysvetlenie:

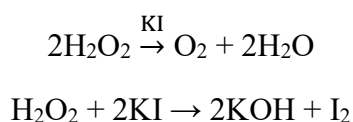
Z krivky tlaku plynu (obr. 29) je možné zistiť dve základné informácie: absolútnu hodnotu tlaku plynu, ktorá súvisí s množstvom vzniknutého produktu a strmosť krivky udávajúcu rýchlosť vzniku plynného produktu. Strmosť nárastu tlaku plynu vznikajúceho pri rozklade peroxidu vodíka za určitý čas je pri vyššej teplote (40 °C) väčšia v porovnaní s teplotou okolo 0 °C.



Obrázok 29 Zmeny tlaku plynu pri rozklade peroxidu vodíka pri rôznej teplote

Poznámka:

Pri tomto experimente dochádza k dvom reakciám – k uvedenému katalytickému rozkladu H_2O_2 a k reakcii H_2O_2 s KI. Katalytický rozklad peroxidu vodíka umožňuje prítomný jodid draselný, peroxid vodíka sa rozkladá na vodu a kyslík, ktorý je možné dokázať tlejúcou drevenou špajľou. Reakciou peroxidu vodíka s jodidom draselným vzniká jód (žltohnedé zafarbenie) a hydroxid draselný. Vzniknutý jód je možno dokázať prikvapnutím škrobu.




4.3 PPE Vplyv koncentrácie na rýchlosť rozkladu peroxidu vodíka

Úloha: Prakticky overte priebeh rozkladu peroxidu vodíka za použitia rôznych koncentrácií roztoku jodidu draselného. Merajte tlak plynu vznikajúceho pri rozklade peroxidu vodíka s použitím rôznych koncentrácií roztoku KI.

Pomôcky a chemikálie:

počítač/notebook, interfejs Vernier (LabQuest 2/LabQuest 3), softvér Logger Pro 3, senzor tlaku plynu s plastovou hadičkou a gumenou dvojtvorovou zátkou a s 20 cm³ injekčnou striekačkou, 200 cm³ Erlenmayerova banka (2 ks), 50 cm³ odmerný valec, magnetické miešadlo, miešadielko, roztok H₂O₂ (w = 1,5%), roztoky KI s koncentraciami (c = 1 mol·dm⁻³; 0,75 mol·dm⁻³; 0,5 mol·dm⁻³ a 0,25 mol·dm⁻³)

Postup práce:

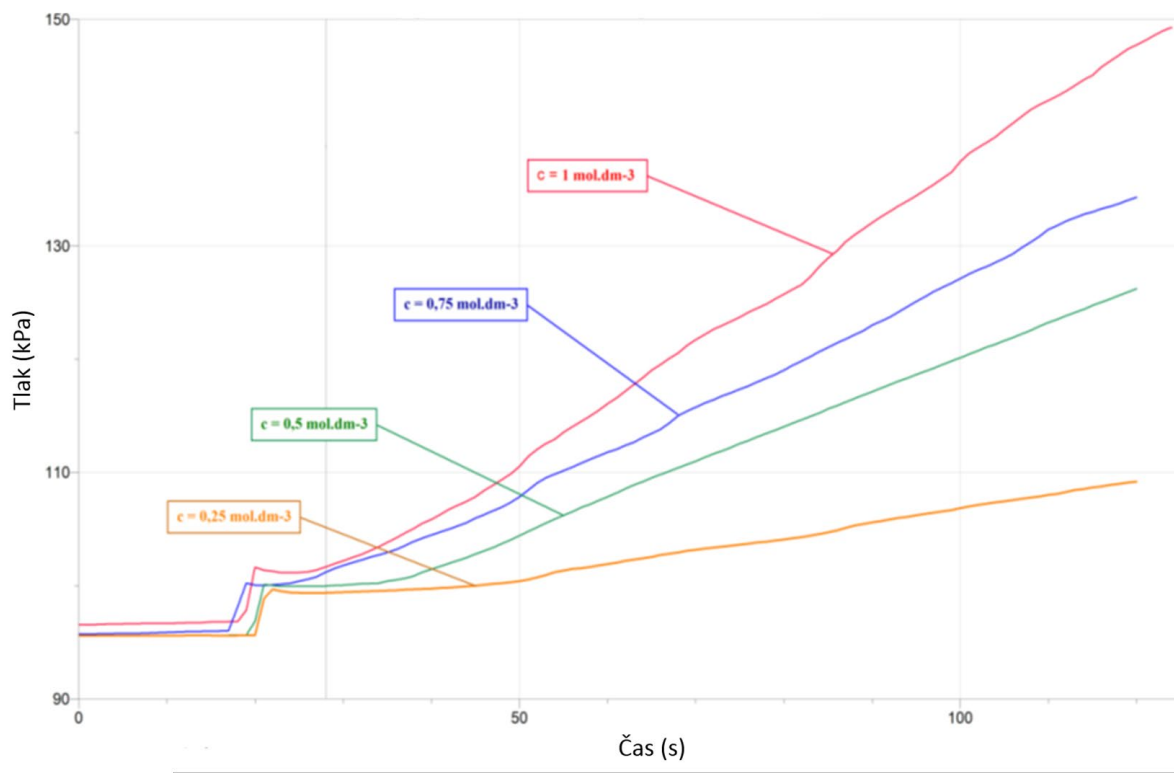
1. Do 200 cm³ Erlenmayerovej banky nalejeme 30 cm³ 1,5% roztoku H₂O₂ a vložíme miešadielko. Banku uzavrieme gumenou dvojtvorovou zátkou. Na jeden otvor pripevníme dvojcestný ventil. Skontrolujeme, či je ventil uzavretý a potom naň pripojíme striekačku s 10 cm³ roztoku jodidu draselného s koncentraciou 0,25 mol·dm⁻³. Do druhého otvoru vsunieme plastovú hadičku spojenú so senzorom tlaku plynu. Banku postavíme na magnetické miešadlo.
2. Pripojíme senzor tlaku plynu k interfejsu LabQuest 2, ktorý je prepojený s počítačom/notebookom.
3. V programe LoggerPro 3 v menu Experiment → Zber dát → Trvanie merania nastavíme na zaznamenávanie jedného údaju za sekundu a trvanie pokusu nastavíme na 60 sekúnd.
4. Začneme zber dát. Po asi 10 sekundách otvoríme ventil, stlačíme piest striekačky a celých 10 cm³ roztoku KI (c = 0,25 mol·dm⁻³) pridáme do banky. Zatvoríme ventil.
5. Zber dát sa zastaví po 1 minúte. Pre lepšie znázornenie grafu klikneme na tlačidlo Automatické meradlo .
6. Opatrne odpojíme striekačku, neotvárame dvojcestný ventil na uvoľnenie tlaku v banke.
7. Zvolíme v menu Analýza a vyberieme funkciu Štatistika pre Priebeh 1. Namerané hodnoty maximálneho tlaku, minimálneho tlaku a zmeny tlaku plynu zapíšeme do tabuľky 9.
8. Po kliknutí na Zber dát sa objaví ponuka, z ktorej vyberieme možnosť Uložiť posledné meranie.
9. Pripravíme sa na meranie č. 2. Do čistej a suchej Erlenmayerovej banky nalejeme 30 cm³ 1,5% roztoku H₂O₂ na druhé meranie. Zopakujeme jednotlivé kroky 1 až 8 a uskutočníme druhý pokus s rovnakým množstvom KI, ale s koncentraciou 0,5 mol·dm⁻³.
10. Rovnako zopakujeme tretie a štvrté meranie s nezmeneným množstvom 30 cm³ 1,5% roztoku H₂O₂ a 10 cm³ roztoku KI, ktorý však bude mať postupne sa zvyšujúcu koncentraciu, a to 0,75 mol·dm⁻³ a 1 mol·dm⁻³.
11. Údaje z každého merania zaznamenávame do tabuľky 9.

Tabuľka 9 Hodnoty tlaku plynu namerané pri rôznej koncentrácii roztoku KI

Číslo merania	1	2	3	4
Objem 1,5% H ₂ O ₂ [cm ³]	30	30	30	30
Objem KI [cm ³]	10	10	10	10
Koncentrácia KI [mol·dm ⁻³]	0,25	0,5	0,75	1
Maximálny tlak [kPa]				
Minimálny tlak [kPa]				
Zmena tlaku [kPa]				

Pozorovanie a vysvetlenie:

Porovnáme krivky zo všetkých štyroch meraní. Strmosť nárastu tlaku plynu vznikajúceho pri rozklade peroxidu vodíka v určitom čase sa zväčšuje so zvyšujúcou sa koncentráciou roztoku jodidu draselného (obr. 30).



Obrázok 30 Zmeny tlaku plynu pri katalytickom rozklade peroxidu vodíka pomocou roztoku jodidu draselného s rôznou koncentráciou

4.4 PPE Vplyv katalyzátora na rýchlosť rozkladu peroxidu vodíka

Úloha: Zistite, ktoré z látok (Fe, MnO₂, H₂SO₄, KI a H₃PO₄) urýchľujú rozklad peroxidu vodíka.

Pomôcky a chemikálie:

počítač/notebook, interfejs Vernier (LabQuest 2/LabQuest 3), softvér Logger Pro 3, senzor tlaku plynu s plastovou hadičkou a gumenou dvojotvorovou zátkou a s 20 cm³ injekčnou striekačkou, 200 cm³ Erlenmayerova banka (2 ks), 50 cm³ odmerný valec, pipeta (10 cm³), magnetické miešadlo, miešadielko, lyžička, roztok H₂O₂ (*w* = 3%), železné piliny, oxid manganičitý, roztok kyseliny trihydrogenfosforečnej (*c* = 0,5 mol·dm⁻³), roztok kyseliny sírovej (*c* = 0,5 mol·dm⁻³), roztok jodidu draselného (*c* = 1 mol·dm⁻³)

Postup práce:

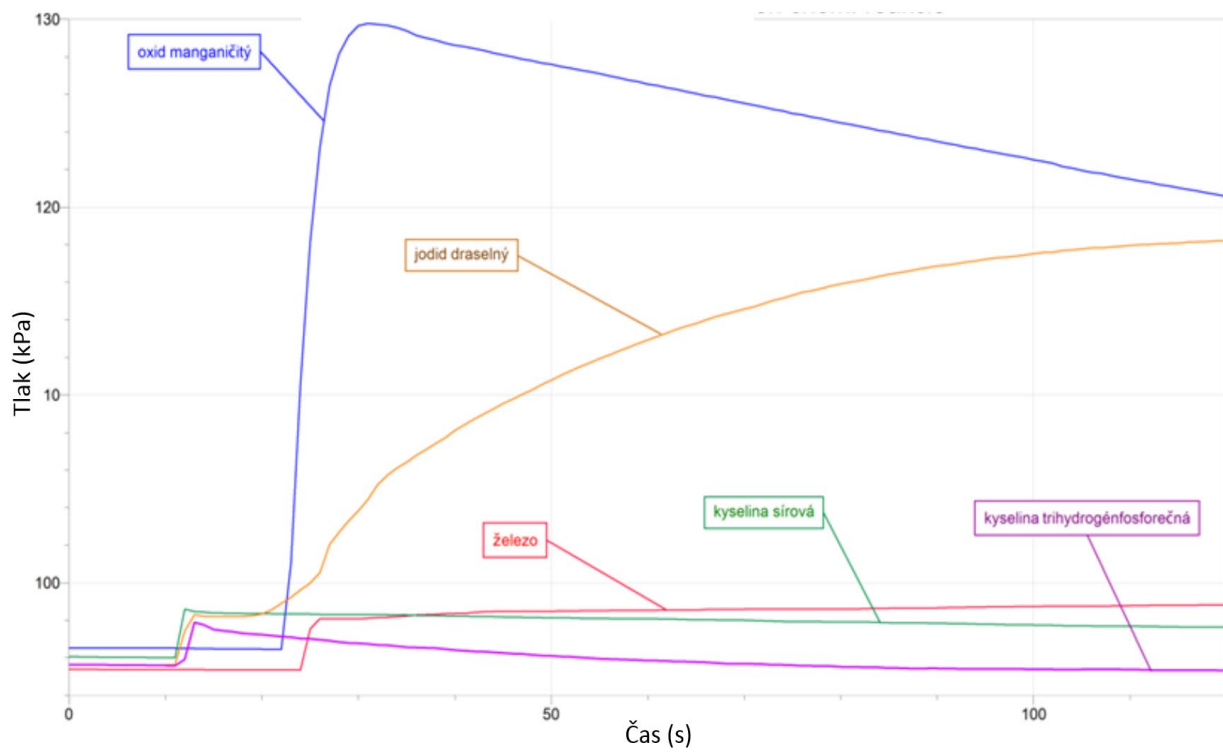
Zopakujeme postup práce uvedený v predchádzajúcej kapitole 4.3 s tým rozdielom, že do suchej Erlenmayerovej banky budeme dávať množstvo látky uvedené v tabuľke 10 a zo striekačky pri každom meraní uvoľníme 5 cm³ 3% roztoku peroxidu vodíka. Výsledky merania zaznamenáme do tabuľky 10.

Tabuľka 10 Hodnoty tlaku plynu vznikajúceho pri rozklade peroxidu vodíka namerané v prítomnosti rôznych látok

Číslo merania	1	2	3	4	5
Objem roztoku H ₂ O ₂ [cm ³]	5	5	5	5	5
Pridaná látka	Fe	MnO ₂	H ₂ SO ₄ <i>c</i> = 0,5 mol·dm ⁻³	KI <i>c</i> = 1 mol·dm ⁻³	H ₃ PO ₄ <i>c</i> = 0,5 mol·dm ⁻³
Množstvo látky	1 lyžička	½ lyžičky	2,5 cm ³	5 cm ³	2,5 cm ³
Maximálny tlak [kPa]					
Minimálny tlak [kPa]					
Zmena tlaku [kPa]					

Pozorovanie a vysvetlenie:

Porovnáme grafy zo všetkých piatich meraní (obr. 31). Zlúčeniny MnO₂ a KI sú pozitívne katalyzátory, pretože v ich prítomnosti prebehol rozklad peroxidu vodíka rýchlejšie. To sa preukázalo zvýšením tlaku plynu. Zmena tlaku plynu bola pomerne veľká. Ostatné látky (Fe, H₂SO₄, H₃PO₄) neovplyvnili rozklad peroxidu vodíka, pretože nenastal nárast tlaku.



Obrázok 31 Zmena tlaku pri pôsobení rôznych látok na roztok peroxidu vodíka

Karta zmapovania vlastného procesu učenia sa študenta
k téme Vplyv faktorov na rýchlosť chemických reakcií

Inštrukcie: Prečítajte si tvrdenia v stĺpci „Už som sa to naučil/a“. Uvedte pri každom tvrdení číslo zo stĺpca „Ako som sa to naučil/a“. Zoznam „Ako som sa to naučil/a“ môžete doplniť.	
Už som sa to naučil/a:	Ako som sa to naučil/a:
Poznám podmienky, ktoré musia byť splnené, aby sa reaktanty premenili na produkty.	1. Počúval/a som výklad učiteľa o téme.
Viem definovať rýchlosť chemických reakcií.	2. Pozoroval/a som činnosť učiteľa.
Viem vymenovať faktory, ktoré ovplyvňujú rýchlosť chemických reakcií.	3. Robil/a som si poznámky.
Viem vysvetliť, ako koncentrácia reaktantov ovplyvňuje rýchlosť chemických reakcií.	4. Pozrel/a som si to v učebnici.
Viem uviesť príklady zo života, v ktorých rýchlosť chemických reakcií ovplyvňujeme teplotou.	5. O téme som diskutoval/a so spolužiakmi.
Poznám spôsob, ktorým zväčšíme veľkosť povrchu tuhej látky.	6. O téme som diskutoval/a s rodičmi/s niekým iným.
Viem uviesť príklady katalyzátorov.	7. Získal/a som poznatok/zručnosť pri realizácii pokusov.
Viem navrhnúť pokus na overenie vplyvu jednotlivých faktorov na rýchlosť chemických reakcií.	8. Použil/a som informačno-komunikačné technológie.
Dokážem uskutočniť pokus na overenie vplyvu faktorov na rýchlosť chemických reakcií.	9. Precvičoval/a som si to doma.
	10. Naučil/a som sa to naspamäť.
	11. Iné ...
Inštrukcie: Po vyplnení spočítajte, koľkokrát ste priradili k jednotlivým tvrdeniam rôzne čísla a zistíte, ako sa najčastejšie učíte. Najčastejšie sa učím nasledujúcim spôsobom: Chcel/a by som si vyskúšať učenie pomocou: Zatiaľ som nepoužil/a spôsob, ako sa učiť:	

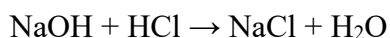
4.5 PPE Zmeny pH pri acidobázických reakciách

Úloha: Uskutočnite titráciu silnej kyseliny (HCl) silnou zásadou (NaOH).

Princíp:

Acidobázická titrácia je analytická metóda, pri ktorej sa stanovuje neznáma koncentrácia kyseliny (zásady) odmerným roztokom zásady (kyseliny) so známou koncentráciou. Pri tomto experimente budeme titrovať roztok kyseliny chlorovodíkovej (titrovaný roztok) roztokom hydroxidu sodného (titračné činidlo). Dôležité je **stanovenie bodu ekvivalencie**, pri ktorom je

pridané látkové množstvo odmerného roztoku (NaOH) chemicky ekvivalentné látkovému množstvu stanovovanej zložky (HCl) podľa rovnice:



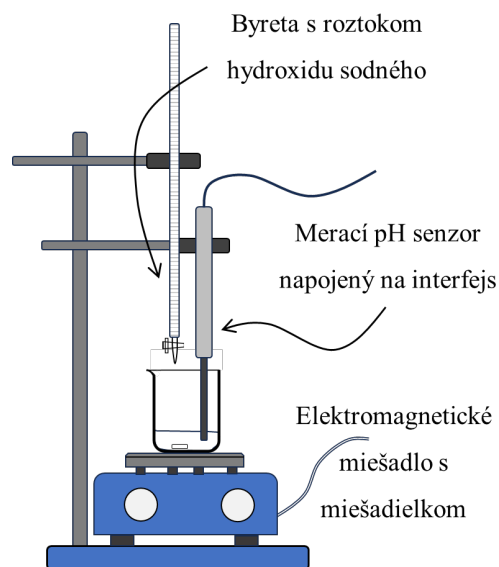
Na vizuálnu indikáciu bodu ekvivalencie sa používajú farebné **indikátory** (napr. fenolftaleín). Grafickým znázornením závislosti zmeny pH od množstva pridávaného činidla je **titračná krivka**.

Pomôcky a chemikálie:

počítač/notebook, interfejs Vernier (LabQuest 2/LabQuest 3), softvér Logger Pro 3, pH senzor, kadička (100 cm³), 50 cm³ odmerný valec, pipeta (10 cm³), byreta (25 cm³) odmerná banka, (100 cm³), magnetické miešadlo, miešadielko, malý lievik, stojan, držiaky, svorky, 25 cm³ NaOH ($c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), roztok HCl, destilovaná voda, fenolftaleín

Postup práce:

1. Zostavíme aparáturu podľa obrázka 32.
2. Pripojíme pH senzor k interfejsu LabQuest 2, ktorý je prepojený s počítačom/notebookom.
3. Do kadičky umiestnenej na miešadle odpipetujeme 10 cm³ roztoku HCl. Pridáme 2-3 kvapky fenolftaleínu. Do kvapaliny ponoríme pH senzor a uchopíme ho držiakom k stojanu.
4. K stojanu upevníme byretu a naplníme ju roztokom NaOH (titračné činidlo).
5. Uvedieme do chodu miešanie.
6. V programe LoggerPro 3 v menu Experiment → Zber dát zmeníme mód „časová závislosť“ na „udalosti so vstupmi“.



Obrázok 32 Aparatúra na titráciu

Nazveme udalosť „objem činidla“, značka „V“, jednotky „ml“ a potvrdíme „Hotovo“. Ďalej klikneme na oblasť grafu pravým tlačidlom myši a vyberieme „Nastavenie grafu“. V záložke „Nastavenie grafu“ zrušíme voľbu „Spájať body“ a zvolíme „Symboly bodov“. V záložke „Nastavenie súradnicových osí“ zvolíme pri osi X hodnoty „vľavo“ 0 a „vpravo“ napíšeme číslo 25 (25 cm³ titračného činidla – roztoku NaOH). Potvrdíme kliknutím na „Hotovo“.

7. Spustíme meranie. Chvilku (asi 10 sekúnd) počkáme, kým sa hodnota pH ustáli a potom klikneme na modré koliesko „Zachovať“. Doplníme 0 – 0 cm³ činidla. V grafe sa objaví

bod označujúci namerané pH po pridaní 0 cm³ činidla. Pomaly pridávame po 0,5 cm³ činidla a po každom prídavku zapisujeme celkový objem pridaného činidla.

8. Rovnako postupujeme pri pridávaní ďalšieho množstva činidla. Od 10 cm³ titračného činidla pridávame po 0,2 cm³. Po skončení merania určíme bod ekvivalencie (obrat v krivke grafického záznamu).
9. Doplňíme tabuľku 11 a vypočítame koncentráciu kyseliny chlorovodíkovej.

Tabuľka 11 Titrácia roztoku silnej kyseliny (HCl) roztokom silnej zásady (NaOH)

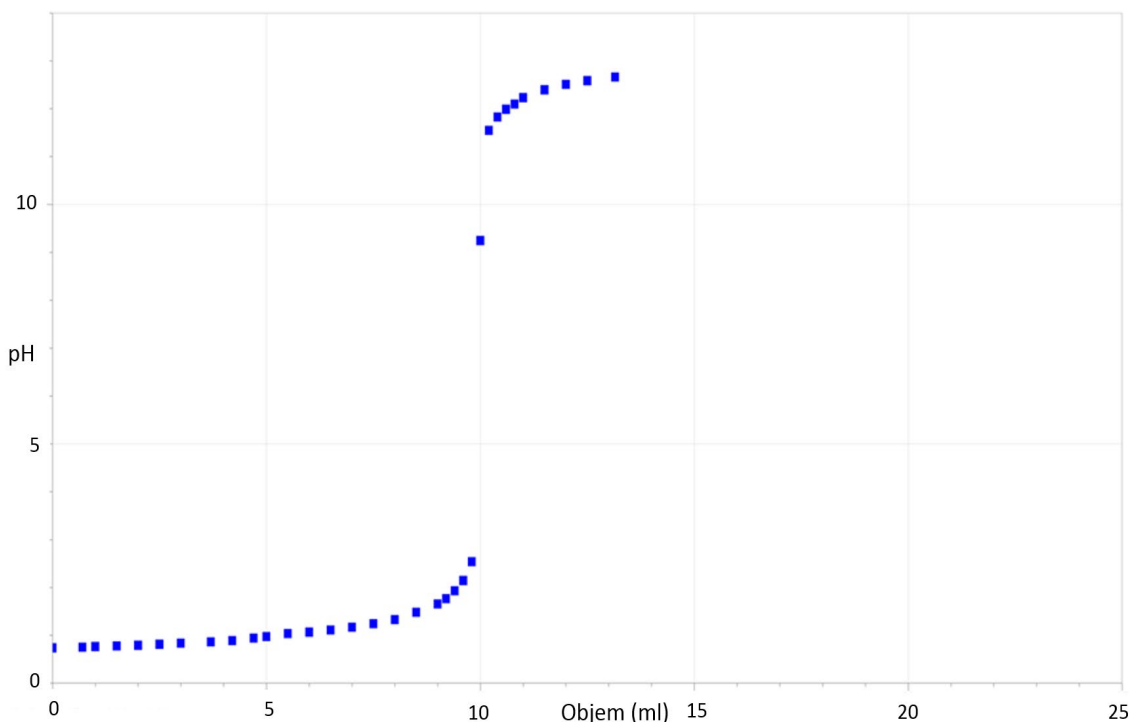
Koncentrácia NaOH [mol·dm ⁻³]	
Objem NaOH pridaného v bode ekvivalencie [cm ³]	
Látkové množstvo NaOH [mol]	
Látkové množstvo HCl [mol]	
Koncentrácia HCl [mol·dm ⁻³]	

Pozorovanie a vysvetlenie:

Pri titrácii roztoku HCl roztokom NaOH je pH kyslého roztoku na začiatku nízke (v roztoku sa nachádza iba kyselina). Pridávaním zásady (NaOH) sa pH pomaly mení, až do blízkosti bodu ekvivalencie. V blízkosti bodu ekvivalencie pH prudko rastie (všetka kyselina zreaguje so zásadou). Potom, pri pridávaní ďalšieho množstva zásady, pH opäť rastie pomaly (v roztoku sa nachádza iba zásada). Grafickým znázornením tejto závislosti je titračná krivka (obr. 33). Ak do roztoku kyseliny pridáme pH indikátor (fenolftaleín), vieme túto zmenu sledovať aj vizuálne. Nastane zmena farby indikátora z bezfarebnej na červenú.

Poznámka:

Hydroxid sodný pohlcuje vzdušnú vlhkosť a oxid uhličitý, preto jeho čistota nie je 100% a jeho obsah sa môže meniť. Na presnejšie stanovenie koncentrácie kyseliny chlorovodíkovej, je potrebné odmerný roztok hydroxidu sodného štandardizovať roztokom kyseliny šťaveľovej (príloha 9.2).



Obrázok 33 Zmena pH roztoku HCl v závislosti od pridaného objemu roztoku NaOH

4.6 Premietané chemické pokusy pomocou vizualizéra

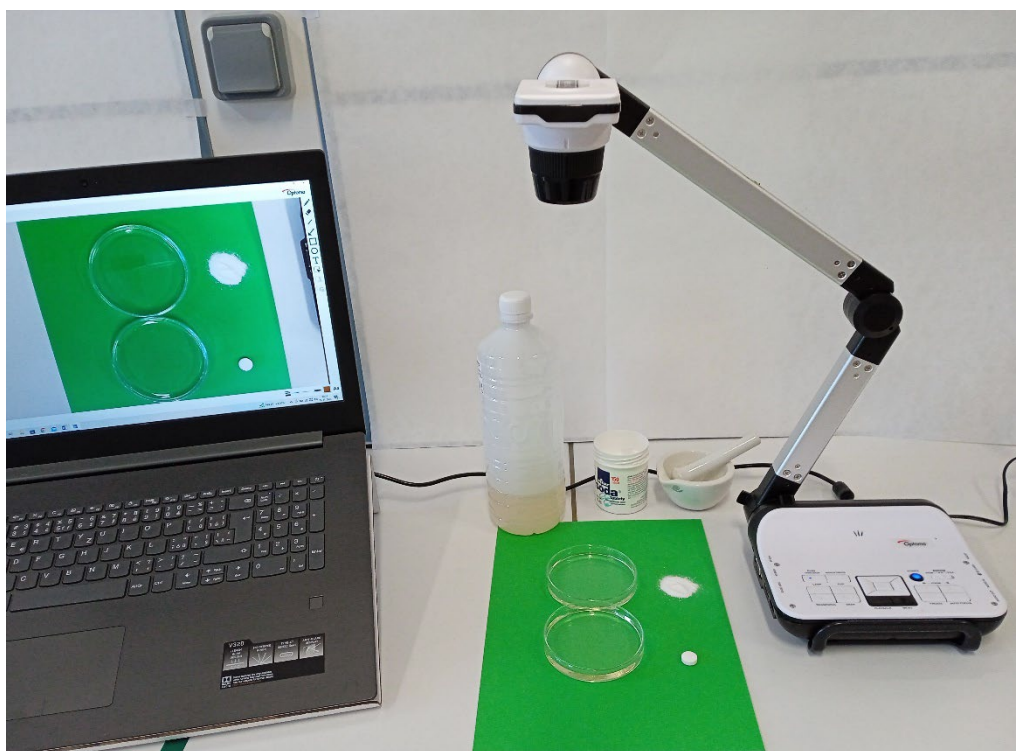
Vizualizér je zariadenie, ktoré sníma obraz vybraného objektu umiestneného na zvolenom mieste a prevádza ho do digitálnej formy. V školách nahrádza predtým využívaný spätný projektor (meotar) alebo diapojektor.

Digitálny vizualizér je možné pripojiť k akémukoľvek zobrazovaciemu zariadeniu (napr. počítač, notebook, dataprojektor, monitor alebo TV). Umožňuje snímanie a premietanie pokusov, predmetov, obrázkov, textu, 3D objektov, mikroskopických objektov, vytváranie fotografií a nahrávanie videí. Medzi jeho základné funkcie patria: automatické zaostrovanie, zväčšovanie, zmenšovanie, zmrazenie, otáčanie, popis statickej snímky (fotografie) alebo videa pomocou jednoduchých kresliacich nástrojov, uloženie obrazu (fotografie) alebo záznamu videa do pamäti (vrátane pamäti počítača). Vďaka prepojeniu vizualizéra s počítačom pomocou USB kábla môžeme prepínať medzi obrazom kamery vizualizéra a obsahom uloženým v počítači (napr. prezentácie, dokumenty, webové stránky). V počítači je potrebné mať nainštalovaný príslušný software vizualizéra. Navyše vstavaný mikrofón a reproduktor umožňujú nahrávanie zvuku. Nahrané zvukové záznamy a videá môžu poslúžiť na vytvorenie multimediálneho obsahu pre výučbu a prezentáciu žiakom. Takto pripravený multimediálny obsah je možné ďalej zdieľať pomocou internetu a využiť aj pri dištančnej výučbe.

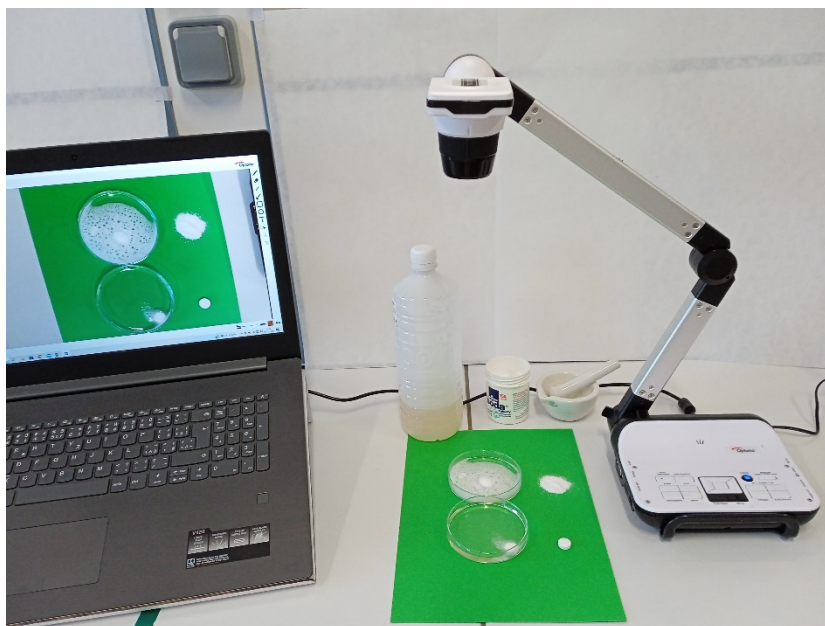
Pri mnohých demonštračných chemických pokusoch nastáva problém, že detaily pokusu vidia iba žiaci, ktorí sú najbližšie pri pracovnom stole učiteľa. Žiaci, ktorí sedia ďalej od učiteľa

nemusia dobre vidieť a zachytiť všetky potrebné detaily. Digitálny vizualizér pripojený na dataprojektor umožňuje premietiť chemické pokusy a prebiehajúce reakcie v reálnom čase. Najväčšou výhodou je niekoľkonásobné zväčšenie – žiaci vidia premietaný pokus na stene alebo plátne.

Na obrázkoch 34 a 35 vidíme príklad premietaného pokusu pomocou vizualizéra na tému „Vplyv faktorov na rýchlosť chemických reakcií“. Do dvoch Petriho misiek nalejeme 20 cm³ octu. Následne do týchto misiek pridáme hydrogenuhlíčan sodný (sóda bikarbóna). Do prvej misky vo forme prášku (rozdrvíme jednu tabletu sódy bikarbóny) a do druhej misky vo forme celej tablety. Priebeh reakcie je pomocou vizualizéra prenesený do notebooku, a následne pomocou dataprojektora veľkoplošne premietaný pre celú triedu. Prášková sóda bikarbóna s veľkým reakčným povrchom (na monitore notebooku umiestnená na pravej strane) zreagovala s octom oveľa rýchlejšie ako sóda bikarbóna vo forme tablety, kde je reakčný povrch malý (na monitore notebooku umiestnená na ľavej strane).

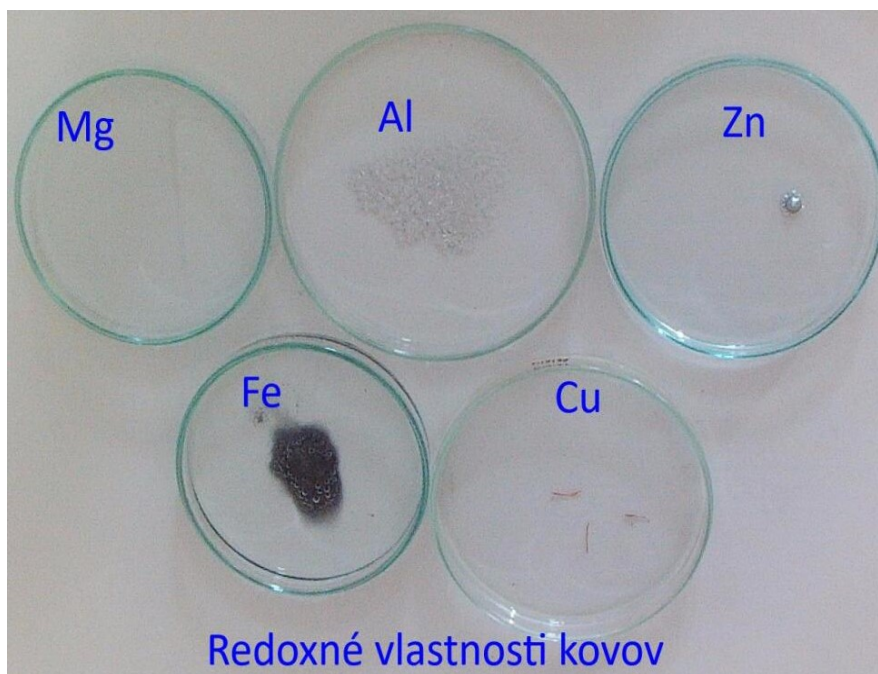


Obrázok 34 Zobrazenie pomocou vizualizéra pred chemickou reakciou



Obrázok 35 Priebeh chemickej reakcie zobrazený pomocou vizualizéra

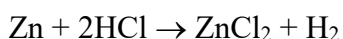
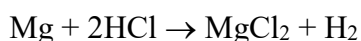
Ďalším príkladom je premietaný pokus na tému „Redoxné vlastnosti kovov“ (obr. 36). Do piatich Petriho misiek pridáme rovnaký objem zriedeného roztoku kyseliny chlorovodíkovej a potom do nej pomocou lyžičky pridáme rôzne kovy (horčík, meď, zinok, hliník, železo).



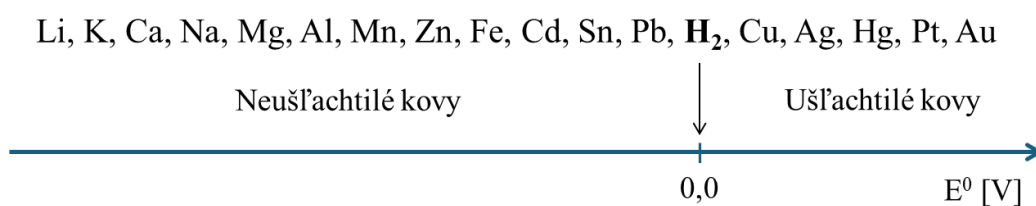
Obrázok 36 Premietaný pokus: Reakcia zriedenej HCl s rôznymi kovmi

Pozorovanie a vysvetlenie:

Pozorujeme, že priebeh reakcií je v jednotlivých miskách rozdielny. Med' s kyselinou chlorovodíkovou nereaguje a intenzita vyvíjania plynného vodíka v ostatných miskách je rôzna. Podľa priebehu reakcie môžeme skúmané kovy zoradiť nasledovne: $Mg > Al > Zn > Fe > Cu$, pričom horčik reaguje najintenzívnejšie a med' nereaguje vôbec. Priebeh pozorovaných reakcií môžeme vyjadriť napr. pre horčik a zinok nasledovne:



Po pridaní jednotlivých kovov do roztoku kyseliny chlorovodíkovej môže dôjsť k chemickej reakcii. Či daný kov bude so zriedenou kyselinou chlorovodíkovou reagovať zistíme podľa hodnoty štandardného elektródového potenciálu príslušného kovu (E^0 [V]). V závislosti od hodnôt elektródového potenciálu sú kovy zoradené v tzv. elektródovom rade napätia kovov (Beketov rad napätia kovov). Na základe usporiadania v tomto rade kovy rozdelujeme na:



– **neušľachtilé** – preferujú oxidovanú formu katiónu; reagujú s kyselinou za uvoľňovania plynného vodíka (niektoré reagujú aj s vodou).

Majú zápornú hodnotu štandardného elektródového potenciálu.

– **ušľachtilé** – preferujú redukovanú formu; nereagujú s kyselinami (ani s vodou) za uvoľňovania plynného vodíka.

Majú kladnú hodnotu štandardného elektródového potenciálu.

Priebeh reakcie kovu s kyselinami ovplyvňuje viacero ďalších faktorov, ako je napríklad pasivácia kovu. Rýchlosť uvoľňovania bubliniek plynného vodíka je určená najmä veľkosťou reakčného povrchu použitého kovu.

Na nasledujúcom obrázku 37 môžeme vidieť záznam premietaného pokusu na tému „Výluh červenej kapusty ako indikátor“. Do piatich Petriho misiek nalejeme rovnaké množstvo výluhu z červenej kapusty. Pridaním niekoľkých kvapiek kyseliny chlorovodíkovej alebo kyseliny octovej sa výluh zafarbí na červeno (intenzita je tým výraznejšia, čím je pH nižšie).

V destilovanej vode je výluh fialový. Pridaním pár kvapiek hydroxidu sodného alebo hydroxidu draselného sa výluh zafarbí na žltu až zeleno.



Obrázok 37 Premietaný pokus: Výluh červenej kapusty ako indikátor

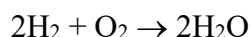
Takýmto spôsobom dokážeme pred veľkou skupinou žiakov prezentovať mnoho jednoduchých demonštračných pokusov. Tento spôsob prezentovania nie je vhodný pre pokusy, ktoré vyžadujú zložitejšiu aparatúru alebo pokusy, pri ktorých vzniká nebezpečný plyn a musíme ich realizovať v digestore.

5 Základné pokusy z anorganickej chémie

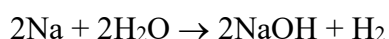
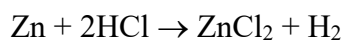
5.1 Vodík a jeho vlastnosti

Princíp:

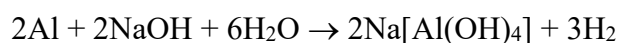
Vodík ako jednoduchá látka vytvára stabilnú dvojatómovú molekulu H₂. Je to bezfarebný plyn bez zápachu. Jeho hustota je menšia ako hustota vzduchu, preto ho pri príprave zachytávame do nádob, ktoré sú otočené hore dnom. S kyslíkom vytvára vysoko výbušnú zmes, preto nie je vhodné pripravovať vodík v laboratóriu vo veľkom množstve. Túto vlastnosť plynného vodíka využívame na jeho dôkaz, ktorý spočíva v reakcii s plynným kyslíkom zo vzduchu, čo sa prejaví výrazným zvukovým efektom, tzv. štekutím.



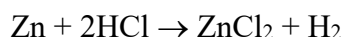
Plynný vodík v školskom chemickom laboratóriu pripravíme oxidáciou neušľachtilých kovov. Najčastejšie reakciou neušľachtilých kovov (Zn, Al, Fe...) s kyselinou, ktorá nemá silné oxidačné účinky (HCl, CH₃COOH...) alebo v prípade vysoko neušľachtilých kovov (Na, Ca) ich reakciou s vodou.



Plynný vodík môžeme pripraviť aj reakciou amfotérneho kovu s roztokom hydroxidu sodného, kedy sa reakcie zúčastňuje aj voda. Dochádza k vzniku rozpustného hydroxidokomplexného aniónu a uvoľneniu plynného vodíka:



5.1.1 Príprava vodíka reakciou zinku s kyselinou chlorovodíkovou

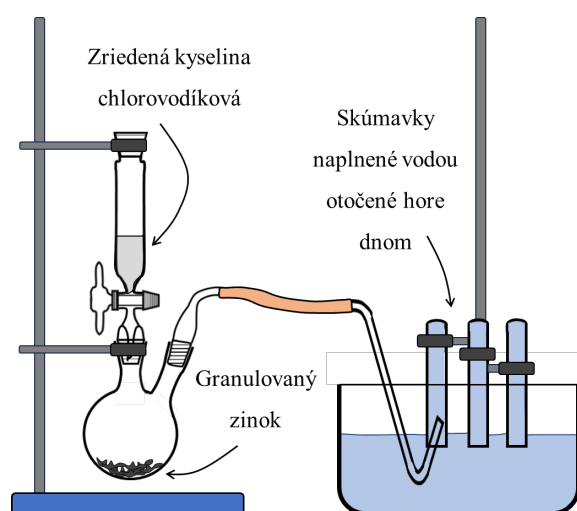


Pomôcky a chemikálie:

väčšia sklenená vaňa, prikvapkávací lievik so zábrusom, varná banka s jedným bočným otvorom, nástavec na bočný otvor banky, zahnutá sklenená rúrka, gumová hadička, stojan, svorky, držiaky, skúmavky so zátkami (3 ks), lyžička, váhy, špajľa, kahan, granulovaný zinok, zriedená kyselina chlorovodíková (1:1)

Postup práce:

Prípravíme si aparáturu na prípravu a zachytávanie plynu podľa obrázka 38. Do varnej banky dáme 2 g granulovaného zinku. Lievik naplníme zriedenou kyselinou chlorovodíkovou (1:1). Varnú banku prepojíme pomocou nástavca a hadičky so zahnutou sklenenou rúrkou. Sklenenú vaničku naplníme asi do 2/3 vodou a pripravíme si tri skúmavky, ktoré úplne naplníme vodou a umiestnime nad hladinu hore dnom. Pomaly začneme pridávať kyselinu chlorovodíkovú do banky a pozorujeme vznik plyného vodíka. Unikajúci vodík zachytíme do pripravených skúmaviek. Zo začiatku bude z banky unikať vzduch, ktorý sa tam pôvodne nachádzal, preto vodík začneme zachytávať až po určitom čase. Skúmavky naplnené vodíkom ešte pod hladinou uzavrieme zátkou a umiestnime v stojane, pričom dbáme, aby boli stále obrátené hore dnom.



Obrázok 38 Aparatúra na prípravu vodíka reakciou kovu s kyselinou

Poznámka:

Vodík môžeme v chemickom laboratóriu jednoducho pripraviť aj v Kippovom prístroji (obr. 39), ktorý pozostáva z troch častí.

V prostrednej časti sa nachádza granulovaný zinok. Tieto granulky sú umiestnené na podložke s otvormi, cez ktoré prenikne do prostrednej časti roztok kyseliny chlorovodíkovej zo spodnej časti. Tento roztok je prostredníctvom sklenenej rúrky, ktorá prechádza prostrednou časťou, vytlačený nadbytkom roztoku, ktorý sa nachádza v hornej časti Kippovho prístroja. Aby zinok neprepadol do dolnej časti, musia byť použité väčšie granulky a nie práškový zinok. Po vzájomnom kontakte reaktantov dôjde k okamžitej reakcii a vzniku plynného vodíka, ktorý môžeme z prostrednej časti odoberať cez bočný ventil.

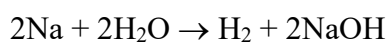
Ak by sme ventil v prostrednej časti uzatvorili, reakcia by naďalej prebiehala a v prostrednej časti Kippovho prístroja by došlo k nárastu tlaku vznikajúceho plynu. Ten by roztok kyseliny chlorovodíkovej postupne vytlačil naspäť do spodnej časti a cez sklenenú rúrku do hornej časti, čím by sa zastavil vznik ďalšieho plynu.

Pomocou Kippovho prístroja môžeme v chemickom laboratóriu pripraviť rôzne plyny, ktoré vznikajú reakciou tuhého reaktanta s kvapalným roztokom, napr. oxid uhličitý alebo sulfán.



Obrázok 39 Kippov prístroj

5.1.2 Príprava vodíka reakciou sodíka s vodou

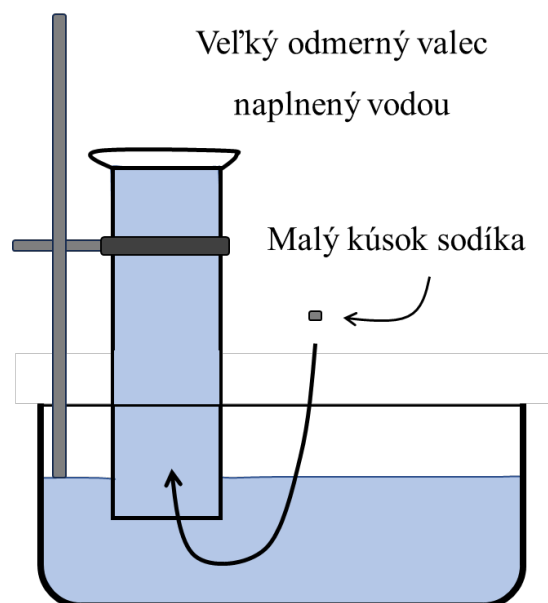


Pomôcky a chemikálie:

väčšia sklenená vaňa, veľký odmerný valec, stojan, držiaky, chemické kliešte, tyčinka, sodík, fenolftaleín (1% etanolový roztok), ochranný štít/ochranné okuliare

Postup práce:

Zostavíme si aparáturu podľa obrázka 40. Odmerný valec naplnený vodou upevníme v stojane hore dnom tak, aby otvor valca bol približne 0,5 cm pod hladinou vody vo vaničke. Do vody vo vaničke dáme niekoľko kvapiek fenolftaleínu a premiešame. **Nasadíme si ochranný štít alebo ochranné okuliare!** Malý kúsok sodíka o veľkosti ryžového zrnka uchytieme do suchých chemických klieští a rýchlym pohybom vsunieme pod odmerný valec. **Pozor! Kliešte musia byť suché.** Pozorujeme priebeh reakcie. Ak sa nám nepodariť sodík vsunúť pod valec a ostane na hladine vody vo vaničke, necháme ho voľne úplne zreagovať. **Nepokúšame sa ho opäť chytiť do klieští!**



Obrázok 40 Aparatúra na prípravu vodíka reakciou sodíka s vodou

Pozorovanie a vysvetlenie:

V odmernom valci reaguje sodík s vodou. Vznikajúci vodík sa hromadí v odmernom valci a vytláča vodu z valca. Vedľajším produktom reakcie je hydroxid sodný, ktorý má zásaditý charakter. Preto dôjde k zafarbeniu roztoku do ružovo-fialova.

Reakcia sodíka s vodou je silne exotermická. Preto dbáme na to, aby sme nepoužili veľký kus sodíka. Pokus môžeme viackrát opakovať, ale musíme dávať pozor na to, aby vo valci (prípadne na hladine vody vo vaničke) bol vždy iba jeden malý kúsok sodíka. V opačnom prípade by mohlo dôjsť k prudkej reakcii a vyprsknutiu sodíka mimo vaničky, čo môže spôsobiť nepríjemné poleptanie.

Dôkaz vlastností vodíka

Reakcia vodíka s kyslíkom

Prudkú reakciu vodíka so vzdušným kyslíkom využijeme na jeho dôkaz. Skúmavku s pripraveným vodíkom vyberieme zo stojana, pričom skúmavku stále držíme obrátenú hore dnom. Následne preniesieme skúmavku k plameňu kahana, opatrne ju otvoríme a naklonením priložíme k plameňu, aby plyný vodík mohol uniknúť a zreagovať s kyslíkom. Reakcia vodíka s kyslíkom sa prejaví zvukovým efektom („šteknutím“). Ak skúmavku umiestnime do vodorovnej polohy, tak na jej stenách môžeme pozorovať vzniknutú skondenovanú vodu.

Poznámky k pokusu:

Namiesto priloženia hore dnom obrátenej skúmavky s vodíkom priamo k plameňu kahana, môžeme na vzdialenejšom mieste priložiť k ústiu skúmavky (stále obrátenej hore dnom) horiacu špajľu.

Pokus môžeme zrealizovať aj tak, že plynný vodík pripravíme v skúmavke a zachytávame ho do druhej skúmavky, ktorú držíme obrátenú hore dnom priamo nad prvou skúmavkou. Skúmavku s vodíkom uzavrieme palcom a môžeme uskutočniť dôkazovú reakciu s kyslíkom.

Nezreagovaný zinok po ukončení pokusu opláchneme vodou, necháme vysušiť a neskôr ho môžeme opäť použiť. Roztok vo varnej banke obsahuje chlorid zinočnatý, preto ho nevyliavame do výlevky, ale zbierame v zbernej nádobe pre ťažké kovy.

Výbušnosť vodíka

Pomôcky a chemikálie: malá kadička, špajľa, saponát (šampón), glycerol

Vznikajúci molekulový vodík H_2 budeme pomocou rúrky alebo hadičky zavádzať do kadičky, v ktorej sa nachádza zriedený saponát, prípadne šampón na vlasy a pár kvapiek glycerolu (alternatívne môžeme použiť aj náplň do bublifukov). Na hladine sa vytvoria bubliny naplnené čistým vodíkom. Pridaný glycerol k roztoku saponátu (šampónu) zabraňuje vysychaniu vytvoreného filmu bubliny. **Kadičku preniesieme ďalej od aparatury!** a bubliny praskneme horiacou špajľou.

Vodík, plyn ľahší ako vzduch

Pomôcky:

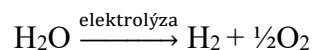
odmerná banka, granulovaný zinok, zriedená kyselina chlorovodíková (1:1), malý mikroténový sáčok, tenká niť na previazanie

Čistý a nepoužitý mikroténový sáčok (aby neobsahoval žiaden vzduch) naplníme čistým vodíkom a po jeho naplnení ho zaviazeme malým kúskom tenkej nitky ako balón (na naplnenie mikroténového sáčku je potrebný oveľa menší tlak plynu ako na naplnenie balónika). Vodík pripravíme priamou reakciou granulovaného zinku a zriedenej kyseliny chlorovodíkovej v odmernej banke, na ktorej úzky otvor dáme prázdny mikroténový sáčok.

Pre lepšie porovnanie hustôt rôznych plynov môžeme ďalší sáčok rovnakým spôsobom naplniť oxidom uhličitým, ktorý pripravíme reakciou uhličitanu vápenatého, resp. sodného s kyselinou

chlorovodíkovou, prípadne s octom. Sáčky naplnené vodíkom a oxidom uhličitým porovnáme – vyhodíme ich do vzduchu a pozorujeme.

5.1.3 Príprava vodíka elektrolytickým rozkladom vody



Princíp:

Účinkom jednosmerného elektrického prúdu na vodné roztoky elektrolytov, prípadne na ich taveniny, dochádza k usmernenému pohybu iónov pod vplyvom elektrického poľa. Katióny putujú ku zápornej elektróde (v procese elektrolýzy označovaná ako katóda a prebieha na nej katodická redukcia) a anióny putujú ku kladnej elektróde (v procese elektrolýzy označovaná ako anóda a prebieha na nej anodická oxidácia).

Pomôcky a chemikálie:

Hoffmanov prístroj (obr. 41), zdroj jednosmerného elektrického prúdu (4,5 V batéria), vodiče so svorkami, roztok kyseliny sírovej ($w = 5\%$)

Náhradná aparatúra pozostáva z vaničky, skúmaviek, držiakov na skúmavky, uhlíkových elektród a vodivých káblov so svorkami

Hoffmanov prístroj je zložený z troch zvislých sklenených rúrok, ktoré sú v spodnej časti vzájomne prepojené. Prostredná z nich slúži na plnenie roztokom a v jej hornej časti je zásobník. Krajné rúrky sú v ich horných častiach ukončené vypúšťacím kohútikom smerujúcim nahor, odkiaľ môžeme odoberať vznikajúce plyny. V spodnej časti krajných sklenených rúrok sa nachádzajú otvory pre napojenie elektród.

Postup práce:

Hoffmanov prístroj naplníme roztokom kyseliny sírovej tak, aby obe krajné rúrky boli úplne naplnené roztokom kyseliny. Zapojíme zdroj jednosmerného elektrického napätia a pozorujeme.

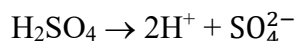


Obrázok 41 Hoffmanov prístroj

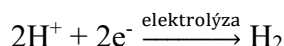
Pozorovanie a vysvetlenie:

Vo vodnom roztoku kyseliny sírovej sú prítomné katióny vodíka a síranové anióny, ktoré výrazne zvyšujú vodivosť elektrolytu. Na zápornej elektróde (katóda) dochádza k vylučovaniu plynného vodíka a na kladnej elektróde (anóda) sa uvoľňuje plynný kyslík:

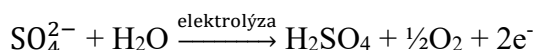
Disociácia kyseliny sírovej



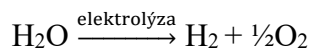
Katodická redukcia



Anodická oxidácia



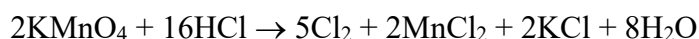
Súhrnná reakcia



V jednotlivých častiach Hoffmanovho prístroja vidíme rozdielne množstvo uvoľnených plynov. V ktorej časti prístroja sa uvoľnil vodík a v ktorej kyslík?

5.2 Halogény a ich zlúčeniny

5.2.1 Príprava chlóru



Princíp:

Plynný chlór Cl_2 je toxický, do žltá zafarbený plyn. Z tohto dôvodu jeho prípravu realizujeme v uzavretej aparátúre, ktorú máme celú umiestnenú v digestore s dobrým ťahom. Chlór má silné oxidačné účinky, ktoré sa využívajú na bielenie a dezinfekciu vody. Získame ho pôsobením silného oxidačného činidla na koncentrovanú kyselinu chlorovodíkovú. Plynný chlór je ťažší ako vzduch, preto sa bude koncentrovať v dolnej časti aparátúry.

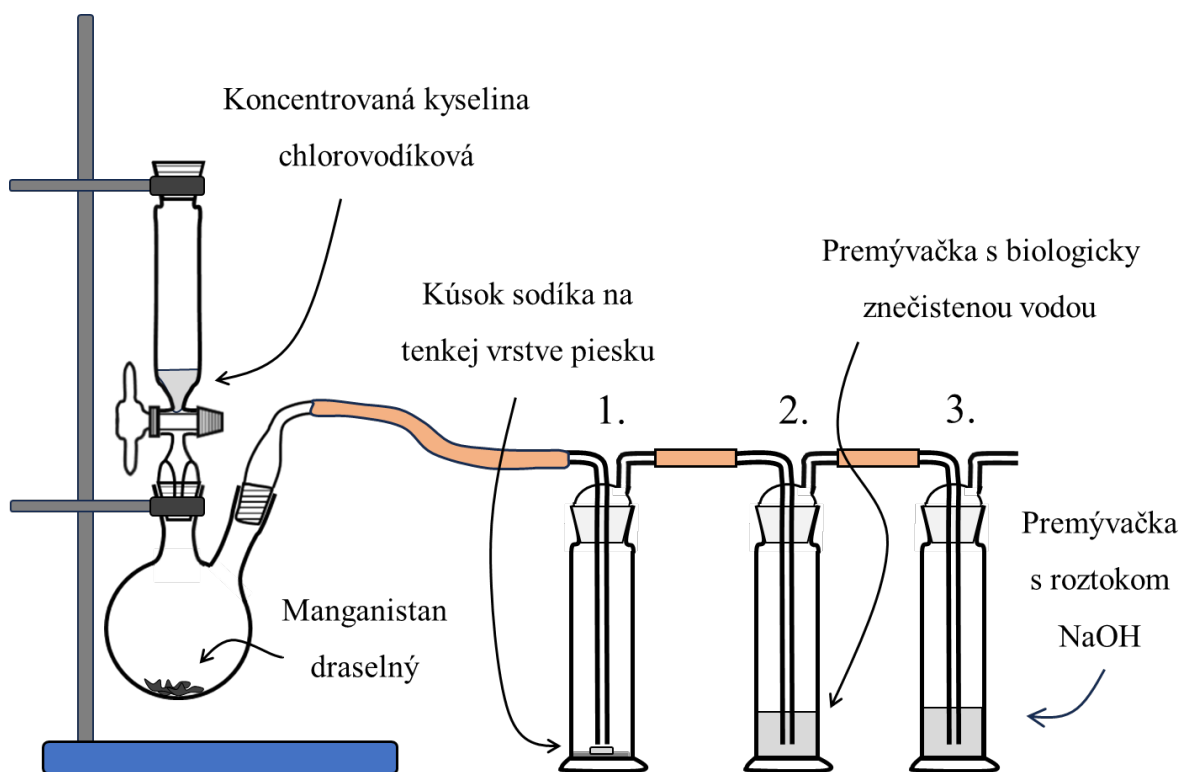
Pomôcky a chemikálie:

prikvapkavací lievnik so zábrusom, varná banka s jedným bočným otvorom, nástavec na bočný otvor banky, premývačka (3 ks), stojan, svorky, držiaky, spojovacie hadičky, odmerný valec, lyžička, váhy, výveva, manganistan draselný, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, sodík,

piesok, biologicky znečistená voda (voda z kvetov), skúmavka, roztok hydroxidu sodného ($w = 10\%$), roztok dusičnanu strieborného ($w = 1\%$)

Postup práce:

Prípravíme si aparáturu pozostávajúcu z prikvpkávacieho lievika, varnej banky, nástavca a troch premývačiek (obr. 42). Súčasťou pokusu bude nielen príprava chlóru, ale aj dôkaz jeho vlastností a reakcia so sodíkom. Do banky dáme 2,3 g tuhého KMnO_4 a do prikvpkávacieho lievika opatrne pridáme 10 cm^3 koncentrovanej kyseliny chlorovodíkovej. Na spodok prvej premývačky dáme malú vrstvu piesku a presne do stredu umiestnime malý kúsok sodíka o veľkosti ryžového zrnka. Do druhej premývačky dáme biologicky znečistenú vodu. V tretej premývačke sa bude nachádzať nasýtený roztok hydroxidu sodného, ktorý bude pohlcovať prebytočný chlór. **Premývačky netvorí ani jeden pár** (viď obrázok 48). Po dôkladnom skontrolovaní aparatúry, celý objem koncentrovanej kyseliny chlorovodíkovej v jednej dávke spustíme do varnej banky, lievik uzavrieme (!) a pozorujeme.



Obrázok 42 Aparatúra na prípravu chlóru a dôkaz jeho vlastností

Pozorovanie a vysvetlenie:

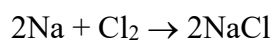
Manganistan draselný v tuhej fáze je veľmi silné oxidačné činidlo, ktoré dokáže z kyseliny chlorovodíkovej uvoľniť plynný chlór Cl_2 . Po čase budeme v uzavretej aparatúre pozorovať vznik do žltá zafarbeného plynu, ktorý bude voľne difundovať do prvej premývačky. Po niekoľkých minútach sa bude v celom objeme aparatúry nachádzať chlór.

Poznámka:

Pri práci so zábrusmi dbáme na to, aby boli dostatočne namazané a tesné. V prípade potreby môžeme prepojené premývačky uchytiť pomocou svoriek a držiakov.

5.2.1.1 Reakcia sodíka s chlórom

Sodík umiestnený na piesku v prvej premývačke za daných podmienok s chlórom reagovať nebude, je potrebné dodať energiu a tým iniciovať začiatok reakcie. Rýchlo odpojíme prvú premývačku a na jej miesto zapojíme druhú premývačku. Tak máme k dispozícii premývačku, v ktorej sa na vrstve piesku nachádza kúsok sodíka v atmosfére chlóru. Reakciu iniciujeme kvapkou vody, ktorú na sodík pridáme cez dlhšiu rúrku premývačky. Preto je dôležité, aby kúsok sodíka bol umiestnený presne v strede premývačky. Sodík začne reagovať s vodou. Táto reakcia je silne exotermická a iniciuje reakciu sodíka s chlórom, čo sa prejaví výrazným svetelným efektom.



Po ukončení tejto reakcie premývačku opäť zapojíme na pôvodné miesto v aparatúre (na prvé miesto hneď za varnú banku), aby sme bezpečne zlikvidovali všetok pripravený chlór. Dbáme na správne zapojenie premývačky!

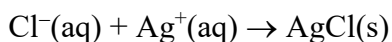
Likvidácia nezreagovaného chlóru:

Chlór je toxický plyn, leptá sliznicu a nesmie sa uvoľňovať do laboratória. Preto po ukončení experimentu napojíme na koniec aparatúry (na koniec tretej premývačky) vývevu a celý obsah aparatúry necháme prebublávať cez roztok hydroxidu sodného v tretej premývačke (namiesto roztoku NaOH môžeme použiť zmes roztokov hydroxidu sodného a tiosíranu sodného). Pred vypnutím vývevy aparatúru zavzdušníme otvorením prikvapkávacieho lievika. Po vyrovnaní tlakov v banke a premývačkách pridáme do banky roztok hydroxidu sodného, čím zneutralizujeme nezreagovanú kyselinu chlorovodíkovú.



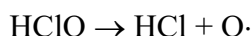
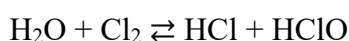
Dôkaz chloridového aniónu:

Po rozobratí aparatúry opatrne pridáme do prvej premývačky s pieskom vodu a necháme rozpustiť rozpustné zložky. Vzniknutý roztok prelejeme do skúmavky a pomocou roztoku s obsahom strieborných kationov (roztok AgNO_3) urobíme dôkaz na prítomnosť chloridových aniónov, ktoré pochádzajú od vzniknutého chloridu sodného:



Dôkaz dezinfekčného účinku chlóru:

Po likvidácii nezreagovaného chlóru rozložíme aparatúru a jemným pohybom ruky ovoniame vodu v druhej premývačke, kde pôvodne bola biologicky znečistená voda. Porovnáme jej zápach pred reakciou a po nej. Plynný chlór v malej miere reagoval s vodou a došlo k vzniku veľmi slabej kyseliny chlórnej, ktorá je nestála a uvoľňuje radikál kyslíka, ktorý má silné oxidačné účinky:



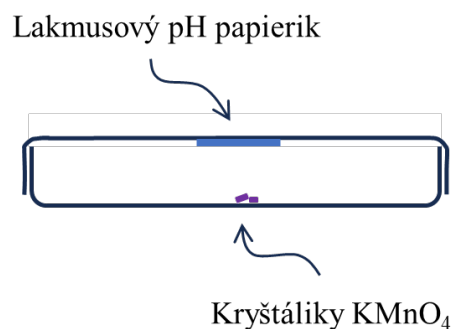
5.2.1.2 Dôkaz bieliacich účinkov chlóru

Pomôcky a chemikálie:

sada Petriho misiek, pipeta, pipetovací nástavec/balónik, lyžička, manganistan draselný, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, lakmusový (!) indikátorový pH papierik modrej farby (prípadne filtračný papier a atrament)

Postup práce:

Na vnútornú stranu väčšej Petriho misky prilepíme kúsok navlhčeného lakmusového papierika (alebo filtračný papier namočený v atramente). Do druhej menšej Petriho misky dáme 2-3 kryštálky manganistanu draselného a pomocou pipety na ne prikvapneme jednu kvapku koncentrovanej kyseliny chlorovodíkovej. Misky rýchlo prekryjeme a pozorujeme (obr. 43).



Obrázok 43 Plynová komôrka

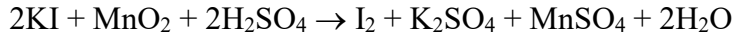
Pozorovanie a vysvetlenie:

Priamou reakciou koncentrovanej kyseliny chlorovodíkovej a manganistanu draselného dôjde k vzniku molekulového chlóru. Po chvíli pozorujeme odfarbenie modrého lakmusového indikátorového papierika (prípadne atramentu), čo je dôsledok silných oxidačných vlastností uvoľneného chlóru. Po otvorení Petriho misiek môžeme cítiť štipľavý zápach pripraveného chlóru, preto je dôležité použiť veľmi malé množstvo reaktantov.

5.2.2 Príprava jódu

Princíp:

Jód v tuhom skupenstve je tmavosivá kryštalická látka, ktorá ľahko sublimuje. Jeho pary sú intenzívnej fialovej farby. Jód je nepolárna látka, preto nie je rozpustná vo vode, ale je rozpustná v nepolárnych rozpúšťadlách, napr. v etanole, či benzíne. Je takisto rozpustný aj vo vodnom roztoku jodidu draselného, kedy vzniká vo vode rozpustný trijodid draselný KI_3 , ktorý obsahuje trijodidový anión I_3^- . Jód pripravíme oxidáciou jodidu draselného oxidom manganičitým v prostredí kyseliny sírovej.

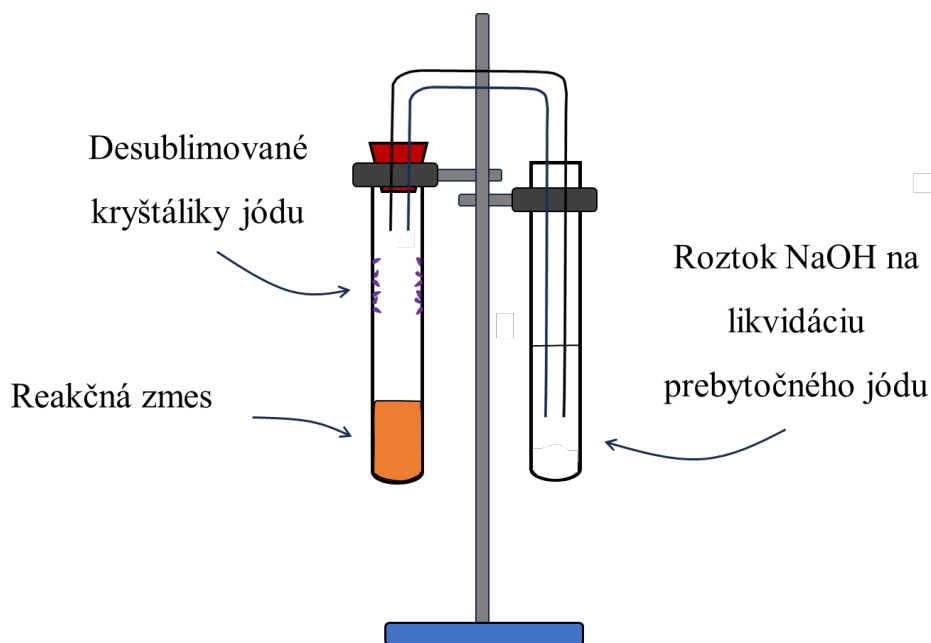


Pomôcky a chemikálie:

skúmavky, stojan, svorky, držiaky, tyčinka, sklenená rúrka tvaru U so zátkou, lyžička, váhy, jodid draselný, oxid manganičitý, zriedená kyselina sírová ($c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), hydroxid sodný ($w = 10\%$), roztok škrobu, liehový kahan

Postup práce:

Odvážime si 0,4 g čistého jodidu draselného a k tomu pridáme vypočítané stechiometrické množstvo oxidu manganičitého. Oba reaktanty nasypeme do suchej skúmavky a dobre premiešame. K pripravenej zmesi pridáme 3 cm³ zriedenej kyseliny sírovej a skúmavku uzavrieme zátkou, v ktorej sa nachádza sklenená rúrka tvaru U (obr. 44). Druhý koniec tejto rúrky je ponorený v roztoku hydroxidu sodného. Obsah skúmavky so zmesou mierne zahrejeme nad plameňom liehového kahana. Keď spozorujeme, že reakcia začala prebiehať a uvoľňujú sa bublinky plynu, ohrev ukončíme a pozorujeme.



Obrázok 44 Aparatúra na prípravu jódu

Pozorovanie a vysvetlenie:

Oxid manganičitý pôsobí oxidačne na jodidové anióny a vzniká molekulový jód I₂. Ten je rozpustený v roztoku v skúmavke, pretože je tam prítomný KI. Rozpustený jód zafarbí roztok v skúmavke do oranžova. Určitý podiel pripraveného jódu v dôsledku ohrevu sublimuje a nad hladinou pozorujeme fialové pary plynného jódu. Tieto pary desublimujú na chladných stenách skúmavky v jej hornej časti, preto je dôležité ohrev včas ukončiť. V dôsledku unikania plynu pozorujeme v skúmavke aj zvrátený nezreagovaný oxid manganičitý. Prebytočný plynný jód prechádza sklenenou rúrkou do druhej skúmavky, kde je v roztoku hydroxidu sodného disperporciuje na neprchavý jodid a jodnan sodný.



Dôkaz pripraveného jódu:

Dôkazom pripraveného jódu sú samotné kryštálíky desublimovaného jódu na stenách skúmavky. Určitý podiel produktu ostal rozpustený v skúmavke a tam jeho prítomnosť dokážeme pridaním pár kvapiek roztoku škrobu. Pozorujeme výrazné tmavofialové zafarbenie.

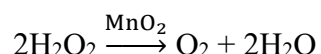
5.3 Chalkogény a ich zlúčeniny

5.3.1 Príprava kyslíka

Princíp:

Kyslík vytvára dve stabilné jednoduché látky, dikyslík O₂ a trikyslík O₃, známy ako ozón. Obe tieto modifikácie majú nenahraditeľný význam pre život na Zemi, ale každý v inej časti atmosféry. Molekulový kyslík O₂ sa nachádza pri zemskom povrchu a ozón plní svoju ochrannú funkciu vo vyšších vrstvách atmosféry, v tzv. ozónovej vrstve, kde chráni Zem pred nebezpečným slnečným žiarením. V školskom laboratóriu môžeme plynný kyslík O₂ pripraviť viacerými spôsobmi, či je to termickým rozkladom solí s vysokým obsahom kyslíka (dusičnany, manganistany, chloristany...) alebo najbežnejšie katalytickým rozkladom peroxidu vodíka.

5.3.1.1 Príprava kyslíka katalytickým rozkladom peroxidu vodíka

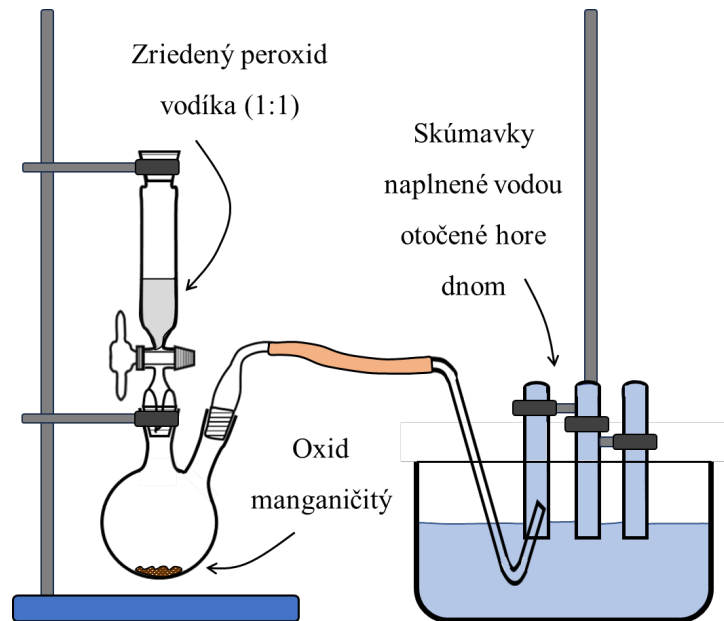


Pomôcky a chemikálie:

väčšia sklenená vaňa, prikvapkávací lievnik so zábrusom, varná banka s jedným bočným otvorom, nástavec na bočný otvor banky, zahnutá sklenená rúrka, gumová hadička, stojan, svorky, držiaky, skúmavky so zátkami (3 ks), lyžička, váhy, špajľa, kahan, oxid manganičitý (burel), peroxid vodíka (1:1)

Postup práce:

Pripravíme si aparáturu na prípravu a vývoj plynu pozostávajúcu z prikvpkávacieho lievika, varnej banky s jedným bočným otvorom a nástavcom, vaničky s vodou a troma skúmavkami naplnenými vodou obrátené hore dnom (obr. 45). Do banky dáme 2 g práškového MnO_2 , ktorý plní funkciu katalyzátora. Po skontrolovaní aparátury naplníme uzavretý lievik 20 cm^3 zriedeného peroxidu vodíka (1:1) a pomaly ho začneme prikvpkávať do banky. Počas pridávania roztoku peroxidu vodíka musíme byť opatrní a pridávať ho do varnej banky po kvapkách.



Obrázok 45 Aparatúra na prípravu kyslíka katalytickým rozkladom peroxidu vodíka

Optimálne je nastaviť konštantné kvapkanie 2-3 kvapky za sekundu. Reakcia je exotermická, čo daný rozklad ešte urýchľuje a spôsobuje, že okrem plynného kyslíka sa z banky uvoľňuje aj vodná para. Pozorujeme.

Po približne 30 sekundách od spustenia reakcie začneme do pripravených skúmaviek pomocou zahnutej rúrky zachytávať unikajúci kyslík (zo začiatku z aparátury uniká vzduch, ktorý je vytláčaný vznikajúcim kyslíkom). Skúmavky naplnené unikajúcim plynom ešte pod hladinou poriadne uzavrieme zátkou a umiestnime v stojane.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Peroxid vodíka sa pomocou oxidu manganičitého katalyticky rozkladá na plynný kyslík a vodu. Voda pri tomto exotermickom procese bude takisto v plynnom skupenstve. Dôjde k prudkému nárastu tlaku, čo sa prejaví intenzívnym bublaním pod hladinou vody vo vaničke.

Dôkaz kyslíka:

Kyslík je zložka atmosféry, ktorá podporuje horenie. Túto vlastnosť kyslíka využijeme na jeho dôkaz. Do skúmavky vložíme tlejúcu špajdlu a pozorujeme, že sa rozhorí jasným plameňom.

Poznámka:

Kyslík môžeme pripraviť katalytickým rozkladom peroxidu vodíka aj v jednoduchšej aparátúre, ktorá pozostáva iba z varnej banky. Do banky nasypeme 2 g oxidu manganičitého a opatrne do nej pridáme 20 cm³ roztoku peroxidu vodíka (1:1). Po skončení uvoľňovania plynných produktov môžeme vo varnej banke pomocou tlejúcej špajle dokázať prítomnosť čistého kyslíka.

5.3.1.2 Príprava kyslíka rozkladom solí

Pomôcky a chemikálie:

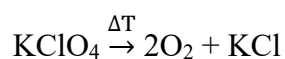
skúmavka, stojan, svorka, držiak, kahan, železná miska s pieskom, chemické kliešte, chlorečnan draselný, drevené uhlie (grafit), ochranný štít

Postup práce:

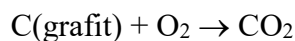
Suchú (!) skúmavku upevníme do stojana nad železnú misku s pieskom a naplníme ju asi do tretiny čistým chlorečnanom draselným. Obsah skúmavky dôkladne zahrievame plameňom kahana, až dôjde k roztaveniu, a zároveň rozkladu chlorečnanu. Potom do skúmavky pomocou chemických klieští vhodíme malý kúsok grafitu veľkosti hrachového zrnka a pozorujeme priebeh reakcie.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Ohrevom dochádza k rozkladu chlorečnanu draselného a vzniku plynného kyslíka, ktorý sa bude nachádzať v skúmavke takmer v čistom stave.



Pripravený kyslík bude mať vysokú teplotu a bude stúpať nahor, avšak do skúmavky nebude vnikáť vzduch, pretože stále sa bude vytvárať nový kyslík. Ak do skúmavky vhodíme kúsok grafitu, tak dôjde k jeho intenzívnej reakcii s pripraveným kyslíkom.



Dôležitá poznámka:

Skúmavku s chlorečnanom draselným ohrievame kahanom tak, aby sa plameň nedotýkal iba spodnej časti skúmavky, ale ohrievame aj kraje dolnej časti (hrozí riziko puknutia skúmavky a odpadnutia jej dolnej časti). Preto máme pod skúmavkou položenú železnú misku s pieskom.

Po pridaní grafitu dôjde k tak intenzívnej reakcii, že vhozený kúsok môže vyskočiť von. Z uvedených dôvodov celý pokus realizujeme **s ochranným štítom na tvári a zabezpečíme dostatočnú vzdialenosť ďalších pozorovateľov od skúmavky!**

5.3.1.3 Dôkaz rozpustnosti kyslíka vo vode

Princíp:

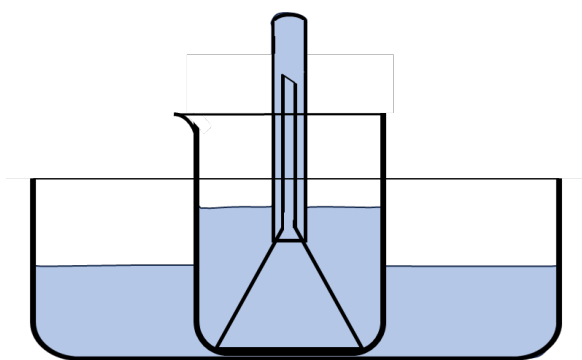
Molekulový kyslík O_2 je nevyhnutý pre život všetkých živých organizmov. Suchozemské organizmy ho prijímajú zo vzduchu a vodné živočíchy ho prijímajú z vody, v ktorej je kyslík rozpustený. Všeobecne pri rozpustnosti plynov v kvapalinách platí, že pri nižšej teplote sa v nej rozpustí viac plynu. Takisto platí, že v studenej vode sa rozpustí viac kyslíka. Z tohto dôvodu je v studených moriach blízko polárnych oblastí na juhu a severe oveľa viac rýb.

Pomôcky a chemikálie:

veľká kadička, väčší lievik so širokou stopkou, skúmavka, varič/ohrevná doska

Postup práce:

Do veľkej kadičky dáme sklenený lievik so širokou stopkou a umiestnime na ňu skúmavku otočenú hore dnom. Celá skúmavka, lievik aj kadička musia byť na začiatku plné studenej vody z vodovodu (obr. 46). Následne umiestnime pripravenú aparatúru do veľkej misky s horúcou vodou alebo ju môžeme umiestniť priamo na platničku variča. Popri tom dbáme, aby voda nezačala vriieť!



Obrázok 46 Aparatúra na dôkaz rozpustnosti plynov vo vode

Pozorovanie a vysvetlenie:

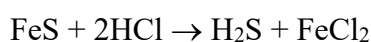
Zohriatím celého objemu vody dôjde k zníženiu rozpustnosti kyslíka (aj dusíka) vo vode. To sa prejaví jeho uvoľnením vo forme bubliniek, ktoré budeme pozorovať v celom objeme. Miernym pobúchaním po lieviku a skúmavke uvoľníme bublinky, ktoré sa zachytia v hornej

časti skúmavky. Narastajúci objem uvoľneného vzduchu v hornej časti skúmavky predstavuje dôkaz, že v studenej vode je rozpustené väčšie množstvo vzduchu ako v teplej vode.

5.3.2 Príprava sulfánu a zrážanie sulfidov

Princíp:

Sulfán H_2S je pri laboratórnych podmienkach toxický plyn s nepríjemným štipľavým zápachom, preto s ním pracujeme výlučne v zapnutom digestore. Dá sa pripraviť jednoduchým vytesňovaním zo sulfidov pôsobením silnejšej kyseliny, napr. pôsobením kyseliny chlorovodíkovej na sulfid železnatý:

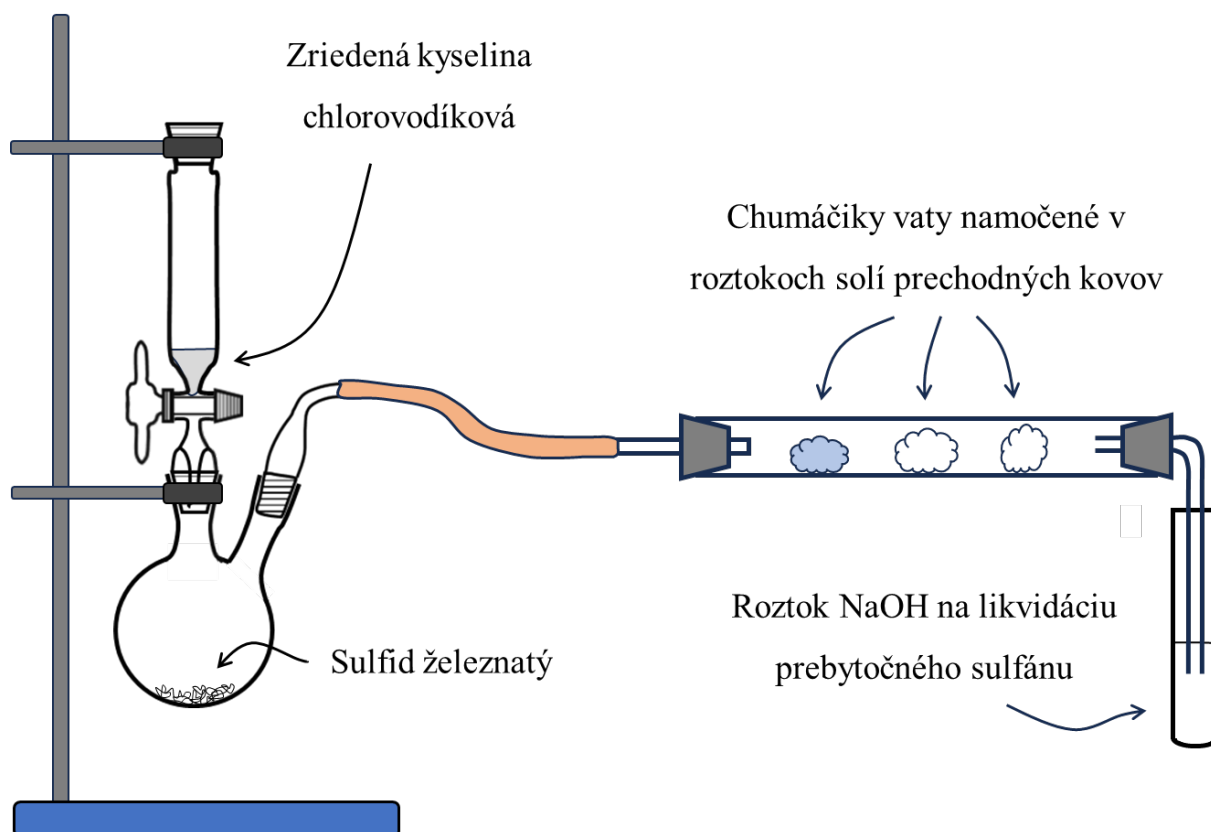


Pomôcky a chemikálie:

prikvapkavací lievnik so zábrusom, varná banka s jedným bočným otvorom, nástavec na bočný otvor banky, stojan, svorky, držiaky, hrubá sklenená rúrka, spojovacie hadičky, ohnutá sklenená rúrka, zátky s otvormi, skúmavka, odmerný valec, lyžička, váhy, vata, tyčinka, pinzeta, roztok kyseliny chlorovodíkovej ($w = 10\%$), roztok hydroxidu sodného ($w = 10\%$), sulfid železnatý, vodné roztoky solí prechodných kovov (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} ...)

Postup práce:

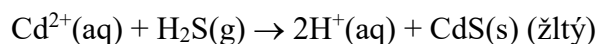
Zostavíme si aparáturu podľa obrázka 47. Do varnej banky dáme malé množstvo sulfidu železnateho a uzavrieme prikvapkavacím lievnikom, v ktorom sa nachádza 10 cm^3 roztoku kyseliny chlorovodíkovej. Do hrubej sklenenej rúrky postupne vložíme chumáčiky vaty, ktoré sú namočené vo vodných roztokoch solí prechodných kovov (do rúrky vkladáme malé množstvo vaty, aby vznikajúci sulfán mohol v aparátúre voľne postupovať). V skúmavke na konci aparatúry sa nachádza roztok hydroxidu sodného, ktorý zachytí a zneutralizuje prebytočný nezreagovaný sulfán. Po dôkladnom skontrolovaní tesnosti aparatúry pridáme kyselinu chlorovodíkovú do varnej banky, lievnik uzavrieme a pozorujeme.



Obrázok 47 Aparatúra na prípravu sulfánu a zrážanie sulfidov

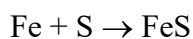
Pozorovanie a vysvetlenie:

Vo varnej banke vzniká plynný sulfán, ktorý postupuje v aparatúre ďalej a reaguje s roztokmi prechodných kovov, ktoré sú namočené vo vložených chumáčikoch vaty v sklenenej rúrke. Dochádza k vzniku nerozpustných zrazenín sulfidov, ktoré majú svoju charakteristickú farbu:



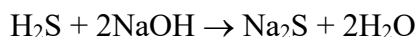
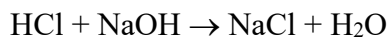
Poznámka:

Ak nemáme k dispozícii sulfid železnatý, vieme si ho jednoducho pripraviť priamou syntézou prvkov. V skúmavke z ťažko tavitel'ného skla zmiešame stechiometrické množstvo práškoveho železa a práškovej síry. Skúmavku upevníme do držiaka na stojane ústím nakloneným mierne nadol a zmes opatrne zahrievame po celej dĺžke (nie iba na jednom mieste).



Dôležité upozornenie:

Po ukončení pokusu pridáme cez prikvapkávaci lievnik do varnej banky vodný roztok hydroxidu sodného, ktorý zneutralizuje nezreagovanú kyselinu chlorovodíkovú a sulfán. Až po ich úplnej neutralizácii môžeme aparáturu rozobrať.



5.3.3 Príprava oxidu siričitého

Princíp:

Oxid siričitý v laboratóriu pripravíme vytesňovaním kyseliny z jej solí. Pôsobením silnej kyseliny (napr. sírovej) na siričitan sodný dôjde k vzniku kyseliny siričitej, ktorá pri vysokej teplote a pri minimálnom obsahu vody nie je stabilná a rozkladá sa na oxid siričitý a vodu. Uvoľnený kyselinotvorný oxid siričitý má nepríjemný štiplavý zápach, preto pracujeme opatrne a nadbytočný produkt neutralizujeme v roztoku hydroxidu sodného (prípadne draselného).



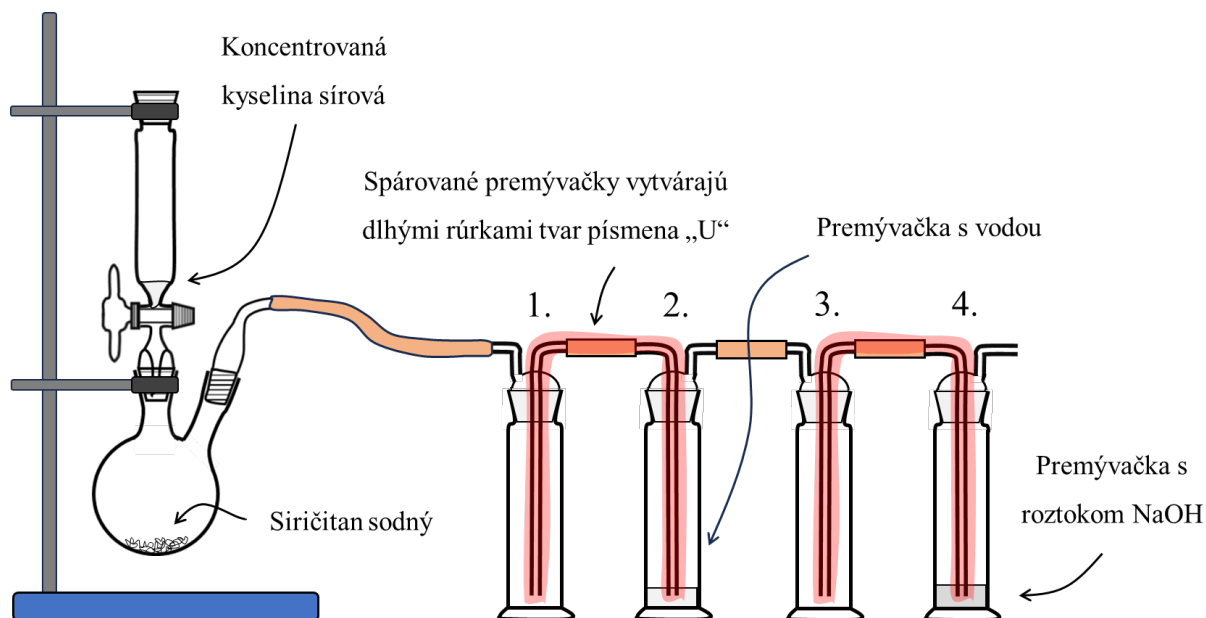
Pomôcky a chemikálie:

prikvapkávaci lievnik so zábrusom, varná banka s jedným bočným otvorom, nástavec na bočný otvor banky, premývačka (4 ks), stojan, svorky, držiaky, spojovacie hadičky, skúmavky, pipeta, pipetovací nástavec/balónik, lyžička, váhy, kahan, siričitan sodný, koncentrovaná kyselina sírová, roztok hydroxidu sodného ($w = 10\%$), roztok manganistanu draselného

Postup práce:

Zostavíme si aparáturu na vývoj a zachytávanie plynu pozostávajúcu z prikvapkávacieho lievika, varnej banky s jedným bočným otvorom s nástavcom a štyroch premývačiek (obr. 48). Prvá premývačka ostane prázdna a do druhej dáme toľko destilovanej vody, aby dlhá rúrka premývačky bola pod vodou približne 5 mm. Prvá a druhá premývačka plynov sú navzájom spárované. Tretia premývačka bude takisto prázdna a do poslednej premývačky dáme nasýtený roztok hydroxidu sodného. Takisto ako predtým, aj tretia a štvrtá premývačky sú spárované. Do varnej banky dáme 4,5 g Na_2SO_3 a do lievika dáme 2 cm³ koncentrovanej kyseliny sírovej (najefektívnejšie bude použiť koncentrovanú kyselinu sírovú, nakoľko tá obsahuje minimálne

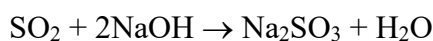
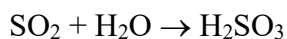
množstvo vody). Veľmi dôsledne skontrolujeme zostavenú aparátúru, najmä zapojenie premývačiek. Následne pridáme do banky celé množstvo koncentrovanej kyseliny sírovej a lieviek rýchlo uzavrieme (!). Aby sme reakciu urýchlili, tak obsah banky mierne zahrejeme plameňom kahana.



Obrázok 48 Aparatúra na prípravu oxidu siričitého

Pozorovanie a vysvetlenie:

Po zahriatí zmesi dôjde k chemickej reakcii a uvoľneniu plynného oxidu siričitého. Počas ohrevu bude unikajúci plynný oxid siričitý bublať v druhej premývačke s čistou vodou a dôjde tam k vzniku slabšej kyseliny siričitej. Prípadný nezreagovaný oxid siričitý sa zneutralizuje v roztoku hydroxidu sodného, ktorý sa nachádza v poslednej premývačke:



Ukončenie pokusu:

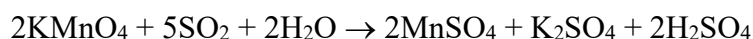
Po skončení ohrevu môžeme na koniec štvrtej premývačky napojiť vývevu, aby sme pripravený oxid siričitý zachytili vo vode, resp. v roztoku hydroxidu sodného (pred vypnutím vývevy aparátúru zavzdušníme otvorením prikvapkávacieho lievika). Po vyrovnaní tlakov vo všetkých častiach aparátúry môžeme cez lieviek pridať do banky roztok hydroxidu sodného, čím zneutralizujeme nezreagovanú kyselinu sírovú, prípadne aj oxid siričitý.

Ak nepoužijeme vývevu, tak počas chladenia dôjde k zníženiu tlaku v banke, čo sa prejaví spätným nasávaním plynu z prvej premývačky. Pretože v aparátúre sa nachádzajú aj prázdne premývačky, pri ich správnom zapojení nehrozí nežiadúce spojenie roztokov v jednotlivých častiach aparátúry (prechod kvapaliny medzi druhou a treťou premývačkou nie je možný).

Po ochladení sústavy odpojíme druhú premývačku a na jej miesto napojíme tretiu premývačku so štvrtou. Roztok kyseliny siričitej v druhej premývačke použijeme na dôkaz pripraveného produktu.

Dôkaz vlastností oxidu siričitého:

Oxid siričitý rozpustený vo vode (kyselina siričitá) dokážeme pomocou univerzálneho indikátorového pH papierika. Pripravený vodný roztok má slabé redukčné účinky, čo môžeme použiť na jeho dôkaz pomocou zlúčenín so silnými oxidačnými účinkami (napr. roztok manganistanu draselného). Do skúmavky dáme približne 5 cm³ roztoku KMnO₄. Potom do skúmavky pridáme tiež približne 5 cm³ pripraveného roztoku oxidu siričitého a pozorujeme. Tmavofialový roztok manganistanu sa okamžite odfarbí.



5.3.4 Kyselina sírová a jej vlastnosti

Princíp:

Koncentrovaná kyselina sírová má nielen silné oxidačné účinky, ale aj silné dehydratačné účinky. Príkladom môže byť jej reakcia s tkaninou, filtračným papierom prípadne kryštálovým cukrom.

Pomôcky a chemikálie:

filtračný papier, pipeta, sklenená tyčinka, kadička (100 cm³), kyselinovzdorná podložka (kachlička), gumové rukavice, lyžička, kryštálový cukor, koncentrovaná kyselina sírová

Postup práce:

Na filtračný papier, položený na kyselinovzdornej podložke, napíšeme tyčinkou namáčanou v koncentrovanej kyseline sírovej nejaký jednoduchý obrázok. Dávame veľký pozor, aby nám kyselina nikde nekvapla! Pozorujeme.

Do kadičky nasypeme vrstvu kryštálového cukru o výške asi 1 cm a postavíme ju na podložku. Zmes prevrstvíme koncentrovanou kyselinou sírovou. Pozorujeme (obr. 49).



Obrázok 49 Dehydratácia cukru

Pozorovanie a vysvetlenie:

Filtračný papier aj kryštálový cukor patria medzi sacharidy, filtračný papier je polysacharid a kryštálový cukor disacharid – sacharóza. Koncentrovaná kyselina sírová z nich odoberá atómy vodíka a kyslíka vo forme vody, dehydratuje ich. Reakcia je silne exotermická, preto je uvoľnená voda v plynnom skupenstve. Zvyšok po dehydratácii je čistý uhlík vo forme čierneho grafitu. V kadičke dôjde k značnému zväčšovaniu objemu v dôsledku uvoľňovania vodnej pary a vznikajúcich oxidov CO_2 a SO_2 , ktoré vznikajú dodatočnou oxidáciou uhlíka.

Poznámka:

Pokus realizujeme v digestore, pretože produktom je aj kyselinotvorný SO_2 so štipľavým zápachom.

5.4 Dusík a jeho zlúčeniny

5.4.1 Príprava oxidov dusíka NO_x

Princíp:

Dusík vytvára všetky možné typy oxidov, od oxidu dusného až po oxid dusičný. Oxid dusnatý a oxid dusičitý sa pripravujú pôsobením kyseliny dusičnej na meď. Meď, aj napriek tomu, že je to ušľachtilý kov podlieha oxidácii v kyslom prostredí kyseliny dusičnej (v prípade práškovej medi veľmi intenzívne) a oxiduje sa na dusičnan meďnatý. Na druhej strane, redukcii podlieha atóm dusíka kyseliny dusičnej, ktorý sa redukuje na oxidačné číslo II (v prípade použitia zriedenej kyseliny dusičnej) alebo na oxidačné číslo IV (v prípade použitia koncentrovanej kyseliny dusičnej).



Pomôcky a chemikálie:

skúmavka, stojan, svorka, držiak, tenké medené drôtičky, pipeta, pipetovací nástavec/balónik, koncentrovaná kyselina dusičná

Postup práce:

Skúmavku uchytíme v držiaku a pridáme do nej pomocou pipety približne 2 cm³ koncentrovanej kyseliny dusičnej. Do skúmavky pridáme niekoľko kúskov medeného drôtika a pozorujeme. Okamžite dôjde k reakcii a po čase sa zo skúmavky začne uvoľňovať tmavočervený plynný oxid dusičitý. Nakoľko reakcia je silne exotermická, uvoľňujúci sa plyn existuje vo forme farebného monoméru NO₂. Po ochladení prechádza v určitej časti na bezfarebný dimér N₂O₄. **Pozor! Oxidy dusíka sú toxické a preto tento pokus realizujeme výlučne v zapnutom digestore s dobrým ťahom!**

V skúmavke ostane po zreagovaní celého množstva medi zelený roztok dusičnanu meďnatého. Farba tohto meďnatého roztoku nie je typicky modrá z dôvodu, že v roztoku, ale aj v koordinačnej sfére meďnatého kationu, sa nachádza málo vody. Sú tam prítomné [Cu(H₂O)₄]²⁺ komplexné kationy, ktoré svojim chromoforom CuO₄ určujú farbu roztoku. Keď po ukončení vývoja NO₂ pridáme do skúmavky destilovanú vodu, pozorujeme vznik typicky modrého zafarbenia meďnatých solí, v roztoku bude po doplnení vodou prítomný komplexný kation [Cu(H₂O)₆]²⁺, ktorého chromofor CuO₆ má typickú modrú farbu. Na obrázku 50 môžeme pozorovať skúmavku po reakcii, kde sme opatrne pridali malé množstvo vody a došlo k zriedeniu roztoku iba v hornej časti.

Zároveň dôjde aj k zriedeniu nezreagovanej kyseliny dusičnej, ktorá je stále prítomná v skúmavke. Nakoniec pridáme do skúmavky ďalší podiel medených drôtikov a opäť pozorujeme. Vidíme unikanie bezfarebných bubliniek oxidu dusnatého.

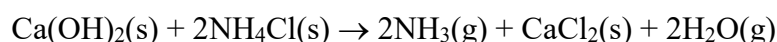


Obrázok 50 Farba roztoku dusičnanu meďnatého pri riedení vodou

5.4.2 Príprava amoniaku

Princíp:

Amoniak môžeme v laboratóriu pripraviť rozkladom amónnych solí, na ktoré budeme pôsobiť silnejšou zásadou – vytesňovanie zásad z ich solí. Pri tomto pokuse použijeme reaktanty NH_4Cl a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ v tuhom skupenstve. K tomu, aby medzi nimi prebehla reakcia je potrebné dodať energiu, pretože samotná reakcia nie je spontánna. Túto energiu dodáme buď priamym ohrevom alebo mechanochemicky.

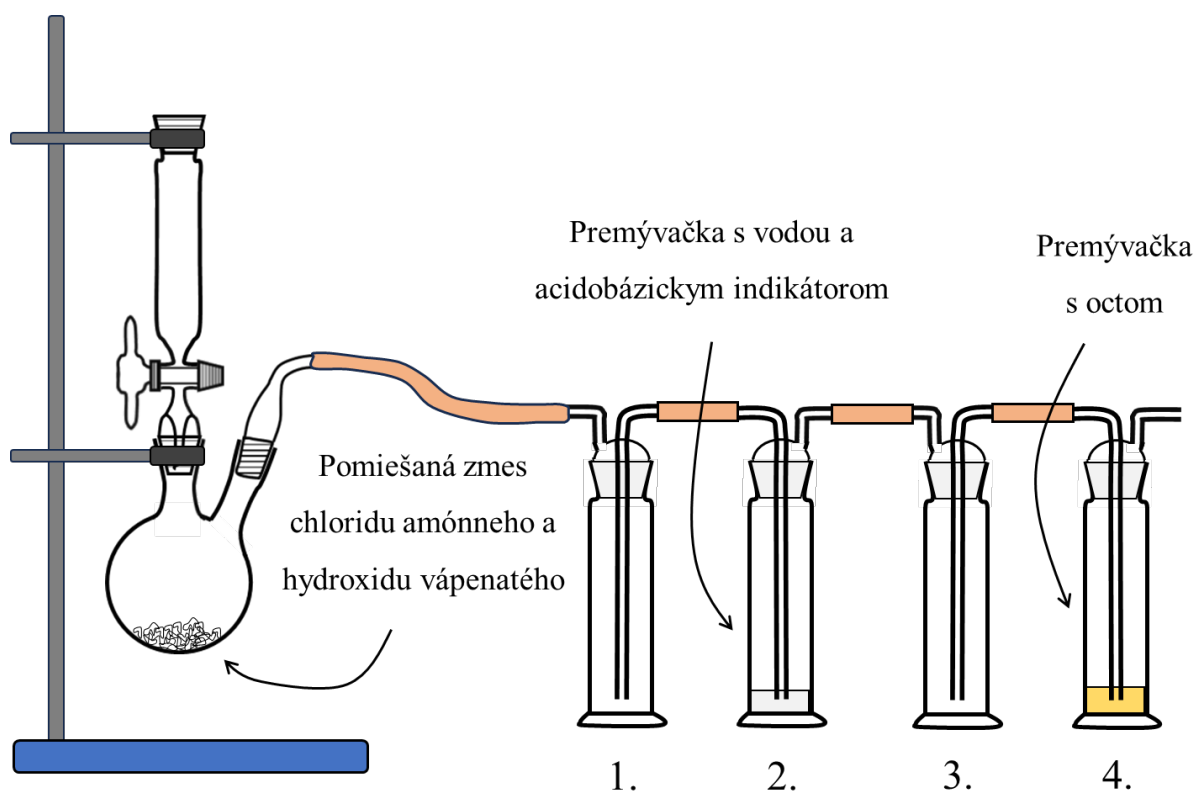


Pomôcky a chemikálie:

prikvapkávací lievik so zábrusom, varná banka s jedným bočným otvorom, nástavec na bočný otvor banky, premývačka (4 ks), stojan, svorky, držiaky, spojovacie hadičky, lyžička, váhy, kahan, hydroxid vápenatý (alebo oxid vápenatý), chlorid amónny, fenolftaleín (1% etanolový roztok), 8% roztok kyseliny octovej (ocot)

Postup práce:

Do varnej banky dáme 3,0 g chloridu amónneho a stechiometrické množstvo hydroxidu vápenatého. Zmes v banke premiešame tyčinkou a banku uzavrieme prázdny prikvapkávacím lievikom, aby sme mohli aparáturu po odsávaní ľahko zavzdušniť (obr. 51). Na varnú banku napojíme pomocou nástavca s hadičkou sadu štyroch premývačiek. Prvá premývačka ostane prázdna a v druhej premývačke bude voda s kvapkou fenolftaleínu (množstvo vody upravíme tak, aby sklenená rúrka premývačky bola približne 5 mm pod hladinou). Tretia premývačka bude takisto prázdna a do poslednej štvrtej premývačky pridáme ocot. Prvá premývačka s druhou a takisto tretia premývačka so štvrtou sú navzájom spárované. Úlohou octu bude pohltiť pripravený amoniak (túto funkciu by splnila ľubovoľná kyselina). Pred spustením ohrevu celú aparáturu, a najmä usporiadanie premývačiek dôkladne skontrolujeme! Plynovým kahanom začneme ohrievať obsah varnej banky a pozorujeme.



Obrázok 51 Aparatúra na prípravu amoniaku

Pozorovanie a vysvetlenie:

Dodaním energie formou tepla dôjde k reakcii v tuhej fáze a uvoľní sa plynný amoniak. Uvoľnený amoniak začne prechádzať sadou premývačiek. Amoniak je vo vode veľmi dobre rozpustný plyn, preto dôjde k jeho zachyteniu v druhej premývačke s vodou. Nadbytočný amoniak, ktorý prejde do ďalšej premývačky zneutralizuje kyselina octová (prítomná v octe), ktorá sa nachádza v poslednej premývačke.



Dôkaz amoniaku:

Amoniak má zásaditý charakter a jeho prítomnosť v druhej premývačke dokážeme pomocou zmeny farby fenolftaleínu na typickú ružovo-fialovú. Po rozobratí aparatury môžeme cítiť typický zápach plynného amoniaku. Pomocou univerzálneho indikátorového papierika môžeme dokázať zásaditý charakter amoniaku.

Na dôkaz zásaditých vlastností amoniaku môžeme do prvej premývačky dať aj iný acidobázický indikátor, napr. metyloranž. Aby sme pozorovali farebnú zmenu obsah druhej

premývačky pred spustením reakcie okyslíme jednou kvapkou zriedenej kyseliny chlorovodíkovej.

Poznámka:

Po ukončení ohrevu začne varná banka chladnúť. Vtedy dôjde aj k ochladeniu plynov v banke, čo sa prejaví znížením tlaku. To bude mať za následok nasávanie roztokov z premývačiek. Aby nedošlo až k nasatiu roztoku amoniaku do varnej banky, je nevyhnuté mať prvú premývačku prázdnu a takisto je dôležité aj ich správne zapojenie (premývačky musia byť spárované). Ak pri rozoberaní aparatury nechceme cítiť nepríjemný zápach amoniaku, môžeme na koniec štvrtej premývačky napojiť vývevu a celý obsah zneutralizovať v octe v poslednej premývačke. Aby nenastal nežiadúci prechod kvapalín medzi premývačkami, je potrebné aparaturu pred odpojením vývevy zavzdušniť. To dosiahneme otvorením prázdneho prikvapkávacieho lievika.

5.4.2.1 Príprava amoniaku mechanochemicky

Amoniak môžeme pripraviť jednoduchšie aj tým spôsobom, že k zmesi reaktantov v stechiometrickom množstve dodáme energiu namiesto ohrevu mechanickou prácou – mechanochémiu. Tento spôsob je na realizáciu oveľa jednoduchší a pozostáva z trecej misky s roztieradlom. Oba reaktanty umiestnime do trecej misky a rozotrieme na jemný prášok. Tým okrem rozotrenia na prášok dodáme do sústavy aj energiu a tak spustíme reakciu prípravy amoniaku. Pri tomto pokuse použijeme iba 0,1 g chloridu amónneho a potrebné množstvo hydroxidu vápenatého. Po chvíli budeme cítiť typický zápach plynného amoniaku. Zásaditý charakter vzniknutého amoniaku dokážeme tak, že pomocou chemických klieští uchopíme navlhčený univerzálny indikátorový papierik a dáme ho nad misku.

5.4.2.2 Amoniaková fontána

Pomôcky a chemikálie:

varná banka s guľatým dnom (250 cm³), zátka so sklenenou rúrkou, ktorej vnútorný koniec je zúžený do tenkej kapiláry, držiak, pipeta, väčšia sklenená vaňa, koncentrovaný amoniak, fenolftaleín (1% etanolový roztok)

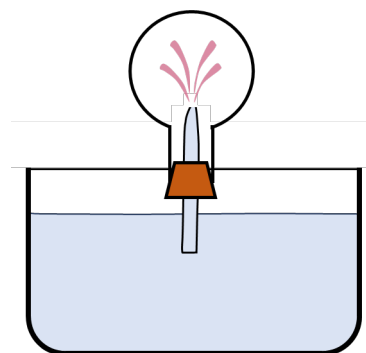
Postup práce:

Pripravíme si vaničku s vodou, do ktorej pridáme pár kvapiek acidobázického indikátora fenolftaleínu a nasadíme si ochranné rukavice. Do varnej banky odpipetujeme 5 kvapiek koncentrovaného amoniaku a uzavrieme ju zátkou s rúrkou. Banku pevne uchytíme do držiaka a krúživým pohybom nad plameňom kahana zohrejeme vnútorný obsah banky. Banku

ohrievame dovedy, pokiaľ nedôjde k úplnému vypareniu amoniaku. Po ukončení ohrevu prstom pritlačíme vonkajší otvor sklenenej rúrky tak, aby sme ju tesne uzavreli a banku otočíme okrúhlym dnom nahor. Čakáme niekoľko minút, pokiaľ obsah banky nevychladne. Po vychladnutí banky opatrne ponoríme prstom utesnený koniec rúrky pod hladinu vody vo vaničke a následne ho uvoľníme. Pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Počas ohrievania banky nedošlo iba k vypareniu amoniaku, ale aj ohrevu vzduchu, ktorý sa v banke nachádza. V momente, keď banku prestaneme ohrievať, dôjde k chladnutiu vzduchu v nej. Z dôvodu, že rúrka je utesnená prstom ruky dôjde v banke k vzniku mierneho podtlaku, pretože chladením sa objem plynu znižuje. Po uvoľnení konca rúrky pod hladinou vody dôjde v dôsledku spomínaného podtlaku k nasatiu vody, ktorá bude cez rúrku vystrekovať v okrúhlejšej banke, čím vzniká malá fontána (obr. 52). Pretože v banke sa nenachádza čistý vzduch, ale sú tam aj pary amoniaku, dôjde z dôvodu jeho zásaditého charakteru k zafarbeniu vody, pretože tá obsahuje indikátor fenolftaleín.



Obrázok 52 Amoniaková fontána

5.5 Uhlík a jeho zlúčeniny

5.5.1 Príprava oxidu uhličitého

Princíp:

Oxid uhličitý je pri normálnych podmienkach bezfarebný plyn, ktorý je ťažší ako vzduch. Preto sa drží pri zemi a zachytávame ho do nádob umiestnených dole dnom. Je to plyn, ktorý nepodporuje horenie, a to sa využíva na jeho dôkaz. V školskom chemickom laboratóriu ho pripravíme rozkladom uhličitanov, resp. hydrogenuhličitanov (CaCO_3 , Na_2CO_3 alebo NaHCO_3) s kyselinou, ktorá nemá silné oxidačné účinky (HCl , CH_3COOH). Po chemickej stránke sa jedná o protolytickú reakciu typu vytesňovania kyselín z ich solí. Chemickou reakciou dochádza k vytesneniu veľmi slabej kyseliny uhličitej, ktorá sa v dôsledku uvoľňovaného tepla (reakcia je exotermická) okamžite rozkladá na oxid uhličitý a vodu.

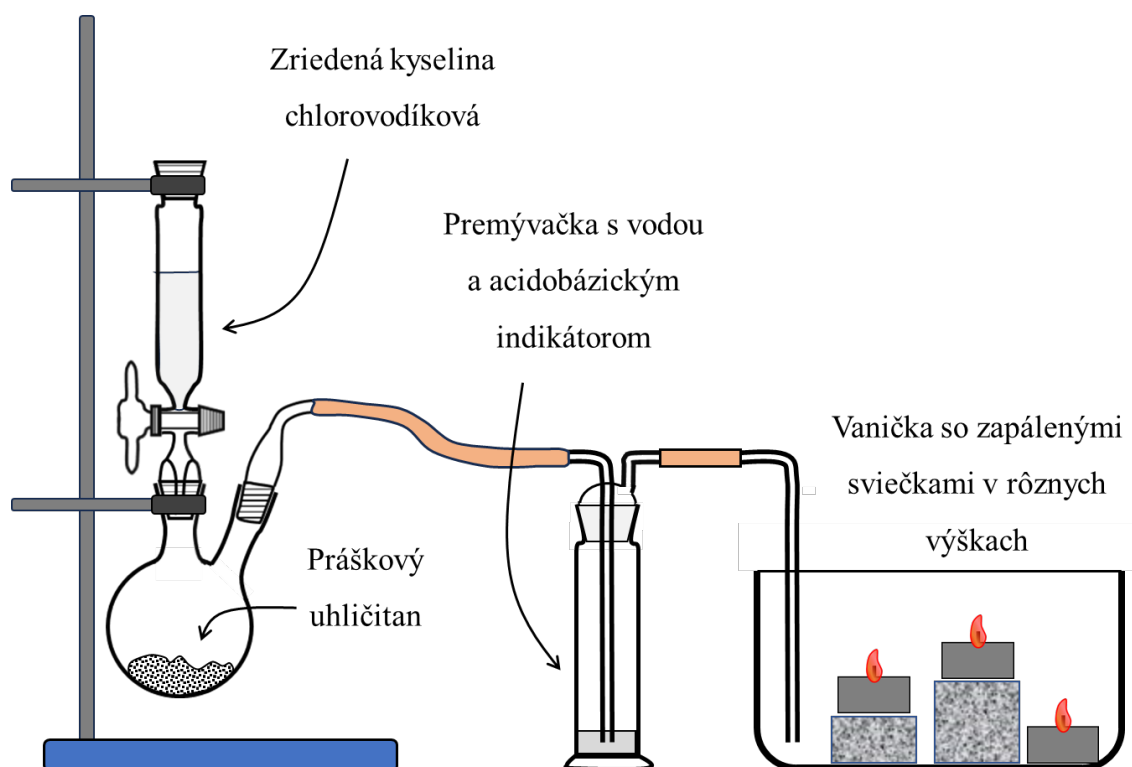


Pomôcky a chemikálie:

prikvapkávací lievik so zábrusom, varná banka s jedným bočným otvorom, nástavec na bočný otvor banky, premývačka, stojan, svorky, držiaky, ohnutá sklenená rúrka, spojovacie hadičky, menšia sklenená vaňa, odmerný valec, tyčinka, lyžička, váhy, sviečky a nehorľavé podložky na ich vyvýšenie, špajľa, uhličitan v práškovej forme, zriedená kyselina chlorovodíková (1:1), lakmus

Postup práce:

Zostavíme si aparatúru podľa obrázka 53. Do varnej banky dáme približne 5 g práškoveho uhličitanu (napr. uhličitanu vápenatého alebo sodného) a do prikvapkávacieho lievika nalejeme zriedenú kyselinu chlorovodíkovú (1:1). Množstvo kyseliny môžeme priebežne doplniť. Keď zbadáme, že došlo k ukončeniu reakcie a v banke je stále prítomný nezreagovaný uhličitan, pridáme do lievika ďalšie množstvo zriedenej HCl. Dbáme na to, aby prikvapkávací lievik neostal prázdny a otvorený. Do premývačky dáme malé množstvo vody tak, aby sklenená rúrka premývačky bola približne 5 mm pod hladinou. Do vody pridáme pár kvapiek lakmusu. V ďalšej časti aparatúry sa budú vo vaničke nachádzať horiace sviečky, ktoré budú mať plamienky v rôznej výške. Tieto sviečky musia byť umiestnené v nejakej nádobe, aby sa vznikajúci neviditeľný oxid uhličitý hromadil v určenom priestore. Reakciu spustíme pridaním zriedenej kyseliny chlorovodíkovej do varnej banky. Okamžite dochádza k vzniku plynného oxidu uhličitého.



Obrázok 53 Aparatúra na prípravu oxidu uhličitého a dôkaz jeho vlastností

Dôkaz kyslého charakteru oxidu uhličitého

Vznikajúci oxid uhličitý v premývačke prebubláva cez vodu, v ktorej sa nachádza indikátor lakmus. Ten je v neutrálnom prostredí modrej farby, ale po čase sa jeho zafarbenie zmení na červenú v dôsledku kyslej reakcie.

Namiesto indikátora lakmusu môžeme použiť iný acidobázický indikátor, napr. metyloranž alebo metylčerveň. Pôvodne neutrálna voda s metyloranžom je žltej farby, ale po čase voda v premývačke nadobudne červené zafarbenie. Na dôkaz kyslého charakteru oxidu uhličitého môžeme použiť aj bežne používaný indikátor fenolftaleín. Avšak, aby sme mohli postrehnúť farebnú zmenu, musíme vodu v prvej premývačke „ozásadiť“ pridaním jednej kvapky roztoku NaHCO_3 (tak, aby farba roztoku v premývačke bola ružová). Prebublávaním kyselinotvorného CO_2 dôjde k neutralizácii sódy a vzniku kyslého roztoku, čo sa v tomto prípade prejaví odfarbením fenolftaleínu.

Po ukončení pokusu určíme pomocou univerzálneho indikátorového papierika pH roztoku, ktorý sa nachádza v premývačke.

Dôkaz prítomnosti oxidu uhličitého

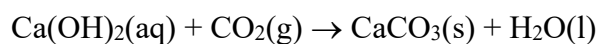
Vznikajúci oxid uhličitý postupuje v aparátúre ďalej a cez sklenenú rúrku sa hromadí vo vaničke. Horiace sviečky nachádzajúce sa v nej po určitom čase zhasnú, čo predstavuje dôkaz, že oxid uhličitý nepodporuje horenie. Pretože sviečky vo vaničke nemajú plamene v rovnakej výške, nedôjde k ich zhasnutiu v rovnakom čase. Ako prvá zhasne sviečka, čo má plameň najnižšie. To predstavuje dôkaz, že oxid uhličitý je ťažší ako vzduch, pretože sa hromadí na dne vaničky a výška jeho hladiny (ktorú v tomto prípade nevidíme) sa postupne zvyšuje. Z tohto dôvodu ako druhá zhasne sviečka s plameňom v strede a sviečka s plameňom umiestneným najvyššie zhasne ako posledná.

Poznámka:

Dôkaz, že oxid uhličitý nepodporuje horenie môžeme realizovať aj v jednoduchšej aparátúre tak, že vznikajúci oxid uhličitý zachytávame vo veľkej kadičke. Kadičku s oxidom uhličitým potom nakloníme a opatrne „vylejeme“ do plameňa horiacej sviečky. Pozorujeme jej zhasnutie.

Reakcia oxidu uhličitého s hydroxidom vápenatým

Z pripravenej aparátúry si ponecháme iba prvú časť pozostávajúcu z prikvapávacieho lievika a varnej banky s nastavcom. Vznikajúci plyný oxid uhličitý necháme v skúmavke prebublávať cez nasýtený roztok hydroxidu vápenatého a po určitom čase pozorujeme vznik bieleho zákalu. Prebublávanie plyným CO_2 neprerušujeme a po ďalšom čase pozorujeme rozklad vzniknutého zákalu. Tieto procesy môžeme zapísať nasledujúcimi chemickými rovnicami:



Druhá z uvedených chemických reakcií má v prírode veľký význam, nakoľko je vratná a vystihuje vznik krasových útvarov. Na druhej strane, vznikajúci vodný roztok hydrogenuhličitanu vápenatého predstavuje hlavné zložky prechodnej tvrdosti vody, ktorú dokážeme odstrániť prevarením vody (čo vystihuje spätná reakcia).

5.5.1.1 Príprava oxidu uhličitého v balónikoch

Rozklad uhličitanov pomocou kyseliny je spontánna vylučovacia reakcia, ktorá v prípade otvorenej sústavy nedosiahne rovnovážny stav. Reakcia sa skončí v momente, kedy sa minie jeden z reaktantov. Na dôkaz tohto tvrdenia je potrebné vykonať takúto reakciu s rôznym množstvom použitých reaktantov.

Pomôcky a chemikálie:

4 rovnaké balóniky, 4 rovnaké odmerné banky (250 cm³), odmerný valec, väčší lievik so širokou stopkou, lyžička, váhy, hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna), 8% roztok kyseliny octovej (ocot)

Postup práce – rôzne množstvo octu:

Do štyroch rovnakých odmerných baniek dáme rôzne množstvo octu (tab. 12). Aby bol objem vo všetkých odmerných bankách rovnaký, doplníme v prvých troch objem vodou na 60 cm³ (pozor, nedoplňujeme po rysku!). Do štyroch balónikov nasypeme pomocou lievika so širokou stopkou 7,0 g sódy bikarbóny. Balóniky opatrne natiahneme na hrdlá odmerných baniek s octom. Následne ich prevrátíme tak, aby došlo k vysypaniu celého množstva sódy bikarbóny do odmernej banky, pričom po celý čas držíme balónik natiahnutý na hrdlo odmernej banky.

Tabuľka 12 Objem octu a množstvo sódy bikarbóny - rôzne množstvo octu

$V(\text{ocot}) [\text{cm}^3]$	$m(\text{sóda bikarbóna}) [\text{g}]$
15	7,0
30	7,0
45	7,0
60	7,0

Postup práce – rôzne množstvo sódy bikarbóny:

Do štyroch odmerných baniek odmeriame 70 cm³ octu. Do štyroch balónikov pomocou lievika so širokou stopkou nasypeme rôzne množstvo sódy bikarbóny (tab. 13). Ďalej postupujeme podobne ako v predchádzajúcom prípade.

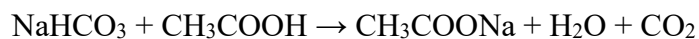
Tabuľka 13 Objem octu a množstvo sódy bikarbóny - rôzne množstvo sódy bikarbóny

$V(\text{ocot}) [\text{cm}^3]$	$m(\text{sóda bikarbóna}) [\text{g}]$
70	2,0
70	4,0
70	6,0
70	8,0

Pozorovanie a vysvetlenie:

Po prevrátení balónikov sa sóda bikarbóna vysypala do odmernej banky s octom. Prebehne chemická reakcia, pri ktorej počujeme šumenie a zároveň pozorujeme nafukovanie balónikov. Veľkosť nafúknutých balónikov je rôzna. Nafúknutie balónika závisí od množstva uvoľneného oxidu uhličitého.

Hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna) a 8% roztok kyseliny octovej (ocot) navzájom reagujú podľa chemickej rovnice:



Plynný oxid uhličitý uniká zo zmesi za vývoja bubliniek, a preto dochádza k nafúknutiu balónikov. Reakcia skončí v momente, keď sa minie jeden z reaktantov.

Použitie rôzne množstvo octu:

V odmerných bankách, kde bol menší objem octu vidíme na dne nezreagovanú sódu bikarbónu, pričom tam, kde bolo octu najmenej jej vidíme najviac. Čím väčšie množstvo sódy bikarbóny sa rozložilo, tým viac plynného CO₂ sa uvoľnilo a balónik na danej banke je viac nafúknutý.

Použitie rôzne množstvo sódy bikarbóny:

Vo všetkých odmerných bankách došlo k rozkladu celého množstva sódy bikarbóny (ocot bol vo všetkých prípadoch v nadbytku). Pretože množstvá sódy bikarbóny boli v jednotlivých bankách rôzne, došlo k uvoľneniu rozdielneho množstva plynného CO₂, čo môžeme vizuálne dokázať rôznou veľkosťou nafúknutia balónikov.

5.5.1.2 Model hasiaceho prístroja

Princíp:

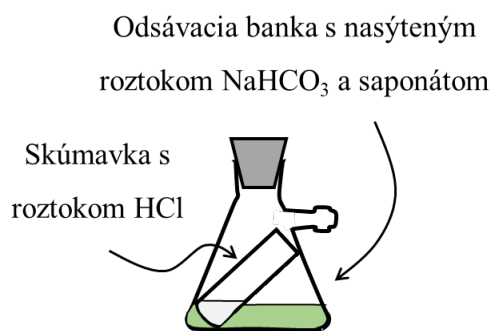
Vlastnosť oxidu uhličitého, že nepodporuje horenie má praktické využitie pri hasení požiarov, tzv. snehové hasiace prístroje. Tento spôsob hasenia si môžeme mimo plameňa ukázať na veľmi jednoduchom modeli.

Pomôcky a chemikálie:

odsávacia banka, malá skúmavka, zátku, kadička, lyžička, tyčinka, hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna), zriedená kyselina chlorovodíková (1:1), saponát

Postup práce:

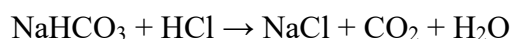
Odsávaciú banku naplníme asi do jednej štvrtiny nasýteným vodným roztokom hydrogenuhličitanu sodného, pridáme asi 1 cm³ saponátu a poriadne premiešame tyčinkou. Do odsávacej banky potom umiestnime skúmavku, ktorá obsahuje 15 cm³ zriedenej kyseliny chlorovodíkovej (obr. 54). Odsávaciú banku uzavrieme zátkou (poriadne ju držíme rukou) a obrátíme ju hore dnom tak, aby sa obidva roztoky premiešali. Bočný vývod odsávacej banky musí byť pritom nasmerovaný do výlevky!



Obrázok 54 Model hasiaceho prístroja

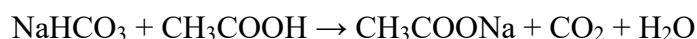
Pozorovanie a vysvetlenie:

Vzniká bohatá pena, ktorá uniká bočným vývodom odsávacej banky. V modeli penového hasiaceho prístroja prebieha chemická reakcia:



Poznámky:

Namiesto kyseliny chlorovodíkovej môžeme použiť aj ocot. Reakcia prebieha podľa nasledujúcej rovnice:



6 Monitorovací kufřík

Monitorovací kufřík (obr. 55) obsahuje praktickou a přenosnou sadu sestavenou pro rychlou a jednoduchou analýzu vybraných parametrů vody a potravin. Pomocí nich se můžeme za krátký čas dozvědět o přítomnosti některých látek ve vodě a potravinách. Monitorovací kufřík představuje prvek mobilní analytické chemie, je variabilní a vhodný pro výuku chemie na základních a středních školách. Umožňuje uskutočnit jednoduché pokusy na environmentální tematiku jako aj pokusy z chemie zdravé výživy přímo v terénu. Součástí kufříka jsou monitorovací pomůcky, na které navazuje kompletná sada moderních pomůcek a zařízení, které jsou sestavené polyfunkčně.



Obrázok 55 Monitorovací kufřík s príslušenstvom

Testy obsiahnuté v kufříku využívajú tri skupiny metód:

- detekciu prúžkom,
- kolorimetriu,
- titračné stanovenia odmeriavaním objemu činidla do bodu ekvivalencie.

Zloženie monitorovacieho kufříka:

Digitálny teplomer na meranie teploty vzorky

Indikátorový papierik na meranie pH vzorky

Prúžky na detekciu tvrdosti vody

Průžky na detekciu dusičnanov a dusitanov

Reagenčná kolorimetrická porovnávacía sada na stanovenie chloridov a fosforečnanov

Reagenčná kolorimetrická porovnávacía sada na stanovenie hliníka a dusíka z amoniaku

Titračná sada pre stanovenie rozpusteného kyslíka

Na obaloch jednotlivých testov sú uvedené informácie o bezpečnosti práce vrátane výstražných piktogramov a ďalšie informácie nájdeme v kartách bezpečnostných údajov.

Metódy stanovení vybraných parametrov, ktoré realizujeme pomocou príslušenstva monitorovacieho kufríka sú uvedené v prílohe 9.3.

Meranie teploty vzorky

Monitorovací kufřík obsahuje digitálny teplomer, ktorý má veľmi jednoduché ovládanie. Zapína sa stlačením tlačidla On a vypína tlačidlom Off. Po stlačení tlačidla On ho stačí ponoriť do skúmanej vzorky a na displeji sa ukáže jej číselná hodnota teploty. Teplota vzorky sa udáva v jednotkách °C.

Meranie pH vzorky

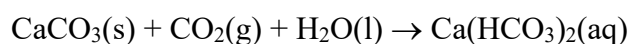
Postup práce:

Univerzálny indikátorový papierik vytiahneme z obalu na požadovanú dĺžku a odtrhneme. Pásik ponoríme do skúmanej vzorky na 1 minútu. Po vybratí pásika zo vzorky chvíľu počkáme a porovnáme s farebnou stupnicou na obale. Odčítame číselnú hodnotu pH skúmanej vzorky. Alternatívne môžeme papierik umiestniť na vnútornú stranu skúmavky, ktorá sa potom naplní skúmanou vzorkou. Asi po minúte pozorujeme farbu papierika cez skúmavku a porovnáme ju s farebnou stupnicou na obale. Následne odčítame číselnú hodnotu pH skúmanej vzorky.

Stanovenie tvrdosti vody

Princíp: Celkovú tvrdosť vody spôsobujú všetky rozpustené soli vápnika a horčíka. Delí sa na tzv. karbonátovú (uhličitanovú) a nekarbonátovú (neuhličitanovú). Karbonátovú tvrdosť, označovanú aj ako prechodnú (odvodená z toho, že sa dá varom odstrániť), spôsobujú rozpustené hydrogenuhličitaný horčíka a najmä vápnika - $Mg(HCO_3)_2$, $Ca(HCO_3)_2$. Nekarbonátovú tvrdosť, označovanú ako stálu (pretože sa varom nedá odstrániť), spôsobujú predovšetkým rozpustené chloridy, sírany, dusičnany a kremičitany vápnika a horčíka, napr. $CaSO_4$ alebo $MgSO_4$.

Chemická rovnica vzniku prechodnej tvrdosti vody v prírode:



Chemická rovnica vyjadrujúca odstránenie prechodnej tvrdosti vody predstavuje spätný proces vzniku prechodnej tvrdosti vody a prejaví sa pri zvýšenej teplote, resp. prevarení vody. Spätne vzniká tuhý uhličitan vápenatý, ktorý je známy ako vodný kameň.



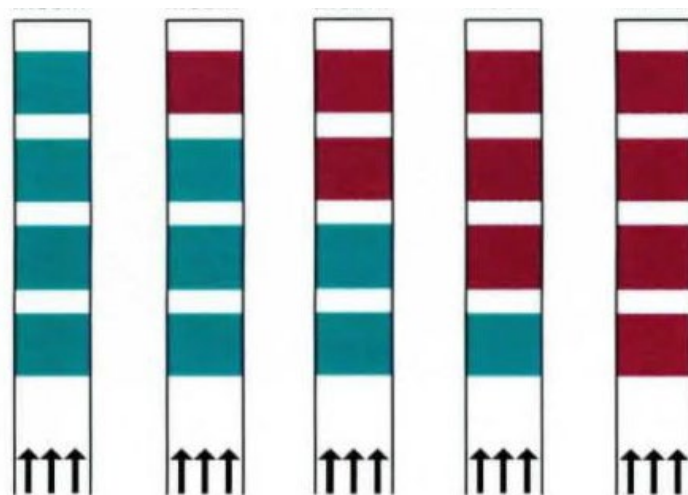
Postup práce:

1. Do skúmavky nalejeme skúmanú vzorku vody do výšky hladiny asi 5 cm.
2. Zo zásobnej tuby pre stanovenie tvrdosti vody vyberieme jeden testovací prúžok a celú jeho citlivú časť ponoríme do skúmanej vzorky vody. Po chvíli prúžok vyberieme.
3. Asi po 1 minúte pôvodne zelené testovacie políčka zmenia farbu na červenú (obr. 56), z počtu sfarbených políčok potom ľahko možno odčítať tvrdosť vody.
4. Testovacie prúžky slúžia na rýchle stanovenie tvrdosti vody, s dostatočnou citlivosťou. Sú rozdelené do piatich skupín podľa hmotnostnej koncentrácie CaCO_3 v $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$:

- pod $90 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ veľmi mäkká voda,
- od 90 do $180 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ mäkká voda,
- od 180 do $270 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ stredne tvrdá voda,
- od 270 do $450 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ tvrdá voda,
- nad $450 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ veľmi tvrdá voda.



Obrázok 56 Stanovenie tvrdosti vody



Obrázok 57 Testovacia stupnica na stanovenie tvrdosti vody

Na vyjadrenie tvrdosti vody sa bežne používajú tzv. stupne nemecké °d, prípadne stupne francúzske °f alebo stupne anglické °e. Na obrázku 57 môžeme vidieť zafarbenie použitých testovacích prúžkov vo vzorke vody. Na prepočet medzi jednotlivými vyjadreniami tvrdosti vody, vyjadrené v rôznych stupňoch tvrdosti a hmotnostnou koncentráciou uhličitanu vápenatého sa používa nasledujúci prepočet:

$$1^{\circ}\text{d} = 1,8^{\circ}\text{f} = 1,25^{\circ}\text{e} = 17,8 \text{ mg CaCO}_3 \text{ na jeden liter vody}$$

Stanovenie množstva dusičnanov a dusitanov

Merací rozsah pre dusičnany: $10 - 500 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$

Merací rozsah pre dusitany: $0,5 - 80 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$

Postup práce:

1. Do skúmavky pridáme skúmanú vzorku vody do výšky hladiny asi 5 cm.
2. Zo zásobnej tuby pre stanovenie dusičnanov/dusitanov vyberieme jeden testovací prúžok a celú jeho citlivú časť ponoríme do skúmanej vzorky vody.
3. Prúžok vyberieme a asi po 1 minúte odčítame koncentrácie dusičnanových a dusitanových aniónov v jednotkách $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (obr. 58).



Obrázok 58 Stanovenie množstva dusičnanov a dusitanov

Stanovenie chloridov

Merací rozsah: 1 – 60 mg·dm⁻³

Postup práce:

1. Čierny stojan na kyvety si položíme na papierovú testovaciu stupnicu (obr. 59).
2. Dve sklenené kyvety naplníme 5 cm³ skúmanej vzorky.
3. Jednu kyvetu (porovnávacia kyveta) vložíme do stojana na pozíciu **A**.
4. Do druhej kyvety pridáme 10 kvapiek reagensie Cl-1, kyvetu uzavrieme a pretrepeme. Potom kyvetu otvoríme a pridáme do nej ešte 10 kvapiek reagensie Cl-2. Kyvetu dôkladne uzavrieme, niekoľkokrát intenzívne pretrepeme a necháme voľne stáť na pracovnom stole 1 minútu. Následne ju vložíme do stojana na pozíciu **B** a odstránime uzáver.
5. Kyvety spolu so stojanom posúvame po farebnej testovacej stupnici a pohľadom zhora hľadáme farebnú zhodu pozície **A** a **B** (obr. 59). Koncentráciu chloridov vo vzorke pri farebnej zhode prečítame vo výreze stojana. Koncentrácia chloridov je udaná v jednotkách mg·dm⁻³.



Obrázok 59 Stanovenie chloridov

Stanovenie fosforu a fosforečnanov

Merací rozsah: 0,2 – 0,5 mg·dm⁻³

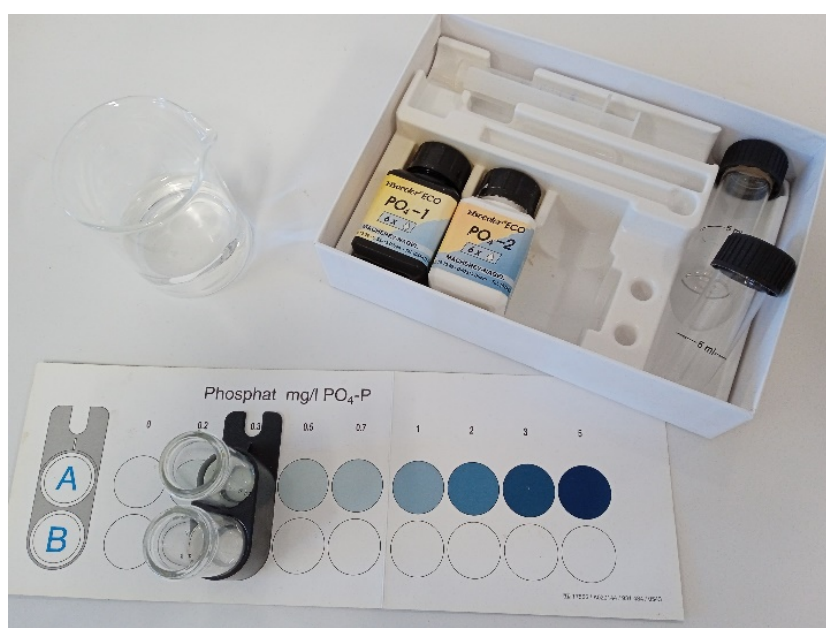
Postup práce:

1. Čierny stojan na kyvety si položíme na papierovú testovaciu stupnicu (obr. 60).

2. Dve sklenené kyvety naplníme 5 cm³ skúmanej vzorky.
3. Jednu kyvetu (porovnávacia kyveta) vložíme do stojana na pozíciu **A**.
4. Do druhej kyvety pridáme 6 kvapiek reagensie PO₄-1, kyvetu uzavrieme a pretrepeme. Potom kyvetu otvoríme a pridáme do nej 6 kvapiek reagensie PO₄-2. Kyvetu dôkladne uzavrieme, niekoľkokrát intenzívne pretrepeme a necháme voľne stáť na pracovnom stole 10 minút. Po uplynutí tohto času vložíme kyvetu do stojana na pozíciu **B** a odstránime uzáver.
5. Kyvety spolu so stojanom posúvame po farebnej testovacej stupnici a pohľadom zhora hľadáme farebnú zhodu pozície **A** a **B**. Vo výreze stojana odčítame hmotnostnú koncentráciu fosforu vo fosforečnanoch uvedenú v mg·dm⁻³ (obr. 60). Pomocou prepočítavacej tabuľky 14 môžeme určiť aj koncentráciu fosforečnanov prípadne oxidu fosforečného v skúmanej vzorke.

Tabuľka 14 Prepočítavacia tabuľka

fosfor z PO ₄ ³⁻ [mg·dm ⁻³]	PO ₄ ³⁻ [mg·dm ⁻³]	P ₂ O ₅ [mg·dm ⁻³]
0,2	0,6	0,5
0,3	0,9	0,7
0,5	1,5	1,1
0,7	2,1	1,6
1	3	2
2	6	5
3	9	7
5	15	12



Obrázok 60 Stanovenie fosforu a fosforečnanov

Kolorimetrické stanovenie hliníka

Merací rozsah: 0 – 0,3 mg·dm⁻³

Postup práce:

1. Do komparátora vložíme kolorimetrický disk na stanovenie hliníka (obr. 61).
2. Dve kyvety naplníme 10 cm³ skúmanej vzorky.
3. Jednu kyvetu (porovnávacia kyveta) uzavrieme a vložíme do ľavej strany komparátora.
4. Do druhej kyvety pridáme priamo z obalu jednu tabletu Aluminium No. 1 (dávame pozor, aby sme sa jej nedotýkali). Kyvetu uzavrieme a pretrepeme, aby sa celá tableta rozpustila. Aby sa tableta lepšie rozpustila, môžeme ju v kyvete podrviť pomocou priloženého tĺčika. Následne do kyvety pridáme jednu tabletu Aluminium No. 2, kyvetu uzavrieme a poriadne pretrepeme až do rozpustenia tablety. Kyvetu s roztokom necháme voľne stáť 10 minút. Po uplynutí tohto času vložíme kyvetu do pravej strany komparátora.
5. Komparátor dáme oproti svetlu tak, aby nápis na komparátore smeroval k vám. Otáčaním disku hľadáme farebnú zhodu. Vtedy odčítame číselnú hodnotu uvedenú v okienku s ryskou. Uvedená číselná hodnota nám udáva koncentráciu hliníka vo vzorke v mg·dm⁻³.



Obrázok 61 Súprava na stanovenie koncentrácie hliníka

Kolorimetrické stanovenie dusíka z amoniaku

Merací rozsah: 0 – 1 mg·dm⁻³

Postup práce:

1. Do komparátora vložíme kolorimetrický disk na stanovenie koncentrácie dusíka z amoniaku (obr. 62).
2. Dve kyvety naplníme 10 cm³ skúmanej vzorky. Prvú kyvetu (porovnávaciu kyvetu) uzavrieme a vložíme do ľavej časti komparátora. Do druhej kyvety pridáme jednu tabletu Ammonia No. 1. Kyvetu uzavrieme a pretrepeme, aby sa celá tableta rozpustila. Po rozpustení prvej tablety pridáme do kyvety jednu tabletu Ammonia No. 2, uzavrieme a opäť necháme rozpustiť. Kyvetu necháme voľne stáť 10 minút a potom ju vložíme do pravej časti komparátora.
3. Komparátor dáme oproti dennému svetlu a otáčaním disku hľadáme v oboch okienkach komparátora zhodné zafarbenie. Vtedy odčítame číselnú hodnotu uvedenú v okienku s ryskou. Uvedená číselná hodnota nám udáva hmotnostnú koncentráciu dusíka pochádzajúceho z amoniaku v jednotkách mg·dm⁻³. Ak túto získanú číselnú hodnotu vynásobíme 1,29 získame číselnú hodnotu koncentrácie amoniaku.



Obrázok 62 Súprava na stanovenie koncentrácie dusíka z amoniaku

Stanovenie rozpusteného kyslíka

Merací rozsah: $0,1 - 10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$

Obsah sady na stanovenie obsahu rozpusteného kyslíka (obr. 63):

- 1 uzatvoriteľná fľaštička
- 1 kalibrovaná nádoba
- 1 kalibrovaná striekačka so špičkou
- roztok síranu mangánatého (reagencia č. 1)
- roztok alkalického azidu obsahujúci aj KOH a KI (reagencia č. 2)
- roztok kyseliny sírovej (reagencia č. 3)
- škrob ako indikátor (reagencia č. 4)
- titračný roztok označený ako HI 3810-0 (reagencia č. 5)



Obrázok 63 Sada na stanovenie rozpusteného kyslíka vo vode

Postup práce:

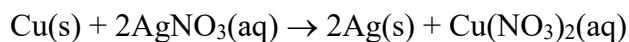
1. Sklenú reagenčnú fľašu naplníme vzorkou vody. Pridáme 5 kvapiek reagencie č. 1.
2. Pridáme 5 kvapiek reagencie č. 2 a fľašu dôkladne pretrepeme.
3. Pridáme 10 kvapiek reagencie č. 3 a fľašu dôkladne pretrepeme.
4. 5 cm³ takto upravenej vzorky preniesieme do titračnej kadičky a uzatvoríme vrchnákom.
5. Pridáme 1 kvapku činidla č. 4 a pretrepeme.
6. Striekačkou odmeriame objem činidla, ktoré sme predtým natiahli z fľaše č. 5 a titrujeme až do farebnej zmeny z modrej na bezfarebnú.
7. Odčítame objem spotrebovaného činidla zo striekačky a zaznamenáme si ho.
8. Titráciu opakujeme ešte dvakrát. Zo získaných výsledkov spotrebovaného objemu titračného činidla vypočítame aritmetický priemer. Ten potom vynásobíme prepočítavacím faktorom 10. Získaná číselná hodnota zodpovedá koncentrácii rozpusteného kyslíka v mg·dm⁻³.

Poznámka:

Príslušenstvo monitorovacieho kufríka si je možné zaobstarat' od dodávateľov laboratórnej techniky, napr. FISHER Slovakia, spol. s r. o.

7 Redoxné reakcie kovov

7.1 Redukcia striebra



Pomôcky a chemikálie:

Petriho miska alebo podložné sklíčko, kvapkadlo alebo malá pipeta, tenký medený drôt, dusičnan strieborný ($w = 5\%$), mikroskop

Postup práce:

Do Petriho misky dáme malý kúsok medeného drôtku a kvapneme na neho jednu kvapku vodného roztoku dusičnanu strieborného. Misku dáme pod mikroskop a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Na začiatku pod mikroskopom pozorujeme tenký medený drôt, ktorý sa po čase začne pokrývať striebrom. Vzniknuté striebro na povrchu medeného drôtu bude priamo pred našimi očami vyrastať a vytvárať ihličky čistého striebra (obr. 64).

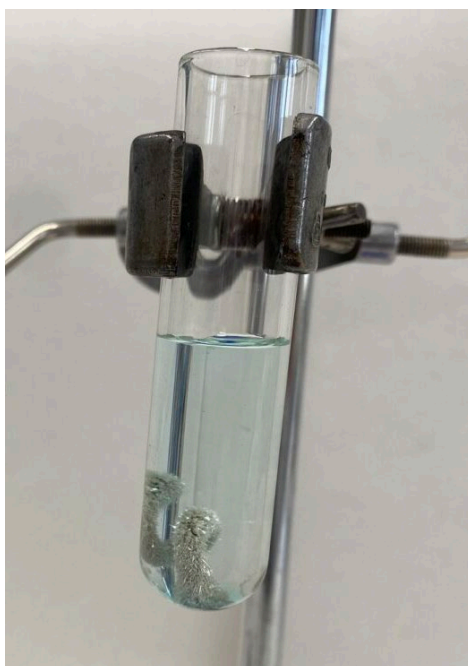


Obrázok 64 Striebro vyredukované na tenkom medenom drôtku (zväčšené 20x)

Striebro a meď sú ušľachtilé kovy. Hodnota štandardného elektródového potenciálu striebra je vyššia ($E^0(\text{Ag}^+|\text{Ag}) = 0,800 \text{ V}$), preto sa tento kov bude redukovať. Meď má nižšiu hodnotu štandardného elektródového potenciálu ($E^0(\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}) = 0,342 \text{ V}$), preto sa bude oxidovať.

Poznámka:

Ak nemáme k dispozícii mikroskop, môžeme pokus realizovať v skúmavke. V takomto prípade musíme použiť hrubší medený drôt a väčší objem roztoku dusičnanu strieborného (aspoň 5 cm³). Pre krajší efekt medený drôt stočíme do špirály. Po určitom čase uvidíme na jeho povrchu vznikajúce kryštálky striebra a neskôr budeme pozorovať aj typické modré zafarbenie meďnatých roztokov, v tomto prípade roztoku dusičnanu meďnatého (obr. 65).



Obrázok 65 Redukcia striebra

7.2 Redukcia manganistanu draselného

Redukcia manganistanu draselného v zásaditom prostredí

Pomôcky a chemikálie:

veľká kadička, magnetické miešadlo s miešadielkom, tyčinka, lyžička, manganistan draselný, glukóza ($w = 10\%$), hydroxid sodný

Postup práce:

Do kadičky dáme 250 cm³ vody a rozpustíme v nej 0,5 g hydroxidu sodného. Kadičku umiestnime na magnetické miešadlo a roztok miešame pomocou miešadielka až do úplného

rozpustenia hydroxidu sodného. Potom v roztoku rozpustíme niekoľko kryštálikov čistého KMnO_4 tak, aby vzniknutý fialový roztok ostal stále priehľadný. Následne pridáme do kadičky 25 cm^3 roztoku glukózy a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Na začiatku má roztok fialovú farbu z dôvodu prítomnosti manganistanových aniónov MnO_4^- , kde má mangán oxidačné číslo VII. Po pridaní glukózy pozorujeme zmenu zafarbenia roztoku z fialovej na zelenú, čo je dôsledok jeho redukcie na mangánanové anióny MnO_4^{2-} s oxidačným číslom mangánu VI. Ďalšou redukciou môžeme pozorovať modré zafarbenie spôsobené manganičnanovými aniónmi MnO_4^{3-} , v ktorých má mangán oxidačné číslo V. Redukcia manganistanu glukózou v zásaditom prostredí pokračuje na stabilný oxid manganičitý, kedy pozorujeme žlto-hnedú farbu roztoku spôsobenú nanočasticami nerozpustného MnO_2 . Po dlhšom čase dôjde k redukcii až na mangánatú soľ, ktorej vodný roztok je pri nízkej koncentrácii takmer bezfarebný.



Ako redukčné činidlo v tomto prípade vystupuje glukóza, ktorá patrí medzi významné redukujúce sacharidy. Dochádza k oxidácii glukózy na karboxylovú kyselinu glukónovú.

Poznámka:

Pri redukcii roztoku manganistanu draselného v zásaditom prostredí môžeme pre lepší efekt namiesto glukózy použiť lízanku (prípadne tabletu na doplnenie energie) s obsahom glukózy.

Redukcia manganistanu draselného v kyslom prostredí

Pomôcky a chemikálie:

veľká kadička, skúmavka, držiak na skúmavku, kvapkadlo alebo malá pipeta, manganistan draselný, glukóza ($w = 10\%$), kyselina sírová ($w = 5\%$)

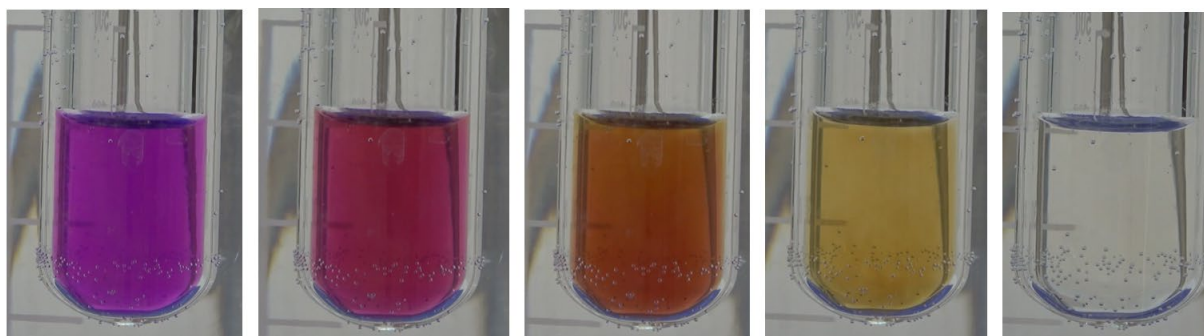
Postup práce:

Do skúmavky pridáme niekoľko mililitrov roztoku manganistanu draselného (dôležité je, aby tento fialový roztok bol stále priehľadný) a okyslíme ho malým množstvom roztoku kyseliny sírovej. Skúmavku uchytieme do držiaka na skúmavky a ponoríme ju do horúceho vodného

kúpeľa vo veľkej kadičke. Po zohriatí roztoku KMnO_4 pridáme do skúmavky roztok glukózy a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Fialový roztok manganistanu draselného sa v kyslom prostredí postupne odfarbuje. Z fialovej prechádza na červenú, následne cez oranžovú a žltú farbu roztoku až do jeho odfarbenia (obr. 66). Dochádza k zániku fialových manganistanových aniónov MnO_4^- a súčasne aj k vzniku malých nanočastíc MnO_2 , ktoré sú žltohnedej farby. Meniaci sa pomer týchto dvoch farieb sa výsledne prejavuje pozorovanou zmenou farby roztoku v skúmavke. V kyslom prostredí pokračuje redukcia mangánu okamžite až na takmer bezfarebný roztok mangánatej soli (síranu mangánateho pretože redukcia prebieha v prostredí kyseliny sírovej). Redukčným činidlom v tomto procese je opäť glukóza.



Obrázok 66 Postupné odfarbenie roztoku KMnO_4 v kyslom prostredí

7.3 Dichrómanova sopka

Pomôcky a chemikálie:

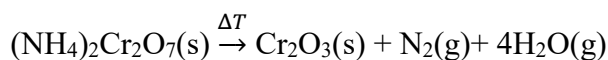
veľká suchá kadička, stojan, železný kruh, keramická sieťka, kahan, dichróman amónny

Postup práce:

Na keramickú sieťku položenú na železnom kruhu nasypeme 1,0 g dichrómanu amónneho a prikryjeme ho veľkou suchou kadičkou. Dichróman začneme zahrievať silným plameňom plynového kahana a po čase budeme pozorovať jeho termický rozklad (obr. 67). Dochádza k redukcii chrómanu na zelený oxid chromitý a takisto aj k vzniku plynného dusíka a vody. Tieto plyny spôsobia nadnesenie nanočastíc Cr_2O_3 a celý efekt pôsobí ako erupcia sopky.



Obrázok 67 Termický rozklad dichrómanu amónneho



7.4 Tvrdohlavý roztok

Pomôcky a chemikálie:

kadička (150 cm^3), odmerný valec, lievnik, pipeta, teplomer, magnetické miešadlo s miešadielkom, vínnan draselno–sodný ($w = 30\%$), síran meďnatý ($w = 5\%$), zriedený peroxid vodíka (1:5)

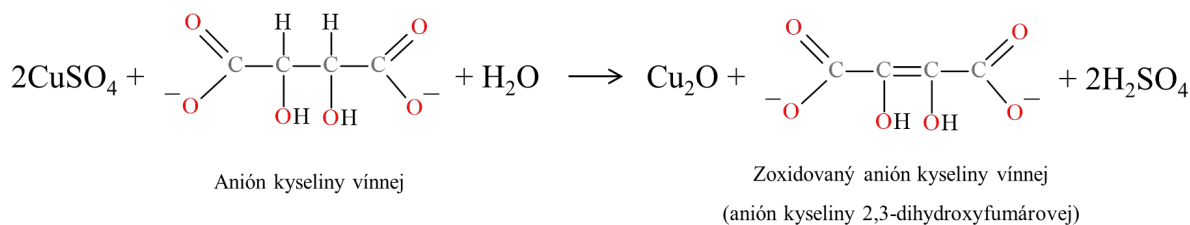
Postup práce:

Do kadičky dáme 15 cm^3 30% vodného roztoku vínnanu draselno–sodného. Pridáme k nemu 5 cm^3 roztoku peroxidu vodíka a 1 cm^3 5% roztoku vodného roztoku síranu meďnatého. Tento roztok za stáleho miešania na magnetickom miešadle zohrejeme približne na $75 \text{ }^\circ\text{C}$. Pozorujeme. Po zahriatí dôjde k vyzrážaniu oranžového oxidu meďného. Následne do kadičky pridáme približne $2,5 \text{ cm}^3$ roztoku peroxidu vodíka a opäť pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Vodný roztok meďnatej soli má svoju typickú modrú farbu. Anión kyseliny vínnej ($C_4H_4O_6^{2-}$) má redukčné účinky a po zahriatí z roztoku vyredukuje oranžový oxid meďný. Pridaním roztoku peroxidu vodíka k suspenzii oxidu meďného sa prejaví jeho oxidačné účinky a pozorujeme opätovnú modrú farbu typickú pre roztoky meďnatých solí. Zároveň môžeme pozorovať aj uvoľnenie plynu (šumenie), čo naznačuje rozklad nadbytočného peroxidu vodíka. Tento proces je reverzibilný (vratný) a môžeme ho realizovať dovtedy, kým nedôjde k zreagovaniu celého množstva vínnanu.

Anión kyseliny vínnej redukuje meďnaté katióny za vzniku nerozpustného Cu_2O a sám sa oxiduje na anión kyseliny 2,3-dihydroxyfumárovej. Po pridaní H_2O_2 dôjde k spätnej oxidácii oxidu meďného na meďnatú soľ:



7.5 Blesky pod hladinou

Pomôcky a chemikálie:

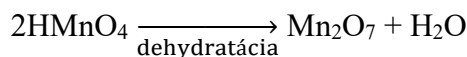
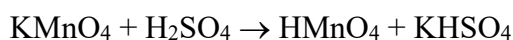
skúmavka, pipety, držiak na skúmavku, stojan, veľká kadička, malá lyžička, etanol ($w = 96\%$), koncentrovaná kyselina sírová, manganistan draselný

Postup práce:

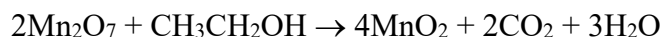
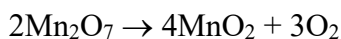
Do suchej skúmavky dáme pomocou suchej pipety približne do výšky 1 cm koncentrovanú kyselinu sírovú a upevníme ju do držiaka v stojane. V ďalšom kroku suchou pipetou opatrne navrstvíme na kyselinu etanol do výšky hladiny v skúmavke približne 6 cm – dávame pozor, aby nedošlo k vzájomnému premiešaniu kvapalín! Skúmavku umiestnime do veľkej kadičky so studenou vodou tak, aby celá pripravená reakčná zmes bola umiestnená pod hladinou chladiacej vody (môžeme použiť vodovodnú vodu). Pomocou lyžičky pridáme niekoľko kryštálikov $KMnO_4$ do skúmavky a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Kryštáliky manganistanu draselného s etanolom nereagujú a padajú až do koncentrovanej kyseliny sírovej, ktorá sa nachádza v dolnej časti skúmavky. Kyselina sírová je veľmi silná kyselina a ako koncentrovaná má silné dehydratačné účinky. V prvom kroku dôjde k vytesneniu kyseliny manganistej a v druhom kroku k jej dehydratácii, ktorá vedie k vzniku nestabilného a výbušného oxidu manganistého zelenej farby:



Oxid manganistý je výbušný a samovoľne sa rozkladá na oxid manganičitý a kyslík (pozorujeme uvoľnenie bubliniek molekulového kyslíka). V prípade jeho kontaktu s etanolom dôjde k jeho reakcii s etanolom. Obe tieto reakcie sú exotermické a prejavia sa iskrením a praskaním:



Pozor! Veľmi dôležité upozornenie:

Reakcia vzniku výbušného oxidu manganistého bude prebiehať ešte dlho po ukončení pokusu. Je nevyhnutné zabezpečiť dostatočný čas na jeho zredukovanie na neškodný oxid manganičitý. Z tohto dôvodu **necháme skúmavku nepohnuto stáť do nasledujúceho dňa (alebo aj dlhšie).**



7.6 Vianočné prskavky

Pomôcky a chemikálie:

trecia miska s roztieradlom, hrubšie železné drôtky (najlepšie s drapľavým povrchom), lyžičky, váhy, práškové železo, práškový hliník, dusičnan sodný, dusičnan draselný, dextrín (prípadne škrob), kahan

Postup práce:

Na prípravu vianočných prskaviek si musíme pripraviť zmes rôznych látok podľa tabuľky 15.

Tabuľka 15 Zloženie zmesi na prípravu prskaviek

$m(\text{Fe})$ [g]	$m(\text{Al})$ [g]	NaNO_3	KNO_3	$m(\text{dextrín})$ [g]
1,25 g	0,25 g	2,75 g	–	0,75 g
1,25 g	0,25 g	–	2,75 g	0,75 g

Všetky zložky preniesieme do trecej misky a pripravíme jemnú práškovú zmes. K tejto zmesi pridáme malé množstvo vody, aby vznikla hustá kaša. Zmes premiešame, nanesieme na železný drôtik a necháme poriadne zaschnúť. Po dobrom vyschnutí (aspoň 24 hodín) prskavky zapálime v plameni kahana.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Dusičnany patria medzi oxidujúce látky. Majú silné oxidačné účinky a pri zahrievaní sa rozkladajú. Rozkladom použitých dusičnanov vznikajú ich oxidy a zároveň dochádza k oxidácii použitých kovov M (M = Al, Fe) na oxidy M_2O_3 :



Vznikajúce oxidy použitého kovu odlietajú od drôtu ako malé iskry. Aby bol výsledný efekt krajší, tak pripravené prskavky zapálime na tmavom mieste (najlepšie podvečer, kedy už nie je jasné denné svetlo). Pretože zmes na drôtku obsahuje aj ióny alkalických kovov, resp. kovov alkalických zemín, môžeme pri horení dostatočne vysušenej prskavky pozorovať typickú farbu plameňa spôsobenú daným kationom.

Poznámky:

Príslušný dusičnan musí byť pred vážením jemne rozotretý. Ak nemáme železný drôtik, môžeme použiť aj väčší kliniec alebo medený drôtik. Dextrín slúži prevažne ako spojivo a pri horení prskavky sa spaľuje na oxid uhličitý a vodu. Namiesto dextrínu možno použiť aj škrob, pokus však potom nie je taký efektívny. Aby sa zmes reaktantov lepšie lepila, môžeme namiesto vody použiť penetračný roztok.

Bezpečnosť práce:

Dusičnany patria medzi oxidujúce látky, preto s nimi pracujeme opatrne a s ochranným štítom na tvári.

7.7 Oxidácia železa plynným kyslíkom

Princíp:

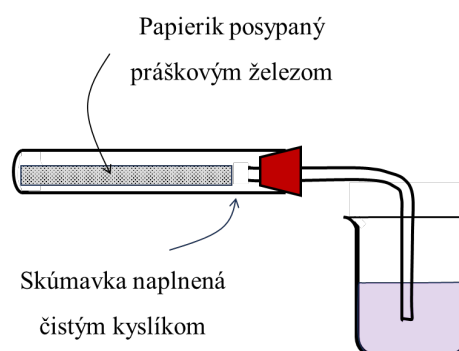
Železo patrí medzi neušľachtilé kovy. To znamená, že preferuje oxidovanú formu a možno ho ľahko zoxidovať. Preto predmety vyrobené zo železa po čase korodujú (hrdzavejú) a je potrebné ich pred touto nežiadúcou degradáciou chrániť, napr. pokovovaním iným kovom alebo lakovaním. Na realizáciu tohto pokusu budeme potrebovať skúmavku s čistým kyslíkom, ktorý pripravíme katalytickým rozkladom peroxidu vodíka a unikajúci kyslík zachytíme do skúmaviiek otočených hore dnom, ktoré sú pôvodne plne vody a sú umiestnené v sklenenej vaničke (kapitola 5.3.1.1, obrázok 45).

Pomôcky a chemikálie (oxidácia železa):

skúmavky naplnená čistým kyslíkom uzavretá zátkou, práškové železo, pásik filtračného papiera, zátku s ohnutou rúrkou, kadička so zafarbenou vodou (pomocou KMnO_4)

Postup práce:

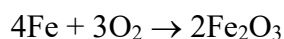
Pripravíme si pásik filtračného papiera takej veľkosti, aby sa bez ohýbania vošiel do skúmavky s pripraveným kyslíkom. Papierik navlhčíme destilovanou vodou a posypeme práškovým železom. Železom posypaný pásik papiera vložíme do skúmavky s kyslíkom nasledovným spôsobom: otvoríme skúmavku a rýchlo doň vložíme pripravený pásik papiera. Skúmavku následne rýchlo uzavrieme zátkou s ohnutou sklenenou rúrkou. Skúmavku umiestnime vodorovne tak, aby druhá časť rúrky bola ponorená v kadičke so zafarbenou vodou (obr. 68). Je veľmi dôležité, aby zátku s rúrkou boli dokonale utesnené.



Obrázok 68 Oxidácia železa plynným kyslíkom

Pozorovanie a vysvetlenie:

Samotná reakcia kyslíka so železom nebude prebiehať rýchlo, preto skúmavku umiestnime do vodorovnej polohy a čakáme. Práškové železo má vysoký povrch a bude sa oxidovať v atmosfére kyslíka. Ak je aparátúra dokonale tesná (v prípade potreby môžeme zátku utesniť pomocou parafilmu), dôjde z dôvodu chemickej spotreby kyslíka k zníženiu tlaku v skúmavke. To sa vykompenzuje tak, že do rúrky sa začne nasávať zafarbená voda a v rúrke budeme pozorovať zvýšenie hladiny.



8 Zaujímavé školské pokusy

8.1 Dúha vo valci

Pokus je tematicky zameraný na hmotnostný zlomok a hustotu roztokov. Tento pokus je možno zaradiť do výučby ako žiacky pokus, ktorý žiaci realizujú buď vo dvojiciach, alebo v menších skupinách.

Pomôcky a chemikálie:

odmerný valec (250 cm³), kadičky, tyčinky, váhy, lyžička, varič/ohrevná doska, kryštálový cukor, potravinárske farbivá (štyri rôzne farby)

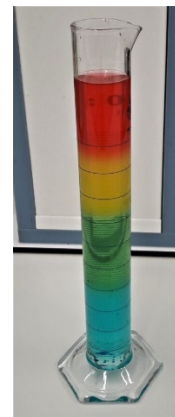
Postup práce:

Vypočítame si potrebné množstvá kryštálového cukru a vody, ktoré potrebujeme na prípravu štyroch roztokov s rôznym hmotnostným zlomkom cukru; 5%, 22%, 39%, 56% (tab. 16). Z každého roztoku potrebujeme pripraviť, napr. 25 cm³ pre jednu „farbu dúhy vo valci“.

Tabuľka 16 Roztoky s rôznym hmotnostným zlomkom cukru

$w(\text{cukor})$	$\rho [\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}]$	$m_{\text{celk}} [\text{g}]$	$m(\text{cukor}) [\text{g}]$	$m(\text{H}_2\text{O}) [\text{g}]$	$V(\text{H}_2\text{O}) [\text{cm}^3]$
5%	1,0178				
22%	1,0899				
39%	1,1714				
56%	1,2632				

Navážime si vypočítané množstvá cukru a vody. V kadičkách rozpustíme všetok cukor a následnej tieto roztoky zafarbíme pridaním potravinárskeho farbiva rôznej farby. Do suchého odmerného valca (250 cm³) budeme postupne po tyčinke pridávať pripravené roztoky, začneme s roztokom s najvyššou hustotou. Pri navrstvovaní nového roztoku pracujeme opatrne, aby sa tieto roztoky čo najmenej premiešali. Ak pracujeme dostatočne opatrne, tak po pridaní posledného roztoku (s najnižšou hustotou) vidíme vo valci „farebnú dúhu“ vytvorenú z navrstvených farebných roztokov cukru s rôznou hustotou (obr. 69).



Obrázok 69 Dúha vo valci

Poznámka:

Aby sa jednotlivé roztoky cukru navzájom nepremiešali je nevyhnutné zachovať veľké rozdiely hmotnostných zlomkov. Roztoky s vysokým hmotnostným zlomkom cukru, 39% a najmä 56%, musíme rozpúšťať vo vriacej vode a určitý čas aj držať pri tejto vysokej teplote, aby sa rozpustil všetok cukor. Tu je potrebné, aby učiteľ dohliadol na bezpečnosť pri práci žiakov.

Ak pokus realizujeme s viacerými skupinami je praktickejšie pripraviť si vopred väčšie množstvá roztokov cukru a odložiť ich v reagenčných fľašiach.

8.2 Modrý efekt

Pomôcky a chemikálie:

Erlenmayerova banka, odmerný valec, tyčinka, lyžička, váhy, hydroxid sodný, glukóza, voda, metylénová modrá (0,5% vodný roztok)

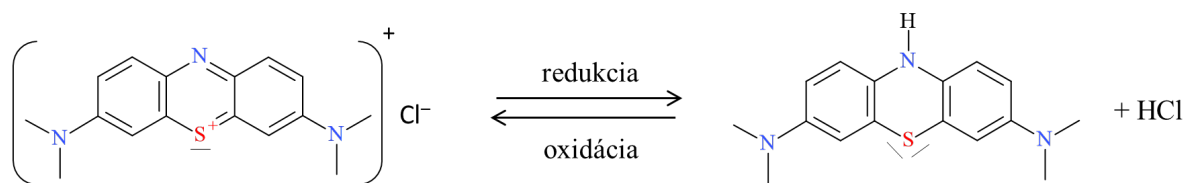
Postup práce:

Do Erlenmayerovej banky dáme 100 cm³ vody, v ktorej rozpustíme 1 g hydroxidu sodného. Potom tam pridáme 2 g glukózy. Po úplnom rozpustení látok pridáme niekoľko kvapiek roztoku metylénovej modrej (MB), čím sa roztok zafarbí na modro. Obsah v banke premiešame a necháme v pokoji stáť. Po určitom čase sa modrý roztok odfarbí. Po odfarbení roztok poriadne premiešame a necháme opäť stáť. Pozorujeme farebné zmeny, ktoré prebiehajú v banke.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Pôsobením glukózy v zásaditom prostredí dochádza k redukcii metylénovej modrej na jej bezfarebnú redukovanú formu (MB-H). Intenzívnym premiešaním sa do roztoku dostane

vzdušný kyslík, ktorý bezfarebnú redukovanú formu zoxiduje naspäť na modrú oxidovanú formu (MB^+). Tento proces je reverzibilný (vratný) a opäť pozorujeme odfarbenie. Po ďalšom premiešaní sa indikátor metylénová modrá opäť zoxiduje. Tento oxidačno–redukčný proces prebieha až do momentu, kedy dôjde k zreagovaniu celého množstva glukózy, ktorá patrí medzi redukujúce sacharidy. Samotná glukóza podlieha oxidácii, pričom vzniká karboxylová skupina $-\text{COOH}$, kyselina glukónová. Oxidovaná forma glukózy pôsobí neskôr ako katalyzátor, preto pri ďalšom premiešaní dôjde k oveľa rýchlejšiemu odfarbeniu ako na začiatku (tzv. autokatalyzátor).



Oxidovaná forma MB modrej farby

Bezfarebná redukovaná forma MB

8.3 Slonia zubná pasta

Pomôcky a chemikália:

veľký odmerný valec (1 dm^3), tyčinka, peroxid vodíka (30%), saponát, gélové potravinárske farbivá, lyžička, jodid draselný, veľká plastová tácka, ochranné rukavice

Postup práce:

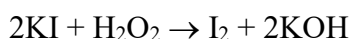
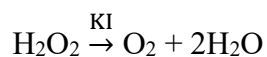
Pri pokuse používame ochranné rukavice. Veľký odmerný valec položíme do stredu plastovej tácky. Do valca dáme 80 cm^3 30% peroxidu vodíka a potom k nemu pridáme 20 cm^3 saponátu. Obsah vo valci dôkladne premiešame tyčinkou. V hornej časti valca urobíme pomocou gélových potravinárskych farbív niekoľko bodiek, prípadne čiar po celom hornom obvode valca. Na spustenie efektu nasypeme do valca jednu lyžičku tuhého jodidu draselného a pozorujeme (obr. 70).



Obrázok 70 Vytlačanie „slonej zubnej pasty“ z veľkého odmerného valca

Pozorovanie a vysvetlenie:

Tuhý jodid draselný pôsobí ako katalyzátor rozkladu peroxidu vodíka na kyslík a vodu. Pretože v zmesi vo valci sa nachádza aj saponát, vznikajúci plynný kyslík rýchlo dvíha narastajúcu penu von z valca, čo pôsobí, akoby sme z veľkej tuby vytlačili „zubnú pastu“. Jód, ktorý čiastočne vzniká rozkladom jodidu draselného dodá pene svetložltú farbu, čo ešte viac pripomína zubnú pastu. Rozklad peroxidu vodíka je exotermický, preto pozorujeme unikanie vodnej pary a zahriatie celého valca. Takisto môžeme pozorovať, že potravinárske farbivo na stenách odmerného valca zafarbí vznikajúcu penu.



Poznámka:

V otvorených fľašiach s koncentrovaným peroxidom vodíka dochádza k jeho pomalému samovoľnému (nekatalytickému) rozkladu. Ak použijeme peroxid vodíka s vysokým hmotnostným zlomkom, tak množstvo uvoľnenej peny bude veľké, preto je praktické pokus realizovať na veľkej táčke.

Podobný efekt by sme docielili, ak by sme do odmerného valca pridali ako katalyzátor oxid manganičitý.

8.4 Lávová lampa

Pomôcky a chemikálie:

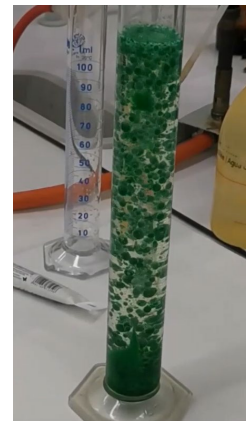
úzky vysoký odmerný valec, kadička, tyčinka, potravinárske farbivo, olej, šumivá tableta

Postup práce:

Do odmerného valca nalejeme približne do dvoch tretín jeho výšky olej. V samostatnej kadičke si v 25 cm³ vody rozpustíme potravinárske farbivo tak, aby sme získali homogénny farebný vodný roztok. Následne po tyčinke pridáme pripravenú zafarbenú vodu do odmerného valca s olejom, ktorá v dôsledku vyššej hustoty klesá na dno valca. Na záver vložíme do odmerného valca polovicu šumivej tablety a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Olej a voda sú navzájom nemiešateľné kvapaliny, preto zafarbená voda klesá na dno vysokého odmerného valca. Šumivá tableta po vložení do valca s olejom nereaguje, padá na dno, kde sa začne rozpúšťať vo vode. Rozpustené zložky zo šumivej tablety navzájom reagujú za vzniku plynného oxidu uhličitého. Ten nadnáša kvapky vody a vyťahuje ich až na povrch emulzie. Tam dôjde k uvoľneniu CO₂ do atmosféry a vplyvom vyššej hustoty kvapky vody opäť klesajú na dno. Pozorovaný pohyb kvapiek zafarbenej vody (hore nadnášané vzniknutým plynom a dole klesajúce v dôsledku vyššej hustoty) pôsobí dojmom lávovej lampy (obr. 71).



Obrázok 71 Lávová lampa

8.5 Päť farieb jedného roztoku

Pomôcky a chemikálie:

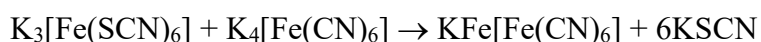
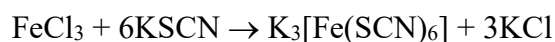
päť vysokých a rovnako veľkých kadičiek (250 cm³), Pasteurove pipety (4 ks), odmerný valec, uhličitan sodný ($w = 5\%$), chlorid železitý ($w = 30\%$), tiokyanatan draselný – rodanid draselný ($w = 30\%$), hexakyanidoželeznatan draselný – žltá krvná soľ ($w = 5\%$), fenolftaleín (1% etanolový roztok)

Postup práce:

Do prvej kadičky odmeriame 200 cm³ destilovanej vody a pridáme pár kvapiek fenolftaleínu. Do druhej kadičky dáme 5 kvapiek 5% roztoku Na₂CO₃. Do tretej kadičky dáme 5 kvapiek 30% roztoku FeCl₃. Do štvrtej kadičky nakvapkáme 20 kvapiek 30% roztoku KSCN a do poslednej piatej kadičky dáme 5 kvapiek 5% roztoku K₄[Fe(CN)₆]. Samotná realizácia je veľmi jednoduchá. Obsah prvej kadičky prelejeme do druhej; potom obsah druhej kadičky prelejeme do tretej; tak následne do štvrtej a na záver prelejeme obsah štvrtej kadičky do piatej (aby sa nestratil efekt poslednej farebnej zmeny, tak do piatej kadičky prelejeme iba polovicu roztoku zo štvrtej kadičky). Pozorujeme farebné zmeny pri prelievaní.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Destilovaná voda v prvej kadičke je po pridaní pár kvapiek roztoku fenolftaleínu bezfarebná. Po jeho preliatí do druhej kadičky sa tento roztok zafarbí do fialova, čo je spôsobené zásaditým charakterom roztoku uhličitanu sodného. Keď tento fialový roztok prelejeme do tretej kadičky, kde sa nachádza roztok chloridu železitého, dôjde z dôvodu jeho kyslého charakteru k odfarbeniu fenolftaleínu a prejaví sa žlté zafarbenie roztoku FeCl₃. Preliatím obsahu tretej kadičky so žltým roztokom železitej soli do štvrtej kadičky s roztokom tiokyanatanu draselného dôjde k vzniku komplexnej zlúčeniny výraznej červenej farby. Ak tento roztok prelejeme do piatej kadičky s obsahom roztoku K₄[Fe(CN)₆], dôjde k vzniku berlínskej modrej. Jednotlivé farebné zmeny môžeme zapísať nasledujúcimi chemickými reakciami:



Roztok K₃[Fe(SCN)₆] je výraznej červenej farby a vo vysokej koncentrácii je známy ako „hollywoodská krv“. Modrý roztok berlínskej modrej obsahuje tzv. rozpustnú formu berlínskej modrej KFe[Fe(CN)₆]. Ak by sme celý objem štvrtej kadičky preliali do piatej kadičky, mohla

by sa v nej vyzrážať tzv. nerozpustná forma berlínskej modrej, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n = 15$ až 18).

8.6 Faraónove hady

Pomôcky a chemikálie:

železná miska s pieskom, keramická sieťka, tretia miska s roztieradlom, špajľa, váhy, hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna), kryštálový cukor, etanol

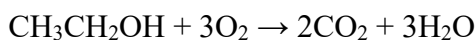
Postup práce:

Navážime si zmes cukru a jedlej sódy v pomere 9:1. Túto zmes dôkladne rozotrieme v trecej miske. Na keramickú sieťku položíme železnú misku s pieskom, v strede si vytvoríme jamku a nasypeme pripravenú práškovú zmes. Okolo pripravenej zmesi nalejeme na piesok 50 cm^3 etanolu a zapálime pomocou dlhej horiacej špajle. Etanol začne horieť, čím sa uvoľňuje veľké množstvo tepla, ktoré bude pôsobiť na práškovú zmes v strede misky.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Teplom z horenia etanolu dochádza k rozkladu rozomletého cukru aj sódy bikarbóny. Dehydratáciou cukru vzniká čistý uhlík vo forme čierneho grafitu. Rozkladom sódy bikarbóny (hydrogenuhličitanu sodného) vzniká ďalší diel plyných produktov CO_2 a H_2O , ktoré sa uzatvárajú okolo vznikajúceho grafitu. Tým dochádza k nárastu hmoty, ktorá z pripravenej zmesi reaktantov začína vystupovať v tvare „faraónových hadov“ (obr. 72).

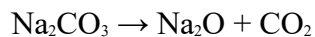
Horenie etanolu:



Pri teplote nad $70 \text{ }^\circ\text{C}$ prebieha pomalý tepelný rozklad hydrogenuhličitanu sodného, ktorý sa urýchlí pri teplote nad $250 \text{ }^\circ\text{C}$:



Pri teplote nad $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ sa vzniknutý uhličitan sodný ďalej rozkladá:





Obrázok 72 „Faraónov had“ vytvorený z grafítu a vyplnený uvoľnenými plynmi CO_2 a H_2O

Dôležité upozornenie:

Počas horenia etanolu v železnej miske nesmieme pridávať do misky ďalší diel etanolu!

8.7 Tajné písmo

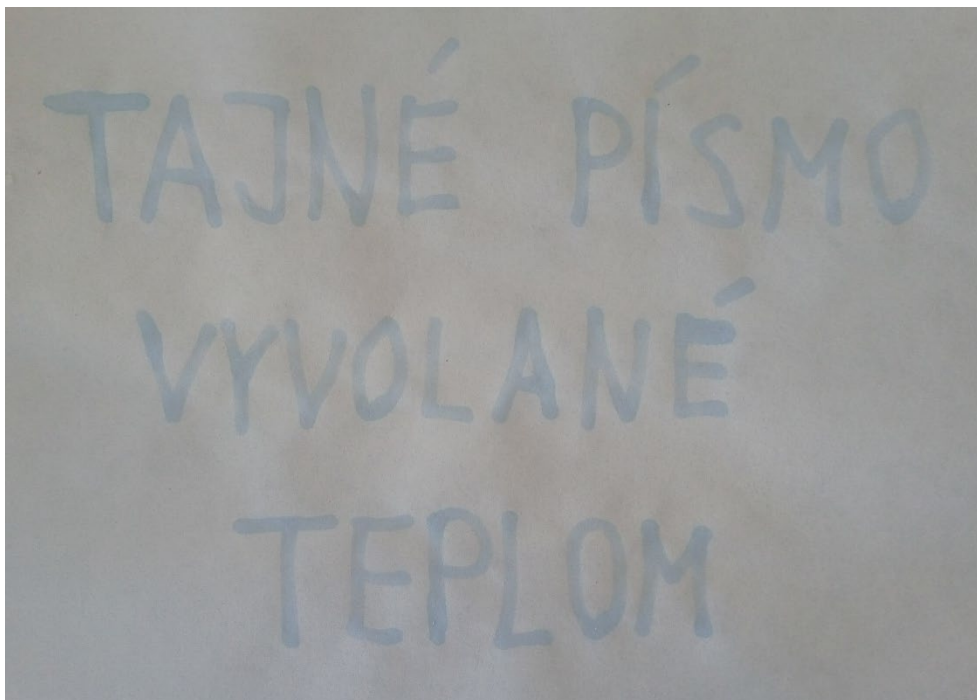
8.7.1 Tajné písmo vyvolané teplom

Pomôcky a chemikálie:

pomôcky na maľovanie (vypísaná fixka alebo štetec s kadičkou), filtračný papier, zdroj tepla (najlepšie platnička), chlorid kobaltnatý ($w = 1\%$), etanol, ochranné rukavice

Postup práce:

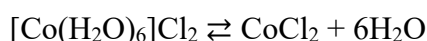
Vypísanú fixku, kde zvyšky pôvodného obsahu dôkladne odstránime pomocou etanolu, naplníme 1% roztokom chloridu kobaltnatého. Touto fixkou napíšeme na papier neviditeľný odkaz, ktorý necháme voľne vysušiť. Vysušený filtračný papier s odkazom budeme držať nad horúcou platňou a pozorujeme.



Obrázok 73 Tajné písmo vyvolané teplom

Pozorovanie a vysvetlenie:

Zriedený vodný roztok chloridu kobaltnatého je takmer bezfarebný a obsahuje hydratované katióny Co^{2+} vo forme komplexného katiónu $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Keď sa tento tajný atrament zohreje na dostatočnú teplotu, tak dôjde k uvoľneniu a vypareniu vody a ostane iba bezvodý CoCl_2 , ktorý je modrej farby. Na obrázku 73 môžeme vidieť obrázok s textom vyvolaným teplom. Voda je bežnou súčasťou vzduchu a nazývame ju vzdušná vlhkosť. Po určitom čase dôjde k jej opätovnému naviazaniu do koordinačnej sféry kobaltu a modré zafarbenie zmizne. Chemickú podstatu tohto deja môžeme vyjadriť nasledujúcou chemickou reakciou:



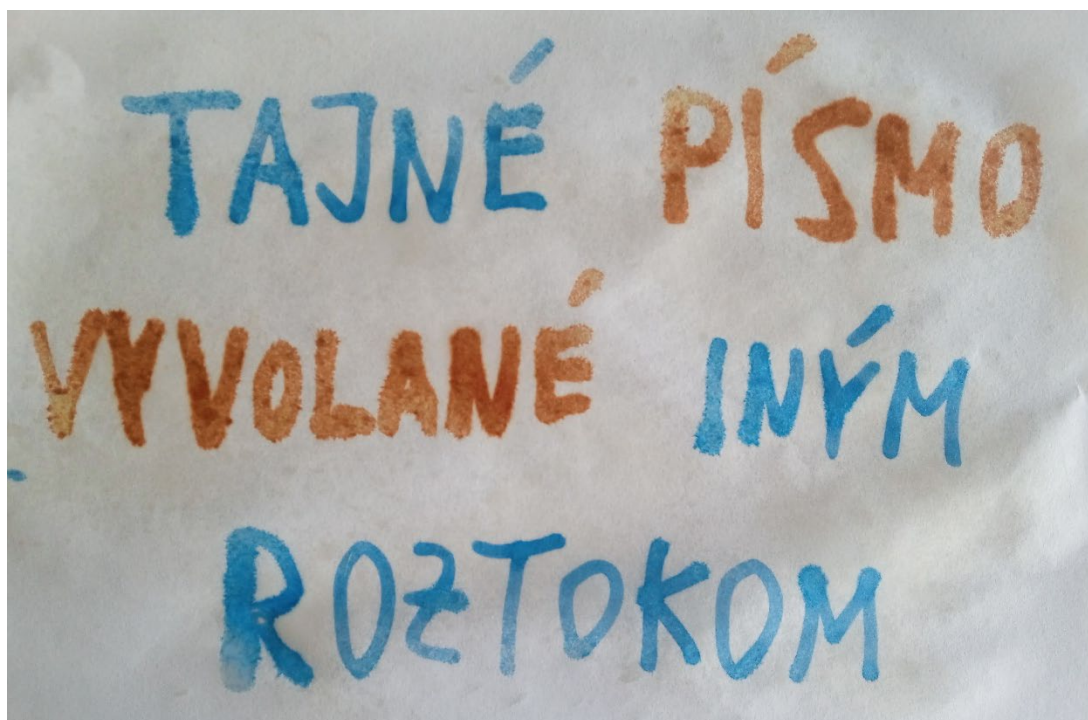
8.7.2 Tajné písmo vyvolané iným roztokom

Pomôcky a chemikálie:

pomôcky na maľovanie (vypísané fixky alebo štetce s kadičkou), filtračný papier, rozprašovač, tiokyanatan draselný – rodanid draselný ($w = 5\%$), hexakyanidoželeznatan draselný – žltá krvná soľ ($w = 5\%$), síran železitý ($w = 5\%$), etanol, ochranné rukavice

Postup práce:

Vypísané fixky, kde zvyšky pôvodného obsahu dôkladne odstránime pomocou etanolu, naplníme roztokmi KSCN (označiť ako červená farba) a $K_4[Fe(CN)_6]$ (označiť ako modrá farba). Oboma roztokmi nakreslíme na filtračný papier nejaký obrázok, ktorý zatiaľ nebudeme vidieť (preto si pamätáme, na ktorú stranu papiera obrázok kreslíme). Po voľnom vysušení postriekame filtračný papier roztokom síranu železitého z rozprašovača a pozorujeme.



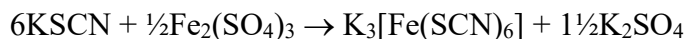
Obrázok 74 Tajné písmo vyvolané iným roztokom

Pozorovanie a vysvetlenie:

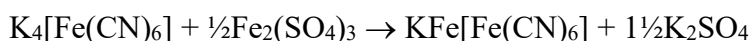
Vodné roztoky KSCN a $K_4[Fe(CN)_6]$, ktoré hrajú rolu neviditeľných farbičiek, sú bezfarebné. Po namaľovaní obrázka oboma farbami a po dôkladnom vysušení nebudeme na papieri nič vidieť. Po postriekaní obrázka roztokom železitej soli dôjde k zobrazeniu nakresleného obrázka (obr. 74). Medzi neviditeľnými farbičkami a vyvolávačom dôjde k reakciám, ktoré sú na rozdiel

od neviditeľného atramentu ireverzibilné (nevratné) a vzniknú výrazne farebné zlúčeniny. Tieto procesy môžeme zapísať nasledovnými chemickými reakciami:

Červená farba:



Modrá farba:



Poznámka:

Ako vyvolávací roztok môžeme použiť vodný roztok ľubovoľnej železitej soli, napr. FeCl_3 . Po vyvolaní obrázka pomocou rozprašovača ostanú na papieri aj zvyšky roztoku železitej soli, ktoré nie sú bezfarebné. Výhoda použitia síranu železitého je taká, že po vyvolaní obrázka a jeho vysušení je menej viditeľný ako chlorid.

8.7.3 Tajné písmo vyvolané amoniakom

Pomôcky a chemikálie:

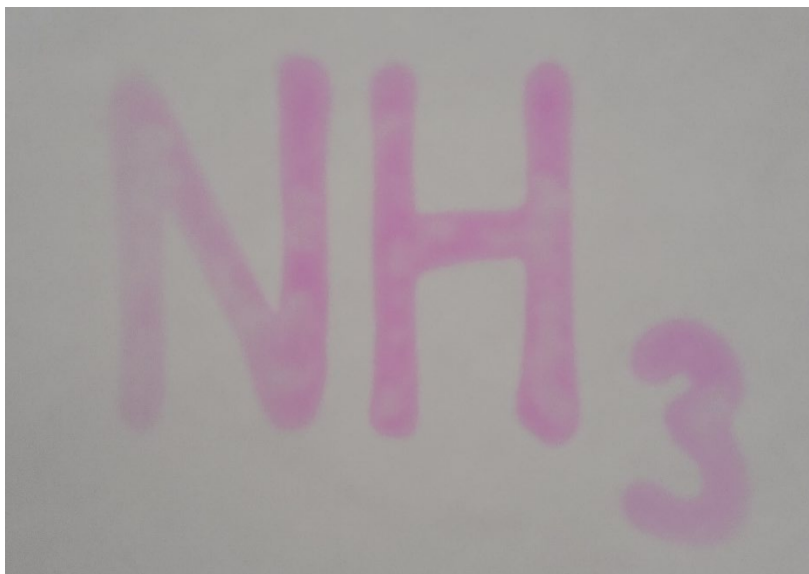
pomôcky na maľovanie (vypísaná fixka alebo štetec s kadičkou), filtračný papier, odparovacia miska, papierová krabica s otvorom na papier, kryštalizačná miska (2 ks), koncentrovaný roztok amoniaku, fenolftaleín (1% etanolový roztok), etanol, ochranné rukavice

Postup práce:

Pri pokuse používame ochranné rukavice. Do vypísanej fixky, kde zvyšky pôvodného obsahu dôkladne odstránime pomocou etanolu, dáme 1% roztok fenolftaleínu. Touto fixkou napíšeme na papier neviditeľný odkaz. Papier vložíme do krabice, v ktorej sa v kryštalizačných miskách nachádza koncentrovaný amoniak (ten v krabici vytvorí plynnú amoniakovú atmosféru). Po chvíli papier z krabice vytiahneme a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Po vytiahnutí papiera z krabice vidíme svetloružovou farbou vyfarbený text (obr. 75), ktorý po krátkom čase opäť zmizne. Toto vyfarbenie spôsobila prítomnosť plynného amoniaku, ktorý je zásaditého charakteru. Ten zmenil farbu fenolftaleínu na typickú ružovú. Amoniak, nakoľko v tomto prípade je v plynnom stave sa po chvíli opäť uvoľní a fenolftaleín sa odfarbí.



Obrázok 75 Tajné písmo vyvolané amoniakom

Dôležitá poznámka:

Písmo napísané pomocou fenolftaleínu vyvolávame **výlučne v digestore** s dobrým ťahom, nakoľko vyvolávačom je plynňý amoniak. Ak nemáme k dispozícii vhodnú krabicu s otvorom, kde by sme vytvorili amoniakovú atmosféru, tak tento odkaz môžeme vyvolať jednoducho priamo nad otvorenou fľašou s amoniakom.

8.8 Sodíkové jojo

Pomôcky a chemikálie:

skúmavka, držiak na skúmavku, pipeta, chemické kliešte, sodík, hexán (prípadne môžeme použiť technický benzín), fenolftaleín (1% etanolový roztok)

Postup práce:

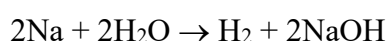
Skúmavku uchytíme v držiaku a pridáme do nej trochu destilovanej vody tak, aby výška jej hladiny bola asi 3 cm. Pridáme kvapku indikátora fenolftaleín. Na vodu pomocou pipety opatrne navrstvíme približne rovnaké množstvo hexánu. Nakoniec do skúmavky pomocou chemických klieští vložíme malý kúsok kovového sodíka o veľkosti ryžového zrnka a pozorujeme.

Pozorovanie a vysvetlenie:

Voda a hexán sú navzájom nemiešateľné kvapaliny. Z dôvodu vyššej hustoty je vodná fáza v spodnej časti skúmavky. Po vložení sodíka do skúmavky, ten voľne prepadne vrstvou hexánu, pretože s ním nereaguje. Avšak pri prvom kontakte s vodou nastane jeho prudká reakcia, pri ktorej bude vznikať plyný vodík. Ten bude nadnášať kúsok sodíka a tak bude sodík vo vrstve hexánu skákať ako „jojo“ (obr. 76). Druhým produktom chemickej reakcie je hydroxid sodný, ktorého prítomnosť dokazuje zmena farby fenolftaleínu.



Obrázok 76 Sodíkové "jojo"



8.9 Zlatý dážď

Zlato je vzácny kov nielen preto, že je chemicky vysoko stabilný, ale aj preto, že má veľmi jedinečnú farbu. Z tohto dôvodu sa ľudia v minulosti neustále snažili pripraviť zlato z rôznych iných kovov. Dnes však vieme, že to nie je možné (ale tieto neúspešné pokusy o prípravu zlata viedli v období alchymie k získaniu mnohých významných produktov a objavov). Ak takýto pokus viedol k príprave produktu, ktorý sa na zlato veľmi podobá, tak môžeme hovoriť o úspechu.

Jednou z takýchto úspešných pokusov o prípravu zlata je úloha z názvom „zlatý dážď“, kde si v banke pripravíme pekné „zlaté“ šupinky. Z rovnakého estetického dôvodu nesie tento názov aj ozdobný ker, ktorý svojimi malými žltými kvietkami pripomína zlato a na jar skrášľuje naše parky či záhrady.

Pomôcky a chemikálie:

Erlenmayerova banka so zátkou, kadička, jodid draselný, vo vode rozpustná olovnatá soľ (napr. dusičnan), váhy, varič (platnička)

Postup práce:

Odvážime si 1 mmol olovnatej soli a rozpustíme ju v 100 cm³ destilovanej vody. V druhej kadičke, takisto v 100 cm³ vody rozpustíme stechiometrické množstvo jodidu draselného. Obidva roztoky samostatne zohrejeme a ako horúce ich zmiešame v Erlenmayerovej banke. Banku uzavrieme zátkou a pod studenou vodou ju budeme postupne ochladzovať. Po ochladení

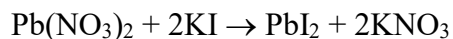
vzniknú v roztoku malé kryštáliky jodidu olovnatého, ktoré môžeme podsvietiť silným svetlom a pozorujeme (obr. 77).



Obrázok 77 Lesknúce sa kryštáliky jodidu olovnatého podsvietené svetlom

Pozorovanie a vysvetlenie:

Reakciou dusičnanu olovnatého a jodidu draselného vzniká jodid olovnatý, ktorý je rozpustný vo veľkom objeme horúcej vode (pri zmiešaní chladných roztokov by došlo k vyzrážaniu žltého jodidu olovnatého). Ak tento horúci roztok začneme pod vodou ochladzovať, dôjde k vylučovaniu jodidu olovnatého v tuhej fáze vo forme malých lesklých šupiniek – prerušovaná kryštalizácia. Jodid olovnatý má veľmi peknú žltú farbu a vo forme malých šupiniek po pomiešaní a podsvietení pozorujeme efekt „zlatého dažďa“.



Dôležitá poznámka:

Vo vode rozpustné olovnaté zlúčeniny patria medzi vysoko toxické látky.

8.10 Prírodný indikátor

Niektoré prírodné látky organického pôvodu majú pri rôznej hodnote pH odlišnú farbu. Medzi takéto zlúčeniny patria aj antokyaníny, ktoré sa nachádzajú v listoch niektorých rastlín, napr. v listoch červenej kapusty.

Pomôcky a chemikálie:

sada skúmaviek, stojan na skúmavky, odmerné valce, 15 ks odmerných baniek (100 cm^3), kadičky, pipety, lyžička, tyčinka, váhy, výluh z červenej kapusty, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, hydroxid sodný

Postup práce:

Niekoľko listov čerstvej červenej kapusty natrháme na drobné kúsky a necháme vylúhovať vo vriacej vode. Tak získame výluh z týchto listov, ktorý bude obsahovať aj vo vode rozpustné prírodné indikátory – antokyaníny. Po vybratí vylúhovaných listov necháme roztok ochladiť na laboratórnu teplotu.

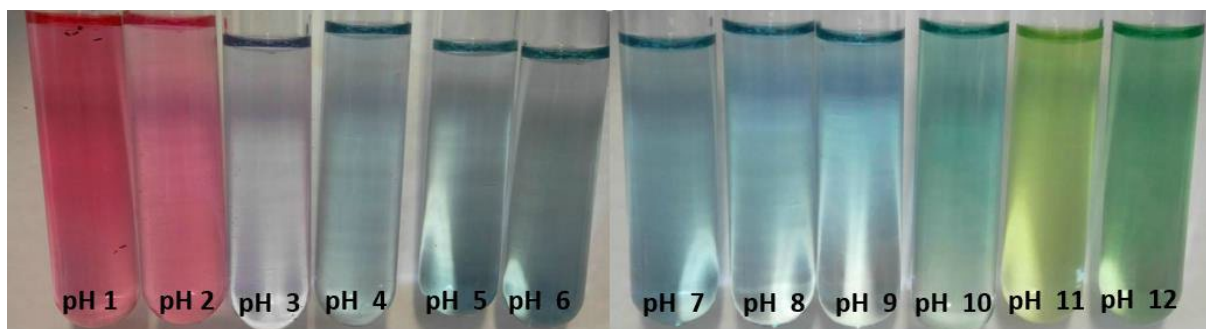
Pripravíme si po 100 cm^3 roztokov HCl a NaOH s koncentráciou $1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Takto získame štartovacie roztoky s hodnotami $\text{pH} = 0$, resp. $\text{pH} = 14$. Postupným riedením pripraveného roztoku kyseliny chlorovodíkovej s destilovanou vodou v pomere 1:9 získame ďalšie kyslé roztoky s hodnotami $\text{pH} = 1, 2, 3, 4, 5$ a 6. Takým istým riedením pripraveného roztoku hydroxidu sodného získame zásadité roztoky s hodnotami $\text{pH} = 13, 12, 11, 10, 9$ a 8. Zriedené roztoky HCl a NaOH pripravujeme do odmerných baniek.

Do sady skúmaviek nalejeme po 10 cm^3 pripravených roztokov a zoradíme do poradia podľa vzrastajúcej hodnoty pH (pre neutrálnu hodnotu $\text{pH} = 7$ použijeme destilovanú vodu). Nakoniec pridáme do každej skúmavky 1 cm^3 vychladeného pripraveného výluhu z červenej kapusty a pozorujeme.

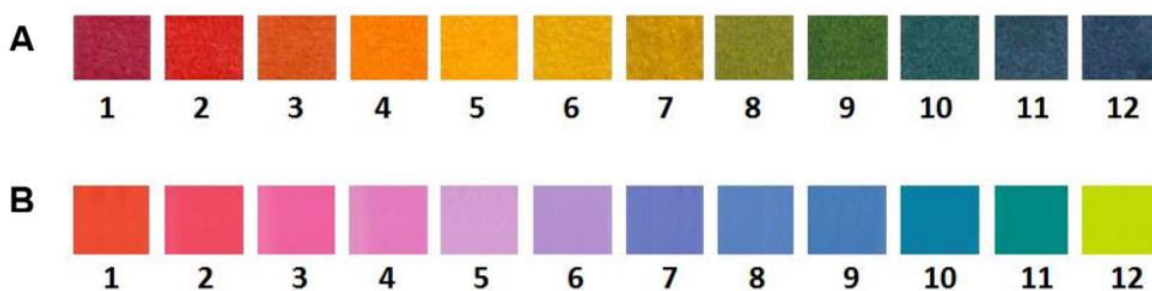
Pozorovanie a vysvetlenie:

Výluh z červenej kapusty obsahuje vo vode rozpustné antokyaníny, ktoré sa pri rôznej hodnote pH sfarbia inou farbou (obr. 78). Takto si pripravíme farebnú kalibračnú stupnicu pH, ktorou vieme pomocou výluhu z červenej kapusty určiť pH neznámeho roztoku. Na záver ju môžeme porovnať s pH stupnicou pre univerzálny indikátor (obr. 79).

Farebné prechody výluhu červenej kapusty (zmes antokyanínov) v závislosti od pH ovplyvňuje druh vody (destilovaná voda alebo voda z vodovodu), ktorá sa použila pri príprave výluhu ako aj roztokov HCl a NaOH.



Obrázok 78 Farebná stupnica pH pre výluh červenej kapusty (zmes antokyanínov)



Obrázok 79 Porovnanie stupnice pH: A. univerzálny indikátor, B. výluh červenej kapusty (zmes antokyanínov)

8.11 Farebné šumienky

Pomôcky a chemikálie:

kadičky, indikátorova fľaštička, tyčinka, kyselina citrónová, hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna), výluh červenej kapusty

Postup práce:

Do kadičky nalejeme 10 cm³ výluhu červenej kapusty a pridáme 5 g kyseliny citrónovej. Roztok miešame do rozpustenia pridanej kyseliny a pozorujeme zmenu sfarbenia roztoku. Nakoniec ešte pridáme 5 g hydrogenuhličitanu sodného. Pozorujeme vývoj plynu a zmenu sfarbenia roztoku. Paralelne možno spraviť niekoľko pokusov s rôznym pomerom pridávaných látok, získame tak rôzne sfarbené roztoky. Do suchej kadičky vždy nasypeme zmes kyseliny citrónovej a hydrogenuhličitanu sodného (podľa tabuľky 17). Potom nalejeme 50 cm³ vody, do ktorej sme pridali výluh červenej kapusty a pozorujeme.

Tabuľka 17 Príprava reakčných zmesí kyseliny citrónovej a hydrogenuhličitanu sodného

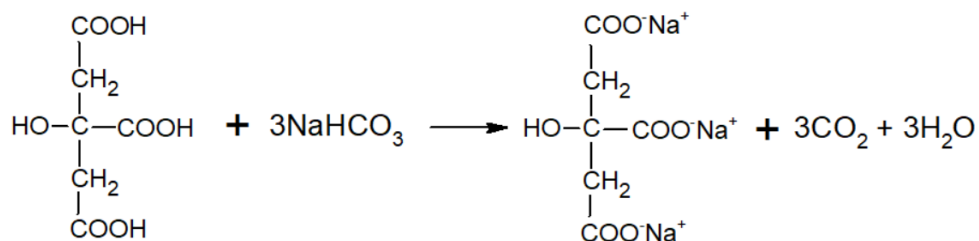
Látka	Hmotnosť [g]			
kyselina citrónová	3	2	1	0,5
hydrogenuhličitan sodný	1	2	3	4,5

Pozorovanie a vysvetlenie:

Po pridaní hydrogenuhličitanu sodného do roztoku s obsahom kyseliny citrónovej dochádza k jeho rozkladu, pričom sa uvoľňuje oxid uhličitý. V dôsledku toho začne roztok šumieť a vytvára sa pena, ktorá sa dvíha hore. Výluh z červenej kapusty slúži ako farebný indikátor. Obsahuje zmes dôležitých organických farbív – antokyanínov, ktorých farba závisí od pH. Roztok kyseliny citrónovej má pH v oblasti kyslej (pH < 7). Roztok hydrogenuhličitanu sodného je v dôsledku hydrolyzy zásaditý, takže má pH v oblasti zásaditej (pH > 7). Farba roztoku antokyanínov potom bude závisieť od pomeru koncentrácií a objemov pridaných roztokov kyseliny citrónovej a hydrogenuhličitanu sodného (obr. 80).



Obrázok 80 Farebné šumienky



Poznámka:

Intenzitu sfarbenia reakčnej zmesi volíme tak, aby farba bola dobre viditeľná aj vo väčších vzdialenostiach. Korigujeme ju množstvom pridaného výluhu červenej kapusty.

8.12 Šumivé bomby

Pomôcky a chemikálie:

plastová miska, lyžička, váhy, silikónová alebo kovová forma, potravinová fólia, sklenená vaňa, hydrogenuhličitan sodný (sóda bikarbóna), kyselina citrónová, kukuričný škrob, olej, potravinárske farbivo (prášok), vonné esencie

Postup práce:

V plastovej miske si zmiešame suché ingrediencie podľa tabuľky 18. Pomaly pridávame olej, aby sa pripravená zmes ľahšie tvarovala a držala pokope. Dbáme na to, aby výsledná hmota nebola príliš masťná. Do zmesi môžeme pre lepší efekt pridať potravinárske farbivo a voňavú esenciu. Hmotou vyplníme formu, prípadne môžeme tieto šumivky vytvarovať aj pomocou potravinovej fólie. Následne ich vyklopíme a necháme poriadne vysušiť (obr. 81). Nakoniec vložíme pripravenú šumivú bombu do vaničky s vodou a pozorujeme.

Tabuľka 18 Množstvo látok na prípravu šumivých bômb

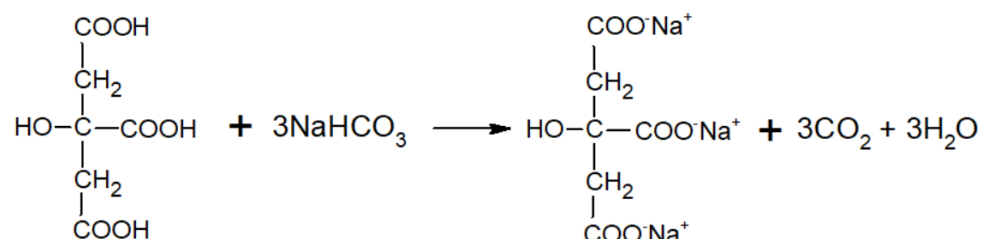
hydrogenuhličitan sodný	50 g	50 g
kyselina citrónová	25 g	25 g
kukuričný škrob	–	25 g



Obrázok 81 Pripravené šumivé bomby

Pozorovanie a vysvetlenie:

Hydrogenuhličitan sodný a kyselina citrónová v tuhom stave navzájom nereagujú, a preto sú pripravené šumivé bomby stabilné. Okamžite po kontakte s vodou dôjde k ich rozpusteniu, čo zároveň spustí vzájomnú reakciu medzi nimi (preto pri ich príprave je vhodné použiť potravinárske farbivá v prášku). Reakciou vzniká plynný oxid uhličitý, ktorý spôsobuje pozorované šumenie.



8.13 Plameňové skúšky alkalických kovov a kovov alkalických zemín

Pomôcky a chemikálie:

kahan, nádoba s rozprašovacím nástavcom, nasýtené vodné roztoky chloridu lítneho (LiCl), chloridu sodného (NaCl), chloridu draselného (KCl), chloridu vápenatého (CaCl₂), chloridu strontnatého (SrCl₂), destilovaná voda

Pracovný postup:

Naplníme prvým nasýteným roztokom nádobu s rozprašovacím nástavcom a zo vzdialenosti asi 20 cm nastriekame malé množstvo roztoku smerom k plameňu. Ústie rozprašovacieho nástavca držíme vo výške plameňa tak, aby prúd rozprašeného roztoku vychádzal približne vodorovne. Pozorujeme sfarbenie plameňa. Roztok vylejeme, nádobu aj rozprašovací nástavec dôkladne umyjeme vodou, vypláchneme destilovanou vodou, naplníme druhým roztokom a pokus zopakujeme. Pokus zopakujeme so všetkými pripravenými roztokmi. Pozorovania pri plameňových skúškach sú uvedené v tabuľke 19.

Tabuľka 19 Sfarbenie plameňa pri plameňových skúškach

katión	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺
sfarbenie plameňa	karmínovočervený	žltý	fialový	tehlovočervený	červenoružový

Poznámka:

Alternatívou k realizácii plameňových skúšok je použitie solí alkalických kovov a kovov alkalických zemín v tuhom skupenstve, roztoku kyseliny chlorovodíkovej a platinového drôtika.

Na plameňové skúšky je najlepšie použiť chloridy alkalických kovov a kovov alkalických zemín, pretože sú prchavejšie ako ostatné ich soli. Drôtik ponoríme do roztoku kyseliny chlorovodíkovej a potom, ešte ako vlhký do skúmanej látky. Na mokrý drôtik sa nalepia kryštálíky soli a čiastočne prejdú na prchavý chlorid. Následne drôtik vložíme do dolnej časti nesvietivého plameňa. Pozor! Platinový drôtik nesmie byť žíhaný v svietivom plameni, nakoľko platina môže reagovať s metánom za vzniku karbidov.

8.14 Horenie gumového medvedíka

Pomôcky a chemikálie:

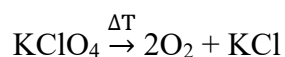
skúmavka, stojan, svorka, držiak, kahan, železná miska s pieskom, chemické kliešte, chlorečnan draselný, gumový medvedík, ochranný štít

Postup práce:

Suchú (!) skúmavku upevníme do stojana nad železnú misku s pieskom a naplníme ju asi do tretiny čistým chlorečnanom draselným. Obsah skúmavky dôkladne zahrievame plameňom kahana, až dôjde k roztaveniu, a zároveň rozkladu chlorečnanu. Potom do skúmavky pomocou chemických klieští vložíme malý kúsok gumového medvedíka veľkosti hrachového zrnka a pozorujeme priebeh reakcie.

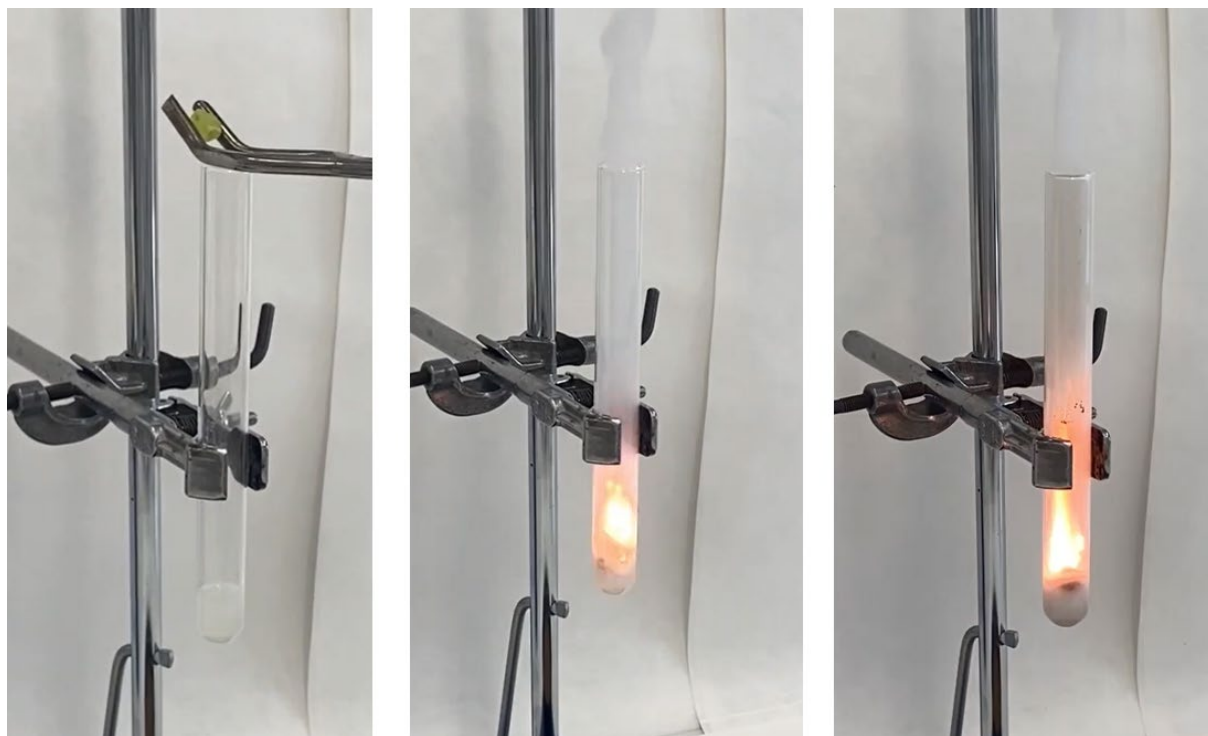
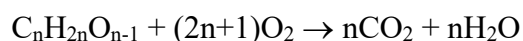
Pozorovanie a vysvetlenie:

Ohrevom dochádza k rozkladu chlorečnanu draselného a vzniku plynného kyslíka, ktorý sa bude nachádzať v skúmavke takmer v čistom stave.



Pripravený kyslík bude mať vysokú teplotu a bude stúpať nahor, avšak do skúmavky nebude vnikáť vzduch, pretože stále sa bude vytvárať nový kyslík. Ak do skúmavky pridáme kúsok gumového medvedíka, tak dôjde k intenzívnej reakcii (obr. 82). Gumový medvedík obsahuje

rôzne polysacharidy, ktoré majú všeobecný vzorec $C_nH_{2n}O_{n-1}$ a tak ako uhlík, aj sacharidy reagujú v atmosfére kyslíka za vzniku oxidu uhličitého.



Obrázok 82 Horenie gumového medvedíka

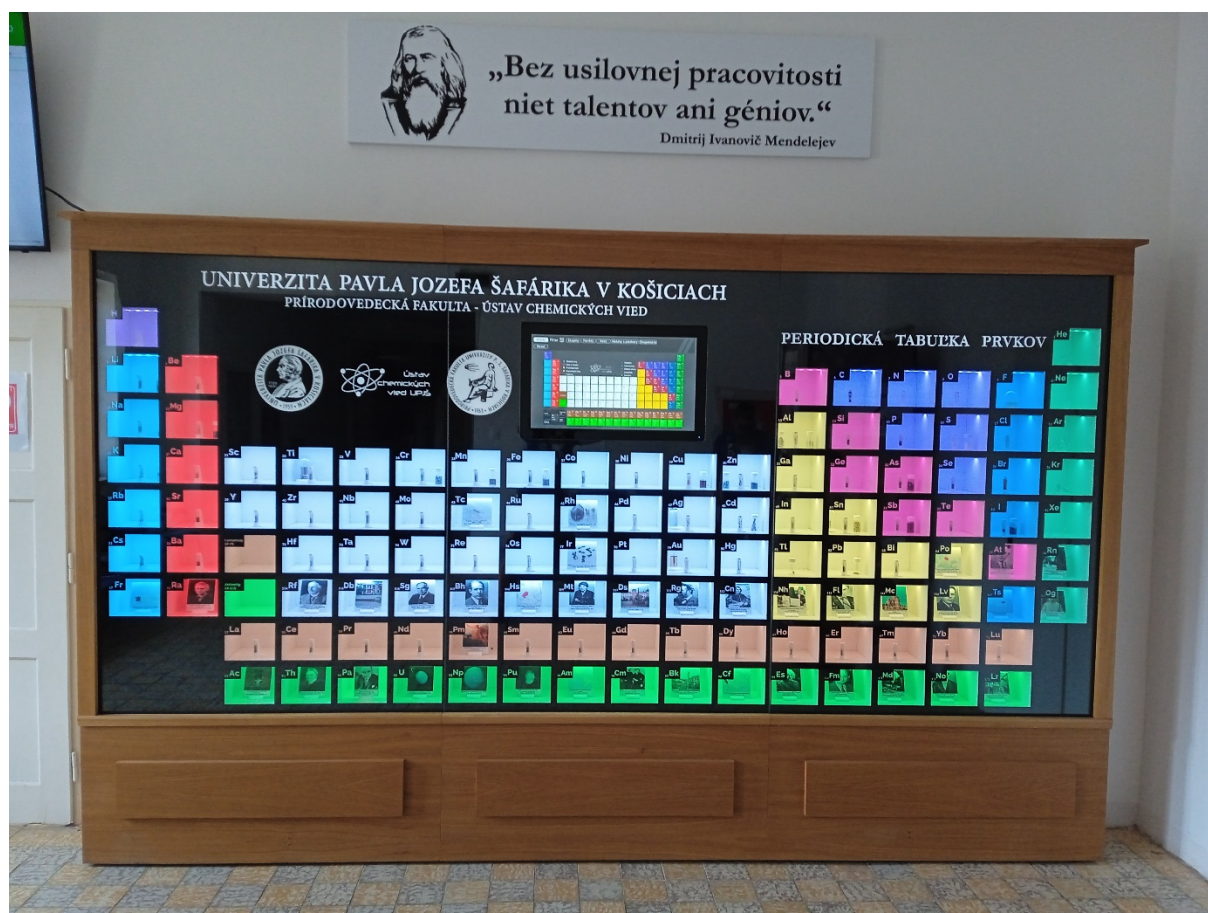
Dôležitá poznámka:

Skúmavku s chlorečnanom draselným ohrievame kahanom tak, aby sa plameň nedotýkal iba spodnej časti skúmavky, ale ohrievame aj kraje dolnej časti (hrozí riziko puknutia skúmavky a odpadnutia jej dolnej časti). Preto máme pod skúmavkou položenú železnú misku s pieskom.

Po pridaní gumového medvedíka dôjde k tak intenzívnej reakcii, že vhodný kúsok môže vyskočiť von. Z uvedených dôvodov celý pokus realizujeme s **ochranným štítom na tvári** a zabezpečíme dostatočnú vzdialenosť ďalších pozorovateľov od skúmavky!

9 Interaktívna periodická tabuľka prvkov

Interaktívna periodická tabuľka prvkov (obr. 83) sa nachádza na Ústave chemických vied PF UPJŠ v Košiciach. Obsahuje 80 reálnych chemických prvkov, ktoré sú doplnené fotografiami objaviteľov, resp. obrázkami súvisiacimi s ich pomenovaním.



Obrázok 83 Interaktívna periodická tabuľka prvkov na Ústave chemických vied PF UPJŠ v Košiciach

Jednotlivé bunky tabuľky sú individuálne podsvietené a cez dotykovú obrazovku je celá tabuľka interaktívne prepojená s aplikáciou, prostredníctvom ktorej sú sprístupnené základné informácie o jednotlivých prvkoch, ale aj videá a obrázky vzťahujúce sa na ne. Viaceré sprístupnené videá vznikli podľa postupov uvedených v predložnom učebnom texte. Okrem toho je súčasťou aplikácie aj oblasť „Prvok vo vede“, kde sú prezentované aktuálne výskumné zámery, riešené samotným ústavom. V jednoducho ovládateľnej aplikácii sú tak sprístupnené vedecké fakty popularizačným spôsobom.

Na základe tabuľky môžu študenti získať predstavu o vzhľade, skupenstve, farbe reálnych prvkov, o ich periodicky sa opakujúcich vlastnostiach, ako sú elektronegativita, ionizačná energia, elektrónová afinita a pod. O zaujímavostiach spojených s objavom prvkov či

vlastnosťami, ktoré môžu získať prostredníctvom pripravených videí. Navyše celý projekt je „živý“ a jeho tvorcovia neustále dopĺňajú do aplikácie informácie a aktuálne výskumné trendy vzťahujúce sa na tému prvkov.

Tabuľka slúži nielen študentom PF UPJŠ, ale aj všetkým, ktorí sa viac či menej zaujímajú o chémiu. Rovnako slúži ako vhodná didaktická pomôcka aj pre učiteľov a žiakov stredných a základných škôl.

Viac informácií na:

<https://www.upjs.sk/prirodovedecka-fakulta/actuality/ustav-chemickych-vied-vas-pozyva-na-exkurzie-k-interaktivnej-periodickej-tabulke-prvkov/>

10 Prílohy

10.1 Vyjadrenie zloženia vybraných vodných roztokov

Intenzitné veličiny, ktoré nezávisia od množstva, sú tabelované vo forme tabuliek. Sú to najčastejšie tieto veličiny: hmotnostný zlomok, hustota, koncentrácia látkového množstva a zoradené sú podľa stúpajúcej hodnoty hmotnostného zlomku.

Tabuľka 20 Hydroxid draselný, vodný roztok KOH(aq)

w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]	w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]
1,00	1,006 8	0,179	20,00	1,181 8	4,212
2,00	1,015 5	0,362	22,00	1,201 4	4,710
3,00	1,024 2	0,548	24,00	1,221 0	5,223
4,00	1,033 0	0,736	26,00	1,240 8	5,750
5,00	1,041 9	0,928	28,00	1,260 9	6,292
6,00	1,050 9	1,124	30,00	1,281 3	6,851
7,00	1,059 9	1,322	32,00	1,302 0	7,425
8,00	1,069 0	1,524	34,00	1,323 0	8,017
9,00	1,078 1	1,729	36,00	1,344 4	8,626
10,00	1,087 3	1,938	38,00	1,366 1	9,252
11,00	1,096 6	2,150	40,00	1,388 1	9,896
12,00	1,105 9	2,365	42,00	1,410 4	10,558
13,00	1,115 3	2,584	44,00	1,433 1	11,238
14,00	1,124 6	2,806	46,00	1,456 0	11,936
15,00	1,134 1	3,032	48,00	1,479 1	12,653
16,00	1,143 5	3,261	50,00	1,502 4	13,388
17,00	1,153 1	3,439			
18,00	1,162 6	3,730			
19,00	1,172 2	3,969			

Tabuľka 21 Hydroxid sodný, vodný roztok NaOH(aq)

w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]	w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]
1,00	1,009 5	0,252	18,00	1,197 1	5,386
2,00	1,020 7	0,510	19,00	1,208 2	5,737
3,00	1,031 8	0,774	20,00	1,219 2	6,094
4,00	1,042 8	1,043	22,00	1,241 2	6,825
5,00	1,053 8	1,317	24,00	1,263 1	7,576
6,00	1,064 8	1,597	26,00	1,284 8	8,349
7,00	1,075 8	1,882	28,00	1,306 4	9,142
8,00	1,086 9	2,173	30,00	1,327 7	9,956
9,00	1,097 9	2,470	32,00	1,348 8	10,788
10,00	1,108 9	2,772	34,00	1,369 7	11,639
11,00	1,119 9	3,079	36,00	1,390 1	12,508
12,00	1,130 9	3,392	38,00	1,410 2	13,394
13,00	1,141 9	3,710	40,00	1,429 9	14,295
14,00	1,153 0	4,034			
15,00	1,164 0	4,364			
16,00	1,175 1	4,699			
17,00	1,186 1	5,040			

Tabuľka 22 Chlorid sodný, vodný roztok NaCl(aq)

w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]	w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]
0,20	0,999 7	0,034	10,00	1,070 7	1,832
0,40	1,001 1	0,069	11,00	1,078 1	2,029
0,60	1,002 5	0,103	12,00	1,085 7	2,229
0,80	1,003 9	0,137	13,00	1,093 2	2,432
1,00	1,005 3	0,172	14,00	1,100 8	2,637
1,20	1,006 8	0,207	14,50	1,104 7	2,741
1,40	1,008 2	0,241	15,00	1,108 5	2,845
1,60	1,009 6	0,276	16,00	1,116 2	3,056
1,80	1,011 0	0,311	17,00	1,124 0	3,270
2,00	1,012 5	0,346	18,00	1,131 9	3,486
2,40	1,015 3	0,418	19,00	1,139 8	3,706
2,80	1,018 2	0,488	20,00	1,147 8	3,928
3,20	1,021 1	0,559	21,00	1,155 8	4,153
3,60	1,023 9	0,631	22,00	1,164 0	4,382
4,00	1,026 8	0,703	23,00	1,172 1	4,613
4,40	1,029 7	0,775	24,00	1,180 4	4,848
4,80	1,032 6	0,848	25,00	1,188 7	5,085
5,00	1,034 0	0,885	26,00	1,197 2	5,326
6,00	1,041 3	1,069			
7,00	1,048 6	1,256			
8,00	1,055 9	1,445			
9,00	1,063 3	1,637			

Tabuľka 23 Kyselina dusičná, vodný roztok HNO₃(aq)

w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]	w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]
1,00	1,003 7	0,159	28,00	1,166 8	5,184
2,00	1,009 1	0,320	30,00	1,180 1	5,618
3,00	1,014 6	0,483	32,00	1,193 4	6,060
4,00	1,020 2	0,648	34,00	1,206 8	6,511
5,00	1,025 7	0,814	36,00	1,220 2	6,970
6,00	1,031 4	0,982	38,00	1,233 5	7,438
7,00	1,037 0	1,152	40,00	1,246 6	7,913
8,00	1,042 7	1,324	42,00	1,259 1	8,392
9,00	1,048 5	1,497	44,00	1,271 9	8,880
10,00	1,054 3	1,673	46,00	1,284 7	9,379
11,00	1,060 2	1,850	48,00	1,297 5	9,883
12,00	1,066 0	2,030	50,00	1,310 0	10,39
13,00	1,072 0	2,211	52,00	1,321 9	10,91
14,00	1,078 0	2,395	54,00	1,333 6	11,43
15,00	1,084 0	2,580	56,00	1,344 9	11,95
16,00	1,090 1	2,768	58,00	1,356 0	12,48
17,00	1,096 3	2,957	60,00	1,366 7	13,01
18,00	1,102 5	3,149	62,00	1,376 9	13,55
19,00	1,108 7	3,343	64,00	1,386 6	14,08
20,00	1,115 0	3,538	66,00	1,395 9	14,62
22,00	1,127 7	3,937	68,00	1,404 8	15,16
24,00	1,140 6	4,344	70,00	1,413 4	15,70
26,00	1,153 6	4,759			

Tabuľka 24 Kyselina chlorovodíková, vodný roztok HCl (aq)

w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]	w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]
1,00	1,003 1	0,275	16,00	1,077 7	4,728
2,00	1,008 1	0,553	17,00	1,082 8	5,047
3,00	1,013 0	0,833	18,00	1,087 8	5,369
4,00	1,017 9	1,116	19,00	1,092 9	5,694
5,00	1,022 8	1,402	20,00	1,098 0	6,022
6,00	1,027 8	1,691	22,00	1,108 3	6,686
7,00	1,032 7	1,982	24,00	1,118 5	7,361
8,00	1,037 7	2,276	26,00	1,128 8	8,047
9,00	1,042 6	2,573	28,00	1,139 1	8,745
10,00	1,047 6	2,872	30,00	1,149 2	9,454
11,00	1,052 6	3,175	32,00	1,159 4	10,173
12,00	1,057 6	3,480	34,00	1,169 3	10,901
13,00	1,062 6	3,788	36,00	1,179 1	11,639
14,00	1,067 6	4,098	38,00	1,188 6	12,385
15,00	1,072 6	4,412	40,00	1,197 7	13,137

Tabuľka 25 Kyselina sírová, vodný roztok H₂SO₄(aq)

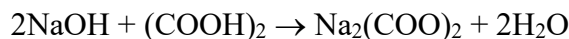
w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]	w [%]	ρ [g·cm ⁻³]	c [mol·dm ⁻³]
0,50	1,001 6	0,051	32,00	1,235 3	4,030
1,00	1,004 9	0,102	34,00	1,251 8	4,339
1,50	1,008 3	0,154	36,00	1,268 5	4,656
2,00	1,011 6	0,206	38,00	1,285 5	4,981
2,50	1,015 0	0,259	40,00	1,302 8	5,313
3,00	1,018 3	0,311	42,00	1,320 5	5,655
3,50	1,021 7	0,365	44,00	1,338 6	6,005
4,00	1,025 0	0,418	46,00	1,357 0	6,365
4,50	1,028 4	0,472	48,00	1,375 9	6,734
5,00	1,031 8	0,526	50,00	1,395 2	7,113
5,50	1,035 2	0,580	52,00	1,414 9	7,502
6,00	1,038 5	0,635	54,00	1,435 1	7,901
6,50	1,041 9	0,691	56,00	1,455 8	8,312
7,00	1,045 3	0,746	58,00	1,477 0	8,734
7,50	1,048 8	0,802	60,00	1,498 7	9,168
8,00	1,052 2	0,858	62,00	1,520 0	9,608
8,50	1,055 6	0,915	64,00	1,542 1	10,062
9,00	1,059 1	0,972	66,00	1,564 6	10,528
9,50	1,062 6	1,029	68,00	1,587 4	11,005
10,00	1,066 1	1,087	70,00	1,610 5	11,495
11,00	1,073 1	1,204	72,00	1,633 8	11,993
12,00	1,080 2	1,322	74,00	1,657 4	12,505
13,00	1,087 4	1,441	76,00	1,681 0	13,026
14,00	1,094 7	1,563	78,00	1,704 3	13,554
15,00	1,102 0	1,685	80,00	1,727 2	14,088
16,00	1,109 4	1,810	82,00	1,749 1	14,624
17,00	1,116 9	1,936	84,00	1,769 3	15,153
18,00	1,124 5	2,064	86,00	1,787 2	15,671
19,00	1,132 1	2,193	88,00	1,802 2	16,169
20,00	1,139 8	2,324	90,00	1,814 4	16,650
22,00	1,155 4	2,592	92,00	1,824 0	17,110
24,00	1,171 4	2,866	94,00	1,831 2	17,550
26,00	1,187 2	3,147	96,00	1,835 5	17,966
28,00	1,203 1	3,435	98,00	1,836 1	18,346
30,00	1,219 1	3,729	100,00	1,830 5	18,663

10.2 Štandardizácia vodného roztoku hydroxidu sodného

Hydroxid sodný je bežne používaná látka pri alkalimetrických stanoveniach koncentrácie neznámeho roztoku kyseliny. Tuhý hydroxid sodný pohlcuje vzdušnú vlhkosť a plyný oxid uhličitý, čím sa jeho čistota znižuje. Naviazaním CO₂ z atmosféry vzniká uhličitan sodný, ktorý takisto reaguje s kyselinami. Z týchto dôvodov nemožno priamo z dostupného tuhého NaOH pripraviť roztok s presnou koncentráciou.

Presná koncentrácia pripraveného roztoku NaOH sa stanoví jeho štandardizáciou s roztokom kyseliny šťaveľovej. Na prípravu roztoku kyseliny šťaveľovej s presnou koncentráciou použijeme kryštalický dihydrát kyseliny šťaveľovej, (COOH)₂·2H₂O, ktorého zloženie sa dlhším stáťím nemení.

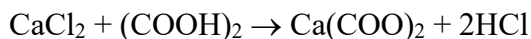
Kyselina šťaveľová disociuje vo dvoch stupňoch, ale pretože pomer disociačných konštánt charakterizujúcich tento proces je malý, titrácia sa uskutoční iba v jednom stupni. Indikátor fenolftaleín sa používa pri titrácii bezuhličitanovými hydroxidmi. Preto je vhodnejšie použiť indikátor metylčerveň. Chemickú reakciu štandardizácie roztoku NaOH vyjadruje nasledujúca chemická rovnica:



Uhličitan sodný, ktorý je v určitej miere prítomný aj v čistom hydroxide sodnom spôsobí predčasnú zmenu sfarbenia indikátora, pretože kyselina šťaveľová reaguje aj s uhličitanom sodným:



Preto sa k roztoku v titračnej banke tesne pred dosiahnutím bodu ekvivalencie pridá roztok chloridu vápenatého, ktorý vyzráža nerozpustný šťaveľan vápenatý:



Pomôcka a chemikálie:

odmerné banky, byreta, titračné banky, odmerný valec, pipeta, varič, analytické váhy, roztok NaOH s približnou koncentráciou $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, roztok kyseliny šťaveľovej s presnou koncentráciou $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, indikátor metylčerven, neutrálny 20% roztok chloridu vápenatého

Postup práce:

Zostavíme si aparatúru na titráciu. Byretu naplníme roztokom hydroxidu sodného, ktorého presnú koncentráciu chceme určiť. Do titračnej banky odpipetujeme presne 10 cm^3 roztoku kyseliny šťaveľovej a zriedime destilovanou vodou na približne 60 cm^3 (aby sa roztok ľahšie titroval). Pridáme 2 až 3 kvapky acidobázického indikátora metylčerven – farba roztoku kyseliny šťaveľovej sa zmení na červenú.

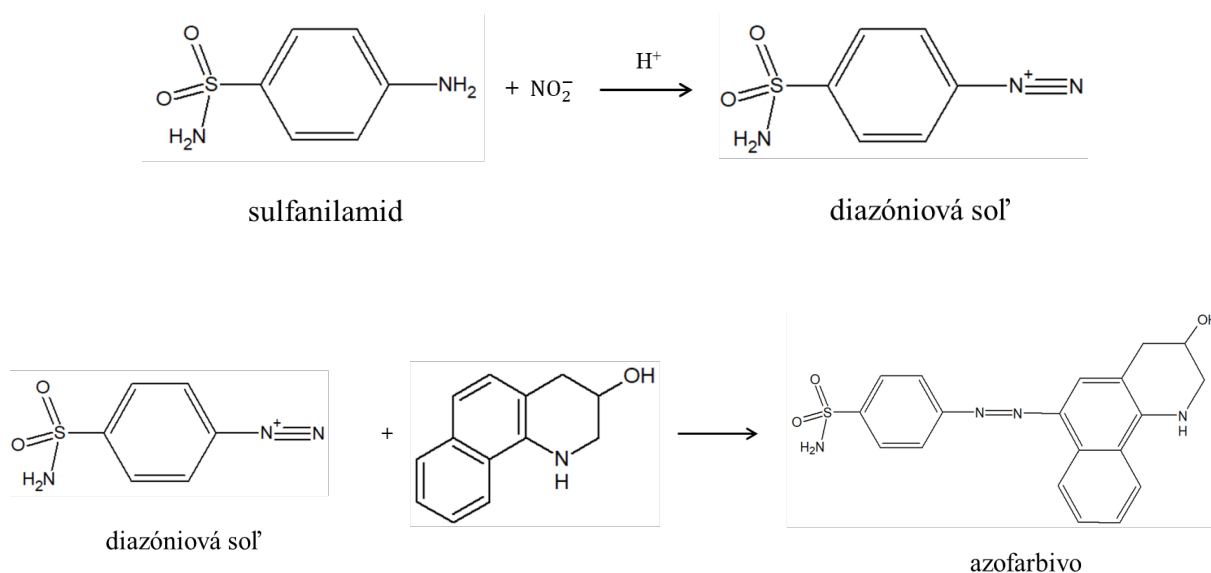
Roztok v titračnej banke titrujeme roztokom NaOH z byrety až do oranžového zafarbenia roztoku. Na odstránenie vznikajúceho CO_2 , ktorý spôsobuje predčasnú indikáciu bodu ekvivalencie, sa roztok v titračnej banke prevedie do varu a za stáleho miešania sa pridá 10 cm^3 neutrálneho roztoku CaCl_2 . Farba roztoku sa po uvoľnení kyselinotvorného CO_2 zmení naspäť na červenú a na dne banky sa vylúči biela zrazenina šťaveľanu vápenatého. Horúci roztok sa dotitruje do žltého zafarbenia. Prvé stanovenie je orientačné a presná koncentrácia odmerného roztoku NaOH sa určí minimálne z troch ďalších stanovení. Na výpočet presnej koncentrácie roztoku hydroxidu sodného použijeme priemernú hodnotu jeho spotreby.

10.3 Monitorovací kufřík: Metódy stanovení vybraných parametrov vody

Stanovenie dusitanov a dusičnanov

Princíp stanovenia:

Metóda stanovenia dusitanov je založená na reakcii dusitanov so sulfanilamidom v kyslom prostredí kyseliny fosforečnej za vzniku diazóniovej soli. Vzniknutá diazóniová soľ vytvára s kopulačným činidlom azofarbivo ružového zafarbenia. Intenzita zafarbenia závisí od koncentrácie dusitanových aniónov v skúmanej vzorke vody.



Stanovenie dusičnanov prebieha podobným spôsobom. Na začiatku dôjde k redukcii dusičnanov na dusitany, ktoré sa stanovia rovnakým postupom za vzniku do ružova zafarbeného azofarbiva.

Stanovenie chloridov

Chloridové anióny rozpustené vo vode reagujú s tiokyanátom ortuťnatým za vzniku nedisociovaného chloridu ortuťnatého a do roztoku sa uvoľnia tiokyanátové anióny SCN^- . Tieto uvoľnené anióny dávajú v prítomnosti železitej soli, ktorá sa nachádza v prvej reagentii spolu s kyselinou dusičnou, charakteristickú oranžovú farbu.

Čím je teda koncentrácia chloridových aniónov vo vode vyššia, tým viac aniónov SCN^- sa uvoľní do roztoku a tým intenzívnejšie zafarbenie roztoku budeme pozorovať.

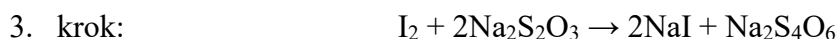
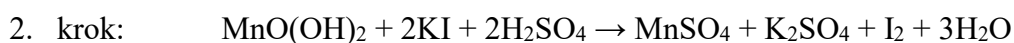
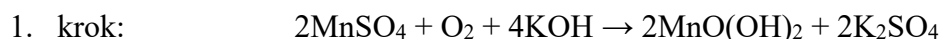
Stanovenie fosforu a fosforečnanov

Pomocou uvedeného postupu je možné stanoviť iba fosfor, ktorý pochádza z ortofosforečnanového aniónu PO_4^{3-} . Stanovenie je založené na vzniku do modra zafarbeného fosfomolybdénu. Prvý krok zahŕňa reakciu medzi stanovovaným fosforečnanovým aniónom a molybdénom amónnym v kyslom prostredí za vzniku žltej heteropolý zlučieniny $(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}]$ (fosforečnan-dodekamolybdénan triamónny). V druhom kroku dochádza k redukcii tohto heteropolý aniónu za vzniku do modra zafarbeného komplexu.

Množstvo vyredukovaného modrého komplexu je priamo úmerné množstvu vzniknutej heteropolý zlučieniny, ktoré je priamo úmerné množstvu fosforečnanov rozpustených v neznámej vzorke vody.

Stanovenie rozpusteného kyslíka

Test na stanovenie rozpusteného kyslíka je založený na modifikovanej Winklerovej metóde. Mangánaté ióny reagujú s kyslíkom v prítomnosti hydroxidu draselného za tvorby zrazeniny $\text{MnO}(\text{OH})_2$ (1. krok). Na zabránenie interferencie dusitanových iónov z vody s testom je v reakcii prítomný aj azidový anión. Po pridaní kyseliny sírovej, oxid - hydroxid manganičitý oxiduje jodid na jód (2. krok). Množstvo vzniknutého $\text{MnO}(\text{OH})_2$ a následne aj molekulového jódu je ekvivalentné množstvu prítomného kyslíka vo vzorke. Pomocou stanovenia množstva elementárneho jódu môžeme určiť množstvo rozpusteného kyslíka vo vzorke vody. Koncentráciu jódu vypočítame na základe titrácie s roztokom tiosíranu sodného, ktorý redukuje jód naspäť na jodid (3. krok).



Zoznam použitej literatúry

BARTAL, M.: *Bezpečnosť pri práci s chemickými faktormi na základných a stredných školách*. Bratislava: Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu SR, Štátny inštitút odborného vzdelávania, Štátny pedagogický ústav, 2012. ISBN 978-80-89247-30-1.

ČTRNÁCTOVÁ, H., HALBYCH, J.: *Didaktika a technika chemických pokusu*. Praha: Univerzita Karlova, 1997. ISBN 80-7184-312-1.

DAUČÍK, K. a kol.: *Chemické laboratórne tabuľky*. 2. vyd. Bratislava: Alfa, 1984. ISBN 978-80-05-00462-1.

GANAJOVÁ, M., DZURILLOVÁ, M.: *Školské pokusy z chémie I*. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2005. ISBN 80-7097-617-9.

GANAJOVÁ, M. a kol.: *Zbierka inovatívnych metodík z chémie pre stredné školy*. Doplnené vydanie. Bratislava: CVTI SR, 2021. ISBN 978-80-8240-008-6. Dostupné na: <https://vzdelavanie.itakademia.sk/vystupy/zim-che-ss.pdf>

GANAJOVÁ, M. a kol.: *Zbierka inovatívnych metodík z chémie pre základné školy*. Doplnené vydanie. Bratislava: CVTI SR, 2021. ISBN 978-80-8240-008-6. Dostupné na: <https://vzdelavanie.itakademia.sk/vystupy/zim-che-zs.pdf>

GANAJOVÁ, M. a kol.: *Formatívne hodnotenie a jeho implementácia do výučby prírodných vied, matematiky a informatiky*. Bratislava: Wolters Kluwer, 2022. ISBN 978-80-571-0483-4.

GONDOVÁ, T., HUDÁK, A., MELUCH, P., REIFFOVÁ, K.: *Praktikum z Analytickej chémie*. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 1999. ISBN 80-7097-363-3.

HALBYCH, J., NOVOTNÝ, V., ČTRNÁCTOVÁ, H.: *Didaktika školního chemického pokusu*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985.

Hanna Instruments. Testovací sada pro stanovení rozpuštěného kyslíku. Dostupné na: https://www.hanna-instruments.cz/editor/image/eshop_products_files/file_en_346.pdf

KLEPANCOVÁ, M.: Geometrická postupnosť v chémii. *Trendy ve vzdělávání*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, roč. 8, č. 1, s. 210-216.

LENGHARTOVÁ, K., LAUKO, L., BEINROHR, E.: Analytické metódy na stanovenie dusitanov. *Chemické Listy*, 2015, roč. 109, č. 3, s. 191-197.

LEŠKOVÁ, L., LEŠKO, Ľ.: *Premietané pokusy v chémii*. Bratislava: Štátny pedagogický ústav, 1996. ISBN 80-85756-22-6.

MACHEREY-NAGEL Visocolor ECO Chloride Colorimetric Test Kit Range Instructions. Dostupné na: <https://manuals.plus/macherey-nagel/visocolor-eco-chloride-colorimetric-test-kit-range-manual.pdf>

Monitorovací kufrik. Dostupné na: https://kekule.science.upjs.sk/chemia/vllab/HTML/monitor_kufrik.htm

PACHMANN, E.: *Didaktika chemie: cíl a obsah výuky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1974.

SEGĽA, P. a kol.: *Anorganická chémia: Základy anorganickej chémie*. Slovenská chemická knižnica FCHPT STU v Bratislave, 2019. ISBN 978-80-8208-030-1.

SKORŠEPA, M.: *Počítačom podporované experimenty v prírodovednom vzdelávaní*. Banská Bystrica: Belianum (Vydavateľstvo UMB), 2015. ISBN 978-80-557-0898-0.

VARGOVÁ, Z., ALMÁŠI, M., KUCHÁR, J., DINAJOVÁ, J.: *Základné laboratórne cvičenia z anorganickej chémie*. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Vydavateľstvo ŠafárikPress, 2019. ISBN 978-80-8152-794-4.

WIECZOREK, D., ŻYSZKA-HABERECHECT, B., KAFKA, A. et al.: Determination of phosphorus compounds in plant tissues: from colourimetry to advanced instrumental analytical chemistry. *Plant Methods* 18, 22 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13007-022-00854-6>

Odporúčané web stránky obsahujúce návody a videá s pokusmi:

ŠIS chémia - Chemické experimenty. Dostupné na:
<https://kekule.science.upjs.sk/chemia/expert/index.htm>

Studium chemie: Portál PŘF UK pro podporu výuky chemie na SŠ a ZŠ. Dostupné na:
<https://studiumchemie.cz/experiment/>

eBedox: Bezpečné a didakticky ověřené pokusy. Dostupné na: <https://ebedox.cz/>

Didaktika školských pokusov zo všeobecnej a anorganickej chémie
Vysokoškolský učebný text

Autori: RNDr. Ivana Sotáková, Ph.D.
RNDr. Martin Vavra, PhD.
doc. RNDr. Mária Ganajová, CSc.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Vydavateľstvo ŠafárikPress

Rok vydania: 2024
Počet strán: 171
Rozsah: 9,93 AH
Vydanie: prvé

ISBN 978-80-574-0296-1 (e-publikácia)