

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Chemie

Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání – Biologie se zaměřením na vzdělávání



Vendula Škutová

Chemické experimenty ve výuce SŠ – návrh experimentů se zaměřením na barevnou chemii

Chemical experiments in high school education – design of experiments focusing on color chemistry

Typ závěrečné práce:

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Simona Petrželová, Ph.D.

Praha, 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením školitelky RNDr. Simony Petrželové, Ph.D., a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

Vendula Škutová

Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala své školitelce RNDr. Simoně Petrželové, Ph.D., za motivující vedení mé práce, cenné rady a také za nadšení při experimentování. Děkuji za všechny čas, který byl s velkou ochotou věnován konzultacím této práce.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za jejich bezmeznou podporu při studiu.

Abstrakt

Chemické experimenty tvoří nedílnou součást středoškolské výuky chemie. Díky experimentům si žák efektivně propojí teoretické znalosti s pozorovanými skutečnostmi a zároveň rozvíjí mnoho svých kompetencí. Tato bakalářská práce se zaměřuje na experimenty s vybranými modře zbarvenými látkami, jejichž nespornou výhodou je snadná dostupnost. Použité látky jsou buď běžné chemikálie používané ve školní laboratoři, nebo jednoduše sehnatelné potraviny, nápoje apod. V teoretické části jsou tyto látky popsány z hlediska struktury a chemických vlastností, na kterých jsou stavěny experimenty v praktické části. Dále jsou v teoretické části uvedeny dosud známé experimenty s danými látkami, z nichž vychází experimenty navržené a vyzkoušené v praktické části. Součástí praktické části je popis realizovaných experimentů a jejich fotodokumentace. Výstupem těchto experimentů je jejich zařazení do tematicky laděných pracovních listů. Čtyři tematicky zaměřené pracovní listy byly tvořeny dle RVP G a ŠVP Gymnázia Botičská a přiloženy společně s autorským řešením.

Klíčová slova

Barevná chemie, chemický experiment, vzdělávací materiály

Abstract

Chemical experiments are an important part of high school chemistry education. The main advantage of chemical experiments is fact that pupils effectively connect their theoretical knowledge with what they can see. Furthermore, pupils' competencies improve. This bachelor thesis focuses on experiments with blue colored chemicals which can be easily obtained. Chemicals used in these experiments are common compounds found in school laboratories or easily obtainable food, beverages etc. The theoretical part of this bachelor thesis contains information about structure and chemical properties of the chemicals which make a basis for experiments mentioned in the practical part. Additionally, experiments described in the practical part, which were designed and performed, are based on most known experiments with the chemicals described in the theoretical part. Further description of these experiments and their photo documentation can be found in the practical part, too. Evaluation of these experiments involves their integration into thematically focused worksheet. Four thematically focused worksheets were created according to the national curriculum of the Czech Republic for grammar schools (RVP G) and to the school curriculum of Gymnázium Botičská (ŠVP).

Key words

Color chemistry, chemical experiment, didactic materials

Seznam použitých zkratk

| | |
|-----------------|--|
| KUDCh | Katedra učitelství a didaktiky chemie |
| PřF UK | Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy |
| RVP G | Rámcový vzdělávací program pro gymnázia |
| RVP ZV | Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání |
| ŠVP | Školní vzdělávací program |
| UV/VIS spektrum | Ultrafialová/viditelné spektrum |

Obsah

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 9 |
| 2 | Cíle..... | 9 |
| 3 | Teoretická část | 10 |
| 3.1 | Chemický experiment na střední škole | 10 |
| 3.1.1 | Didaktický aspekt experimentu | 10 |
| 3.2 | Literární rešerše použitých látek a jejich známých experimentů | 13 |
| 3.2.1 | Fykocyanin..... | 15 |
| 3.2.2 | Jodoškrobová reakce | 16 |
| 3.2.3 | Brilantní modř..... | 18 |
| 3.2.4 | Indigokarmín..... | 19 |
| 3.2.5 | Patentní modř V | 21 |
| 3.2.6 | Methylenová modř | 21 |
| 3.2.7 | Hexakyanidoželeznatan železitý..... | 23 |
| 3.2.8 | Monohdrát síranu tetraamminměďnatého..... | 24 |
| 3.2.9 | Tetrachloridokobaltnatý anion | 25 |
| 3.2.10 | Uffelmannovo činidlo | 26 |
| 4 | Praktická část | 27 |
| 4.1 | Experimentální část..... | 27 |
| 4.1.1 | Příprava použitých modrých roztoků a suspenzí | 27 |
| 4.1.2 | Experimenty s roztoky a suspenzemi..... | 33 |
| 4.1.2.1 | Barevné změny způsobené ředěním destilovanou vodou..... | 33 |
| 4.1.2.2 | Barevné změny způsobené účinkem Pancreolanu..... | 34 |
| 4.1.2.3 | Barevné změny v závislosti na teplotě | 35 |
| 4.1.2.4 | Barevné projevy zapříčiněné fluorescencí..... | 37 |
| 4.1.2.5 | Barevné změny způsobené redoxními reakcemi | 38 |
| 4.1.2.6 | Barevné změny v závislosti na pH | 39 |
| 4.2 | Pracovní listy..... | 41 |
| 4.2.1 | Pracovní list Modrá barviva v potravinách..... | 41 |
| 4.2.2 | Pracovní list Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy | 43 |
| 4.2.3 | Pracovní list Obecná chemie - pH | 45 |
| 4.2.4 | Pracovní list Logická hádanka s modrými roztoky | 47 |
| 5 | Diskuze: | 48 |
| 5.1 | Diskuze k teoretické části..... | 48 |

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 5.2 | Diskuze k experimentální části | 49 |
| 5.3 | Diskuze k pracovním listům..... | 52 |
| 6 | Závěr | 54 |
| 7 | Použitá literatura | 55 |
| 7 | Přílohy..... | 60 |

1 Úvod

Chemie disponuje (spolu s fyzikou a biologií) oproti jiným předmětům výborným prostředkem k zatraktivnění a zpestření výuky, a sice školními experimenty. Protože časová dotace výuky chemie bývá na středních školách bohatší v porovnání se základními školami a poněvadž žáci středních škol přicházejí do hodin chemie s určitými znalostmi získanými v předchozím vzdělávání, učitel dostává do rukou mnohem širší spektrum způsobů, jak může s experimenty ve výuce pracovat. Ovšem aby experimenty naplnily svůj didaktický potenciál, je nezbytné jejich realizaci doplnit vhodnými výukovými materiály, mezi něž lze řadit zejména pracovní listy. Kvalitně připravený pracovní list překračuje hranice školní laboratoře, učebny, či dokonce celé školy a vybízí žáka k vyšším myšlenkovým operacím a klade na něj požadavek vnímat informace v souvislostech, dokázat je propojovat, zamýšlet se nad praktickými aplikacemi a smysluplně formulovat vlastní názory či domněnky. Z toho důvodu by se měl pracovní list dotýkat témat z běžného života, atraktivních nebo přímo kontroverzních témat (např. éčka v potravinách).

Experimenty v této bakalářské práci zastřešuje unikátně zvolené pojítko – nikoliv společný či podobný výskyt, struktura, tematické zaměření či jakékoliv běžné dělení, nýbrž modrá barva jejich roztoků a suspenzí. Protože společná barva látky je jeden z mnoha fyzikálních parametrů, nemusí nutně odkazovat na chemické vlastnosti, proto se použité chemické látky liší v zařazení mezi sloučeniny anorganické, organické nebo vyskytující se přirozeně v živých organismech, reaktivitou, použitím nebo dalšími vlastnostmi. Modrá barva není jediným favorizujícím prvkem experimentů, zásadním je totiž výskyt některých látek ve výrobcích každodenního života (v potravinách, nápojích, drogistických či akvaristických přípravcích atd.) nebo v běžně vybavené školní chemické laboratoři, což je pro učitele důležitý faktor.

2 Cíle

V rámci této bakalářské práce byly stanoveny tyto cíle:

1. Literární rešerše použitých látek a jejich známých experimentů.
2. Navržení, ověření a fotodokumentace experimentů soustředěných na modrá barviva.
3. Vytvoření pracovních listů s experimentální tematikou pro střední školy.

3 Teoretická část

Teoretická část je rozčleněna do dvou kapitol. První z nich se nazývá *Chemický experiment na střední škole* a věnuje se přínosu chemického experimentu pro žákův rozvoj a zařazení experimentu do výuky. Druhá kapitola se nazývá *Literární rešerše použitých látek a jejich známých experimentů*, ve které jsou shrnuty vlastnosti látek použitých v experimentální části a dosud známé experimenty s těmito látkami.

3.1 Chemický experiment na střední škole

Tato kapitola se zaměřuje na charakteristiku chemického experimentu na střední škole s ohledem na specifika vyplývající ze školního prostředí. První podkapitola *Didaktický aspekt experimentu* se věnuje charakteristice chemického pokusu, jeho přínosu pro rozvoj kompetencí žáka a jeho možnému zařazení do výuky.

3.1.1 Didaktický aspekt experimentu

Výsadou přírodovědných předmětů je možnost ověřit si přírodní zákony formou experimentu. Experiment ve výuce chemie je nedílnou součástí empirického poznání, které je založeno na vlastní zkušenosti. Žák může za pomoci svých smyslů zpracovat vizuální či jiné vjemy, které získal během sledování či provádění experimentu, a propojit je s teoretickými znalostmi, které mu utkvěly v paměti. Takové poznání je trvalejší, než kdyby mělo charakter pouze teoretický či empirický. Vhodnou metodou empirického poznání je právě chemický experiment. [1]

Základní členění experimentu ve školní výuce odráží roli žáka při pokusu. V rámci učitelského pokusu žák pasivně pozoruje učitelovo jednání. [2] Tato forma vykazuje prvky frontální výuky, různými aktivizujícími činnostmi však lze žáka zčásti zapojit. [3] Demonstrační experiment lze využít například při nedostatku laboratorních aparatur, při použití drahých chemikálií nebo z důvodu úspory času. Pokus prováděný učitelem je vhodné zařadit do hodiny také z bezpečnostních důvodů, neboť s některými látkami žáci nesmějí nakládat. [4] Během žakovského experimentu je žák aktivní, sám provádí činnost, objevuje a bádá. [2] Žakovský experiment je téma, kterému se dále bude věnovat tato bakalářská práce.

Rozvoj kompetencí žáka

Pro rozvoj kompetencí žáka je podstatné zařazení žákovského experimentu do výuky. V oblasti kognitivních a psychomotorických kompetencí se u žáka rozvíjí:

- Pozorovací schopnosti
- Manipulační dovednosti
- Schopnost naplánovat si experimentální činnost
- Schopnost interpretovat naměřená data [5]

Žák k pochopení přírodovědných zákonů používá logické i kritické myšlení. K pochopení pokusu musí dojít k propojení teoretických znalostí a experimentálních poznatků, což vyžaduje značnou schopnost dedukce. Žákovský pokus nemusí vyjít dle očekávání, žák je tedy veden k retrospektivnímu vyhodnocení odchylky od pracovního postupu. Tato činnost přináší poznání vlivu podmínek na experiment. [4]

Během provádění experimentu žáci pracují s písemným pracovním návodem, případně s pracovním listem, do kterého si mohou přímo zaznamenávat svá pozorování. Text pracovního návodu je psán exaktně, stručně a obsahuje chemické vzorce, žáka neustále nutí k chemickému myšlení a orientaci v souvislostech. [4] Velmi často je také popis schematizován, vyjádřen grafem či tabulkou. Žáci se učí pracovat se zjednodušením znázorňujícím vztahy a souvislosti mezi údaji. [5] Reprodukovat stanovený postup dle návodu je kompetence, kterou žáci využijí v každodenním životě. Existuje i varianta, při které žákovi není poskytnut návod, ale očekává se samostatné navržení a rozvržení práce, tak, aby žák našel odpověď na úkol sám. Tato metoda spadá do oblasti badatelsky orientované výuky. [6]

Formativní funkcí chemického experimentu je práce ve skupinách, během níž si žáci osvojí komunikační dovednosti. V rámci skupiny by měla být rozdělena práce, což rozvíjí schopnost organizace. Při dlouhodobém aplikování dochází k vytváření pracovních návyků, které zefektivňují práci v laboratoři a rozvíjí psychomotorické dovednosti. [4] Zacházení s laboratorním nádobím či chemikáliemi, sestavení aparatury a provedení celého pokusu jsou aktivity, které se podílí na rozvoji manuálních dovedností. [7]

Zařazení chemického pokusu do výuky

Na zařazení experimentu do výuky na střední škole je v RVP G kladen velký důraz. Vzdělávací oblast Člověk a příroda je pojata oproti RVP ZV více praktičtěji

a prostřednictvím metod přírodovědného výzkumu si mají žáci osvojit objektivní vnímání přírodních věd. [8]

Chce-li učitel zařadit chemický experiment do výuky, volí podle různých kritérií, jedním z nich je i časový harmonogram konkrétní vyučovací hodiny. Metody dle fází výuky dělíme na motivační, expoziční, fixační, diagnostické a aplikační, přičemž experiment lze zařadit do všech výše uvedených částí výuky. [2]

Z dotazníkového šetření uskutečněného v rámci diplomové práce Martina Víta vyplývá, že 29 % tázaných učitelů zařazuje školní pokus do motivační fáze vyučovací hodiny. 34 % respondentů pokus řadí do expoziční fáze, ve které experiment slouží jako demonstrace teoretického učiva v praxi. Experiment jako metodu k opakování ve fixační fázi vnímá 16 % učitelů. Na závěr hodiny umisťují školní pokus 6 % z dotazovaných. Zbylých 13 % procent zahrnují možnosti „Nevím, záleží na situaci“ a „Až do následující hodiny (do opakovací fáze učiva)“. [9] Z výše uvedených dat lze vyčíst, že experiment je zařazován především do fáze expoziční, motivační a fixační (seřazeno sestupně).

První fáze vyučovací hodiny je motivační fáze, která má za cíl žáka nadchnout pro dění zbylé části hodiny. Motivace je individuální psychologický faktor, který může být buď vnitřní, nebo může být vyvolán vnějšími vlivy. Je však nejcennější, aby motivace vycházela z žákovy postoje ke vnímání světa. Učitel může k vnitřní motivaci žáka přispět tím, že žákovi ozřejmí smysl dané hodiny, čímž předejde upadání pozornosti žáků a naopak podnítl snahu o co největší zapojení do hodiny. [10]

Do expoziční fáze vyučovací hodiny jsou nejčastěji řazeny tyto tradiční metody: přednáška, popis, vysvětlování a vypravování. [10] Mezi metody expoziční řadíme také zprostředkované metody, jakými jsou pozorování nebo pokus demonstrační prováděný učitelem. Demonstrační pokus v expoziční fázi má výhodu okamžitého propojení nově předané teorie s praxí. Role žáka během demonstračního pokusu zahrnuje především pozorování. Učitel se tedy opírá o didaktickou zásadu názornosti. [4]

Fixační fáze hodiny je stejně důležitá jako předchozí fáze. Opakování učiva je proces ukládání vědomostí z krátkodobé do dlouhodobé paměti. Setrvání vědomostí v dlouhodobé paměti je závislé i na způsobu, jakým byla vědomost přijata, tedy zdali měl žák motivaci přijmout novou vědomost. [11]

Propojení teorie s praxí

Jedna z didaktických zásad Jana Ámose Komenského se nazývá „propojení teorie s praxí“. [12] Žáci již přichází do školy se svým subjektivním poznáním světa. Učitel by měl pracovat s těmito prekoncepty a miskoncepty, upevnit správné domněnky a vysvětlit podstatu miskonceptů. Škola by zároveň měla žáka připravit na jeho budoucí život a je proto nezbytné, aby byla do výuky chemie řazena témata běžného života. [13] Tato práce si vzala za cíl zařadit mezi chemikálie látky obsažené v potravinách nebo nápojích, se kterými se žáci mají šanci setkat v běžném životě. Faktor atraktivnosti navyšuje fakt, že barviva v nich obsažená mají modrou barvu. [14]

Propojení teorie s praxí jde ruku v ruce s rozvojem kritického myšlení. V rámci chemie lze do výuky zařadit mnoho kontroverzních témat jako například jadernou energii, chemická hnojiva nebo „éčka“. Tato témata lze využít k rozvoji kritického myšlení, rozvést diskusi nad klady a zápory. [5] Například v rámci experimentální části této práce byla použita syntetická barviva, která jsou velmi stabilní. Takto stabilní barviva se kumulují v odpadní vodě a jejich degradace obnáší složitý proces. [15]

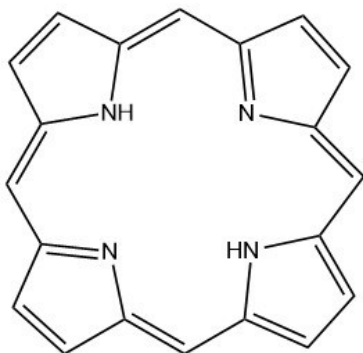
Výuka chemie by měla být orientována na využití chemie v běžném životě a prostředkem poznání by měl být právě experiment. [5]. Z dotazníkového šetření zpracovaného v rámci diplomové práce Martina Víta vyplývá, že na otázku „Myslíte si, že lze žáky motivovat i formou školních pokusů?“, odpovědělo „rozhodně ano“ 51 % dotazovaných učitelů. Dalších 36 % zvolilo možnost „spíše ano“, 12 % respondentů uvedlo „nevím“ a 1 % neodpovědělo. [9]

3.2 Literární rešerše použitých látek a jejich známých experimentů

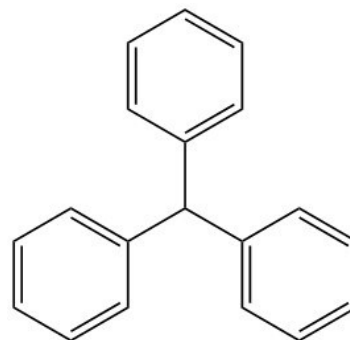
Tato kapitola obsahuje charakteristiku barviv a pigmentů modré barvy, se kterými se dále pracuje v praktické části. U každého barviva či pigmentu jsou uvedeny i do této doby známé pokusy, ze kterých bylo vycházeno v praktické části.

Barvivo je na rozdíl od pigmentu rozpustné v rozpouštědlech a s rozpouštědlem tvoří roztoky. Pigmenty jsou v rozpouštědlech nerozpustné práškové látky. S rozpouštědlem tvoří heterogenní směs, kterou nazýváme suspenze. Ve stálosti pigmenty předčí barviva, která jsou méně stabilní. [16]

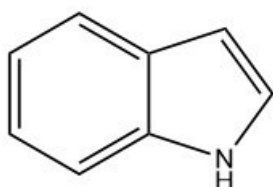
Organická barviva jsou barevná díky charakteristickým skupinám, které absorbují světelné záření. Barva látky tedy závisí na struktuře barviva. Tato barviva lze klasifikovat dle svého původu na přírodní a syntetická. Přírodní barviva mají obecně méně intenzivní zbarvení než syntetická. Z přírodních barviv je zde zastoupeno pyrrolové barvivo fykocyanin odvozené od porfinu (*Obrázek 1*). Syntetická barviva se dělí dle struktury a v této práci jsou z nich zastoupeny trifenylmethanová barviva – brilantní modř a patentní modř V. Tato syntetická barviva jsou odvozeny od trifenylmethanu (*Obrázek 2*). Indolovou strukturu (*Obrázek 3*) má indigokarmín a mezi thiazinová barviva se řadí methylenová modř, která má strukturu odvozenou od fenothiazinu (*Obrázek 4*). [14]



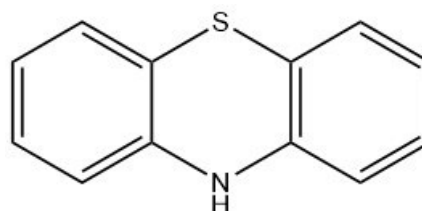
Obrázek 1 struktura porfinu



Obrázek 2 struktura trifenylmethan



Obrázek 3 struktura indolu



Obrázek 4 struktura fenothiazinu

Jediným pigmentem teoretické části je hexakyanidoželeznatan železitý, což je komplexní anorganická sloučenina, jejíž barevnost je dána d-d přechodem elektronu. [17]

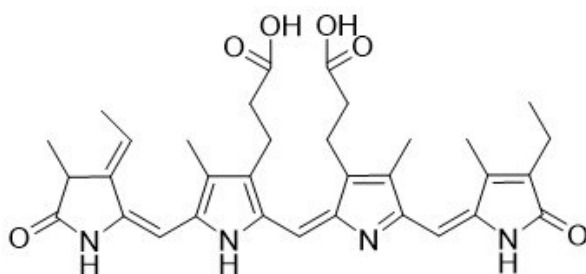
Některá barviva uvedená v teoretické části se používají v potravinářství. Každé takové barvivo nese označení E a musí mít vhodné vlastnosti, z nichž je nejdůležitější zdravotní nezávadnost pro konzumenta. Dále se dbá na intenzitu zbarvení a jeho stabilitu, která se projevuje stálostí vůči změnám pH nebo snížené fotosenzibilitě. Žádné současné

používané barvivo není zcela vyhovující, i přesto se barvení využívá ke zvýšení atraktivity potravin. [14]

3.2.1 Fykocyanin

Charakteristika fykocyaninu

Fykocyanin je modré barvivo rozpustné ve vodě. Jeho tetrapyrrolová struktura je na rozdíl od chlorofylů lineární (Obrázek 5) a řadí se mezi fykobiliny. Tetrapyrrolová jádra vytváří spolu s proteiny rozpustnými ve vodě komplexy, z tohoto důvodu lze fykobiliny nazývat také fykobiliproteiny. Díky svému konjugovanému systému dvojných vazeb slouží jako přidatné fotosyntetické barvivo, které se získává ze stélek červených řas nebo ze skrytěnek a sinic. Fykocyanin má stejně jako chlorofyly schopnost fluorescence. [14] Fykocyanin lze zakoupit ve formě modrého potravinářského barviva například od švédské firmy The Organic Lab, která vyrábí lyofilizovaný extrakt fykocyaninu. (*Blue Spirulina 50 g* nedatováno). Tento produkt se nazývá *Blue spirulina* (Obrázek 6) V potravinářství se používá například k barvení lentilek Orion (výrobce Nestlé) – barveno přírodou [19]



Obrázek 5 struktura fykocyaninu



Obrázek 6 produkt Blue Spirulina

Znamé experimenty s fykocyaninem

Chemické pokusy s fykocyaninem ve své bakalářské práci zpracovala Markéta Karlínová. Věnovala se především pH senzitivě organických látek, kterými byly obarveny lentilky Orion – barveno přírodou. Barvivo fykocyanin z tablet spiruliny bylo extrahováno do vodného roztoku. Byla ověřena citlivost fykocyaninu na změny pH, které se projeví zesvětlením modré barvy v případě kyselého prostředí (10% roztok kyseliny

sírové) a odbarvením v zásaditém prostředí (10% roztok hydroxidu sodného). Experimenty byly zpracovány i pro učitele v podobě pracovních listů. [20]

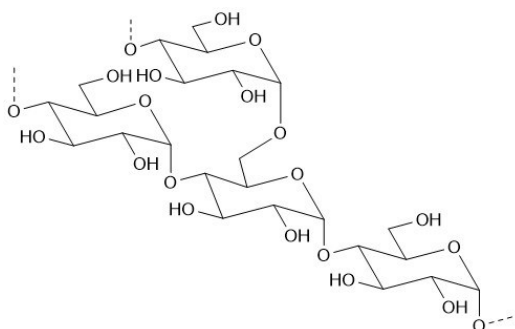
Biologický pohled na fykocyanin ve své diplomové práci zpracoval David Hnátek. Mezi cíle této práce patřilo zpracování tématu sinic pro účely badatelsky orientované výuky s důrazem na výskyt řas a sinic a jejich praktické využití pro člověka. Tato práce může učitelům sloužit také jako metodika pro odběr řas a sinic z vodního prostředí, neboť autor přehledně popisuje, v jakém prostředí, jakým způsobem a v jakém ročním období je odběr vzorků nejefektivnější. Práce je čistě biologického charakteru, díky ní se však nabízí možnost interdisciplinárního zařazení tématu sinic a řas do výuky. [21]

Chemickým pokusům s fykocyaninem se věnuje také učitel působící jako Tommy Technetium na webu YouTube. Jedno z videí ukazuje, že vodný roztok fykocyaninu (přípravený z potravinářského barviva) má schopnost fluorescence. Po přidání pentahydrátu síranu měďnatého a navázání měďnatých iontů na fykocyanin dochází ke ztrátě této schopnosti. [22] Ve svém druhém videu se zabývá denaturací proteinu, s nímž fykocyanin tvoří komplex. Denuraci roztoku fykocyaninu může způsobit přidání isopropylalkoholu nebo povaření roztoku. V obou případech roztok ztrácí svou modrou barvu. [23]

3.2.2 Jodoškrobová reakce

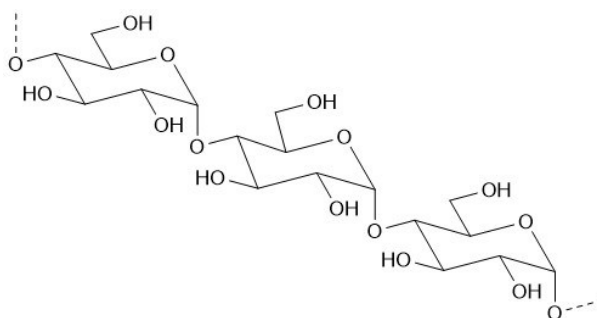
Charakteristika jodoškrobové reakce

Škrob je homopolysacharid tvořený směsí lineární amylosy a rozvětveného amylopektinu. Amylopektin je složen z řetězců D-glukosy spojené $\alpha(1\rightarrow4)$ glykosidickými vazbami, tyto řetězce jsou průměrně na každé 25. molekule glukosy propojeny $\alpha(1\rightarrow6)$ vazbou (Obrázek 7). Kvůli častému větvení není dobře rozpustný ve vodě.



Obrázek 7 struktura amylopektinu

Amylosa je stejně jako amylopektin polymer D-glukosy, monomery jsou spojené $\alpha(1\rightarrow4)$ glykosidickou vazbou (Obrázek 8). Hydrolýzou amylosy tedy vzniká především maltosa, disacharid se stejným propojením glukos. Amylosa je na rozdíl od amylopektinu ve vodě rozpustná. V neutrálním prostředí odpovídá její sekundární struktura levotočivé šroubovici. V zásaditém prostředí převládá globulární uspořádání. [24]



Obrázek 8 struktura amylosy

Do helikální struktury amylosy se může vmezeřit polyjodidový řetězec z Lugolova roztoku za současné tvorby modrého zbarvení. Tato reakce se používá v analytické chemii k důkazovým reakcím jodu nebo škrobu. [25] Rozvětvená struktura amylopektinu zabraňuje tvorbě helixu a s jodem vytváří červené zbarvení. [26]

Znamé experimenty s jodoškrobovou reakcí

Škrob přijímaný v potravě je enzymaticky hydrolyzován α -amylasou, která je přítomna ve slinách. Aktivita tohoto enzymu je závislá na pH prostředí. Kyselá žaludeční šťáva aktivitu tohoto enzymu tlumí. Další trávení pokračuje ve dvanáctníku, kam ústí vývod slinivky břišní, vylučující pankreatickou α -amylasu. [24]. Při poruchách trávení škrobu je možno užít lék *Pancreolan* (Obrázek 9), který obsahuje potřebné α -amylasy štěpící glykosidické vazby mezi monomery glukosy. Helikální struktura amylosy je touto enzymatickou reakcí porušena a jod již není vázán uvnitř šroubovice. Dochází tedy k odbarvení modrého roztoku škrobu s Lugolovým roztokem. [27]



Obrázek 9 Pancreolan

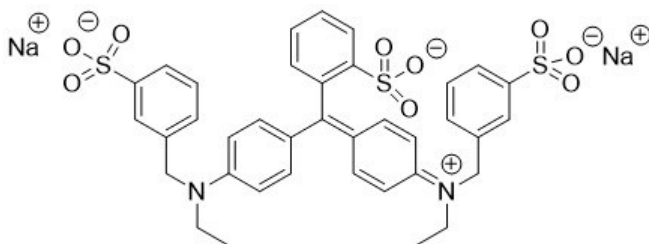
Jak bylo výše zmíněno, v zásaditém prostředí zaujímá amylosa globulární uspořádání, do kterého se jod nemůže navázat. V zásaditém prostředí tedy dochází k odbarvení modře zbarveného roztoku škrobu s Lugolovým roztokem. [24] Oproti tomu v kyselém prostředí může dojít za určitých podmínek k hydrolyze. Reakce probíhá působením koncentrované kyseliny sírové a zahříváním reakční směsi se škrobovým mazem. Hydrolyzu škrobu na dextriny, následně maltosu až glukosu lze ověřit přidávkem Lugolova roztoku, po němž se neobjeví modré zbarvení roztoku. [28]

Škrob je tvořen propojenými monomery glukos, přičemž každý monomer má k dispozici atomy kyslíku, které mohou interagovat s polární molekulou vody. Schopnost škrobu vázat vodu je ovlivněna teplotou, s rostoucí teplotou dochází k bobtnání. Od určité teploty, která závisí na mnoha faktorech, dochází k ireverzibilní želatinaci. Řetězce jsou postupně zcela hydratovány a pozbývají svou původní strukturu. Jod z Lugolova roztoku již nemůže být navázán do helikální struktury amylosy a roztok se odbarví. [24]

3.2.3 Brilantní modř

Charakteristika brilantní modři

Brilantní modř nese v potravinářství označení E133 a jedná se o jasně modré trifenylmethanové barvivo rozpustné ve vodě. Na aromatických jádrech jsou navázány sodné soli sulfonových kyselin a zásaditě reagující substituované aminoskupiny. (Obrázek 10). Vzhledem k jeho syntetickému původu má intenzivnější zbarvení než barviva přírodní a jeho odstín je za normálních podmínek neměnný. [14] Toto barvivo je povoleno v Evropské unii i ve Spojených státech amerických. V kombinaci s dalšími barvivy se používá k barvení potravin, nápojů, kosmetických produktů a dalších. Je klasifikováno jako nevhodné pro děti a jako nebezpečný alergen, neboť je dáván do souvislosti s alergickými reakcemi [29]. Je obsažen například v nápoji *Gatorade Cool blue* (Obrázek 11) od výrobce *PepsiCo*. [30]



Obrázek 10 struktura brilantní modři



Obrázek 11 nápoj Gatorade

Znamé experimenty s brilantní modří

Brilantní modř je stejně jako methylenová modř redoxní indikátor a lze s ním provést pokus známý jako *modrá baňka*. Experiment se provádí v zásaditém prostředí roztoku barviva, ke kterému je přidána D-glukosa jakožto redukční činidlo. Postupná redukce modrého roztoku se projeví jeho odbarvením. Roztoku můžeme vrátit jeho zbarvení oxidací vzdušným kyslíkem, stačí roztok protřepat se vzduchem v nádobě. Z výše uvedeného vyplývá, že nápoj *Gatorade Cool blue* obsahuje barvivo E133 a je možno jej využít pro tento experiment. Po přidání 3M roztoku hydroxidu sodného k nápoji *Gatorade Cool blue* dochází po 100 s k odbarvení a po následném protřepání se roztok zbarví zpět do modra. [31]

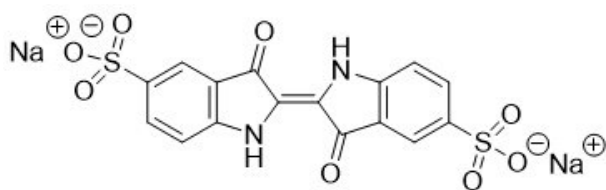
Závislost barvy brilantní modří na pH byla vyzkoušena v práci Markéty Karlínové, která extrahovala barviva z lentilek *M&M's*, jejichž výrobce *Mars, Inc.* používá k barvení syntetická barviva. V kyselém prostředí přechází modré zbarvení extraktu do modrozeleného zbarvení. V zásaditém prostředí ke změně barvy nedochází. [20]

Potravinářské barvivo E133 má absorpční maximum při 629 nm, tato vlnová délka spadá do VIS oblasti. Díky této znalosti můžeme přístrojem spektrofotometr naměřit absorbanci roztoku, ze které po dosazení do kalibrační rovnice získáme koncentraci barviva. Tato metoda může sloužit například k identifikaci barviv, které obsahuje zeleně zbarvený alkoholický nápoj. [32] Dále pak Markéta Karlínová pomocí tenkovrstvé chromatografie separovala žlutou a modrou (E133) složku zeleně zbarvené lentilky *M&M's* výrobce *Mars, Inc.* [20]

3.2.4 Indigokarmín

Charakteristika indigokarmínu

E132 neboli indigokarmín je tmavě modré barvivo ze skupiny indolových barviv. Jeho přírodním zdrojem je indigovník nebo také boryt barvířský, ve kterém se vyskytuje ve formě prekurzoru indikanu. Tento prekurzor lze oxidovat na indigo a jeho sulfonací se získá indigokarmín (*Obrázek 12*). [14] I přesto, že se barvivo E132 působením UV záření odbarvuje, se používá k barvení potravin, sladkostí, nápojů a dalších produktů. V Evropské unii i ve Spojených státech amerických je brilantní modř povolena k barvení potravin. Toto barvivo je klasifikováno jako nebezpečný alergen nevhodný pro děti. [33] Ve formě prášku jej lze zakoupit jako modré potravinářské barvivo od výrobce AROCO, s.r.o (*Obrázek 13*).



Obrázek 12 struktura indigokarmínu



Obrázek 13 potravinářské barvivo AROCO

Známé experimenty s indigokarmínem

Toto barvivo je úzce spjato s experimentem *duhová baňka*, který je založen na podobném principu jako pokus *modrá baňka*. E132 je redoxní indikátor, který při redukci mění své zbarvení ze zelené přes červenou až na žlutou. Oxidace nastává protřepáním se vzdušným kyslíkem. Pokud necháme baňku stát, dochází ke změnám barev ve výše uvedeném sledu. Je to způsobeno redukcí glukosy v zásaditém prostředí. Na tomto experimentu lze ukázat princip chemické rovnováhy nebo například téma redukcí sacharidů. [34]

Indigokarmín je redoxní i pH indikátor. Zásadité prostředí, které vyžaduje redukční činidlo glukosa, má vliv na barvu roztoku. V případě použití jiného redukčního činidla – kyseliny askorbové – lze použít širší rozmezí hodnot pH a vizuální efekt bude odlišný od duhové baňky zmíněné v předchozím odstavci (*Obrázek 14*). Na tento experiment jsou potřeba dobře dostupné chemikálie, kromě již zmíněné kyseliny askorbové také hydroxid sodný, hydrogenuhličitan sodný, chlorid sodný a pentahydrát síranu měďnatého. [35]

| dye structure | color in DI water | color in the reaction (reduced form $\xrightleftharpoons[\text{leave to stand}]{\text{shake}}$ oxidized form) |
|--------------------|-------------------|---|
| indigo carmine | | |

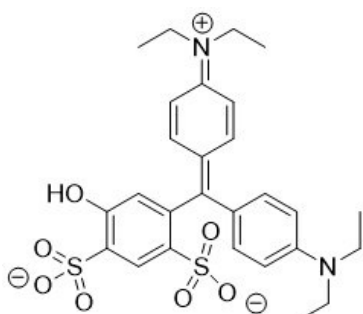
Obrázek 14 experiment *Duhová baňka* s kyselinou askorbovou, zdroj: *Greening the Traffic Light: Air Oxidation of Vitamin C Catalyzed by Indicators* ([35])

Indigokarmín má barevný přechod z modré na žlutou barvu při pH 11,5–14. Této závislosti na změně pH lze využít i ve školním experimentování. [36].

3.2.5 Patentní modř V

Charakteristika patentní modři V

E131 je známá pod názvem patentní modř V (*Obrázek 15*). Má zelenomodrou barvu a stejně jako brilantní modř je trifenylmethanové barvivo. [14] Patentní modří lze barvit potraviny, sirupy, sladkosti a další produkty. E131 není vhodné pro děti a může působit jako alergen. Barvení potravin patentní modří je v Austrálii a ve Spojených státech zakázáno, zatímco v Evropské unii nikoliv. [37] Je obsažena například v ústní vodě *Colgate Plax Cool Mint* (*Obrázek 16*), kde je uvedena pod kódem CI 42051. [38]



Obrázek 15 struktura patentní modři V



Obrázek 16 ústní voda Colgate Plax

Znamé experimenty s patentní modří V

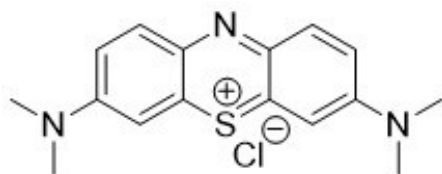
Patentní modř je možno použít jako pH indikátor, v rozmezí pH 0,8–3 přechází z modrého zbarvení na žluté. V souvislosti se stabilitou syntetických barviv je zmiňován problém s jejich odbouráváním, tato barviva nejsou degradovatelná běžnými metodami. Vědci se snaží nalézt různé metody, jak syntetická barviva odbourat, aby se nekumulovala v přírodě. Jednou z možností degradace těchto látek je jejich oxidace, například oxidačními činidly jodičnanem draselným či peroxodisíranem draselným, které způsobují odbarvení E131 v důsledku změny struktury. [15]

3.2.6 Methylenová modř

Charakteristika methylenové modři

Methylenová modř spadá pod thiazinová barviva a vzhledem ke své zásadité povaze tvoří v kyselém prostředí soli. Vzhledem ke své struktuře (*Obrázek 17*) je dobře rozpustná ve vodě za tvorby modrého roztoku a na světle je nestálá. [39] Barvivo se využívá jako

dezinfekční přípravek v akvaristice, k zakoupení je například přípravek *DAJANA Methylenová modř* (Obrázek 18). [40]



Obrázek 17 struktura methylenová modř



Obrázek 18 přípravek *DAJANA*

Známé experimenty s methylenovou modří

Methylenová modř je spjatá s reakcí *modrá baňka*, ve které vystupuje jako redoxní indikátor. Redukce methylenové modři probíhá za současné oxidace glukosy, modrý roztok se odbarvuje. Oxidace nastává během protřepání baňky díky vzdušnému kyslíku. [41] Experiment lze přizpůsobit i domácím podmínkám, jelikož methylenovou modř lze zakoupit i v prodejně s akvariijními potřebami, je tedy snadno dostupná. [42]

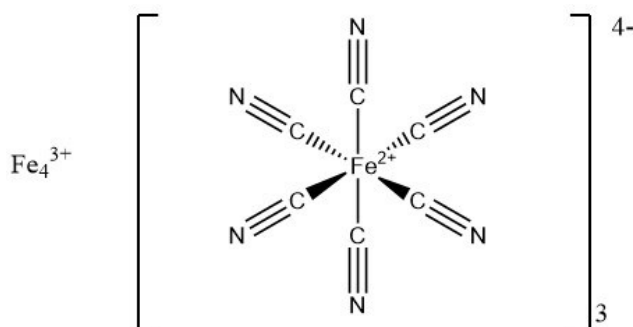
Experiment, známý jako *modrá baňka*, může být ve výuce využit i badatelsky orientovaným přístupem. Žáci, neznalí chemického složení roztoku, mohou sami navrhnout hypotézu, jak vypadá reakční mechanismus. Potřebu kyslíku jakožto oxidačního činidla mohou žáci vyvodit ze srovnání lahve, ve které je vzduch, s lahví, která je zcela naplněna kapalinou a není v ní prostor pro vzduch. Dále mohou zkoumat chemickou kinetiku reakce zahřátím roztoku. Autoři článku sestavili pracovní listy, které by měly žáky i učitele provázet experimentováním. [43]

Schopnost methylenové modři se oxidovat lze propojit i s výukou biologie. Kvasinky jsou respirující organismy, při jejichž dehydrogenasové aktivitě jsou elektrony předávány na konečný akceptor. Tím je methylenová modř, která se redukuje za vzniku bezbarvé směsi. Experiment spočívá ve smíchání připraveného droždí s methylenovou modří a po pár minutách dochází k odbarvení roztoku. I zde se dá pozorovat vliv teploty, neboť po zahřátí na teplotní optimum enzymu probíhá respirace rychleji a roztok je rychleji odbarven. [44]

3.2.7 Hexakyanidoželeznatan železitý

Charakteristika hexakyanidoželeznatanu železitého

Hexakyanidoželeznatan železitý je tmavě modrý komplex, který je v uměleckých kruzích nazýván jako berlínská, pařížská nebo pruská modř. Jedná se o hydratovanou sůl, která je ve vodě nerozpustná, jde tedy o anorganický pigment. Tato koordinační sloučenina (Obrázek 19) obsahuje Fe^{3+} kation, který je nízkospinový, zatímco centrální atom Fe^{2+} je vysokospinový. Modrá barva hexakyanidoželeznatanu železitého je dána možností přechodu elektronu mezi stavy Fe^{2+} a Fe^{3+} . [17]



Obrázek 19 struktura hexakyanidoželeznatanu železitého

Znamé experimenty s hexakyanidoželeznatanem železitým

Příprava hexakyanidoželeznatanu železitého slouží v analytické chemii jako důkazová reakce Fe^{3+} nebo Fe^{2+} iontů. Reakce spočívá v přidání těchto iontů k hexakyanidoželeznatanu draselnému nebo k hexakyanidoželezitanu draselného za vzniku modré sraženiny – berlínské modři. Znamá je i reakce berlínské modři s 5% roztokem hydroxidu sodného za vzniku hydroxidu železitého a hexakyanidoželeznatanu draselného. V důsledku této reakce se z tmavě modré sraženiny stává sraženina hnědooranžová. [45]

Ve školní praxi lze modifikovat přípravu berlínské modři na *tajný inkoust*. Na tento inkoust existuje i *zmizk*, což je vodný roztok šřavelanu draselného. Po jeho nanesení na berlínskou modř dochází k odstranění inkoustu. Navázáním šřavelanových aniontů na centrální atom vznikají oxalátokomplexy, jejichž zbarvení není tolik intenzivní. [45]

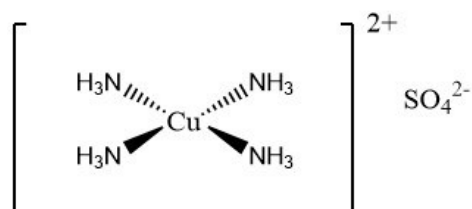
Kyanotypie je založená na fotosenzibilitě roztoku hexakyanidoželezitanu draselného a citronanu železito-amonného vůči UV záření. Vzor je položen na papír natřený tímto roztokem a poté osvětlen UV zářením za vzniku obrazu. Těto metody

využili autoři článku k propojení chemie a výtvarné výchovy v rámci interdisciplinarity ve výuce na střední škole. Jeden ze dvou kurzů začínal historickým úvodem, aby si žáci uvědomili dobové souvislosti vzniku první fotografie, poté žáci fotili fotografie na motivy surrealistického umělce. Poslední část kurzu byla věnována chemické podstatě kyanotypie, na níž lze vysvětlit oxidačně redukční děje nebo vliv UV záření. Na závěr byla uspořádána výstava děl, která studenti v rámci kurzu vytvořili. [46]

3.2.8 Monohydrát síranu tetraamminměďnatého

Charakteristika monohydrátu síranu tetraamminměďnatého

Monohydrát síranu tetraamminměďnatého je tmavě modrá komplexní sloučenina, jejíž krystaly jsou rozpustné ve vodě, a naopak nerozpustné v ethanolu. Při zahřívání dochází k termickému rozkladu na síran měďnatý. Měďnatý kation má čtvercově planární uspořádání (Obrázek 20). Monohydrát síranu tetraamminměďnatého se připravuje přidáváním koncentrovaného amoniaku do vodného roztoku pentahydrátu síranu měďnatého. Nejprve dojde k vysrážení světle modrého hydroxidu měďnatého, po dalším přidavku amoniaku se vytvoří tmavě modrý roztok monohydrátu síranu tetraamminměďnatého. [47]



Obrázek 20 struktura monohydrátu síranu tetraamminměďnatého

Znamé experimenty s monohydrátem síranu tetraamminměďnatého

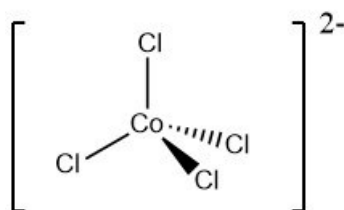
Krystaly monohydrátu síranu měďnatého lze z vodného roztoku vysrážet ethanolom, ve kterém jsou nerozpustné. Krystaly vzniklé krystalizací se zfiltrují a vysuší na laboratorní teplotě. [48]

Reakcí monohydrátu síranu tetraamminměďnatého s kyselinou chlorovodíkovou vzniká plynný chlorid amonný a síran měďnatý. [49]

3.2.9 Tetrachloridokobaltnatý anion

Charakteristika tetrachloridokobaltnatého aniontu

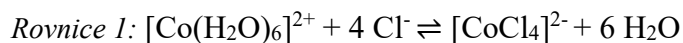
Tetrachloridokobaltnatý anion je ve vodě dobře rozpustná komplexní sloučenina s tetraedrickým okolím (Obrázek 21). Vzhledem ke svému tetraedrickému koordinačnímu okolí a d-d přechodům má modrou barvu. Příprava tohoto komplexu spočívá v přidání koncentrované kyseliny chlorovodíkové k roztoku s kobaltnatými kationty. Tuto reakci provází změna barvy z růžové na modrou, protože dochází ke změně koordinačního okolí z oktaedrického na tetraedrické a také k výměně ligandů. [17]



Obrázek 21 struktura tetrachloridokobaltnatého aniontu

Znamé experimenty s tetrachloridokobaltnatým aniontem

Výše zmíněná příprava se používá ve výuce obecné chemie, protože se jedná o rovnovážnou reakci a je vhodná k vysvětlení Le Chatelierova principu. Reakci vystihuje rovnice (Rovnice 1), na které lze demonstrovat, že přidáním produktů je rovnováha posunuta směrem k výchozím látkám, a naopak přidáváním výchozích látek posunujeme rovnováhu směrem k produktům. Reakci je možno ovlivnit také teplotou. Přímá reakce je endotermická, rovnováhu na stranu produktů posuneme zahříváním. Zpětná reakce je exotermická a při ochlazování dojde k posunutí rovnováhy na stranu výchozích látek. [50]



Přidáme-li k tetrachloridokobaltnatému aniontu roztok dusičnanu stříbrného, dojde k vyloučení bílé sraženiny chloridu stříbrného. Z komplexu jsou vyvázány chloridové anionty a navážou se molekuly vody. Roztok získává růžové zbarvení. [50]

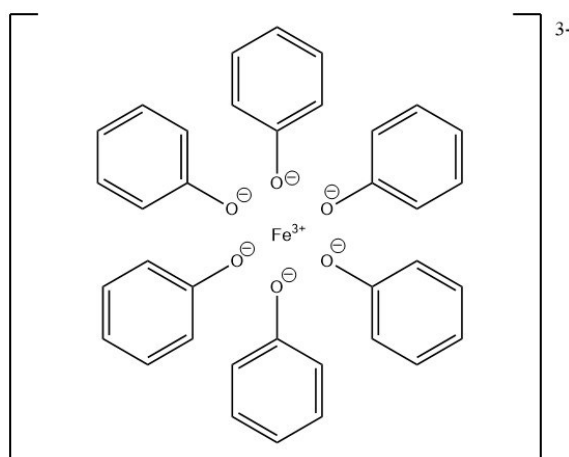
Roztok hexahydrátu chloridu kobaltnatého se používá na experiment *kouzelné písmo*. Růžový hexahydrát chloridu kobaltnatého je nanesen na filtrační papír a je zahříván nad kahanem. Dochází k dehydrataci za vzniku modře zbarveného chloridu kobaltnatého. Na tomto pokusu lze také demonstrovat chemickou rovnováhu. [51]

Vzhledem ke svým hygroskopickým vlastnostem se chlorid kobaltnatý používá jako odvlhčovač vzduchu do auta, kde se s ním mohou setkat i žáci. [52]

3.2.10 Uffelmannovo činidlo

Charakteristika Uffelmannova činidla

Uffelmannovo činidlo je barevný komplex s oktaedrickým okolím, ve kterém je na centrální železitý kation navázáno až šest fenolátových ligandů (*Obrázek 22*). [53] Tento ve vodě rozpustný komplex je modrofialově zbarvený. V analytické chemii je Uffelmannovo činidlo výsledným produktem důkazové reakce fenolu s činidlem chloridem železitým. Tato důkazová reakce není specifická, fenoly obecně reagují s chloridem železitým za vzniku intenzivně zbarvených komplexů. [54]



Obrázek 22 struktura Uffelmannova činidla

Známé experimenty s Uffelmannovým činidlem

Uffelmannovo činidlo slouží k důkazu přírodních hydroxykyselin, jako jsou například mléčná kyselina, citronová kyselina a mnoho dalších. Ty s železitým kationtem vytváří pevnější komplex a vytěsní fenolátové anionty, což je doprovázeno změnou zbarvení z modrofialové na žlutou. Železité ionty nemohou být použity ve formě chloridu železitého, neboť má žluté zbarvení stejně jako komplexy s hydroxykyselinami. Tato reakce není specifická, železité ionty s hydroxykyselinami obecně poskytují žluté komplexní sloučeniny. [55]

4 Praktická část

Praktická část této bakalářské práce je rozdělena do dvou částí – experimentální části a části obsahující pracovní listy. V experimentální části je popsána příprava použitých roztoků a suspenzí a dále konkrétní experimenty, které vychází z vlastností a reakcí látek uvedených v teoretické části. Tyto experimenty byly poskládány do tematických celků, ke kterým byly vytvořeny pracovní listy pro učitele. K uskutečnění experimentální části bylo použito vybavení a chemikálie laboratoře KUDCh PřF UK.

Vlastnosti látek, které jsou obsaženy v potravinářských barvivech, nápojích, ústní vodě nebo v akvaristickém dezinfekčním přípravku byly ověřeny i na jejich standardech. Tyto standardy nejsou základními chemikáliemi, kterými je vybavena běžná školní laboratoř, a proto se v pracovních listech pracuje se snadno dostupnými látkami, které je možno zakoupit v běžném obchodě nebo ve zverimexu.

4.1 Experimentální část

Spojovacím prvkem experimentů v této bakalářské práci je modrá barva látek, z nichž některé jsou snadno dostupné v běžném obchodě, drogerii nebo v obchodě s akvaristikou. Vzhledem k tomu, že se složení produktů se může lišit v závislosti na výrobcí, jsou v tabulce (*Tabulka 1*) uvedeny fotografie těch výrobků, se kterými experimenty opravdu fungují. Výchozí látky měly modré zbarvení (*Tabulka 2*). V experimentální části jsou popsány experimenty, při nichž byla stejná sada látek vystavena stejným podmínkám, například přidavku činidla nebo zahřátí ve vodní lázni a případné barevné změny byly zachyceny na fotografiích, které jsou součástí příloh.

4.1.1 Příprava použitých modrých roztoků a suspenzí

K experimentům dále uváděným v této práci byly použity následující roztoky či suspenze. Dále je uveden postup, respektive koncentrace použitých roztoků či suspenzí. Množství připravovaných roztoků závisí na plánovaných experimentech a například počtu skupin žáků. Jednotlivé roztoky a suspenze byly vyfoceny (*Tabulka 2*).

Patentní modř

- standard – 5% roztok
- ústní voda Colgate Plax Cool Mint (*Tabulka 1*) – vhodně koncentrovaný roztok, není třeba jej ředit

Indigokarmín

- standard – $1,3 \cdot 10^{-2}\%$ roztok
- modré potravinářské barvivo AROCO (*Tabulka 1*) – 0,5% roztok
- modrá prášková barva na vajíčka od výrobce OVO (*Tabulka 1*) – 0,5% roztok

Brilantní modř

- standard – $1,3 \cdot 10^{-3}\%$ roztok
- nápoj Gatorade (*Tabulka 1*) – vhodně koncentrovaný roztok, není třeba jej ředit
- alkoholický nápoj Curacao (*Tabulka 1*) – nápoj je vhodné naředit 11krát

Methylenová modř

- standard – $2,5 \cdot 10^{-3}\%$ roztok
- dezinfekční přípravek na hubení parazitů v akváriu DAJANA (*Tabulka 1*) – do 100 ml destilované vody bylo přidáno 40 kapek dezinfekčního přípravku
- BOZP: Methylenová modř je při požití zdraví škodlivá.
 - výstražné symboly dle GHS:



Jodoškrobová reakce

- příprava:
 - Lžička škrobu byla rozmíchána v 50 ml horké vody a bylo přidáno pár kapek Lugolova roztoku, aby zbarvení odpovídalo barvě ostatních roztoků.
- BOZP:
 - Jod dráždí dýchací cesty a kůži, způsobuje poškození očí a je vysoce toxický pro vodní organismy.

- výstražné symboly dle GHS:



- Jodid draselný při zasažení očí nebo kůže může vyvolat zvýšenou citlivost, je vysoce toxický pro vodní organismy a nebezpečný pro člověka.
- výstražné symboly dle GHS:



Fykocyanin

- práškový extrakt Blue spirulina (*Tabulka 1*) – 0,5% roztok
- doplněk stravy tablety Bio spirulina (*Tabulka 1*)
 - příprava roztoku: 5 tablet Bio spiruliny bylo rozmělněno v třecí misce a k tomuto prášku bylo přidáno 100 ml destilované vody. Vzniklá suspenze byla přefiltrována přes filtrační papír za atmosférického tlaku a byl získán modrý vodný extrakt.

Monohdrát síranu tetraamminměďnatého

- příprava komplexu:
 - K 50 ml 5% pentahydrátu síranu měďnatého bylo přidáno 10 ml koncentrovaného amoniaku. Došlo k vyloučení sraženiny hydroxidu měďnatého, ze kterého se v nadbytku amoniaku vytváří komplex monohydrátu síranu tetraamminměďnatého.
- BOZP:
 - S koncentrovaným amoniakem se pracuje v digestoři. Jedná se o těkavou kapalinu, jejíž páry jsou při vdechnutí toxické. Způsobuje těžké poleptání očí a kůže a je vysoce toxický pro vodní organismy.
 - výstražné symboly dle GHS:



- Pentahydrát síranu měďnatého je při požití zdraví nebezpečný, dráždí oči a kůži a je vysoce toxický pro vodní organismy.

- výstražné symboly dle GHS:



Hexakyanidoželeznatan železitý

- příprava komplexu:
 - 5% roztok hexakyanidoželeznatanu draselného byl smíchán v poměru 3:4 s 5% roztokem síranu železitého za vzniku komplexu ve formě sraženiny.
- BOZP:
 - Hexakyanidoželeznatan draselný je látka nebezpečná pro životní prostředí
 - výstražné symboly dle GHS:



- Síran železitý je při požití zdraví nebezpečný a dráždí oči a dýchací orgány.
- výstražné symboly dle GHS:



Tetrachloridokobaltnatý anion

- příprava komplexu:
 - 5% chlorid kobaltnatý byl smíchán s koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou v poměru 1:1.
- BOZP:
 - S kyselinou chlorovodíkovou se pracuje v digestoři, způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí. Může způsobit těžké podráždění dýchacích cest.
 - výstražné symboly dle GHS:



- Chlorid kobaltnatý je při požití zdraví nebezpečný, je vysoce toxický pro vodní organismy a může vyvolat rakovinu při vdechování.

- výstražné symboly dle GHS:



Uffelmannovo činidlo

- příprava komplexu:
 - K 20 ml 1% roztoku fenolu bylo přidáno 30 kapek 5% roztoku chloridu železitého za vzniku Uffelmannaova činidla.
- BOZP:
 - Fenol je toxický při vdechnutí a kontaktu s kůží. Při opakované expozici může způsobit poškození orgánů. Způsobuje těžké poleptání kůže a očí.
 - výstražné symboly dle GHS:



- Chlorid železitý je při požití zdraví nebezpečný a způsobuje poleptání. Dráždí kůži a hrozí nebezpečí vážného poškození očí.
- výstražné symboly dle GHS:




















Tabulka 1 Obrázky látek, z nichž byly připraveny některé roztoky a suspenze

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Colgate Plax Cool Mint | potravinářské barvivo AROCO | barvivo na vajíčka OVO | nápoj Gatorade |

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| alkoholický nápoj Curacao | dezinfekční přípravek DAJANA | práškový extrakt Blue spirulina | tablety Bio spirulina |

Tabulka 2 Modré roztoky a suspenze

| | | | |
|---|---|--|---|
| Patentní modř V standard |  | Methylenová modř DAJANA |  |
| Patentní modř V Colgate Plax Cool Mint |  | Jodoškrobová reakce |  |
| Indigokarmín standard |  | Fykocyanin z práškového extraktu |  |
| Indigokarmín AROCO |  | Fykocyanin z tablety |  |
| Indigokarmín OVO |  | Monohydrát síranu tetraamminměďnatého |  |
| Brilantní modř standard |  | Hexakyanidoželeznatan železitý |  |

| | | | |
|-------------------------|---|-------------------------------|---|
| Brilantní modř Gatorade |  | Tetrachloridokobaltnatý anion |  |
| Brilantní modř Curacao |  | Uffelmannovo činidlo |  |
| Methylenová modř |  | | |

4.1.2 Experimenty s roztoky a suspenzemi

4.1.2.1 Barevné změny způsobené ředěním destilovanou vodou

Pomůcky

zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka nebo odměrný válec

Chemikálie

předem připravené roztoky a suspenze, destilovaná voda

BOZP

Tento pokus je bezpečný, kromě připravených roztoků nebo suspenzí, jejichž vlastnosti byly zmíněny výše, byla použita pouze destilovaná voda.

Postup

Do zkumavek bylo dáno po 5 ml roztoku nebo suspenze. Takto byly připraveny dvě sady zkumavek – jedna srovnávací a do druhé byly odměrným válcem přidány 4 ml destilované vody a byly pozorovány případné změny zbarvení oproti srovnávací sadě zkumavek.

Pozorování a poznatky

U všech roztoků došlo zředěním k zesvětlení barvy, u více koncentrovanějších roztoků tato změna nebyla tak dobře pozorovatelná. Jediným reagujícím roztokem byl tetrachloridokobaltnatý anion, který změnil svou barvu z modré na růžovou (*Obrázek 23*). Změna byla pozorována ihned po přilítí destilované vody. Je to dáno posunutím rovnováhy, po přidání vody došlo k náhradě chloridových ligandů za molekuly vody, což

je doprovázeno změnou koordinačního okolí, a tudíž i změnou barvy komplexu. Barevné změny způsobené ředěním destilovanou vodou jsou vyobrazeny na fotografiích v Příloze 1.



Obrázek 23 reakce tetrachloridokobaltnatého aniontu s destilovanou vodou

4.1.2.2 Barevné změny způsobené účinkem Pancreolanu

Pomůcky

zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka nebo odměrný válec, třecí miska s tloučkem, násypka

Chemikálie

předem připravené roztoky a suspenze, Pancreolan Forte

BOZP

Během experimentu byl použit Pancreolan Forte, který je užíván jako léčivý přípravek a je tedy bezpečný. Vlastnosti látek, ze kterých byly připraveny roztoky a suspenze, jsou zmíněny výše.

Postup

Tablety Pancreolanu Forte byly rozmělněny ve třecí misce s tloučkem. Byly připraveny dvě sady zkumavek s 5 ml předem připravených roztoků nebo suspenzí. První sada sloužila jako srovnávací, do druhé sady bylo přisypáno přes násypku množství Pancreolanu, které odpovídá zhruba třetině tablety. Na závěr byly pozorovány změny zbarvení zkumavek oproti srovnávací sadě.

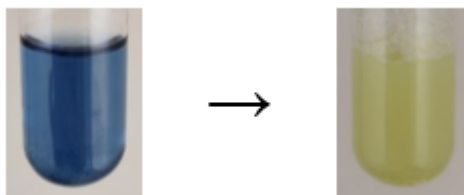
Pozorování a poznatky

Ve všech zkumavkách došlo po zhruba patnácti minutách k více či méně viditelnému zežloutnutí roztoku. To je dáno látkami, které dávají potahované tablety Pancreolanu

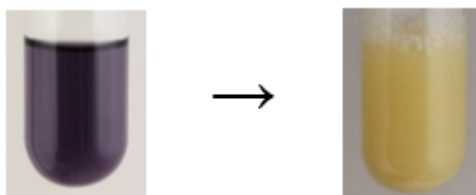
Forte žluté zbarvení. Barevné změny způsobené účinkem Pancreolanu jsou vyobrazeny na fotografiích v Příloze 2.

Ve zkumavce obsahující výsledek jodoškrobové reakce, došlo k odbarvení modrého zbarvení a výslednou barvu udávala pouze žlutá látka (Obrázek 24) z Pancreolanu Forte. Je to dáno enzymatickou funkcí α -amylasy, obsažené v Pancreolanu. Enzym α -amylasa hydrolyzuje škrob a jod obsažený v Lugolově roztoku již není vmezeřen do šroubovice škrobu, což provází ztráta modrého zbarvení.

V případě roztoku Uffelmannova činidla došlo ke změně barvy z modrofialové na žlutou (Obrázek 25), což je dáno nejspíše triethyl-citrátem, který je v Pancreolanu Forte obsažen jako pomocná látka. Uffelmannovo činidlo lze použít k důkazu kyseliny citronové, které se na železité kationty vážou pevněji než fenol. Tuto reakci doprovází výše uvedená změna barvy. [55]



Obrázek 24 reakce jodoškrobové reakce s Pancreolanem



Obrázek 25 reakce Uffelmannova činidla s Pancreolanem

4.1.2.3 Barevné změny v závislosti na teplotě

Pomůcky

zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka nebo odměrný válec, kádinky, rychlovarná konvice nebo kahan

Chemikálie

předem připravené roztoky a suspenze, led, horká voda

BOZP

Při tomto experimentu se pracuje s horkou vodou, hrozí opaření.










Postup

Do zkumavek bylo dáno po 5 ml roztoku nebo suspenze. Takto byly připraveny tři sady zkumavek – jedna srovnávací, druhá sada byla dána do studené vodní lázně a třetí do horké vodní lázně. Byly pozorovány změny.

Pozorování a poznatky

Barevné změny bylo možno pozorovat pouze u Uffelmanna činidla, tetrachloridokobaltnatého aniontu a dále u jodoškrobové reakce (*Tabulka 3*). Uffelmannovo činidlo změnilo v horké vodě barvu z modrofialové na žlutou. Tento komplex bude nejspíše termolabilní. Tetrachloridokobaltnatý anion reaguje na ochlazení posunutím rovnováhy směrem k růžově zbarvenému hexaaquakobaltnatému kationtu, tato reakce je exotermická. Naopak při zahřátí je rovnováha posunuta směrem k tetrachloridokobaltnatému aniontu, což se projevuje zvýšením sytosti tmavě modrého odstínu roztoku. Tato reakce je tedy endotermická. U jodoškrobové reakce došlo při zahřívání k mazovatění škrobu za současné ztráty modrého zbarvení. [14] Při ochlazení dochází jen k mírnému zesvětlení roztoku. Barevné změny všech látek závislosti na teplotě jsou vyobrazeny na fotografiích v Příloze 3.

Tabulka 3 Barevné změny v závislosti na teplotě

| | ochlazení | výchozí stav | zahřátí |
|-------------------------------|---|--|---|
| Uffelmannovo činidlo |  |  |  |
| Tetrachloridokobaltnatý anion |  |  |  |
| Jodoškrobová reakce |  |  |  |

4.1.2.4 Barevné projevy zapříčiněné fluorescencí

Pomůcky

zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka nebo odměrný válec, stolní lampička, UV lampa

Chemikálie

předem připravené roztoky a suspenze

BOZP

Tento pokus je bezpečný, manipuluje se pouze s předem připravenými roztoky a suspenzemi.

Postup

Do zkumavek bylo dáno po 5 ml roztoku nebo suspenze. Na tyto zkumavky bylo ve tmě posvíceno UV lampou a stolní lampičkou a byla pozorována případná fluorescence.

Pozorování a poznatky

Ze všech modrých barviv či pigmentů použitých v této práci má schopnost fluorescence pouze fykocyanin. Fykocyanin byl obsažen v práškovém extraktu Blue spirulina nebo v tabletách Bio spirulina. Oba dva roztoky připravené z výše uvedených doplňků stravy vykazovaly červenou fluorescenci při posvícení stolní lampičkou (*Obrázek 26 a Obrázek 27*). Roztok z práškového extraktu vykazoval intenzivnější červenou fluorescenci.

Pod UV lampou červeně fluoreskoval pouze roztok připravený z práškového extraktu, zatímco roztok připravený z tablet spiruliny fluoreskoval bíle (*Obrázek 26 a Obrázek 27*). Možné vysvětlení vychází z předpokladu, že tableta vyrobená slisováním drcených stélek spiruliny obsahuje kromě fykocyaninu také další látky, což bylo prokázáno i UV/VIS spektrofotometrií. Tato spektra jsou okomentována v diskuzi experimentální části. Barevné projevy zapříčiněné fluorescencí jsou vyobrazeny na fotografiích v Příloze 4.



Obrázek 26 fluorescence fykocyaninu z práškového extraktu, vlevo pod stolní lampou, vpravo pod UV lampou



Obrázek 27 fluorescence fykocyaninu z tablety, vlevo pod stolní lampou, vpravo pod UV lampou

4.1.2.5 Barevné změny způsobené redoxními reakcemi

Pomůcky

zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka nebo odměrný válec, zátky na zkumavky

Chemikálie

předem připravené roztoky a suspenze, 12% roztok hydroxidu sodného, 12% roztok glukosy

BOZP

Při experimentování se kromě předem připravených roztoků a roztoku glukosy pracuje s 12% roztokem hydroxidu sodného, což je látka způsobující těžké poleptání kůže a očí.

- výstražné symboly dle GHS:



Postup

Byla nadepsána jedna sada zkumavek pro každé barvivo nebo suspenzi. Do každé ze zkumavek bylo přidáno 2,5 ml barviva nebo suspenze, dále 2,5 ml 12% roztoku hydroxidu sodného a 2,5 ml 12% roztoku glukosy. Každá zkumavka byla ihned zazátkována a protřepána. Poté byly pozorovány možné barevné změny.

Pozorování a poznatky

Ze všech látek bylo možno pozorovat vratnou redoxní reakci vyvolanou přidavkem hydroxidu sodného, glukosy a vzdušného kyslíku u indigokarmínu, brilantní modři a u methylenové modři. Tyto látky jsou pro své oxidačně-redukční účinky používány v experimentech modrá baňka. Rychlosti reakcí probíhající se standardy oproti látkám v potravinách, nápojích nebo v dezinfekčním prostředku se lišily, což je zdokumentováno v tabulkách (*Tabulka 4 a Tabulka 5*). Barevné změny jsou zachyceny v Příloze 5.

Tabulka 4 rychlosti redoxních reakcí u jednotlivých látek

| | Odbarvení po prvním protřepání | Odbarvení po druhém protřepání | Odbarvení po třetím protřepání |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Brilantní modř ve formě standardu | 6,5 min | 2 min | 1,5 min |
| Brilantní modř v nápoji Gatorade | 6,5 min | 1 min | 30 s |
| Brilantní modř v nápoji Curacao | 6,5 min | 2 min | 1,5 min |
| Methylenová modř ve formě standardu | 1 min | 18 s | 15 s |
| Methylenová modř v dezinfekčním prostředku DAJANA | 1 min 15 s | 15 s | 14 s |

Tabulka 5 rychlosti redoxních reakcí u jednotlivých látek

| | Po prvním protřepání ze zelené na červenou | Z červené na žlutou | Po druhém protřepání ze zelené na červenou | Z červené na žlutou |
|---|--|---------------------|--|---------------------|
| Indigokarmín ve formě standardu | 1,5 min | 30 s | 1,2 min | 25 s |
| Indigokarmín v potravinářském barvivu AROCO | 1,15 min | 45 s | 30 s | 25 s |
| Indigokarmín v barvivu na vejčka OVO | 1,3 min | 40 s | 50 s | 40 s |

Ostatní látky také reagovaly v přítomnosti 12% roztoku hydroxidu sodného tak, jak je zmíněno dále v podkapitole *Barevné změny v závislosti na pH*.

4.1.2.6 Barevné změny v závislosti na pH Pomůcky

zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka nebo odměrný válec, kádinky

Chemikálie

Předem připravené roztoky a suspenze, 10% roztok kyseliny sírové, 10% roztok hydroxidu sodného, 10% roztok jedlé sody, ocet

BOZP

V rámci experimentování se pracuje s 10% kyselinou sírovou a 10% hydroxidem sodným, což jsou žíravé látky, leptající pokožku. Je tedy vhodné s těmito látkami pracovat v rukavicích.

- Výstražný symbol dle GHS:



Postup

Na tento experiment bylo třeba přichystat pět sad zkumavek, které byly nadepsány dle vzrůstajícího pH jako silná kyselina, slabá kyselina, původní (srovnávací) roztok, slabá zásada a silná zásada. Do zkumavek bylo dáno 5 ml roztoku nebo suspenze. Do první sady zkumavek bylo kapátkem přidáno 0,5 ml 10% roztoku kyseliny sírové, do druhé sady bylo přidáno 0,5 ml octa, do třetí sady 0,5 ml 10% roztoku jedlé sody a do čtvrté sady bylo přidáno 0,5 ml 10% roztoku hydroxidu sodného). Pátá sada zkumavek zůstala bez přídavku činidla a zůstala srovnávací, Po mírném protřepání zkumavek bylo možno pozorovat případné změny zbarvení oproti srovnávacímu roztoku.

Pozorování a poznatky

Většina roztoků a suspenzí jsou pH senzitivní a v reakci s příslušným činidlem dochází k okamžité změně zbarvení. Tyto vlastnosti látek byly uvedeny v teoretické části a jsou stručně shrnuty v tabulce (*Tabulka 6*) s tím, že standardy a látky obsažené v potravinách, nápojích, ústní vodě nebo dezinfekčním přípravku reagovaly stejně. Barevné změny jsou zachyceny v Příloze 6.

Tabulka 6 reakce látek v různém pH prostředí

| | Barva v silně kyselém pH | Barva ve slabě kyselém pH | Původní barva | Barva ve slabě zásaditém pH | Barva v silně zásaditém pH |
|------------------|--------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|
| Patentní modř V | světle žlutá | světle zelená | světle modrá | světle modrá | světle modrá |
| Indigokarmín | modrá | modrá | modrá | modrá | žlutá |
| Brilantní modř | zelená | modrá | modrá | modrá | modrá |
| Methylenová modř | modrá | modrá | modrá | modrá | tmavě modrá |

| | | | | | |
|--|------------------------|-------------|--------------|----------------------------------|--|
| Jodoškrobová reakce | modrá | modrá | modrá | modrá | bezbarvá |
| fykocyanin | světle modrá | modrá | modrá | modrá | žlutošedá |
| Monohydrát síranu tetraammin-měďnatého | světle modrá sraženina | tmavě modrá | tmavě modrá | tmavě modrá | tmavě modrý roztok, světle modrá sraženina |
| Hexakyanido-železnatan železitý | tmavě modrá | tmavě modrá | tmavě modrá | žlutý roztok, oranžová sraženina | žlutý roztok, oranžová sraženina |
| Chlorid kobaltnatý | modrá | modrá | modrá | modrá | modrá |
| Uffelmannovo činidlo | světle béžová | béžová | modrofialová | žlutá | žlutá |

4.2 Pracovní listy

Byly vytvořeny 4 pracovní listy, které jsou tematicky zaměřené. Mají sloužit k opakování učiva, se kterým jsou již žáci obeznámeni z teoretické výuky. U každého pracovního listu jsou uvedeny informace stěžejní pro učitele, který chce realizovat výuku dle pracovního listu. Tyto informace zahrnují zařazení do výuky dle RVP G, cíle a interdisciplinaritu stejně jako praktické informace typu – pomůcky a chemikálie nezbytné pro provedení experimentu. Součástí souhrnu je i postup při práci s těmito pracovními listy.

4.2.1 Pracovní list Modrá barviva v potravinách

Tento pracovní list obsahuje celkem 6 úloh. 5 úloh má teoretický charakter a jednu z nich budou žáci vypracovávat za použití internetového zdroje. Zbývající úloha je experimentální, na které si žáci ověří pH citlivost a oxidačně-redukční vlastnosti syntetických modrých barviv v potravinách.

Tematické zaměření: organická chemie, barviva v potravinách

Cíle: Žák dokáže popsat chemickou strukturu barviv – pozná funkční skupiny.

Žák správně používá pojmy oxidační a redukční činidlo.

Žák dokáže zhodnotit vliv syntetických barviv na životní prostředí.

Žák dokáže pracovat s internetovými zdroji.

Klíčové kompetence:

Kompetence k učení – žák se učí propojovat souvislosti mezi dosud známou teorií a experimentováním, z výsledků vyvozuje závěry.

Kompetence komunikativní – žák přemýšlí nad tématem a své myšlenky dokáže formulovat exaktně a kultivovaně.

Kompetence sociální a personální – žák se při práci ve skupině rozvíjí v kolektivním jednání.

Kompetence občanské – žák chápe ekologické důsledky činnosti lidstva při používání syntetických barviv a další environmentální problémy.

Kompetence pracovní – žák se v laboratoři učí správné návyky při experimentování a dodržuje bezpečné návyky.

Interdisciplinarita: environmentální výchova, výchova ke zdraví

Ročník žáků: 3. ročník vyššího gymnázia

Počet žáků: 15–30 s ohledem na formu vyučovací hodiny

Forma vyučovací hodiny: dvouhodinové laboratorní cvičení nebo dvě vyučovací hodiny v běžné třídě.

Pomůcky: mobil, tablet nebo počítač, zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka

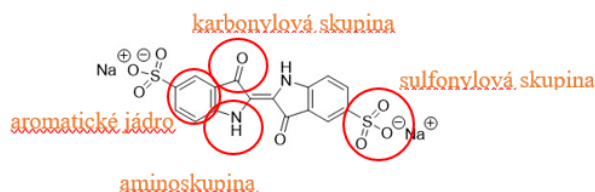
Chemikálie: připravené roztoky modrých barviv (neředěný roztok ústní voda Colgate Plax Cool Mint; 0,5% roztok modrého potravinářského barviva AROCO; 11krát ředěný alkoholický nápoj Curacao); 12% roztok hydroxidu sodného; 12% roztok glukosy

Popis práce s pracovním listem: Žáci jsou rozděleni do pracovních skupin po 2 až 3 žácích a každému z nich je rozdán pracovní list. Učitel zadá instrukce a poté žáci pracují ve skupinách s pracovním listem. První tři úlohy mají teoretický charakter a žáky navádí k přemýšlení o vlastnostech barviv. Na tyto úlohy navazuje čtvrtá – experimentální úloha, ve které si žáci vyzkouší odlišnou reaktivitu vybraných modrých barviv, a to v zásaditém prostředí a s oxidačně-redukčními činidly. Pátá úloha rozvíjí myšlenku vlivu barviv na životní prostředí a způsob degradace těchto barviv. Šestá úloha vede žáky k opětovnému zamýšlení se nad vlastnostmi barviv, kterými se barví potraviny. Na závěr je důležité projít s žáky správné řešení a dát jim zpětnou vazbu.

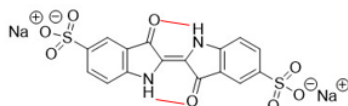
Pracovní list *Modrá barviva v potravinách* je součástí příloh jako Příloha 7, autorské řešení je označeno jako Příloha 8.

Ukázka autorského řešení:

- 3) Na vzorci barviva indigokarmínu (E132) zakroužkujte a popište funkční skupiny.



- Najděte a zakreslete vodíkový můstek. Jak vodíkový můstek ovlivňuje teplotu varu dané látky?



Vodíkové můstky zvyšují teplotu varu dané látky.

Tipy: Vzhledem k používání mobilního telefonu během práce s pracovním listem je dobré s žáky nastolit taková pravidla, aby práce s mobilem nenarušovala průběh hodiny. Učitel by měl s žáky v rámci reflexe uvést kontext pracovního listu. Například že barvivo E131 je stabilní v zásaditém pH prostředí a je zároveň odolné vůči oxidačně-redukčním reakcím. V souvislosti s těmito skutečnostmi je toto barvivo velmi obtížně degradovatelné. Na konci hodiny je možno žákům představit nápoj, ústní vodu a potravinářské barvivo, se kterými žáci v průběhu hodiny pracovali.

4.2.2 Pracovní list *Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy*

Tematické zaměření: Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy

Cíle: Žák popíše, jak některé faktory ovlivní rovnováhu reakce.

Žák zapíše vztah pro rovnovážnou konstantu konkrétní reakce.

Žák dokáže na základě fyzikálně chemických vlastností světla odvodit barevnost látky.

Žák dokáže pracovat s grafem absorpčního spektra.

Klíčové kompetence:

Kompetence k učení – žák pracuje s výsledky pozorování a propojuje je s teoretickými znalostmi.

Kompetence k řešení problémů – žák problému porozumí, snaží se různými prostředky dojít ke správnému řešení.

Kompetence komunikativní – žák pracuje s různými formami textu, například s grafem a dokáže jej interpretovat.

Kompetence sociální a personální – žák se učí účinně pracovat ve skupině.

Kompetence pracovní - žák se v laboratoři učí správné návyky při experimentování a dodržuje bezpečné návyky.

Interdisciplinarita: Chemická rovnováha může být pojata jako čistě chemické téma, zatímco barevnost látek se prolíná i s fyzikální podstatou světelného záření.

Ročník žáků: 1. ročník vyššího gymnázia pro opakování chemické rovnováhy, případně lze téma barevnost látek probrat v rámci přírodovědného semináře.

Počet žáků: 15

Forma vyučovací hodiny: Dvouhodinové laboratorní cvičení. Vzhledem k práci s koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou je nutno pracovat v laboratoři, která je vybavena digestoří.

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka, kádinky, rychlovarná konvice nebo kahan, led

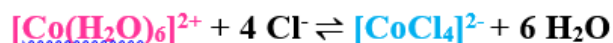
Chemikálie: připravený roztok tetrachloridokobaltnatého aniontu, destilovaná voda, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, horká voda

Popis práce s pracovním listem: S tímto pracovním listem může pracovat jak jednotlivec, tak skupina žáků. To dává učiteli možnost přizpůsobit práci v hodině svým záměrům. Žákům je rozdán pracovní list, se kterým mohou pracovat poté, co učitel zadá instrukce k chemikáliím a práci v laboratoři. První část pracovního listu je věnována chemické rovnováze, kterou mohou žáci pochopit po provedení experimentu. Na něj navazuje několik otázek, jejichž zodpovězení vyžaduje propojení pozorování experimentu a znalost teoretické stránky chemické rovnováhy. Druhá část pracovního

listu je teoretického charakteru a zaměřuje se na princip barevnosti látek. Žáci pracují s absorpčními spektry dvou látek a na základě indicií mají poznat, které spektrum patří jaké látce. Na závěr je vhodné s žáky vyhodnotit správné odpovědi a případně opravit chybné. Pracovní list *Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy látek* je součástí příloh jako Příloha 9, autorské řešení je označeno jako Příloha 10.

Ukázka:

Postup: Do zkumavky dejte 5 ml modrého roztoku. K modrému roztoku přidejte 1 ml destilované vody a pozorujte barevné změny. Poté v digestoři pod dohledem učitele přidávejte koncentrovanou kyselinu chlorovodíkovou, dokud se neobnoví modrá barva.



Do dvou zkumavek dejte 5 ml modrého roztoku. Jednu zkumavku vložte do kádinky s horkou vodou a druhou do kádinky s ledovou vodou. Pozorujte barevné změny.

Tipy: Učitel může experiment s přidáváním koncentrované kyseliny chlorovodíkové pojmout jako demonstrační pokus.

4.2.3 Pracovní list Obecná chemie – pH

Tematické zaměření: Obecná chemie – pH

Cíle: Žák definuje kyselinu a zásadu dle Bronstedovy teorie.

Žák vypočítá pH roztoků silných kyselin a zásad.

Žák pozná a označí konjugovaný pár v zápisu rovnice.

Žák popíše pH stupnici.

Klíčové kompetence:

Kompetence k učení – žák uvádí věci do souvislosti a samostatně experimentuje a pozoruje.

Kompetence k řešení problémů – žák samostatně či ve skupině řeší problémy.

Kompetence komunikativní – žák se zapojuje do diskuze a dokáže argumentovat.

Kompetence sociální a personální – žák přispívá k vytváření atmosféry v týmu.

Kompetence pracovní – na základě pracovního postupu dokáže správně provést experiment.

Interdisciplinarita: –

Ročník žáků: 1. ročník vyššího gymnázia

Počet žáků: 15–30 s ohledem na formu vyučovací hodiny

Forma vyučovací hodiny: dvouhodinové laboratorní cvičení nebo dvě vyučovací hodiny v běžné třídě.

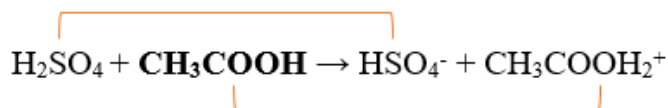
Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, kapátka nebo odměrný válec, kádinky

Chemikálie: předem připravené roztoky a suspenze (hexakyanidoželeznatan železitý; Uffelmannovo činidlo; monohydrát síranu tetraamminměďnatého; 0,5% roztok fukocyaninu z práškového extraktu), 10% roztok kyseliny sírové, 10% roztok hydroxidu sodného, 10% roztok jedlé sody, ocet

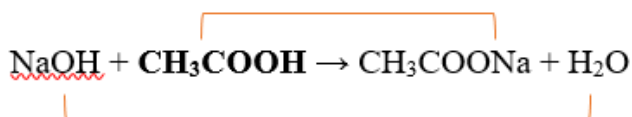
Popis práce s pracovním listem: Tento pracovní list je možné použít ke skupinové práci či k práci jednotlivců. Učitel rozdá pracovní listy a sdělí instrukce, jak mají žáci s pracovním listem pracovat. Pracovní list je poskládan z pěti úloh, z nichž první čtyři mají teoretický charakter a měly by sloužit k ověření znalostí, které jsou potřebné na experimentální část úlohu. První úloha je koncipovaná jako myšlenková mapa, během jejíhož sepisování si mají žáci utřídit informace, které již znají o pH. Po této úloze by měla následovat její reflexe. Následující tři úlohy vedou žáka k aplikování teoretických znalostí. Experimentální úloha slouží k tomu, aby si žáci experimentálně ověřili, jak reagují vybrané látky. Tato úloha obsahuje doplňující podotázky. Na závěr je vhodné se žáky pracovní listy vyhodnotit, aby žáci znali správné odpovědi. Pracovní list *Obecná chemie – pH* je přiložen jako Příloha 11, autorské řešení je Příloha 12.

Ukázka autorského řešení:

4) Na základě následujících rovnic napište, zda je **octová kyselina** zásadou, či kyselinou. Vyznačte konjugované páry.



Octová kyselina zde vystupuje jako zásada, protože přijímá proton.



Octová kyselina zde vystupuje jako kyselina, odštěpuje proton.

Tipy: Myšlenkovou mapu může učitel zapisovat rovnou na tabuli.

4.2.4 Pracovní list Logická hádanka s modrými roztoky

Tematické zaměření: Obecná chemie

Cíle: Žák určí látky na základě jejich reaktivity.

Žák zpracovává výsledky svého měření a vyvozuje z nich závěry.

Žák vyhledává informace v textu a propojuje je do souvislostí.

Žák si uvědomí praktické využití různých látek.

Klíčové kompetence:

Kompetence k učení – žák tvořivě zpracovává informace.

Kompetence k řešení problému – žák uplatňuje při řešení problémů vhodné metody.

Kompetence komunikativní – žák správně interpretuje přijímaná sdělení ve formě pracovního postupu.

Kompetence sociální a personální – žák aktivně spolupracuje při dosažení společného cíle ve skupině.

Kompetence pracovní – žák bezpečně pracuje v chemické laboratoři

Interdisciplinarita: matematika a logické myšlení

Ročník žáků: 1. ročník vyššího gymnázia

Počet žáků: 15

Forma vyučovací hodiny: dvouhodinové laboratorní cvičení

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka, rychlovarná konvice nebo kahan, kádinky, UV lampa

Chemikálie: připravené roztoky modrých barviv (0,5% roztok modrého potravinářského barviva AROCO; roztok methylenové modři; roztok jodoškrobové reakce; 0,5% roztok fukocyaninu z práškového extraktu; Uffelmannovo činidlo), 12% roztok hydroxidu sodného; 12% roztok glukosy, 10% roztok kyseliny sírové, 10% roztok hydroxidu sodného, horká voda

Popis práce s pracovním listem: Žáci jsou rozděleni do skupin po 2–3 žácích a jsou jim sděleny instrukce. Jejich cílem je provést příslušné reakce s 5 neznámými látkami, které na základě 15 indicií budou moci rozpoznat. Poté již žáci pracují s pracovním listem samostatně a používají připravené chemikálie a pomůcky tak, aby doplnili do tabulky

reakce jednotlivých modrých roztoků v různých prostředích. Data nasbíraná při experimentování slouží jako nápověda k vyplnění druhé tabulky, ve které se žáci dozví, s jakými látkami pracovali, k čemu se používají a čím jsou zajímavé. Pracovní list je vhodné na závěr reflektovat. Pracovní list *Logická hádanka s modrými roztoky* je přiložen jako Příloha 13 spolu s autorským řešením, které je označeno jako Příloha 14.

Ukázka:

Tyto věty vám pomůžou doplnit následující tabulku:

- 1) Látka nazývaná se indigokarmín při redoxních reakcích střídá 3 barvy.
- 2) Akvaristický přípravek proti parazitům nemění v kyselém pH barvu a při redoxních reakcích se mění barva z modré na bezbarvou.
- 3) Modrý roztok fenolu a chloridu železitého se nazývá Uffelmannovo činidlo.
- 4) Červeně fluoreskující látka se nachází v červených řasách a sinicích.

Tipy: Během experimentování je vhodné s žáky neustále konzultovat postup, který je psán velmi stručně, aby podporoval jejich samostatnost při experimentování. Nepochopení či nezdar může odradit od vyplnění práce s 15 větami, které jim napomůžou k vyplnění hádanky ve formě tabulky.

5 Diskuze:

5.1 Diskuze k teoretické části

Teoretická část se dělí na dvě kapitoly – *Chemický experiment na střední škole* a dále *Literární řešerše použitých látek a jejich známých experimentů*. První kapitola shrnuje poznatky charakterizující chemický experiment na střední škole, jeho přínosy pro žáka a zařazení experimentu do výuky chemie. Tyto objektivní přínosy pro výuku chemie mohou mít motivační faktor pro učitele vážající nad zařazením experimentů do výuky. Zdrojem informací byly především knihy s didaktickou tematikou a dále také diplomová práce Martina Víta, týkající se motivačního charakteru chemických experimentů. Je zajímavé, že pouze 51 % učitelů chemie na střední škole v dotazníkovém šetření odpovědělo, že jim experimenty ve výuce přijdou rozhodně motivující. Na druhou stranu

však z šetření vyplývá, že učitelé experiment zařazují do všech fází vyučovací hodiny. V tomto směru jsou experimenty opravdu vděčným zpestřením výuky.

Druhá kapitola se věnuje jednotlivým barvivům a suspenzím, jejich vlastnostem a reaktivitě. V souvislosti s tím byla provedena i rešerše známých pokusů s jednotlivými látkami. Informace k této kapitole byly čerpány z odborných článků a knih. Experimenty týkající se modře zbarvených látek použitých v této práci jsou většinou dobře známé a dohledatelné na internetu. Některé látky však mají spektrum jejich známých experimentů značně skromnější a je nutno hledat i v odborných zahraničních člancích. Jedná se například o barvivo patentní modř V, která je v souvislosti s výukou chemie málo využívaná, ačkoliv je snadno dostupná v potravinách nebo drogistických výrobcích.

5.2 Diskuze k experimentální části

Diskuze experimentální části shrnuje poznatky a rady, které mohou pomoci při realizaci pokusů navržených v této bakalářské práci. V některých případech je odchýlení od postupu vykoupeno nezdarem a tato diskuze může být nápomocná při hledání optimálního provedení experimentu.

Příprava použitých modrých roztoků a suspenzí

Vybrané modré látky nepokrývají všechny známé modré roztoky a suspenze. Cílem bylo najít sadu roztoků, které si přibližně odpovídají barevným odstínem, a s těmito látkami provést několik experimentů.

U kapitoly přípravy roztoků je vhodné dodržet koncentraci roztoků a suspenzí. Koncentrace připravovaných výchozích látek byly voleny tak, aby roztoky měly velmi podobné barvy. Některé z nich však měly nádech do fialova jako třeba Uffelmannovo činidlo. K uvedeným koncentracím bylo doladěno množství a koncentrace činidla, se kterým látky reagovaly.

Většina roztoků je trvanlivých při laboratorní teplotě a denním světle, avšak v případě roztoku fykocyaninu připraveného z tablety docházelo ke vzniku bílé sraženiny a ztráty schopnosti fluorescence zhruba po jednom týdnu. Po více než měsíci roztok zežloutne. Zajímavé je, že potravinářské barvivo AROCO je v porovnání s barvivem na vajíčka

OVO stabilnější. Barvivo na vajíčka OVO po více než měsíci zezelenalo a vytvořila se bílá sraženina, zatímco potravinářské barvivo AROCO zůstalo beze změny. Nejspíše je to kvůli odlišnému složení, barvivo na vajíčka OVO obsahuje kromě indigokarmínu také bramborový dextrin a sůl, zatímco potravinářské barvivo AROCO obsahuje síran sodný (E514) jako nosič indigokarmínu. Stejně tak nelze dlouhodobě uchovávat Uffelmannovo činidlo, které po více než měsíci zežloutlo a vytvořila se žlutá sraženina. Výše zmíněné roztoky je tedy dobré připravovat čerstvé, ostatní roztoky a suspenze jsou stabilnější.

Berlínská modř tvoří suspenzi a je dobré ji před použitím žáky vždy po sedimentaci protřepat, protože modrá sraženina klesá ke dnu.

Příprava modrých roztoků a suspenzí zabere čas a je nutno počítat s delší přípravou extraktu fykocyaninu z tablet Bio spiruliny. Filtrace za atmosférického tlaku trvá při přípravě modrého roztoku ze 100 ml vody a 5 tablet Spiruliny delší čas z důvodu jemných částic ve filtrované suspenzi a je dobré nechat extrakt filtrovat například přes noc.

Barevné změny způsobené účinkem Pancreolanu

V rámci tohoto experimentu byla použita tableta Pancreolanu, která je potažena žlutým obalem. Tato žlutá barva způsobí žluté zbarvení roztoku, což může zkreslovat výsledné zbarvení roztoku. Na webových stránkách www.studiumchemie.cz je tento problém řešen postupným rozpouštěním v horké vodě a seškrábnutím vrstev potahu. [27] Tento postup je relativně zdlouhavý, a proto je v této práci tableta Pancreolanu pouze rozdrcena v třecí misce, neboť i přes žluté zbarvení jde dobře zaznamenat odbarvení modrého roztoku jodoškrobové reakce a odbarvení Uffelmannova činidla.

Barevné projevy zapříčiněné fluorescencí

Jak bylo uvedeno v experimentální části, červeně fluoreskoval roztok připravený z práškového extraktu, kdežto roztok připravený z tablet spiruliny vykazoval bílou fluorescenci pod UV lampou. Růžová fluorescence pod stolní lampičkou byla pozorována u obou roztoků, i když u roztoku připraveného z práškového extraktu je fluorescence výraznější. Tyto roztoky byly analyzovány na spektrofotometru UV-VIS spektrofotometr Helios Gamma od výrobce Thermo Spectronic při vlnové délce 250 až 700 nm. Roztok připravený z tablet spiruliny měl několikanásobně větší hodnotu absorbance v UV oblasti

než roztok připravený z práškového extraktu (*Graf 1*). V tabletách Bio spirulina budou nejspíš přídatné látky, které absorbují v UV oblasti a zhasí červeně fluoreskující fykocyanin, na rozdíl od čistého práškového extraktu, který obsahuje pouze fykocyanin.



Graf 1 Závislost absorbance roztoků fykocyaninu na vlnové délce

Barevné změny způsobené redoxními reakcemi

U tohoto experimentu je nutné dodržet koncentrace roztoků. Při jiných koncentracích nastává problém s redoxní reakcí u nápoje Gatorade a alkoholického nápoje Curacao. Činidla, která jsou nezbytná pro tuto reakci, jsou 12% roztok hydroxidu sodného a 12% roztok glukosy. Tato dvě činidla je nutné uchovávat odděleně od sebe, neslévat, protože glukosa v silně zásaditém prostředí podléhá nejspíše polymeracím, a to již v řádu několika hodin. Tento proces se projeví žlutým zbarvením roztoku. [26] Po krátké době může být roztok glukosy metabolizován různými druhy plísní.

Rychlosti redoxních reakcí byly přehledně uvedeny v tabulkách (*Tabulka 4 a Tabulka 5*) v praktické části. Z naměřených rychlostí byla nejpomalejší brilantní modř ve formě standardu i nápojů Curacao a Gatorade. Hodnota reakční rychlosti brilantní modři činila 6,5 minuty, ostatní roztoky reagovaly do minuty a půl. Z časového hlediska je do výuky vhodnější použít methylenovou modř, která podléhá stejným barevným změnám za kratší čas.

Barevné změny v závislosti na pH

U naprosté většiny látek dochází ke změně zbarvení v závislosti na změně pH. Jediná nereagující látka je tetrachloridokobaltnatý anion. Z ostatních látek jen tři reagovaly jak v zásaditém, tak v kyselém prostředí a zbývající reagovaly buď v jednom, nebo v druhém prostředí. Zajímavostí, že reagující látky vyžadují spíše silně kyselé či silně zásadité prostředí, v octu či v roztoku jedlé sody byly barevné změny zaznamenány pouze u tří látek.

5.3 Diskuze k pracovním listům

Diskuze k pracovním listům shrnuje kapitolu Pracovní listy, ve které byly představeny 4 tematicky zaměřené pracovní listy. Dva z těchto pracovních listů jsou tematicky zaměřené na obecnou chemii, jeden na pH a druhý na chemickou rovnováhu a barevnost látek. Třetí pracovní list je věnován tématu barviv v potravinách a zaštiťuje jej organická chemie. Čtvrtý pracovní list je zaměřen obecně na různé reakce vybraných látek. Tyto pracovní listy jsou spolu s autorským řešením součástí příloh. Modrá barviva a suspenze byly vybrány pro účely pracovních listů. Tento výběr je možno vhodně modifikovat pro své účely.

Cíle byly převzaty a modifikovány z ŠVP Gymnázium Botičská. [56] Z ŠVP Gymnázia Botičská bylo také převzato zařazení tématu pro příslušné ročníky. Klíčové kompetence byly stanoveny na základě RVP G. [57]

Z pracovních listů byl vzhledem k aktuální situaci ověřen v praxi jen jeden, a to *Logická hádanka s modrými roztoky*. Tento pracovní list byl vyzkoušen ve vybavené laboratoři na pobytovém táboře Běstvína s účastníky ve věku 11–15 let. Účastníkům byly rozdány pracovní listy a instrukce, jak s nimi pracovat, poté měli hodinu na vypracování reakcí s modrými roztoky, což byl dostatečný čas, a hádanku na ni navazující vypracovali ve svém volném čase. Pracovní list sklídl vesměs pozitivní ohlasy, avšak nebyla provedena zevrubnější zpětná vazba. Bylo vyzkoušeno, že mladší účastníci měli problém s pochopením pracovního postupu, který je stručný a vede spíše k samostatné práci. Starší účastníci, na které cílí tento pracovní list, postup pochopili a pracovali samostatně (*Obrázek 28*). Pracovní list je navíc připraven pro použití na SŠ, tedy pro starší žáky než byli účastníci tábora.

Při vypracování hádanky, tj. doplňování pojmů do tabulky, docházelo k překryvům kategorií *zajímavosti* a *použití* či *výskyt*, což může působit chaoticky při opravování, ale význam zůstává stejný.

| číslo modrého roztoku | název látky | výskyt nebo použití | Doplňující informace |
|-----------------------|----------------------|--|--------------------------------------|
| 1 | indigokarmín | pH indikátor | modré potravní barvivo |
| 2 | methylenová modř | akvaristický přípravek proti parazitům | léčba methemoglobinémie |
| 3 | vodísol + škrob | modré zbarvení - alkal. prostředí - modrá škrob nebo jod | vznik vazeb škrobu a jodu |
| 4 | fykocyanin | v červených řasách a sinicích | fotosyntetický pigment |
| 5 | Uffelmannova činidla | dělní mléčné nebo citronové kyseliny | komplex fenolů a chloridu draselného |

Obrázek 28 ukázka části pracovního listu vyplněného účastnicemi tábora Přírodovědci

6 Závěr

Tato bakalářská práce si stanovila tyto tři uvedené cíle:

1. Literární rešerše použitých látek a jejich známých experimentů.
2. Navržení, ověření a fotodokumentace experimentů soustředěných na modrá barviva.
3. Vytvoření pracovních listů s experimentální tematikou pro střední školy.

V rámci teoretické části byla klíčovou částí literární rešerše chemických látek použitých v experimentech. Každá látka byla popsána z hlediska struktury, reaktivity a případného praktického využití či výskytu. Podstatnou složkou rešerše byl popis doposud známých experimentů s danými látkami, na němž byla posléze postavena praktická část.

Díky znalostem reaktivity, vycházející ze struktury použitých sloučenin, mohly být navrženy vhodné experimenty, které byly prověřeny v praktické části. Každá látka byla podrobena stejné sadě reakcí s různými chemickými látkami nebo v různém prostředí. Všechny provedené experimenty byly včetně postupu popsány v praktické části, aby je bylo možné později reprodukovat. Každý experiment byl náležitě zdokumentován pomocí fotografií, které byly umístěny do přehledné tabulky.

Na základě provedených experimentů byly vytvořeny 4 pracovní listy, které pracují s podstatou konkrétních reakcí použitých látek. Díky chemické heterogenitě použitých látek bylo možné vytvořit pracovní listy s rozličnou tematikou a jednotlivé experimenty zasadit do různých kontextů z hlediska probírané látky v chemii. Všechny pracovní listy byly navrženy v souladu s RVP G a ŠVP Gymnázia Botičská takovým způsobem, aby rozvíjely u žáka klíčové kompetence.

Součástí této práce jsou též přílohy obsahující pracovní listy společně s jejich autorským řešením.

7 Použitá literatura

- [1] ČIPERA, Jan. *Didaktika anorganické chemie*. Praha: Karolinum, 1991. ISBN 80-7066-513-0.
- [2] MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
- [3] ČAPEK, Robert. *Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnoticích metod*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-3450-7.
- [4] DUŠEK, Bohuslav. *Kapitoly z didaktiky chemie*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-736-1.
- [5] MOKREJŠOVÁ, Olga. *Moderní výuka chemie*. Praha: Triton, 2009. ISBN 978-80-7387-234-2.
- [6] KUBICOVÁ, Svatava. *Badatelsky orientovaná výuka biologie*. Ostrava: [Ostravská univerzita v Ostravě], 2015. ISBN 978-80-7464-725-3.
- [7] PACHMANN, Eduard. *Obecná didaktika chemie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1981.
- [8] *RVP_gymnazia.pdf, MŠMT ČR* [online]. [vid. 2021-08-12]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz/file/10427?highlightWords=rvp>
- [9] VÍT, Martin. *Pokusy jako významný motivační prvek ve výuce chemie* [online]. Brno, 2014. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Mgr. Irena Plucková, Ph.D. Dostupné z: <https://theses.cz/id/mfw1as/>
- [10] ZORMANOVÁ, Lucie. *Obecná didaktika: pro studium a praxi*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4590-9.
- [11] ČÁP, Jan a Jiří MAREŠ. *Psychologie pro učitele*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-273-7.
- [12] KALHOUS, Zdeněk a Otto OBST. *Školní didaktika*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-571-4.
- [13] TONUCCI, Francesco. *Vyučovat nebo naučit*. Praha: Středisko vědeckých informací Pedagogické fakulty Univerzity Karlovy, 1991. ISBN 80-901065-1-X.
- [14] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 3*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-2-9.
- [15] ELDDINE, H. A. Naser, Z. K. DAMAJ a O. A. YAZBECK. Kinetic Study of the Discoloration of the Food Colorant E131 by K₂S₂O₈ and KIO₃. *Portugaliae Electrochimica Acta* [online]. 2015, **33**(5), 275–288. ISSN 0872-1904. Dostupné z: [doi:10.4152/pea.201505275](https://doi.org/10.4152/pea.201505275)

- [16] ŠULCOVÁ, Petra. *Vlastnosti anorganických pigmentů a metody jejich hodnocení*. Vyd. 2. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2008. ISBN 978-80-7395-057-6.
- [17] HOUSECROFT, Catherine E. a Alan G. SHARPE. *Inorganic chemistry*. 2nd ed. Harlow: Pearson education, 2005. ISBN 0-13-039913-2.
- [18] *Blue Spirulina 50g* [online]. [vid. 2021-06-23]. Dostupné z: <https://www.theorganiclabs.com/products/blue-spirulina>
- [19] *Lentilky | Orion čokoláda* [online]. [vid. 2021-07-22]. Dostupné z: <https://www.orioncokolada.cz/vyrobky/lentilky>
- [20] KARLÍNOVÁ, Markéta. *Experimentální výuka organické chemie se zaměřením na vzdělávání*. B.m., 2015. Bakalářská práce. Katedra učitelství a didaktiky chemie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Vedoucí práce RNDr. Simona Hybelbauerová. Ph.D.
- [21] HNÁTEK, David. *Studijní materiály pro badatelsky orientované vyučování k tématu sinic a řas na středních školách* [online]. České Budějovice, 2020. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce doc. RNDr. Jan Kaštovský, Pd.D. Dostupné z: <https://theses.cz/id/zhz5jp/>
- [22] TOMMY TECHNETIUM. *Fluorescence Experiments with Phycocyanin* [online]. [vid. 2021-06-23]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=hJljqil6BBY>
- [23] TOMMY TECHNETIUM. *Protein Denaturation Experiments with Phycocyanin* [online]. [vid. 2021-06-23]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=PexdbVzyB9g>
- [24] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 1*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [25] MADHU, Sheri, Hayden A. EVANS a Vicky V. T. DOAN-NGUYEN. Infinite Polyiodide Chains in the Pyrroloperylene–Iodine Complex: Insights into the Starch–Iodine and Perylene–Iodine Complexes. *Angewandte Chemie International Edition* [online]. 2016, **55**(28), 8032–8035. ISSN 1521-3773. Dostupné z: doi:10.1002/anie.201601585
- [26] ČERNÝ, Miloslav, Tomáš TRNKA a Miloš BUDĚŠÍNSKÝ. *Sacharidy*. Praha: Česká společnost chemická, Chemické listy, 2010. ISBN 978-80-86238-81-4.
- [27] *Trávení sacharidů a lipidů pomocí Pancreolanu – Studium chemie, PřF UK* [online]. [vid. 2021-06-23]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/traveni-sacharidu-a-lipidu-pomoci-pancreolanu/>
- [28] POŽÁROVÁ, Jitka. *Školní pokusy z organické a bioorganické chemie* [online]. Brno, 2007 [vid. 2021-06-23]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Jiří Šibor. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/y2490/>

- [29] *E133* [online]. [vid. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E133>
- [30] Iontový nápoj Gatorade Cool Blue. *SportObchod.cz* [online]. [vid. 2021-06-24]. Dostupné z: <https://www.sportobchod.cz/iontovy-napoj-gatorade-cool-blue.htm>
- [31] STAIGER, Felicia A., Joshua P. PETERSON a Dean J. CAMPBELL. Variations on the „Blue-Bottle" Demonstration Using Food Items That Contain FD&C Blue #1. *Journal of Chemical Education* [online]. 2015, **92**(10), 1684–1686. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jchemed.5b00190
- [32] ŠMEJKAL, Petr, Eva Stratilová URVÁLKOVÁ a Ivona TREJBALOVÁ. *POKUSY Z OBECNÉ A FYZIKÁLNÍ CHEMIE PRAKTIKUM* [online]. Dostupné z: <https://adoc.pub/queue/pokusy-z-obecne-a-fyzikalni-chemie-praktikum-petr-mejkal-eva.html>
- [33] *E132* [online]. [vid. 2021-06-25]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E132>
- [34] *Duhová baňka – Studium chemie, PřF UK* [online]. [vid. 2021-06-25]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/duhova-banka/>
- [35] RAJCHAKIT, Urawadee a Taweetham LIMPANUPARB. Greening the Traffic Light: Air Oxidation of Vitamin C Catalyzed by Indicators. *Journal of Chemical Education* [online]. 2016, **93**(8), 1486–1489. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jchemed.5b00630
- [36] CIENCIABIT: CIENCIA Y TECNOLOGÍA. *Carmin de Índigo. Colorante e Indicador de pH y Redox* [online]. [vid. 2021-06-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=HXIzXgNYsUs&t=137s>
- [37] *E131* [online]. [vid. 2021-06-25]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E131>
- [38] *Colgate ústní voda Plax Cool Mint, 500 ml | dm.cz* [online]. [vid. 2021-06-25]. Dostupné z: https://www.dm.cz/colgate-ustni-voda-plax-cool-mint-p8714789732671.html?wt_mc=google.ads_shopping.10934380777.11099252772.1.459124456519&gclid=Cj0KCQjw_dWGBhDAARIsAMcYuJykm_zbdDZU_CIBNncivajQ4fDwMzeZ_6lOwGQ4mFgpb5EBfT2mPQYaAvLGEALw_wcB
- [39] BORODKIN, Vasilij Fedorovič. *Chemie organických barviv*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987.
- [40] *Dajana Methylenová modř 100ml* [online]. [vid. 2021-06-25]. Dostupné z: <https://www.rostlinna-akvaria.cz/eshop/leciva/dajana-methylenova-modr-100ml>
- [41] *Modrá baňka (Blue Effect) – Studium chemie, PřF UK* [online]. [vid. 2021-06-25]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/modra-banka-blue-effect/>

- [42] TEPLÝ, Pavel, Petr ŠMEJKAL a Jana ZASPALOVÁ. *CHEMICKÉ POKUSY NA DOMA* [online]. Dostupné z: <https://www.chemickeprvky.cz/res/pdf/chemicke-pokusy-na-doma.pdf>
- [43] LIMPANUPARB, Taweetham, Cherprang AREEKUL a Punchalee MONTRIWAT. Blue Bottle Experiment: Learning Chemistry without Knowing the Chemicals. *Journal of Chemical Education* [online]. 2017, **94**(6), 730–737. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/acs.jchemed.6b00844
- [44] SIXTH FORM BIOLOGY. *Yeast and methylene blue experiment* [online]. [vid. 2021-06-25]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=kobjT8hOqZ0>
- [45] TEPLÝ, Pavel. *Koordinační sloučeniny - chemická rarita, nebo všední záležitost?* Praha: P3K, 2012. ISBN 978-80-87186-86-2.
- [46] MORIZOT, Olivier, Eric AUDUREAU a Jean-Yves BRIEND. Introducing the Human Element in Chemistry by Synthesizing Blue Pigments and Creating Cyanotypes in a First-Year Chemistry Course. *Journal of Chemical Education* [online]. 2015, **92**(1), 74–78. ISSN 0021-9584. Dostupné z: doi:10.1021/ed5000229
- [47] GREENWOOD, N.N. a A. EARNSHAW. *Chemistry of the elements*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997. ISBN 978-0-7506-3365-9.
- [48] PILÁTOVÁ, Ivana, Božena KÁBELOVÁ a Lukáš RICHTERA. *Praktikum z anorganické chemie II*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2006. ISBN 80-214-3140-7.
- [49] PRIMORDIAL SOUP. *Tetraamminecopper(II) sulfate* [online]. [vid. 2021-06-27]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=yP1_cJUvfA
- [50] MRGRODSKICHEMISTRY. *Le Chatelier's Principle Lab with Cobalt Complex Ions* [online]. [vid. 2021-07-15]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=crr5ZMHcj_Y
- [51] *Kouzelné písmo – CoCl₂·6H₂O (Význam CoCl₂·6H₂O v silikagelu) – Studium chemie, PřF UK* [online]. [vid. 2021-07-15]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/kouzeln-pismo-cocl2%E2%88%996h2o-vyznam-cocl2%E2%88%996h2o-v-silikagelu/>
- [52] ESTUDIO.CZ. *Odvhlčovač vzduchu do auta PINGI LV2-350* [online]. [vid. 2021-07-21]. Dostupné z: <https://www.falcon-parts.cz/odvlhcovac-vzduchu-do-auta-pingi-lv2-350-2899046.html>
- [53] *Reakce fenolů s Fe³⁺ – Studium chemie, PřF UK* [online]. [vid. 2021-07-19]. Dostupné z: <https://studiumchemie.cz/experiment/reakce-fenolu-s-fe3/>
- [54] *lekarska-chemia-final.pdf* [online]. [vid. 2021-07-17]. Dostupné z: <https://unibook.upjs.sk/img/cms/2012/lf/lekarska-chemia-final.pdf>

- [55] *LABT_skripta.pdf* [online]. [vid. 2021-07-18]. Dostupné z: https://www.prf.upol.cz/fileadmin/userdata/PrF/katedry/biochemie/Dokumenty/Materialy_k_vyuce/LABT_skripta.pdf
- [56] *08-Chemie.pdf* [online]. [vid. 2021-08-03]. Dostupné z: <http://www.gybot.cz/data/h/Z/X/08-Chemie.pdf>
- [57] *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. 2007

7 Přílohy

Příloha 1 – tabulka *Barevné změny způsobené ředěním destilovanou vodou*

Příloha 2 – tabulka *Barevné změny způsobené účinkem Pancreolanu*

Příloha 3 – tabulka *Barevné změny v závislosti na teplotě*

Příloha 4 – tabulka *Barevné projevy zapříčiněné fluorescencí*

Příloha 5 – tabulka *Barevné změny způsobené redoxními reakcemi*

Příloha 6 – tabulka *Barevné změny v závislosti na pH*

Příloha 7 – pracovní list *Modrá barviva v potravinách*

Příloha 8 – autorské řešení pracovního listu *Modrá barviva v potravinách*

Příloha 9 – pracovní list *Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy*

Příloha 10 – autorské řešení pracovního listu *Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy*

Příloha 11 – pracovní list *Obecná chemie – pH*

Příloha 12 – autorské řešení pracovního listu *Obecná chemie – pH*

Příloha 13 – pracovní list *Logická hádanka s modrými roztoky*

Příloha 14 – autorské řešení pracovního listu *Logická hádanka s modrými roztoky*

Vzhledem k povaze některých úloh v pracovních listech není vhodné, aby byly odkazy zdrojů obrázku uváděny pod vložený obrázek. Uvádím je proto zde:











pracovní list *Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy*













- Spektrum $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ <https://slideplayer.com/slide/7874187/>
- Spektrum KMnO_4
https://cs.wikipedia.org/wiki/Manganistany#/media/Soubor:Permanganate_spectrum.png
- Spektrum viditelného záření <https://www.sciencefacts.net/visible-light.html>
- Doplnkové barvy <https://www.glamonde.cz/barvy-v-interierovem-designu>













pracovní list *Obecná chemie – pH*

- pH stupnice <https://www.canstockphoto.com/chart-ph-alkaline-and-acidic-scale-52701704.html>











Příloha 1 – tabulka *Barevné změny způsobené ředěním destilovanou vodou*













| | Výchozí stav | + 4 ml H ₂ O |
|---|--|---|
| Patentní modř V standard |  |  |
| Patentní modř V Colgate Plax Cool mint |  |  |
| Indigokarmín standard |  |  |
| Indigokarmín AROCO |  |  |
| Indigokarmín OVO |  |  |













| | Výchozí stav | + 4 ml H ₂ O |
|------------------------------------|---|---|
| Brilantní modř standard |  |  |
| Brilantní modř Gatorade |  |  |
| Brilantní modř Curacao |  |  |
| Methylenová modř |  |  |
| Methylenová modř DAJANA |  |  |
| Jodoškrobová reakce |  |  |

| | Výchozí stav | + 4 ml H ₂ O |
|---|---|---|
| Fykocyanin z práškového extraktu |  |  |
| Fykocyanin z tablety |  |  |
| Monohdrát síranu tetraamminměďnatého |  |  |
| Hexakyanidoželeznatan železitý |  |  |
| Tetrachloridokobaltnatý anion |  |  |
| Uffelmannovo činidlo |  |  |
















Příloha 2 – tabulka Barevné změny způsobené účinkem Pancreolanu



















| | Výchozí stav | Pancreolan |
|---|--|---|
| Patentní modř V standard |  |  |
| Patentní modř V Colgate Plax Cool mint |  |  |
| Indigokarmín standard |  |  |
| Indigokarmín AROCO |  |  |
| Indigokarmín OVO |  |  |



















| | Výchozí stav | Pancreolan |
|--------------------------------|--|---|
| Brilantní modř standard |  |  |
| Brilantní modř Gatorade |  |  |
| Brilantní modř Curacao |  |  |
| Methylenová modř |  |  |
| Methylenová modř DAJANA |  |  |
| Jodoškrobová reakce |  |  |

| | Výchozí stav | Pancreolan |
|---|--|---|
| Fykocyanin z práškového extraktu |  |  |
| Fykocyanin z tablety |  |  |
| Monohdrát síranu tetraamminměďnatého |  |  |
| Hexakyanidoželeznatan železitý |  |  |
| Tetrachloridokobaltnatý anion |  |  |
| Uffelmannovo činidlo |  |  |









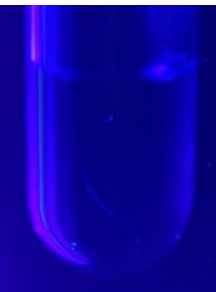





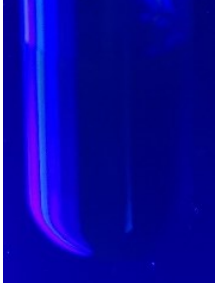
Příloha 3 – tabulka *Barevné změny v závislosti na teplotě*



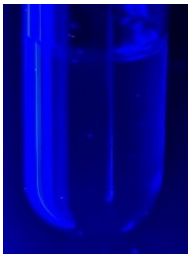







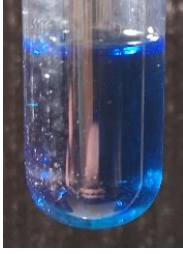







| | Ochlazení | Výchozí stav | Zahřátí |
|---|---|--|---|
| Patentní modř V standard |  |  |  |
| Patentní modř V Colgate Plax Cool mint |  |  |  |
| Indigokarmín standard |  |  |  |
| Indigokarmín AROCO |  |  |  |
| Indigokarmín OVO |  |  |  |



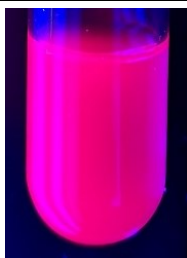




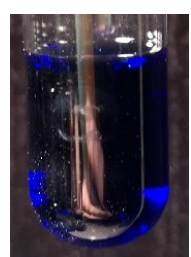
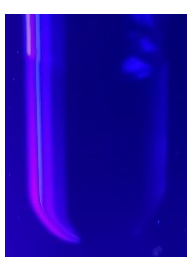


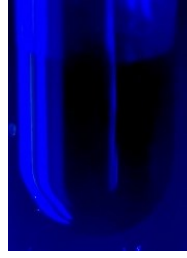





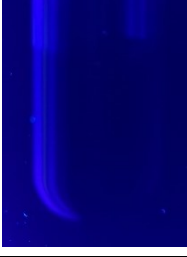
| | Ochlazení | Výchozí stav | Zahřátí |
|----------------------------------|---|--|---|
| Brilantní modř standard |  |  |  |
| Brilantní modř Gatorade |  |  |  |
| Brilantní modř Curacao |  |  |  |
| Methylenová modř standard |  |  |  |
| Methylenová modř DAJANA |  |  |  |
| Jodoškrobová reakce |  |  |  |

| | Ochlazení | Výchozí stav | Zahřátí |
|--------------------------------------|---|--|---|
| Fykocyanin z práškového extraktu |  |  |  |
| Fykocyanin z tablety |  |  |  |
| Monohdrát síranu tetraamminměďnatého |  |  |  |
| Hexakyanidoželeznatan železitý |  |  |  |
| Tetrachloridokobaltnatý anion |  |  |  |
| Uffelmannovo činidlo |  |  |  |

Příloha 4 – tabulka *Barevné projevy zapříčiněné fluorescencí*












| | Výchozí stav | Stolní lampa | UV lampa |
|---|---|--|---|
| Patentní modř V standard |  |  |  |
| Patentní modř V Colgate Plax Cool mint |  |  |  |
| Indigokarmín standard |  |  |  |
| Indigokarmín AROCO |  |  |  |
| Indigokarmín OVO |  |  |  |












| | Výchozí stav | Stolní lampa | UV lampa |
|----------------------------------|---|--|---|
| Brilantní modř standard |  |  |  |
| Brilantní modř Gatorade |  |  |  |
| Brilantní modř Curacao |  |  |  |
| Methylenová modř standard |  |  |  |
| Methylenová modř DAJANA |  |  |  |
| Jodoškrobová reakce |  |  |  |







| | Výchozí stav | Stolní lampa | UV lampa |
|--|---|--|---|
| Fykocyanin z práškového extraktu |  |  |  |
| Fykocyanin z tablety |  |  |  |
| Monohydrát síranu tetraamminměďnatého |  |  |  |
| Hexakyanidoželeznatan železitý |  |  |  |
| Tetrachloridokobaltnatý anion |  |  |  |
| Uffelmannovo činidlo |  |  |  |

Příloha 5 – tabulka *Barevné změny způsobené redoxními reakcemi*




































Poznámka: Tučně jsou v tabulce vyznačeny pouze látky, které opravdu podléhají redoxním reakcím, po protřepání zkumavky reagují se vzdušným kyslíkem a cyklus barevných změn se opakuje. Ostatní látky změnilly barvu v zásaditém prostředí.




































| | Po přidání činidel | První barevný přechod | Druhý barevný přechod |
|--|---|--|---|
| Patentní modř V standard |  | | |
| Patentní modř V Colgate Plax Cool mint |  | | |
| Indigokarmín standard |  |  |  |
| Indigokarmín AROCO |  |  |  |
| Indigokarmín OVO |  |  |  |
















| | Po přidání činidel | První barevný přechod | Druhý barevný přechod |
|----------------------------------|---|--|-----------------------|
| Brilantní modř standard |  |  | |
| Brilantní modř Gatorade |  |  | |
| Brilantní modř Curacao |  |  | |
| Methylenová modř standard |  |  | |
| Methylenová modř DAJANA |  |  | |
| Jodoškrobová reakce |  | | |

| | Po přidání činidel | První barevný přechod | Druhý barevný přechod |
|---------------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|
| Fykocyanin z práškového extraktu |  | | |
| Fykocyanin z tablety |  | | |
| Monohydrát síranu tetraamminměďnatého |  | | |
| Hexakyanidoželeznatan železitý |  | | |
| Tetrachloridokobaltnatý anion |  | | |
| Uffelmannovo činidlo |  | | |

Příloha 6 – tabulka *Barevné změny v závislosti na pH*

| | 10% H ₂ SO ₄ | Ocet | Výchozí stav | 10% Jedlá soda | 10% NaOH |
|---|---|---|--|---|---|
| Patentní modř V standard |  |  |  |  |  |
| Patentní modř V Colgate Plax Cool mint |  |  |  |  |  |
| Indigokarmín standard |  |  |  |  |  |
| Indigokarmín AROCO |  |  |  |  |  |
| Indigokarmín OVO |  |  |  |  |  |
| Brilantní modř standard |  |  |  |  |  |
| Brilantní modř Gatorade |  |  |  |  |  |

| | 10% H ₂ SO ₄ | Ocet | Výchozí stav | Jedlá soda | 10% NaOH |
|--|---|---|--|---|---|
| Brilantní modř Curacao |  |  |  |  |  |
| Methylenová modř |  |  |  |  |  |
| Methylenová modř DAJANA |  |  |  |  |  |
| Jodoškrobová reakce |  |  |  |  |  |
| Fykocyanin z práškového extraktu |  |  |  |  |  |
| Fykocyanin z tablety |  |  |  |  |  |
| Monohydrát síranu tetraamminměďnatého |  |  |  |  |  |

| | 10% H ₂ SO ₄ | Ocet | Výchozí stav | Jedlá soda | 10% NaOH |
|---|--|--|---|--|--|
| Hexakyanido- železnatan železitý |  |  |  |  |  |
| Tetrachloridokobalt natý anion |  |  |  |  |  |
| Uffelmannovo činidlo |  |  |  |  |  |

Příloha 7 – pracovní list *Modrá barviva v potravinách*

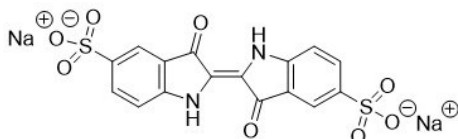
Modrá barviva v potravinách

1) Napište dva příklady potravin, které jsou průmyslově dobarveny. Proč jsou potraviny barveny?

2) Do prvního sloupečku zapište dle Vašeho názoru číslo pořadí od 1 do 5 v důležitosti vlastnosti barviv, kterými může být potravina barvena.

| Pořadí priorit I | Pořadí priorit II | Barvivo by: |
|------------------|-------------------|---|
| | | nemělo zesvětlat na světle. |
| | | mělo být stabilní vůči změně pH. |
| | | mělo být nezávadné pro konzumenta. |
| | | nemělo reagovat s dalšími látkami. |
| | | mělo být obecně velmi stabilní ve vodném roztoku. |

3) Na vzorci barviva indigokarmínu (E132) zakroužkujte a popište funkční skupiny.



- Najděte a zakreslete, kde je v molekule vodíkový můstek. Jak vodíkový můstek ovlivňuje teplotu varu dané látky?
- Na www.ferpotravina.cz vyhledejte a krátce popište tyto informace o barvivu indigokarmín (E132):
 - Stabilita na světle:
 - Nežádoucí účinky:
 - Potravina, která obsahuje indigokarmín:
 - Pro koho je E132 nevhodné:

Příloha 8 – autorské řešení pracovního listu *Modrá barviva v potravinách*

Modrá barviva v potravinách

1) Napište dva příklady potravin, které jsou průmyslově dobarveny. Proč jsou potraviny barveny?

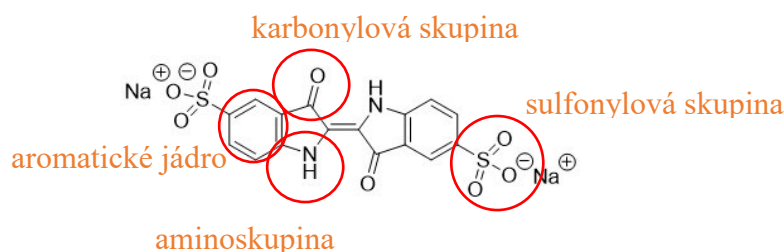
Barvená je například modrá „šmoulí“ zmrzlina, dušená šunka od některých výrobců, želé bonbony, lentilky, kolové nápoje, energetické nápoje, ocet, pudink atp.

Průmyslově barvené potraviny zvyšují atraktivitu pro spotřebitele. Barvením se dají zmírnit sezonní výkyvy vzhledu potravin. Atraktivní barva také zvyšuje činnost trávicího traktu a potravina může být lépe energeticky využitelná. [14]

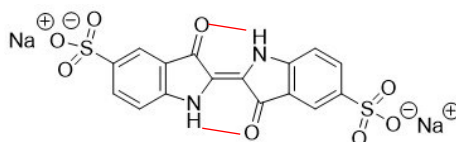
2) Do prvního sloupečku zapište dle Vašeho názoru číslo pořadí v důležitosti vlastnosti barviv, kterými může být potravina barvena.

| Pořadí priorit I | Pořadí priorit II | Barvivo by: |
|------------------|-------------------|---|
| 5 | 5 | nemělo zesvětlat na světle. |
| 3 | 4 | mělo být stabilní vůči změně pH. |
| 1 | 1 | mělo být nezávadné pro konzumenta. |
| 2 | 2 | nemělo reagovat s dalšími látkami v potravině. |
| 4 | 3 | mělo být obecně velmi stabilní ve vodném roztoku. |

3) Na vzorci barviva indigokarmínu (E132) zakroužkujte a popište funkční skupiny.



- Najděte a zakreslete vodíkový můstek. Jak vodíkový můstek ovlivňuje teplotu varu dané látky?



Vodíkové můstky zvyšují teplotu varu dané látky.

- Na www.ferpotravina.cz vyhledejte a krátce popište tyto informace o barvivu indigokarmín (E132):
 - Stabilita na světle: účinkem světla bledne

- Nežádoucí účinky: nevolnost, zvracení, vyšší krevní tlak
- Potravina, která obsahuje E132: bonbony Haribo, Skittles, doplněk stravy GinkoPrim
- Pro koho je E132 nevhodné: děti

4) Experiment: chemické vlastnosti syntetických barviv E131, E132, E133

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka

Chemikálie: připravené roztoky modrých barviv; 12% roztok hydroxidu sodného; 12% roztok glukosy

BOZP: hydroxid sodný může poleptat kůži, pracujeme proto s rukavicemi.



Postup: Nachystejte a nadepište si šest zkumavek, do dvou dejte 5 ml E131, do dalších dvou 5 ml E132 a do zbylých 5 ml E133. Od každého barviva dejte stranou jednu zkumavku, bude sloužit jako srovnávací. Do zbylých třech zkumavek dejte 2,5 ml 12% roztoku hydroxidu sodného a pozorujte. Pozorování zapište do tabulky.

| | Barva před přidavkem hydroxidu sodného | Barva po přidavku hydroxidu sodného | pH citlivost vůči zásadě (ano/ne) |
|------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| E131 | světle modrá | beze změny | ne |
| E132 | tmavě modrá | žlutozelená | ano |
| E133 | světle modrá | beze změny | ne |

Poté do zkumavek s hydroxidem sodným přidejte 2,5 ml 12% roztoku glukosy. Zkumavku utěsněte zátkou a protřepejte. Vytvořte si tabulku nebo schéma, do kterého zaznamenáte Vaše pozorování.

| | |
|------|---|
| E131 | beze změny (i po protřepání) |
| E132 | změna barvy na zelenou, červenou a žlutou (po protřepání opět zelená) |
| E133 | odbarvení modrého roztoku (po protřepání opět modrá) |

Po protřepání se cyklus opakoval.

- Ve zkumavce dochází k oxidačně redukční reakci, jíž se účastní barvivo. Přiřaďte dvojice:
 glukosa — oxidací činidlo
 kyslík ve vzduchu — redukční činidlo

5) Schopnost oxidovat syntetická barviva se používá při jejich degradaci, protože syntetická barviva jsou obecně velmi stabilní a kumulují se v odpadní vodě. To má negativní dopad na životní prostředí.

- Zkuste si vzpomenout na zkratku halogenderivátu, který je v současnosti zakázán, protože docházelo k jeho kumulaci v organismech. K čemu se tato látka používala a jaké byly následky kumulace v potravním řetězci?

DDT, látka se používala jako insekticid, důsledkem kumulace v potravním řetězci byl zvýšený výskyt neplodnosti u vrcholových konzumentů (např. u člověka).

6) Nalistujte si úlohu číslo dvě a do druhého sloupečku zapište pořadí Vašich priorit. Ve skupince spolu proberte, jak se vaše názory změnily, případně proč zůstaly neměnné.

Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy

1) Experiment – chemická rovnováha modrého roztoku

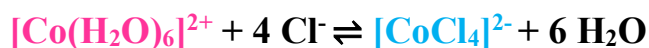
Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka, kádinky, rychlovarná konvice nebo kahan, led

Chemikálie: připravený roztok modrého barviva tetrachloridokobaltnatého aniontu; destilovaná voda; koncentrovaná kyselina chlorovodíková

BOZP: Kyselina chlorovodíková může poleptat kůži, pracujeme proto s rukavicemi. S kyselinou chlorovodíkovou pracujeme v digestoři pod dohledem učitele.



Postup: Do zkumavky dejte 5 ml modrého roztoku. K modrému roztoku přidejte 1 ml destilované vody a pozorujte barevné změny. Poté v digestoři pod dohledem učitele přidávejte koncentrovanou kyselinu chlorovodíkovou, dokud se neobnoví modrá barva.



Do dvou zkumavek dejte 5 ml modrého roztoku. Jednu zkumavku vložte do kádinky s horkou vodou a druhou do kádinky s ledovou vodou. Pozorujte barevné změny.

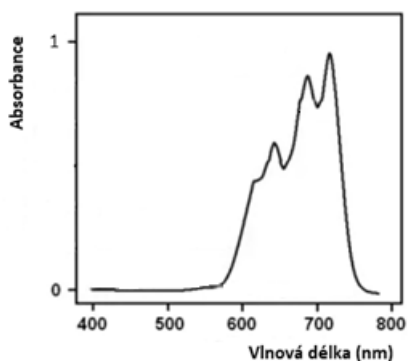
- Co znamená tento symbol \rightleftharpoons ?
- Popište, jak je ovlivněna rovnováha při přidavku chloridových aniontů a jak při přidavku destilované vody?
- Z vašeho pozorování experimentu odvoďte, která reakce je endotermická a která exotermická? Napište, jakou úvahou jste dospěli ke svému tvrzení.
- Zapište rovnovážnou konstantu této reakce:
- Jak můžeme ovlivnit rovnováhu u plynných látek?
- Jaké faktory tedy mohou ovlivňovat chemickou rovnováhu?

2) Barevnost modrého roztoku

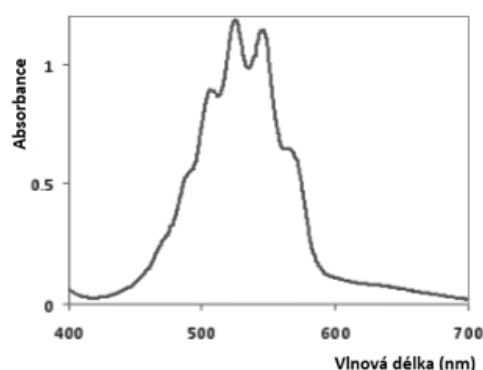
Teoretický úvod: Barvu látky můžeme určit dle jejího absorpčního spektra. Látka pohlcuje světelné záření o určitém rozsahu vlnových délek, zatímco záření o zbylých vlnových délkách odráží. Naše smysly na základě tohoto jevu vyhodnotí barvu, kterou vidíme. Tato barva se nazývá doplňková vůči barvě pohlcené.

- Z níže uvedených souvislostí odvoďte, který z grafů odpovídá absorpčnímu spektru $[\text{CoCl}_4]^{2-}$.

absorpční spektrum látky č. 1

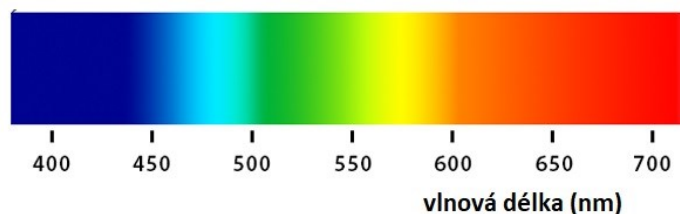


absorpční spektrum látky č. 2



- Tyto grafy popisují závislost _____ na _____
- V jakém rozsahu vlnových délek pohlcuje látka č. 1 a látka č. 2?

spektrum viditelného záření



- Na základě rozmezí pohlcených vlnových délek určete, jaké barvy byly pohlceny.
- S pomocí barevného kruhu, ve kterém jsou proti sobě doplňkové barvy, určete, jaké barvy budou naše smysly vnímat v případě látky č. 1 a látky č. 2.
- Jedna z látek je modrý roztok, se kterým jsme pracovali v první části pracovního listu. Na základě barvy druhé látky zkuste říci, o jakou sloučeninu se jedná.



Příloha 10 – autorské řešení pracovního listu *Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy*

Obecná chemie – chemická rovnováha a podstata modré barvy

1) Experiment – chemická rovnováha modrého roztoku

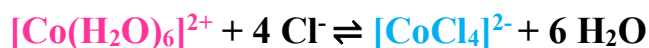
Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka, kádinky, rychlovarná konvice nebo kahan, led

Chemikálie: připravený roztok modrého barviva; destilovaná voda; koncentrovaná kyselina chlorovodíková

BOZP: Kyselina chlorovodíková může poleptat kůži, pracujeme proto s rukavicemi. S kyselinou chlorovodíkovou pracujeme v digestoři pod dohledem učitele.



Postup: Do zkumavky dejte 5 ml modrého roztoku. K modrému roztoku přidejte 1 ml destilované vody a pozorujte barevné změny. Poté v digestoři pod dohledem učitele přidávejte koncentrovanou kyselinu chlorovodíkovou, dokud se neobnoví modrá barva.



Do dvou zkumavek dejte 5 ml modrého roztoku. Jednu zkumavku vložte do kádinky s horkou vodou a druhou do kádinky s ledovou vodou. Pozorujte barevné změny.

- Co znamená tento symbol \rightleftharpoons ?

Symbol označuje rovnovážný stav dané chemické reakce, během něhož se rychlost přímé a rychlost zpětné reakce rovnají.

- Popište, jak je ovlivněna rovnováha při přidavku chloridových aniontů a jak při přidavku destilované vody.

Přidavkem chloridových aniontů je rovnováha posunuta ve směru produktů, což se projeví modrým zbarvením roztoku.

Přidavkem destilované vody je rovnováha posunuta ve směru reaktantů, což se projeví růžovým zbarvením roztoku.

- Z vašeho pozorování experimentu odvoďte, která reakce je endotermická a která exotermická? Napište, jakou úvahou jste dospěli ke svému tvrzení.

Při ochlazení modrého roztoku obsah zkumavky zrudne, zpětná reakce je exotermická. Exotermická reakce bude probíhat, pokud bude teplo odebíráno.

Zahřátím roztok získá tmavě modré zbarvení, přímá reakce je endotermická. Endotermická reakce bude probíhat, pokud bude teplo dodáváno.

- Zapište rovnovážnou konstantu této reakce:

$$K = \frac{[[\text{CoCl}_4]^{2-}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]^6}{[[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^4}$$

- Jak můžeme ovlivnit rovnováhu u plynných látek?

Zvýšením tlaku (probíhá reakce ve směru menšího látkového množství) nebo snížením tlaku (probíhá reakce ve směru většího látkového množství).

- Jaké faktory tedy mohou ovlivňovat chemickou rovnováhu?

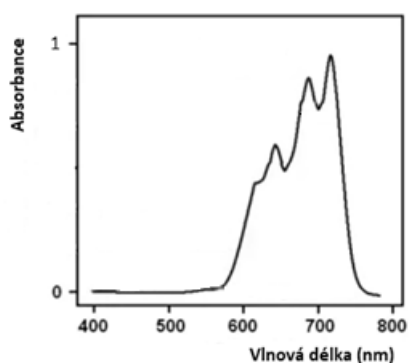
Změnou koncentrace reaktantů nebo produktů, změnou teploty nebo změnou tlaku (u plynných látek).

2) Barevnost modrého roztoku

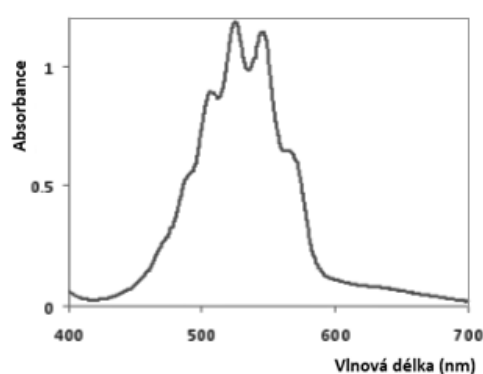
Teoretický úvod: Barvu látky můžeme určit dle jejího absorpčního spektra. Látka pohlcuje světelné záření o určitém rozsahu vlnových délek, zatímco záření o zbylých vlnových délkách odráží. Naše smysly na základě tohoto jevu vyhodnotí barvu, kterou vidíme. Tato barva se nazývá doplňková vůči barvě pohlcené.

- Z níže uvedených souvislostí odvodte, který z grafů odpovídá absorpčnímu spektru $[\text{CoCl}_4]^{2-}$.

absorpční spektrum látky č. 1



absorpční spektrum látky č. 2

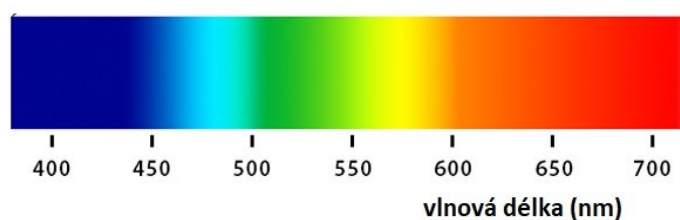


- Tyto grafy popisují závislost absorbance na vlnové délce.
- V jakém rozsahu vlnových délek pohlcuje látka č. 1 a látka č. 2?

Látka č. 1 pohlcuje světelné záření v rozmezí zhruba od 600 nm do 750 nm.

Látka č. 2 pohlcuje světelné záření v rozmezí zhruba od 450 nm do 600 nm.

spektrum viditelného záření



- Na základě rozmezí pohlcených vlnových délek určete, jaké barvy byly pohlceny.

Látka č. 1 pohlcuje zejména oranžovou a červenou barvu.

Látka č. 2 pohlcuje nejvíce zelenou a žlutou barvu.

- S pomocí barevného kruhu, ve kterém jsou proti sobě doplňkové barvy, určete, jaké barvy budou naše smysly vnímat v případě látky č. 1 a látky č. 2.

Látku č. 1 budeme zrakem vnímat jako modrou, zatímco látku č. 2 jako fialovou.



- Jedna z látek je modrý roztok, se kterým jsme pracovali v první části pracovního listu. Na základě barvy druhé látky zkuste říci, o jakou sloučeninu se jedná.

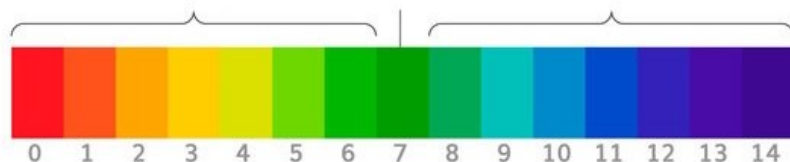
Fialově zbarvený roztok je typický pro více látek, z těch známějších to může být manganistan draselný nebo chlorid chromitý.

Příloha 11 – pracovní list *Obecná chemie – pH*

Obecná chemie – pH

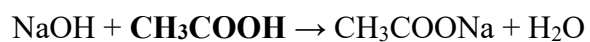
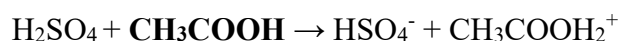
1) Vytvořte myšlenkovou mapu na téma pH. Použijte alespoň 10 pojmů.

2) Na pH škále pojmenujte vyznačené oblasti.



3) Jak je dle Bronstedovy teorie definována kyselina a jak zásada?

4) Na základě následujících rovnic napište, zda je **octová kyselina** zásadou či kyselinou. Vyznačte konjugované páry.



5) Experiment – modré látky citlivé na pH

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka, kádinky

Chemikálie: připravené modré roztoky a suspenze, 10% roztok kyseliny sírové, 10% roztok hydroxidu sodného, 10% roztok jedlé sody, ocet

BOZP: Kyselina sírová i hydroxid sodný jsou žíravé látky, které mohou způsobit poleptání. Pracujeme proto s rukavicemi.



Postup: Nachystejte si a nadepište vždy 5 zkumavek od každého modrého roztoku či suspenze a přidejte do nich 5 ml příslušné látky. Do první zkumavky přidejte 0,5 ml 10% kyseliny sírové. Do druhé přidejte 0,5 ml octa. Do čtvrté zkumavky přidejte 0,5 ml 10% roztoku jedlé sody a do páté 0,5 ml 10% roztoku hydroxidu sodného. Třetí zkumavka bez přídavku činidla bude sloužit jako srovnávací. Po přidání činidel zkumavky promíchejte a pozorujte barevné změny. Pozorování запиšte do tabulky.

| | 10% H ₂ SO ₄ | ocet | bez činidla | 10% jedlá soda | 10% NaOH |
|---------------------------------------|------------------------------------|------|-------------|----------------|----------|
| fykocyanin | | | | | |
| monohydrát síranu tetraamminměďnatého | | | | | |
| hexakyanidoželeznatan železitý | | | | | |
| Uffelmannovo činidlo | | | | | |

- Jaké látky změnilly barvu v kyselém prostředí?
- Jaké látky změnilly barvu v zásaditém prostředí?
- Vypočítejte pH 0,1M roztoku kyseliny sírové.
- Vypočítejte pH 0,1M roztoku hydroxidu sodného.

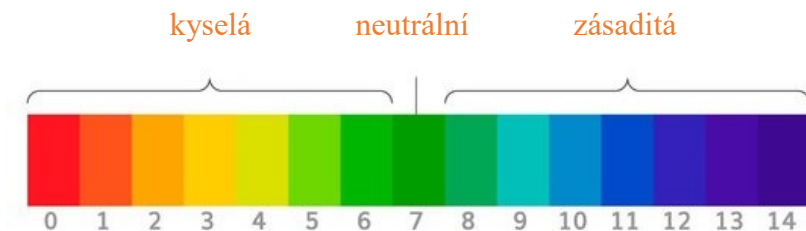
Příloha 12 – autorské řešení pracovního listu *Obecná chemie – pH*

Obecná chemie – pH

1) Vytvořte myšlenkovou mapu na téma pH. Použijte alespoň 10 pojmů.



2) Na pH škále pojmenujte vyznačené oblasti.

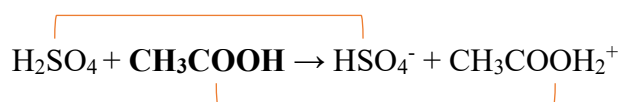


3) Jak je dle Bronstedovy teorie definována kyselina a jak zásada?

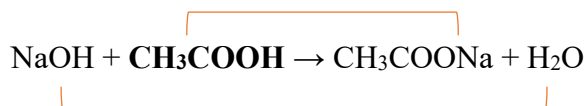
Kyselina odštěpuje proton, je jeho donorem.

Zásada proton přijímá, je akceptorem protonu.

4) Na základě následujících rovnic napište, zda je **octová kyselina** zásadou, či kyselinou. Vyznačte konjugované páry.



Octová kyselina zde vystupuje jako zásada, protože přijímá proton.



Octová kyselina zde vystupuje jako kyselina, odštěpuje proton.

5) Experiment – modré látky citlivé na pH

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka, kádinky

Chemikálie: připravené modré roztoky a suspenze, 10% roztok kyseliny sírové, 10% roztok hydroxidu sodného, 10% roztok jedlé sody, ocet

BOZP: Kyselina sírová i hydroxid sodný jsou žíravé látky, které mohou způsobit poleptání. Pracujeme proto s rukavicemi.



Postup: Nachystejte si a nadepište vždy 5 zkumavek od každého modrého roztoku či suspenze a přidejte do nich 5 ml příslušné látky. Do první zkumavky přidejte 0,5 ml 10% kyseliny sírové. Do druhé přidejte 0,5 ml octa. Do čtvrté zkumavky přidejte 0,5 ml 10% roztoku jedlé sody a do páté 0,5 ml 10% roztoku hydroxidu sodného. Třetí zkumavka bez přídavku činidla bude sloužit jako srovnávací. Po přidání činidel zkumavky promíchejte a pozorujte barevné změny. Pozorování zapište do tabulky.

| | 10% H ₂ SO ₄ | ocet | bez činidla | 10% jedlá soda | 10% NaOH |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|---|
| fykocyanin | tyrkysová | tmavě modrá | tmavě modrá | tmavě modrá | žlutohnědá |
| monohydrát síranu tetraamminměďnatého | světle modrá sraženina a čirý roztok | tmavě modrá | tmavě modrá | tmavě modrá | světle modrá sraženina a tmavě modrý roztok |
| hexakyanidoželeznatan železitý | tmavě modrá sraženina | tmavě modrá sraženina | tmavě modrá sraženina | oranžová sraženina a žlutý roztok | oranžová sraženina a žlutý roztok |
| Uffelmannovo činidlo | bezbarvá | běžová | modrofialová | žlutý roztok | žlutý roztok |

- Jaké látky změnilly barvu v kyselém prostředí?

fykocyanin, monohydrát síranu tetraamminměďnatého, Uffelmannovo činidlo

- Jaké látky změnilly barvu v zásaditém prostředí?

fykocyanin, monohydrát síranu tetraamminměďnatého, hexakyanidoželeznatan železitý, Uffelmannovo činidlo

- Vypočítejte pH 0,1M roztoku kyseliny sírové.

$$c(H^+) = 2 \cdot c(H_2SO_4)$$

$$c(H^+) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ M}$$

$$pH = -\log c(H^+) = -\log 0,2 = 0,699 \doteq 0,7$$

- Vypočítejte pH 0,1M roztoku hydroxidu sodného.

$$c(OH^-) = c(NaOH) = 0,1 \text{ M}$$

$$pOH = -\log c(OH^-) = -\log 0,1 = 1$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 1 = 13$$

Příloha 13 – pracovní list *Logická hádanka s modrými roztoky*

Logická hádanka s modrými roztoky

Zadání: Máte k dispozici 5 modrých roztoků, na základě jejich reaktivity vypátrejte, jak se nazývají, jaké je jejich použití nebo výskyt a čím jsou zajímavé.

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka, rychlovarná konvice nebo kahan, kádinky, UV lampa

Chemikálie: připravené roztoky modrých barviv, 12% roztok hydroxidu sodného; 12% roztok glukosy, 10% roztok kyseliny sírové, 10% roztok hydroxidu sodného, horká voda

BOZP: Hydroxid sodný a kyselina sírová jsou žíravé látky, pracujeme s nimi v rukavicích.



Postup: **Redoxní reakci** s příslušným roztokem vyzkoušíte tak, že do zkumavky přidáte 2,5 ml modrého barviva, 2,5 ml 12% roztoku hydroxidu sodného a 2,5 ml 12% roztok glukosy. Roztok protřepejte. Poté pozorujte případné barevné přechody, které nastávají, je-li zkumavka v klidu. Po opětovném protřepání můžete pozorovat další cyklus barevných přechodů. **Zásadité a kyselé pH** ověříme přidávkem 10% roztoků kyseliny sírové a hydroxidu sodného k roztokům. **Fluorescenci** lze ověřit posvícením UV lampou na roztok. **Tepelnou stálost** lze prokázat ponořením zkumavky s látkou do horké vodní lázně.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|---|---|---|---|---|
| redoxní reakce | | | | | |
| zásadité pH | | | | | |
| kyselé pH | | | | | |
| fluorescence | | | | | |
| tepelná stálost | | | | | |

Tyto věty vám pomůžou doplnit následující tabulku:

- 1) Látka nazývaná se indigokarmín při redoxních reakcích střídá 3 barvy.
- 2) Akvaristický přípravek proti parazitům nemění v kyselém pH barvu a při redoxních reakcích se mění barva z modré na bezbarvou.
- 3) Modrý roztok fenolu a chloridu železitého se nazývá Uffelmannovo činidlo.
- 4) Červeně fluoreskující látka se nachází v červených řasách a sinicích.
- 5) Látka užívaná při léčbě methemoglobinémie ztmavne v zásaditém pH.
- 6) Látka využívající se jako pH indikátor má při redoxních reakcích 2 barevné přechody.
- 7) Methylenová modř nemění v kyselém pH barvu a má 1 barevný přechod při redoxních reakcích.
- 8) Látka, která se používá jako důkaz mléčné nebo citronové kyseliny, tvoří v zásaditém pH oranžový zákal.
- 9) Látka, která vzniká reakcí škrobu a jodu, se mění v zásaditém pH na bezbarvou.
- 10) Fykocyanin zesvětlá při redoxních reakcích a slouží jako fotosyntetický pigment.
- 11) Komplex fenolu a chloridu železitého zesvětlá v kyselém pH a v zásaditém zoranžoví.
- 12) Zajímavostí je, že na jodoškrobovou reakci lze použít i jodovou dezinfekci, například Jodisol.
- 13) Indigokarmín lze najít v potravinách jako modré potravinářské barvivo.
- 14) Modrým zbarvením jodoškrobové reakce lze dokázat přítomnost škrobu či jodu.

| číslo modrého roztoku | název látky | výskyt nebo použití | Doplňující informace |
|-----------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

Logická hádanka s modrými roztoky

Zadání: Máte k dispozici 5 modrých roztoků, na základě jejich reaktivity vypátrejte, jak se nazývají, jaké je jejich použití nebo výskyt a čím jsou zajímavé.

Pomůcky: zkumavky, stojan na zkumavky, zátky na zkumavky, kapátka, rychlovarná konvice nebo kahan, kádinky, UV lampa

Chemikálie: připravené roztoky modrých barviv, 12% roztok hydroxidu sodného; 12% roztok glukosy, 10% roztok kyseliny sírové, 10% roztok hydroxidu sodného, horká voda

BOZP: Hydroxid sodný a kyselina sírová jsou žíravé látky, pracujeme s nimi v rukavicích.



Postup: **Redoxní reakci** s příslušným roztokem vyzkoušíte tak, že do zkumavky přidáte 2,5 ml modrého barviva, 2,5 ml 12% roztoku hydroxidu sodného a 12% roztok glukosy. Poté pozorujte případné barevné přechody, které nastávají, je-li zkumavka v klidu. Po protřepání můžete pozorovat další cyklus barevných přechodů. **Zásadité a kyselé pH** ověříme přidávkem 10% roztoků kyseliny sírové a hydroxidu sodného k roztokům. **Fluorescenci** lze ověřit posvícením UV lampou na roztok. **Tepelnou stálost** lze prokázat ponořením zkumavky s látkou do vodní lázně.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------|--|--|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| redoxní reakce | zelená, červená, žlutá (po protřepání opět zelená) | fialovomodrá až bezbarvá (po protřepání opět fialovomodrá) | odbarvení (po protřepání beze změny) | světle zelená (po protřepání beze změny) | žlutá (po protřepání beze změny) |
| zásadité pH | zelená | fialovomodrá | odbarvení | běžová | žlutá |
| kyselé pH | beze změny | beze změny | beze změny | tyrkysová | běžová |
| fluorescence | ne | ne | ne | ano (červená) | ne |
| tepelná stálost | stálý | stálý | nestálý (odbarvení) | stálý | nestálý (zežloutnutí) |

Tyto věty vám pomůžou doplnit následující tabulku:

- 1) Látka nazývaná se indigokarmín při redoxních reakcích střídá 3 barvy.
- 2) Akvaristický přípravek proti parazitům nemění v kyselém pH barvu a při redoxních reakcích se mění barva z modré na bezbarvou.
- 3) Modrý roztok fenolu a chloridu železitého se nazývá Uffelmannovo činidlo.
- 4) Červeně fluoreskující látka se nachází v červených řasách a sinicích.
- 5) Látka užívaná při léčbě methemoglobinémie ztmavne v zásaditém pH.
- 6) Látka využívající se jako pH indikátor má při redoxních reakcích 2 barevné přechody.
- 7) Methylenová modř nemění v kyselém pH barvu a má 1 barevný přechod při redoxních reakcích.
- 8) Látka, která se používá jako důkaz mléčné nebo citronové kyseliny, tvoří v zásaditém pH oranžový zákal.
- 9) Látka, která vzniká reakcí škrobu a jodu, se mění v zásaditém pH na bezbarvou.
- 10) Fykocyanin zesvětlá při redoxních reakcích a slouží jako fotosyntetický pigment.
- 11) Komplex fenolu a chloridu železitého zesvětlá v kyselém pH a v zásaditém zoranžoví.
- 12) Zajímavostí je, že na jodoškrobovou reakci lze použít i jodovou dezinfekci, například Jodisol.
- 13) Indigokarmín lze najít v potravinách jako modré potravinářské barvivo.
- 14) Modrým zbarvením jodoškrobové reakce lze dokázat přítomnost škrobu či jodu.

| číslo modrého roztoku | název látky | výskyt nebo použití | doplňující informace |
|-----------------------|----------------------|--|--------------------------------------|
| 1 | indigokarmín | pH indikátor | modré potravinářské barvivo |
| 2 | methylenová modř | akvaristický přípravek proti parazitům | léčba methemoglobinémie |
| 3 | jodoškrobová reakce | modré zbarvení dokazuje škrob nebo jod | lze použít dezinfekci značky Jodisol |
| 4 | fykocyanin | červené řasy nebo sinice | fotosyntetický pigment |
| 5 | Uffelmannovo činidlo | důkaz mléčné nebo citronové kyseliny | komplex fenolu a chloridu železitého |

