Bádáme v kroužku chemie na SŠ

Tento modul obsahuje náměty aktivit, které jsou vhodné pro realizaci ve volnočasových kroužcích na střední škole. Jedná se především o redoxní děje, analýzy látek a titraci s odměrném nádobí a experimenty s ozónem.

Součástí modulu jsou pokusy, které můžeme použít pro laboratorní cvičení studentů nebo jako demonstrační pokusy v hodinách.

Obsah:

- Redoxní děje
- Analýza látek
- Titrace a odměrné nádobí
- Experimenty s ozónem

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, registrační číslo CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

Analýza látek

Pod pojmem analýza si obecně můžeme představit změnu složitějšího na jednodušší. V chemii se jedná například o analýzu neznámé látky a studium jejího složení. Současně v chemii můžeme použít analytickou (rozkladnou reakci) jako postup, kdy se jedna chemická látka rozpadá na několik jiných chemických látek.

Cílem projektu je představit jednoduché a na přístrojové vybavení nenáročné chemické reakce, které si mohou vyzkoušet studenti se zájmem o chemii, přestože se vlastní analytické chemie obávají.

Cílová skupina/náročnost: 3. a 4. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

Autor:

Mgr. Radovan Sloup

K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

1 Základní informace o projektu

Název: Analýza látek

Anotace programu/zaměření/hlavní cíl:

Analýza nemusí být jen čistě přístrojovou metodou.

Cílová skupina:

1. - 3. ročník SŠ

Organizační podmínky

Vhodná je digestoř.

Pomůcky:

Laboratorní sklo a chemikálie.

Časová náročnost:
Jednotlivé úlohy jsou maximálně na dvě vyučovací hodiny.

2 Analýza elektrolýzou

Demonstrační pokus nebo **laboratorní práce**

Téma: Elektrolýza. Halogenidy. Halogeny. Indikátory. Roztoky.

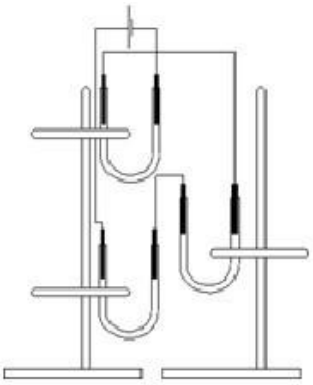
Úkol: Důkaz produktů vzniklých elektrolýzou roztoků halogenidů

Pomůcky: 3x skleněná U-trubice bez postranních vývodů, dostatečně dlouhé vodiče, vodiče pro připojení ke zdroji, 6 krokosvorek (nebo jiný úchytný mechanismus), 6x uhlíková nebo železná elektroda, zdroj stejnosměrného elektrického napětí (např. 3x 9V baterie zapojené do série), stojany, křížové svorky a držáky pro U-trubice ke stojanu, kádinky pro přípravu roztoků, lžička, hodinové sklíčko, váhy, nálevka, tyčinka.

Chemikálie: Soli halogenidů alkalických kovů: nejlépe KI, NaBr, NaCl, destilovaná voda, fenolftalein (ethanolový roztok), škrobový maz, jodidoškrobový papírek.

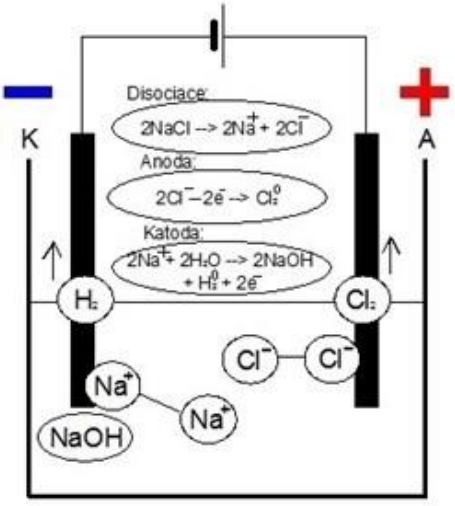
Postup: Sestavíme aparaturu podle obrázku. U-trubice jsou zapojeny do série, což nemá vliv na velikost náboje, který tímto obvodem projde. Toto zapojení neovlivní ani množství vyloučené látky na elektrodách.

Aparatura je sestavena tak, že katody jsou vždy vpravo a anody vlevo. Mezi U-trubicemi je polarita spojovacího vodiče na jednom konci (+) a na druhém (-), takže výsledně je vodičem spojena vždy katoda v jedné trubici s anodou v trubici druhé.



Příprava elektrolytů: Pro účely demonstrace jsou nejvhodnější nasycené roztoky halogenidů, které je potřeba připravit čerstvé. U-trubice mají využitelný objem cca 13-20 ml. Do každého roztoku rovnou přidáme cca 0,5 cm^3 fenolftaleinu pro indikaci zásaditého prostředí.

Nákres obecného principu elektrolýzy halogenidů na příkladu roztoku NaCl:



2.1 Princip

1. Elektrolýza NaCl

Disociace NaCl ve vodném roztoku proběhne za vzniku sodného kationtu a chloridového aniontu. Po zahájení elektrolýzy jsou chloridové anionty přitahovány elektrickým polem k anodě, kde odevzdají elektron, a tak se oxidují. V okolí anody vzniká čistý chlór, který probublává elektrolytem směrem vzhůru. Chlór lze indikovat navlhčeným jodidoškrobovým papírkem – papírek zmodrá, nebo opatrně přičichnutím – štiplavý zápach.

Na katodě vodíkové kationty přijmou elektron a vytvoří molekuly čistého plynu, který probublává k hladině elektrolytu. Sodné kationty reagují s hydroxidovým aniontem za vzniku hydroxidu sodného, jejž indikuje růžové zbarvení fenolftaleinu.

foto: Průběh pokusu se vznikajícím vodíkem a pozitivní reakcí fenolftaleinu (vlevo), vznikajícím chlorem (uprostřed) a pozitivní reakcí jodidoškrobového papírku (vpravo)

2. Elektrolýza NaBr

NaBr disociuje ve vodě za vzniku sodného kationtu a bromidového aniontu. Anionty bromu se pohybují směrem k anodě, kde odevzdají elektron, a vzniká čistý brom, který se v roztoku projeví červenohnědou barvou v okolí anody. Na katodě je situace stejná jako u předchozí elektrolýzy NaCl. Uvolňuje se vodík, který je možné při dostatečné rychlosti jeho vylučování na katodě ověřit zapálením, popřípadě známým „štěknutím ze zkumavky“.

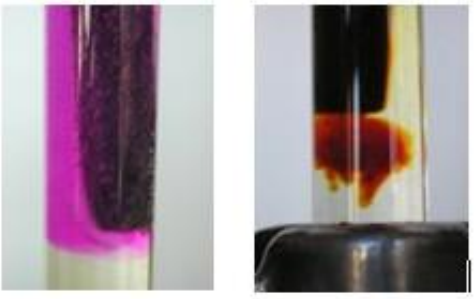


foto: Průběh pokusu: vznikající vodík a pozitivní reakce fenolftaleinu (vlevo), vznikající brom (vpravo)

3. Elektrolýza KI

Jodid draselný při rozpouštění ve vodě disociuje na draselný kation a jodidový anion. Poté, co anion jódu odevzdá elektron na anodě, se jód vyloučí v čisté formě (nažloutlá až hnědá barva). Jód lze dokázat roztokem škrobu, jenž obarví prostor kolem anody fialově až černě.
Draselný kation je přitahován k záporně nabité katodě a s vodou reaguje za vzniku hydroxidu draselného, který je indikován růžovou barvou fenolftaleinu. Díky vyššímu potenciálu se na katodě vylučuje plynný vodík, jejž lze opět dokázat zapálením, ovšem jen za předpokladu, že ho bude dostatek.

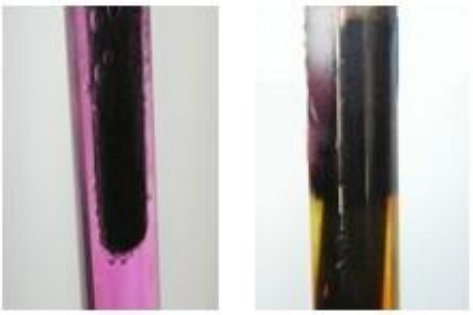


foto: Vznikající vodík a pozitivní reakce fenolftaleinu s hydroxidem draselným (vlevo), vznikající jod se škrobovým mazem (vpravo)

Před elektrolýzou:

Po elektrolýze:

2.2 Metodické poznámky:

- Příprava škrobového mazu zabere hodně času, především díky filtraci. V malém množství destilované vody rozmícháme 1 g škrobu a nalijeme jej do kádinky se 100 cm^3 horké destilované vody. Dobře rozmícháme, chvilku povaříme a zfiltrujeme. Filtrát uchováme v chladu jako tzv. škrobový maz.

- Hmotnostní zlomek nasyceného roztoku pro NaBr je 0,475, pro KI 0,59 a pro NaCl 0,264. Objem běžných U-trubic je kolem 15 ml. Příprava 20 cm^3 nasycených roztoků:

NaCl: 5,3 g NaCl rozpustíme ve 20 cm^3 destilované vody NaBr:

9,5 g NaBr rozpustíme ve 20 cm^3 destilované vody

KI: 11,8 g KI rozpustíme ve 20 cm^3 destilované vody

- Roztoky můžeme připravit předem s výjimkou roztoku KI, který je citlivý na světlo a postupně tmavne.

- Roztok fenolftaleinu připravíme rozpuštěním 1 g fenolftaleinu v 70 cm^3 ethanolu. Pak do roztoku dolijeme 30 cm^3 destilované vody.

Informace k aktivitě ve formátu word (viz on-line kurz).

3 Důkaz sulfanu atraktivně

Demonstrační pokus

Téma: Srážecí reakce a konverze. Silné a slabé kyseliny. Síra a její sloučeniny.

Úkol: Důkaz sulfanu a vznik barevných sulfidů atraktivně

Pomůcky: Frakční baňka (250 ml), stojan, svorky, gumová hadička ukončená zúženou skleněnou trubičkou (pipetou), zátka s předvrtaným otvorem, dělicí nálevka alespoň na 20 ml, tyčinka, kádinky na 50 ml, lžička, štětec, kapátko nebo pipeta, filtrační papír nebo piják.

Chemikálie: Kyselina chlorovodíková HCl (10%), práškový sulfid železnatý FeS, rozpustné soli kovů, např.: $Sb(NO_3)_3$, $Bi(NO_3)_3$, $Cd(NO_3)_2$, $SnCl_2$.

Postup: Sestavíme aparaturu podle obrázku 1, do frakční baňky upevněné ve stojanu nasypemedvě malé chemické lžičky práškového sulfidu železnatého a na tyčinku frakční baňky napojímehadičku se zúženou skleněnou tyčinkou na konci. Do frakční baňky zasuneme zátku s procházející stopkou dělicí nálevky. Do kádinky připravíme 20 cm^3 10% roztoku HCl, nalijeme jej do dělicí nálevky, a tu upevníme do svorky na stojanu.

Obr. 1: Aparatura před začátkem reakce

Do menších kádinek připravíme 2% roztoky solí kovů, které okyselíme dvěma kapkami 10% kyseliny chlorovodíkové. Na filtrační papír (piják) malujeme těmito roztoky různé obrazce. Při střídání roztoků štětec důkladně vypereme. Pak otočíme kohout dělicí nálevky a kyselinu chlorovodíkovou necháme reagovat s FeS. Konec skleněné trubičky přiblížíme k papíru, na kterém se začnou objevovat barevné obrazce.

3.1 Princip

Princip: Sulfan vzniká při reakci HCl vytěsněním z FeS jako slabší kyselina. Kationty některých kovů se sráží sulfidovými anionty za vzniku sraženin příslušných sulfidů. Vybrané kationty se sráží v kyselém prostředí a vytváří různě barevné sraženiny sulfidů podle schématu:

$$XS^{II-} + 2M^{X+} \rightarrow M_2^{X+}S_X^{II-}$$

foto: Průběh pokusu se vzniklým sulfidem kademnatým a cínatým

3.2 Metodické poznámky:

- Rychlost vzniku sulfanu je závislá na velikosti částic sulfidu železnatého, čím jemnější, tím rychleji se sulfan tvoří, přesto je nutné asi 20 sekund počkat.
- Pokud je ale sulfid železnatý příliš jemný, může se stát, že je unášen vznikajícím sulfanem až do trubice (je to vidět na foto nahoře vpravo).
- Některé soli kovů jsou toxické, při manipulaci s nimi buďte pozorní.
- Toxický je také sulfan, pracujte v digestoři nebo venku.
- Namalované obrazce nesmí zcela zaschnout, jinak se sraženiny nevytvoří v dostatečném množství.
- 100 cm^3 cca 10% roztoku HCl připravíme tak, že do 74 cm^3 destilované vody přilijeme za stálého míchání opatrně 26 cm^3 koncentrované kyseliny chlorovodíkové.
- Rozpuštěním 1 g soli v 49 cm^3 destilované vody připravíme 50 cm^3 2% roztoku.
- Barvy sraženin: Cd^{2+} – žlutá, Bi^{3+} – tmavě hnědá, Sb^{3+} – oranžová, Sn^{2+} - hnědá.

Informace k aktivitě ve formátu word (viz on-line kurz).

4 Esterifikace methanolu a ethanolu

Demonstrační pokus

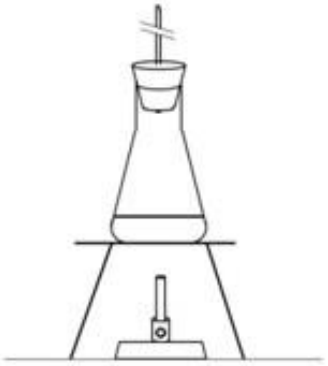
Téma: Alkoholy. Esterifikace. Analýza organických sloučenin.

Úkol: Rozlišit ethanol od methanolu, provést jejich esterifikaci s kyselinou boritou.

Pomůcky: porcelánové misky (2x), špejle, kuželová baňka (150 ml), skleněná trubice se zúženou špičkou (cca 40 cm dlouhá), kahan, trojnožka, síťka, sirky, malé odměrné válce (10 ml),

Chemikálie: kyselina trihydrogenboritá H_3BO_3, metanol CH_3OH, ethanol C_2H_5OH,koncentrovaná H_2SO_4, destilovaná voda.

Postup 1: Do kuželové baňky (150 cm^3) nalijeme do jedné čtvrtiny jejího objemu methanol a z malého odměrného válce k němu přidáme asi 2 cm^3 koncentrované kyseliny sírové. Pak ve směsi rozpustíme malou lžičku kyseliny trihydrogenborité. Baňku uzavřeme zátkou, kterou prochází trubice asi 40 cm dlouhá se zúženou špičkou. Baňku s reakční směsí pomalu zahříváme. Páru unikající ze směsi na konci trubice zapálíme sirkou. Pozorujeme zelený plamen.



Obr. 1: Aparatura před začátkem zahřívání

Postup 2: Na demonstrační stůl připravíme dvě čisté porcelánové misky. Do první nalijeme5 cm^3 methanolu a do druhé stejné množství ethanolu. Do obou misek přidáme malou lžičku kyseliny trihydrogenborité a necháme ji rozpustit. Pokud je to možné, místnost zatemníme.
Obsah obou misek zapálíme hořící špejlí a pozorujeme barvu obou plamenů. Po půl minutě přidáme do misky s ethanolem 3 cm^3 koncentrované kyseliny sírové. Opět pozorujeme barvu plamenů.

foto: Průběh pokusu v postupu 2

Video viz on-line kurz.

4.1 Princip

Princip: V baňce reaguje methanol s kyselinou boritou na těkavý ester kyseliny borité, který po zapálení barví plamen zeleně. Reakce je katalyzována kyselinou sírovou. V porcelánových miskách probíhá esterifikace obdobně. Methanol s kyselinou boritou vytváří ester ochotněji i bez přítomnosti katalyzátoru. Ethanol hoří nejprve slabě modrým plamenem, po přilití kyselinyse plamen postupně zbarvuje zeleně vznikajícím esterem.

4.2 Metodické poznámky

- Methanol i ethanol jsou látky toxické a hořlavé!
- Je vhodné použít zatemnění, protože plameny jsou nevýrazné.
- Pokud nemáte k dispozici kyselinu trihydrogenboritou, můžete použít borax.

Informace k aktivitě ve formátu word (viz on-line kurz).

5 Modrý roztok jako indikátor kyslíku

Demonstrační pokus

Téma: Redoxní reakce. Sacharidy. Kyslík a jeho sloučeniny. Katalyzátory.

Úkol: Modrý roztok jako indikátor vznikajícího kyslíku

Pomůcky: kádinky (250 a 50 ml), frakční baňka (250 ml), promývací baňka (alespoň 100 ml), stojan, svorky, gumové hadičky, zátka s předvrtaným otvorem, dělicí nálevka alespoň 20 ml, odměrný válec, pipeta dělená na 10 ml, tyčinka, lžička, váhy nebo předvážky

Chemikálie: hydroxid sodný NaOH, glukosa $C_6H_{12}O_6$, peroxid vodíku H_2O_2 (roztok 30%), oxid manganičitý MnO_2, methylenová modř, destilovaná voda

Postup: Do kádinky připravíme roztok z 2 g NaOH a 100 cm^3 destilované vody. V tomto roztoku následně rozpustíme 2 g glukosy. Přidáme několik kapek methylenové modři (alkoholový nebo vodný roztok) tak, aby vzniklo intenzivní modré zbarvení (foto dole). Pak ho přelijeme do promývací baňky a necháme stát, aby se odbarvil.

Sestavíme aparaturu podle obrázku 1, do frakční baňky upevněné ve stojanu nasypeme asi polovinu malé chemické lžičky práškového oxidu manganičitého a propojíme hadičkou s promývací baňkou. Do frakční baňky zasuneme zátku s procházející stopkou dělicí nálevky.Do dělicí nálevky nalijeme asi 10 cm^3 10% roztoku peroxidu vodíku a upevníme ji do svorky na stojanu.

Obr. 1: Aparatura před začátkem reakce

Nakonec ve vhodný moment otočíme ventil v dělicí nálevce a necháme peroxid vodíku smíchat s oxidem manganičitým. Ve frakční baňce začne rychlý rozklad peroxidu na vodu a kyslík, který se z frakční baňky uvolňuje do promývací baňky. Již po několika málo bublinách kyslíku se začne roztok v promývací baňce intenzivně barvit do modra. Asi po 20 sekundách odpojíme frakční baňku od promývací baňky, aby v důsledku podtlaku nedošlo k nasátí modrého roztoku do frakční baňky. Roztok v promývací baňce se za chvíli opět odbarví.

5.1 Princip

Methylenová modř je redoxní i n d i k á t o r :

- Glukosa redukuje methylenovou modř – bezbarvý roztok.
- Vzdušný kyslík oxiduje methylenovou modř – modrý roztok.

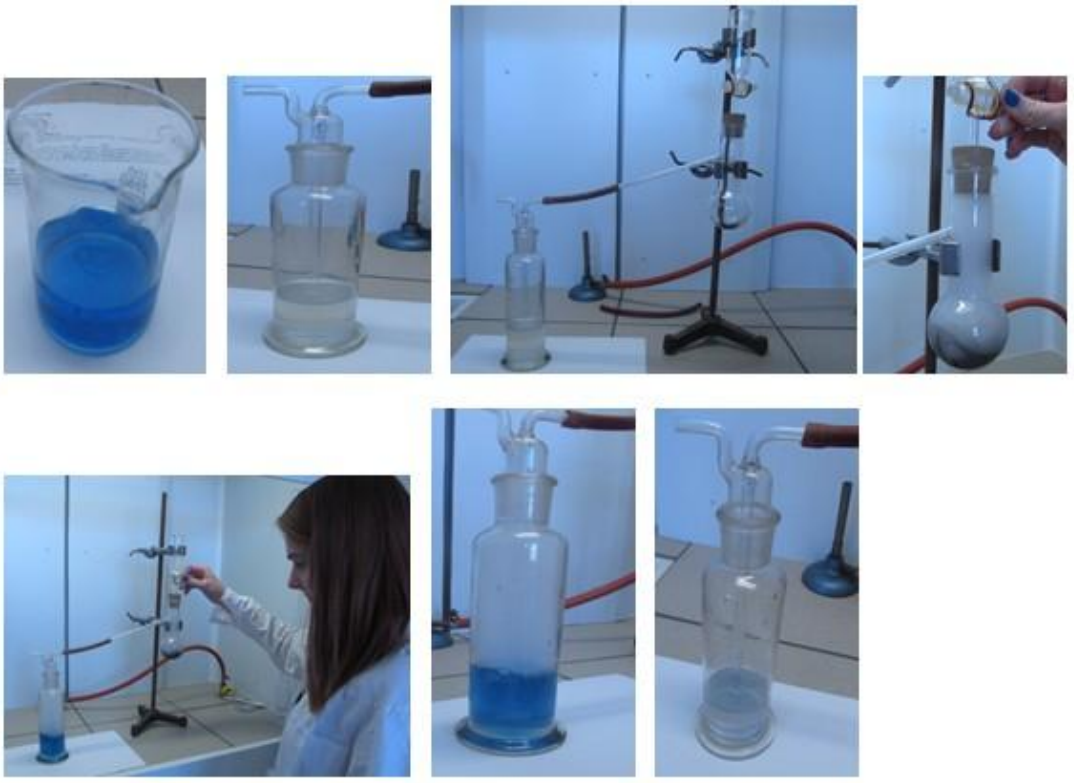


foto: Průběh pokusu

5.2 Metodické poznámky

- Vlastní pokus je velmi rychlý (několik sekund) a nejde „vrátit zpátky“.
- Příprava roztoku glukózy s NaOH a methylenovou modří zabere asi 15 minut.
- 10% roztok H_2O_2 připravíme tak, že do malé (např. 50ml) kádinky nalijeme 6,7 cm^3 destilované vody a přidáme 3,3 cm^3 30% roztoku peroxidu vodíku.
- Pro tento pokus můžeme použít i jiné redoxní indikátory, např. indigokarmín, který v práškové formě přidáme k roztoku na špičce malé lžičky, změna je od žluté přes červenou až k zelené.

Informace k aktivitě ve formátu word (viz on-line kurz).

6 Sulfid hlinitý, jeho sublimace a vlastnosti

Demonstrační pokus nebo **Laboratorní práce**

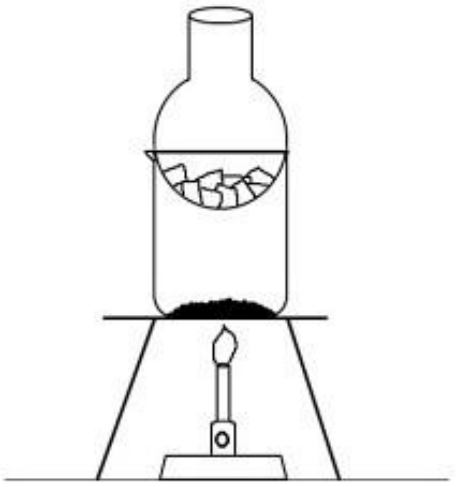
Téma: Sulfidy. Sloučeniny síry a hliníku. Sublimace. Rozpustnost.

Úkol: Sulfid hlinitý, jeho sublimace a rozpustnost síry

Pomůcky: kádinka (400 nebo 600 ml), trojnožka, síťka, kahan, zápalky, varná baňka, kádinky 150 ml, tyčinka, lžička, kostky ledu

Chemikálie: sulfid hlinitý vzniklý laboratorní syntézou hliníku a síry, roztok HCl (10%), ethanol, diethylether, destilovaná voda

Postup: Do 400 ml kádinky nasypeme alespoň 15 g sulfidu hlinitého, který jsme získali přímou syntézou z prvků podle postupu známého z chemické literatury (např. Los a kol. 1997, str. 78). Sestavíme aparaturu podle obr. 1. Kádinku postavíme na trojnožku se síťkou, přikryjeme ji varnou baňkou s ledem a zvolna zahříváme. Během zahřívání se na stěnách kádinky začne vylučovat jasně žlutá síra. Po další době se na dolní straně varné baňky shromažďuje nažloutlá mazlavá látka hydratovaného sulfidu hlinitého. Když se led ve varné baňce rozpustí, ukončíme zahřívání, sundáme varnou baňku opatrně a položíme ji na hrdlo, aby nespadla. Z kádinky vysypeme zbylý sulfid hlinitý tak, abychom nesetřeli síru usazenou na stěnách.



Obr. 1: Aparatura před začátkem zahřívání

Do kádinky nalijeme studenou destilovanou vodu a zamícháme tyčinkou. Můžeme pozorovat, že se síra na stěnách ve vodě nerozpouští. Vodu vylijeme a do kádinky nalijeme směs ethanolu s ethyletherem v objemovém poměru 2:1 a zamícháme tyčinkou. V tomto roztoku se síra rozpouští za vzniku bezbarvého roztoku.

Varnou baňku ponoříme do širší kádinky a krouživým pohybem ji omyjeme v 10% roztoku kyseliny chlorovodíkové. Okamžitě se začne šířit typický zápach sulfanu.

Video viz on-line kurz

6.1 Princip

V sulfidu vzniklém syntézou přímo z prvků je nezreagovaná síra, která po zahřátí kondenzuje na stěnách kádinky. Sulfid hlinitý sublimuje, ale okamžitě hydratuje, takže vytváří na dně varné baňky kašovitou hmotu. Síra vytváří molekuly, ve kterých jsou nepolární vazby, je tedy nerozpustná v polárních rozpouštědlech (voda) a rozpouští se v rozpouštědlech nepolárních (ethery, benzín…). Sulfid hlinitý je sůl slabé kyseliny (sulfanové) a jeho reakcí se silnější kyselinou se z něj uvolňuje sulfan.

foto: Průběh pokusu

6.2 Metodické poznámky

- Sulfidu je třeba dostatečné množství.
- Je vhodné použít úzkou a vysokou kádinku.
- Kostky ledu přidejte do varné baňky až těsně před zahříváním.
- Cca 10% roztok HCl připravíme tak, že nalijeme koncentrovanou kyselinu chlorovodíkovou do dvojnásobného množství destilované vody.
- Pokus provádíme buď v digestoři, nebo na dobře větraném místě.
- Směs ethanol-diethylether je hořlavá, při jejím použití nesmí být v dosahu oheň!

Literatura:

LOS Petr a kol. (1997). *Chemie se nebojíme: chemie pro základní školu.* 2. díl. Praha: Scientia. ISBN 978-80-7183-028-3.

Informace k aktivitě ve formátu word (viz on-line kurz).

Experimenty s ozonem

Projekt Experimenty s ozonem vede k samostatné práci studentů pod vedením zkušeného pedagoga – experimentátora. Zahrnuje nejen oblast chemie (kyslík, ozon), ale zasahuje též do oblasti biologie, ekologie a fyziky. Kromě práce s ozonem se v tomto projektu věnujeme měření průtoku plynu a konstrukci průtokoměrů.

Využité přístroje:

ozonizátor, kapilární průtokoměr

Cílová skupina/náročnost: studenti 1. až 4. ročníku gymnázia

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

Autor:

doc. Václav Richtr

K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

1 Základní informace o projektu

Název

Experimenty s ozonem

Anotace programu/zaměření/hlavní cíl

Projekt je zaměřen na práci s ozonem a na využití jeho vlastností. S tím souvisí i měření průtoku plynů a konstrukce průtokoměru.

Cílová skupina

Studenti 1. až 4. ročníku gymnázia

Organizační podmínky

3členné až 4členné skupiny

Mezipředmětové vztahy

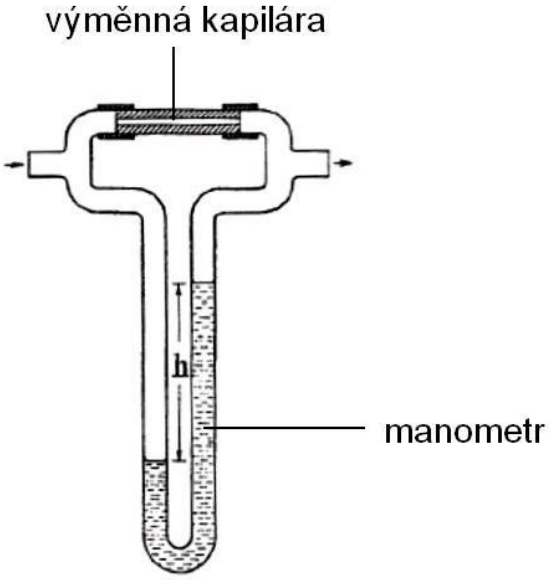
Chemie, fyzika, ekologie, biologie

2 Poznámky k využití přístrojů

Projekt umožňuje zařazení jednotlivých aktivit podle vybavení pracoviště a schopnosti účastníků projektu k různým improvizacím. Bez nároků na přístrojové vybavení je pouze aktivita 1 a 6. Tyto aktivity jsou teoretickou přípravou pro realizaci ostatních s různým stupněm náročnosti. Aktivity 7 až 11 vyžadují funkční ozonizátor doplněný vhodným zdrojem kyslíku (tlakovou lahví s redukčním ventilem) a průtokoměrem. Požadavky jednotlivých aktivit na vybavení vyplynou po přečtení textu, který se jich týká.

3 Měření průtoku ozonizovaného kyslíku

K měření množství plynu procházejícího zařízením za časovou jednotku užíváme různé průtokoměry, jejichž funkce je založena na různých principech. Nejčastěji se jedná o průtokoměr kapilární nebo padáčkový, ve speciálních případech, kdy je třeba měřit velmi malé průtoky plynů, je užíván průtokoměr bublinový. Ve školní praxi je téměř univerzálně využitelný průtokoměr kapilární, který lze poměrně snadno bez větších nároků zhotovit amatérsky a následně otestovat.

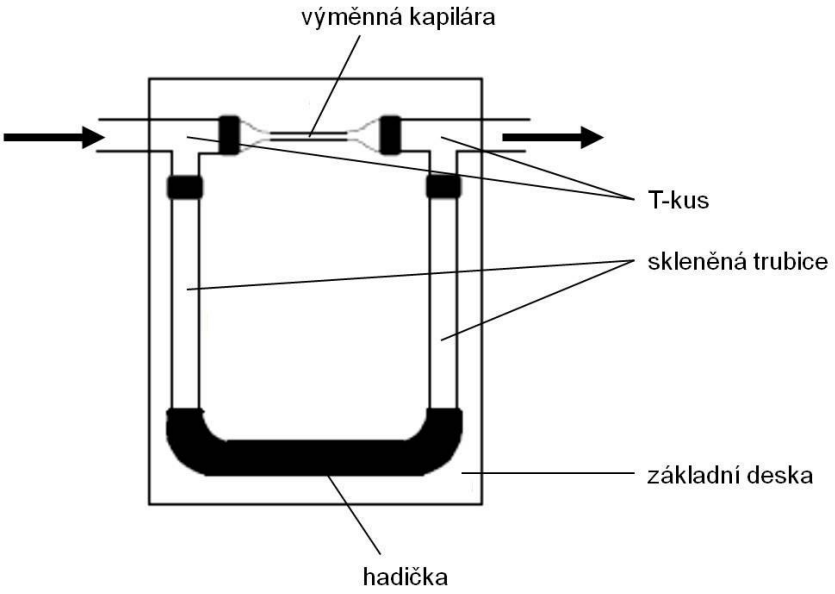


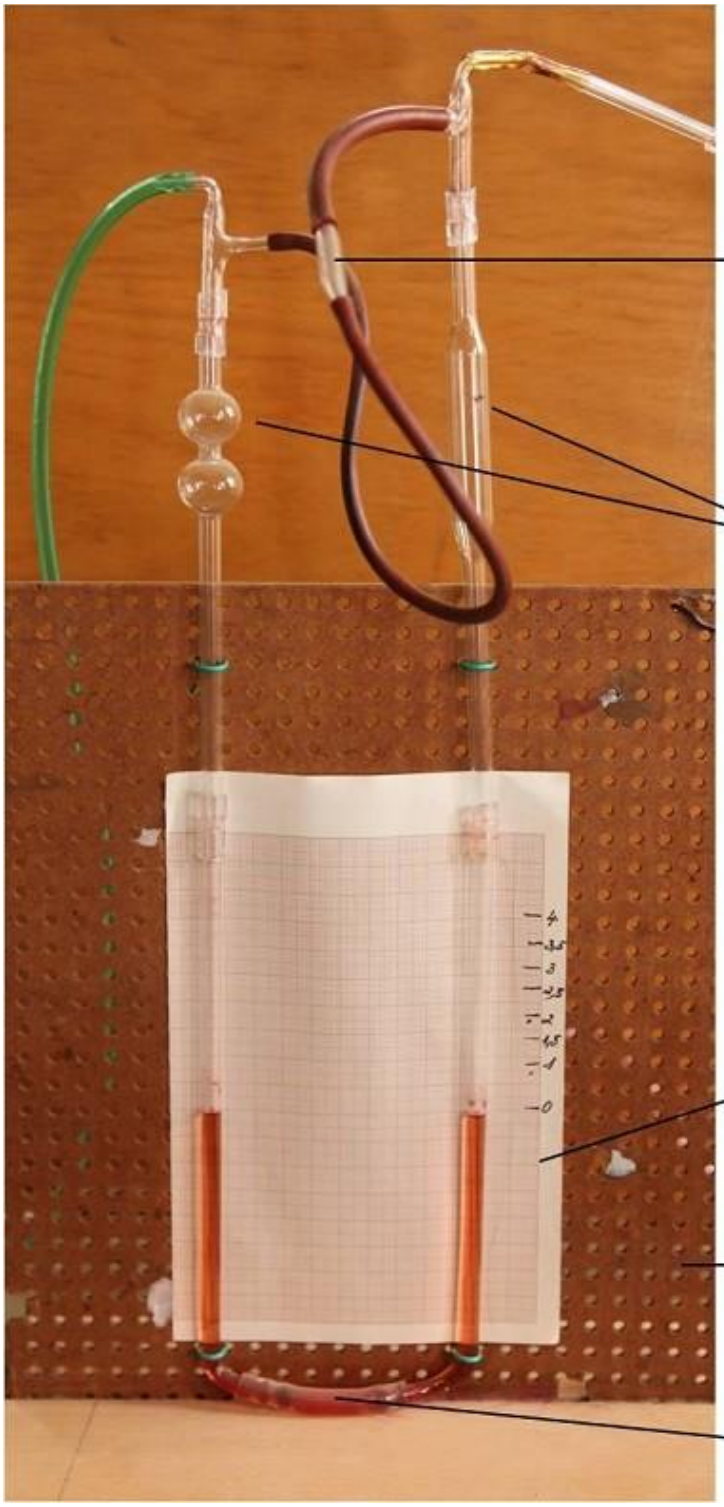
Kapilární průtokoměr znázorněný na obr. 1 využívá známého jevu, kdy plyn vstupující do zúžené trubice (kapiláry) má vyšší tlak než plyn za zúžením. Rozdíl obou tlaků je měřen manometrem, plněným kapalinou, nejčastěji obarvenou vodou. Rozdíl mezi hladinami kapaliny (h) je úměrný rychlosti proudění plynu kapilárou a je závislý na hustotě kapaliny. Platí to, že čím je hustota kapaliny větší, tím je rozdíl (h) menší, a tudíž měření je méně přesné a naopak. Teoretické zdůvodnění uvedených jevů nalezneme v učebnicích fyziky pod pojmy Bernoulliho rovnice, případně Venturiho trubice.

4 Zhotovení improvizovaného kapilárního průtoku

Velmi jednoduchý kapilární průtokoměr zhotovíme podle schematického obrázku 2, kdy na základní desku připevníme drátkem dvě skleněné trubice, propojené hadičkou vhodného průřezu. Obě trubice jsou kousky hadiček spojené s T–trubicemi, mezi které se vkládá kapilára vhodného průřezu. Průřez kapiláry je třeba ověřit experimentálně testováním (viz dále). Při ověřování funkce průtokoměru bylo zjištěno, že je třeba před napojené měrné trubice na T–kusy propojené kapilárou zařadit rezervoár, který zabrání při náhlé změně tlaků v ramenech průtokoměru přestříknutí kapaliny do systému. Reálné uspořádání průtokoměru je patrné z obr. 3.

Tento průtokoměr je tvořen deskou z děrovaného sololitu rozměrů 25 x 30 cm, která je vsazena do základové desky rozměrů 25 x 20 cm. Na desku jsou ve vzdálenosti 10 cm rovnoběžně připevněné drátky dvě skleněné trubičky průřezu 6 mm, ohnuté do pravého úhlu a ve spodní části (na základové desce) propojené polyethylenovou hadičkou. Trubičky jsou pomocí proužků polyethylenové hadičky prodloužené částmi pipety, které tvoří výše popisovaný rezervoár manometrické kapaliny pro případ tlakového rázu.
Druhý konec pipetových nástavců je polyethylenovou hadičkou spojen v plameni upraveným komerčně dodávaným T–kusem, umožňujícím vsazení průtok plynu omezující kapiláry a přívod a odvod protékajícího plynu. Kapilára, která umožňuje průchod směsi kyslíku s ozonem, je z důvodu snadné vyměnitelnosti vsazována mezi dvě dostatečně dlouhé polyethylenové hadičky. Zařazujeme-li průtokoměr ještě před ozonizační trubice, kde prochází čistý kyslík, mohou být propojovací hadičky pryžové. Na desku pod trubičky s kapalinou je vkládán milimetrový papír, na který jsou označovány polohy menisku kapaliny pro konkrétní průtoky plynů.




kapilára omezující
průtok plynu
pojistný rezervoár
pro náhlý tlakový ráz
milimetrový papír
deska z děrovaného
sololitu
spojovací hadička

5 Zhotovení kapiláry průtokoměru

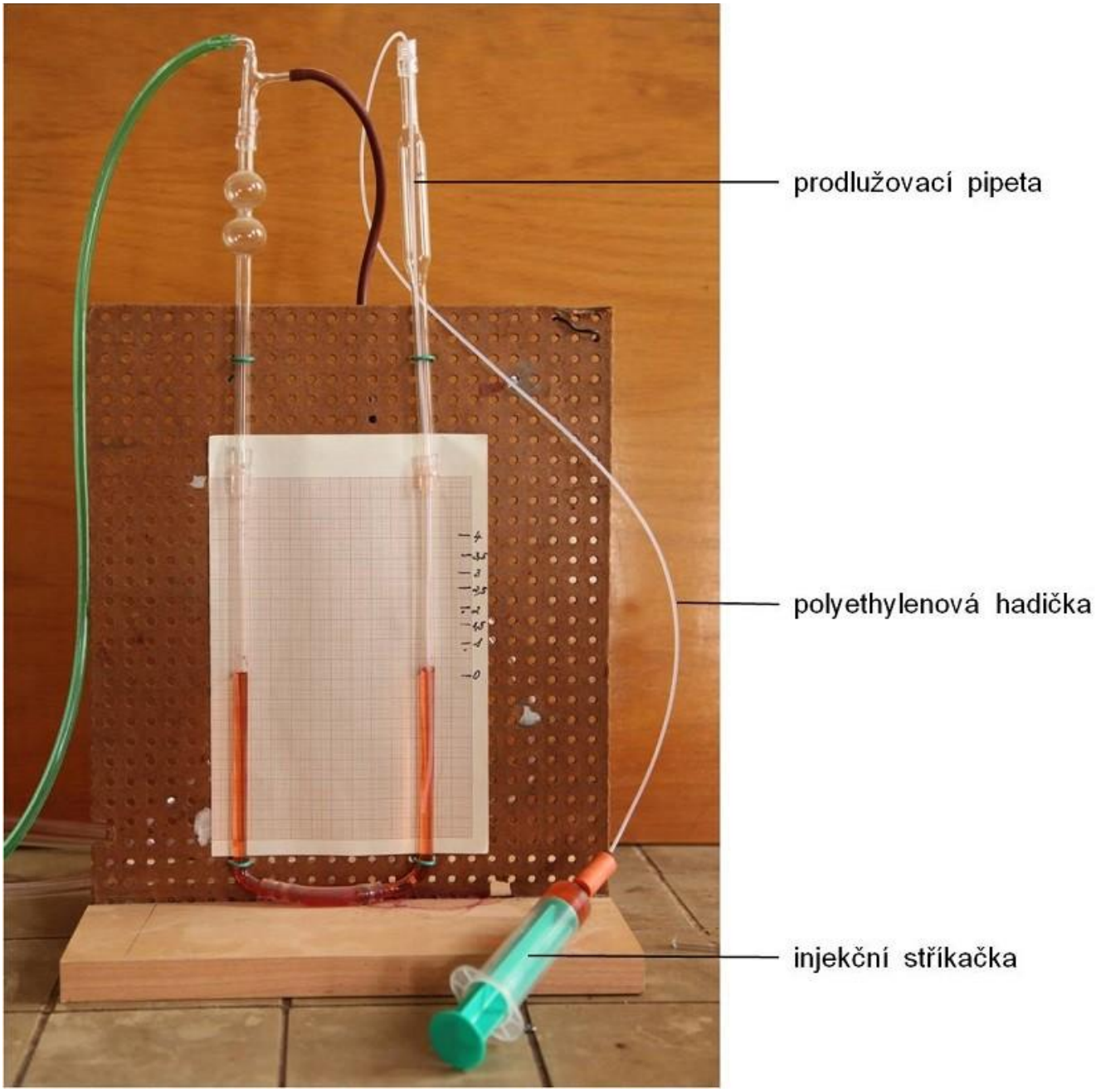
Kapilára musí být z důvodu snadné manipulace mechanicky odolná, rozměrově odpovídající napojení na T–kusy a svým průřezem odpovídající požadovanému průtoku plynu. Nejjednodušší je při použití plynového kahanu vsunout skleněnou trubičku do plamene tak, že její střed zasahuje do temněji zbarvené oblasti plamene, která je chladnější, a její okraje do nesvítivé, výhřevnější oblasti (obr. 4). Po důkladném prohřátí trubičky za rovnoměrného otáčení v plameni trubičku z plamene vyjmeme a okamžitě upažíme. Po oddělení vytažených kapilár středovou nevytaženou část oboustranně vkládáme do plamene, přičemž sledujeme postupné uzavírání otvorů až do požadované průchodnosti po vložení do průtokoměru, kde se snažíme o optimální využití průtokoměru. Celý postup zhotovení kapiláry je patrný z obr. 5.

6 Kalibrace průtokoměru

Podle požadovaného rozsahu měření si připravíme odměrný válec potřebného objemu, nádobu s vodou, do které můžeme válec položit tak, aby se naplnil vodou, a následně mohl být v kolmé poloze uchycen do držáku (podle objemu válce velkého či malého chladičového) upevněného na laboratorním stojanu.
Přívodní hadičku průtokoměru připojíme na zdroj plynu s možností regulace průtoku, odvodní hadičku opatříme skleněnou trubičkou upravenou tak, aby se dala pevně vsunout k ústí v držáku zavěšeného, vodou naplněného odměrného válce. Po nastavení vhodného průtoku plynu si na průtokoměru označíme polohu menisku měrné kapaliny, připravíme si stopky, které v okamžiku vsunutí trubičky pod ústí válce zapneme a v okamžiku najímání známého objemu vypneme. Z časového údaje potřebného k jímání určitého objemu plynu vypočteme průtok plynu v ml za minutu a ze zjištěných údajů sestrojíme graf závislosti polohy menisku manometrické kapaliny a průtoku plynu (ml) za minutu.

7 Výměna kapaliny v průtokoměru

V případě, že dojde k úniku či poškození kapaliny v průtokoměru, je nutné obě ramena průtokoměru (obr. 3) zbavit původní kapaliny a nahradit ji novou. To lze provést nejsnáze tak, že se na jednom rameni průtokoměru odpojí T-kus s napojením na omezovací kapiláru. Tím se otevře vstup do prodlužovací pipety. Tímto vstupem se zasune polyethylenová hadička, nasazená místo jehly na injekční stříkačku vhodného objemu (20 cm^3). Tato hadička musí být dostatečně dlouhá, aby zasáhla až do spodní hadičky, propojující obě ramena průtokoměru. Tato úprava umožňuje úplné odsátí původní kapaliny, náhradu novou kapalinou bez vytvoření nežádoucích vzduchových bublin i přesné ustavení polohy menisku měrné kapaliny. Celý postup výměny kapaliny je patrný z obr. 6.



8 Ozonizátory a jejich využití

Všechna zařízení, která produkují ozon, lze zahrnout pod jednotný název ozonizátor. Ozonizátory využívané v technické praxi jsou různých výkonů. Ve výuce vystačíme s poměrně jednoduchými sestavami, tvořenými bezpečným zdrojem vysokého napětí, ozonizační trubicí vhodné konstrukce a zdrojem kyslíku, nejčastěji tlakovou lahví. Pro některé práce je výhodné sestavu doplnit průtokoměrem. Jako zdroj vysokého napětí se užívá vhodná cívka, napájená přerušovaným napětím autobaterie nebo stabilizovaného zdroje stejnosměrného napětí. Příkladem je automobilová zapalovací cívka napájená ze zvláštního zdroje. Ozonizační trubice jsou různé konstrukce. Příkladem je námi užívaná sestava [Richtr, V., Štrofová, J., Vojtajová, M., Rieger, D.: Biologie, chemie, zeměpis. 2013, 77-83]. Další zařízení bylo popsáno již v roce 1968 [Klásek, A., Hrbek ml., J., Hruban, L.: Chemické listy. 1968, s. 207-210]. Velmi inspirativní je souhrnné pojednání [Richtr, V., Kraitr, M.: Příprava a využití ozonu ve školních podmínkách. Chemie XXI (Sborník katedry chemie, s. 47-61) ZČU, Plzeň 2006. Viz také http://fpe.zcu.cz/kch/Studium/racionalizace.html].

9 Chemické působení ozonu a jeho dezinfekční účinky

Základními vlastnostmi ozonu jsou jeho oxidační účinky a jeho schopnost adice na dvojnou vazbu. Obě vlastnosti jsou lidskou společností využívány, ale projevují se též negativně při tvorbě životního prostředí. V téměř každé učebnici organické chemie se setkáme s adicí ozonu na dvojnou vazbu za vzniku nestabilních ozonidů poskytujících hydrolýzou nebo redukcí karbonylové sloučeniny. Tato vlastnost se však projevuje i proti vůli člověka například formou stárnutí pryže. Oxidační účinky ozonu jsou využívány jak při dezinfekci vody a prostředí, tak při jeho stanovení.

V praxi se velmi často využívá ozon jako dezinfekční prostředek. Ve vodárenství ozon nahrazuje chlor. Účinky ozonu lze prokázat jednoduchým experimentem, ke kterému kromě zdroje ozonu potřebujeme mikroskop a jakýkoliv vzorek obsahující živé organismy v mikroskopu viditelné. Tento vzorek si připravíme zalitím sena vodou a ponecháním po několik dní v teplém prostředí. Po několika dnech slitím vody z naloženého sena pod mikroskopem zjistíme přítomnost různých řas, sinic a nálevníků. Zde je možno provést i určení jednotlivých mikroorganismů. Část tohoto roztoku odlijeme do promývačky, kterou po dobu 5 minut probublává ozonizovaný kyslík. Již pouhým okem můžeme registrovat změny.
Původně kalný roztok se vyčeří a hnilobný zápach mizí. Pod mikroskopem pak zjistíme, že některé mikroorganismy byly usmrceny.

Destrukce pryže

K tomuto experimentu postačí, když polyethylenovou hadičku, kterou prochází ozonizovaný kyslík z ozonizační trubice, nahradíme hadičkou pryžovou. V závislosti na produkci ozonu hadička velmi rychle tvrdne a nakonec ztrácí pevnost (láme se). Tato změna je důkazem adice ozonu na dvojné vazby pryže.
Tímto experimentem můžeme kromě jiného vysvětlit i vliv prostředí na pneumatiky. To se promítá i do legislativních opatření, vymezujících dobu použitelnosti zimních pneumatik.

10 Stanovení ozonu

Stanovení obsahu ozonu v kyslíku, který prošel ozonizační trubicí, je založeno na uvolnění jodu z roztoku jodidu draselného a na titraci uvolněného jodu thiosíranem sodným v kyselém prostředí:

$$O_3 + H_2O + 2\ I^- \rightarrow I_2 + O_2 + 2\ OH^-\ I_2 +$$

$$2\ S_2O_3^{\ 2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2\ I^-$$

Celkový obsah a procentuální zastoupení ozonu ve směsi ozonu a kyslíku, vystupující z ozonizační trubice, závisí na průtoku kyslíku. Základní charakteristiku našeho ozonizátoru získáme testováním, které je založeno na kvantifikaci procesů popsaných výše uvedenými rovnicemi. Při testování postupujeme takto:

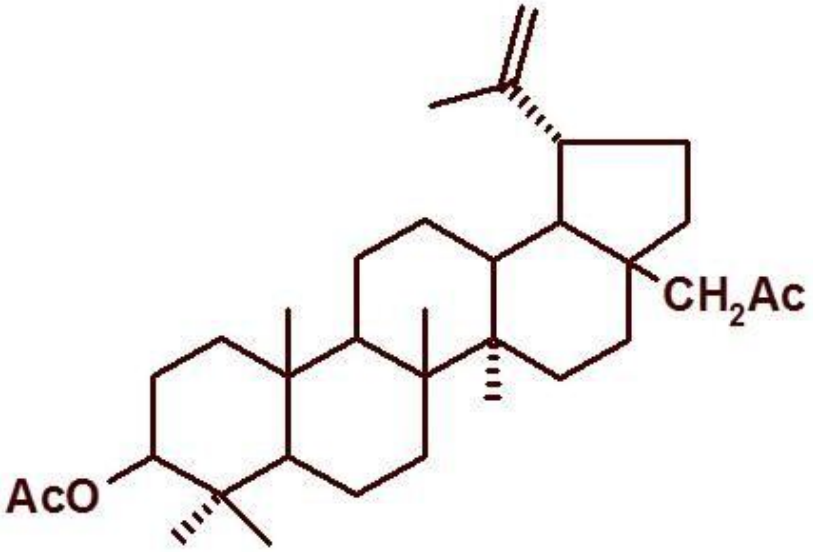
1. Do absorpční nádobky (promývačky) vpravíme 12 ml 2% roztoku jodidu draselného.
2. Ozonizační trubici včetně propojovacích hadic dokonale propláchneme kyslíkem a nastavíme požadovaný průtok kyslíku.
3. Se stopkami v ruce přesně na pět minut zapneme zdroj vysokého napětí.
4. Po vypnutí zdroje vysokého napětí pokračujeme v zavádění kyslíku ještě tak dlouho, až veškerý vzniklý ozon projde absorpční nádobkou.
5. Obsah promývačky kvantitativně převedeme do titrační baňky, okyselíme 1,2 ml 96% kyseliny sírové a titrujeme thiosíranem sodným o koncentraci 0,05 mol/dm^3 na škrob.
6. Celkové množství vzniklého ozonu v mg získáme vynásobením spotřeby thiosíranu sodného číslem 1,2 (1 ml odměrného roztoku thiosíranu sodného odpovídá 1,2 mg ozonu).
7. Vzniklé množství ozonu vyneseme do grafu proti průtoku kyslíku v ml/min.

Po změně průtoku kyslíku stejným způsobem získáme další hodnoty, které opět vyneseme do grafu.

11 Ozonizace betulindiacetátu

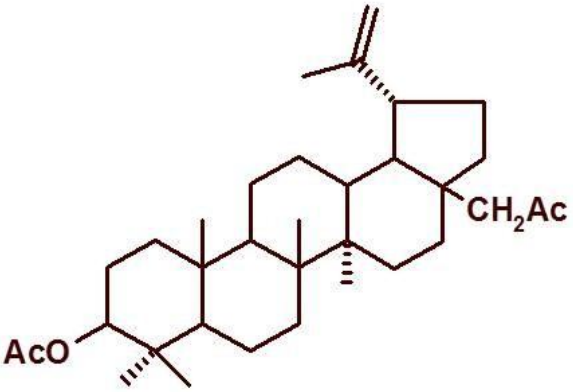
Ozonizace betulindiacetátu (obr. 7) je příkladem uplatnění ozonu v organické chemii při získávání karbonylových sloučenin. Při použití tenkovrstvé chromatografie během ozonizace i zpracování vznikajícího ozonidu si lze představit i význam ozonolýzy v organické analýze.

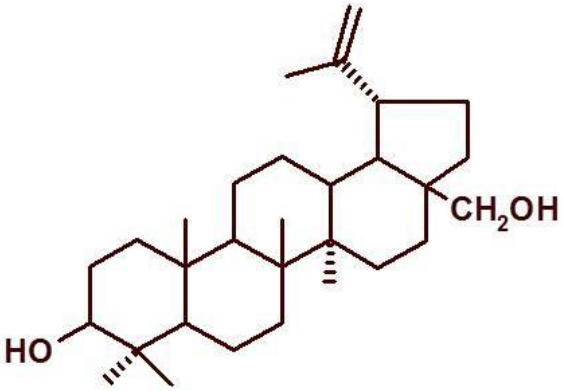
Vlastní ozonizaci betulindiacetátu předchází jeho příprava acetylací betulinu získaného z extraktu březové kůry ethanolem [Trnka, T. a kol.: Praktikum z organické chemie. SPN, Praha 1986]. Před započetím práce je nutné se seznámit s principy a technikou chromatografických metod [Richtr, V., Kraitr, M.: Tenkovrstvá chromatografie ve výuce chemie. Chemie XX (Sborník katedry chemie, s. 57-70), ZČU, Plzeň 2004. Viz také http://fpe.zcu.cz/kch/Studium/racionalizace.html].



12 Příprava diacetátu betulinu

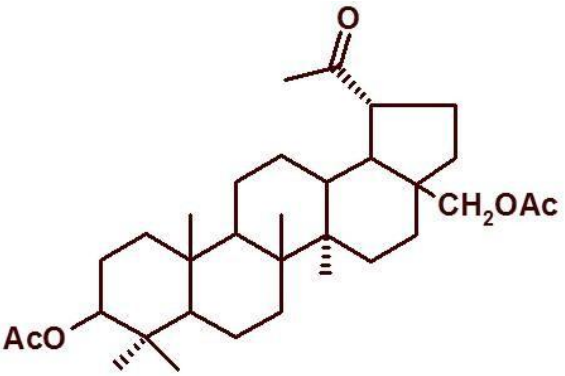
Surový betulin (obr. 8) byl získán extrakcí březové kůry horkým ethanolem a zahuštěním vzniklého extraktu ke krystalizaci. 520 mg vysušeného produktu bylo rozpuštěno v 1,6 ml absolutního pyridinu a ke vzniklému roztoku bylo přilito 2,5 ml acetanhydridu a ponecháno 5 dní v uzavřené lékovce při laboratorní teplotě. Vyloučené krystalky byly odsáty, promyty 5% kyselinou chlorovodíkovou, vodou a ethanolem. Po vysušení bylo získáno 290 mg betulindiacetátu (obr. 7), který byl opakovaně krystalován z ethanolu a jeho čistota byla kontrolována chromatografií na silikagelu a změřením t. t., která činila 222 °C.





13 Ozonizace diacetátu betulinu a zpracováníproduktu ozonizace

200 mg betulindiacetátu bylo rozpuštěno v 5 ml chloroformu a po přidání 7 ml ethylacetátu umístěno v promývací zkumavce do kádinky s ethanolem chlazeným na -30 °C ponorným chladičem kapalin a zkumavkou byl probubláván po dobu 3 hodin ozonizovaný kyslík rychlostí 15 ml/min. Průběh ozonizace byl kontrolován každých 30 minut tenkovrstvou chromatografií na silikagelu vyvíjením směsí n-hexan- ethylacetát (10:3) a postřikem 5% kyselinou sírovou a vypálením na vařiči. Po vymizení stopy pohyblivějšího betulindiacetátu byla ozonizace přerušena, obsah zkumavky byl převeden do 100 ml Erlenmayerovy baňky a zředěn 8 ml koncentrované kyseliny octové. Po odpaření chloroformu a ethylacetátu do vakua byl přidán v množství 1 g zinkový prach, se kterým byla směs třepána po dobu 3 hodin. Po této době byl zinek odfiltrován a promyt ethylacetátem. Vzniklý filtrát byl zředěn vodou a organická vrstva oddělena, promyta vodou, 2% roztokem hydrogenuhličitanu sodného, vodou a vysušena bezvodým síranem sodným. Po oddestilování rozpouštědel bylo získáno 120 mg odparku, jehož složení bylo kontrolováno tenkovrstvou chromatografií na silikagelu. Bylo zjištěno, že vzniklý norketon (obr. 9) je mírně znečištěn, což by nevadilo pro syntetické účely, ale pro fyzikálněchemickou identifikaci by bylo nutno přikročit k chromatografickému zpracování.



14 Závěrečné tipy

Literatura

Richtr, V., Štrofová, J., Vojtajová, M., Rieger, D.: Biologie, chemie, zeměpis. 2013, s. 77-83. Další Klásek, A., Hrbek ml., J., Hruban, L.: Chemické listy. 1968, s. 207-210].

Richtr, V., Kraitr, M.: Příprava a využití ozonu ve školních podmínkách. Chemie XXI (Sborník katedry chemie, s. 47-61) ZČU, Plzeň 2006.

Trnka, T. a kol.: Praktikum z organické chemie. SPN, Praha 1986.

Richtr, V., Kraitr, M.: Tenkovrstvá chromatografie ve výuce chemie. Chemie XX (Sborník katedry chemie, s. 57-70), ZČU, Plzeň 2004.

http://fpe.zcu.cz/kch/Studium/racionalizace.html.

Redoxní děje

Redoxní děje jsou součástí mnoha reakcí, aniž bychom si je někdy uvědomovali a žákům zdůrazňovali.

Záměrem projektu je ukázat pokusy, které mnohdy ve škole provádíme, aniž bychom je spojovali s redoxními ději, anebo pokusy, které známe v jiné podobě, v jiných souvislostech a provedení a které také můžeme použít jako ukázku redoxních dějů.

Součástí projektu jsou pokusy, které můžeme použít pro laboratorní cvičení studentů nebo jako demonstrační pokusy v hodinách.

Cílová skupina/náročnost: 1. a 2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

Autor:

Mgr. Jana Brichtová

K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

1 Základní informace o projektu

Název:

Redoxní děje

Anotace programu/zaměření/hlavní cíl:

Ukázat redoxní děje z jiného pohledu

Cílová skupina:

1. a 2.ročník SŠ

Pomůcky

Běžné laboratorní pomůcky

Časová náročnost

Každá úloha je určena maximálně pro jednu vyučovací hodinu.

2 Motivační rámec projektu

Redoxní děje jsou součástí mnoha reakcí, aniž bychom si je někdy uvědomovali a žákům zdůrazňovali.

Záměrem projektu je ukázat pokusy, které mnohdy ve škole provádíme, aniž bychom je spojovali s redoxními ději anebo pokusy, které známe v jiné podobě, v jiných souvislostech a provedení a které také můžeme použít jako ukázku redoxních dějů.

3 Poznámky k využití přístrojů

Text:

V nabízených úlohách nejsou používány žádné přístroje, žáci vystačí s běžně dostupnými chemickými laboratorními pomůckami.

4 Projektový deník

Projektové deníky ke všem aktivitám si můžete stáhnout ve formátu pdf (viz on-line kurz a příloha této tiskové opory)

5 Aktivita 1 - Vliv povrchové úpravy na reaktivnost kovu

Téma	Vliv povrchové úpravy na reaktivnost
Tematický celek	Redoxní děje. Beketovova řada. Faktory chemické reakce. Měď.
Motivační rámec	Bude mít změna rozklepání měděného drátku vliv na průběh reakce?
Počet žáků	Třída
Věk žáků	15-16
Pomůcky	Dvě Petriho misky, kladívko
Stručný popis aktivity	• Připravíme si 2% roztok $AgNO_3$ a dva měděné drátky. • Roztok nalijeme na dvě Petriho misky. • Jeden měděný drátek rozklepeme na jednom kraji doplocha a druhý drátek nechámebeze změny. • Do každého roztoku v Petriho misce položíme drátek tak, aby byl ponořený. • Do první misky drátek bez úpravy a do druhé misky upravený drátek. • Pozorujeme změny.
Vhodné místo	Běžná učebna, laboratoř.
Cíle aktivity	Žáci budou schopni pochopit vliv povrchové úpravy na rychlost reakce, zároveň aplikovatpoznatky o vlivu postavení kovů v Beketovově řadě na jejich reaktivnosti.
Rozvíjené kompetence	Kompetence k řešení problémů, komunikativní
Předchozí znalosti	Aktivita navazuje na téma Chemická reakce. Beketovova řada. Měď.
Mezipředmětové vztahy	Fyzika
Hodnocení	Na základě sestavení rovnice
Poznámky	Na základě postavení těchto dvou kovů v Beketovově řadě bude docházet k redukci stříbra a kovové stříbro se bude vylučovat na povrchu měděného drátku. Reakce probíhá rychleji naupraveném drátku, protože rozklepáním drátku získáme větší povrch. Zápis děje: $Cu + 2\ AgNO_3 \rightarrow 2\ Ag + Cu(NO_3)_2$

Doporučený multimediální materiál

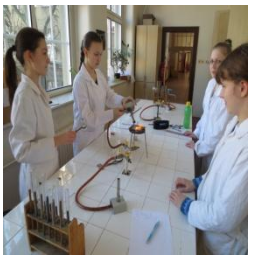
Ilustrativní fotografie k námětu aktivity.

Informace o aktivitě ke stažení ve formátu word (viz on-line kurz)

6 Aktivita 2 - Slučovací schopnosti hořčíku

Téma	Ověř schopnost slučování dusíku s hořčíkem
Tematický celek	Hořčík. Dusík. Redoxní děje. Chemická reakce.
Motivační rámec	Bude hořčík hořet i bez přítomnosti kyslíku?
Počet žáků	15-16
Věk žáků	15-16
Pomůcky	Trojnožka, porcelánová miska (nebo azbestová síťka), kahan, kádinka nebo baňka s rovným hrdlem, lžička, zkumavka
Chemikálie	Hořčík, fenolftaleinový papírek, roztok fenolftaleinu
Stručný popis aktivity	• Na síťku nebo porcelánovou misku nasypeme lžičku hoblinek hořčíku. Nasměrujeme plamen • kahanu na hořčík a rozžhavíme je tak, aby se hořčík zapálil. • Hořící hořčík přiklopíme kádinkou. • Pozorujeme průběh hoření hořčíku. • V případě, že všechen hořčík nezreagoval a přestává žhnout, lehce nadzdvihneme kádinku, opatrně foukneme a ihned, jak hořčík znovu vzplane, ji zase přiklopíme. • Produkt necháme chvíli vychladnout a vzhled produktu zaznamenáme. • Na část produktu kápneme roztok fenolftaleinu. • Druhou část práškovitého produktu přeneseme lžičkou do zkumavky a přidáme několik • kapek vody. Vznikající plyn identifikujeme podle zápachu nebo pomocí navlhčeného fenolftaleinového • papírku, který přiložíme k ústí zkumavky. • Pozorování zaznamenáme. • Do chemických kleští chytneme hoblinu hořčíku a v plameni ji zapálíme. Vzniklý produkt zachytíme na Petriho misku a přikápneme roztok fenolftaleinu.
Vhodné místo	Laboratoř
Cíle aktivity	Žáci budou schopni rozlišit produkty slučování hořčíku s kyslíkem a dusíkem.
Rozvíjené kompetence	Kompetence k řešení problémů
Předchozí znalosti	Aktivita navazuje na téma Chemická reakce
Hodnocení	Na základě sestavení rovnic
Poznámky	• Hořčík hoří oslnivě bílým plamenem za vzniku bílého popele. • Při spalování hořčíku na vzduchu získáme bílý oxid hořečnatý. Ten má zásaditý charakter, a proto barví charakteristicky roztok fenolftaleinu. • Při nadzdvihávání baňky dávat pozor, aby se dovnitř nedostalo moc vzduchu, mít ji jen mírně nazdvihnutou a opatrně fouknout, jen aby se hořčík rozdmýchal. Po přikrytí kádinkou není plamen tak oslnivý a vedle bílého popela vzniká i žlutý prášek. • V tomto případě nejdříve vzniká oxid a po spotřebování kyslíku v kádince začne hořčík reagovat s dusíkem obsaženým ve vzduchu a vzniká žlutý nitrid hořčíku. Nitrid už roztok • fenolftaleinu nezbarví. Přidáním vody můžeme cítit unikající amoniak a navíc jsme ho dokázali i pomocí fenolftaleinového papírku. Chemická rovnice: $3\,Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$ $Mg_3N_2 + 6\,H_2O \rightarrow 3\,Mg(OH)_2 + 2\,NH_3$ $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$ $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$

Ilustrativní fotografie k námětu aktivity.



Informace k aktivitě ve formátu word (viz on-line kurz)

7 Aktivita 3 - Vliv prostředí na stupeň redukce KMnO4

Téma	Vliv prostředí na stupeň redukce $KMnO_4$
Tematický celek	Redoxní reakce. Mangan. Ethanol.
Motivační rámec	Ovlivní pH reakci průběh reakce ethanolu s KMnO4?
Počet žáků	15-16
Věk žáků	15-16
Pomůcky	3 zkumavky, pipety, odměrný válec nebo zkumavka, tyčinka,
Chemikálie	ethanol, roztok $KMnO_4$ (c = 0,04 mol/dm^3), 10% roztok H_2SO_4, 10% roztok KOH, destilovanávoda
Stručný popis aktivity	• Připravíme si 3 zkumavky a očíslujeme si je. • Do každé zkumavky přidáme 1 – 2 ml ethanolu. • Do první zkumavky přilijeme cca 2 ml vody. • Do druhé asi 2 ml roztoku H_2SO_4. • Do třetí zkumavky přidáme asi 2 ml KOH. • Do každé zkumavky přilijeme asi 2 – 3 ml roztoku $KMnO_4$ a protřepeme. • Pozorujeme změnu barvy a rychlost této změny.
Vhodné místo	Laboratoř
Cíleaktivity	Žáci budou na základě pozorované změny barvy schopni posoudit stupeň redukce manganu v závislosti na pH a možnosti oxidace ethanolu pomocí $KMnO_4$.
Rozvíjené kompetence	Kompetence k řešení problémů
Předchozí znalosti	Aktivita navazuje na znalosti změn oxidačního čísla u manganu a na dovednost propočítávat redoxní rovnice.
Hodnocení	Na základě vyhodnocení změny oxidačního číslo u manganu a propočítání redoxních rovnic
Poznámky	Ve zkumavce se zásaditým prostředí došlo po přidání $KMnO_4$ ke změně barvy nejrychleji. Jedná se o redukci jen o jeden oxidační stupeň, protože z manganistanu vzniká manganananový anion, který má zelenou barvu. Nejpomaleji probíhala oxidace v kyselém prostředí, ve kterém dochází k redukci z manganistanuaž na téměř bezbarvý manganatý kation. Jde totiž o největší změnu oxidačního čísla manganu. V neutrálním prostředí je redukovaným produktem sraženina oxidu manganičitého, který má hnědou barvu.

neutrální	$4\ KMnO_4 + C_2H_5OH + 1\ H_2O \rightarrow 4\ MnO_2 + 4\ KOH + 2\ CO_2$
kyselé	$4\ KMnO_4 + 5\ C_2H_5OH + 6\ H_2SO_4 \rightarrow 4\ MnSO_4 + 5\ CH_3COOH + 2\ K_2SO_4 + 11\ H_2O$
zásadité	$4\ KMnO_4 + 1\ C_2H_5OH$ a $4\ KOH \rightarrow 4\ K_2MnO_2 + 1\ CH_3COOH + 3\ H_2O$

Doporučený multimediální materiál

Ilustrativní fotografie k námětu aktivity.

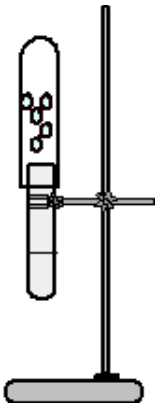
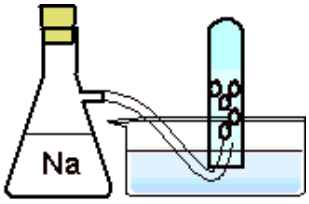
Informace k aktivitě ve formátu word (viz on-line kurz)

8 Aktivita 4 - Výroba chemického piva

Téma	Výroba chemického piva
Tematický celek	Redoxní reakce. Síra. Halogeny.
Motivační rámec	Dokážeme v laboratorních podmínkách vyrobit pivo?
Počet žáků	15-16
Věk žáků	15-16
Pomůcky	3 velké kádinky, (popř. jeden půllitr), odměrný válec, tyčinka, váhy
Chemikálie	jodičnan draselný (KIO_3), 10% kyselina sírová (H_2SO_4), siřičitan sodný (Na_2SO_3), hydrogenuhličitan sodný ($NaHCO_3$), saponát
Stručný popis aktivity	Připravíme si roztok č. 1 rozpuštěním 0,2 g jodičnanu v 200 ml vody. Rozpustíme 0,2 g siřičitanu v 200 ml vody, přidáme jednu lžičku hydrogenuhličitanu a15 ml saponátu. Promícháme a máme připravený roztok č. 2. Přelijeme ho do velké kádinky, popř. do půllitru. K tomuto roztoku přilijeme první roztok a pomalu přidáváme 8 - 10 ml kyselinysírové.
Vhodné místo	Laboratoř
Cíle aktivity	Žáci budou schopni posoudit vliv siřičitanu jako redukčního činidla a schopnost jodičnanu seredukovat na volný jod. Dále ověří vytěsnění CO_2 z hydrogenuhličitanů pomocí silnější kyseliny.
Rozvíjené kompetence	Kompetence k řešení problémů
Předchozí znalosti	Aktivita navazuje na znalosti o CO_2 a na znalosti o sloučeninách jodu.
Mezipředmětové vztahy	Výchova ke zdraví
Hodnocení	Na základě schopnosti vysvětlit vznik pěny, zapsat děj chemickou rovnicí, zdůvodnit souvislosti mezi barvou roztoku a jodem a propočítat rovnici
Poznámky	**Vysvětlení:** Redukcí jodičnanu vzniká jód, který roztok zabarvuje charakteristicky a svou barvou připomíná pivo. Podle množství vznikajícího jodu můžeme dosáhnout i iluze „tmavého piva“. Hydrogenuhličitan se působením kyseliny rozkládá na oxid uhličitý, který vytvoří se saponátem pěnu. $5\ Na_2SO_3 + 2\ NaIO_3 + 1\ H_2SO_4 \rightarrow 1I_2 + 6\ Na_2SO_4 + H_2O$ $NaHCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

9 Aktivita 5 - Redukční účinky sodíku

Téma	Redukční účinky sodíku
Tematický celek	Redoxní reakce. Sodík. Alkoholy. Chemická reakce
Motivační rámec	Dokáže sodík nahradit vodík v ethanolu stejně jako v anorganické kyselině?
Počet žáků	15-16
Věk žáků	16-17
Pomůcky	2 zkumavky o různém průměru, pinzeta, stojan s držákem, kahan, držák na zkumavky,proužek filtračního papíru,
Chemikálie	ethanol, sodík, 5% roztok modré skalice (popř. $CoCl_2 \cdot 6\ H_2O$)
Stručný popis aktivity	Menší zkumavku připevníme do stojanu. Přidáme asi 2ml ethanolu. Pinzetou přidáme kousek sodíku o velikosti hrášku a ihned zkumavku překlopíme větší zkumavkou. Do této zkumavky jímáme vznikající plyn. Po skončení reakce přiblížíme ústí zkumavky k plameni kahanu. Mezitím si připravíme proužek filtračního papírku, který namočíme do roztoku modré skalice. Papírek opatrně vysušíme nad kahanem, až modrá barva zmizí. Vysušený papírek vložíme do zkumavky, ve které jsme provedli důkaz vodíku. Pozorování zaznamenáme do tabulky.
Vhodné místo	Laboratoř
Cíle aktivity	Žáci budou schopni posoudit vliv sodíku jako redukčního činidla a existenci kyselého vodíku v hydroxylové skupině alkoholů. Unikající vodík dokáží zkouškou na vodík.
Rozvíjené kompetence	Kompetence k řešení problémů
Předchozí znalosti	Aktivita navazuje na znalosti o kyselinách, o důkazu vodíku a o základníchvlastnostech sodíku a hydroxylové skupiny v alkoholech.
Mezipředmětové vztahy	Výchova ke zdraví, alkoholismus
Hodnocení	Na základě schopnosti vysvětlit vznik plynného vodíku jako důsledek existence kyselého vodíku v hydroxylové skupině a redukčními vlastnostmi sodíku, zapsat děj chemickou rovnicí a propočítat ji.
	Vysvětlení: Sodík reaguje s ethanolem za vzniku ethanolátu sodného a vodíku. Sodík vystupuje v reakci jako redukční činidlo. Reakcí jsme zároveň prokázali, že skupina OH u alkoholů má kyselé vlastnosti a vodík v ní může být vyměněn za kov stejně jako v kyselinách. $2Na + 2\ CH_3CH_2OH \rightarrow 2CH_3CH_2ONa + H_2$ ***Metodické poznámky:***
	Po vhození začne sodík „pobíhat“ těsně pod hladinou ethanolu a můžeme pozorovat tvorbu bublinek, protože dochází k vývoji plynu. Reagující sodík se postupně zmenšuje a zároveň sepřestane uvolňovat plyn. Po přiložení ústí zkumavky se ozve typické štěknutí jako důkaz vodíku. Stěny zkumavky se při tom orosí v důsledku reakce vodíku se vzdušným kyslíkem za vzniku vody. Reakce je silně exotermická, proto je doprovázena zvukovým efektem. $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ Zkumavku na jímání vodíku musíme držet dnem vzhůru, protože vodík je lehčí než vzduch a při zapalování ji přiložíme ústím šikmo k plameni. *Schéma aparatury:*

Poznámky	 Filtrační papír byl namočený v modré skalici a vysušený nad plamenem tak, že krystalovávoda se odpařila a zbyl jen $CuSO_4$. Působením vody, která vzniká při hoření vodíku, se filtrační papírek znovu zbarvil domodra. *Jiná varianta:*
	Vodu na stěnách zkumavky lze dokázat místo pomocí anhydridu modré skalice filtračnímpapírkem namočeným v roztoku $CoCl_2 \cdot 6\ H_2O$ (světle růžová barva). Jeho vysušením se světle růžové zabarvení změní na tyrkysové až zelené. Působením vody se tyrkysové zabarvení změní opět na světle růžové. *Jiné uspořádání:*
	Ethanol nalijeme do frakční baňky nebo širší zkumavky a uzavřeme zátkou. V případě zkumavky zátkou s trubičkou. Unikající vodík jímáme do zkumavky naplněné vodou a ponořené dnem nahoru do vany s vodou. 

Doporučený multimediální materiál

Informace k aktivitě ve formátu word (viz on-line kurz)

Název	**Vliv povrchové úpravy na reaktivnost daného kovu** **Demonstrační pokus**		
Pomůcky:	dvě Petriho misky, kladívko,		
Chemikálie:	2% roztok $AgNO_3$, dva měděné drátky,		
Postup:	• Připravíme si 2% roztok $AgNO_3$ a dva měděné drátky • Roztok nalijeme na dvě Petriho misky • Jeden měděný drátek rozklepeme na jednom kraji doplocha a druhý drátek necháme beze změny • Do každého roztoku v Petriho misce položíme drátek tak, aby byl ponořený • Do první misky drátek bez úpravy a do druhé misky upravený drátek • Pozorujeme a zapíšeme změny		
Pozorování:		bez úpravy	upravený
	zahájení		
	po 2 minutách		
	po 5 minutách		
	po skončení		
Chemická rovnice:			
Závěr:			

Název	**<u>Ověř schopnost slučování hořčíku</u>**
Pomůcky:	trojnožka, porcelánová miska (nebo azbestová síťka), kahan, kádinka nebo baňka s rovným dnem, lžička, zkumavka
Chemikálie:	hořčík, fenolftaleinový papírek, roztok fenolftaleinu
Postup:	• Na síťku nebo porcelánovou misku nasypeme lžičku hoblinek hořčíku • Nasměrujeme plamen kahanu na hořčík a rozžhavíme je tak, aby se hořčík zapálil • Hořící hořčík přiklopíme kádinkou • Pozorujeme průběh hoření hořčíku • V případě, že všechen hořčík nezreagoval a přestává žhnout, lehce nazdvihneme kádinku, opatrně foukneme a ihned, jak hořčík znovu vzplane, ji zase přiklopíme • Produkt necháme chvíli vychladnout a vzhled produkt zaznamenáme • Na část produktu kápneme roztok fenolftaleinu • Druhou část práškovitého produktu přeneseme lžičkou do zkumavky a přidáme několik kapek vody. • Vznikající plyn identifikujeme podle zápachu nebo pomocí navlhčeného fenolftaleinového papírku, který přiložíme k ústí zkumavky • Pozorování zaznamenáme • Do chemických kleští chytneme hoblinu hořčíku a v plameni ji zapálíme • Vzniklý produkt zachytíme na Petriho misku a přikápneme roztok fenolftaleinu

Pozorování:		produkt před reakcí	produkt po reakci	
			se vzduchem	bez vzduchu
hořčík				
fenolftalein	roztok			
	papírek			

rovnice:	

Závěr:

Název	**Redoxní reakce. Mangan. Ethanol.**
Úkol	**Porovnej vliv prostředí na stupeň redukce $KMnO_4$**
Pomůcky:	3 zkumavky, pipety, odměrný válec nebo zkumavka, tyčinka,
Chemikálie:	ethanol, roztok $KMnO_4$ (c = 0,04 mol/dm^3), 10% roztok H_2SO_4,10% roztok KOH, destilovaná voda
Postup:	• Připravíme si 3 zkumavky a očíslujeme si je • Do každé zkumavky přidáme 1 – 2 ml ethanolu • Do první zkumavky přilijeme cca 2 ml vody • Do druhé asi 2 ml roztoku H_2SO_4 • Do třetí zkumavky přidáme asi 2 ml KOH • Do každé zkumavky přilijeme asi 2 – 3 ml roztoku $KMnO_4$ a protřepeme • Pozorujeme změnu barvy a rychlost této změny

Pozorování:

	Roztok č. 1		Roztok č. 2		Roztok č. 3	
	před reakcí	po přídání $KMnO_4$	před reakcí	po přídání $KMnO_4$	před reakcí	po přídání $KMnO_4$
barva						

Zápis reakcí	
Závěr	

Název Úkol	**Redoxní reakce. Síra. Halogeny.** **Připrav chemické pivo**
Pomůcky: Chemikálie:	3 velké kádinky, (popř. jeden půllitr) tyčinka, váhy jodičnan draselný (KIO_3), 10% kyselina sírová (H_2SO_4), siřičitan sodný (Na_2SO_3), hydrogenuhličitan sodný ($NaHCO_3$), saponát
Postup: Pozorování:	• Připravíme si roztok č. 1 rozpuštěním 0,2 g jodičnanu v 250 ml vody. • Rozpustíme 0,2 g siřičitanu v 250 ml vody, přidáme jednu lžičku hydrogenuhličitanu a 15 ml saponátu. Promícháme a máme připravený roztok č. 2. • Přelijeme ho do velké kádinky, popř. do půllitru • K tomuto roztoku přilijeme první roztok a pomalu přidáváme 10 ml kyseliny sírové.
Rovnice: Závěr:	

Název Úkol	**<u>Alkalické kovy. Chemická reakce. Redukční činidlo. Alkoholy.</u>** **<u>Ověř redukční účinky sodíku a kyselý charakter vodíkového atomu v hydroxylové skupině alkoholů</u>**
Pomůcky:	2 zkumavky o různém průměru, pinzeta, stojan s držákem, kahan, držák na zkumavky, proužek filtračního papíru,
Chemikálie: Postup: Schéma aparatury:	ethanol, sodík, 5% roztok modré skalice (popř. $CoCl_2 \cdot 6\ H_2O$) • Menší zkumavku připevníme do stojanu. • Přidáme asi 2ml ethanolu. • Pinzetou přidáme kousek sodíku o velikosti hrášku a ihned zkumavku překlopíme větší zkumavkou. • Do této zkumavky jímáme vznikající plyn • Po skončení reakce přiblížíme ústí zkumavky k plameni kahanu • Mezitím si připravíme proužek filtračního papírku, který namočíme do roztoku modré skalice • Papírek opatrně vysušíme nad kahanem, až modrá barva zmizí • Vysušený papírek vložíme do zkumavky, ve které jsme provedli důkaz vodíku • Pozorování zaznamenáme do tabulky

Pozorování:	zkumavka s ethanolem	zkumavka do plamene	papírek
před			
po			

Závěr:	

Titrace a odměrné nádobí

Titrace patří k nejjednodušším metodám analytické chemie bez nároků na přístrojové vybavení. Dodnes jsou pro jednodušší analýzy využívány v praxi.

Klíčové pro správné provádění titrací je korektní používání odměrného nádobí a práce s ním. V rámci tohoto bloku je uvedeno několik jednoduchých příkladů titrací s minimálními nároky na vybavení, díky kterým je možno tento způsob analýzy snadno přednést a procvičit jej se studenty.

Cílová skupina/náročnost: od 1. ročníku SŠ a odpovídajících ročníků gymnázií

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

Autor:

Ing. Jan Hrdlička

K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

1 Základní informace

Titrace a odměrné nádobí

Titrační stanovení patří mezi nejjednodušší metody stanovení množství látek. V rámci tohoto projektu je nabízena možnost použít připravených postupů stanovení se zaměřením na správné používání odměrného nádobí. Jednotlivá stanovení je možné využít pro krátké uzavřené úkoly v rámci zájmových kurzů chemie.

Toto téma je vhodné jako doplněk a rozšíření běžné výuky chemie na střední škole a také jako příprava studentů na chemickou olympiádu, kde jsou často titrační stanovení využívána jako zadání praktické části.

Pro provádění titrací není nezbytně nutná chemická laboratoř, protože se nepracuje s nebezpečnými koncentracemi látek, ale je nutné vybavení potřebným chemickým nádobím. Vzhledem k určité náročnosti dohledu na správný postup titrace je vhodné nezapojovat do dané práce více než deset studentů.

Nezbytným vybavením pro titrace je odměrné nádobí - především vhodné byrety, pipety a odměrné baňky. Je vhodné, aby byly titrace prováděny v titračních baňkách. Jinak je potřeba běžné laboratorní vybavení, tj. kádinky, stříčky a je nutné používat destilovanou vodu jak na ředění roztoků, tak na mytí nádobí.

Obvykle se provádí několik stanovení při každé titraci, což spolu s přípravou nádobí a roztoků obvykle zabere dobu 2 - 3 hodiny.

V rámci osnov RVP lze titrace zařadit k tématům Soustavy látek a jejich složení a také Veličiny a výpočty v chemii.

Video viz on-line kurz.

2 Motivační rámec projektu

Chemici jsou často postaveni před úkol zjistit množství látky v roztoku či směsi. Do role takového kontrolora se dostáváte i vy. Máte za úkol využít titračních stanovení a v jednotlivých úkolech určit přesné množství látky. V jednom z úkolů tak na základě svých stanovení můžeteurčit, zda ocet koupený v obchodě opravdu obsahuje tolik kyseliny octové, kolik udává prodejce na etiketě.

3 Odměrné nádobí a jeho použití

Nádobí

Při titracích se kromě běžného chemického nádobí, především kádinek, používá několik typů nádobí speciálně navržených pro titraci. Především se jedná o odměrné nádobí: byrety, pipety,odměrné baňky.

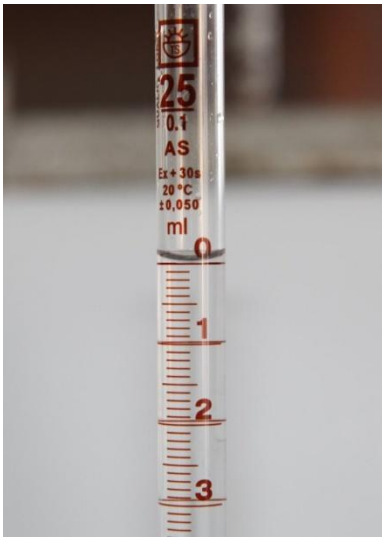
Dalším typickým kusem je titrační baňka.

Od jiných typů baněk se liší především velmi širokým hrdlem. To musí být dost široké na to, aby bylo možné obsah titrační baňky promíchávat krouživým pohybem bez nebezpečí, že okrajem hrdla ulomíme kohout byrety.

Odměřování objemů

Pro odměřování objemů je nutné použít kalibrovaného nádobí. U něj je stupnice či ryska ověřena, takže udaný objem odpovídá skutečnosti. Zde je nutné podotknout, že stupnice, které jsou obvykle natištěny na kádinkách, nejsou kalibrovány a kádinky nelze použít k přesnému odměření objemu.

Při odměřování vodných roztoků se využívá toho, že sklo je hydrofilní a hladina roztoku se u stěny skleněného nádobí mírně zvedá. Pokud je skleněná trubice v místě rysky dostatečně úzká, tvoří hladina jakousi mističku. Při pohledu z boku pak připomíná takováto hladina srpek měsíce a od tohoto jevu je odvozen používaný odborný termín – meniskus. Pro správné odměření je nutné, aby se nejnižší bod menisku právě dotýkal rysky.



Nádobí je kalibrováno dvěma způsoby. Baňky jsou kalibrované tzv. na dolití. Pokud je naplníme roztokem přesně po rysku, obsahuje baňka deklarovaný objem roztoku. Pipety a byrety jsou kalibrovány tzv. na vylití. Pokud je naplníme přesně po rysku, odměříme vypuštěný objem kapaliny, přičemž kapalina se nechává vytékat volně. S tím souvisí jedna základní poučka – pipeta se nikdy nevyfukuje. Objem kapaliny, který zbývá v špičce pipety, je již započítán při kalibraci, a pokud bychom tuto kapalinu vyfoukli, je odměřený objem větší, než je deklarován na pipetě.

Bezpečnost práce

Protože se obvykle pracuje se zředěnými roztoky, není nutné používat ochranné pomůcky na ruce. Je vhodné používat ochranu zraku, protože se nedá vyloučit vniknutí kapek roztoku do oka. Pro pipetování je pak nutné používat pipetovací nástavce, které umožňují nasávat kapalinudo pipety bez nebezpečí vniknutí roztoku do ústní dutiny. Nejjednodušší pomůckou je pipetovací balónek.

Ten má obvykle tři ventily, které jsou provedeny pomocí skleněné kuličky v gumové hadici. Při silném stisknutí v místě kuličky se guma zdeformuje a okolo skleněné kuličky vzniknou úzké mezery, které umožňují proudění vzduchu. Balónek má tři ventily. Jeden (na obr. označený A) slouží k vypuštění vzduchu z balónku, druhý (S) se používá při nasávání kapalinydo pipety a třetí (E) se používá k nastavení hladiny roztoku v pipetě přesně na rysku.

Sestava protitraci

Pro titraci se byreta uchytí do stojanu tak, aby byla stupnicí k nám, přibližně ve spodní třetině své délky. Byreta musí být svislá a její špička musí být v takové výšce nad stolem, aby asi o 1cm zasahovala do postavené titrační baňky. Dále budeme potřebovat titrační baňku, pipetu, nálevku k plnění byrety a několik kádinek na roztoky.

Do jedné kádinky si odlijeme stanovovaný roztok. Z této kádinky pak budeme pipetou odměřovat předepsané množství roztoku do titrační baňky. Do další kádinky si odlijeme titrační činidlo. Z této kádinky pak pomocí nálevky naplníme byretu. Byretu je třeba naplnit tak, aby hladina byla nad nulovou ryskou. Opatrným odpouštěním pomocí kohoutu pak nastavíme hladinu v byretě přesně na nulovou rysku. Zkontrolujeme, zda je byreta zcela naplněna, především dáme pozor na to, aby v úzkých trubicích v okolí kohoutu nezůstaly bubliny vzduchu.

4 Postup titrace

Úvod

Titrace (odměrná analýza) je stanovení látek založené na měření objemu roztoku činidla právě potřebného k úplnému zreagování stanovované složky ve známém objemu analyzovaného roztoku, tj. k dosažení bodu ekvivalence. Známe-li přesnou látkovou koncentraci roztoku činidla (tzv. titr), můžeme na základě stechiometrie reakce vypočítat množství nebo koncentraci stanovované složky v roztoku.

Dosažení bodu ekvivalence zjišťujeme vhodnou indikací, která je založena na pozorovánízměn v roztoku, který může pro zviditelnění změn obsahovat látku, která výrazně změní barvuv bodě ekvivalence. Tato látka se nazývá indikátor. Jinou možností je objektivní měření určité vlastnosti roztoku, např. vodivosti nebo pH.

Je důležité, aby vybraná reakce probíhala za daných podmínek jednoznačně podle známé stechiometrie, dostatečně rychle, kvantitativně a aby bylo možné indikovat bod ekvivalence.

Lze provádět titrace na základě všech typů reakcí (acidobazické, redoxní, srážecí, komplexotvorné).

Ovládáníbyrety

Při titraci byretou s přímým kohoutem je jeho ovládání pro začátečníky trochu nezvyklé. Kohout byrety se ovládá levou rukou, a to tak, že ukazovák a prostředník obejmou kohout zezadu a špičky těchto prstů jsou opřeny o konce příčky kohoutu. Palec obejme kohout zepředu a je opřen o střed příčky kohoutu.

Pravá ruka uchopí titrační baňku do úžlabí mezi palec a ukazovák a lehkým pohybem zápěstíintenzivně krouží roztokem v baňce. Intenzivní míchání je důležité, aby docházelo k co nejrychlejšímu proreagování roztoku s přidávaným titračním činidlem.

Postuptitrace

Do titrační baňky odměříme předepsané množství stanovovaného roztoku. Podle postupu pakpřípadně doplníme další roztoky (kyseliny k úpravě pH, indikátor k určení bodu ekvivalence).Naplníme byretu, vynulujeme ji a pod byretu ustavíme titrační baňku. Pravou rukou kroužíme titrační baňkou tak, aby se roztok intenzivně promíchával. Kohout byrety ovládáme levou rukou. Začneme přidávat titrační činidlo. Neustále sledujeme chování roztoku v titrační baňce. V okamžiku, kdy dojde ke změně barvy indikátoru, titraci ukončíme. Na stupnici byrety zjistíme přesně spotřebované množství titračního činidla.

Výpočet výsledků

Pro výpočet potřebujeme znát tyto základní údaje:

- přesný objem kapaliny odpipetovaný do titrační baňky,
- přesný objem kapaliny odměřený byretou při dosažení bodu ekvivalence,
- přesnou koncentraci jednoho z reaktantů v roztoku,
- chemickou reakci, která probíhá při mísení obou kapalin.

Příklad

Přímá titrace – stanovení NaOH titrací kyselinou sírovou

Máte k dispozici 100 ml vzorku NaOH v odměrné baňce. Odpipetujte 25 ml roztoku vzorku do titrační baňky a titrujte roztokem H_2SO_4 na methylčerveň do oranžového zabarvení roztoku.
Vypočtěte hmotnost NaOH ve vzorku.

Spotřeba roztoku H_2SO_4 V (H_2SO_4) = 30 ml Koncentrace

roztoku H_2SO_4 c (H_2SO_4) = 0,02 mol dm^{-3}

Celkový objem vzorku V_{celk} = 100 ml

Pipetováno k titraci V_{pip} = 25 cm^3 M

(NaOH) = 39,997 $g.mol^{-1}$

$$2\ NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2\ H_2O$$

n (H_2SO_4) = c (H_2SO_4) . V (H_2SO_4) = 0,05 . 0,03 = 0,0015 mol

n (NaOH) = 2 . n (H_2SO_4) = 2 . 0,0015 = 0,003 mol

m (NaOH) = n (NaOH) . M (NaOH) = 0,003 . 39,997 = 0,119991 ≈ 0,120 g

m_{celk} (NaOH) = m (NaOH) . (V_{celk}/ V_{pip}) = 0,120 . (100 / 25) = 0,480 g

Vzorek obsahoval celkem 480 mg NaOH.

5 Acidobazické titrace 1

Téma	Titrace a odměrné nádobí
Tematický celek	Acidobazické titrace 1
Počet žáků	6 - 10
Věk žáků	Od 15 let
Pomůcky	Chemické sklo, odměrné nádobí, stojan
Vhodné místo	Chemická učebna nebo učebna vybavená potřebným chemickým nádobím a tekoucí vodou.
Cíle aktivity	Žáci budou schopni používat chemické nádobí a využijí znalostí chemických výpočtů na skutečných příkladech.

5.1 Úkoly

Acidobazické titrace jsou jedněmi z nejméně náročných titrací a jako takové jsou používány k mnoha typů stanovení. V tomto úkolu se ocitnete v kůži kontrolora, který dostal za úkol určit, zda kyselina sírová, která se používá k plnění automobilových akumulátorů, opravdu obsahuje 40 % hmotnostních kyseliny. K dispozici budete mít standardní roztok tetraboritanu sodného (obecně je označován jako borax) a indikátor methylčerveň.

Tetraboritan sodný při rozpouštěníve vodě s vodou reaguje a uvolňuje OH^- ionty.

Pro vyřešení tohoto úkolu musíte splnit tyto úkoly.

a) Zapište reakci vyjadřující rozpouštění tetraboritanu sodného ve vodě a reakci kyseliny sírové s hydroxidem sodným, uveďte produkty reakcí a rovnice vyčíslete.

b) Pro každou zjištěnou hodnotu spotřeby kyseliny sírové spočítejte přesnou koncentraci.

c) Vypočtěte průměrnou hodnotu koncentrace pracovního roztoku kyseliny sírové.

d) Vypočtěte koncentraci původního roztoku kyseliny sírové, pokud víte, že bylo pipetováno 5 ml tohoto roztoku a naředěno na objem 500 ml destilovanou vodou.

e) Vyjádřete složení původního roztoku hmotnostním zlomkem. $M(H_2SO_4) = 98{,}08\ g\ mol^{-1}$, $\rho\ (H_2SO_4) = 1{,}303\ g\ cm^{-3}$

5.2 Pomůcky a roztoky

pipeta 10 ml

titrační baňka 250 ml

byreta 25 ml – optimálně s teflonovým kohoutem malá

nálevka k byretě

kádinky 3ks (50–100 ml) střička destilovanou vodou

stojan s držákem na byretu

pipetovací nástavec nebo balónek

standardní roztok tetraboritanu sodného - boraxu ($c = 0{,}050\ mol\ dm^{-3}$)

pracovní roztok kyseliny sírové ($c \sim 0{,}05\ mol\ dm^{-3}$)

Příprava pracovního roztoku kyseliny sírové o koncentraci 0,05 mol dm^{-3}

Z lahvičky s kyselinou sírovou do baterií (40 %) odměříme pipetou 5 ml do odměrné baňky na 500 ml. Odměrnou baňku po rysku doplníme destilovanou vodou a důkladně promícháme.

Připravených 500 ml roztoku je počítáno asi na 3 – 4 studenty. Připravené množství roztoku lze v případě potřeby zvýšit použitím větší odměrné baňky a úměrně k tomu vzatého množství kyseliny.

Příprava standardního roztoku tetraboritanu sodného o koncentraci 0,05 mol dm^{-3}

Standardní roztok tetraboritanu sodného se připravuje z dekahydrátu tetraboritanu sodného čistoty p. a. (molární hmotnost dekahydrátu tetraboritanu sodného je 381,37 g mol^{-1}). Pokud není k dispozici tetraboritan o čistotě p. a., lze jej použít, ale výsledky stanovení jsou pak zatíženy chybou podle obsahu nečistot. Technický praparát dekahydrátu tetraboritanu sodného bývá někdy k sehnání v drogerii pod názvem borax.

Na vahách navažte co nejpřesněji 1,907 g dekahydrátu tetraboritanu sodného, pokud to podmínky umožňují, s přesností na tisíciny gramu. Navážený dekahydrát tetraboritanu sodného převeďte kvantitativně do odměrné baňky obsahu 100 ml a doplňte baňku destilovanou vodou po rysku. Obsah baňky se důkladně promíchá, aby došlo k dokonalému rozpuštění. Rozpouštění je relativně pomalé, proto je vhodné standard připravovat alespoň den předem.

Připravených 100 ml roztoku je počítáno asi na 3 – 4 studenty. Připravené množství roztoku lze v případě potřeby zvýšit použitím větší odměrné baňky a úměrně k tomu vzaté navážky.

5.3 Postup stanovení

Do titrační baňky odpipetujte 10 ml standardního roztoku tetraboritanu sodného, zřeďte tento roztok na cca 50 ml destilovanou vodou, přidejte jednu až dvě kapky roztoku methylčerveně jako indikátor a titrujte roztokem kyseliny sírové. Kyselinu sírovou přidávejte až do okamžiku,kdy se změní barva titrovaného roztoku ze žluté do oranžové. Pokud přidáte tolik kyseliny, že roztok zčervená, překročili jste bod ekvivalence a musíte titraci opakovat. Titraci proveďte dvakrát a spočtěte průměrnou hodnotu spotřeby.

5.4 Řešení

Tetraboritan sodný se rozpouští ve vodě za vzniku hydroxidu sodného podle rovnice:

$$Na_2B_4O_7 + 7\ H_2O = 2\ NaOH + 4\ H_3BO_3$$

Vzniklý hydroxid sodný je pak neutralizován kyselinou sírovou podle rovnice:

$$2\ NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2\ H_2O$$

Z těchto dvou rovnic určíme, že látkové množství tetraboritanu sodného odpovídá látkovémumnožství kyseliny sírové.

$$n\ (Na_2B_4O_7) = n\ (H_2SO_4)$$

Vypočteme látkové množství tetraboritanu sodného vzatého k titraci.

$$n\ (Na_2B_4O_7) = c\ (Na_2B_4O_7)\ .\ V\ (Na_2B_4O_7)$$

Ze znalosti látkového množství (viz dva výše uvedené vztahy) a objemu (spotřeba při titraci) vypočteme koncentraci pracovního roztoku kyseliny sírové.

$$c_1\ (H_2SO_4) = n\ (H_2SO_4)\ /\ V\ (H_2SO_4)$$

Pro výpočet koncentrace původního roztoku kyseliny sírové použijeme vztah

$$c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$$

kde c_1 je koncentrace pracovního roztoku kyseliny sírové a V_1 je objem tohoto roztoku (odměrná baňka na 500 ml), c_2 je koncentrace původního roztoku a V_2 jeho objem (pipeta 5 ml).

Hmotnostní zlomek je definován jako podíl části roztoku (molekul H2SO4) k hmotnosti celého roztoku.

$$w(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) / m_{roztok}$$

$$m(H_2SO_4) = M(H_2SO_4) \cdot n(H_2SO_4) = M(H_2SO_4) \cdot c_2(H_2SO_4) \cdot V(H_2SO_4)$$

$$m_{roztok} = \rho(H_2SO_4) \cdot V(H_2SO_4)$$

Pokud dáme dohromady výše uvedené tři vztahy, získáme rovnici pro výpočet hmotnostníhozlomku z koncentrace.

$$w(H_2SO_4) = M(H_2SO_4) \cdot c_2(H_2SO_4) / \rho(H_2SO_4)$$

6 Acidobazické titrace 2

Téma	Titrace a odměrné nádobí
Tematický celek	Acidobazické titrace 1
Počet žáků	6 - 10
Věk žáků	Od 15 let
Pomůcky	Chemické sklo, odměrné nádobí, stojan
Vhodné místo	Chemická učebna
Cíle aktivity	Žáci budou schopni používat chemické nádobí a využijí znalostí chemických výpočtů na skutečných příkladech.

6.1 Úkoly

Jednou z nejjednodušších organických sloučenin uhlíku je kyselina octová. Je často využívánav potravinářství, ať už jako dochucovadlo nebo jako konzervant. V obchodě bývá ke koupi nejčastěji její přibližně 8% roztok jako tzv. 8% ocet. Výrobci udávají, že obsahuje je minimálně 8 % hmotnostních kyseliny octové.

Při tomto laboratorním cvičení se ocitnete v kůži inspektora, který dostal za úkol určit, zda výrobce octa nešidí zákazníky a ocet opravdu obsahuje 8 % hmotnostních kyseliny octové. K dispozici budete mít titrační roztok hydroxidu sodného. Jeho složení se však účinkem vzdušného CO_2 pomalu mění, a proto je potřeba před každou titrací určit jeho přesnou koncentraci (tzv. titr titračního činidla). K tomu vám poslouží standardní roztok kyseliny šťavelové. Jako indikátor bodu ekvivalence použijete indikátor fenolftalein.

Pro zjištění odpovědi na zadanou otázku musíte splnit tyto úkoly.

a) Zapište reakci kyseliny šťavelové s hydroxidem sodným, uveďte produkty reakce a rovnici vyčíslete.

b) Pro každou zjištěnou hodnotu spotřeby spočítejte přesnou koncentraci (titr) hydroxidu sodného. Vypočtěte průměrnou hodnotu koncentrace hydroxidu sodného.

c) Zapište reakci kyseliny octové s hydroxidem sodným, uveďte produkty reakce a rovnici vyčíslete.

d) Pro každou zjištěnou hodnotu spotřeby spočítejte koncentraci kyseliny octové. Vypočtěte průměrnou hodnotu koncentrace kyseliny octové.

e) Vyjádřete složení roztoku kyseliny octové hmotnostním zlomkem vyjádřeným v procentech hmotnostních.

6.2 Pomůcky a roztoky

pipeta 1 ml

pipeta 10 ml

titrační baňka 250 ml

byreta 25 ml – optimálně s teflonovým kohoutem (pokud je jen se skleněným, ihned po práci důkladně vymýt vodou)

malá nálevka k byretě

odměrný váleček 10 ml

odměrný váleček 100 ml

kádinky 3ks (50–100 ml)

střička s destilovanou vodou

stojan s držákem na byretu

pipetovací nástavec nebo balónek

ocet (8%)

hydroxid sodný ($c \sim 0{,}1\ mol\ dm^{-3}$)

roztok fenolftaleinu 0,1 % v 90% ethanolu kyselina šťavelová (c 0,05 mol dm^{-3})

Příprava roztoku hydroxidu sodného o koncentraci 0,1 mol dm^{-3}

M(NaOH) = 40,00 g mol^{-1}

Na předvážkách se naváží do kádinky 4,0 g pevného hydroxidu sodného. Pevný NaOH se rozpustí v destilované vodě a poté se opatrně převede do odměrné baňky na 1000 ml. Odměrná baňka se po rysku doplní destilovanou vodou.

Příprava roztoku kyseliny šťavelové o koncentraci 0,05 mol dm^{-3}

Standardní roztok kyseliny šťavelové se připravuje z dihydrátu kyseliny šťavelové čistoty p. a. (molární hmotnost dihydrátu kyseliny šťavelové je 126,07 g mol^{-1}). Na analytických vahách navažte co nejpřesněji 6,303 g dihydrátu kyseliny šťavelové, pokud to podmínky pořadatelů umožňují, s přesností na tisíciny gramu. Naváženou kyselinu šťavelovou převeďte kvantitativnědo odměrné baňky obsahu 1000 ml a doplňte baňku destilovanou vodou po rysku. Obsah baňky se důkladně promíchá, aby došlo k dokonalému rozpuštění.

Připravený jeden litr každého z roztoků je počítán asi na 5–6 studentů. Připravené množství roztoku lze v případě potřeby snížit použitím menší odměrné baňky a úměrně k tomu vzaténavážky.

6.3 Postup

Stanovení přesné koncentrace hydroxidu sodného

Do titrační baňky odpipetujte 10 ml standardního roztoku kyseliny šťavelové, zřeďte tento roztok na cca 70 ml destilovanou vodou, přidejte tři kapky roztoku fenolftaleinu jako indikátora titrujte roztokem hydroxidu sodného. Hydroxid sodný přidávejte až do okamžiku, kdy se změní barva titrovaného roztoku z červené do oranžové. Titraci proveďte třikrát a spočtěte průměrnou hodnotu spotřeby.

Stanovení obsahu kyseliny octové v octu

Do titrační baňky odměřte pipetou přesně 1 ml octa. Přidejte cca 60 ml destilované vody válečkem, 3 kapky roztoku fenolftaleinu a tento roztok titrujte roztokem hydroxidu sodného až do okamžiku, kdy bezbarvý titrovaný roztok trvale zrůžoví. Titraci proveďte třikrát a spočtěte průměrnou hodnotu spotřeby.

6.4 Řešení

Kyselina šťavelová reaguje s hydroxidem sodným podle rovnice

$$(COOH)_2 + 2\ NaOH \longrightarrow (COONa)_2 + 2\ H_2O$$

Z této rovnice určíme, že 1 mol kyseliny šťavelové reaguje s 2 moly hydroxidu sodného.

$$n\ (NaOH) = 2\ .\ n\ ((COOH)_2)$$

Vypočteme látkové množství kyseliny šťavelové vzaté k titraci. Koncentrace standardu je 0,050 mol dm^{-3}, pipetovaný objem je 10 ml.

$$n\ ((COOH)_2) = c\ ((COOH)_2)\ .\ V\ \ ((COOH)_2)$$

Ze znalosti látkového množství (viz dva výše uvedené vztahy) a objemu (spotřeba při titraci) vypočteme koncentraci titračního roztoku hydroxidu sodného.

$$c\ (NaOH) = n\ (NaOH)\ /\ V\ (NaOH)$$

Hydroxid sodný reaguje s kyselinou octovou podle rovnice

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H2O$$

Z této rovnice určíme, že 1 mol hydroxidu sodného reaguje s 1 molem kyseliny octové

$$n\ (NaOH) = n\ (CH_3COOH)$$

Vypočteme látkové množství hydroxidu sodného spotřebovaného na reakci s kyselinou octovou.

$$n\ (NaOH) = c\ (NaOH)\ .\ V\ (NaOH)$$

Ze znalosti látkového množství (viz dva výše uvedené vztahy) a objemu (pipetované množství1 ml) vypočteme koncentraci kyseliny octové v octu.

$$c\ (CH_3COOH) = n\ (CH_3COOH)\ /\ V\ \ (CH_3COOH)$$

Hmotnostní zlomek je definován jako podíl části roztoku (molekul CH_3COOH) k hmotnosti celého roztoku.

$$w\ (CH_3COOH) = m\ (CH_3COOH)\ /\ \ m_{roztok}$$

$$m\ (CH_3COOH) = M\ (CH_3COOH)\ .\ n\ (CH_3COOH) = M\ (CH_3COOH)\ .\ c\ (CH_3COOH)\ .\ V(CH_3COOH)$$

$$m_{roztok} = \rho\ (CH_3COOH)\ .\ V\ \ (CH_3COOH)$$

Pokud dáme dohromady výše uvedené tři vztahy, získáme rovnici pro výpočet hmotnostníhozlomku z koncentrace

$$w\ (CH_3COOH) = M\ (CH_3COOH)\ .\ c\ (CH_3COOH)\ /\ \rho\ \ \ (CH_3COOH)$$

7 Závěrečné tipy

Přestože jsou titrace velmi jednoduchými analytickými metodami, jsou dodnes využívány v případech, kdy je vzorkem jednoduchý analyt. V rámci tohoto kursu byly navrženy postupy pro dvě laboratorní stanovení, která ukazují analýzu skutečných vzorků s minimálními nároky na vybavení.

Vzhledem k tomu, že jsou titrace oblíbenými typy úloh v chemických olympiádách, je archiv starších zadání ChO dalším možným zdrojem podobných úloh.

http://web.natur.cuni.cz/cho/index.php/databaze-mainmenu-45

Dalším zdrojem mohou být návody pro laboratorní cvičení na vysokých školách.