

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra anorganické chemie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Interakce hmoty s elektromagnetickým zářením: Experimenty
využitelné a realizované v rámci výuky chemie na základních
a středních školách**

Vypracovala: Bc. Zuzana Složilová

Studijní program: N1407 Chemie

Studijní obor: Učitelství chemie pro střední školy – Učitelství matematiky pro střední školy

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: doc. RNDr. Michal Čajan, Ph.D.

Olomouc 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem vypracovala tuto diplomovou práci pod vedením doc. RNDr. Michala Čajana, Ph.D. Veškeré literární zdroje jsou uvedeny na konci práce v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne

.....

Zuzana Složilová

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. RNDr. Michalu Čajanovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky, které mi pomohly během zpracování diplomové práce.

Dále bych ráda poděkovala doc. RNDr. Martě Klečkové, CSc. za půjčení literatury.

Poděkování také patří katedře geologie, jmenovitě RNDr. Kamilu Kropáčovi, Ph.D., za zpřístupnění sbírky minerálů.

Bibliografická identifikace

Jméno a přímení:	Zuzana Složilová
Název práce:	Interakce hmoty s elektromagnetickým zářením: experimenty využitelné a realizovatelné v rámci výuky chemie na základních a středních školách.
Typ práce:	Diplomová
Pracoviště:	Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra anorganické chemie
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Michal Čajan, Ph.D.
Rok obhajoby:	2017
Abstrakt:	Diplomová práce je zaměřena na problematiku spojenou s interakcí hmoty s elektromagnetickým zářením ve výuce chemie a dalších přírodovědných oborů na základních a středních školách. V rámci teoretické části je představeno elektromagnetické záření, jeho veličiny, rozdělení a metody studia. Dále je zařazeno učivo elektromagnetické záření do výuky přírodovědných předmětů podle RVP a je zhodnocena kvalita učebnic chemie pro základní a střední školy. V poslední kapitole v rámci teoretické části jsou uvedeny ceny některých chemikálií. V praktické části jsou uvedeny experimenty využitelné ve výuce. Jejich možná aplikace je ověřena pomocí měření relativní intenzity modelových roztoků ve viditelné oblasti spektra. V poslední kapitole jsou zkoumány spektra některých barviv pro jejich možnou využitelnost ve výuce.
Klíčová slova:	elektromagnetické záření, rámcový vzdělávací program, učebnice, výukové experimenty, fluorescenční spektra
Počet stran:	96
Jazyk:	český

Bibliographical identification

- Author's name and surname: Zuzana Složilová
- Title: The interaction of matter with electromagnetic radiation: experiments usable and realisable within teaching chemistry at elementary and secondary schools.
- Type of thesis: Masters
- Department: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Inorganic Chemistry
- Supervisor: doc. RNDr. Michal Čajan, Ph.D.
- The year of presentation: 2017
- Abstract: This diploma thesis is focused on the problems connected with the interaction between the matter and electromagnetic radiation in the scientific, especially chemical, education at elementary and secondary schools. Within the theoretical part, electromagnetic radiation, its magnitudes, division and study methods are presented. The subject of electromagnetic radiation is also included in the teaching of science (i.e. chemistry, biology and physics) according to RVP. Furthermore, the quality of chemistry textbooks for primary and secondary schools has been evaluated. The last chapter of the theoretical part presents price of some chemicals. The experimental part contains experiments which can be used in teaching. Their possible application has been verified by measuring the relative intensity of model solutions in visible spectrum. The last chapter examines spectra of some dyes which might be used in teaching.
- Key words: electromagnetic radiation, framework education programe, textbooks, eduactional experiments, fluorescence spectra
- Number of pages: 96
- Language: Czech

Obsah

1. Úvod	8
2. Teoretická část	9
2.1 Elektromagnetické záření.....	9
2.2 Rozdělení elektromagnetického záření	10
2.2.1 Radiofrekvenční záření.....	10
2.2.2 Mikrovlnné záření	11
2.2.3 Infračervené záření.....	11
2.2.4 Viditelné záření	11
2.2.5 Ultrafialové záření.....	12
2.2.6 Rentgenovo záření.....	12
2.2.7 Záření gama	12
2.3 Luminiscence.....	13
2.4 Metody studia elektromagnetického záření	14
2.5 Výuka elektromagnetického záření na základních a středních školách.....	16
2.5.1 Rámcové vzdělávací programy	16
2.5.2 Základní školy.....	16
2.5.3 Střední odborné školy a gymnázia	19
2.6 Analýza učebnic chemie pro základní školy	21
2.7 Analýza učebnic chemie pro střední školy.....	29
2.8 Vlastnosti některých použitých chemikálií a jejich ceny	33
3. Praktická část	37
3.1 Pokusy vybrané pro výuku na základních a středních školách	38
3.1.1 Difúze fluoresceinu ve vodě	39
3.1.2 Tajné písmo I. a II.	41
3.1.3 Barevná duha vytvořená ze svítících tyčinek	43

3.1.4	Luminiscence při krystalizaci	46
3.1.5	Chemiluminiscence směsi formaldehydu a pyrogallolu	47
3.1.6	Fotoluminiscence nápojů a potravin	49
3.1.7	Fotoluminiscence rostlin	59
3.1.8	Luminiscence minerálů	62
3.1.9	Fotoluminiscence látek kolem nás	63
3.1.10	Svítilící tyčinky	65
3.1.11	Míchání barev	67
3.1.12	Rozptyl světla pomocí laserového paprsku	69
3.1.13	Příprava fluoresceinu.....	71
3.1.14	Výroba luminolu (5-Aminoftaloylhydrazidu)	72
3.1.15	Fotochemická reakce oxalátu železitého	74
3.2	Měření spekter roztoků vybraných látek.....	76
4.	Diskuze	88
5.	Závěr.....	91
6.	Seznam použité literatury	92

1. Úvod

S elektromagnetickým zářením se setkáváme všude kolem nás. Existují ho různé druhy, jako je infračervené, viditelné, ultrafialové, rentgenové, mikrovlnné a radiové. Záření je vydáváno Sluncem, žárovkou, televizí, mobilním telefonem, mikrovlnnou troubou, sondami a dalšími. Elektromagnetické záření je aplikováno v mnohých oblastech života. V lékařství je běžně používán rentgen. V letectví je potřeba navigace nebo výškoměry. Mnozí by se neobešli bez mobilních telefonů, bezdrátové komunikační sítě, žárovek nebo televize. Dále je záření využíváno v archeologii, soudním znalectví, genetice a dalších. Je pravdou, že kromě těchto člověku prospěšných aplikací může mít i zdraví škodlivé následky. Část ultrafialového záření, které vysílá Slunce, je zachyceno ozonovou vrstvou, ale část jí proniká skrz. Při častém opalování může způsobit i rakovinu kůže.

Cílem této diplomové práce v teoretické části je zabývat se rozsahem a metodami výuky problematiky spojené s interakcemi atomů a molekul s elektromagnetickým zářením v chemii a souvisejících předmětech jako je fyzika a biologie na základních a středních školách. Dále potom analyzovat učebnice chemie pro základní a střední školy.

Obsahem praktické části je návrh a optimalizace experimentů využitelných ve výuce chemie a dalších přírodovědných oborů na základních a středních školách, navrhnout jejich konkrétní zařazení do výuky. Důležitou částí práce je pokus o nalezení alternativních materiálů a postupů, které zvýší cenovou dostupnost experimentů tohoto typu.

2. Teoretická část

2.1 Elektromagnetické záření

Záření neboli radiace je obecně šíření energie prostorem. Elektromagnetické záření se může definovat dvěma způsoby, to znamená, že má duální charakter. Elektromagnetické záření je vlnění o určité frekvenci resp. vlnové délce, má vlnový charakter. Druhým způsobem nahlížení na problematiku je, že elektromagnetické záření je proud fotonů nesoucích určitou energii, má korpuskulární neboli částicový charakter. Toto záření je tvořeno dvěma neoddělitelnými složkami a to elektrickou a magnetickou. [1]

Energie elektromagnetického záření je vysílána, šířena a pohlcována v podobě kvant energie tzv. fotonů. Foton je elementární částice s nulovou klidovou hmotností, která zprostředkuje elektromagnetickou interakci. [1]

Každá elektromagnetická vlna se ve vakuu šíří rychlostí světla, kterou označujeme písmenem c . Rychlost světla je důležitou fyzikální konstantou. Záření se ve vakuu šíří rychlostí $c = 299\,792\,458$ m/s, což je nejvyšší rychlost, které lze dosáhnout. V prostředí látek je rychlost světla menší a její velikost je ovlivněna nejen vlastnostmi prostředí, ale i frekvencí světla. Ve vzduchu je rychlost světla přibližně stejná jako ve vakuu. [1], [2]

Základními veličinami, které popisují vlastnosti elektromagnetického vlnění, jsou vlnová délka a kmitočet (frekvence). Vlnová délka je parametr vlnění, který charakterizuje jeho prostorovou periodicitu. Značí se λ a její základní jednotka je metr (m). Kmitočet udává, kolik kmitů vykoná těleso za 1 sekundu. Značka kmitočtu je ν a jednotka je hertz (Hz). Existuje nepřímoúměrný vztah mezi vlnovou délkou a frekvencí viz rovnice (1).

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Ze vzorce (2) pro výpočet energie vyplývá, že vztah mezi energií fotonu a vlnovou délkou je nepřímo úměrný.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (2)$$

Kde E je energie fotonu a h je Planckova konstanta. Tato konstanta má hodnotu $6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s. [1], [2]

2.2 Rozdělení elektromagnetického záření

Elektromagnetické záření nejčastěji rozdělujeme podle vlnové délky, frekvence, zdrojů a účinku na neionizující a ionizující. Podle vlnové délky (respektive frekvence) elektromagnetického vlnění lze toto elektromagnetické záření rozdělit na několik částí spektra (viz Tabulka 1). Hranice mezi jednotlivými částmi spektra jsou uměle stanoveny, proto se někdy jejich vymezení liší. Pro nás je důležitým zdrojem záření Slunce. Sluneční záření je elektromagnetické vlnění o spektru vlnových délek, které před vstupem do zemské atmosféry připomíná spektrum absolutně černého tělesa. Absolutně černé těleso je ideální těleso, které pohlcuje veškeré záření všech vlnových délek dopadající na jeho povrch. Sluneční spektrum se dělí na tři hlavní části, kterými jsou infračervené sluneční, viditelné sluneční a ultrafialové sluneční záření. [3]

Tabulka 1: Rozdělení elektromagnetického záření, vlnové délky a frekvence. [1]

Elektromagnetické záření	Vlnová délka	Frekvence [Hz]
Radiofrekvenční záření	100000 km – 1 dm	$10^4 - 3 \cdot 10^9$
Mikrovlnné záření	1 dm – 1 mm	$3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$
Infračervené záření	0,3 mm – 790 nm	$3 \cdot 10^{11} - 3,8 \cdot 10^{14}$
Viditelné záření	790 nm – 390 nm	$3,8 \cdot 10^{14} - 7,7 \cdot 10^{14}$
Ultrafialové záření	400 nm – 10 nm	$7,7 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{16}$
Rentgenovo záření	10 nm – 1 pm	$3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{20}$
Záření gama	< 300 pm	$> 10^{18}$

2.2.1 Radiofrekvenční záření

Radiofrekvenční záření je neionizující elektromagnetické záření a využívá se například pro přenos informací na velké vzdálenosti, jako je např.: rádio, televize, satelity a mobilní telefony. V chemii je záření využíváno například v rámci spektroskopii jaderné magnetické a elektronové paramagnetické rezonance [4]. Radiofrekvenční záření se dále dělí podle vlnové délky na extrémně dlouhé vlny (10^8 - 10^5 m; spojení na dlouhé vzdálenosti), velmi dlouhé vlny (10^5 - 10^4 m; námořní navigace, meteorologické služby), dlouhé vlny (10^4 - 10^3 m; rozhlasové dlouhé vlny, špatná kvalita radiokomunikace, meteorologické služby), střední vlny (10^3 - 10^2 m; rozhlasové střední vlny, radionavigace, komunikace na malé a střední vzdálenosti); krátké vlny (10^2 - 10^1 m; radiokomunikace

na střední a dlouhé vzdálenosti, rozhlas, amatérská páska), velmi krátké vlny (10^1 - 10^0 m; rozhlas, 1. – 3. televizní pásmo) a ultrakrátké vlny (10^0 - 10^{-1} m; 4. – 5. televizní pásmo, digitální televize a mobilní sítě GSM). [5], [6], [7]

2.2.2 Mikrovlnné záření

Mikrovlnné záření je neionizující nedestruktivní záření o nízké energii, které není při nízkých výkonech pro organismy nebezpečné. Většinou materiálů proniká mikrovlnné záření. Mikrovlnné záření se využívá např.: při ohřevu potravin, přenosu informací, radiolokaci, telekomunikaci, vzdušné i námořní navigaci, restaurování uměleckých děl, tavení skla, vysoušení knih či tkanin, obrábění materiálů a v lékařství. [5], [6]

2.2.3 Infračervené záření

Infračervené záření (IČ) je také neionizující elektromagnetické záření, které má vyšší vlnové délky než světlo. Není vnímáno lidským okem. Záření proniká dobře zakaleným prostředím jako je mlha, smog, oblaka. Zdrojem infračerveného záření jsou mimo jiné tělesa zahřátá na vyšší teplotu. Při pohlcování infračerveného záření probíhá tepelná výměna a ozářené těleso se zahřívá. Infračervené záření je vyzařováno prakticky všemi tělesy, proto lze využít infračervený dalekohled i k pozorování ve tmě. Nejběžněji je využíváno v meteorologii, snímkování oblačnosti a zemského povrchu. [5], [6]

2.2.4 Viditelné záření

Viditelné záření (VIS) je jediný druh elektromagnetického záření, které je přímo vnímáno zrakem. Viditelné záření různých frekvencí vyvolává u člověka různý zrakový vjem, který charakterizujeme jako barvu světla. Přiřazení barev světla jednotlivým frekvencím je uvedeno v tabulce 2.

Tabulka 2: Přiřazení barev světla k vlnovým délkám a frekvencím.

Barva	Vlnová délka (nm)	Frekvence (THz)
Červená	625 – 740	480-405
Oranžová	590 – 625	510-480
Žlutá	565 - 590	530-510
Zelená	520 – 565	580-530
Modrá	430 – 520	700-580
Fialová	380 – 430	790-700

Kombinací těchto barev vzniká světlo bílé (bezbarvé). Zdrojem viditelného záření jsou například Slunce a další hvězdy, rozžhavená tělesa, elektrický výboj v ionizovaném plynu, plamen, někteří živočichové, luminiscence, laser a žárovka. [5], [6]

2.2.5 Ultrafialové záření

Ultrafialové záření (UV) je také záření neionizující elektromagnetické záření. Toto záření je pro člověka neviditelné, existují však živočichové, kteří jej dokáží vnímat (plazi, ptáci, některý hmyz). Dalším zdrojem, kromě Slunce, jsou výbojové trubice, ve kterých vzniká záření průchodem elektrického proudu rtuťovými parami. Velké dávky ultrafialové záření působí na lidský organizmus škodlivě, proto musíme chránit zrakový orgán brýlemi se speciálními skly a při opalování se chránit opalovacím krémem. Velké dávky ultrafialové záření mohou způsobit rakovinu kůže. Ultrafialové záření má široké využití. Využívá se při sterilizaci, používá se jako svítidla na kontrolu dokladů, bankovek, v astronomii, spektroskopii, v genetice, dezinfekci, archeologii a dalších odvětvích. [5], [6]

2.2.6 Rentgenovo záření

Toto záření objevil německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen, který v prosinci 1901 za tento počín získal Nobelovu cenu. Vzniká při přeměně energie rychle se pohybujících elektronů, které dopadají na povrch kovové elektrody. Toto záření má fotochemické účinky, je pohlcováno různými materiály (dobře proniká měkkými částmi lidského těla, kostmi je pohlcováno), má ionizační účinky a způsobuje luminiscenci. Zemská atmosféra sluneční rentgenové záření nepropouští. Podle vlnové délky rozlišujeme měkké rentgenové záření (větší vlnová délka) a tvrdé rentgenové záření (blíží se záření gama). Rentgenové záření se využívá v lékařství, v rentgenové strukturní analýze, defektoskopii, při výrobě polovodičových součástek. Je zdraví škodlivé a má rakovinotvorné účinky. [5], [6]

2.2.7 Záření gama

Toto záření je ionizující elektromagnetické záření. Zdrojem tohoto záření jsou atomy, jejichž atomová jádra podléhají radioaktivním přeměnám. Taky k nám dopadá z kosmu. Je to nejpronikavější záření a lze se před ním chránit olověným stíněním. Používá se v medicíně při ozařování zhoubných nádorů. [5], [6]

2.3 Luminiscence

Slovo luminiscence je odvozeno od latinského slova lumen = světlo. Luminiscence je spontánní záření většinou pevných nebo kapalných látek, které vzniká jako přebytek záření tělesa nad úrovní jeho tepelného záření v dané spektrální oblasti při dané teplotě, přitom toto záření má určitou dobu doznívání. Světelné záření vyzařované tělesem není spojeno pouze s jeho teplotou, ale i s jiným dějem, tzv. luminiscencí. [8]

Luminiscenci lze rozlišit podle několika hledisek, a to především:

a) podle způsobu excitace:

- Fotoluminiscence je ozáření látky světlem o kratší vlnové délce než má samotná luminiscence – svícení stěn zářivky ozařovaných UV zářením
- Elektroluminiscence vzniká účinkem elektrického pole nebo průchodem elektrického proudu – luminiscenční dioda, reklamní panely
- Katodoluminiscence je vyvolaná dopadajícími elektrony – obrazovky televizorů, radary, stínítka elektronových mikroskopů
- Chemiluminiscence je vyvolaná chemickou reakcí – oxidace luminolu peroxidem vodíku, ve svítících tyčinkách
- Bioluminiscence vzniká svícením organismů, doprovází životní procesy – světlušky
- Termoluminiscence je vyvolaná dodáním tepelné energie – archeologické datování
- Radioluminiscence je buzená ionizujícím zářením, tj částicemi α , β nebo zářením γ – scintilátory, trvale svítící ciferníky hodinek
- Rentgenoluminiscence je buzená fotony RTG záření – stínítka rentgenového přístroje
- Mechanoluminiscence je vybuzená vnějším mechanickým působením, dělí se na: Fraktoluminiscenci, která je vyvolána lámáním; Triboluminiscenci, která je vyvolaná působením tlaku; Piezoluminiscenci, ta je vyvolána tlakem způsobujícím elastickou deformaci. Vznikají při drcení zrníček karborunda, krystalů sfaleritu, křemene, ale i cukru. Někdy se do mechanoluminiscence zařazuje sonoluminiscence, která je buzená ultrazvukem

b) dle doby trvání luminiscence po skončení excitace:

- Fluorescence je druh luminiscence, která zmizí s přerušením excitace – fluorescenční barviva, svítící tyčinky
- Fosforescence je druh luminiscence, která trvá i po přerušení excitace – bílý fosfor [8]

2.4 Metody studia elektromagnetického záření

Obor, který na základě interakcí látek s elektromagnetickým zářením získává údaje o chemickém složení vzorku, se nazývá spektroskopie. Pomocí této fyzikálně chemické metody zjišťujeme základní údaje o struktuře látky, důkaz o stabilitě látky v roztoku, kvantitativní stanovení roztoků komplexů a organických sloučenin, informace o funkčních skupinách v molekule, identifikace látek, u komplexních sloučenin vazbu mezi centrálním atomem

a ligandem, kinetika chemických reakcí, koncentrace látek, symetrie molekuly, oxidační a spinový stav studovaného atomu, charakter vazebných partnerů a typu vazby mezi nimi, magnetické vlastnosti a další.

Mezi spektrální metody patří elektronová absorpční (UV-VIS) spektroskopie, jejíž podstatou je absorpce elektromagnetického záření v intervalu 200-800 nm molekulami vzorku. Pomocí této metody mohou být identifikovány neznámé látky (kombinací s ostatními spektroskopickými metodami) a stanovina koncentrace známých látek. Měření se provádí buď při vhodné vlnové délce, nebo jsou snímána celá spektra v krátkých časových intervalech. Ve forenzní chemii se používala k identifikaci barev a inkoustů. [4], [9]

Infračervená spektroskopie se využívá především pro identifikaci a strukturní charakterizaci organických sloučenin. Také je používána pro stanovení anorganických látek. Principem této metody je absorpce infračerveného záření při průchodu vzorkem. Dochází ke změnám rotačních a vibračních energetických stavů molekuly v závislosti na změnách dipólového momentu molekuly. Technika měří pohlcení infračerveného záření o různé vlnové délce analyzovaným materiálem. [4], [9]

Ramanova spektroskopie se využívá při identifikaci látek, určování jejich struktury a složení. Dále se využívá při studiu pevných látek, kapalin, plynů, při analýze povrchů nebo analýze biologických systémů. Využívá se v medicíně, ve farmaceutickém průmyslu, ve forenzní chemii, kombinatoriální chemii a dalších. Podstatou této metody je zářivý dvoufotonový přechod mezi dvěma stacionárními vibračními stavy molekuly, vyvolaný interakcí s fotonem dopadajícího záření a provázený vyzářením fotonu rozptýleného záření. [4], [9]

NMR spektroskopie, nebo-li nukleární magnetická rezonanční spektroskopie, která je řazena mezi absorpční spektroskopie. Je založena na absorpci radiofrekvenčního elektromagnetického záření jádru atomů s neceločíselným jaderným spinem v molekulách

analyzovaných látek umístěných v magnetickém poli. Je využívána v kvalitativní analýze při identifikaci a řešení struktury organických sloučenin, při určování způsobu vazby méně běžných prvků, kvantitativní analýze směsi a analýze izotopového zastoupení prvků ve složkách vzorků. [4], [9]

Dalšími metodami jsou: EPR spektroskopie (elektronová paramagnetická rezonance), Mössbauerova spektroskopie, rentgenová fluorescenční analýza, rentgenová fotoelektronová spektroskopie, rentgenová absorpční spektroskopie, Augerova elektronová spektroskopie, atomová absorpční spektroskopie, optická emisní spektroskopie. [4], [9]

2.5 Výuka elektromagnetického záření na základních a středních školách

2.5.1 Rámcové vzdělávací programy

V České republice je vzdělávací systém rozdělen do několika úrovní, kterými jsou preprimární, primární, nižší a vyšší sekundární a terciární vzdělávání. Vzdělávání na základních a středních školách se řídí Rámcovými vzdělávacími programy (RVP). Systém kurikulárních dokumentů, které jsou vytvářeny na dvou úrovních – státní a školní, byl zaveden v souladu s principy kurikulární politiky vytvořenými v Národním programu rozvoje vzdělávání v ČR a zakotvenými v zákoně č. 561/2004 Sb. o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání. Tento systém se zavádí pro vzdělávání žáků od 3 do 19 let. Rámcové vzdělávací programy tvoří obecně závazný rámec pro tvorbu školních vzdělávacích programů škol všech oborů vzdělávání v předškolním, základním, uměleckém, jazykovém a středním vzdělávání. Tento zákon byl novelizován v roce 2015 pod č. 82/2015. Rámcové vzdělávací programy vymezují povinný obsah, rozsah a podmínky vzdělávání. Jsou závazné pro tvorbu školních vzdělávacích programů, hodnocení výsledků vzdělávání dětí a žáků, tvorbu a posuzování učebnic a učebních textů a dále závazným základem pro stanovení výše finančních prostředků. Vzdělávání v jednotlivých školách a školských zařízeních se uskutečňuje podle školních vzdělávacích programů. [10], [11], [12]

2.5.2 Základní školy

Základní školy se skládají z 1. a 2. stupně. Tyto dva stupně jsou v RVP členěny na několik vzdělávacích oblastí. Nás zajímají vzdělávací oblasti týkající se přírodovědného vzdělání. První vzdělávací oblastí je Člověk a jeho svět. Tato oblast je jedinou vzdělávací oblastí RVP ZV (pro základní vzdělávání), která je koncipována pouze pro 1. stupeň základního vzdělávání. Tato oblast je členěna do pěti tematických okruhů. Prvním je *Místo, kde žijeme*. Žáci se zde na základě nejbližšího okolí a vztahů učí chápat organizaci života v rodině, ve škole, v obci a ve společnosti. Druhou oblastí jsou *Lidé kolem nás*, kde si žáci postupně osvojují a upevňují základy vhodného chování a jednání mezi lidmi, uvědomují si význam a podstatu pomoci a vzájemné úcty. Třetím jsou *Lidé a čas*, kde se žáci učí orientovat v dějích a v čase. Čtvrtým okruhem je *Rozmanitost přírody*. Zde žáci poznávají Zemi jako planetu sluneční soustavy, kde vznikl a rozvíjí se život. Posledním okruhem je *Člověk a jeho zdraví*, kde poznávají sebe na základě poznávání člověka jako živé bytosti, která má své biologické a fyziologické funkce a potřeby. V této oblasti se s interakcí hmoty s elektromagnetickým zářením nesetkáme. Některé experimenty zde můžeme zařadit,

ale pouze hravou formou, jako je míchání barev, fotoluminiscence minerálů, rostlin nebo předmětů okolo nás.

Druhou vzdělávací oblastí, která se týká pouze 2. stupně základní školy je Člověk a příroda, která zahrnuje okruh problémů spojených se zkoumáním přírody. Vzdělávací obory této vzdělávací oblasti jsou *chemie, fyzika, přírodopis a zeměpis*. [10]

Chemie

Na základních školách se v chemii nevyskytuje kapitola o elektromagnetickém záření, přesto ho můžeme do některých témat zařadit. Chemie se učí pouze v osmém a devátém ročníku. Obsah výuky je rozvržen do těchto témat: Pozorování, pokus a bezpečnost práce; směsi; částicové složení látek a chemické prvky; chemické reakce; anorganické sloučeniny; organické sloučeniny; chemie a společnost. Většina učebnic je rozvržena tak, že se v osmé třídě probírají základy chemie a anorganické prvky a v deváté třídě organická chemie, chemie a společnost.

Prvním tématem je pozorování, pokus a bezpečnost práce. Zde jsou žáci mimo jiné seznámeni s vlastnostmi látek, jako jsou vzhled, barva, zápach, skupenství, rozpustnost, hustota, vodivost, pH, magnetické vlastnosti a další. Některé vlastnosti lze zjistit pomocí zraku, hmatu, čichu, sluchu nebo chuti. Pokud se nejedná o potravinářskou chemii, tak látky nikdy neochutnáváme. Ostatní vlastnosti lze změřit. Zde, ale pouze okrajově, se mohou zařadit pokusy jako je luminiscence nebo míchání barev. V kapitole směsi získá žák přehled o rozlišení jednotlivých směsí a jejich oddělování. Patří sem chromatografie, pomocí níž se mohou dělit směsi barviv. Ve třetí kapitole s názvem částicové složení a chemické prvky se probírá částicové složení látek, jako jsou atomy a molekuly. Čtvrtou kapitolou jsou chemické reakce, kde se žák dozví, jak vypadá chemická rovnice, druhy chemických reakcí a o zákonu zachování hmotnosti. Chemické reakce probíhají všude kolem nás, příkladem je fotosyntéza. V kapitole anorganické sloučeniny se žák učí o prvcích a jeho sloučeninách, kde mezi chemické sloučeniny patří i minerály. Další kapitolou je organická chemie, kde se mimo jiné probírají deriváty uhlovodíků a v nich karboxylové kyseliny a jejich estery. Mezi tyto kyseliny patří kyselina salicylová a acetylsalicylová (viz Tajné písmo). Dále některé organické sloučeniny mají vlastnost luminiscence. V poslední kapitole s názvem chemie a společnost se mimo jiné probírají vyčerpatelné a nevyčerpatelné zdroje energie. Mezi nevyčerpatelné zdroje energie patří sluneční záření a s ním spojená fotosyntéza. Při probírání

léčivých látek se hovoří o Acylpyrinu a Aspirinu, které obsahují kyselinu acetylsalicylovou. [10], [13], [14]

Fyzika

Fyzika se vyučuje již od šestého ročníku. Podle RVP je vymezen vzdělávací obsah, který se dělí na: látky a tělesa; pohyb těles; síly; mechanické vlastnosti tekutin; energie; zvukové děje; elektromagnetické a světelné děje a vesmír. Jako první je vhodné zařadit jednotlivé kapitoly do ročníků. V učebnicích se v šestém ročníku probírají látky a tělesa. V učebnicích pro sedmý ročník se hovoří o pohybu těles, světelných jevech, vlastnosti látek, o kapalinách a plynech. V osmé třídě se probírá práce, energie, teplo, elektromagnetické jevy a jaderná energie. V devátém ročníku jsou probírány zvukové jevy, využití světla a záření, jaderná energie, energie a její přeměny, počasí, země a vesmír.

Nyní budou uvedeny jednotlivé kapitoly. První kapitolou jsou látky a tělesa, kde se žák dozví, z čeho jsou předměty kolem nás a naučí se měřit. Také se něco naučí o skupenství látek a difúzi, kde právě difúze je podstatou některých experimentů. Od druhé po pátou kapitolu se elektromagnetické záření nevyskytuje, a ani by nebylo vhodné ho sem zařadit. Druhou kapitolou je pohyb těles, kde se probírá pohyb, rychlost a měření rychlosti. Třetí kapitolou jsou síly. Zde se žák dozví o vzájemném působení těles, o síle a jejím skládání, těžišti, tlaku a tření. Čtvrtou kapitolou jsou mechanické vlastnosti tekutin. V této kapitole se učí o vlastnostech kapalin, hydrostatickém tlaku, Archimédova zákonu a Pascalova zákonu. Další kapitolou je energie. Zde se vyučuje o práci, výkonu, energii, účinnosti, páce, kladce a nakloněné rovině. Šestým tématem jsou zvukové jevy, kde se žák mimo jiné učí o vlnění, vlnové délce a kmitočtu. Předposlední kapitolou jsou elektromagnetické a světelné děje. Tato kapitola je nejdůležitější. Zde je vysvětlováno elektromagnetické záření, vlastnosti světla, zdroje světla, rychlost světla v různých prostředích, lom světla a také rozklad bílého světla. [10], [15], [16], [17], [18]

Přírodopis

Přírodopis se vyučuje od šestého ročníku. Obsah vzdělávání se dělí na: obecná biologie a genetika; biologie hub; biologie rostlin; biologie živočichů; biologie člověka; neživá příroda; základy ekologie a praktické poznávání přírody. V přírodopisu se v šesté třídě probírá planeta země a vznik života na Zemi, Život na zemi, základní struktura života, přehled organismů, člověk a příroda. V sedmé třídě zoologie a botanika. V osmé třídě savci, ekologie, biologie člověka, původ a vývoj člověka, genetika, poskytování první pomoci, zdraví.

V deváté třídě se probírá geologie, stavba země, vnitřní a vnější geologické děje, modrá planeta, přírodní zdroje, historie země, geologická mapa ČR a co dokáže příroda. V přírodopise se s elektromagnetickým zářením nesetkáme, ale je možné ho zmínit v některých tématech. Při probírání zoologie se žák doví o luminiscenci světlušek nebo medúz. V botanice se žák učí o fotosyntéze a zelených rostlinách, které obsahují zelené barvivo zvané chlorofyl. Další rostliny obsahují látky jako je chinin, eskulin a další. Tyto látky jsou luminiscentní. V devátém ročníku při probírání nerostů a hornin se může zkoumat luminiscence jednotlivých minerálů. [10]

2.5.3 Střední odborné školy a gymnázia

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia je pouze jeden, ale střední odborné školy mají mnoho odborných středoškolských oborů, které mají každý svůj vlastní rámcový vzdělávací program, kde každý předmět má jinou důležitost. Rámcový vzdělávací program pro gymnázia obsahuje vzdělávací oblast Člověk a příroda, která zahrnuje *fyziku, chemii, biologii, geografii a geologii*. Rámcový vzdělávací program pro střední odborné školy, obor aplikovaná chemie, obsahuje oblast Přírodovědné vzdělávání. Do této oblasti patří *fyzikální vzdělávání*, které je vypracováno ve třech variantách. Varianta A je určena pro obory s vysokými, varianta B se středními a varianta C s nižšími nároky na fyzikální vzdělávání. *Chemické vzdělávání* je vypracováno ve dvou variantách. Varianta A je určena pro obory s vyššími nároky a varianta B s nižšími nároky. *Biologické a ekologické vzdělávání* je vypracováno pouze v jedné variantě. [11], [12]

Chemie

Na středních odborných školách a gymnáziích se probírané oblasti neliší, pouze je jiné množství učiva. Jsou to tyto oblasti: obecná chemie, anorganická chemie, organická chemie a biochemie. Ani zde se nehovoří o elektromagnetickém záření. Opět se mohou některé pokusy zařadit do jednotlivých kapitol. Témata, která se pobírala na základních školách, jsou opakována i na středních školách, pouze v menší nebo větší míře, proto se zde budou hodně opakovat. V kapitole obecná chemie je důležité dělení směsí pomocí technik, jako je chromatografie nebo extrakce. Dále je kladen důraz na chemické reakce. Je zde zařazen mimo jiné vliv teploty na rychlost chemické reakce nebo fotochemická reakce. V učivu kinetika chemických reakcí se lze zaměřit na katalýzu a zároveň ji demonstrovat na luminiscenčních experimentech. Další důležitou kapitolou je organická chemie. Některé organické látky vykazují fluorescenci. Fluorofory mohou být jak malé molekuly, typicky organické

sloučeniny s aromatickým jádrem, nebo celý protein. Zde můžeme žáka s těmito sloučeninami seznámit při probírání aromatických sloučenin. V učivu o uhlovodících a jejich derivátech můžeme zařadit kyselinu salicylovou, o které se učí i v biochemii při probírání léčiv. V biochemii je důležitý také význam fotosyntézy. [11], [12], [19], [20], [21], [22]

Fyzika

Na gymnáziích je podle RVP vzdělávací obsah rozdělen na: fyzikální veličiny a jejich měření; pohyb těles a jejich vzájemné působení; stavba a vlastnosti látek; elektromagnetické jevy; světlo a mikrosvět. V kapitole pohyb těles a jejich vzájemné působení je pro nás důležité mechanické kmitání a vlnění, jelikož se zde učí o periodě, frekvenci a vlnové délce. V kapitole stavba a vlastnosti látek, se nachází učivo kinetická teorie látek, kde je zařazena difúze. V nejdůležitější kapitole elektromagnetické jevy je celé učivo elektromagnetické záření, kde se probírá elektromagnetická vlna, spektrum elektromagnetického záření a vlnové vlastnosti světla. V poslední kapitole je probíráno učivo kvanta, vlny a atomy. Žák je seznámen s pojmem foton a jeho energie a s korpuskulárně vlnovou povahou záření a částic. U atomů se probírá kvantování energie elektronů v atomu, emise a laser. Ostatní kapitoly s elektromagnetickým zářením nesouvisí.

Dle RVP pro střední odborné školy je obsah předmětu chemie rozdělen do tří variant. Každá varianta obsahuje vlastní kapitoly, které se mírně odlišují. Obsah varianty A se dělí na osm kapitol, které jsou: mechanika, molekulová fyzika a termika, mechanické kmitání a vlnění, elektřina a magnetismus, optika, speciální teorie relativity, fyzika mikrosvěta a astrofyzika. Varianta B a C: Mechanika, molekulová fyzika a termika, elektřina a magnetismus, vlnění a optika, fyzika atomu a vesmír. Mezi důležité kapitoly patří elektřina a magnetismus, kde je obsahem vznik a vlastnosti elektromagnetického vlnění. Další nejdůležitější kapitolou je optika, která vypovídá o světle a jeho šíření, o spektru elektromagnetického záření, o rentgenovém záření a vlnových vlastnostech světla. Poslední kapitolou, která je důležitá pro tuto práci je fyzika mikrosvěta. Je důležité, že se zde probírají základní pojmy z kvantové fyziky. [11], [12], [23], [24]

Biologie

Podle RVP pro gymnázia je vzdělávací obsah na gymnáziích rozdělen na: obecná biologie; biologie virů, bakterií; protist; hub; rostlin; živočichů; člověka; genetika a ekologie. Jedinou kapitolou, která je pro tuto práci důležitá, je biologie rostlin. Některé rostliny

obsahují látky, které pod UV lampou fluoreskují. Dále se žák učí o fotosyntéze, která je jednou z nejdůležitějších fotochemických reakcí.

Vzdělávací obsah na odborných středních školách je rozdělen pouze na základy biologie; ekologie; člověk a životní prostředí. V kapitole základy biologie se rostliny neprobírají. Pouze v kapitole ekologie se hovoří o slunečním záření, které patří mezi elektromagnetické záření. [11], [12]

Geologie

Geologie je pouze v RVP pro gymnázia. Vzdělávací obsah má tyto části: složení, struktura a vývoj země; geologické procesy v litosféře; voda; člověk a anorganická příroda. Pro nás je nejdůležitější kapitola složení, struktura a vývoj země, kde se probírají minerály, krystaly a jejich vnitřní stavba, fyzikální a chemické vlastnosti minerálů. [11]

2.6 Analýza učebnic chemie pro základní školy

U všech učebnic je analyzována didaktická vybavenost na základě metody Jana Průchy. [25]

Chemie 8. r. ZŠ a víceletá gymnázia - učebnice, Chemie 9. r. ZŠ a víceletá gymnázia - učebnice

Autoři: Jiří Škoda, Pavel Doulík

Nakladatelství: Fraus

Rok vydání: 2006

Počet stran: 136

ISBN 80-7238-442-2

Autoři: Jiří Škoda, Pavel Doulík

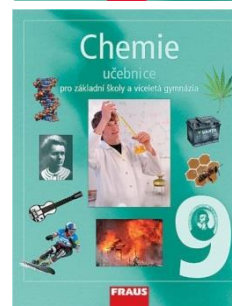
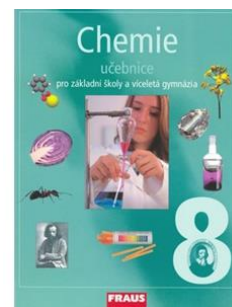
Nakladatelství: Fraus

Rok vydání: 2007

Počet stran: 128

ISBN 978-80-7238-584-3

Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy.



Tato sada učebnic v dnešní době patří mezi nejvíce využívané učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia. Učebnice, ale nejsou dobře členěné na kapitoly. Učebnice pro 8. ročník, je jediná učebnice, ve které můžeme nalézt i část organické chemie. Bylo by vhodnější ji zařadit do 9. ročníku. Další nevýhodou učebnic je, že postrádá shrnutí učiva

k celému ročníku. Dále v učebnicích nenajdeme slovníček pojmů nebo prostředky a instrukce k sebehodnocení. Na začátku 2. dílu učebnice nejsou obsaženy otázky a úkoly k předchozímu ročníku. Ani v jedné učebnici se za témata ani na konci celého ročníku nenachází otázky a úkoly a s tím spojené výsledky úkolů a cvičení. Jako většina učebnic, ani tyto neodkazují na jiné zdroje informací.

Učebnice mají, ale více výhod než nevýhod. Jako skoro každá učebnice obsahuje na začátku předmluvu a návod s učebnicí. Před celkovým učivem ročníku i v průběhu témat najdeme podněty k zamyšlení. Učivo je odlišeno do dvou úrovní. V jednotlivých kapitolách se nacházejí i náměty na mimoškolní činnosti. Na konci každého tématu se nachází shrnutí učiva. Na každé straně učebnice se najdeme vyznačený sloupec s poznámkami a vysvětlivkami. Velkým plusem je, že na začátku 2. dílu učebnice najdeme shrnutí učiva k předchozímu ročníku. Po grafické stránce jsou velmi vyvedené. Jsou zde barevné umělecké ilustrace, naukové ilustrace i fotografie. Dále učebnice obsahují grafické symboly vyznačující části textu, je užita zvláštní barva a písmo pro určité části textu. Na konci učebnic se nachází náměty k laboratorním cvičením, nechybí explicitní vyjádření cílů učení pro žáky a rejstřík. K učebnicím se vztahují dva pracovní sešity, pro každý ročník jeden. Pracovní sešity jsou vytvořeny velmi dobře. Nechybí zde ani přehled učiva pro daný ročník. Líbí se mi, že k této učebnici má učitel k dispozici CD. [26], [27]

Nebojte se CHEMIE, CHEMIE se nebojíme

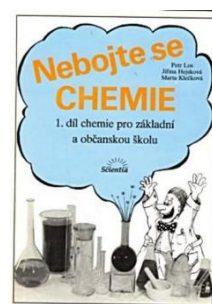
Autoři: Petr Los, Jiřina Hejsková, Marta Klečková

Nakladatelství: Scientia

Rok vydání: 1998

Počet stran: 91

SBN 80-7183-116-6



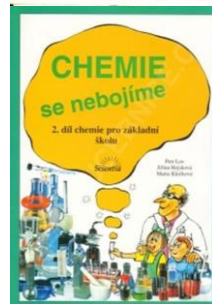
Autoři: Petr Los, Marta Klečková, Jiřina Hejsková

Nakladatelství: Scientia

Rok vydání: 1996

Počet stran: 89

ISBN 80-7183-027-5



Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy.

Učebnice odpovídají obsahu RVP pro základní školy. Na začátku učebnic chybí návod k práci s nimi. Na okrajích stránek se nenachází doplňující texty, poznámky ani vysvětlivky.

Před celkovým učivem nenajdeme podněty k zamyšlení. Nevýhodou učebnic je, že učivo není rozlišeno na úrovně. V průběhu lekcí chybí náměty na mimoškolní činnosti. V učebnicích se bohužel nenachází shrnutí učiva k celému i k předchozímu ročníku. Na konci učebnic chybí slovníček pojmů. Na konci ročníků nejsou závěrečné otázky a úkoly a ani ve 2. díle učebnice nenajdeme otázky a úkoly k předchozímu ročníku. Velkou nevýhodou je, že na konci učebnic nenajdeme výsledky úkolů, cvičení a explicitní vyjádření cílů učení pro žáky. Dále se na konci učebnic nenachází odkazy na jiné zdroje informací a chybí rejstřík.

Učebnice mají i výhody. Kapitoly jsou dobře členěné. Obsahově i odborně odpovídají znalostem žáků základních škol. Na začátku 1. dílu se nachází úvod. V učebnicích se nachází prostředky a instrukce k sebehodnocení. V průběhu lekcí najdeme podněty k zamyšlení. Za jednotlivými tématy je shrnutí učiva, otázky a úkoly. Učebnice obsahují barevné umělecké ilustrace, naukové ilustrace, fotografie a další. Jednotlivé části textu jsou vyznačené grafickými symboly, je užita zvláštní barva i písmo pro určité části textu. Na konci učebnic se vyskytují náměty k laboratorním cvičením. Pro tento typ učebnic není pracovní sešit. K těmto učebnicím je, ale přidána metodická příručka. [28], [29]

Základy chemie 1, Základy chemie 2

Autoři: Pavel Beneš, Václav Pumpr, Jiří Banýr

Nakladatelství: Fortuna

Rok vydání: 1993

Počet stran: 143

ISBN 80-7168-043-5



Autoři: Pavel Beneš, Václav Pumpr, Jiří Banýr

Nakladatelství: Fortuna

Rok vydání: 1995

Počet stran: 96

ISBN 80-7168-205-5



Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy.

Mezi učebnicemi, které jsou zde analyzovány, je tato sada nejstarší. Učebnice jsou rozsáhlejší než jejich přepracovaná verze, která vyšla o několik let později. Velkou nevýhodou je, že v nich není obsaženo shrnutí učiva k předchozímu ročníku, k celému ročníku ani k tématům. Na koncích ročníků nenajdeme otázky a úkoly. Také na začátku 2. dílu se nenachází otázky a úkoly k předchozímu ročníku. Jednotlivé části textu nejsou

vyznačeny grafickými symboly a na konci učebnic nenajdeme odkazy na jiné zdroje informací a explicitní vyjádření cílů učení pro žáky.

Na začátku 1. dílu se nachází úvod i návod k práci s učebnicemi. Učebnice jsou dobře členěné na kapitoly. V jednotlivých kapitolách se na okrajích stránek vyskytují poznámky a vysvětlivky k probíranému učivu. Před celkovým učivem, i v průběhu lekcí se nachází otázky k zamyšlení. Učivo je rozlišeno na dvě úrovně, jsou zde náměty k mimoškolní činnosti, prostředky a instrukce k sebehodnocení. Učebnice jsou barevně ilustrovány, obsahují umělecké i naukové ilustrace, fotografie a další. Text je rozlišen různými barvami a písmem pro různé části textu. Na konci témat se vyskytují otázky a úkoly. Výhoda učebnic je, že obsahují výsledky úkolů a cvičení. Jako jediná sada obsahuje na konci učebnic slovníček pojmů a nechybí rejstřík. K této učebnici jsou k dispozici dva pracovní sešity, pro každý ročník jeden sešit. [13], [14]

Základy praktické chemie 1, Základy praktické chemie 2

Autoři: Pavel Beneš, Václav Pumpr, Jiří Banýr

Nakladatelství: Fortuna

Rok vydání: 1999

Počet stran: 80

ISBN 80-7168-638-7



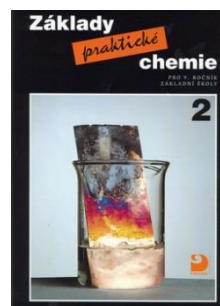
Autoři: Pavel Beneš, Václav Pumpr, Jiří Banýr

Nakladatelství: Fortuna

Rok vydání: 2000

Počet stran: 72

ISBN 80-7168-727-8



Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy.

Učebnice vychází ze staré sady s názvem Základy chemie. Učebnice jsou hodně podobné staré sadě, ale mají své odlišnosti. Fotografie a obrázky jsou velmi podobné, některé dokonce stejné jako ve staré sadě. Učebnice jsou zpracované jednodušeji. V této sadě je méně textu, tzn. že některé pasáže jsou úplně vynechané, nebo jsou kratší (vidíme to i podle počtu stran). Oproti předešlé sadě zde nechybí shrnutí učiva jak k tématům, tak shrnutí učiva z předchozího ročníku. Chybí, ale doplňující texty a slovníček pojmů. Ostatní didaktická vybavenost je stejná jako v předešlé verzi. Opět jsou k této učebnici dva pracovní sešity. [30], [31]

Chemie krok za krokem, Chemie na každém kroku

Autoři: Martin Bílek, Jiří Rychtera

Nakladatelství: Moby dick

Rok vydání: 1999

Počet stran: 200

ISBN 80-86237-03-6



Autoři: Martin Bílek, Jiří Rychtera

Nakladatelství: Moby dick

Rok vydání: 2000

Počet stran: 192

ISBN 80-86237-05-2



Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy.

Tato sada učebnic je jediná, která má tvrdé desky. Text v učebnicích je napsán větším písmem než v jiných sadách. V učebnicích opět není shrnutí učiva k tématům, k celému ročníku a 2. díl učebnic neobsahuje shrnutí učiva k předchozímu ročníku. Nevýhoda učebnic je, že nejsou uvedeny prostředky a instrukce k sebehodnocení. Na konci učebnic se nenachází otázky a úkoly k celému ročníku a ve 2. díle sady nenajdeme otázky a úkoly k předchozímu ročníku. Opět chybí slovníček pojmů, explicitní vyjádření cílů, výsledky úkolů a odkazy na jiné zdroje informací.

Učebnice jsou členěny na kapitoly. Úvod a návod k práci s učebnicí se nachází v metodické příručce. Na okrajích stránek se nachází poznámky a vysvětlivky. Učebnice jsou děleny na dvě barevné lišty, jedna je pro základní učivo a druhá pro rozšiřující učivo. Pro žáky se v učebnicích nachází podněty k zamyšlení jak před celkovým učivem, tak v jeho průběhu. Za lekcemi jsou uvedeny otázky a úkoly a nechybí náměty k mimoškolní činnosti. V učebnicích jsou pěkné, velké a barevné umělecké i naukové ilustrace a fotografie. Jednotlivé části textu jsou odlišeny různými grafickými symboly, barvami i písmem. Na konci učebnic najdeme instrukce k úkolům komplexnější povahy a samozřejmě rejstřík. Dále ke každé z těchto učebnic nechybí učebnice laboratorní cvičení. [32], [33]

Chemie pro 8. ročník základní školy, Chemie pro 9. ročník základní školy

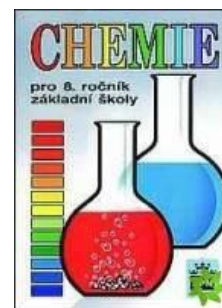
Autoři: Hana Čtrnáctová a kolektiv

Nakladatelství: SPN

Rok vydání: 1998

Počet stran: 144

ISBN 80-7235-011-0



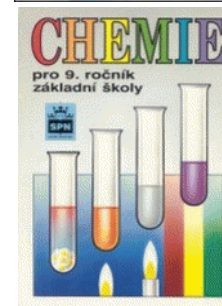
Autoři: Petr Novotný a kolektiv

Nakladatelství: SPN

Rok vydání: 1998

Počet stran: 133

ISBN 80-7235-031-5



Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy.

Učebnice jsou přehledné. Jsou v menším formátu než ostatní učebnice, které jsou zde uvedené pro základní školy. Opět v této sadě nikde nenajdeme shrnutí učiva k celému ročníku a ani k předchozímu ročníku. 2. díl neobsahuje otázky a úkoly k předchozímu ročníku. Na okrajích stránek v jednotlivých kapitolách se nenachází poznámky. Jednotlivé části textu nejsou označeny grafickými symboly a chybí náměty na mimoškolní činnosti. Na konci učebnic se nenachází slovníček pojmů, explicitní vyjádření cílů ani odkazy na jiné zdroje informací.

Na začátku 1. dílu učebnice najdeme úvod a návod k práci s ní. Učebnice jsou členěné na kapitoly. Za jednotlivými tématy se nachází shrnutí učiva. Učivo je odlišeno do dvou úrovní na základní a rozšířené. V této sadě jsou obsaženy podněty k zamyšlení jak před učivem, tak v průběhu témat. Za tématy i celým ročníkem se nachází otázky a úkoly a k nim řešení. V textu se nachází poznámky, vysvětlivky a prostředky a instrukce k sebehodnocení. Učebnice jsou barevně zpracované a nechybí zde jak umělecké, tak naukové ilustrace a fotografie. Barva i písmo se liší pro určité pasáže textu. Na konci učebnic nechybí náměty k laboratorním cvičením a rejstřík. Opět jsou k těmto učebnicím pracovní sešity. [34], [35]

**Chemie I pro 8. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií,
Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií**

Autoři: Ivo Karger, Danuše Pečová, Pavel Peč

Nakladatelství: Prodos

Rok vydání: 1999

Počet stran: 96

ISBN 80-7230-027-X

Autoři: Danuše Pečová, Ivo Karger, Pavel Peč

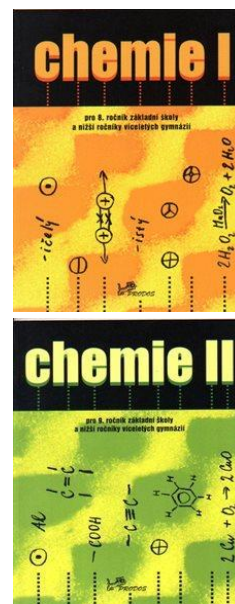
Nakladatelství: Prodos

Rok vydání: 1999

Počet stran: 72

ISBN 80-7230-036-9

Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy.



Tato sada, jako všechny ostatní, neobsahuje shrnutí učiva k celému ročníku a neobsahuje shrnutí učiva k předchozímu ročníku. V textu nenajdeme poznámky ani vysvětlivky, náměty na mimoškolní činnosti nebo prostředky a instrukce k sebehodnocení. Na konci učebnic chybí slovníček pojmů, otázky a úkoly k celému ročníku, výsledky úkolů a cvičení a odkazy na jiné zdroje informací. Ve 2. díle nejsou ani otázky a úkoly k předchozímu ročníku.

Na začátku 1. dílu učebnice je obsažen úvod i návod k práci s učebnicemi. V textu nechybí podněty k zamyšlení a učivo je odlišeno opět do dvou úrovní. Na krajích učebnic najdeme poznámky. Za tématy se nachází otázky a úkoly. Jako v každé učebnici pro základní školy, které jsou zde uvedeny, nechybí barevné umělecké i naukové ilustrace a fotografie. Jednotlivé části textu jsou vyznačeny grafickými symboly, různým písmem i barvou. Na konci učebnic jsou uvedeny instrukce k úkolům komplexnější povahy, explicitní vyjádření cílů a rejstřík. K těmto učebnicím jsou pracovní sešity. [36], [37]

**Chemie 8 - Úvod do obecné a anorganické chemie,
Chemie 9 - Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů**

Autoři: Josef Mach, Irena Plucková, Jiří Šibor

Nakladatelství: Nová škola

Rok vydání: 2013

Počet stran: 110

ISBN 978-80-7289-448-2



Autoři: Jiří Šibor, Irena Plucková, Josef Mach

Nakladatelství: Nová škola

Rok vydání: 2011

Počet stran: 132

ISBN 978-80-7289-282-2



Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy.

Sada skládající se z těchto učebnic, je nejnovější sadou, která je zde uvedena. V učebnicích nenajdeme podněty k zamyšlení a náměty na mimoškolní činnosti. Na konci není uveden slovníček pojmů, explicitní vyjádření cílů a shrnutí učiva k celému ročníku.

V učebnicích nechybí úvod a návod k práci s nimi. Učebnice jsou dobře členěny na témata a učivo je odlišeno do dvou úrovní. Na konci každého tématu se nachází shrnutí učiva a otázky. Na začátku 2. dílu se nachází shrnutí učiva z předchozího ročníku a také otázky a úkoly. Po obrazové stránce je tato sada opět v pořádku, obsahuje barevné umělecké i naukové ilustrace a fotografie. Části textu jsou vyznačeny grafickými symboly, různou barvou i písmem. V průběhu lekcí se nachází podněty k zamyšlení, prostředky a instrukce k sebehodnocení a na okrajích stránky nechybí poznámky a vysvětlivky. Na konci učebnic jsou náměty k laboratorním cvičením, otázky a úkoly k celému ročníku, jejich výsledky, odkazy na jiné zdroje informací a rejstřík. K učebnicím jsou pracovní sešity a MIUč+ (časově neomezená školní multilicence), kde jsou doplňkové materiály. [38], [39], [40], [41]

2.7 Analýza učebnic chemie pro střední školy

Chemie pro čtyřletá gymnázia: 1. díl, Chemie pro čtyřletá gymnázia: 2. díl, Chemie pro čtyřletá gymnázia: 3. díl

Autoři: Aleš Mareček, Jaroslav Honza

Nakladatelství: Olomouc

Rok vydání: 2005

Počet stran: 240

ISBN 80-7182-055-5



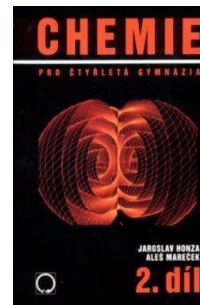
Autoři: Aleš Mareček, Jaroslav Honza

Nakladatelství: Olomouc

Rok vydání: 2005

Počet stran: 226

ISBN 80-7182-056-3



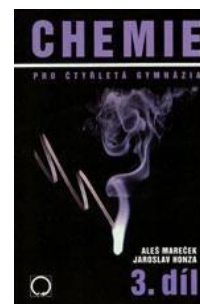
Autoři: Aleš Mareček, Jaroslav Honza

Nakladatelství: Olomouc

Rok vydání: 2005

Počet stran: 250

ISBN 80-7182-057-1



Tato sada učebnic je jednou z nejpoužívanějších učebnic na gymnáziích, ale chybí zde řada didaktických komponent. V učebnicích chybí shrnutí učiva k tématům, podněty k zamyšlení jak před učivem, tak v průběhu kapitol a náměty k mimoškolní činnosti. Učebnice jsou vedeny černobíle, proto neobsahují barevné umělecké ilustrace a fotografie. Také není použita jiná barva pro zvýraznění určité části textu. Další díly učebnic neobsahují shrnutí učiva k předchozím ročníkům ani otázky a úkoly. Na konci učebnic není obsažen slovníček pojmů, shrnutí učiva k celému ročníku, otázky a úkoly k celému ročníku, explicitní vyjádření cílů a odkazy na jiné zdroje informací.

V učebnicích je obsažen úvod, návod práce s učebnicí, poznámky a vysvětlivky. Učivo je odlišeno do úrovní. Důležité je, že jsou zde prostředky a instrukce k sebehodnocení, výsledky úkolů a cvičení. I když není učebnice vedena barevně, je užito zvláštní písmo pro určité části textu a jsou zde grafické symboly. K učebnicím se také využívá Sbírká příkladů a Chemie – názvosloví organických sloučenin. [19], [20], [21]

Chemie pro gymnázia I - obecná a anorganická, Chemie pro gymnázia II – organická a biochemie

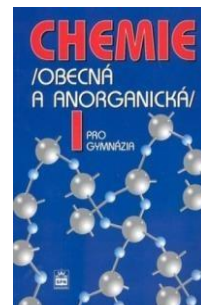
Autoři: Vratislav Flemr, Bohuslav Dušek

Nakladatelství: SPN

Rok vydání: 2001

Počet stran: 120

ISBN 80-7235-147-8



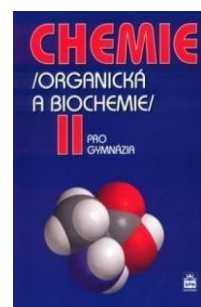
Autoři: Karel Kolář, Milan Kodíček, Jiří Pospíšil

Nakladatelství: SPN

Rok vydání: 2005

Počet stran: 128

ISBN 80-7235-283-0



Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro gymnázia.

V učebnicích nejsou obsaženy podněty k zamyšlení v průběhu kapitol, náměty na mimoškolní činnosti a na okrajích stránky se nenachází poznámky. Dále chybí shrnutí učiva jak k celému tak k předchozímu ročníku, slovníček cizích slov, otázky a úkoly k celému i předchozímu ročníku a explicitní vyjádření cílů. Nenajdeme zde ani umělecké ilustrace.

Učebnice obsahují úvod a návod k práci s učebnicí. Před začátkem učiva se nachází podněty k zamyšlení. Jsou členěny na témata a také obsahují různé úrovně učiva. V textu nechybí poznámky a vysvětlivky, prostředky a instrukce k sebehodnocení. Na konci kapitol se nachází shrnutí učiva, otázky a úkoly. Učebnice obsahují barevné naukové ilustrace a fotografie. Text je vyznačen pomocí grafických symbolů a také je užita zvláštní barva a písmo. Na konci učebnic se nachází výsledky úkolů a cvičení, odkazy na jiné zdroje informací a rejstřík. [42], [43]

Chemie pro střední školy

Autoři: Jiří Banýr, Pavel Beneš, Jan Hally, Karel Holada, Petr Novotný, Jiří Popelář

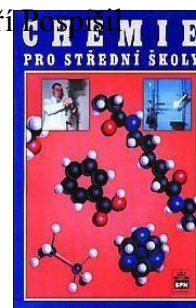
Nakladatelství: SPN

Rok vydání: 2001

Počet stran: 160

ISBN 80-85937-46-8

Schválilo MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro gymnázia.



Učebnice se skládá pouze s jedné publikace. Je využívána především na středních odborných školách, kde chemie není hlavním oborem. Kapitoly jsou oddělené pouze čarou, což není při vyhledávání v učebnici moc přehledné. Učebnice neobsahuje shrnutí učiva k celému ročníku ani k tématům. Shrnutí učiva k předchozímu ročníku není možné, jelikož se bavíme pouze o jedné publikaci. V průběhu učiva nenajdeme podněty k zamyšlení, náměty na mimoškolní činnosti a na okrajích stránky nejsou poznámky. Chybí zde umělecké ilustrace. Na konci témat i na konci ročníku se nenachází shrnutí učiva. Na konci učiva nenajdeme slovníček cizích slov, otázky a úkoly k celému ročníku, explicitní vyjádření cílů, výsledky úkolů a cvičení a odkazy na jiné zdroje informací.

V učebnici se nachází úvod a návod k práci s ní. Učivo je odlišeno do dvou úrovní. V textu se najdeme poznámky a vysvětlivky, podněty k zamyšlení před celkovým učivem a prostředky k sebehodnocení. Učebnice obsahuje kromě černé a šedé barvy i modrou, proto jsou zde barevné fotografie a naukové ilustrace. Text je vyznačen grafickými symboly, je užita zvláštní barva i písmo pro určité části textu. Na konci témat jsou otázky a úkoly, rejstřík a instrukce k úkolům komplexnější povahy. [44]

Chemie obecná a anorganická

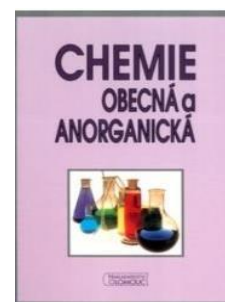
Autoři: Vratislav Šrámek, Ludvík Kosina

Nakladatelství: Fin

Rok vydání: 1996

Počet stran: 264

ISBN 80-7182-003-2



Učebnice je jednodílná a je využívána v kombinaci s učebnicí Organická chemie (autorem je Danuše Pečová). V učebnici chybí shrnutí učiva k tématům i k celému ročníku. Nenajdeme zde žádné doplňující texty, poznámky, vysvětlivky a náměty na mimoškolní činnosti. Barevné fotografie v této učebnici nenajdeme. Učebnice také neobsahuje grafické

symboly vyznačující určité části textu nebo užití zvláštní barvy pro určité části textu. Na okrajích stránky se nevyskytují poznámky. V průběhu kapitol chybí podněty k zamyšlení. Učivo není odlišeno na úrovně. Chybí otázky a úkoly k celému ročníku, instrukce k úkolům komplexnější povahy, náměty na mimoškolní činnosti, explicitní vyjádření cílů, odkazy na jiné zdroje informací.

V učebnici najdeme úvod a návod k práci s učebnicí. Učebnice je členěna na témata, obsahuje podněty k zamyšlení před celkovým učivem a také prostředky k sebehodnocení. Po grafické stránce obsahuje černobílé naukové a umělecké ilustrace a je užito zvláštní písmo pro určité části textu. Na konci témat jsou otázky a úkoly a na konci učebnice k nim nechybí výsledky. Učebnice obsahuje rejstřík. [45]

Organická chemie

Autoři: Danuše Pečová

Nakladatelství: Olomouc

Rok vydání: 2005

Počet stran: 128

ISBN 90-7182-142-X



Tato publikace je opět jednodílná. Učebnice se skládá pouze z jedné úrovně učiva. V průběhu lekcí nejsou podněty k zamyšlení a náměty k mimoškolní činnosti. Po obrazové stránce učebnice neobsahuje barevné umělecké ilustrace ani fotografie. V učebnici nejsou obsaženy grafické symboly a není užita zvláštní barva pro některé části textu. Na konci témat nenajdeme shrnutí učiva. Chybí explicitní vyjádření cílů, odkazy na jiné zdroje informací, shrnutí učiva k celému ročníku a slovníček pojmů.

V učebnici samozřejmě nechybí úvod a návod k práci s ní. Učebnice je členěna na témata, na okrajích stránky obsahuje poznámky a důležité části textu jsou vyznačeny tučným písmem. Učebnice nepostrádá podněty k zamyšlení před začátkem učiva a prostředky k sebehodnocení. Na konci jednotlivých kapitol nalezneme otázky a úkoly, k nimž nechybí na konci učebnice výsledky. Dále v učebnice nalezneme otázky a úkoly k celému ročníku, náměty na laboratorní cvičení a rejstřík. [46]

Chemie pro studijní obory SOŠ a SOU nechemického zaměření

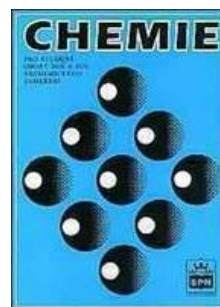
Autoři: Jaroslav Blažek, Ján Fabini

Nakladatelství: Státní pedagogické nakladatelství Praha

Rok vydání: 1996

Počet stran: 335

ISBN 80-04-26648-7



Tato sada obsahuje pouze jednu učebnici a využívá se na středních školách pro nechemické zaměření. Učebnici schází shrnutí učiva k tématům i k celému ročníku. V učebnici nenajdeme poznámky, vysvětlivky a náměty na mimoškolní činnosti. Učebnice je černobílá, proto není důležitý text vyznačen barevně. Učebnici schází grafické symboly vyznačující části textu, umělecké ilustrace a fotografie. Na konci učebnice se nenachází otázky a úkoly k celému ročníku, explicitní vyjádření cílů, výsledky úkolů a odkazy na jiné zdroje informací.

V učebnici, ale nalezneme úvod a návod k práci s ní. Učebnice je členěna na kapitoly a podkapitoly. Učivo je rozděleno na dvě úrovně. Za jednotlivými podkapitolami nechybí otázky a úkoly. Důležité části textu jsou zvýrazněny tučně. Na konci učebnice se nachází slovníček pojmů, návody k laboratorním cvičením a rejstřík. [22]

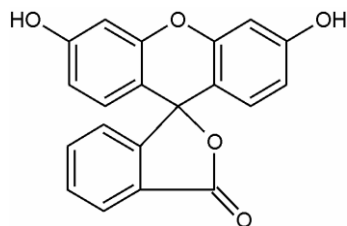
2.8 Vlastnosti některých použitých chemikálií a jejich ceny

Některé chemikálie se vyskytují skoro v každé škole, která má výuku chemie. Hodně chemikálií je, ale buď moc drahých, nebo se tolik nevyužívají, proto nemá cenu je do škol kupovat. V této kapitole jsou proto vypsány méně časté chemikálie, které byly použity nebo mohly být nahrazeny v praktické části. Ceny chemikálií jsou přibližné a jsou uvedeny bez DPH. Tyto chemikálie se mohou objednat např. u těchto firem: Ing. Petr Švec – PENTA s.r.o., P-LAB a.s., VERKON s.r.o., ALCHIMICA s.r.o. a FICHEMIA s.r.o.

Fluorescein

Fluorescein je syntetická organická červenohnědá pevná látka, která je snadno rozpustná ve vodě. Běžně se využívá ve fluorescenční mikroskopii, v barvivových laserech, detekci krve nebo sérologii. Strukturální název fluoresceinu je na Obrázku 1. Systematický název je 3,6-dihydroxyspiro[2-benzyofuran-3,9-xanthen]-1-on. Fluorescein je využit v pokusu č. 3.1.1 difúze fluoresceinu a v pokusu č. 3.1.13. výroba fluoresceinu. Fluorescein je snadno dostupná látka. Cena se pohybuje od 3 Kč po 49 Kč za gram v závislosti na nakupovaném

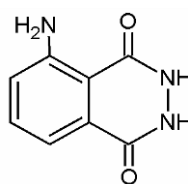
množství, kdy s narůstajícím množstvím klesá cena za gram. Podle stejného principu se chovají ceny i u většiny ostatních chemikálií.



Obrázek 1: Strukturální vzorec fluoresceinu.

Luminol

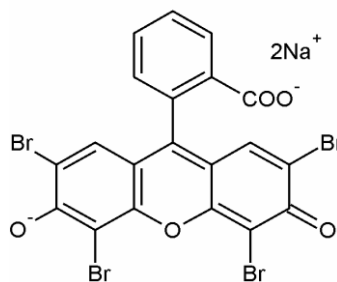
Luminol je syntetická látka, která je nerozpustná ve vodě. Roztok luminolu vykazuje modrou luminiscenci. Využívá se ve forenzních vědách, např. k detekci krevních stop [48]. Strukturální vzorec je na Obrázku 2. Systematický název je 5-amino-2,3-dihydro-1,4-ftalazindion. Z pohledu omezeného rozpočtu škol je luminol velmi drahá látka. Ceny se pohybují od 152 Kč po 516 Kč za gram. Je dobré zvážit, jestli si ho opravdu pořídit nebo si ho zkusit připravit.



Obrázek 2: Strukturální vzorec luminolu.

Eosin Y

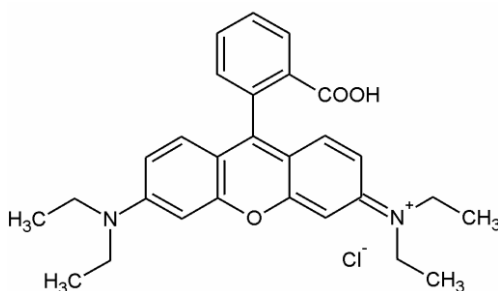
Eosin Y je forma eosinu. Je to oranžová látka a také syntetické fluorescenční červené barvivo. Používá se k barvení cytoplazmy, kolagenu a svalových vláken. Jeho systematický název je 2-(2,4,5,7-tetrabromo-6-oxido-3-oxo-3H-xanthen-9-yl)benzoát disodný a jeho strukturální vzorec je na Obrázku 3. Cena se pohybuje od 10 Kč do 29 Kč za gram.



Obrázek 3: Strukturální vzorec eosinu Y.

Rhodamin B

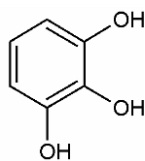
Rhodamin B je fluorescenční barvivo, používané jako barvivo pro zjištění rychlosti a směru proudu vody. Dále se využívá ve fluorescenční mikroskopii, průtokové cytometrii, fluorescenční korelační spektroskopii a ELISE (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay). Strukturální vzorec je na Obrázku 4). Systematický název je [9-(2-karboxyfenyl)-6-diethylamino-3-xanthenylidin]chlorid-diethylammonium. Cena se pohybuje od 12 Kč do 14 Kč za gram. V tomto případě s narůstajícím množstvím stoupá cena, proto je výhodnější nakoupit menší množství.



Obrázek 4: Strukturální vzorec rhodaminu B.

Pyrogallol

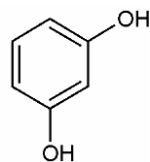
Pyrogallol je bílá krystalická látka. Využívá se ve fotografii, při barvení vlasů, barvení tkaných materiálů a při absorpci kyslíku u analýzy plynů. Je redukčním činidlem a také má antiseptické účinky. Systematický název je benzen-1,2,3-triol. Strukturální vzorec je na Obrázku 5. Cena se pohybuje od 5 Kč do 17 Kč za gram.



Obrázek 5: Strukturální vzorec pyrogallolu.

Resorcinol

Resorcinol je organická sloučenina patřící mezi benzendioly. Je to bezbarvá bílá nebo šedorůžová látka, která se na vzduchu barví do světle růžové. Systematický název je benzen-1,3-diol a na Obrázku 6 je strukturální vzorec. Cena se pohybuje od 2 Kč do 11 Kč za gram.



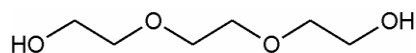
Obrázek 6: Strukturní vzorec resorcinolu.

Hydrazin

Hydrazin je anorganická bezbarvá kapalina, štiplavého zápachu, jedovatá, silně zásaditá a žíravá. Velké množství je využito jako raketové palivo. Dále se využívá jako redukční činidlo. Jeho cena je 209 Kč za 1l.

Triethylenglykol

Je chemická sloučenina patřící do skupiny glykolů. Systematický název je 2,2-(ethylenedioxy)diethanol a strukturní vzorec je na Obrázku 7. Cena se pohybuje od 334 Kč do 615 Kč za 1l.



Obrázek 7: Strukturní vzorec triethylenglykolu.

3. Praktická část

Přístrojové vybavení a pomůcky

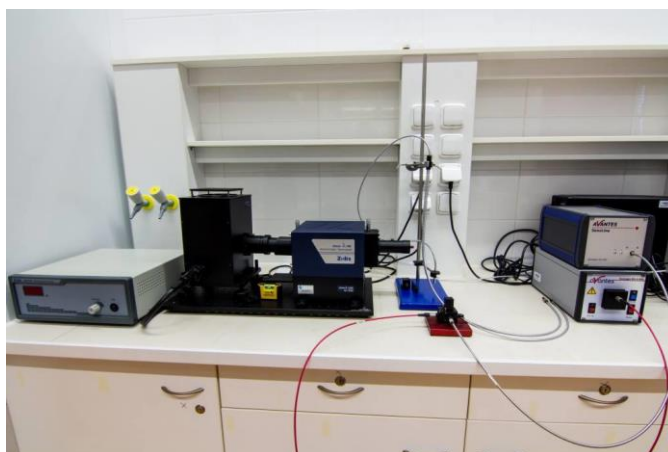
UV lampa (Money detector, 230V, 50Hz), fotoaparát (Canon powershot G12), fluorescenční spektrometr AvaSpec (Avantes, Nizozemí, viz Obrázek 8), 50 ml kádinky, fluorescenční kyveta (Helma Analytics, Německo), 100 ml kádinka, 200 ml kádinka, 250 ml Erlenmeyerova baňka, elektrický vařič, demonstrační válec, nálevka, stojan, třecí miska s tloučkem, chladič, alonž, hodinové sklíčko, kahan, váhy, držák, svorky, sirky, kapátko se 1 ml stupnicí, zkumavka, odsávací zkumavka, pryžová zátka, teploměr, síťka, varné kamínky, hadice, skleněná tyčinka, lžička, nůžky, nůž, filtrační kruh, pipeta, pipetovací balólek, odměrný válec, vialky, červený laser, filtrační papír, svítící tyčinky (ružová, modrá, žlutá a zelená), bílý papír, myška pro kočky na hraní, barevné složky (červená, azurová, žlutá), kalcit.

Chemikálie

Hydroxid sodný (čistý), ethanol (96%), Acylpyrin (tableta), síran sodný (čistý), síran draselný (čistý), pyrogallol (p.a), uhličitan draselný (p.a), formaldehyd (36-38%), peroxid vodíku (30%), resorcinol (98%), koncentrovaná kyselina sírová (96%), kyselina octová (98%), kyselina šťavelová (čistá), hexakynoželezitan draselný (p.a), 2,2-bipyridyl (p.a), 2,4-dinitrofenyl (p.a), 2-naftol-3,6-disulfonan dvojsodný (čistý), alizarin (čistý), argenton (p.a), methylová červeň (p.a), fuchsin, nitron (p.a), o-fenantrolin (čistý), murexid, ftalanhydrid, rhodisonan sodný, tryptaflavin, bismarckova hněd' (pro mikroskopii), Metol (čistý), sundan II (pro mikroskopii). U následujících použitých chemikálií čistota uvedena nebyla: kyselina 3-nitroftalová, anhydrid kyseliny ftalové, antrachinon, azokarmin, nonahydrát dusičnanu železitého, indigo, indigokarmin, kyselina salicylová, karbolfuchsin, hydrazin, triethylenglykol, dithioničitan sodný, kyselina chromotropová, m-nitrofenol, resazurin, fluorescein, 1-(2-pyridylazo)-2-naftol, 4-(2-pyridyl-azo)-resorcin, alizarinová žluť, bazická červeň, bromkresolový purpur, eriochromová čerň T, fenolftalein, methanilová žluť, methylenová oranž, bromfenolová červeň, bromfenolová modř, bromthymolová modř, methylová modř, thymolftalein, tiron, titanová žluť, methylová violet', pyrokatechinová violet', xylenolová oranž, bromkresolová zeleň, dimethylová žluť, bromkresolová modř, malachitová zeleň, thymolová modř, o-kresolová červeň.

Limonáda Tonik, rostlinný olej, energetický nápoj, ethanolický roztok extraktu černého čaje, vodný roztok extraktu černého čaje, vodný roztok medu, ethanolický roztok

medu, ethanolický roztok extraktu pražené zrnkové kávy, vodný roztok extraktu pražené zrnkové kávy, ethanolický roztok extraktu kari, vodný roztok extraktu kari, ethanolický roztok extraktu špenátu (mraženého), vodný roztok extraktu špenátu (mraženého), ethanolický roztok extraktu pomerančové kůry, vodný roztok extraktu pomerančové kůry, pomerančová kůra (čerstvá), ethanolický roztok extraktu banánu v čokoládě, vodný roztok extraktu banánu v čokoládě, banán v čokoládě, ethanolický roztok extraktu větvičky vrby, vodný roztok extraktu větvičky vrby, ethanolický roztok větvičky extraktu jírovce maďalu, vodný roztok extraktu jírovce maďalu, ethanolický roztok extraktu trávy, vodný roztok extraktu trávy, vaječný bílek, sůl, mléko, cukr, mořský písek, ethanolický roztok extraktu pracího prášku, vodný roztok extraktu pracího prášku, prací prášek.



Obrázek 8 : Fluorescenční spektrometr AvaSpec na katedře anorganické chemie PřF UP. Převzato z [48].

3.1 Pokusy vybrané pro výuku na základních a středních školách

Pokusů s interakcí hmoty s elektromagnetickým zářením je opravdu hodně. Zde jsou uvedeny jen některé. Dalšími pokusy mohou být např. propustnost plastů pomocí termovizní kamery, emise a absorpce tepelného záření, sledování průchodu záření různými materiály, závislost pohltivosti na barvě tělesa a další. Fotografie, které jsou níže, někdy mohou zkreslovat barvu luminiscence. Látky, které se měřily pomocí spektrometru, neměly přesnou koncentraci, proto se jednotlivá fluorescenční spektra mohou lišit. Zkoumalo se, zda látky vykazují luminiscenci, ale na intenzitě nezáleželo. Následující experimenty jsou popsány tak, aby mohly být předloženy žákům ve výuce chemie a dalších přírodovědných předmětů.

3.1.1 Difúze fluoresceinu ve vodě

Teoretický úvod:

Difúze je pronikání částic jedné látky do látky druhé bez přispění vnějších sil. Všechny látky mají tendenci přecházet z prostředí s vyšší koncentrací do prostředí s nižší koncentrací. Přírozenou vlastností látek je snaha o postupné vyrovnání své koncentrace v celém objemu přístupného prostoru. [16]

Časová náročnost:

5 minut

Chemikálie:

fluorescein, hydroxid sodný

Pomůcky:

50 ml kádinka, UV lampa

Postup:

Do kádinky nalijeme destilovanou vodu, ve které rozpustíme dvě pecky hydroxidu sodného a dobře promícháme. Kádinku umístíme pod UV zářivku, zatemníme a na hladinu opatrně vsypeme malé množství fluoresceinu.

Pozorování a princip:

Nасыпáním špetky fluoresceinu na hladinu alkalického roztoku sledujeme pod UV lampou pomalé rozpouštění a difuzi do celého objemu kádinky. Roztok vykazuje výrazně zelenou luminiscenci. Pokud pokus provedeme na začátku hodiny, můžeme na jejím konci žákům ukázat, že se fluorescein rozprostřel rovnoměrně v celém objemu kádinky. Pokud kádinku nevystavíme UV světlu, roztok bude zářit žlutozeleně, viz Obrázek 9. [49]



Obrázek 9: Difuze fluoresceinu ve vodě se dvěma peckami hydroxidu sodného.

Podobný pokus:

Pokus se dá provést ve dvou kádinkách. V jedné bude studená a ve druhé teplá voda. Sledujeme rychlost difúze za rozdílných teplot. Můžete vyzkoušet i jiné fluorescenční barviva např.: trypaflavin. Ten nám dává opět zelenou luminiscenci.

Zařazení experimentu do výuky:

Tento pokus se dá využít hlavně ve fyzice. Je netradiční formou prezentace difúze. V učebnicích chemie na základních a středních školách se pojem difúze vůbec nevyskytuje. V učebnicích fyziky se s difúzí setkáme již v sedmém ročníku, kde se probírá téma vlastnosti kapalných látek. Setkáváme se s ní i v učebnicích fyziky na středních školách. Je vhodné pokus provést jako demonstrační pokus při výkladu difúze, ale můžeme ho také zařadit při probírání luminiscence, jelikož je fluorescein luminiscenční barvivo. Pokus je krásně viditelný. Nevýhoda tohoto pokusu je, že fluorescein nebo i trypaflavin jsou dražší chemikálie. Výhodou je, že nám stačí UV lampa a nepotřebujeme u tohoto pokusu úplnou tmu.

3.1.2 Tajné písmo I. a II.

Teoretický úvod:

Tajné inkousty se používaly odedávna k zaznamenávání důležitých zpráv. Nejvýznamnější text dokumentu byl mezi řádky nebo na okrajích papíru, který nikdo bez speciálního postupu nepřečetl. Je spousta pokusů jak si vytvořit tajné písmo a pak ho zviditelnit. Některé mohou být zviditelněné pomocí zahřátí nebo třeba potřením různých roztoků, jiné pomocí UV lampy. V této práci si ukážeme pouze pomocí UV lampy.

I. Časová náročnost:

5 minut

Chemikálie:

kyselina salicylová, ethanol

Pomůcky:

100 ml kádinka, skleněná tyčinka (štětec nebo vatová tyčinka), lžička, filtrační papír, UV lampa

Postup:

V kádince s 50 ml ethanolu rozpustíme několik lžiček (použito 6) kyseliny salicylové. Čím bude roztok koncentrovanější, tím to bude lepší. Vezmeme filtrační papír a na něho skleněnou tyčinkou (štětcem nebo vatovou tyčinkou) nakreslíme nebo napíšeme vzkaz. Necháme uschnout a poté dáme pod UV lampu.

II. Časová náročnost:

10 minut

Chemikálie:

hydroxid sodný, tabletky Acylpyrinu

Pomůcky:

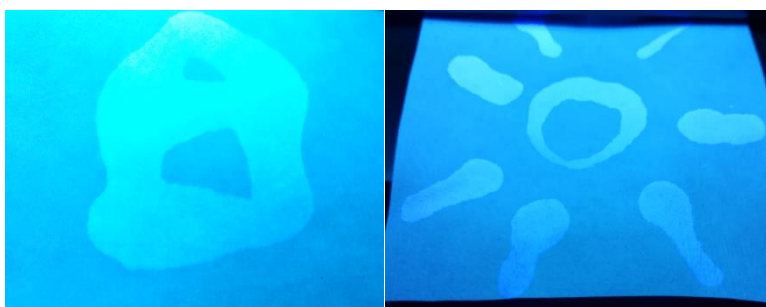
50 ml kádinka, skleněná tyčinka (štětec nebo vatová tyčinka), lžička, filtrační papír, UV lampa

Postup:

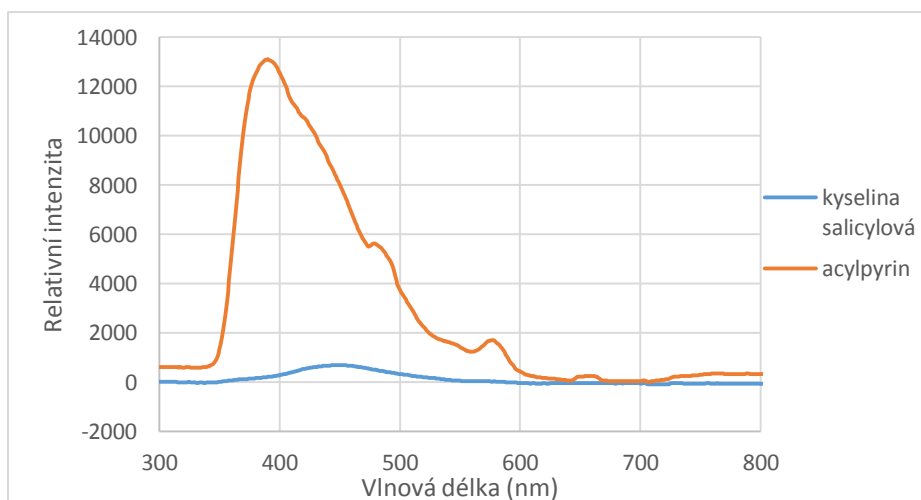
V malé kádince s 10 ml vody rozpustíme pecku hydroxidu sodného a tabletu Acylpyrinu. 1 minutu povaříme. Skleněnou tyčinkou (štetcem nebo vatovou tyčinkou) napíšeme na filtrační papír vzkaz. Necháme opět uschnout a dáme pod UV lampu. [50]

Pozorování a princip:

Použili jsme filtrační papír, protože kancelářský papír pod UV lampou svítí a písmo by nebylo čitelné. Acylpyrin obsahuje kyselinu acetylsalicylovou (derivát kyseliny salicylové). Obě látky nám pod UV lampou, na filtračním papíře, fluoreskují modře (viz Obrázek 10). Podíváme-li se na fluorescenční spektrum roztoku kyseliny salicylové (viz Graf 1), vidíme, že se maximum nachází v modré oblasti viditelného spektra, což odpovídá barvě, kterou jsme schopni vidět pod UV lampou. Roztok Acylpyrinu vykazuje fluorescenci spíše ve fialové části viditelného spektra. Je to způsobeno rozdílným prostředím látek.



Obrázek 10: Zleva: ethanolický roztok kyseliny salicylové na filtračním papíře pod UV lampou, bazický vodný roztok Acylpyrinu na filtračním papíře pod UV lampou.



Graf 1: Fluorescenční spektrum ethanolického roztoku kyseliny salicylové a fluorescenční spektrum bazického vodného roztoku Acylpyrinu.

Zařazení experimentu do výuky:

Pokusy mohou být využity ve více ročnících jak ve fyzice, tak v chemii. V učivu chemie se mohou zařadit při vysvětlování karboxylových kyselin a jejich esterů, nebo při probírání léčivých látek. Ve fyzice je možností více. Při probírání luminiscence se může tento pokus využít jako demonstrační. Jelikož pracujeme s UV lampou, což je ultrafialové světlo, můžeme pokus využít při probírání elektromagnetického záření.

3.1.3 Barevná duha vytvořená ze svítících tyčinek

Teoretický úvod:

Když se řekne duha, představíme si duhu na obloze, která obsahuje červenou, oranžovou, žlutou, zelenou, modrou a fialovou barvu. Takovou duhu si můžeme „připravit“ pomocí roztoků z náplně ze svítících tyčinek. Svítící tyčinky neboli glowstick (lighstick) se uplatňují jako signální osvětlení a v zábavním průmyslu. Jsou založené na chemiluminiscenční reakci.

Časová náročnost:

15 minut

Chemikálie:

ethanol

Pomůcky:

8x svítící tyčinka (2x modrá, 2x žlutá, 2x zelená a 2x růžová), 6x 50 ml kádinka, nůžky, UV lampa, rukavice a ochranné brýle.

Postup:

Do čtyř kádinek nalijeme ethanol (alespoň 20 ml). Tyčinky rozlomíme tak aby začaly svítit. Nad první kádinkou nůžkami rozstříháme, tak aby roztok nevystříkl všude kolem, dvě žluté svítící tyčinky. Tyčinkami zamícháme (zatřepeme) tak aby většina roztoku z tyčinek byla v kádince. Vznikne tak žlutý roztok. To samé uděláme s ostatními třemi kádinkami a barevnými tyčinkami. U modré barvy bude roztok průhledný. Do prázdné kádinky

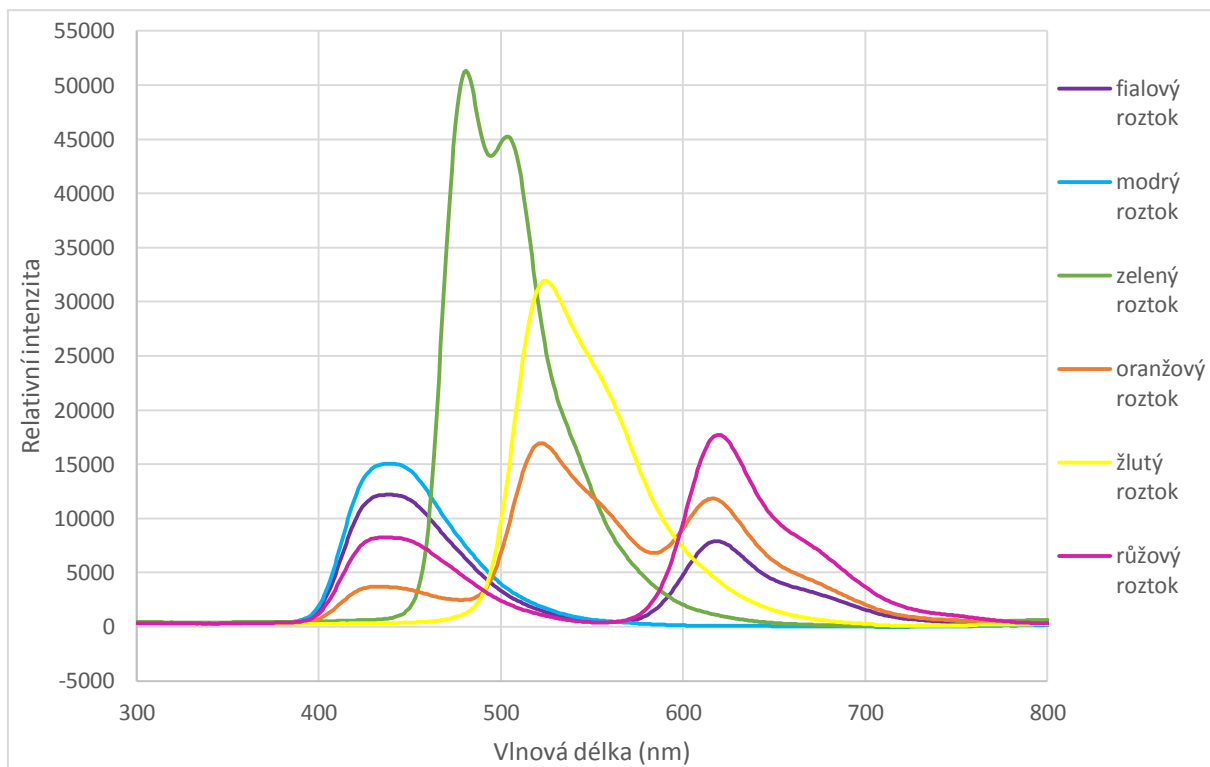
smícháme trochu modrého a růžového roztoku. Do poslední prázdné kádinky smícháme růžový a žlutý roztok.

Pozorování a princip:

Smícháním modrého a růžového roztoku vznikne světlejší růžovější roztok a smícháním růžového a žlutého roztoku vznikne oranžový roztok. Roztoky seřadíme: zelený, žlutý, oranžový, růžový, světle růžový a průhledný. Takto je přesuneme pod UV lampu a pozorujeme luminiscenci. Vzniká nám krásná duha. Pozorujeme zelenou, žlutou, oranžovou, růžovou, fialovou a modrou luminiscenci (viz Obrázek 11). Podíváme-li se na Graf 2, vidíme, že fluorescenční spektrum modrého, zeleného a žlutého roztoku odpovídá modré, zelené a žluté oblasti viditelného spektra. Ostatní roztoky se skládají z více maxim. Růžový a fialový roztok vidíme v modré a červené oblasti viditelného spektra, která odpovídají míchání barev červené s modrou. Oranžový roztok v modré, žluté a červené oblasti viditelného spektra. Toto spektrum odpovídá míchání barev růžové se žlutou.



Obrázek 11: Barevné ethanolické roztoky vytvořené z náplní svítících tyčinek na denním světle a barevné ethanolické roztoky vytvořené z náplní svítících tyčinek pod UV lampou.



Graf 2: Fluorescenční spektra barevných ethanolicých roztoků vytvořené z náplní svítících tyčinek.

Podobný pokus:

Tyto roztoky můžeme připravit různými způsoby. Pokud je ve škole dostatek chemikálií, můžeme duhu vytvořit pomocí fluorescenčních barviv např.: fluorescein (žlutozelená), luminol (modrá), hymecromon (modrá), purpurogallin (oranžová), auramin O (žlutá), eosin Y (oranžová), rhodamin B (sytě růžová až růžovočervená) a další. Pokud nemáme fluorescein nebo luminol, můžeme si ho vyrobit (viz. níže). Pokud nejsou k dispozici žádné chemikálie, mohou se použít barevné zvýrazňovače, které tyto barviva obsahují. Nejlevnější varianta je využití svítících tyčinek, které si žáci mohou i sami donést. Učitel může připravit základní roztoky a žáci si vyzkouší míchat barvy. Je potřeba, aby měli ochranné rukavice a plášť.

Zařazení experimentu do výuky:

Tento experiment může být zařazen do chemie při probírání chemických reakcí nebo při probírání organických látek. Dále může být zařazen do fyziky při probírání světelných jevů nebo se může provést v přírodovědném kroužku.

3.1.4 Luminiscence při krystalizaci

Teoretický úvod:

Krystalizace slouží k oddělování pevné složky (rozpuštěné látky) z roztoku. Vznikají při ní krystaly této látky. Krystalizace je důležitým postupem pro mnoho technologických odvětví. Pěstování monokrystalů se využívá v polovodičové technice a optice, polykrystalické struktury jsou využívány při výrobě kovových součástí. [23]

Časová náročnost:

asi 1,5 hodiny

Chemikálie:

síran sodný (Na_2SO_4), síran draselný (K_2SO_4)

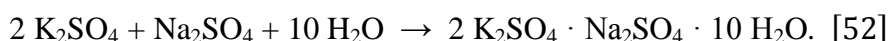
Pomůcky:

200 ml kádinka, skleněná tyčinka, elektrický vaříč

Postup:

Do kádinky nalijeme asi 60 ml destilované vody a dáme vařit na vaříč. Navážíme si 20 g síranu draselného a 8,2 g síranu sodného. Nasypeme do kádinky a za stálého míchání se snažíme látku rozpustit. Potřebujeme nasycený roztok, proto přiléváme malá množství destilované vody tak, aby se všechna látka právě rozpustila. Rozpouštění může trvat déle než 20 minut. Jakmile se na povrchu vařícího roztoku začnou vylučovat krystaly, zahřívání ukončíme a kádinku postavíme do zatemnělé místnosti, kde ji necháme chladnout. [51]

Rovnice:



Pozorování a princip:

Při chladnutí se vylučují krystaly podvojného síranu draselno-sodného, při čemž lze pozorovat jednotlivé záblesky. Při provádění tohoto experimentu se krystaly vyloučily, ale záblesky nebyly pozorovatelné. Příčinou nebyla dostatečná tma.

Zařazení experimentu do výuky:

Experiment se týká jak krystalizace, tak luminiscence. Pokus se může zařadit do chemie pro osmý ročník, kdy se probírá učivo vlastnosti látek, směsi a jejich oddělování. Na tento pokus jsou potřeba dvě vyučovací hodiny. Pokud bychom chtěli pozorovat i záblesky, potřebovali bychom více času a také tmu. Opět se tento pokus může demonstrovat ve fyzice při probírání luminiscence.

3.1.5 Chemiluminiscence směsi formaldehydu a pyrogallolu

Teoretický úvod:

Formaldehyd je nejjednodušší aldehyd. Má široké využití, např. ve výrobě polymerů, hnojiv, papíru, překližek, izolací. Formaldehyd je toxický, žíravý a nebezpečný pro lidské zdraví. Pyrogallol je bílý krystalický prášek, který je silným redukčním činidlem. Je využívám ve fotografii jako vývojové činidlo, při barvení vlasů nebo tkaných materiálů.

Časová náročnost:

10 min

Chemikálie:

pyrogallol, uhličitan draselný (K_2CO_3), 35-40% roztok formaldehydu, 30% peroxid vodíku (H_2O_2)

Pomůcky:

3x 50 ml kádinka, 2x skleněná tyčinka, demonstrační válec, pipeta, pipetovací balonek, odměrný válec

Postup:

Do dvou 50 ml kádinek nalijeme 10 ml destilované vody. V první kádince rozpustíme 2 g pyrogallolu a ve druhé kádince 5 g uhličitanu draselného. Skleněnými tyčinkami mícháme do rozpuštění látek. Poté oba roztoky přelijeme do demonstračního válce a přidáme 10 ml roztoku formaldehydu. Směs asi 5 minut mícháme. Demonstrační válec umístíme do digestoře. Pipetou odebereme z láhve 15 ml 30% peroxidu vodíku a nalijeme do prázdné kádinky. Místnost zatemníme a opatrně přilejeme do demonstračního válce 30% peroxid vodíku. Pozorujeme reakci. [49]

Pozorování a princip:

Smísením pyrogallolu s formaldehydem v alkalickém vodném prostředí vzniká kondenzační produkt a barva se změní ze světle žlutooranžové na tmavě oranžovou až červenou. Po přidavku peroxidu vodíku dochází k řadě reakcí. Produktem je především kyslík v singletovém stavu, který přechází z excitované formy v základní, tripletový stav za současného uvolnění energie ve formě elektromagnetického záření spadajícího do viditelné oblasti spektra. Pozorujeme červenou luminiscenci. Na tento pokus je potřeba tma.

Při realizaci experimentu proběhla exotermická reakce, během níž směs vzkypěla a vypěnila, ale luminiscence pozorována nebyla.

Zařazení experimentu do výuky:

Pokus není moc vhodný při demonstraci chemiluminiscence, protože je dost nepředvídatelný. Při tomto pokusu probíhá chemická reakce, což je děj, při kterém dochází ke změnám látek. Chemické reakce jsou v učebnicích pro osmý ročník základních škol a také v učebnicích pro střední školy. V osmé třídě ještě žáci neznají pojem luminiscence, proto by zde byla tím nejdůležitější chemická reakce. Pokus by se měl vysvětlit jednodušším způsobem než na střední škole.

3.1.6 Fotoluminiscence nápojů a potravin

Teoretický úvod:

Luminiscenci mohou vykazovat i potraviny nebo nápoje, se kterými se setkáváme. Mezi nápoje nebo potraviny patří, kromě těch co jsou v tomto experimentu, např.: mléko a hermelín. Je vhodné vyzkoušet i jiné potraviny nebo nápoje, aby žáci sami viděli, které vykazují luminiscenci a které ne.

Časová náročnost:

záleží na nápoji či potravine 1-5 minut

Chemikálie:

ethanol, limonáda Tonik, rostlinný olej (řepkový), energetický nápoj, černý čaj, med, káva, kari, špenát, pomeranč, banán v čokoládě, mořský písek

Pomůcky:

50 ml kádinky, stojan, filtrační kruh, nálevka, filtrační papír, nůžky, nůž, třecí misky, tlouček, skleněná tyčinka, UV lampa, hodinové sklíčko

Postup:

- a) Tonik, rostlinný olej a energetický nápoj nalijeme do kádinek a pozorujeme pod UV lampou. [46]
- b) Sáček s černým čajem rozstříháme a vsypeme směs do kádinky s ethanolem. Zamícháme skleněnou tyčinkou, přefiltrujeme a dáme pod UV lampu. [52]
- c) Kávu a kari vsypeme do kádinek a přidáme ethanol. Přefiltrujeme a pozorujeme pod UV lampou. [54]
- d) Kousek mraženého špenátu (nebo listy špenátu) dáme do třecí misky. Přidáme špetku mořského písku a přilijeme trochu ethanolu. Tloučkem rozetřeme a přidáme další ethanol. Zfiltrujeme a dáme pod UV lampu. [50]
- e) Nožem oloupeme část pomeranče a nakrájíme na menší kousky. Část dáme do třecí misky a přidáme trochu ethanolu (může se použít i aceton, chloroform nebo toluen). Tloučkem rozetřeme a zfiltrujeme. Druhou část rozetřeme po filtračním papíře a oboje dáme pod UV lampu.

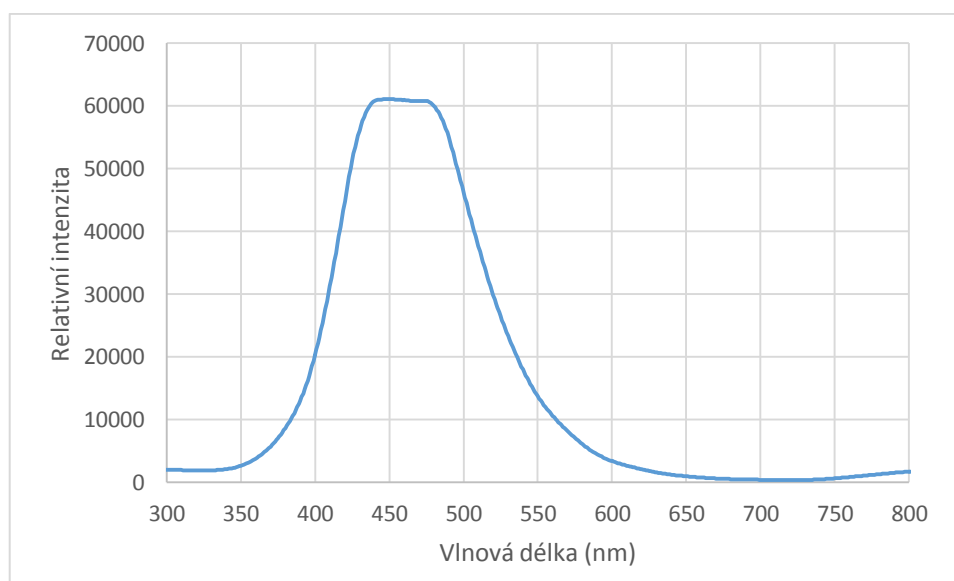
- f) Banán v čokoládě podél nožem rozřízneme a položíme na hodinové sklíčko žlutou částí nahoru. Dáme pod UV lampu. Med dáme na hodinové sklíčko a vložíme pod UV lampu. [54]

Pozorování a princip:

- a) Limonáda Tonik obsahuje chinin, který pod UV lampou září modře jak vidíme na Obrázku 12. Chinin dodává nápojům hořkou chuť. V Grafu 3 vidíme, že limonáda Tonik intenzivně fluoreskuje v modré části viditelného spektra, což odpovídá modré barvě pod UV lampou. Rostlinný olej září modrozeleně (viz Obrázek 13), což odpovídá fluorescenci v modrozelené části viditelného spektra (viz Graf 4). Energetický nápoj obsahuje vitamín B2, proto vykazuje zelenou luminiscenci, kterou vidíme na Obrázku 14. Fluorescenční spektrum (viz Graf 5) odpovídá zelené části viditelného spektra. [53]



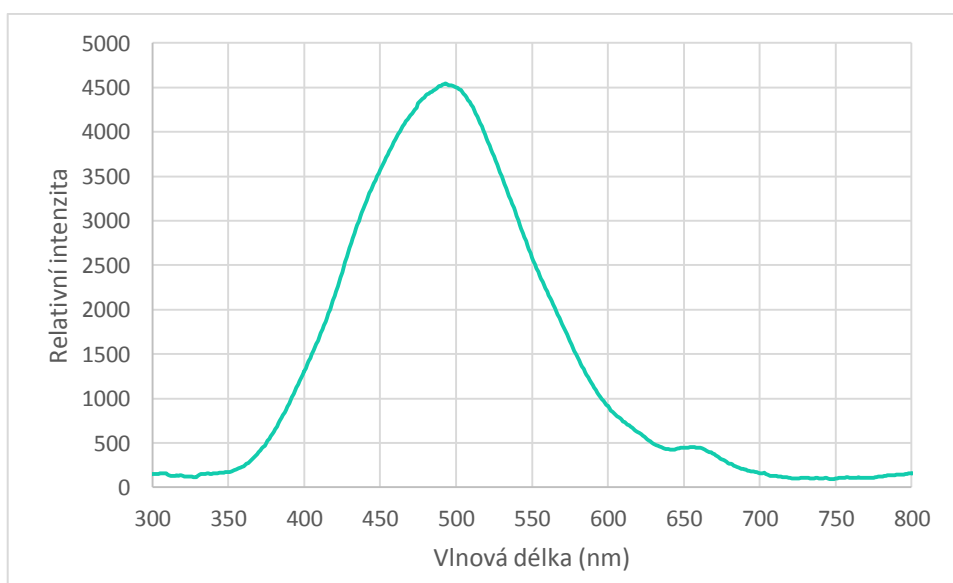
Obrázek 12: Luminiscence Toniku vybuzená UV lampou.



Graf 3: Fluorescenční spektrum limonády Tonik.



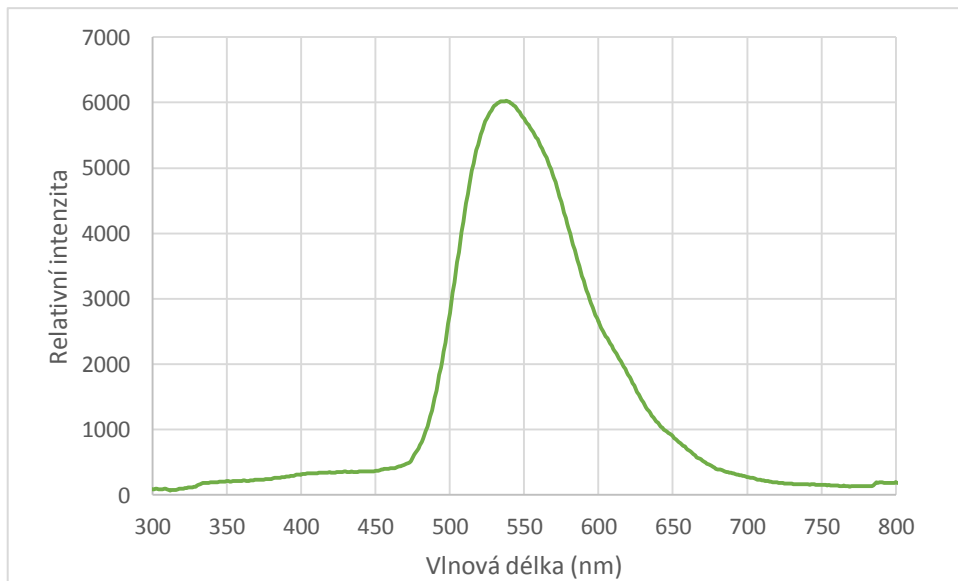
Obrázek 13: Luminiscence rostlinného oleje vybuzená UV lampou.



Graf 4: Fluorescenční spektrum rostlinného oleje.

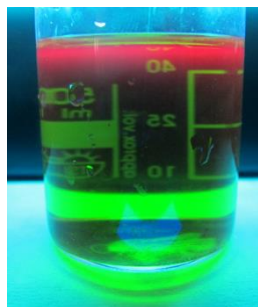


Obrázek 14: Luminiscence energetického nápoje (Basic energy drinku) vybuzená UV lampou.

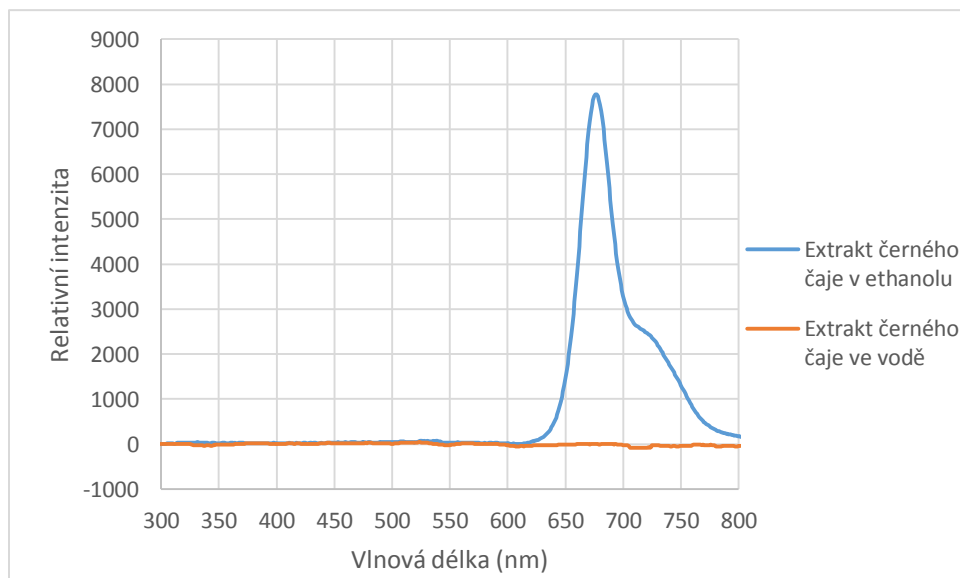


Graf 5: Fluorescenční spektrum energetického nápoje.

- b) Černý čaj obsahuje kvercetin. Pozorujeme červenou luminiscenci, která je vidět na Obrázku 15. Extrakt z černého čaje v ethanolu fluoreskuje v červené části viditelného spektra, ale extrakt z černého čaje ve vodě nevykazuje fluorescenci (viz Graf 6). [52]



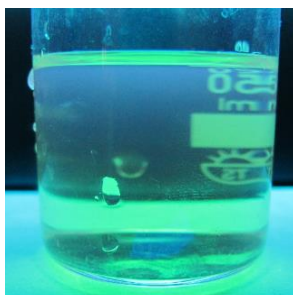
Obrázek 15: Luminiscence ethanolického extraktu z černého čaje vybuzená UV lampou.



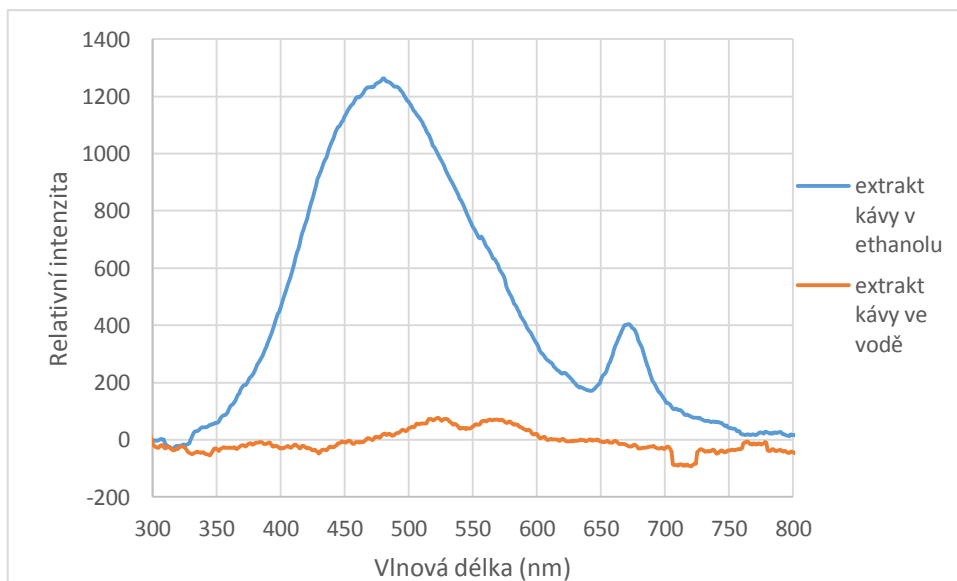
Graf 6: Fluorescenční spektrum ethanolickeho extraktu z černého čaje a fluorescenční spektrum vodného extraktu z černého čaje.

c) Extrakt kávy v ethanolu fluoreskuje světle zelenomodře (viz Obrázek 16), ve vodě nefluoreskuje. V Grafu 7 vidíme, že se extrakt kávy v ethanolu vyskytuje v modrozelené viditelné oblasti viditelného spektra a extrakt kávy ve vodě nefluoreskuje vůbec.

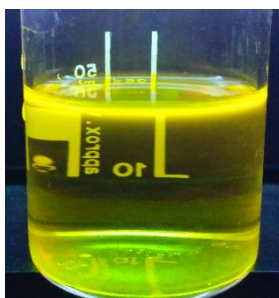
Kari obsahuje kurkumin, který fluoreskuje žlutě. Extrakt kari v ethanolu vidíme pod UV lampou jako žlutou luminiscenci (viz Obrázek 17), ale extrakt kari ve vodě byla pozorována světle zelená luminiscence. Z Grafu 8 vyčteme, že fluorescenční spektrum extraktu kari v ethanolu vykazuje fluorescenci ve žluté oblasti viditelného spektra, které odpovídá pozorování pod UV lampou. Extrakt kari ve vodě vykazuje slabou fluorescenci v modré části spektra. [54]



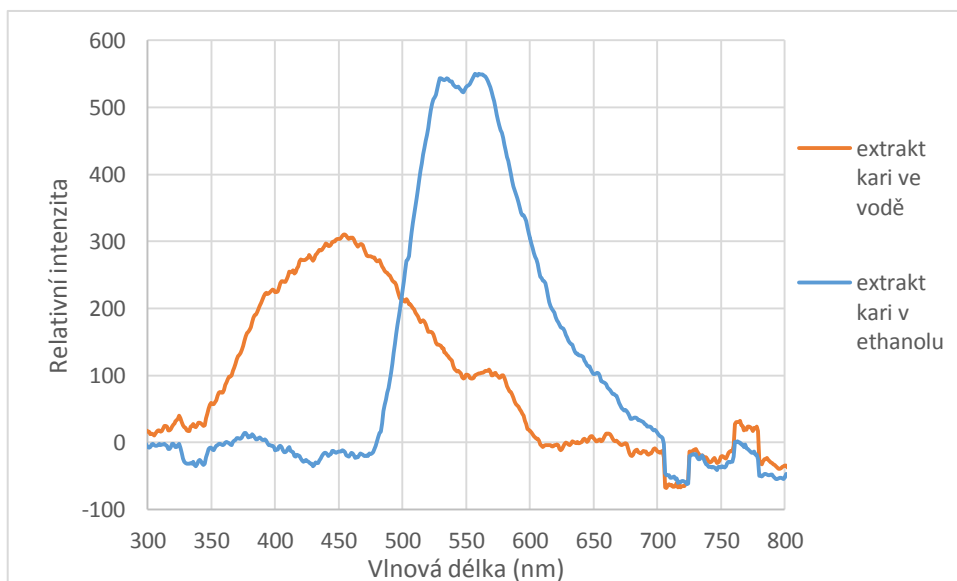
Obrázek 16: Luminiscence ethanolickeho extraktu pražené zrnkové kávy vybuzená UV lampou.



Graf 7: Fluorescenční spektrum ethanolického extraktu pražené zrnkové kávy a fluorescenční spektrum vodného extraktu pražené zrnkové kávy.



Obrázek 17: Luminiscence ethanolického extraktu z kari vybuzená UV lampou.

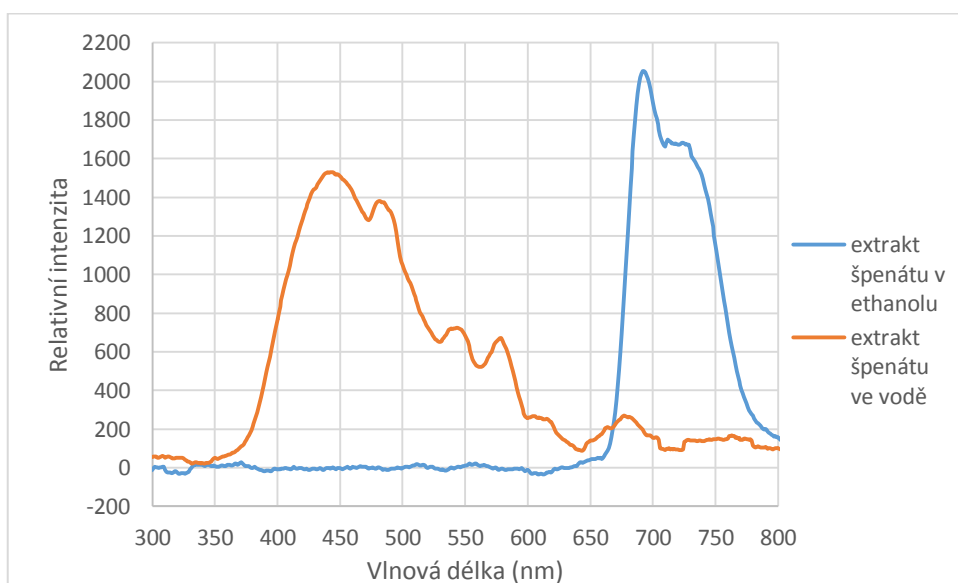


Graf 8: Fluorescenční spektrum ethanolického extraktu z kari a fluorescenční spektrum vodného extraktu z kari.

- d) Špenát obsahuje chlorofyl, který pod UV lampou září červeně (viz Obrázek 18). Naměřené fluorescenční spektrum nám říká, že extrakt špenátu v ethanolu odpovídá obrázku 20, tzn., že spektrum je viditelné v červené oblasti viditelného spektra. Fluorescenční spektrum extraktu špenátu ve vodě vypovídá o tom, že se nachází v modré oblasti viditelného spektra (viz Graf 9). [49]

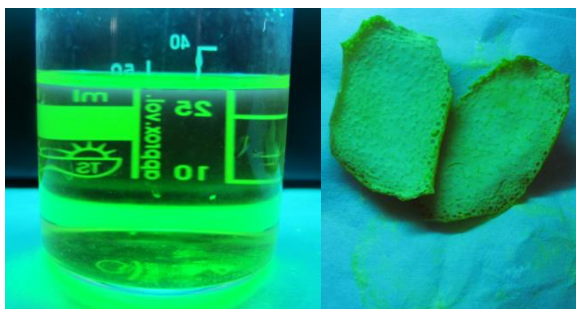


Obrázek 18: Luminiscence ethanolického extraktu špenátu vybuzená UV lampou.

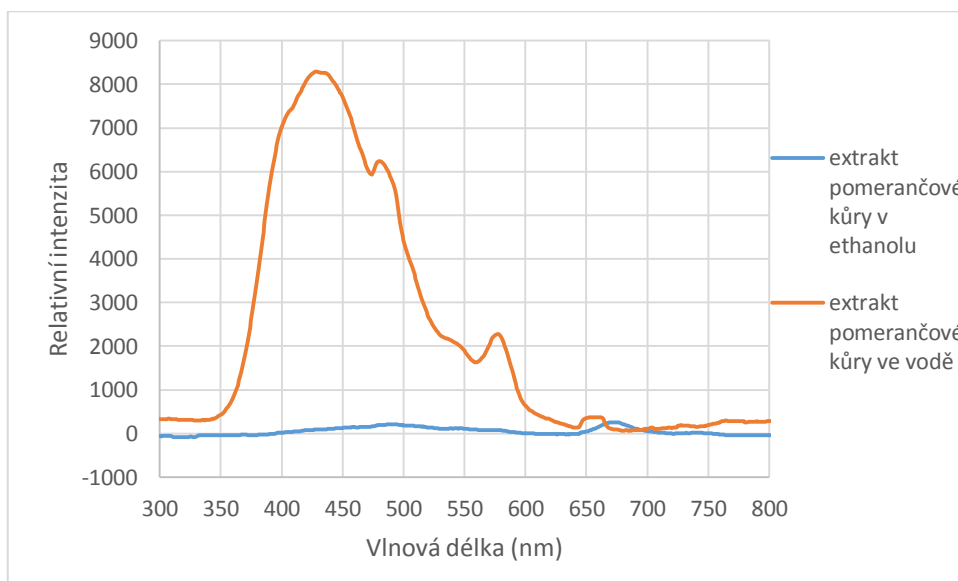


Graf 9: Fluorescenční spektrum ethanolického extraktu špenátu a fluorescenční spektrum vodního extraktu špenátu.

- e) Pomerančová kůra obsahuje flavonoidy rutin a kvercetin. Roztok pod UV lampou svítí žlutozeleně, který vidíme na Obrázku 19). Z Grafu 10 vyčteme, že extrakt pomerančové kůry ve vodě najdeme v modré oblasti viditelného spektra. Je to špatně pozorovatelné z důvodu malého rozdílu modré fluorescence oproti modré záře UV lampy. Extrakt pomerančové kůry v ethanolu se nachází v červené a zelené oblasti viditelného spektra. [55]



Obrázek 19: Luminiscence ethanolického extraktu pomerančové kůry vybuzená UV lampou a luminiscence pomerančové kůry na filtračním papíře pod UV lampou.



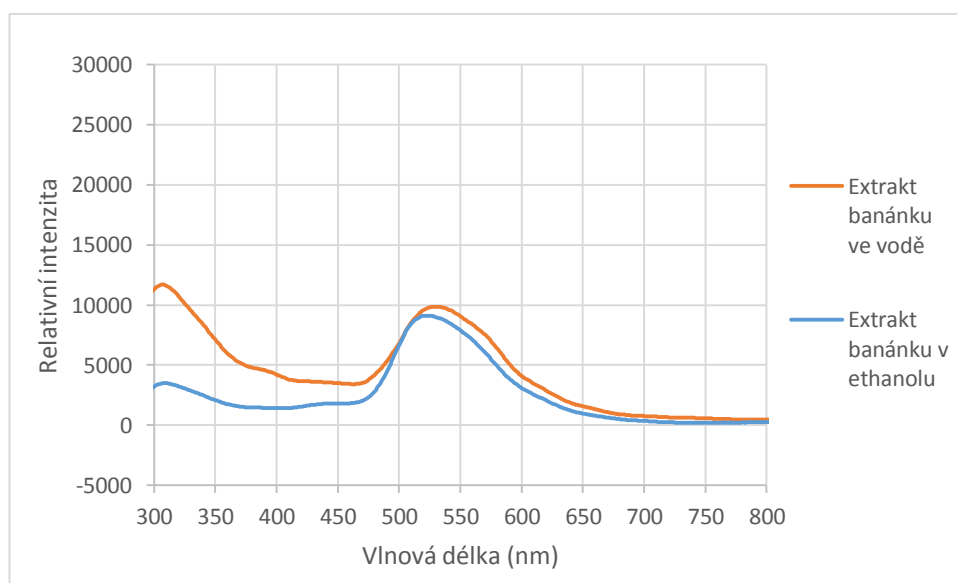
Graf 10: Fluorescenční spektrum ethanolického extraktu pomerančové kůry a fluorescenční spektrum vodného extraktu pomerančové kůry.

f) Banán v čokoládě obsahuje riboflavin, který fluoreskuje zeleně. Fluorescenční spektrum (viz Graf 11) nám říká, že banán v čokoládě v ethanolu i vodě má maximum v zelené oblasti viditelného spektra, což odpovídá Obrázku 20.

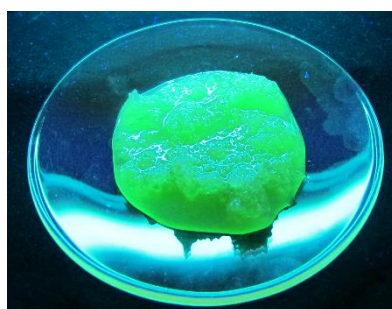
Med fluoreskuje zeleně, protože obsahuje flavonoidy. Fluorescenční spektrum extraktu medu (viz Graf 12) se nachází v modré až fialové oblasti viditelného světla, což neodpovídá Obrázku 21, ale zde je med v tuhé podobě. Pokud med rozpustíme ve vodě, fluorescence pod UV lampou není moc pozorována. [45]



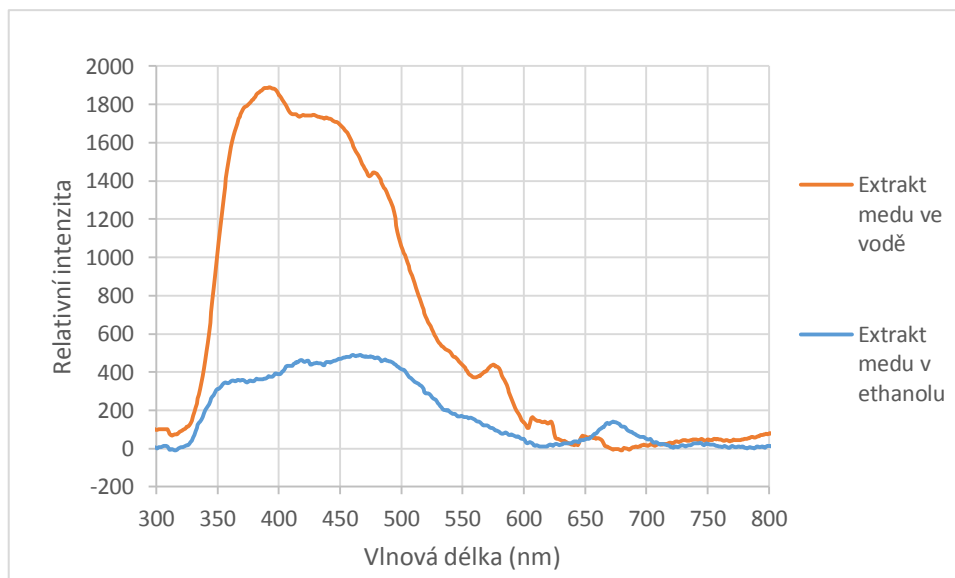
Obrázek 20: Luminiscence banánu v čokoládě vybuzená UV lampou.



Graf 11: Fluorescenční spektrum ethanolickeho extraktu banánu v čokoládě a fluorescenční spektrum vodného extraktu banánu v čokoládě.



Obrázek 21: Luminiscence medu vybuzená UV lampou.



Graf 12: Fluorescenční spektrum ethanolickeho extraktu medu a fluorescenční spektrum vodného extraktu medu.

Zařazení experimentu do výuky:

Pokus můžeme na základní i střední škole zařadit do výuky fyziky při probírání luminiscence. Na středních školách do chemie při probírání organických látek.

3.1.7 Fotoluminiscence rostlin

Teoretický úvod:

V přírodě se vyskytují fotoluminiscenční látky. Tento experiment má ukázat, že mají tuto vlastnost i některé rostliny. Ve školních podmínkách se nám luminiscence některých látek nepodaří prokázat, proto jsou zde vybrány rostliny, které vykazují luminiscenci, která je pozorovatelná i v těchto podmínkách.

Časová náročnost:

každá rostlina do 5 minut

Chemikálie:

ethanol

Pomůcky:

větvička vrby, větvička jírovce maďalu (kaštanu), tráva, 3x kádinka, stojan, filtrační kruh, nálevka, filtrační papír, nůžky, nůž, UV lampa

Postup:

Větvičku vrby nařežeme na malé kousky do malé kádinky a přidáme ethanol. Necháme chvíli vyluhovat. Poté můžeme zfiltrovat a dáme pod UV lampu. Stejný postup použijeme u jírovce maďalu i trávy.

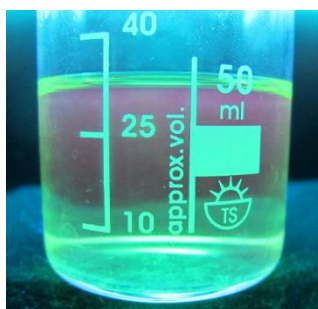
Pozorování a princip:

Větvička vrby obsahuje chinin, který pod UV lampou vykazuje modrou luminiscenci. Na Obrázku 22, ale vidíme světle zelený roztok, což je zřejmě způsobeno přítomností chlorofylu. Fluorescenční spektrum extraktu vrby v ethanolu nám říká, že maxima jsou v červené a modré oblasti viditelného spektra, proto se nám roztok zdá zelený (viz Graf 13). Necháme-li větvičku vrby vyluhovat ve vodě, žádnou luminiscenci pod UV lampou nepozorujeme, ale fluorescenční spektrum vykazuje maximum v modré oblasti viditelného spektra. Což může být způsobeno UV lampou nebo nedostatečnou tmou.

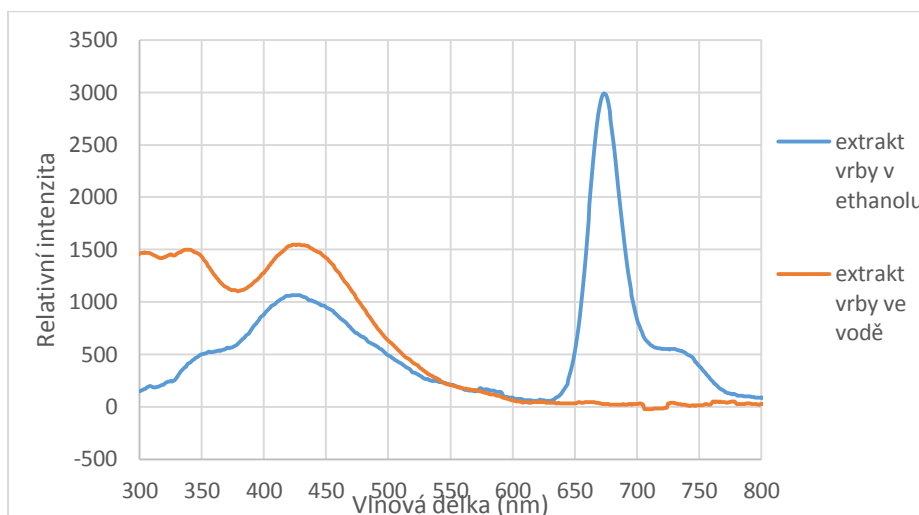
Větvička jírovce maďalu obsahuje eskulin, který vykazuje modrou luminiscenci. Necháme-li větvičku jírovce maďalu vyluhovat ve vodě nebo v ethanolu, vidíme pod UV lampou modrou luminiscenci (viz Obrázek 23). Naměřené fluorescenční spektrum extraktu větvičky jírovce maďalu v ethanolu nám, ale říká, že maximum je v modré oblasti viditelného spektra, ale část vykazuje i v červené oblasti viditelného spektra (viz Graf 14). Spektrum

extraktu větvičky jírovce maďalu ve vodě vykazuje fluorescenci v modré oblasti viditelného spektra.

Tráva obsahuje chlorofyl. Chlorofyl vykazuje červenou luminiscenci. Na Obrázku 24 vidíme světle zelenou až do červena luminiscenci. Fluorescenční spektrum nám říká, že tento roztok vykazuje fluorescenci v červené oblasti. Spektrum extraktu trávy ve vodě nevykazuje fluorescenci žádnou (viz Graf 15). [52], [56]



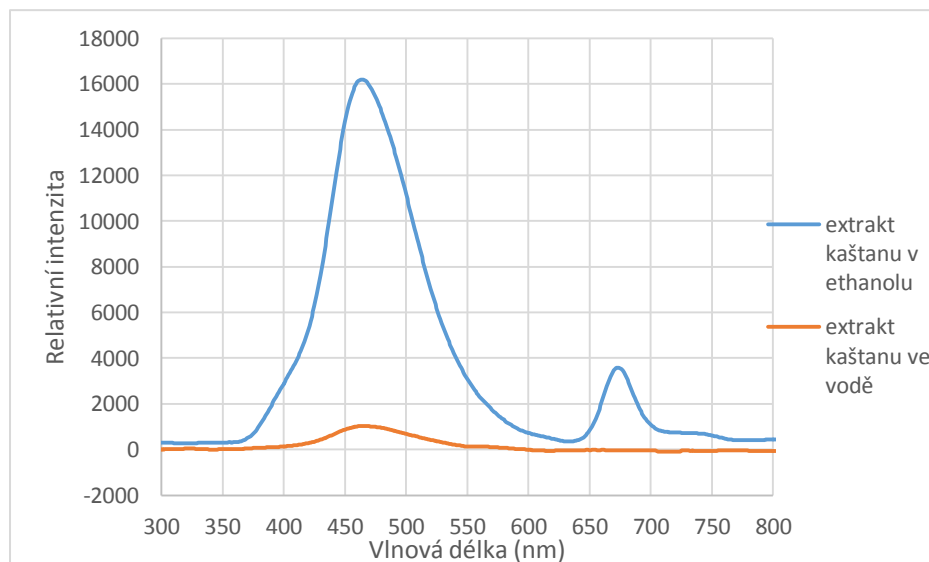
Obrázek 22: Luminiscence extraktu z větvičky vrby vybuzená UV lampou.



Graf 13: Fluorescenční spektrum ethanolickeho extraktu větvičky vrby a fluorescenční spektrum vodného extraktu větvičky vrby.



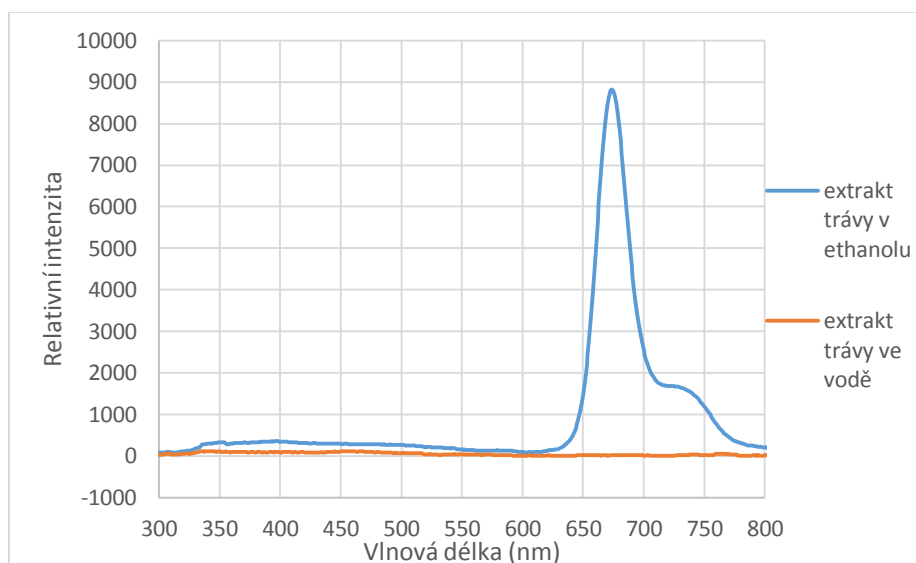
Obrázek 23: Extrakt větvičky jírovce maďalu v ethanolu pod UV lampou



Graf 14: Fluorescenční spektrum extraktu větvičky kaštanu v ethanolu a extraktu větvičky kaštanu ve vodě.



Obrázek 24: Luminiscence ethanolického extraktu trávy vybuzená UV lampou.



Graf 15: Fluorescenční spektrum ethanolického extraktu trávy a fluorescenční spektrum vodného extraktu trávy.

Zařazení experimentu do výuky:

Opět se může tento pokus demonstrovat ve fyzice při probírání luminiscence, ale také ho můžeme zařadit do přírodopisu. V přírodopisu se v sedmé třídě probírá botanika. Žáci si mohou sami přinést různé rostliny a poté mohou zkoumat, zda pod UV lampou vykazují luminiscenci a jakou vykazují barvu. Pokus můžeme také zařadit při probírání fotosyntézy.

3.1.8 Luminiscence minerálů

Teoretický úvod:

Některé minerály, které najdeme ve školách, mohou vykazovat luminiscenci. Některé vykazují luminiscenci, ozáříme-li je UV zářením. Dále mohou vykazovat luminiscenci ohřevem minerálu nebo mechanickým rozrušováním minerálů. Příklady takovýchto minerálů jsou fluorit, dolomit, willemit, zirkon, scheelit, sádrovec a další.

Časová náročnost:

3 minuty

Chemikálie:

Nejsou potřeba

Pomůcky:

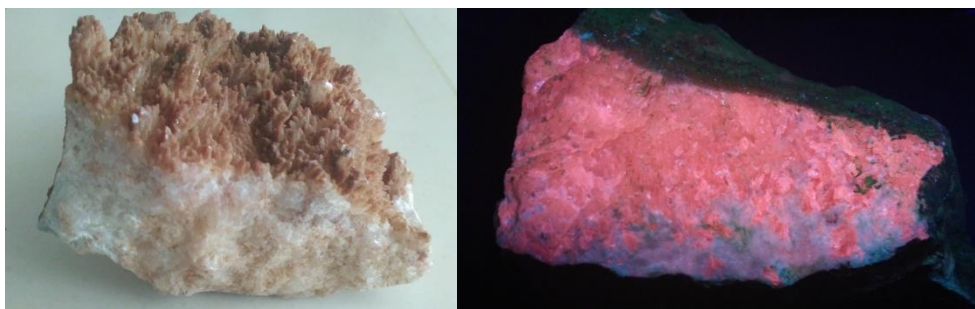
Kalcit, UV lampa (mohou se použít i jiné minerály jako je sádrovec, fluorit, dolomit, willemit, zirkon, scheelit a další)

Postup:

Minerály dáme pod UV lampu a můžeme rovnou pozorovat luminiscenci. [50]

Pozorování a princip:

Kalcit (chemický vzorec CaCO_3) vykazuje růžovou až červenou luminiscenci, kterou vidíme na Obrázku 25. Luminiscence vykazuje příměsí olova a manganu.



Obrázek 25: Luminiscence kalcitu z Příbrami vybuzená UV lampou.

Zařazení experimentu do výuky:

Pokus by se spíše zařadil do fyziky při probírání luminiscence nebo do přírodopisu při probírání minerálů. Také se může zařadit do chemie při probírání anorganických sloučenin.

3.1.9 Fotoluminiscence látek kolem nás

Teoretický úvod:

Nejenom potraviny, nápoje nebo rostliny mohou vykazovat luminiscenci, ale také předměty kolem nás. Jako malí jste možná měli na stropě přilepené svítící hvězdy a planety nebo policisté používají reflexní vesty. V bankách nebo v obchodech mají UV lampu, pro kontrolování bankovek. Pod UV lampou vykazují luminiscenci i doklady nebo jízdenky a další předměty kolem nás.

Časová náročnost:

každá látka nejvýše 1 minutu

Chemikálie:

ethanol

Pomůcky:

prací prášek, myška pro kočky na hraní, 50 ml kádinky, filtrační papír, filtrační kruh, stojan, nálevka, UV lampa

Postup:

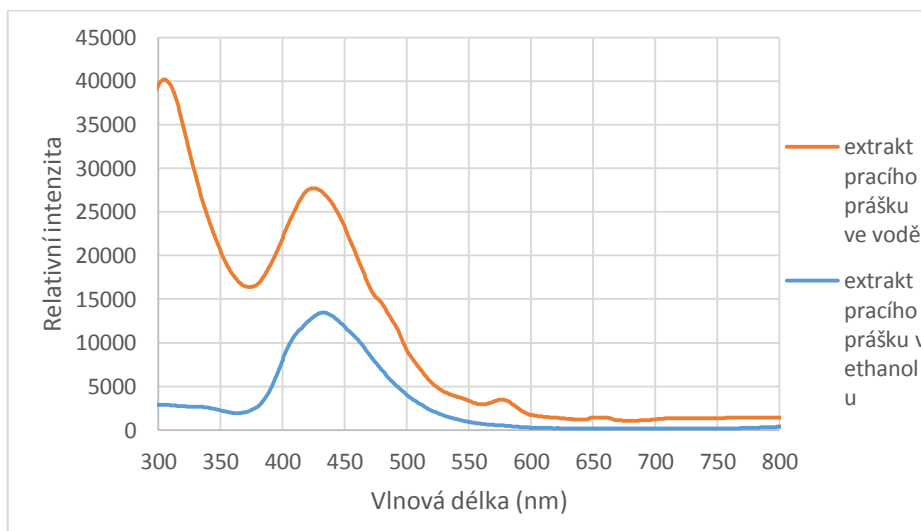
Prací prášek nasypeme do kádinky s ethanolem a rozpustíme ho. Zfiltrujeme a dáme od UV lampy. Myš na hraní pro kočky dáme pod UV lampu rovnou.

Pozorování a princip:

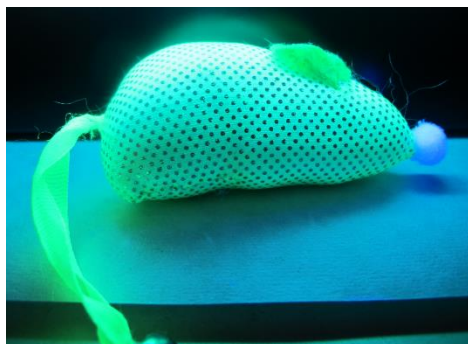
Prací prášek obsahuje optické zjasňovače. Vidíme modrou luminiscenci (viz Obrázek 26). Fluorescenční spektrum vykazuje fluorescenci v modré oblasti viditelného spektra, což odpovídá pozorování pod UV lampou (viz Graf 16). Také myš pro kočky na hraní obsahuje fluorescenční látky, kterou vidíme na Obrázku 27). [49], [52], [53]



Obrázek 26: Luminiscence pracího prášku a kapslí Ariel vybuzená UV lampou.



Graf 16 : Fluorescenční spektrum ethanolického extraktu pracího prášku a fluorescenční spektrum vodného extraktu pracího prášku.



Obrázek 27: Myš pro kočky na hraní pod UV lampou.

Zařazení experimentu do výuky:

Experiment se může zařadit do výuky při probírání luminiscence. Zařadíme pokusy při provádění ostatních fotochemických pokusů.

3.1.10 Svítící tyčinky

Teoretický úvod:

Svítící tyčinka je chemické světlo, které svítí až 12 hodin po její aktivaci. Každá ze svítících tyčinek obsahuje různé fluorescenční barviva. Zde jsou jen některé z nich: fluorescenční barvivo, které je obsaženo ve žluté tyčince je 1-chloro-9,10-bis(fenylethynyl)antracen, v modré tyčince 9,10-difenylantracen, v zelené tyčince 9,10-bis(fenylethynyl)antracen a růžová tyčinka obsahuje 2,4-di-terc-butylfenyl-1,4,5,8 tetracarboxynaphthalene diamid. [67]

Časová náročnost:

5 minut

Chemikálie:

led

Pomůcky:

tři svítící tyčinky (nejlépe stejné barvy), vaříč, 2x 50 ml kádinka

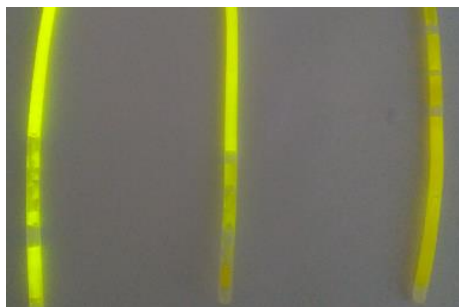
Postup:

První kádinku naplníme vodou, dáme na vaříč a zahříváme. Teplota by neměla překročit 70°C. Do druhé kádinky dáme led. Všechny tři svítící tyčinky pozohýbáme, tak aby začaly svítit. Jednu dáme do horké kádinky, druhou pouze položíme na stůl a třetí dáme do kádinky s ledem. Asi po 2-3 minutách vytáhneme svítící tyčinky a položíme je vedle sebe.

Pozorování a princip:

První svítící tyčinka bude svítit nejsilněji, nejkratší dobu, protože vyzařuje nejvíce energie. Méně jasně bude svítit tyčinka, kterou jsme pouze položili na stůl a nejméně jasně nejchladnější, která vyzařuje nejméně energie a proto bude svítit nejdéle (viz Obrázek 28).

V těchto tyčinkách probíhá reakce peroxidu vodíku s aromatickými estery kyseliny šťavelové (aryloxaláty). V prvním kroku se molekula esteru rozkládá a vzniká dimerní oxid uhličitý. Tato molekula se rychle rozpadá na dvě molekuly oxidu uhličitého. Uvolní se přebytečná energie. Energie se absorbuje speciálním barvivem, které se v reakční směsi nachází. Barvivo je podobné látkách, které se vyskytují ve zvýrazňovačích. [58], [59]



Obrázek 28: Svítící tyčinky: zleva - od nejvíce zářivé po nejméně zářivou.

Zařazení experimentu do výuky:

Pokus se dá demonstrovat před tím, než se začne dělat barevná duha ze svítících tyčinek. To znamená, že se pokus může zařadit do fyziky v sedmé třídě při probírání světla nebo v deváté třídě při probírání luminiscence. Dále se může zařadit do laboratorní techniky v chemii na středních školách, kde si žáci mohou sami svítící tyčinky (roztoky) vyrobit a poté si zvláště vyzkoušet tento pokus.

3.1.11 Míchání barev

Teoretický úvod:

Svět okolo nás je plné barevných předmětů. Stačí nám tři základní barvy, ze kterých můžeme smíchat ostatní. Mísení barev se dělí na aditivní (součtové) a subtraktivní (odčítací). Pomocí azurového, žlutého a purpurového filtru můžeme z bílého světla pohlcovat určité části barevného spektra. Bílé světlo se skládá ze všech barev duhy, tj. z odstínů červené, oranžové, žluté, zelené, modré, temně modré a fialové. Předměty vidíme barevné, protože se některé složky bílého světla od předmětu odrazí a ostatní složky předmět pohltí. Barevné vidění nám umožňují takzvané čípky v sítnici oka. Různými kombinacemi těchto barev se dají získat i základní barvy jako je modrá, zelená a červená. Pokud před zdroj světla dáme všechny filtry najednou, tak jimi žádné světlo neprojde. [32]

Časová náročnost:

1 minuta

Chemikálie:

nejsou potřeba

Pomůcky:

barevné složky (červená (růžová), azurová, žlutá), bílý papír, nůžky

Postup:

Z barevných složek ustříháme vždy čtvereček. Položíme na bílý papír a skládáme na sebe.

Princip a pozorování:

Barva je vjem, který je vytvářen viditelným světlem dopadajícím na sítnici lidského oka. Barevné vidění lidského oka zprostředkují receptory zvané čípky trojího druhu – citlivé na tři základní barvy: červenou, zelenou a modrou. Další možné barvy a odstíny vznikají skládáním základních barev. Smícháním purpurové se žlutou vzniká červená barva. Zde je růžová se žlutou, proto nám vzniká oranžová. Smícháním azurové a žluté vzniká zelená barva a smícháním azurové a purpurové vzniká modrá barva. Opět je zde růžová, proto vzniká fialová barva. Smícháním všech tří barev by měla vzniknout černá (viz Obrázek 29 a Obrázek 30). [60]



Obrázek 29: Barvené složky poskládané přes sebe.



Obrázek 30: Míchání barev. Převzato z [62].

Zařazení experimentu do výuky:

Tento pokus je velice jednoduchý a nepotřebujeme k němu žádné chemikálie. Často se dělá pomocí počítače, anebo pomocí barevných filtrů. Zde je lepší když se využívají filtry, protože si to žáci mohou sami vyzkoušet. V této práci jsem použila místo filtrů barevné složky. Jsou levnější a můžeme si je nastříhat, tak abychom jsme měli více čtverečků stejné barvy a mohli jsme je dávat i na sebe. Pokus se může zařadit jak na první stupeň, tak druhý stupeň základní školy. Zařadíme ho ve fyzice do sedmého ročníku, kde se probírají světelné jevy a do devátého ročníku při probírání elektromagnetického záření.

3.1.12 Rozptyl světla pomocí laserového paprsku

Teoretický úvod:

Rozptyl neboli difuze světla vzniká při odchýlení světla od původního směru malými částicemi. Na částicích menších, než je vlnová délka procházejícího světla, se směr mění difrakcí a na větších částicích se světlo odráží. Silná závislost na vlnové délce způsobí, že se modré světlo rozptyluje asi 10x efektivněji než světlo červené. Toto je příčinou modré barvy oblohy.

Časová náročnost:

8 minut

Chemikálie:

vaječný bílek, sůl, destilovaná voda, mléko, cukr

Pomůcky:

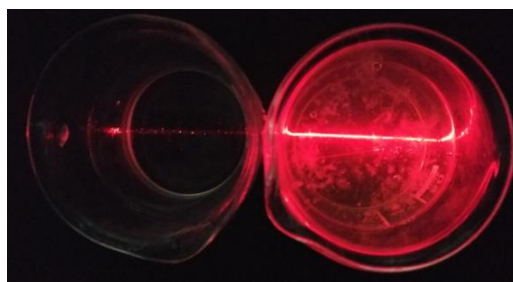
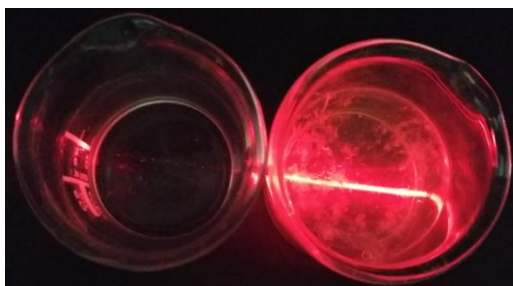
4x 50 ml kádinka, červený laser (může být využit i zelený nebo fialový)

Postup:

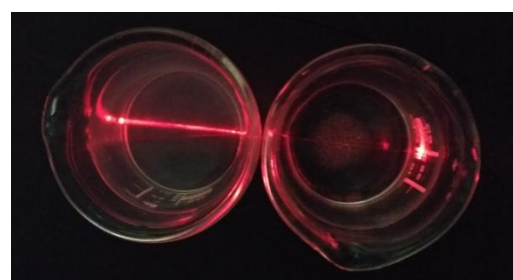
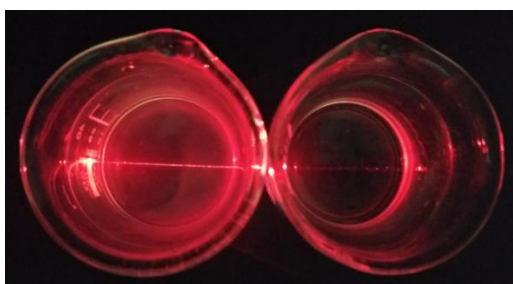
V první kádince rozpustíme v destilované vodě sůl a ve druhé kádince v destilované vodě rozmícháme vaječný bílek. Kádinky postavíme za sebe a posvítíme na ně laserem v obou směrech. Můžeme vytvořit i jiné roztoky. V první kádince bude destilovaná voda s kapkou mléka a ve druhé destilovaná voda s cukrem. Opět postavíme kádinky za sebe a posvítíme na ně. [27]

Princip a pozorování:

V jedné kádince vzniká homogenní vodný roztok soli a ve druhé kádince koloidní roztok vaječného bílku a vody. Pokud se paprsek šíří ze slané vody do bílku, ve slané vodě vidíme úzký nerozbíhavý paprsek a v roztoku bílku a vody dojde k rozptylu (viz Obrázek 31). Pokud svítíme naopak, v roztoku bílku dojde k rozptylu a tím už paprsek není úzký ostrý a slanou vodou již díky rozptylu neprochází (viz Obrázek 31). Pokud svítíme laserem na roztok vody s cukrem, paprsek jde trochu vidět a roztoku vody s mlékem jde paprsek krásně vidět (viz Obrázek 32). Pokud, ale svítíme paprskem z roztoku vody s mlékem do roztoku vody s cukrem, jde jasně vidět paprsek v roztoku vody s mlékem, ale paprsek v roztoku vody s cukrem nevidíme (viz Obrázek 32).



Obrázek 31: Roztok NaCl ve vodě (vlevo), roztok vaječného bílku ve vodě (vpravo).
Světelný paprsek prochází ve směru bílek → sůl (nahore), sůl → bílek (dole).



Obrázek 32: Roztok mléka ve vodě (vlevo), roztok cukru ve vodě (vpravo).
Světelný paprsek prochází ve směru cukr → mléko (nahore), mléko → cukr (dole).

Zařazení experimentu do výuky:

Pokus se může zařadit do osmé třídy, kdy se ve fyzice probírají koloidní směsi a rozptyl světla. Koloidní směsi se také probírají na středních školách v chemii.

3.1.13 Příprava fluoresceinu

Teoretický úvod:

Fluorescein je fluorescenční barvivo. Fluoreskuje, což znamená, že pohlcuje světelné záření a po určitém časovém intervalu emituje pouze část spektra (žlutozelené). Čím vyšší je koncentrace, tím je výsledná barva více do žluta. Používá se k určení toku podzemních vod a řek. [62]

Časová náročnost:

20 minut

Chemikálie:

ftalanhydrid, resorcinol, koncentrovaná kyselina sírová, 5% roztok hydroxidu sodného

Pomůcky:

zkumavka, kahan, sirky, nálevka, kapátko, držák, stojan, svorky, váhy, lžička, 100 ml kádinka

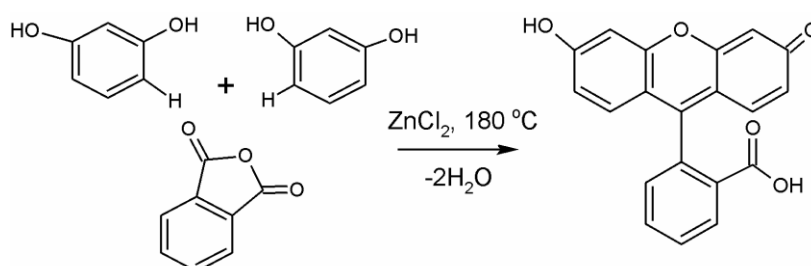
Postup:

Ve zkumavce opatrně roztavíme směs 1 g ftalanhydridu a 1,5 g resorcinolu. Vzniká nám tavenina, ke které přilijeme kyselinu sírovou a mírně zahříváme. Necháme zcela vychladnout. Po vychladnutí přilijeme roztok hydroxidu draselného a protřepeme. Můžeme kápnout kapku roztoku do kádinky s vodou a pozorujeme zbarvení.

Princip a pozorování:

Vzniká nám fluorescein, který má žlutozelené zbarvení. Barevnost je způsobena přítomností konjugovaného systému chinonu se dvěma aromatickými cykly. [42]

Rovnice:



Zařazení experimentu do výuky:

Tato příprava se může zařadit vyučovací hodinu předtím, než se bude s fluoresceinem pracovat. Tento experiment bych zařadila až na střední školy do chemie.

3.1.14 Výroba luminolu (5-Aminoftaloylhydrazidu)

Teoretický úvod:

Luminol je fluorescentní látka, která při smíchání se správným činidlem vydává modré světlo. Jeho krystalky jsou rozpustné skoro ve všech polárních rozpouštědlech, ale nejsou rozpustné ve vodě. Je využívám ve forenzních vědách k vyhledávání krvavých stop.

Časová náročnost:

3,5 hodiny

Chemikálie:

Kyselina 3-nitroftalová, 10% vodný roztok hydrazinu, triethylenglykol, hydroxid sodný, dithioničitan sodný ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), kyselina octová

Pomůcky:

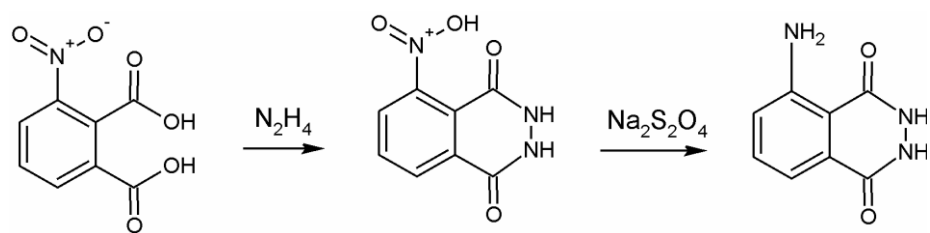
odsávací zkumavka, síťka, 2x stojan, držák, teploměr, pryžová zátka, chladič, alonž, kádinky, varné kamínky, kahan, hadice, filtrační kruh, nálevka, filtrační papír, 50 ml baňka, vaříč, zpětný chladič

Postup:

Do odsávací zkumavky, která je opatřena hadičkou se nasype 1,3 g kyseliny 3-nitroftalové a 2 ml 10% vodného roztoku hydrazinu. Zkumavku zahříváme tak dlouho, dokud se kyselina nerozpustí. Potom roztok ochladíme na 60-80 °C a nalejeme 4 ml triethylenglykolu. Odsávací zkumavku uchytíme na síťce v šikmé poloze. Do zkumavky, která je opatřena pryžovou zátkou, zasuneme teploměr a oddestilujeme tolik vody, dokud teplota nestoupne na 120 °C. Potom začne teplota růst rychleji až na 210-220 °C, kde se zastaví. Roztok dále zahříváme při této teplotě ještě 7 minut. Mezitím připravíme 20 ml horké vody. Jakmile klesne teplota roztoku ve zkumavce na 100 °C, nalijeme obsah zkumavky do vody. Po ochlazení se vyloučí krystaly, které zfiltrujeme a přelijeme do 50 ml baňky. Do baňky přidáme 6,5 ml 10% NaOH a poté 4g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. Povaříme 5 minut pod zpětným chladičem a vzniklý roztok poté ochladíme na 80 °C a přidáme 2,6 ml ledové kyseliny octové a ochladíme na laboratorní teplotu. [63]

Princip a pozorování:

Vyloučí se krystalická hmota, která se zfiltruje. Výtěžek bude asi 50%.

Rovnice:**Zařazení experimentu do výuky:**

Nevýhodou tohoto experimentu je, že trvá delší čas než laboratorní hodina. Pokus je na střední školu docela složitý. Možná by se mohl zařadit do výuky na středních odborných školách.

3.1.15 Fotochemická reakce oxalátu železitého

Teoretický úvod:

Fotochemická reakce je látková přeměna, probíhající působením světla. Rychlost reakce je určena rychlostí absorpce světla, nikoli koncentrací výchozích látek. V přírodě je velmi rozšířená. Jednou z nejdůležitějších fotochemických reakcí je fotosyntéza, ale patří sem i blednutí barev nebo zrakový vjem. Fotochemická reakce se využívá k fotografickému zobrazení a to pomocí fotolytického rozkladu halogenidů stříbrných na kovové stříbro a volné halogeny. [64]

Časová náročnost:

15 minut

Chemikálie:

nonahydrát dusičnanu železitého ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), kyselina šťavelová ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hexakynoželezitan draselný ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)

Pomůcky:

250 ml Erlenmeyerova baňka, 100 ml kádinka, 4x 50 ml kádinka nebo Petriho misky, kapátko s 1 ml stupnicí, lampa

Postup:

V Erlenmeyerově baňce rozpustíme 0,3 g nonahydrát dusičnanu železitého ve 100 ml destilované vody. Přidáme 0,2 g kyseliny šťavelové. Tento roztok bude mít žlutou barvu. Obsahuje železitooxalátový komplex. Roztok rozlejeme do 4 kádinek nebo Petriho misek a uchováme ve tmě. Ve 100 ml baňce rozpustíme 0,5 g hexakynoželezitanu draselného v 10 ml vody. Roztok je žlutooranžový a opět ho musíme skladovat ve tmě. Tři kádinky s železitooxalátovým komplexem dáme pod lampu a čtvrtou necháme ve tmě. První kádinku necháme osvětlovat 30 sekund, druhou 60 sekund a třetí 120 sekund. Poté kápneme 1 ml roztoku hexakynoželezitanu draselného do každé ze čtyř kádinek a zapneme opět lampu, abychom na roztoky viděli.

Princip a pozorování:

Roztoky budou mít barvu od žluté po modro-zelenou, protože barva roztoku závisí na době ozařování. Ten roztok, který byl ozařován nejdéle, bude mít nejtmaší barvu. Ten co byl ozařován nejméně nejsvětější žluté zbarvení, kvůli barvě zředěného

hexakynoželezitanového iontu (Viz Obrázek 33). Musíme brát na vědomí počáteční rozdíly v barvě. Jsou-li roztoky ponechány v osvětlené části projektoru, bude fotochemická reakce oxalátu železitého pokračovat a všechny vzorky budou měnit barvu na modrou. Aby bylo jasné, že se jedná o oxalát železitý, který je fotosensitivní, ozařujeme roztoky před přidáním hexakynoželezitého roztoku. [65]



Obrázek 33: Barvy roztoků železitooxalátového komplexu po přidání hexakynoželezitého roztoku. Zleva – roztok neozářen, roztok ozářený 30 s, roztok ozářen 60 s a roztok ozářen 120 s.

Zařazení experimentu do výuky:

V chemii tento experiment zařadíme do učiva, kdy se probírají chemické reakce. Vhodnější by bylo, kdyby se experiment zařadil do výuky chemie na středních školách. Pokus se hodí i do výuky fyziky jak na základních, tak středních školách při výuce světelných jevů nebo elektromagnetického záření.

3.2 Měření spekter roztoků vybraných látek

Některé školy nemusí mít fluorescenční látky jako je luminol, eosin, rhodamin B či fluorescein k dispozici, proto byla měřena fluorescenční spektra různých látek, které se dosud dají najít nalézt v některých starších školních výukových laboratořích (viz Tabulka 3). Pro tato kvalitativní měření byly připraveny vodné a ethanolické roztoky o koncentraci cca 10^{-3} mol/l. Primárně bylo zjišťováno pomocí UV lampy, zda látky vykazují luminiscenci nebo ne. Někdy se však může jednat o optický klam, proto ty které vykazovaly luminiscenci, byly dále podrobeny studiu pomocí fluorescenčního spektrometru. Zdrojem polychromatického budícího záření byla deuteriová výbojka. Spektrum se zaznamenávalo po dobu 3 minut. U látek, které nevykazovaly luminiscenci, bylo měření provedeno znovu s délkou záznamu 6 min.

Tabulka 3: Roztoky barviv zkoumané pod UV lampou. Barviva rozpuštěné ve vodě a v ethanolu. N-nevykazuje luminiscenci, A-vykazuje luminiscenci.

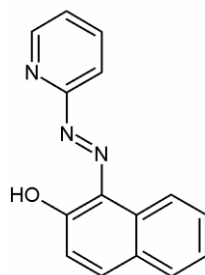
název	voda/ethanol	Barva fluorescence
1-(2-pyridylazo)-2-naftol	N/A	zelená
2,2-bipyridyl	N/N	-
2,4-dinitrofenyl	N/N	-
2-naftol-3,6-disulfonan dvojsodný	N/N	-
4-(2-pyridyl-azo)-resorcin	N/A	zelená
Alizarin	N/N	-
Alizarinová žluť	N/A	zelená
Anhydrid kyseliny ftalové	N/N	-
Antrachinon	N/N	-
Argenton	N/N	-
Azokarmin	N/N	-
Basická červeň	N/N	-
Bismarckova hněď	N/N	-
Bromfenolová červeň	N/A	zelená
Bromfenolová modř	N/A	zelená
Bromkresolová modř	N/A	zelená
Bromkresolová zeleň	N/A	žluto-zelená
Bromkresolový purpur	N/A	zelená
Bromthymolová modř	N/N	-

Dimethylová žluť	N/A	zelená
Eriochromová čern T	N/N	-
Fenolftalein	N/N	-
Fuchsin	N/N (v HCl)	zelená
Indigo	N/N	-
Indigokarmin	N/N	-
Karbofuchsin	N/N	-
Kyselina chromotropová	A/N	světle modrá
Malachitová zeleň	N/N	-
Methanilová žluť	N/A	žluto-zelená
Methylenová oranž	N/A	žluto-zelená
Methylová červeň	N/N	-
Methylová modř	N/N	-
Methylová violeť	N/N	-
Metol	N/N	-
M-nitrofenol	N/N	-
Murexid	N/N	-
Nitron	N/A	zelená
O-fenantrolin	N/N	-
O-kresolová červeň	N/N	-
Pyrokatechinová violeť	N/N	-
Resazurin	N/N	-
Rhodisonan sodný	N/N	-
sundan II	N/N	-
Thymolftalein	N/N	-
Thymolová modř	N/N	-
Tiron	N/N	-
Titanová žluť	N/A	zelená
Trypaflavin	N/A	zelená
Xylenolová oranž	N/A	žluto-zelená

Fluorescenční spektra roztoků vybraných látek

1-(2-pyridylazo)-2-naftol

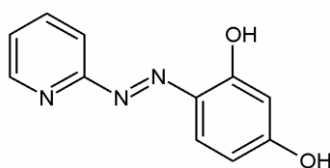
Roztok této látky (viz Obrázek 34) ve vodě nevykazoval pod UV lampou žádnou luminiscenci, ale roztok látky v ethanolu vykazoval zelenou luminiscenci. Podíváme-li se na fluorescenční spektrum (viz Graf 17), vidíme, že maximum vykazuje v zelené oblasti viditelného spektra. Pokud se tato látka nachází ve školní laboratoři, může se zkusit použít místo fluoresceinu, ale i stejné koncentrace látek budou dávat jinou intenzitu fluorescence.



Obrázek 34: Strukturální vzorec 1-(2-pyridylazo)-2-naftolu.

4-(2-pyridyl-azo)-resorcin

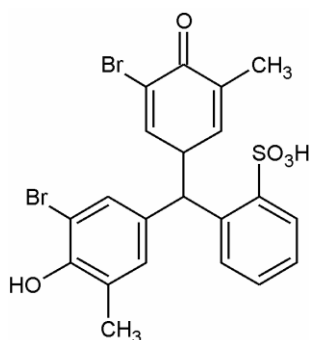
Pokud se na tuto látku (viz Obrázek 35) podíváme pod UV lampou zdá se nám, že vykazuje hodně slabou zelenou fluorescenci, ale fluorescenční spektrum roztoku této látky v ethanolu žádnou fluorescenci ve viditelné oblasti spektra nevykazuje (viz Graf 17). Zelené a žluté roztoky „svítí“ sami o sobě, proto se mohlo zdát, že září.



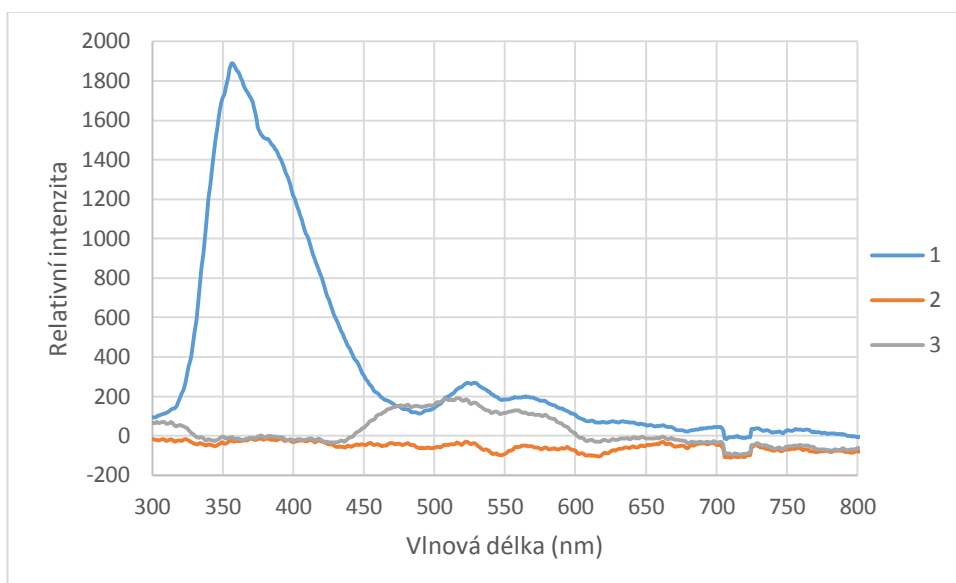
Obrázek 35: Strukturální vzorec 4-(2-pyridyl-azo)-resorcínu.

Bromkresolový purpur

Tato látka se zdá, že pod UV lampou svítí slabě zeleně. Podíváme-li se na fluorescenční spektrum roztoku této látky v ethanolu, zjistíme, že se maximum nachází v modrozelené oblasti viditelného spektra. Systematický název této látky je 5,5-dibrom-o-kresolsulfonftalein. Strukturální vzorec této látky je na Obrázku 36.



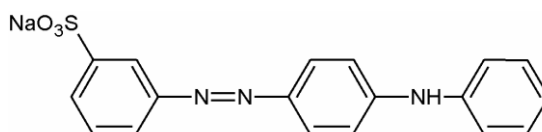
Obrázek 36: Strukturální vzorec bromkresolového purpuru.



Graf 17: Vzorek 1 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku 1-(2-pyridilazo)-2-naftolu, vzorek 2 - fluorescenční spektrum ethanolického roztoku 4-(2-pyridyl-azo)-resorcinu, vzorek 3 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku bromkresolového purpuru.

Methanilová žlut'

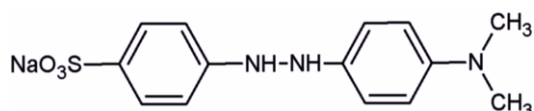
Roztok methanilové žlutí v ethanolu se pod UV lampou zdá, že fluoreskuje žlutozeleně. Spektrum, ale nevykazuje žádnou fluorescenci ve viditelné oblasti (viz Graf 18). Systematický název této látky je 4-amino-2,3-dimethyl-1-fenyl-3-pyrazolin-5-on. Strukturální vzorec této látky je na Obrázku 37.



Obrázek 37: Strukturální vzorec methanilové žlutí.

Methylová oranž

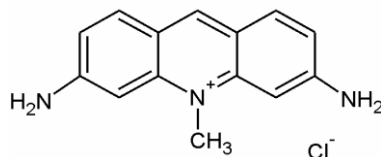
Roztok methylové oranže v ethanolu také nevykazuje fluorescenci ve viditelné oblasti spektra i přesto, že se nám pod UV lampou zdá, že vykazuje žlutozelenou fluorescenci (viz Graf 18). Systematický název je kyselina 4-[4-(dimethylamino)fenylazo]benzen sulfonová, sodná sůl. Strukturální vzorec této látky je na obrázku 38).



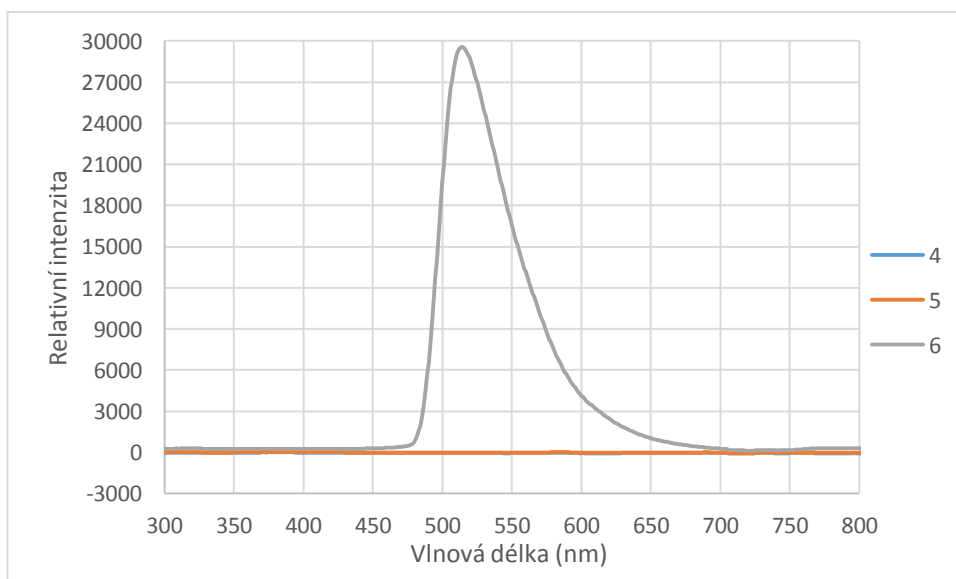
Obrázek 38: Strukturální vzorec methylové oranže.

Trypaflavin

Trypaflavin vykazuje pod UV lampou silnou zelenou fluorescenci. Vykazují ji i bez UV lampy, proto se v experimentech může použít místo fluoresceinu. Pokud se podíváme na jeho fluorescenční spektrum (viz Graf 18), vidíme, že opravdu vykazuje silnou fluorescenci v zelené oblasti viditelného spektra. Syntetický název je akriflavonium chlorid. Strukturální vzorec trypaflavinu je na Obrázku 39.



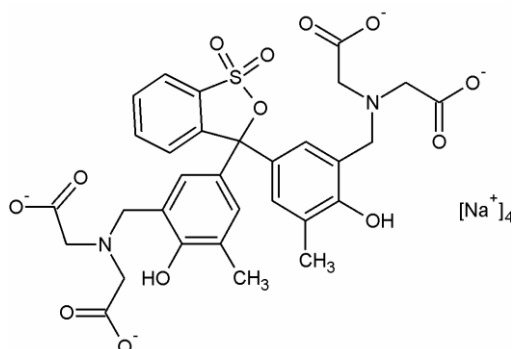
Obrázek 39: Strukturální vzorec trypaflavinu.



Graf 18: Vzorek 4 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku methanilové žluti,
vzorek 5 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku methylenové oranže,
vzorek 6 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku trypaflavinu.

Xylenolová oranž

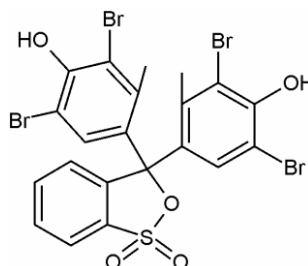
Roztok xylenové oranže fluoreskuje pod UV lampou slabě žlutozeleně. Podíváme-li se na Graf 19, vidíme, že roztok xylenolové oranže v ethanolu vykazuje fluorescenci v zelené části viditelného spektra. Systematický název je sodná sůl 3,3'-Bis[N,N-bis(karboxymethyl)aminomethyl]-o-kresolsulfonephthaleinu. Strukturální vzorec této látky najdeme na Obrázku 40.



Obrázek 40: Strukturální vzorec xylenolové oranže.

Bromkresolová zeleň

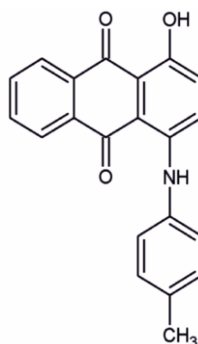
Zkoumáme-li luminiscenci bromkresolové zeleně pod UV lampou, zdá se nám roztok slabě žlutozelený. Fluorescenční spektrum roztoku bromkresolové zeleně v ethanolu, ale žádnou luminiscenci nevykazuje (viz Graf 19). Systematický název je 3,3',5,5'-tetrabrom-m-kresolsulfoftalein. Strukturální vzorec je na Obrázku 41.



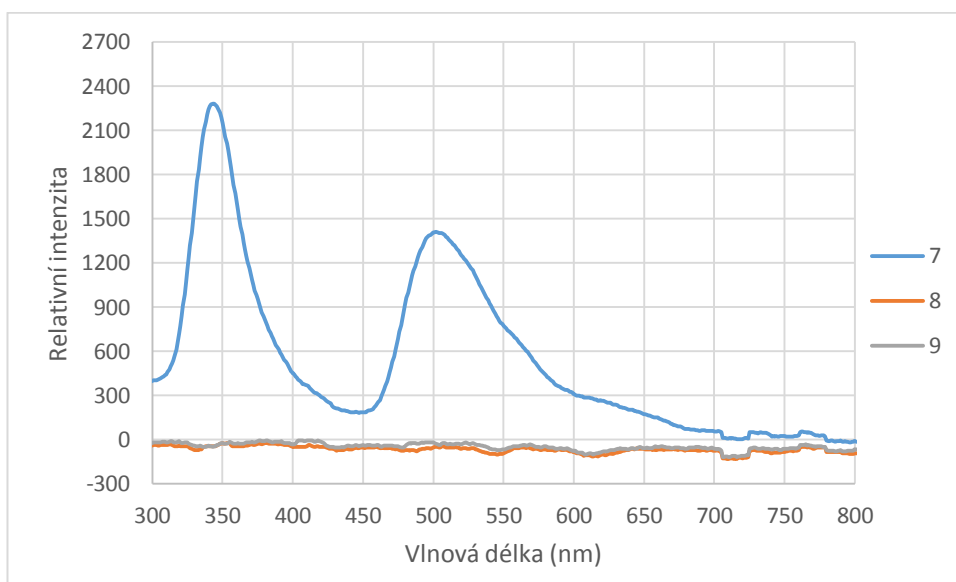
Obrázek 41: Strukturální vzorec bromkresolové zeleně.

Alizarinová žlut'

Roztok alizarinové žlutí v ethanolu se nám pod UV lampou jeví zelený, ale fluorescenční spektrum nám říká, že žádnou luminiscenci nevykazuje (viz Graf 19). Strukturální vzorec je na Obrázku 42.



Obrázek 42: Strukturální vzorec alizarinové žlutí.

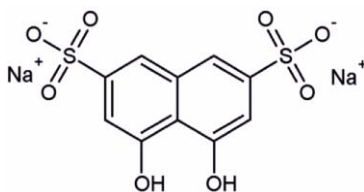


Graf 19: Vzorek 7 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku xylenové oranže, vzorek 8 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku bromkresolové zeleně, vzorek 9 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku alizarinové žlutí.

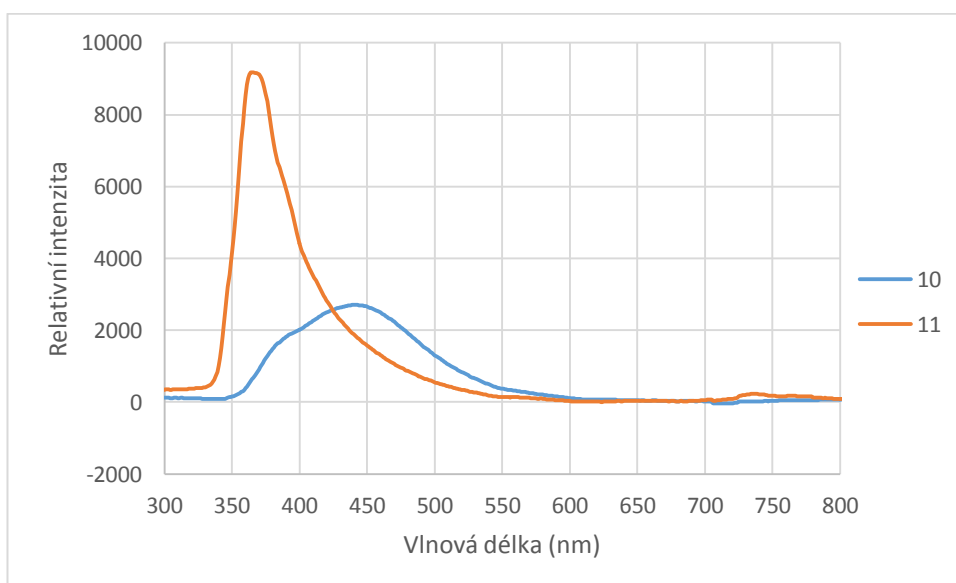
Kyselina chromotropová

Zkoumáme-li roztok kyseliny chromotropové v ethanolu, žádnou luminiscenci pod UV lampou nevykazuje. Podíváme-li se pozorně na jeho spektrum (viz Graf 20), vidíme, že jsou zde dvě maxima. Jedno již přesahuje oblast viditelného spektra a druhé je v červené oblasti. Roztok kyseliny chromotropové ve vodě, ale vykazuje pod UV lampou slabě modrou

luminiscenci, která odpovídá fluorescenčnímu spektru ve viditelné oblasti. Systematický název je 4,5-dihydroxy-2,7-naftalen disulfonová kyselina, sodná sůl. Strukturální vzorec je na Obrázku 43.



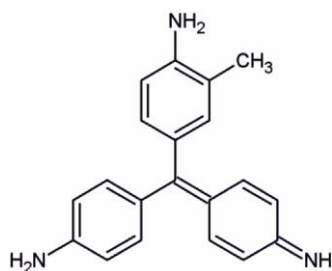
Obrázek 43: Strukturální vzorec kyseliny chromotropové.



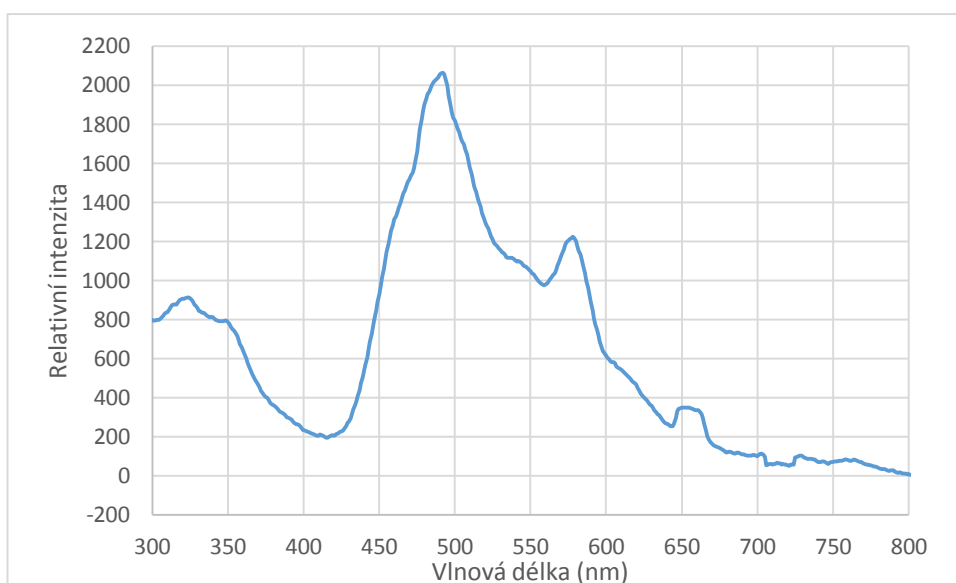
Graf 20: Vzorek 10 – fluorescenční spektrum vodného roztoku kyseliny chromotropové, vzorek 11 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku kyseliny chromotropové.

Fuchsin

Roztok fuchsinu ve vodě a v ethanolu nevykazoval pod UV lampou luminiscenci, ale je známo, že by měl vykazovat v kyselině chlorovodíkové zelenou luminiscenci. Podíváme-li se na spektrum (viz Graf 21), vidíme, že maxima jsou dvě. Nachází se v modré a zelené oblasti viditelného spektra. Systematický název je 4-[(4-aminofenyl)-(4-imino-cyklohexa-2,5-dienyliden)methyl]anilin hydrochlorid. Strukturální vzorec fuchsinu ukazuje Obrázek 44.



Obrázek 44: Strukturální vzorec fuchsinu.



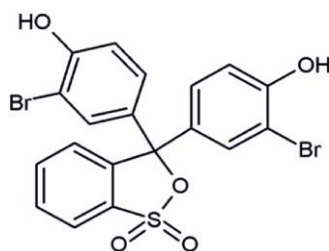
Graf 21: Vzorek 12 – fluorescenční spektrum roztoku fuchsinu v kyselině chlorovodíkové.

Fluorescenční spektra roztoků měřených po 6 minutách

Roztoky nevykazovaly žádnou fluorescenci při měření po 3 minutách, proto se některé naměřily znovu po 6 minutách.

Bromfenolová červeně

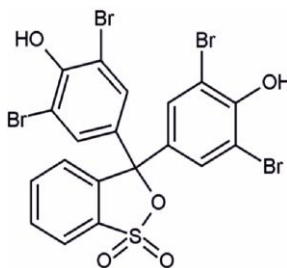
Roztok bromfenolové červeně v ethanolu vykazuje pod UV lampou slabě zelenou luminiscenci, která odpovídá maximu v naměřeném fluorescenčním spektru v Grafu 22. Systematický název je 3,3'-dibromfenolsulfonftalein. Strukturální vzorec je na Obrázku 45.



Obrázek 45: Strukturní vzorec bromfonolové červeně.

Bromfenolová modř

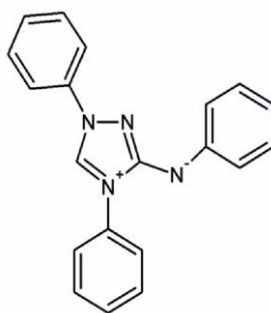
Dáme-li roztok bromfenolové modři pod UV lampou, zdá se nám, že vykazuje zelenou luminiscenci. Fluorescenční spektrum tohoto roztoku v ethanolu, ale žádné maximum nepozorujeme ve viditelné oblasti spektra (viz Graf 22). Systematický název je 3,3',5,5'-tetrabromfenolsulfonftalein sodná sůl. Její strukturální vzorec je na Obrázku 46.



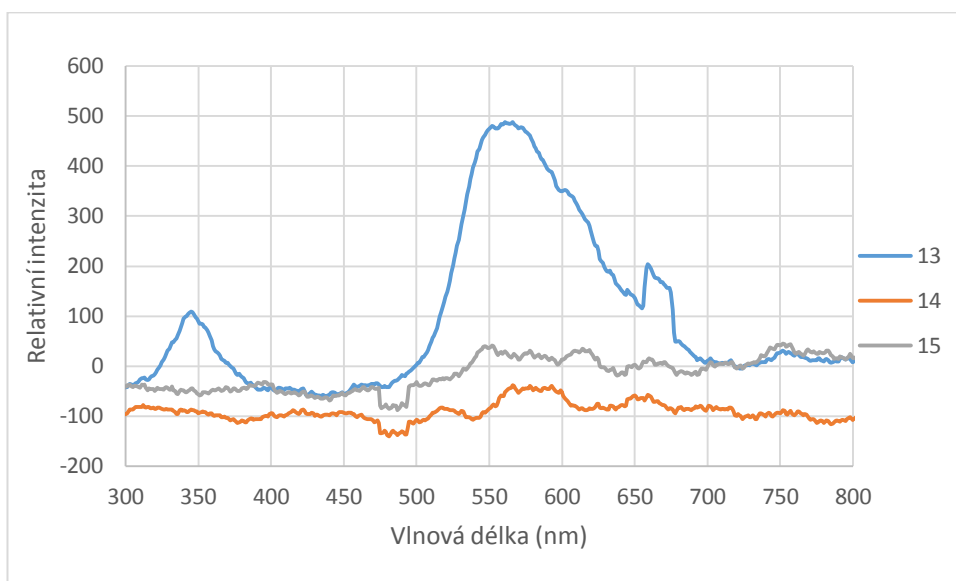
Obrázek 46: Strukturní vzorec bromfenolové modři.

Nitron

Tato látka rozpuštěná v ethanolu vykazuje pod UV lampou slabě zelenou luminiscenci, ale fluorescenční spektrum (viz Graf 22) nám říká, že žádnou odezvu ve viditelné oblasti fluorescenčního spektra nevykazuje. Strukturální vzorec se nachází na Obrázku 47.



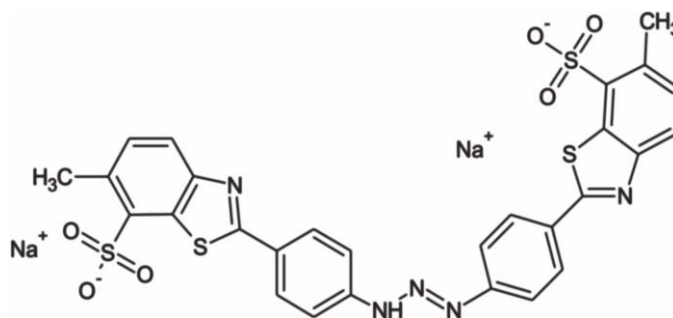
Obrázek 47: Strukturní vzorec nitronu.



Graf 22: Vzorek 13 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku bromfenolové červeně, vzorek 14 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku bromfenolové modři a vzorek 15 – fluorescenční spektrum ethanolického roztoku nitronu.

Titanová žlut'

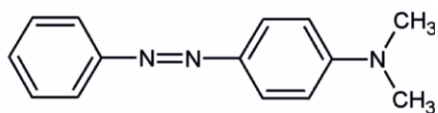
Roztok titanové žlutí pod UV lampou vykazuje slabě zelenou luminiscenci. Bohužel, ani u této látky fluorescenční spektrum nevykazuje žádnou odezvu ve viditelné oblasti (viz Graf 23). Strukturální vzorec se nachází na Obrázku 48.



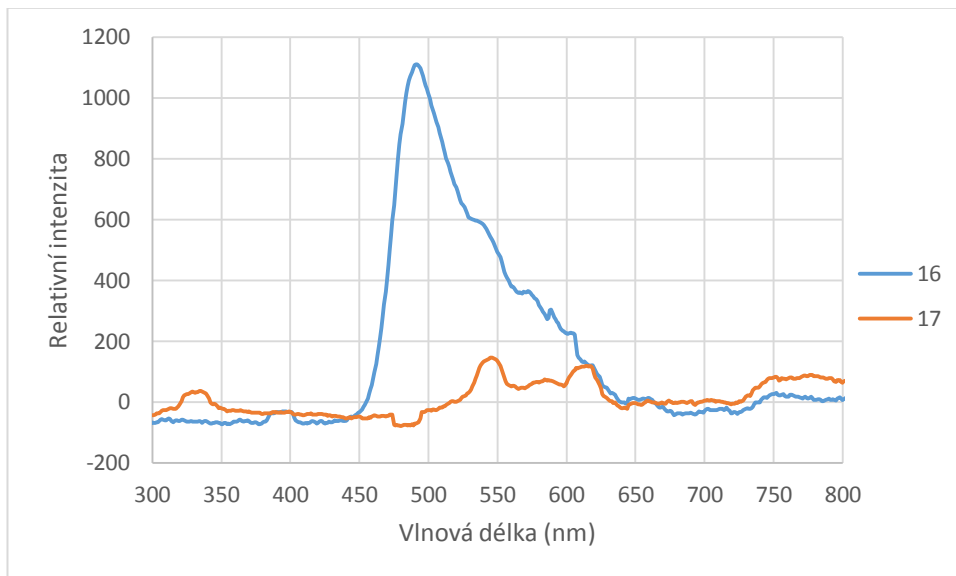
Obrázek 48: Strukturální vzorec titanové žlutí.

Dimethylová žlut'

Roztok dimethylové žlutí v ethanolu pod UV lampou vykazuje slabě zelenou luminiscenci. Podíváme-li se na jeho spektrum v Grafu 23, vidíme, že jsou zde dvě maxima. Jedno ve žluté a druhé v zelené oblasti viditelného spektra. Systematický název je p-dimethylaminoazobenzen. Strukturální vzorec je na Obrázku 49.



Obrázek 49: Strukturální vzorec dimethylové žluti.



Graf 23: vzorek 16 – fluorescenční spektrum ethanolickeho roztoku titanové žluti, vzorek 17 - fluorescenční spektrum ethanolickeho roztoku dimethylové žluti.

4. Diskuze

Praktická část se nejprve zabývá elektromagnetickým zářením, jeho popisem a rozdělením, dále pak luminiscencí a metodami studia elektromagnetického záření. V další kapitole je zhodnocena výuka elektromagnetického záření na základních a středních školách. Školy se řídí Rámcovými vzdělávacími programy, v nichž se přírodovědné vzdělávání na základních školách člení na dvě oblasti, a to Člověk a jeho svět a Člověk a příroda. Vzdělávací oblast Člověk a jeho svět je koncipována pro první stupeň a týká se hlavně prvouky a přírodovědy. Do této oblasti lze zařadit jednoduché pokusy, kterými je míchání barev, fotoluminiscence minerálů, rostlin, nápojů, potravin a předmětů kolem nás. Druhá vzdělávací oblast, Člověk a příroda, se týká chemie, fyziky, přírodopisu a zeměpisu, přičemž uváděné experimenty jsou využitelné ve všech těchto předmětech, kromě zeměpisu. Na základních školách se v chemii bohužel téma elektromagnetické záření neprobírá. Téma elektromagnetického záření se prolíná se spoustou jiných témat. Učebnice by mohly obsahovat více pokusů, a to nejen s elektromagnetickým zářením. Pokusy spojené s elektromagnetickým zářením se mohou zařadit hned na začátek, kdy jsou probírány vlastnosti látek, hlavně barva. Dále při probírání oddělování směsí například pomocí chromatografie. Další kapitolou, do které je možné elektromagnetické záření zařadit, jsou chemické reakce. Příkladem může být experiment chemiluminiscence pyrogallolu a formaldehydu. Elektromagnetické záření se týká také kapitoly organická chemie. Spousta organických látek vykazují luminiscenci. Elektromagnetické záření se může zařadit i do kapitoly chemie a společnost, kde se mimo jiné probírají vyčerpatelné a nevyčerpatelné zdroje energie jako je Sluneční záření. Ve fyzice má elektromagnetické záření svou vlastní kapitolu, ale může se zařadit i do jiných kapitol. Příkladem je kapitola látky a tělesa, kde se mimo jiné žáci dovědí o difúzi. Dále se s elektromagnetickým zářením můžeme setkat v kapitole zvukové jevy, kde se žáci učí o vlnění, vlnové délce a kmitočtu. Nesmí se zapomenout na přírodopis, který je také velice důležitý. Mluví se zde mimo jiné o fotosyntéze, minerálech, medúzách a rostlinách. I tato témata se týkají elektromagnetického záření.

Přírodovědné vzdělávání na gymnáziích se podle RVP nachází ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda, která zahrnuje fyziku, chemii, biologii, geografii a geologii. Přírodovědné předměty podle RVP pro střední odborné školy zahrnuje vzdělávací oblast Přírodovědné vzdělávání, kde patří chemie, fyzika a biologie. V chemii se opět elektromagnetické záření přímo nevyskytuje. Jelikož se témata opakují, může se elektromagnetické záření zařadit

do stejných témat s tím, že se mohou experimenty lépe a podrobněji vysvětlit. Ve fyzice se téma elektromagnetické záření může zařadit do více kapitol. Zařadíme ho do kapitol: pohyb těles a jejich vzájemné působení, stavba a vlastnosti látek, elektromagnetické jevy a mikrosvět. Elektromagnetické záření se objevuje i v biologii. Opět pomocí rostlin, živočichů a fotosyntézy. Minerály se zařadí do předmětu geologie.

V kapitole analýza učebnic bylo zkoumáno 8 sad učebnic pro základní školy. Každá sada obsahovala dvě učebnice. Všechny sady byly schváleny MŠMT k zařazení do seznamu učebnic pro základní školy. Zhodnotí-li se učebnice podle didaktické vybavenosti, vychází nám, že nejlépe vybavené učebnice jsou Chemie 8 - Úvod do obecné a anorganické chemie, Chemie 9 - Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů (Jiří Šibor, Irena Plucková, Josef Mach). Celkový koeficient těchto učebnic vyšel na 81%. Učebnice jsou opravdu hodně dobře vybavené jak po grafické stránce tak obsahové. Nejhůře dopadly učebnice Nebojte se CHEMIE, CHEMIE se nebojíme (Petr Los, Marta Klečková, Jiřina Hejsková), které měly celkový koeficient 56 %. Dále bylo zkoumáno devět učebnic, z nichž tři obsahovaly jednu sadu, dvě další sadu a ostatní byly samostatně. Nejlépe vyšla sada učebnic Chemie pro gymnázia I - obecná a anorganická (Vratislav Flemr, Bohuslav Dušek), která měla celkový koeficient 69%. Podle mého názoru jsou nejlépe provedené učebnice Chemie pro čtyřletá gymnázia: 1. díl, Chemie pro čtyřletá gymnázia: 2. díl, Chemie pro čtyřletá gymnázia: 3. díl (Aleš Mareček, Jaroslav Honza), které měly pouze 50%. Naopak nejhůře dopadla učebnice Chemie obecná a anorganická (Vratislav Šrámek, Ludvík Kosina), která měla 47%.

Další kapitolou jsou vlastnosti některých chemikálií a jejich ceny. Zde byla snaha uvést některé základní vlastnosti a použití dražších chemikálií vyskytující se v této diplomové práci. Ceny se pohybovaly v závislosti na množství. Ve většině případů cena za 1 g klesá při nákupu většího množství.

V praktické části jsou uvedeny experimenty, které se mohou využít při probírání interakce hmoty s elektromagnetickým zářením. Byly vybrány jen některé experimenty, protože jich je spousta a ne všechny se mohou na základních nebo středních školách provést. Na některé jsou potřeba drahé přístroje nebo chemikálie, na které většina škol nemá. U experimentů je uveden úvod, chemikálie, pomůcky, čas, postup, pozorování a princip, někdy rovnice a zařazení do výuky, jak chemie, tak ostatních přírodovědných předmětů. Dále jsou u některých experimentů uvedeny fotografie. Bohužel, se někdy mohou trochu lišit od skutečnosti. Je to způsobeno buď neúplnou tmou, nebo i fotoaparátem. Dále byla měřena

fluorescenční spektra roztoků připravených látek. Měřila, aby se dokázalo, že roztoky opravdu vykazují pod UV lampou luminiscenci. Ne vždy fluorescenční spektrum odpovídalo pozorování pod UV lampou. Pokud je barva roztoků zelená nebo žlutá, může se zdát, že pod UV lampou vykazuje luminiscenci, ale to může být pouze optický klam. Dále se pod UV lampou mohou zdát roztoky bez luminiscence i přesto, že fluorescenční spektrum vypovídá o tom, že roztoky vykazují modrou luminiscenci.

Poslední kapitolou je měření spekter různých látek. Byly vybrány látky nacházející se v laboratoři. Některé školy mají ve svých laboratořích ještě staré látky, které nevyužily a potřebují se spotřebovat. Účelem bylo najít látky, které vykazují luminiscenci a mohly by se nahradit jiné dražší látky. Jako první se připravily vodné a ethanolické roztoky těchto látek. Dále se zkoumala luminiscence pod UV lampou. Látky, které se zdály, že pod UV lampou vykazují luminiscenci, byly poté měřeny pomocí spektrometru. Měření probíhalo po 3 minutách. Ty látky, u kterých fluorescenční spektrum neprokázalo fluorescenci, byly měřeny dalších 6 minut. Všechny látky, které vykazovaly luminiscenci, bohužel vykazovaly pouze zelenou nebo žlutozelenou. Zjistilo se, že největší intenzitu vykazuje tryptaflavin, kterým můžeme nahradit fluorescein. Dále luminiscenci vykazovaly tyto látky: ethanolický roztok 1-(2-pyridylazo)-2-naftolu, ethanolický roztok 4-(2-pyridyl-azo)-resorcinu, ethanolický roztok xylenové oranže, vodný roztok kyseliny chromotropové, roztok fuchsinu v kyselině chlorovodíkové, ethanolický roztok bromfenolové červeně a ethanolický roztok titanové žluti. Tyto látky vykazovaly nízkou intenzitu luminiscence a nebylo by vhodné je použít místo jiných fluorescenčních látek.

5. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vybrat či navrhnout, optimalizovat a detailně popsat výukové experimenty týkající se elektromagnetického záření a jeho interakce s hmotou pro výuku chemie a dalších přírodovědných oborů na základních a středních školách.

V rámci teoretické části byly nejprve stručně objasněny podstata a vlastnosti elektromagnetického záření. Dále byly analyzovány rámcové vzdělávací pro základní školy, střední odborné školy a gymnázia, a zařazení problematiky elektromagnetického záření v nich. Bylo zjištěno, že se výuka elektromagnetického záření dá zařadit do oblasti Člověk a jeho svět. Dále má vztah k oblasti Člověk a příroda, která se týká výuky jak na základních školách, tak i na gymnáziích. Na základních školách se elektromagnetické záření dá zařadit do výuky chemie, fyziky a přírodopisu a na gymnáziích do výuky chemie, fyziky, biologie a geologie. Na středních školách se tato výuka týká oblasti Přírodovědného vzdělání, kde jsou obsaženy předměty, jako je chemie, fyzika a biologie.

Dále se diplomová práce zaměřuje na analýzu učebnic chemie pro základní i střední školy. Byla analyzována didaktická vybavenost učebnic na základě metody Jana Průchy. V praktické části jsou prezentovány různé experimenty týkající se elektromagnetického záření, kdy je uveden postup realizace, pozorování a závěry, jež z něj vyplývají a návrh na jejich zařazení do výuky. Uvedeny jsou rovněž ceny klíčových chemikálií. Některé experimenty se více hodí do fyziky než do chemie, ale dají se využít i v přírodovědném kroužku. Dále byla naměřena fluorescenční spektra některých roztoků některých použitých látek a výsledky byly porovnány s experimenty s UV lampou. V některých případech, kdy byla pod UV lampou fluorescence „pozorována“ bylo zjištěno, že látky ve skutečnosti fluorescenci nevykazují. Fluorescence byla zkoumána také u barviv, která by se potenciálně mohla vyskytovat v kabinetech chemie základních nebo středních škol.

6. Seznam použité literatury

- [1] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Část 2, Mechanika-termodynamika*. 1.vydání. Praha: PROMETHEUS, 2000. 330-576 s. ISBN 81-7196-213-9.
- [2] LEPIL, O. *Fyzika pro gymnázia-optika*. 2. vydání. Praha: PROMETHEUS, 1993. 168 s. ISBN 80-85849-71-2.
- [3] MALÝ, P. *Optika*. Praha : KAROLINUM, 2008. 362s. ISBN 978-80-246-1342-0.
- [4] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. 132s. ISBN 80-86369-07-2.
- [5] PEŠKOVÁ, E, KROPÁČOVÁ, H. *Přehled středoškolského učiva II. soubor: fyzika*. Praha: ORFEUS, 1992. 302 s. ISBN 80-85522-20-9.
- [6] PIŠŮT, J. a kol. *Fyzika pro IV. ročník gymnázií*. 1. vyd. Praha: SPN, 1987. 384 s.
- [7] JAVORSKIJ, B. M., SELEZNĚV, J. A. *Přehled elementární fyziky*. 1. vyd., Praha: SNTL, 1989. ISBN 80-03-00184-6.
- [8] PELANT, I., VALENTA, J. *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři*. Praha: ACADEMIA. 2014. 158 s. ISBN 978-80-200-2394-0.
- [9] LINDON, J., TRANTER, G., HOLMES, J. *Encyklopedia of spectroscopy and spektrometry*. London: Academic Press, 2000. 1. Sv. 2581s. ISBN 9780122266805.
- [10] BALADA, Jan a kol. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. Praha: MŠMT, 2015.
- [11] BALADA, Jan a kol. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. ISBN 978-80-87000-11-3.
- [12] MŠMT. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání Aplikovaná chemie*. Praha: Národní ústav odborného vzdělávání, 2007.
- [13] BENEŠ, P, PUMPR, V, BANÝR, J. *Základy praktické chemie 1 – Učebnice pro 8. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: FORTUNA, 1999. 80 s. ISBN 80-7168-638-7.
- [14] BENEŠ, P, PUMPR, V, BANÝR, J. *Základy praktické chemie 2 – Učebnice pro 9. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: FORTUNA, 2000. 72 s. ISBN 80-7168-727-8.

- [15] JÁCHIM, F A KOLEKTIV. *Fyzika pro 6. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: FORTUNA, 1999. 112 s. ISBN 80-7235-076-5.
- [16] JÁCHIM, F, TESAŘ, J. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: FORTUNA, 1999. 152 s. ISBN 80-7235-116-8.
- [17] KOLÁŘOVÁ, R, CHYTILOVÁ, M, KLUVANEC, D, ŽAMPA, K. *Fyzika pro 8. ročník základní školy, studijní část A*. 3. vydání. Praha: PROMETHEUS, 1994. 128 s. ISBN 80-85849-29-1.
- [18] BOHUNĚK, J, KOLÁŘOVÁ, R, ŠTOLL, I. *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: PROMETHEUS, 1996. 178 s. ISBN 80-7196-032-2.
- [19] MAREČEK, Aleš a Jaroslav HONZA. *Chemie pro čtyřletá gymnázia: 1. díl*. 3. vydání. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1998. 240 s. ISBN 80-7182-055-5.
- [20] HONZA, Jaroslav a Aleš MAREČEK. *Chemie pro čtyřletá gymnázia: 2. díl*. 1. vydání. Vydáno vlastním nákladem, 1996. 226 s. ISBN 80-902200-4-5.
- [21] MAREČEK, Aleš a Jaroslav HONZA. *Chemie pro čtyřletá gymnázia: 3. díl*. 1. vydání. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2000. 250 s. ISBN 80-7182-057-1.
- [22] BLAŽEK, J, FABINI, J. *Chemie pro studijní obory SOŠ a SOU nechemického zaměření*. 5. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1996. 335 s. ISBN 80-04-26648-7.
- [23] LEPIL, O, BEDNAŘÍK, M, HÝBLOVÁ, R. *Fyzika pro střední školy I*. 5. přepracované vydání. Praha: PROMETHEUS, 2012. 156 s. ISBN 978-80-7196-428-5.
- [24] LEPIL, O, BEDNAŘÍK, M, HÝBLOVÁ, R. *Fyzika pro střední školy II*. 4. přepracované vydání. Praha: PROMETHEUS, 2012. 236 s. ISBN 978-80-7196-429-2.
- [25] PRŮCHA, J. *Učebnice: Teorie a analýzy edukačního média: Příručka pro studenty, učitele, autory učebnic a výzkumné pracovníky*. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-49-4.
- [26] ŠKODA, J, DOULÍK, P. *Chemie 8 pro zš a víceletá gymnázia - učebnice*. 1. vydání. Plzeň: FRAUS, 2006. 136 s. ISBN 80-7238-442-2.
- [27] ŠKODA, J, DOULÍK, P. *Chemie 9 pro zš a víceletá gymnázia - učebnice*. 1. vydání. Plzeň: FRAUS, 2007. 128 s. ISBN 80-7238-584-3.
- [28] LOS, P, HEJSKOVÁ, J, KLEČKOVÁ, M. *Nebojte se chemie (1. díl) chemie pro základní školu*. 2. vydání. Praha: Scientia, spol. s.r.o., 1998. 92 s. ISBN 80-7183-116-6.

- [29] LOS, P, HEJSKOVÁ, J, KLEČKOVÁ, M. *Chemie se nebojíme (2. díl) chemie pro základní školu*. 1. vydání. Praha: Scientia, spol.s.r.o., 1996. 89 s. ISBN 80-7193-027-5.
- [30] BENEŠ, P, PUMPR, V, BANÝR, J. *Základy chemie 1 – Pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a střední školy*. 1. vydání. Praha: FORTUNA, 1993. 144 s. ISBN 80-7168-043-5.
- [31] BENEŠ, P, PUMPR, V, BANÝR, J. *Základy chemie 2 – Pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a střední školy*. 1. vydání. Praha: FORTUNA, 1995. 96 s. ISBN 80-7168-205-5.
- [32] BÍLEK, M, RYCHTERA, J. *Chemie na každém kroku*. MOBY DICK, Praha, 2000. 192 s. ISBN 80-86237-05-2.
- [33] BÍLEK, M, RYCHTERA, J. *Chemie krok za krokem*. MOBY DICK, Praha, 1999. 200 s. ISBN 80-86237-03-6.
- [34] ČTRNÁCTOVÁ, H, ZEMÁNEK, F, SVOBODOVÁ, M, DUŠEK, B. *Chemie pro 8. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 1998. 144 s. ISBN 80-7235-011-0.
- [35] NOVOTNÝ, P a kol. *Chemie pro 9. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 1998. 133 s. ISBN 80-7235-031-5.
- [36] KARGER, I, PEČOVÁ, D, PEČ, P. *Chemie I pro 8. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií*. 1. vydání. Olomouc: PRODOS, 1999. 96 s. ISBN 80-7230-027-X.
- [37] KARGER, I, PEČOVÁ, D, PEČ, P. *Chemie II pro 9. ročník základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií*. 1. vydání. Olomouc: PRODOS, 1999. 72 s. ISBN 80-7230-036-9.
- [38] ŠIBOR, J, PLUCKOVÁ, I, MACH, J. *Chemie 9 – Úvod do obecné a organické chemie, biochemie a dalších chemických oborů - učebnice v souladu s RVP ZV*. NOVÁ ŠKOLA, s.r.o., 2011. 132 s. ISBN 978-80-7289-282-2.
- [39] MACH, J, PLUCKOVÁ, I. *Chemie 9 – Úvod do obecné a organické chemie, - pracovní sešit vytvořený v souladu s RVP ZV*. NOVÁ ŠKOLA, s.r.o., 2011. 75 s. ISBN 978-80-7289-345-4.

- [40] ŠIBOR, J, PLUCKOVÁ, I, MACH, J. *Chemie 8 – Úvod do obecné a anorganické chemie, biochemie a dalších chemických oborů - pracovní sešit vytvořený v souladu s RVP ZV*. NOVÁ ŠKOLA, s.r.o., 2011. 72 s. ISBN 978-80-7289-363-8.
- [41] ŠIBOR, J, PLUCKOVÁ, I, MACH, J. *Chemie 8 – Úvod do obecné a anorganické chemie, biochemie a dalších chemických oborů - učebnice v souladu s RVP ZV*. NOVÁ ŠKOLA, s.r.o., 2011. 110 s. ISBN 978-80-7289-448-2.
- [42] FLEMR, V, DUŠEK, B. *Chemie pro gymnázia I - obecná a anorganická*. 1. vydání. Praha: SPN-pedagogické nakladatelství, 2001. 120 s. ISBN 80-7235-147-8.
- [43] KOLÁŘ, K, KODÍČEK, M, POSPÍŠIL, J. *Chemie pro gymnázia II – organická a biochemie*. 2. vydání. Praha: SPN-pedagogické nakladatelství, 2001. 128 s. ISBN 80-7235-283-0.
- [44] BANÝR, J, BENEŠ, P A KOLEKTIV. *Chemie pro střední školy*. 1. vydání. Praha: SPN-pedagogické nakladatelství, 1995. 160 s. ISBN 80-85937-11-5.
- [45] ŠRÁMEK, V, KOSINA, L. *Obecná a anorganická chemie*. 1. vydání. Olomouc: FIN, 1996. 264 s. ISBN 80-7182-003-2.
- [46] PEČOVÁ, D. *Organická chemie*. 2. vydání. Olomouc: Olomouc s.r.o, 2005. 128 s. ISBN 80-7182-142-X.
- [47] Stoica, Bogdan A.; Bunescu, Sabina; Neamtu, Andrei; et al. *Journal of forensic sciences* **61**, 2016, 1331-1336.
- [48] <http://agch.upol.cz/cs/katedra-pristroje> [online] [cit. 2017-6-26].
- [49] POKORNÝ, J. *Luminiscence ve středoškolské laboratoři*. Olomouc, 2015. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Fakulta přírodovědecká.
- [50] BARTÁKOVÁ, L, DANIŠ, P, JÁČOVÁ, J, MÜLLER, L. *Náměty k mimoškolní činnosti CHEMIE*. Univerzita Palackého Olomouc, 2015. 316 s. ISBN 978-80-244-4745-2.
- [51] ŠIMŮNEK, O. *Chemiluminiscence*. II. rozšířená a upravená verze. Praha, 2007.
- [52] <https://vida.cz/svitime/> [online] [cit. 2017-6-26].
- [53] <http://www.debruar.cz/clanek/2015090002-kouzlo-luminiscence-experiment> [online] [cit. 2017-6-26].
- [54] MĚRKA, P. *Lučba světelná*. Přerov. 2014. SOČ. Gymnázium Jakuba Škody Přerov.

- [55] KUBIENOVÁ, L, VINTER, V. *Experimenty pro přírodovědné kroužky na téma: Rostliny, léčivé látky, drogy* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci; 2013.
- [56] Přírodovědec - Rozvoj odborných kompetencí talentovaných studentů středních škol ve vědeckovýzkumné práci v oblasti přírodních věd reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0040 <http://www.prirodovedec.eu> seminář 8. 2. 2012 EFEKTNÍ CHEMICKÉ EXPERIMENTY.
- [57] <https://www.thoughtco.com/how-glow-stick-colors-work-4064535> [online] [cit. 2017-6-26].
- [58] SHAKHASHIRI, B. Z. *Chemical Demonstrations, Volume 1: A Handbook for Teachers of Chemistry*. The University of Wisconsin Press, 2011, 368 s. ISBN 978-0-299-08890-3.
- [59] <https://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu/509> [online] [cit. 2017-6-26].
- [60] http://www.zsmutejovice.cz/e_download.php?file=data/editor/499cs_6.pdf&original=SV%C4%9ATLO+-+sv%C4%9Bteln%C3%A9+spektrum%2C+barva8.pdf [online] [cit. 2017-6-26].
- [61] <http://old.vscht.cz/lms/Zverze/Infrared.htm> [online] [cit. 2017-6-26].
- [62] http://www.mojechemie.cz/Organick%C3%A1_Chemie:Hydroxylou%C4%8Deniny [online] [cit. 2017-6-26].
- [63] STÝSKALA, J A KOL. *Cvičení z organické chemie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010.
- [64] <http://canov.jergym.cz/barva/foto/foto.html> [online] [cit. 2017-6-26].
- [65] SHAKHASHIRI, B. Z. *Chemical Demonstrations, Volume 5: A Handbook for Teachers of Chemistry*. The University of Wisconsin Press, 2011, 323 s. ISBN 978-0-299-22650-3.