

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra anorganické chemie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Fotochemie - experimenty využitelné a realizovatelné v rámci výuky
přírodních věd na středních školách**

Autor:	Bc. Lucie Šimková
Studijní program:	N1407 Chemie
Studijní obor:	Učitelství chemie pro střední školy Učitelství biologie pro střední školy Společný základ učitelských oborů
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Michal Čajan, Ph. D.

Olomouc 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala pod odborným dohledem doc. RNDr. Michala Čajana, Ph.D. a za pomoci literatury, jejíž úplný seznam uvádím na konci práce. Souhlasím s tím, aby byla moje práce veřejně přístupná na Katedře anorganické chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne 25. června 2017.

.....

Na tomto místě bych ráda poděkovala doc. RNDr. Michalu Čajanovi, Ph.D za jeho čas, odborné vedení a rady, které mi poskytl během psaní diplomové práce, v neposlední řadě také za jeho vstřícný přístup. Dále děkuji doc. RNDr. Martě Klečkové, CSc. za ochotu a zapůjčení středoškolských učebnic chemie. Za pomoc s překladem rakouské učebnice děkuji Dianě Rykové. Nakonec děkuji panu Marku Jestřábovi za zapůjčení počítače a pomoc s instalací a obsluhou potřebných programů.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Lucie Šimková
Název práce	Fotochemie - experimenty využitelné a realizovatelné v rámci výuky přírodních věd na 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	Tato diplomová práce se zabývá fotochemií a fotochemickými experimenty ve výuce chemie a dalších přírodovědných předmětů na středních školách. V teoretické části je zachycena problematika klíčového faktoru fotochemických reakcí – světla, dále jsou uvedeny základní fotochemické zákony a nejvýznamnější reakce iniciované světlem – konkrétně fotosyntéza, černobílá fotografie, rozklad freonů a strukturní změny DNA vyvolané UV zářením. Dále byla provedena analýza středoškolských učebnic chemie a zhodnoceno zastoupení fotochemie a příbuzných témat v učebnicích i školních vzdělávacích programech vybraných škol. V rámci praktické části byly vybrány, vyzkoušeny a optimalizovány experimenty vhodné pro školní prostředí. Kromě čistě fotochemických experimentů byly vybrány také pokusy demonstrující některé vlastnosti světla a luminiscenci. V závěru praktické části byly vypracovány přípravy dvou vyučovacích hodin, první na téma světlo a jeho fyzikální povaha, druhá zabývající se fotochemickými reakcemi.
Klíčová slova	fotochemie, fotochemické experimenty, světlo
Počet stran	98
Jazyk	český

Bibliografic identification

Author's first name and surname	Lucie Šimková
Title	Photochemistry – experiments usable and practicable within teaching of natural science at secondary schools
Type of thesis	Diploma
Department	The Czech Republic, Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Inorganic Chemistry
Supervisor	doc. RNDr. Michal Čajan, Ph. D.
The year of presentation	2017
Abstract	<p>This thesis is focused on photochemistry and photochemical experiments in scientific, especially chemical, education on secondary schools. The theoretical part deals with problematics of light – a key factor in photochemical reactions. Also, basic laws of photochemistry are mentioned. Furthermore, the theoretical part contains main light initiated reactions, such as photosynthesis, black and white photography, freon decay and UV-light induced structural changes of DNA. Then, an analysis of chemistry textbooks for secondary schools has been performed so as to find out to what degree photochemistry and simile topics are mentioned. In the experimental part, appropriate experiments have been tried out and optimized for school praxis. Not only photochemical experiments but also experiments demonstrating some of the light properties or luminiscence have been included. There are also a teacher's preparations for two chemistry lectures. The first one is focused on light and its properties, the second one deals with photochemical reactions.</p>
Keywords	photochemistry, photochemical experiments, light
Number of pages	98
Language	Czech

OBSAH

2	TEORETICKÁ ČÁST.....	9
2.1	Světlo.....	9
2.1.1	Fyzikální podstata světla.....	9
2.1.2	Světlo v učivu střední školy.....	13
2.2	Fotochemie.....	15
2.2.2	Fotochemické reakce.....	16
2.2.3	Fotochemie ve výuce na střední škole.....	29
2.2.3.1	Didaktická analýza učebnic chemie pro střední školy.....	32
3	PRAKTICKÁ ČÁST.....	47
3.1	Seznam pomůcek a chemikálií.....	48
3.1.1	Seznam pomůcek.....	49
3.1.2	Seznam chemikálií.....	50
3.2	Experimenty využitelné ve výuce na střední škole.....	51
3.2.1	Filtrování neviditelného záření.....	51
3.2.2	Špinavá sněhová koule.....	52
3.2.3	Pohlcování světelné energie plastelínou.....	54
3.2.4	"Optické vlákno".....	62
3.2.5	Fotosyntéza – Důkaz syntézy škrobu v závislosti na intenzitě osvětlení.....	63
3.2.6	Fotosyntéza – Závislost na teplotě.....	66
3.2.7	Fotoredukce halogenidu stříbra.....	69
3.2.8	Neviditelná zpráva.....	71
3.2.9	Triboluminiscence cukru.....	73
3.2.10	Svítilí tyčinky (demonstrace vlivu teploty na rychlost chemických reakcí).....	74
3.2.11	Chemiluminiscence luminolu.....	76
3.2.12	Fluorescence bílého fosforu.....	77
3.2.13	Fluorescence rostlinných barviv.....	79
3.2.14	Modrotisk.....	80
3.3	Příprava vyučovací hodiny.....	82
3.3.1	První vyučovací hodina.....	82
3.3.2	Druhá vyučovací hodina.....	86
4	DISKUZE.....	91
5	ZÁVĚR.....	93
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	94

1 ÚVOD

Tato diplomová práce je svým zaměřením pedagogická a zabývá se fotochemií, zejména pak fotochemickými experimenty ve výuce na středních školách. Experimentální činnost je v chemii, stejně jako v ostatních přírodních vědách, naprosto klíčová, a to nejen pro vědecké bádání, ale také jako zdroj poznatků pro žáky. Demonstrační a zejména žákovské pokusy by měly být nedílnou součástí výukového procesu. Praktická zkušenost je nejefektivnějším zdrojem lidského poznání, a proto představuje významný a nenahraditelný aspekt výuky. Pokud se žák učí pouze verbálně, z učebnic a výkladu učitele, je pro něho obtížnější se soustředit. Uváděné pojmy a definice navíc nemají oporu v jeho zkušenosti a žák tyto poznatky často neumí použít v praxi. Ačkoliv je provádění žákovských pokusů vždy spojeno s určitým nebezpečím a zvýšenými nároky na zodpovědnost učitele, neměl by to být důvod k jejich omezení. Každý učitel chemie by měl mít na paměti, že je velmi náročné vychovat z žáků nadšené chemiky, kteří se mohou stát špičkami ve svém oboru, pokud je jim odňata možnost praktické a samostatné činnosti. Co se týče legislativních omezení, je žákům do 15 let zcela zakázána manipulace se žiravými, toxickými a vysoce toxickými látkami. Žáci ve věku od 15 do 18 let s látkami tohoto typu nakládat mohou, ale pouze pod dohledem odpovědné osoby a jen v rámci přípravy na povolání. /1/ Z bezpečnostních důvodů je samozřejmě vhodné se zaměřit na experimenty vyžadující volně dostupné a netoxické látky, a to zejména na gymnáziích, kde chemie není hlavním zaměřením. Předložená diplomová práce si klade za cíl shromáždit a optimalizovat fotochemické experimenty, které by mohly být využity ve výuce přírodovědných předmětů na střední škole. Snahou bylo volit experimenty s ohledem na vyšší bezpečnostní nároky a ekonomickou nenáročnost.

Fotochemie studuje chemické reakce atomů a molekul, které se mohou objevit vlivem viditelného nebo UV záření. Ve středoškolské výuce je toto odvětví chemie zmiňováno pouze okrajově. S interakcí hmoty a záření jsou žáci seznamováni v chemii a ve fyzice, částečně ale také v biologii při probírání nejrozsáhlejší fotochemické reakce na naší planetě, fotosyntézy. Experimenty, při nichž dochází ke vzniku světla i rozklad některých látek světlem jsou však pro žáky často velice atraktivní a bylo by možná vhodné je z motivačních důvodů do výuky zařadit. Toto však musí posoudit každý učitel sám za sebe. Je třeba podotknout, že řada takovýchto pokusů vyžaduje poměrně drahé chemikálie, které si běžní učitelé chemie ve většině případů nemohou dovolit poříditi.

Jak už bylo zmíněno, hlavním cílem této práce bylo navrhnout, vyhledat a optimalizovat vhodné experimenty a uvést možnosti jejich zařazení do výuky přírodovědných předmětů na středních školách. Dále byla vypracována příprava vyučovací hodiny zaměřené na problematiku fotochemie. V rámci teoretické části byla provedena literární rešerše týkající se rozsahu a metodiky výuky problematiky spojené s chemickými reakcemi iniciovanými elektromagnetickým zářením v chemii a souvisejících předmětech na středních školách. Stejně jako fotochemie a luminiscenční jevy se tato práce pohybuje na hranici mezi chemií a fyzikou.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Světlo

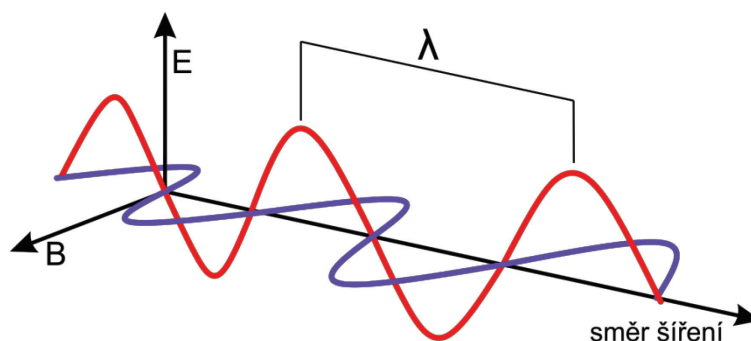
Fotochemie je obor zabývající se reakcemi částic v elektronově excitovaném stavu, do kterého se dostávají absorpcí světelné energie. Fotochemické procesy jsou velmi významné z hlediska samotné existence života na Zemi. Na tvorbě prvních organických molekul, které daly základ vzniku života, měla s velkou pravděpodobností světelná energie ze Slunce zásadní vliv. Rostliny ukládají světelnou energii do chemických vazeb v molekulách sacharidů v procesu fotosyntézy, která tak představuje nejrozsáhlejší a pravděpodobně nejdůležitější fotochemickou reakci na Zemi. Během fotosyntézy je také uvolňován kyslík, na němž jsou závislé téměř veškeré současné životní formy. Světlo je dále klíčové pro jeden z nejvýznamnějších lidských smyslů, zrak. Fotochemické reakce se však neobjevují pouze v přírodě, také člověk jich poměrně hojně využívá. Může se jednat o využití v organické syntéze (např. tvorba radikálů při halogenacích uhlovodíků), fotografické procesy nebo přeměnu energie slunečního záření na elektřinu v solárních článcích.

2.1.1 Fyzikální podstata světla

Světlo je ve své podstatě elektromagnetické vlnění, konkrétně představuje oblast spektra zahrnující ultrafialové, viditelné a infračervené záření. Elektromagnetické vlnění má dvě vzájemně neoddělitelné složky – elektrickou a magnetickou. Vektory obou složek jsou na sebe kolmé a zároveň jsou kolmé na směr šíření vlny jak je vidět z Obrázku 1. Elektromagnetická vlna je projevem šíření elektromagnetického pole prostorem. Elektromagnetické pole při tom může existovat jak ve vakuu, tak v látkovém prostředí. Skutečnost, že světelný paprsek je postupnou vlnou tvořenou elektrickým a magnetickým polem, objasnil v 19. století skotský fyzik James Clerk Maxwell. /2/

Kromě elektromagnetického vlnění lze zmínit vlnění mechanické, jehož příkladem mohou být zvukové či seismické vlny. Mechanické vlnění se však šíří pouze v látkovém prostředí, ve vakuu se šířit nemůže. Společnou charakteristikou elektromagnetických vln je to, že se šíří ve vakuu naprosto stejnou rychlostí. Rychlost světla ve vakuu je označována písmenem c , má hodnotu $299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a je základní fyzikální konstantou. /3, 4/

Světlo, vzhledem ke své vlnové povaze, může být popisováno veličinami charakteristickými pro vlnění. První takovou veličinou je **vlnová délka**, označovaná řeckým písmenem λ . Vlnová délka je definována jako nejkratší vzdálenost, po níž se tvar vlny opakuje. Pro ilustraci je vyznačena na Obrázku 1. Jedná se o délku, a proto je její základní jednotkou SI je metr (m).



Obrázek 1: Elektromagnetická vlna a její vlnová délka.

Dále je možné světlo popsat pomocí **frekvence**, označované písmenem f , a definované jako počet kmitů, které jsou dokončeny v průběhu jedné sekundy. Proto se frekvence také někdy nazývá kmitočet. Základní jednotkou frekvence je reciproká sekunda (s^{-1}), která se vyjadřuje jako hertz (Hz).

Obě tyto veličiny – frekvence a vlnová délka – a rychlost světla c jsou vzájemně propojeny rovnicí (1).

$$c = \lambda f \quad (1)$$

Zásadním mezníkem v chápání povahy světla byl přelom 19. a 20. století, kdy německý fyzik Max Planck položil základy kvantové teorie. /5/ Zkoumáním vyzařování a absorpce záření tzv. absolutně černým tělesem objevil, že světlo a jiné elektromagnetické vlnění je emitováno nespojitě, po tzv. kvantech, a že velikost elementárního kvanta energie (Q_ν) je závislé na frekvenci záření (ν), dle rovnice (2), přičemž c je rychlost světla ve vakuu a h je Planckova konstanta, jejíž hodnota je $6,626\ 070\ 040 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ s chybou $0,000\ 000\ 081 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$. /4/

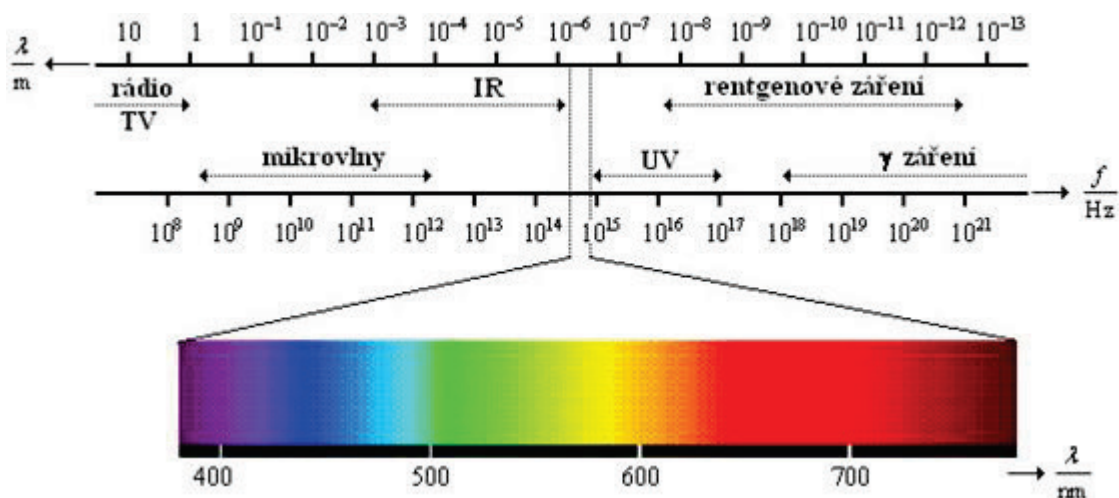
$$Q_\nu = h\nu = hc/\lambda \quad (2)$$

K poznatkům Maxe Plancka poté významně přispěl Albert Einstein. Tento německý fyzik se narodil v druhé polovině 19. století a mezi jeho nedůležitější přínosy patří speciální a obecná teorie relativity a teoretická interpretace fotoelektrického jevu. /6/ Za tuto a další své

práce v oblasti teoretické fyziky obdržel v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku. /7/ Fotoelektrický jev, který byl známý již před Einsteinem, představuje skutečnost, že je-li čistý kovový povrch ozařován světlem s dostatečně krátkou vlnovou délkou, vyraží světlo z kovu elektrony a vytváří se měřitelný, tzv. fotoelektrický proud. Světlo tedy předává hmotě při interakci nejen energii, ale také hybnost a z toho důvodu musí být proudem hmotných částic. Tyto částice byly nazvány fotony. Foton odpovídá světelnému kvantu, které bylo zmíněno výše. /3, 4/

Jak je vidět, světlo má charakter jak vlnový, tak korpuskulární (částicový). Existují experimenty, při nichž se chová jako elektromagnetické vlnění a jiné experimenty, během kterých se jeví jako proud částic s malou hmotností. První skupinou experimentů jsou optické jevy, jako například pokus britského lékaře a fyzika Thomase Younga, který v roce 1801 experimentálně prokázal, že světlo je vlna. Jednalo se o difrakci (ohyb) světla na dvouštěrbině, což potvrdilo skutečnost, že světlo vykazuje interferenci. /8/ Experiment potvrzující částicový charakter světla je již zmíněný fotoelektrický jev. Bylo zjištěno, že vlnově-korpuskulární charakter mají veškeré objekty, přičemž ale čím je objekt hmotnější, tím se jeho vlnový charakter méně projevuje. Myšlenku o dualismu hmoty, která původně pochází od již zmiňovaného Maxe Plancka, dále rozvedl a zobecnil francouzský fyzik Luis de Broglie, který byl v roce 1929 oceněn Nobelovou cenou za formulaci teorie vlnového charakteru hmoty. /7, 9/

V době, kdy James Clerk Maxwell zjistil, že světlo je elektromagnetickým vlněním, byly viditelné světlo, infračervené a ultrafialové záření jedinými známými druhy elektromagnetických vln. Naproti tomu dnes je spektrum poznaného elektromagnetického vlnění velmi široké. Principiálně neexistují hranice na krátkovlnné, ani na dlouhovlnné straně spektra. Pro ilustraci je spektrum elektromagnetických vln uvedeno na Obrázku 2.



Obrázek 2: Spektrum elektromagnetického vlnění (zdroj: <http://fyzika.jreichl.com>).

Viditelné světlo představuje velmi úzkou oblast spektra v rozmezí 430 až 690 nm. Tyto hranice však nejsou ostré. Citlivost lidského oka je nejvyšší ve střední oblasti, kolem 550 nm, což odpovídá žlutozelené barvě. Na obou stranách viditelného spektra pak citlivost lidského oka klesá a existují zde jemné individuální rozdíly, proto se údaje z různých zdrojů mohou mírně lišit. Krátkovlnná oblast viditelného spektra (430 nm) odpovídá fialové barvě, oblast dlouhovlnná (690 nm) pak barvě červené. /3, 4/

V oblasti nižších vlnových délek než má viditelné záření je záření ultrafialové, a to v rozsahu přibližně 10–400 nm. UV záření je v chemii používáno ke zviditelnění látek, které nejsou patrné v normálním světle, čehož se využívá například v chromatografii na tenké vrstvě. Dále se uplatňuje v UV spektrometrii, která přispívá k určování struktury, zejména organických látek. Ještě menší vlnovou délku než UV záření má záření rentgenové, které se v chemii využívá v řadě metod – v rentgenové strukturní analýze, která poskytuje informace o typu a poloze atomů v rámci molekulové a krystalové struktury, dále v rentgenové fotoelektronové spektroskopii, která se používá k důkazu prvků a studiu chemických a elektronových stavů atomů. Na interakci látky s rentgenovým zářením je dále založena například Augerova elektronová spektroskopie či rentgenová fluorescenční spektroskopie. Záření s nejvyšší energií, a tedy nejmenší vlnovou délkou, je gama záření. Jedná se o záření o vlnových délkách v řádech pikometrů či menších, které doprovází rozpad jader radioaktivních nuklidů. Emise gama záření radionuklidů se využívá například v gama spektroskopii a Mössbauerově spektroskopii. /10, 11/

V oblasti vyšších vlnových délek než odpovídá VIS oblasti, se nachází infračervené a mikrovlnné záření. IČ záření je využíváno v infračervené, ale také v Ramanově spektroskopii při kvalitativní chemické analýze. Účinků mikrovlnného záření je využíváno například v organické syntéze, kdy oproti standardnímu provedení reakce dochází k významnému zkrácení reakční doby, zvýšení výtěžku a čistoty produktu. Mimo chemické laboratoře je mikrovlnné záření využíváno například k ohřevu potravin nebo hubení dřevokazného hmyzu. Vlny s největšími vlnovými délkami jsou radiové a televizní vlny. Absorpce nízkenergetického záření z radiofrekvenční a mikrovlnné oblasti je využívána v důležitých technikách chemické analýzy – nukleární magnetické a elektronové paramagnetické resonanci. /10, 12/

Ačkoliv jsou oblasti spektra mimo viditelné světlo pro lidské oko nedetekovatelné, lze jejich přítomnost dokázat. Existenci infračerveného záření ve spektru je možné detekovat například pomocí infračervené kamery či citlivým teploměrem. IČ záření je možné i cítit díky speciálně uzpůsobeným receptorům tepla v kůži, samozřejmě ale jde o detekci s velmi nízkou citlivostí a přesností. Ve školním prostředí lze přítomnost neviditelné infračervené složky v záření vydávaném obyčejnou stolní lampou demonstrovat níže uvedeným pokusem č. 3.2.1. UV záření je pak možné "zviditelnit" luminiscencí – k tomuto účelu lze využít například práci prášek na bílé prádlo či bělený kancelářský papír. Po dopadu UV záření na luminofory obsažené ve zmíněných materiálech dochází k emisi modrého světla. Tělesa různých barev pohlcují různé množství světelné energie, což demonstruje pokus č. 3.2.2 a 3.2.3. Podrobnosti jsou uvedeny v experimentální části.

2.1.2 Světlo v učivu střední školy

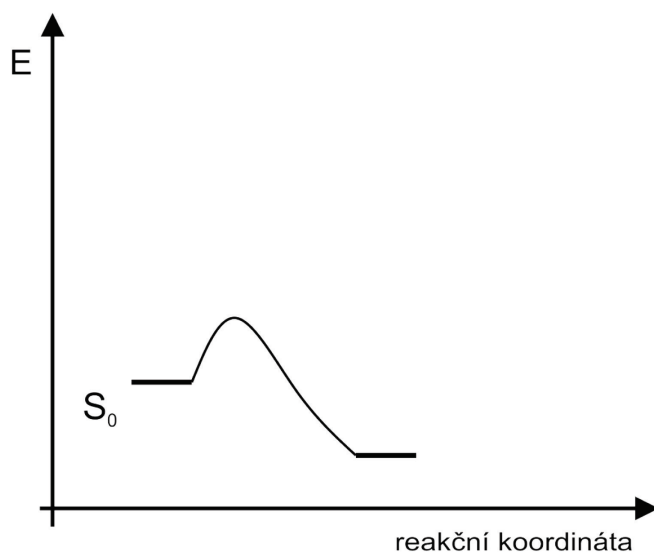
Světlo je na všeobecně zaměřených středních školách probíráno zejména ve vyšších ročnících. Nejprve bývá zmíněno během úvodu k optice, která se objevuje v ŠVP gymnázií ve druhém, ale častěji až ve třetím ročníku. V této fázi však žáci nebývají seznámeni s fyzikální podstatou světla, důraz je kladen na poznávání optických jevů – odraz a lom světla, disperze, interference, difrakce, apod. Dále se žáci zabývají zobrazováním optickými soustavami, tedy různými typy zrcadel a čoček. Vlnový charakter světla bývá pak osvětlen v kapitolách o elektromagnetickém poli a vlnění. Elektrické vlnění je probíráno před optikou či až po ní v závislosti na konkrétním školním vzdělávacím programu. S dualistickým pohledem na světlo se žáci mohou setkat v posledním ročníku v kapitolách zabývajících se fyzikou mikrosvětla a základy kvantové teorie. V rámci tohoto učiva bývají žáci často

seznámení také s fotoelektrickým jevem a stručně s jeho teoretickou interpretací podanou Albertem Einsteinem. /13, 14, 15/

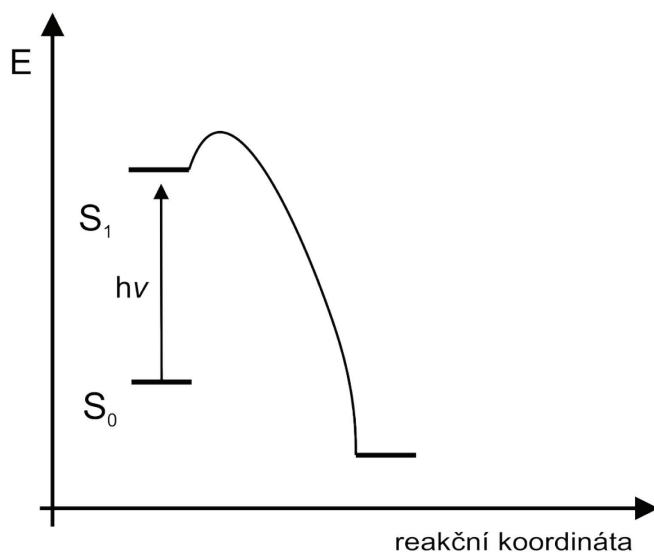
Ve středoškolských učebnicích fyziky jsou informace o světle a jeho povaze uváděny víceméně ve stejné posloupnosti jako ve školních vzdělávacích programech. Tedy světlo je zmíněno v začátcích kapitoly optika, nicméně často pouze okrajově a pozornost je věnována vlastnostem světla, jakými jsou například rozklad, lom, interference či odraz světla. Podstatnou část optiky tvoří v učebnicích zobrazení čočkami a zrcadly. Z důvodu rozsáhlého a významného použití optického vlákna v telekomunikačních sítích bývá v kapitole o optice, alespoň stručně, vysvětlen jeho princip. Pro přibližnou demonstraci úplného odrazu světla uvnitř optického vlákna je možné využít experiment ukazující vnitřní odraz světla v proudu vody, pro podrobnosti viz experimentální část, pokus č. 3.2.4. Vlnově-korpuskulární charakter světla bývá zmíněn pouze stručně. Kvantová teorie představuje velice složitou problematiku a na středních školách není probírána podrobně. Ve většině posuzovaných učebnic fyziky je kvantová teorie zmíněna stručně, na druhou stranu v učebnici Fyzika pro gymnázia – Fyzika mikrosvěta je celá problematika zachycena poměrně podrobně včetně seriózního objasnění fotoelektrického jevu a celé kvantové hypotézy. /16, 17, 18, 19/ Moderní fyzika využívá pro popis objektů mikrosvěta novější poznatky kvantové mechaniky, protože klasická mechanika Isaaca Newtona je pro tyto objekty nevyhovující. Bylo by proto vhodné se tímto tématem na středních školách podrobněji zabývat, a to zejména na gymnáziích, neboť jsou zde studenti směřující ke studiu různých chemických a fyzikálních oborů na vysokých školách. Za zmínku ještě stojí nešťastný rozpor v upořádání učiva o kvantové teorii v chemii a fyzice. Ve fyzice je kvantová teorie probírána až jako jeden z posledních tematických celků, tedy většinou ve čtvrtém ročníku. Naopak v chemii se studenti se základy kvantové teorie setkávají již v prvním ročníku v rámci obecné chemie, konkrétně v učivu o struktuře elektronového obalu. Žáci, kteří přicházejí čerstvě ze základních škol anebo z nižších stupňů víceletých gymnázií, nejsou v této fázi připravení na to správně pochopit takto náročné učivo. Toto často vede k jejich rozladění a negativnímu vztahu k chemii jako takové.

2.2 Fotochemie

Fotochemie je chemický obor studující reakce atomů a molekul, které jsou iniciované absorpcí elektromagnetického záření, zejména z ultrafialové a viditelné oblasti. Absorpcí světla dostávají molekuly a atomy potřebnou energii a přechází do elektronově excitovaného stavu, což může vést k reakci. Nutno říci, že veškeré chemické reakce vyžadují určité množství aktivační energie, ačkoliv tato energie může být zanedbatelná a látky spolu tedy mohou reagovat i za velmi nízkých teplot. Molekuly jsou schopny absorbovat pouze přesně daná množství energie – tzv. kvanta, která odpovídají energetickému rozdílu hladin, mezi nimiž elektron přechází. Excitované stavy mohou být trojího druhu. U molekul se mohou měnit rotační a vibrační stavy nebo docházet ke změnám elektronových stavů, k čemuž je ale vyžadováno větší množství energie. Změny elektronových stavů se vyskytují nejen u molekul, ale také u atomů. Pokud k excitaci dochází vlivem absorpce záření, způsobuje záření z viditelné a ultrafialové oblasti změny elektronových stavů a záření z infračervené oblasti změny rotačních a vibračních stavů. K následné deexcitaci může dojít obecně třemi způsoby. V nejčastějším případě se molekula přebytečné energie zbavuje postupnými srážkami s okolím. Druhým způsobem deexcitace je vyzáření přebytečné energie v podobě elektromagnetického vlnění. V posledním případě pak může dojít k chemické reakci. /20/ Rozdíl mezi tepelně řízenou a fotochemicky řízenou chemickou přeměnou je demonstrován v grafech (viz Obrázek 3 a 4).



Obrázek 3: Závislost energie na reakční koordinátě pro tepelně řízenou reakci.



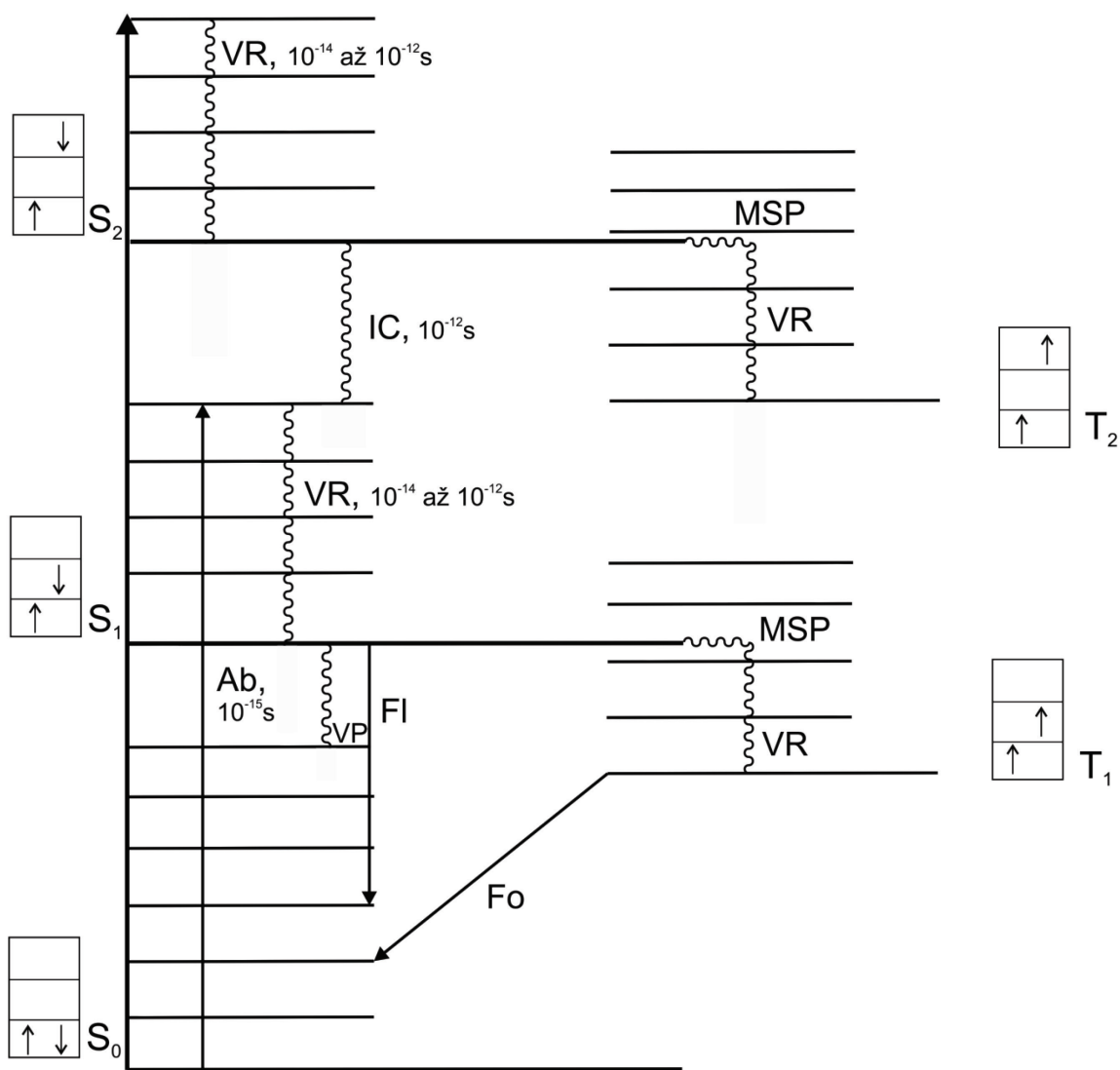
Obrázek 4: Závislost energie na reakční koordinátě pro fotochemicky řízenou reakci.

Legenda k Obrázkům 3 a 4: S_0 – základní stav; S_1 – excitovaný stav

Běžné chemické reakce jsou reakcemi látek v základním stavu, na obrázku označen jako S_0 . Tento stav je charakteristický nízkým obsahem energie. Pokud je energie molekul zvyšována postupně, tepelnými srážkami s okolními molekulami, může proběhnout tzv. tepelně řízená reakce. Naproti tomu fotochemické reakce vycházejí z předchozí excitace absorpcí elektromagnetického záření. Tento excitovaný stav má vyšší energii než stav základní a na obrázku je označen jako S_1 . Molekuly se do vybuzeného stavu dostávají absorpcí energie světelného kvanta – $h\nu$. Pohlcením energie světelného kvanta dochází ke změně elektronového stavu, elektron se přesune ze základní hladiny s nejnižší energií na některou z hladin vyšších. Velikost pohlceného kvanta přesně odpovídá energetickému rozdílu daných hladin, a tedy lze na základě frekvence absorbovaného záření usuzovat na strukturu elektronového obalu daného atomu, případně molekuly. /20/

2.2.2 Fotochemické reakce

Fotochemickou reakcí rozumíme děj, při kterém dochází k chemické změně v důsledku předchozí absorpce světelné energie. Přijetím energie se částice dostává do excitovaného stavu. Poté se může chovat několika způsoby, což popisuje tzv. Jablonského diagram, viz Obrázek 5.



Legenda:

- zářivá deaktivace
- ~~~~~ nezářivá deaktivace
- Ab = absorpce
- VR = vibrační relaxace
- VP = vnitřní přeměna
- MSP = mezisystémový přechod
- FI = fluorescence
- Fo = fosforescence

Obrázek 5: Jablonského diagram.

Z obrázku je patrné, že existují dva typy excitovaných stavů – singletový (S_1 , S_2 , atd.) a tripletový (T_1 , T_2 , atd.). V singletovém stavu mají elektrony opačný spin, přičemž ve stavu tripletovém jsou spiny elektronů stejné. Proces deaktivace, tedy přechod z excitovaného do základního stavu (S_0), může být buď fyzikální, kdy se molekula vrací do základního stavu bez toho, aby se změnila její struktura, nebo chemický, kdy dochází k přeskupení chemických vazeb. K fyzikální deaktivaci dochází nezářivými či zářivými procesy. Do nezářivých procesů řadíme mezisystémový přechod (MSP) a vnitřní přeměnu (VP). Zářivými procesy je pak fluorescence a fosforescence. Při fluorescenci se nejprve molekula v excitovaném stavu částečně zbaví nadbytečné energie srážkami s okolními molekulami, čímž se dostane na nejnižší vibrační hladinu vzbuzeného stavu. Poté dojde ke spontánní emisi světelného kvanta a návratu do základního stavu. Jelikož část excitační energie byla odevzdána okolí, má emitované záření vyšší vlnovou délku než záření absorbované. Pokud se jedná o fluorescenci, emise světla nastává bezprostředně po absorpci. Oproti tomu fosforescence je jev, při kterém dochází k vyzařování světla i poměrně dlouhou dobu po excitaci. Jak je patrné z Obrázku 5, rozdíl mezi fluorescencí a fosforescencí spočívá v tom, že v prvním případě přechází elektron do základního stavu z excitovaného stavu singletového. V případě fosforescence však přechází elektron do základního stavu ze stavu tripletového. Fluorescence a fosforescence se společně nazývají luminiscencí, někdy označované jako "studené světlo", protože schopnost luminiscence – vyzařování světla – není podmíněna vysokou teplotou tělesa. /21/

Luminiscenci je možno rozdělit do několika typů podle zdroje excitace. U chemiluminiscence je zdrojem energie chemická reakce. Jednou z nejznámějších chemiluminiscenčních reakcí je reakce luminolu s peroxidem vodíku v alkalickém prostředí. Tuto reakci lze provést jako demonstrační pokus v hodinách chemie či fyziky, pro podrobnosti viz experimentální část. Bioluminiscence využívá energii z biochemických reakcí probíhajících v živých organismech. Často jde o reakce založené na přeměně luciferinu na oxiluciferin za přítomnosti ATP, Mg^{2+} iontů a enzymu luciferázy. Světélkování se objevuje u některých druhů bakterií, prvoků, plísní, hub, láčkovců, měkkýšů, červů, členovců, pláštěnců a ryb. Pro ilustraci méně známé bioluminiscence je přiloženo foto, kde je zachyceno světélkování jednobuněčných živočichů obrněnek u pobřeží Austrálie, viz Obrázek 6.



Obrázek 6: Bioluminiscence obrněnek (*Dinophyta*) u pobřeží Austrálie.

(zdroj: <http://edition.cnn.com/>)

Dobře známá je bioluminiscence brouků z čeledi světluškovitých – v naší přírodě se vyskytují 3 druhy světlušek, světluška větší, světluška menší a světluška krátkokřídlá. Bioluminiscence světlušky větší je patrná z fotografie (viz Obrázek 7).



Obrázek 7: Bioluminiscence světlušky větší (*Lampyris noctiluca*).

(zdroj: <https://www.flickr.com/>)

Dále se v České republice můžeme setkat se žížalou podhorskou, která při podráždění vylučuje hlen zářící na vzduchu. Z hlediska výuky na střední škole bývá v hodinách biologie zmiňována pouze bioluminiscence světlušek. Podle mého názoru by bylo vhodné tento jev zmínit i v jiných případech – například u kroužkovců (již zmíněná žížala podhorská) či ryb (hlubinné ryby, které využívají bioluminiscenci k lákání kořisti). Dalším typem luminiscence je luminiscence vyvolaná mechanickým působením, neboli triboluminiscence. Jsou uváděny různé pokusy demonstrující triboluminiscenci, které jsou často založeny na drcení krystalového cukru. Tento pokus a jeho obměny byly ověřovány v rámci praktické části této práce, nicméně ani jeden se neosvědčil. Existují ještě další druhy luminiscence, například elektroluminiscence, katodoluminiscence, krystaloluminiscence, apod., ale jelikož spadají spíše do oblasti fyziky, nebudou zde podrobněji rozvedeny. /21/

3.2.2.1 Fotochemické zákony

Bádání v oblasti fotochemických reakcí má poměrně dávný původ. Role světelného záření v mnohých chemických a biologických procesech byla známa dlouhou dobu. Jako příklad lze uvést postupné blednutí barevných materiálů, fotosyntézu probíhající v rostlinách či černání halogenidů stříbra. Nicméně až do roku 1817 byly výsledky bádání v této oblasti vyjadřovány pouze kvalitativně. Mezníkem byla formulace prvního a později také druhého fotochemického zákona.

Grotthus-Draperův zákon

Tento zákon, známý také jako první fotochemický zákon, byl poprvé zformulován na začátku 19. století německým chemikem Theodorem Grotthusem, který se kromě fotochemie zabýval také elektrolýzou. O něco později byl tento princip objeven také americkým vědcem britského původu, Johnem Williamem Draperem. První fotochemický zákon říká, že světlo může způsobit fotochemickou změnu soustavy pouze v případě, že je soustavou absorbováno. Absorpcí světelné energie se molekuly dostávají do elektronově excitovaného stavu, což je pro fotochemické reakce klíčové. Samozřejmě ale ne každá absorpce světla soustavou znamená automaticky fotochemickou změnu. /22/

Einsteinův zákon

Albert Einstein vyslovil tento tzv. druhý zákon fotochemický na počátku 20. století. Tento zákon udává, že jeden foton způsobí excitaci jedné molekuly. /23/ To znamená, že v daný moment může částice (molekula, atom, ion, atd.) přijmout pouze jeden foton. Mírou efektivity

konkrétní fotochemické reakce je veličina zvaná kvantový výtěžek (φ). Jedná se o poměr počtu přeměněných částic vzhledem k počtu absorbovaných fotonů (kvant). Kvantový výtěžek je definován rovnicí (3).

$$\varphi = \frac{N_P}{N_{hv}} \quad (3)$$

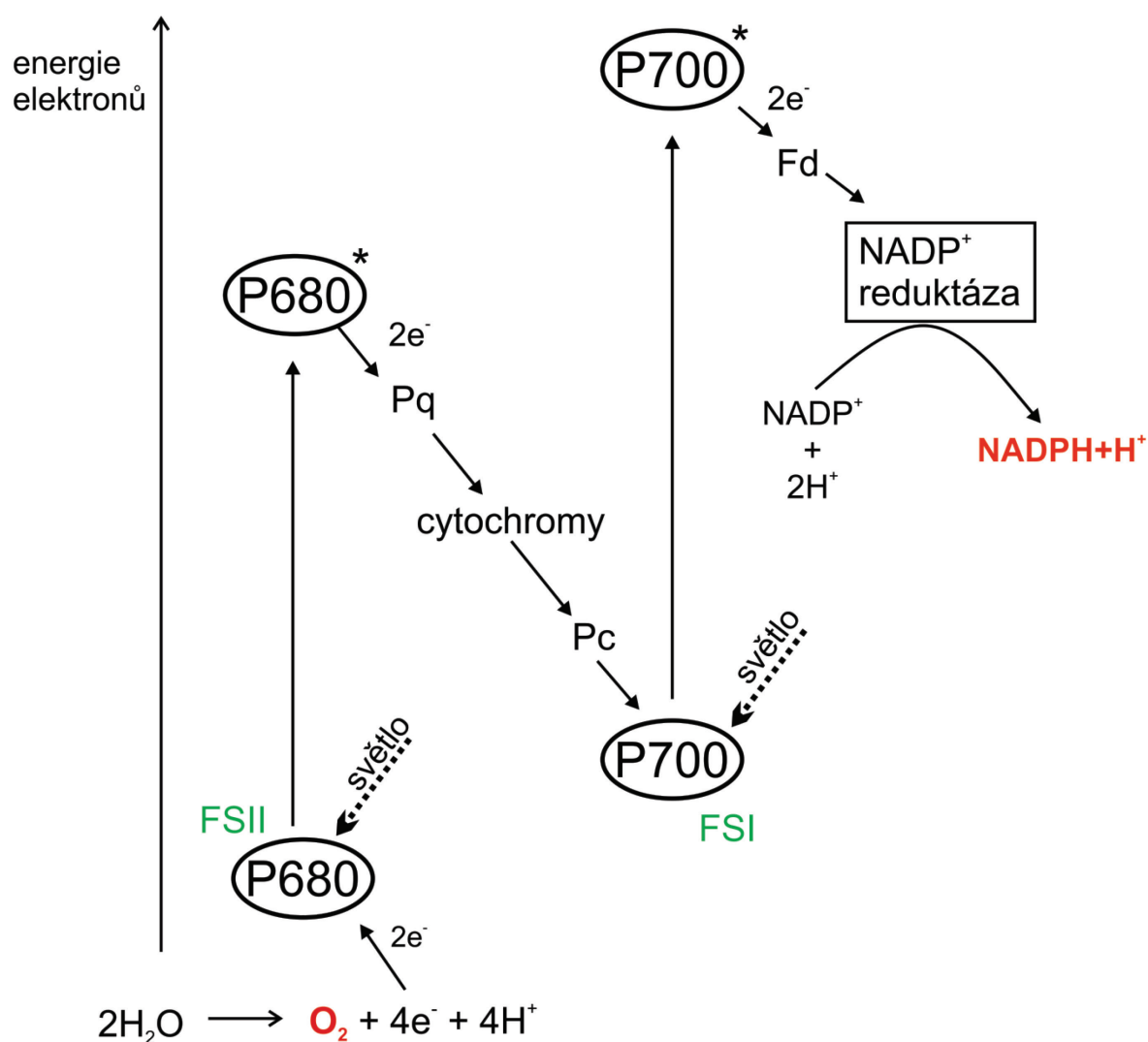
Kde N_P znamená počet molekul produktu a N_{hv} počet absorbovaných světelných kvant. Kvantový výtěžek může nabývat hodnot větších, ale také menších než jedna, neboť počet aktivovaných molekul se nemusí rovnat počtu molekul přeměněných. Hodnoty φ nižší než jedna jsou způsobeny tím, že část aktivovaných molekul ztrácí energii dříve, než má možnost chemicky reagovat. Hodnoty φ vyšší než jedna pak poukazují na reakce řetězcového charakteru, které zahajuje molekula aktivovaná absorpcí světla, což se objevuje například u polymerizačních reakcí. /22/

2.2.2.1 *Fotosyntéza*

Fotochemické reakce mají obrovský význam pro život na Zemi. Fotosyntéza je velmi úzce spjata s fotochemickými procesy. Jakožto hlavní způsob přeměny sluneční energie na energii chemických vazeb v organických sloučeninách představuje nejrozsáhlejší a nejdůležitější fotochemickou reakci na Zemi vůbec. Prakticky veškerý živý svět je na ní závislý, ať už přímo či nepřímo. Jedinou výjimkou jsou chemoautotrofní organismy, které získávají energii ke svému životu z chemických vazeb jednoduchých anorganických sloučenin. Veškeré další organismy čerpají energii ze slunečního záření. Organismy schopné fotosyntetizovat se nazývají fotoautotrofní a jedná se především o rostliny, řasy, sinice, ale také řadu bakterií. Tato skupina organismů produkuje uhlíkaté látky z jednoduchých anorganických molekul – vody a oxidu uhličitého. K fixaci uhlíku do větších celků využívají rostliny a jiní producenti světelnou energii. Produktem fotosyntézy je kromě cukrů také kyslík, na kterém jsou závislé takřka všechny životní formy na této planetě. /24/

Fotosyntéza probíhá u rostlin zejména v listech ve specializovaných dvoumembránových organelách nazývaných chloroplasty – struktura chloroplastů je patrná z obrázku, viz Obrázek 8. Vnitřní membrána je zřasená do tylakoidů, které se skládají do sloupců – tzv. gran. Prostor mezi membránami obsahuje hustou tekutinu – stroma.

Fotosyntéza představuje vysoce provázaný proces. Pro lepší pochopení a orientaci se však v rámci výuky rozděluje na dvě fáze, a to na fázi světelnou a fázi temnostní. Průběh světelné fáze je lokalizován ve vnitřní membráně chloroplastů a temnostní fáze probíhá ve stromatu. Během primárních pochodů, světelné fáze, dochází k zachycení světelné energie a excitaci zeleného barviva, chlorofylu. Na zachycení fotonů se však kromě chlorofylu podílí řada dalších barviv, která velmi efektivním způsobem zachycují fotony a zacilují je na molekulu chlorofylu. Jedná se o velmi složitý systém, který se souhrnně označuje pojmem "fotosystém". Rozeznáváme dva typy fotosystémů, které se vzájemně liší vlnovou délkou absorbovaného záření. Pohlcením fotonů dochází k vyražení elektronů z fotosystémů, elektrony jsou dále transportovány řadou přenašečů, přičemž konečným produktem primární fáze fotosyntézy je redukovaný $\text{NADPH} + \text{H}^+$, který funguje jako nosič energie. Chybějící elektrony doplňuje fotosystém I elektrony z fotosystému II a fotosystém II pak odtrhává elektrony vodě, čímž ji oxiduje za vzniku vodíkových protonů a kyslíku. Kyslík je tedy de facto odpadní produkt a odchází z rostliny ven průduchy v listech. /24, 25/ Světelná fáze fotosyntézy je pro přehlednost shrnuta ve schématu – viz Obrázek 10.



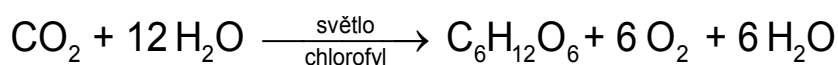
Obrázek 10: Schéma primárních procesů fotosyntézy.

Legenda: FS I – fotosystém I; FS II – fotosystém II; P680 – molekula chlorofylu absorbující světlo o vlnové délce 680 nm; P700 – molekula chlorofylu absorbující světlo o vlnové délce 700 nm; * označuje excitovaný stav; Pq – plastochinon; Pc – plastokyanin; Fd – ferredoxin; NADP – nikotinamidadeninindinukleotidfosfát

V temnostní fázi, nebo také sekundárních pochodech, dochází k fixaci uhlíku. Do fotosyntézy se v tomto stadiu zapojuje oxid uhličitý přijímaný rostlinou skrz průduchy v listech. Temnostní fáze představuje koloběh chemických reakcí, kterému se říká Calvinův cyklus. /26/ Je spotřebováván oxid uhličitý a dochází k produkci sacharidů, zejména hexózu. Ty jsou poté využity k produkci škrobu. Podle způsobu zapojování CO_2 do organické sloučeniny

rozdělujeme rostliny do tří typů – rostliny C₃, C₄ a CAM. Tyto rostliny jsou adaptovány na různé klimatické podmínky a mají různé teplotní optimum fotosyntézy. V našich zeměpisných šířkách nejvíce prosperují C₃ rostliny, které na rozdíl od C₄ a CAM nemají oddělen příjem oxidu uhličitého od Calvinova cyklu a jsou proto náchylnější k fotorespiraci. Toto má za následek vyšší energetické ztráty za teplot přesahujících optimum daného druhu. Jednotlivé typy fotosyntézy představují fyziologické adaptace rostlin na podmínky prostředí a představují velmi zajímavé téma propojující anatomii a fyziologii rostlin s ekologií a evoluční biologii. /24, 25/

Téměř ve všech učebnicích je celá fotosyntéza shrnuta do jedné chemické rovnice.



Jedná se nicméně o velmi hrubé zjednodušení. Jednak tato rovnice budí v žácích dojem, že hexóza vzniká přímo z oxidu uhličitého a vody, přitom však jde o velmi složitý proces, kdy světelná energie je nejprve přeměněna na energii chemickou a až poté využita k tvorbě cukrů. A za druhé, jako vznikající hexóza je většinou uváděna glukóza. Nutno podotknout, že během sekundárních pochodů vzniká velké množství různých cukrů, nicméně ani jeden z nich není glukóza. /27/ Přestože tato rovnice pravděpodobně z hodin biologie nevymizí, je podle mého názoru třeba žáky upozornit na její nedostatky.

Průběh a rychlost fotosyntézy závisí na několika faktorech. Kromě vnitřních faktorů rostliny (typ fotosyntézy, aktuální stav rostliny, atd.) sem patří faktory vnější - koncentrace CO₂, přísun vody, míra osvětlení a teplota. /25, 27/ Závislost průběhu fotosyntézy na osvětlení a teplotě, ale také produkci kyslíku a škrobu je možné demonstrovat experimenty č. 3.2.5 a 3.2.6, viz praktická část. Tyto pokusy jsou poměrně časově náročné, a proto je vhodné je zařadit do laboratorního cvičení z biologie, případně využít v přírodovědném kroužku či semináři.

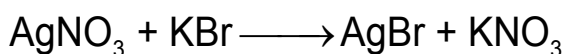
Fotosyntéza se v učivu střední školy objevuje několikrát v biologii a v chemii. Největší pozornost je jí samozřejmě věnována v biologii, a to zejména v prvním ročníku během tematického celku biologie rostlin. Bohužel žáci v této době ještě nemají řadu potřebných znalostí z chemie a fyziky, a tedy není možné se tímto velmi zajímavým tématem zabývat do hloubky. Dále je fotosyntéza zmiňována v posledním ročníku, kdy se žáci zabývají ekologií. Zde bývají stručně probírány různé typy fotosyntézy – C₃, C₄ a CAM v kontextu rostlin obývajících různá prostředí. V předmětu chemie se fotosyntéza objevuje povětšinou

ve třetím ročníku, který bývá zaměřen na organickou chemii a biochemii. Fotosyntéza jakožto anabolická dráha sacharidů je zařazena do učiva o metabolických pochodech a zmíněna již dříve u sacharidů. Jelikož chlorofyl obsahuje pyrrolová jádra, dozvídají se o něm žáci v předstihu v rámci kapitoly heterocyklické sloučeniny /13, 14, 15/

2.2.2.2 Černobílá fotografie

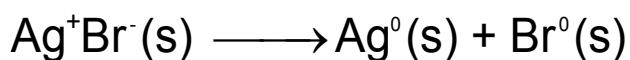
Využití černobílé fotografie je v dnešní době silně potlačeno digitálním způsobem focení, nicméně stále je možné se s ní setkat. Zejména umělci často zůstávají u klasického způsobu fotografování. Mezi amatérskými fotografy, hlavně z mladší generace také dochází k určité "renesanci" černobílé fotografie pořízené staršími typy přístrojů. Princip černobílé fotografie je zde zmiňován zejména proto, že se jedná nejspíše o nejznámější běžně využívanou fotochemickou reakci, která nechybí ani v učivu chemie na gymnáziích.

Světlocitlivé vrstvy využívané ve fotografických materiálech jsou tvořeny mikroskopickými krystaly halogenidů stříbra – zejména chloridu stříbrného nebo bromidu stříbrného. Tyto krystaly jsou zakotveny v želatině či jiném vhodném pojivu, jedná se tedy o suspenzi. Příprava fotografického filmu začíná srážením chloridu nebo bromidu stříbrného v roztoku želatiny dusičnanem stříbrným. Tento děj popisuje následující rovnice:



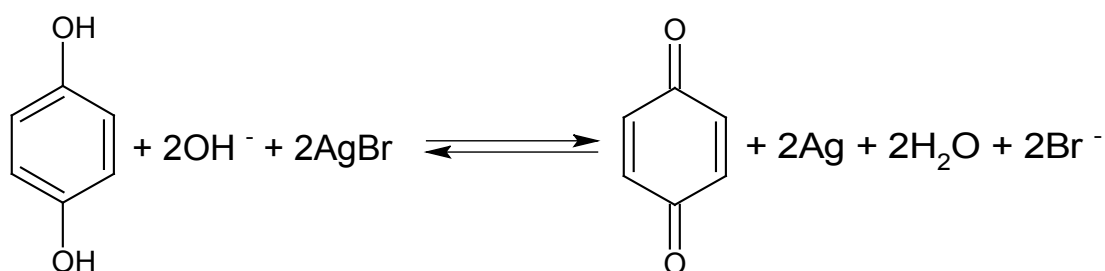
Srážení probíhá za stálého míchání a zvýšené teploty. Následuje fyzikální zrání suspenze, během něhož se krystaly zvětšují udržováním zvýšené teploty. Poté je gel strojem nakrájen na proužky a promýván vodou. Po chemickém zrání, kdy jsou ke směsi přidávány senzibilizátory zvyšující citlivost halogenidových krystalů ke světlu, jsou roztaveným gelem polévány filmové, případně papírové podložky nebo skleněné desky. Aby se světlocitlivý materiál neznehodnotil, probíhá samozřejmě celá tato výroba potmě. /28, 29/

Během vlastního pořizování fotografie dochází k osvětlení filmu, tzv. expozici. V osvětlených částech filmové vrstvy dochází k fotochemickému rozkladu chloridu stříbrného, případně bromidu stříbrného. Stříbrný ion se redukuje za vzniku elementárního stříbra, podle rovnice:



K této reakci dochází v různých místech filmu úměrně k množství dopadající světelné energie a vytváří se tzv. latentní obraz, který je nutné zviditelnit ponořením do vývojky. Vývojky

obsahují zejména organická redukční činidla jako například hydrochinon nebo pyrokatechol, dále ochranné látky, zabraňující oxidaci vývojky vzdušným kyslíkem (např. siřičitan sodný) a zásady. Během vyvíjení filmu dochází k redukci dalších stříbrných iontů a to zejména v místech, kde už je elementární stříbro vyredukovááno účinkem světla. Takto se obraz stává viditelným. Rovnice tohoto procesu je znázorněna níže. Jako vyvíječ (redukující) látka je uveden hydrochinon.



Vyvíječ proces je ale třeba včas zastavit, aby nedošlo ke zčernání celého filmu. Vyvíjení je ukončeno ponořením filmu do ustalovače a vypíráním vodou. Ustalování je založeno na převedení nezredukováného halogenidu stříbra do rozpustné formy. Často jde o tvorbu komplexních sloučenin stříbra a jako ustalovací látka je používán thiosíran sodný. Rozpustné produkty vyvolávání jsou z fotografického materiálu vymyty vodou a je získán negativní obraz. Výsledná fotografie, pozitivní obraz, se vytvoří „přefocení“ negativu na nový fotografický papír, jehož následné zpracování je stejné jako výše popsané zpracování negativu. /28, 29/

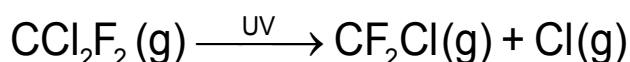
Princip černobílé fotografie je možné demonstrovat jednoduchým pokusem s chloridem stříbrným, který je popsán v experimentální části, viz experiment č. 3.2.7.

2.2.2.3 Rozklad molekul freonů

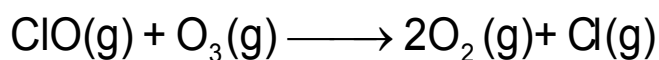
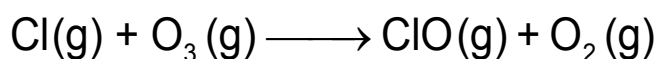
Významnou fotochemickou reakcí, která má výrazně negativní vliv na životní prostředí Země je rozklad freonů účinkem záření ve vyšších vrstvách atmosféry. Ačkoliv se kvůli jejich dopadu na ozonovou vrstvu přestaly už před lety používat, škody jimi způsobené jsou stále patrné. /30/ Freony jsou halogenderiváty nižších uhlovodíků obsahujících jako substituenty chlor i fluor. Jako příklad jsou uvedeny tři zástupci – freon 12 (systematický název: dichlordifluormethan), freon 22 (systematický název: difluorchlormethan) a freon 113 (systematický název: 1,1,2-trichlor-1,2,2-difluorethan).

Freony se vyznačují vysokou chemickou stabilitou a byly dříve hojně používány v chladicích zařízeních, dále jako hnací plyny do sprejů a jako hasicí prostředky. Posléze ale bylo zjištěno,

že mají výrazně negativní vliv na ozonovou vrstvu atmosféry Země a bylo od jejich použití upuštěno. Ozonová vrstva vytváří ochranu pro živé organismy proti vysokoenergetickému záření přicházejícímu z kosmického prostoru, proto je velmi důležitá nejen pro lidstvo. Jelikož do spodních vrstev atmosféry proniknou pouze fotony s poměrně nízkou energií, jsou zde freony stabilní a stoupají chemicky nepozměněny do vyšších vrstev. Tam se již vyskytují fotony s energií dostatečnou k rozštěpení molekul freonů. Účinkem UV záření je z molekuly freonu odštěpen velmi reaktivní chlorový radikál – viz reakce níže (v reakci je použit freon 12, ale obdobně reagují i ostatní freony).



Chlorový radikál následně atakuje molekulu ozonu za vzniku nestabilního oxidu chlornatého a klasického dvouatomového kyslíku. Oxid chlorný poté může reagovat s další molekulou ozonu, opět za tvorby dvouatomového kyslíku a chlorového radikálu, který vstupuje do dalších reakcí až do té doby, dokud se nesrazí s dalším chlorovým radikálem a nedojde k rekombinaci. /31, 32/



Takovýmto způsobem dokáže jedna molekula freonu zničit obrovské množství molekul ozonu. Důsledkem je ubývání ozonové vrstvy a pronikání většího množství UV záření na Zemský povrch. Protože UV záření je ve velkém množství škodlivé, může být pro člověka závažným důsledkem zvýšená incidence rakoviny kůže v postižených oblastech. /33, 34/

2.2.2.4 *Změny v DNA*

Významný fotochemický proces probíhá účinkem UV záření i v lidské kůži. Dochází ke změnám v molekulách DNA, kdy se tvoří pyrimidinové dimery. Deoxyribonukleová kyselina je složena z molekul cukru deoxy-D-ribosy spojených přes zbytky kyseliny fosforečné. Na cukernou kostru jsou napojeny dusíkaté báze, které se dělí podle strukturního základu na báze purinové (adenin, guanin) a báze pyrimidinové (thymin, cytosin). DNA je tvořena dvěma řetězci, které jsou spojeny vodíkovými můstky mezi dvěma komplementárními dusíkatými bázemi, přičemž vždy se páruje purinová báze s pyrimidinovou. Účinkem UV záření dochází ke vzniku pyrimidinových dimerů, nejčastěji se jedná o dimery thyminové. Toto má za následek špatné párování bází během transkripce a replikace DNA a může vyústit v mutace, případně v rakovinné bujení. Nicméně většina

takovýchto změn v DNA je opravena – existuje řada reparačních mechanismů, na kterých se podílí enzymy. Zajímavým procesem je reparační mechanismus "fotoreaktivace", kdy dochází účinkem viditelného záření k aktivaci enzymu fotolyázy, která katalyzuje vlastní rozpojení dimerů. Tedy škody způsobené UV zářením jsou napraveny vlivem viditelného záření. /35/

Ačkoliv zdravé tělo má řadu způsobů, jak se vyrovnat se škodlivými změnami způsobenými ultrafialovým zářením, nadměrné slunění zvyšuje riziko vzniku rakoviny kůže. Zejména doba kolem poledne není příliš vhodná k opalování. Náchylnost souvisí také s genetickými předpoklady, dalšími rizikovými faktory a barvou kůže jedince – lidé se světlou kůží, či extrémně, albiní, jsou vystaveni většímu nebezpečí. Protože se jedná o poznatek důležitý pro běžný život, měl by být zdůrazněn žákům v hodinách biologie – a to v rámci biologie člověka, nejlépe během kapitoly tělní pokryv, případně v rámci genetiky. V chemii i fyzice je možné tento jev zmínit také, a to v rámci celků týkajících se světla či fotochemických reakcí, případně v rámci biochemie v učivu o nukleových kyselinách. /33, 34/

2.2.3 Fotochemie ve výuce na střední škole

V rámci této práce byla provedena analýza učebnic chemie pro střední školy, a to jednak z hlediska jejich celkové didaktické vybavenosti, jednak z pohledu zastoupení fotochemie a fotochemických reakcí v probíraném učivu. Dále byly za účelem zjišťování toho, které poznatky z oboru fotochemie jsou vyučovány v rámci chemie na středních školách použity školní vzdělávací programy některých gymnázií v Olomouckém kraji. Jednalo se konkrétně o gymnázium Olomouc - Hejčín, Slovanské gymnázium a gymnázium Jana Opletala v Litovli. Dále byly využity i zkušenosti z vlastní školní docházky.

V českých středoškolských učebnicích, stejně jako ve školních vzdělávacích programech jsou účinky světla na průběh chemického děje zmiňovány povětšinou pouze v rámci anorganické chemie během učiva o halogenidech stříbra. Nicméně je vhodné uvést, že v učebnici Chemie I pro gymnázia od Vratislava Flemra a Bohuslava Duška je fotochemii věnován samostatný odstavec v rámci tematického celku obecná chemie. V učivu o halogenidech stříbra jsou žáci většinou seznámeni s principem černobílé fotografie. /36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51/ Světlocitlivost bromidu a chloridu stříbrného by proto měla být většině žáků známa. Vzhledem k stále řidšímu využívání klasického způsobu fotografování jeho nahrazení digitální fotografií je možné, že také tato kapitola zmizí ze středoškolské výuky.

Dále se žáci s tématem fotochemie setkávají během učiva o fotosyntéze, a to jak v chemii, tak v biologii. V chemii se fotosyntéza objevuje v rámci biochemie, zpravidla ve třetím nebo čtvrtém ročníku, jakožto anabolická dráha sacharidů. Obvykle však není kladen důraz na roli světla, spíše na fixaci uhlíku v rámci Calvinova cyklu. V biologii se žáci s fotosyntézou setkávají dříve, většinou již v prvním ročníku v tematickém celku biologie rostlin. Jsou seznámeni s interakcí fotonů s fotosystémy I a II a následným přenosem uvolněných elektronů přes transportní systémy. Fotosyntéza představuje velmi vhodnou příležitost pro propojení znalostí z biologie, chemie i fyziky. Bylo by vhodné upozornit žáky na skutečnost, že prakticky veškerá energie využívaná životními formami na Zemi pochází ze světelného záření a Slunce tak představuje nejdůležitější zdroj energie pro veškeré procesy. K tomuto tématu existují velmi zajímavé experimenty, které jsou rozvedeny v praktické části. Pomocí nich je možné demonstrovat tvorbu škrobu, pro kterou je nezbytný přísun energie v podobě světla, dále pak závislost intenzity fotosyntézy na teplotě okolí. /36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51/

Vzhledem k důležitosti fotochemických reakcí by možná bylo vhodné uvádět v rámci výuky chemie i jiné příklady. Kvůli environmentální zátěži, kterou představují freony, by bylo zajímavé rozvést chemii procesů odehrávajících se ve vyšších vrstvách atmosféry. Konkrétně toto učivo spadá do organické chemie – halogenderivátů uhlovodíků, a tedy obvykle do třetího ročníku gymnázií. Dalším významným faktem je vliv UV záření na strukturu molekul DNA. Vlivem chemických změn vyvolaných excitací pyrimidinových bází může dojít ke vzniku mutací až rakovinného bujení kůže. Tento v jádru fotochemický proces má v praxi neblahé důsledky pro lidské zdraví, a proto by na něj měli být žáci upozorněni, nejlépe v rámci biologie člověka nebo genetiky.

V rámci předložené diplomové práce byl dále vypracován a rozeslán dotazník zkoumající, v jakém rozsahu je fotochemie zastoupena v učivu chemie na gymnáziích. Dotazník hodnotil také míru využití fotochemických experimentů, výšku finanční podpory, kterou učitelé chemie obdrží ze strany školy a to, jak často pedagogové navštěvují se svými žáky mimoškolní události týkající se chemie. Dotazník byl rozeslán učitelům chemie na gymnáziích v Olomouckém kraji. Bohužel počet respondentů byl tak nízký, že znemožnil objektivní zhodnocení průzkumu. Pro úplnost je však dotazník uveden na další straně.

Tento dotazník slouží ke zmapování zastoupení fotochemie ve výuce na středních školách, zejména na gymnáziích. Výsledky tohoto průzkumu budou použity v diplomové práci Lucie Šimkové, Fotochemie - experimenty využitelné a realizovatelné v rámci výuky přírodních věd na středních školách, zpracovávané na Katedře anorganické chemie, Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

- 1) Kolik času věnujete tématu fotochemie ve výuce?
 - a) více než 1 vyučovací hodinu
 - b) 1 vyučovací hodinu
 - c) toto téma pouze zmíním
 - d) toto téma vůbec neprobírám
 - e) jiná odpověď: _____

- 2) Zařazujete do výuky fotochemické experimenty? (Například k demonstraci luminiscenčních jevů.)
 - a) ano
 - b) zřídka kdy
 - c) vůbec ne

- 3) Pokud fotochemické experimenty nepoužíváte ve výuce vůbec, uveďte prosím důvod:
 - a) potřebné chemikálie jsou finančně nedostupné
 - b) z bezpečnostních důvodů
 - c) nevhodné vybavení školy
 - d) podle mého názoru není fotochemie pro žáky důležitá
 - e) jiná odpověď: _____

- 4) Jakou částkou Vám přispívá škola na přístrojové vybavení chemické laboratoře a chemikálie?
 - a) od školy nedostávám žádnou finanční podporu
 - b) škola přispívá ročně přibližně částkou _____

- 5) Účastníte se s žáky chemických olympiád a mimoškolních událostí, pořádaných jinými vzdělávacími institucemi (např. Univerzita Palackého, Pevnost poznání, apod.)?
 - a) ano, pravidelně
 - b) ano, občas
 - c) vůbec ne

Mnohokrát Vám děkuji za Váš čas.

2.2.3.1 Didaktická analýza učebnic chemie pro střední školy

Učebnice jsou nedílnou součástí výukového procesu. Pro učitele představují oporu a inspiraci při tvorbě příprav k vyučovacím hodinám. Práce s učebnicí by měla být zařazena i do samotné vyučovací hodiny, aby se žáci naučili pracovat samostatně, vyhledávat informace v textu, řešit úlohy, apod. Pro žáky by pak učebnice měla být prostředkem a oporou při samostudiu, případně by měla představovat zdroj informací v případě, že učitelův výklad je pro žáka z nějakého důvodu nesrozumitelný či nedostačující.

Je obtížné hodnotit učebnice čistě objektivním způsobem. Každý pedagog má jiné představy o tom, jak by měla učebnice vypadat, které učivo a v jakém rozsahu by v ní mělo být zařazeno. Stejně tak každému žákovi vyhovuje jiný styl a jiné uspořádání učebnice v závislosti na jeho psychologických specifikách. Nicméně, jako objektivní způsob zhodnocení byla použita metoda Jana Průchy, která je popsána v jeho publikaci *Učebnice: Teorie a analýzy edukačního média*. /52/ Samozřejmě ale ani tato metoda nemůže být stoprocentně objektivní. Protože se tato diplomová práce zabývá fotochemií, bylo kromě celkového zhodnocení didaktické vybavenosti učebnic provedeno stejným způsobem také zhodnocení kapitol věnovaných fotochemii. U každé analyzované učebnice je také slovně zhodnoceno zachycení této problematiky. Kromě určení koeficientů didaktické vybavenosti podle Jana Průchy je také ke každé učebnici či sadě učebnic uveden komentář zachycující osobní názor autorky této práce.

Jan Průcha ve své knize rozvádí metodu, která umožňuje stanovit celkovou didaktickou vybavenost jakékoliv učebnice. Jeho metoda spočívá ve zhodnocení 36 komponentů, přičemž se hodnotí pouze to, zda je daný prvek v učebnici použit nebo ne – nehodnotíme četnost jeho použití. Každý komponent zastává určitou didaktickou funkci. Rozlišujeme dvě skupiny komponentů podle formy vyjádření, a to verbální a obrazové. Celkově je pak všech 36 komponentů rozděleno do tří oddílů, aparátů. Všechny komponenty jsou uvedeny v tabulce spolu s údaji o jejich výskytu v analyzovaných učebnicích, viz Tabulka 1. Ze získaných údajů jsou následně vypočteny jednotlivé dílčí koeficienty a celkový koeficient didaktické vybavenosti učebnice (E). Všechny koeficienty představují procentuální podíl počtu komponentů použitých v dané učebnici z celkového počtu možných komponentů. Všechny koeficienty vypočítané pro analyzované učebnice jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 1: Didaktická vybavenost učebnic chemie pro střední školy.

Komponenty	Učebnice								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
APARÁT PREZENTACE UČIVA									
Verbální komponenty									
výkladový text prostý	1	1	1	1	1	1	1	1	1
výkladový text zpřehledněný	1	1	1	1	1	1	1	1	1
shrnutí učiva k celému ročníku	0	0	0	0	0	0	0	0	0
shrnutí učiva k tématům	0	0	0	0	1	0	0	0	1
shrnutí učiva k předchozímu ročníku	0	0	0	0	0	0	0	0	0
doplňující texty	0	0	0	0	1	1	1	1	0
poznámky a vysvětlivky	1	1	1	1	1	1	1	1	1
podtexty k vyobrazěním	0	0	1	1	1	1	1	1	1
slovníčky pojmů, cizích slov aj.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Obrazové komponenty									
umělecká ilustrace	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nauková ilustrace	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fotografie	0	0	0	1	1	0	1	1	1
mapy, kartogramy, plánky, grafy, diagramy aj.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
obrazová prezentace barevná	0	1	1	1	1	0	1	1	1
APARÁT ŘÍDÍCÍ UČENÍ									
Verbální komponenty									
předmluva	1	1	1	1	1	1	1	1	1
návod k práci s učebnicí	1	1	0	1	1	1	1	1	1
stimulace celková	0	0	1	1	1	0	1	0	1
stimulace detailní	0	0	0	0	1	0	1	0	1
odlišení úrovní učiva	1	1	1	1	0	1	1	1	1
otázky a úkoly za témata, lekcemi	1	0	0	1	1	0	1	1	1
otázky a úkoly k celému ročníku	0	0	0	0	0	0	0	0	0
otázky a úkoly k předchozímu ročníku	0	0	0	0	0	0	0	0	0
instrukce k úkolům komplexnější povahy	0	0	0	1	1	0	0	0	1
náměty pro mimoškolní činnosti s využitím učiva	0	0	0	0	0	0	0	0	0
explicitní vyjádření cílů učení pro žáky	0	0	0	0	0	0	0	0	0
prostředky a/nebo instrukce k sebehodnocení pro žáky	0	0	0	0	0	0	0	0	1
výsledky úkolů a cvičení	1	1	0	1	0	1	0	1	1
odkazy na jiné zdroje informací	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Obrazové komponenty									
grafické symboly vyznačující určité části textu	0	1	0	1	1	0	0	0	1
užití zvláštní barvy pro určité části verbálního textu	0	1	1	1	1	1	0	1	1
užití zvláštního písma pro určité části verbálního textu	1	1	1	1	1	1	1	1	1
využití přední nebo zadní obálky pro schémata, tabulky aj.	0	1	1	1	0	0	0	0	1

Tabulka 1 – pokračování

APARÁT ORIENTAČNÍ									
Verbální komponenty									
obsah učebnice	1	1	1	1	1	1	1	1	1
členění učebnice na tematické bloky, kapitoly, lekce aj.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
marginálie, výhmaty, živá záhlaví aj.	0	1	0	0	1	0	1	1	1
rejstřík	1	1	1	1	1	0	1	1	1

Tabulka 2: Koeficienty didaktické vybavenosti učebnic chemie pro střední školy (údaje jsou uvedeny v %).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
E I	35,7	42,9	50,0	57,1	71,4	50,0	64,3	64,3	64,3
E II	33,3	44,4	38,9	66,7	50,0	38,9	38,9	38,9	72,2
E III	75,0	100,0	75,0	75,0	100,0	50,0	100,0	100,0	100,0
E _v	40,7	40,7	40,7	55,6	59,3	44,4	55,6	51,9	66,7
E _o	33,3	77,8	66,7	88,9	77,8	44,4	55,6	66,7	88,9
E	38,9	50,0	47,2	63,9	63,9	44,4	55,6	55,6	72,2

E I – koeficient využití prezentace učiva

E II – koeficient využití řízení učení

E III – koeficient využití orientace

E_v – koeficient využití verbálních komponentů

E_o – koeficient využití obrazových komponentů

E – celkový koeficient didaktické vybavenosti učebnice

Stejným způsobem jako bylo provedeno hodnocení didaktické vybavenosti učebnic chemie pro střední školy, byla provedena analýza didaktické vybavenosti kapitol věnovaných fotochemii. V potaz byly brány pouze učebnice, které se fotochemií zabývají obecně a zmiňují v samostatné kapitole. Výsledky tohoto hodnocení jsou uvedeny v Tabulkách 3 a 4.

Tabulka 3: Didaktická vybavenost kapitol věnovaných fotochemii

Komponenty	Učebnice								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
APARÁT PREZENTACE UČIVA									
Verbální komponenty									
výkladový text prostý	0	0	0	1	0	0	0	0	0
výkladový text zřehledněný	0	0	0	1	0	0	0	0	0
shrnutí učiva k celému ročníku	0	0	0	0	0	0	0	0	0
shrnutí učiva k tématům	0	0	0	0	0	0	0	0	0
shrnutí učiva k předchozímu ročníku	0	0	0	0	0	0	0	0	0
doplňující texty	0	0	0	0	0	0	0	0	0
poznámky a vysvětlivky	0	0	0	0	0	0	0	0	0
podtexty k vyobrazěním	0	0	0	1	0	0	0	0	0
slovníčky pojmů, cizích slov aj.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Obrazové komponenty									
umělecká ilustrace	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nauková ilustrace	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fotografie	0	0	0	1	0	0	0	0	0
mapy, kartogramy, plánky, grafy, diagramy aj.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
obrazová prezentace barevná	0	0	0	0	0	0	0	0	0
APARÁT ŘÍDÍCÍ UČENÍ									
Verbální komponenty									
předmluva	0	0	0	1	0	0	0	0	0
návod k práci s učebnicí	0	0	0	1	0	0	0	0	0
stimulace celková	0	0	0	1	0	0	0	0	0
stimulace detailní	0	0	0	0	0	0	0	0	0
odlišení úrovní učiva	0	0	0	1	0	0	0	0	0
otázky a úkoly za témata, lekcemi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
otázky a úkoly k celému ročníku	0	0	0	0	0	0	0	0	0
otázky a úkoly k předchozímu ročníku	0	0	0	0	0	0	0	0	0
instrukce k úkolům komplexnější povahy	0	0	0	0	0	0	0	0	0
náměty pro mimoškolní činnosti s využitím učiva	0	0	0	0	0	0	0	0	0
explicitní vyjádření cílů učení pro žáky	0	0	0	0	0	0	0	0	0
prostředky a/nebo instrukce k sebehodnocení pro žáky	0	0	0	0	0	0	0	0	0
výsledky úkolů a cvičení	0	0	0	0	0	0	0	0	0
odkazy na jiné zdroje informací	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Obrazové komponenty									0
grafické symboly vyznačující určité části textu	0	0	0	0	0	0	0	0	0
užití zvláštní barvy pro určité části verbálního textu	0	0	0	0	0	0	0	0	0
užití zvláštního písma pro určité části verbálního textu	0	0	0	1	0	0	0	0	0
využití přední nebo zadní obálky pro schémata, tabulky aj.	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabulka 3 – pokračování

APARÁT ORIENTAČNÍ									
Verbální komponenty									
obsah učebnice	0	0	0	1	0	0	0	0	0
členění učebnice na tematické bloky, kapitoly, lekce aj.	0	0	0	1	0	0	0	0	0
marginálie, výhmaty, živá záhlaví aj.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
rejstřík	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabulka 4: Koeficienty didaktické vybavenosti kapitol zabývajících se fotochemií ve středoškolských učebnicích chemie (údaje jsou uvedeny v %).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
E I	0,0	0,0	0,0	35,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
E II	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
E III	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
E _v	0,0	0,0	0,0	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
E _o	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
E	0,0	0,0	0,0	38,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

E I – koeficient využití prezentace učiva

E II – koeficient využití řízení učení

E III – koeficient využití orientace

E_v – koeficient využití verbálních komponentů

E_o – koeficient využití obrazových komponentů

E – celkový koeficient didaktické vybavenosti učebnice

Z tabulky lze vyčíst, že situace je velmi slabá. Fotochemie či fotochemické reakce jsou jako samostatný celek uvedeny pouze v jediné z analyzovaných středoškolských učebnic – v prvním díle Chemie pro gymnázia od Vratislava Flemra a Bohuslava Dušku. V ostatních učebnicích je téma fotochemie více či méně zmíněno v kapitolách o stříbře a v biochemii. Nutno dodat, že některé učebnice jsou z tohoto hlediska kvalitnější než jiné. Za zmínku stojí zejména sada od nakladatelství Scientia, ve které je velmi pěkným způsobem podán fotografický proces, včetně návrhu experimentu. Dále jsou fotochemické reakce více zmiňovány v britské učebnici Chemistry in context a v učebnici rakouské.

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

Chemie pro čtyřletá gymnázia: 1. díl

AUTOŘI: Aleš Mareček, Jaroslav Honza

NAKLADATELSTVÍ: Olomouc

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1998, Olomouc

VYDÁNÍ: 3.

ISBN: 80-7182-055-5



Chemie pro čtyřletá gymnázia: 2. díl

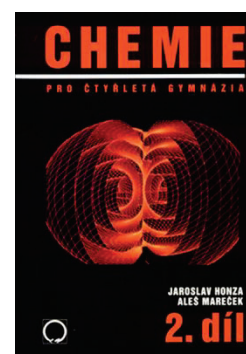
AUTOŘI: Jaroslav Honza, Aleš Mareček

NAKLADATELSTVÍ: Olomouc

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1996, Olomouc

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 80-902200-4-5



Chemie pro čtyřletá gymnázia: 3. díl

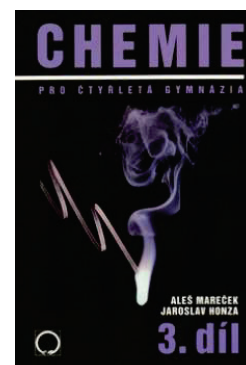
AUTOŘI: Aleš Mareček, Jaroslav Honza

NAKLADATELSTVÍ: Olomouc

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 2000, Olomouc

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 80-7182-057-1



Tato publikace má tři díly a je poměrně široce využívána na gymnáziích v České republice, ačkoliv není na seznamu učebnic schválených MŠMT. Její celkový koeficient didaktické vybavenosti vyšel poměrně nízký, pouhých 38,9 %. Osobně považuji tuto učebnici za rozsahově postačující, ale pro žáky velmi neatraktivní. Nejsou v ní použity žádné barvy, a to ani v textu, ani v ilustracích. Dále chybí jakékoliv shrnutí na konci kapitol. Na druhou stranu hodnotím kladně zařazení otázek a úloh na závěr každé kapitoly a výsledky uvedené na konci učebnice.

Problematika fotochemie je v této sadě učebnic uvedena ve druhém dílu zabývajícím se anorganickou chemií. Konkrétně je zde popsán fotografický proces včetně výroby světlocitlivého materiálu. Text je poměrně stručný, ale v porovnání s ostatními učebnicemi se

problematikou zabývá podrobněji. Fotografický proces je zařazen do podkapitoly věnované sloučeninám stříbra. Další zmínku o účasti světla na průběhu chemické reakce nalezneme na konci třetího dílu v rámci kapitoly o metabolismu sacharidů. Zde je poměrně podrobně rozebrána fotosyntéza – rozsahově zabírá celých 8 stran textu.

Tato sada učebnic se vyznačuje věcným, avšak neatraktivním podáním učiva. Informací se žákům dostane v porovnání s ostatními učebnicemi poměrně hodně, nicméně si nemyslím, že by žáci tyto učebnice otevírali se zájmem.

2) Odmaturuj! z chemie

Odmaturuj! z chemie

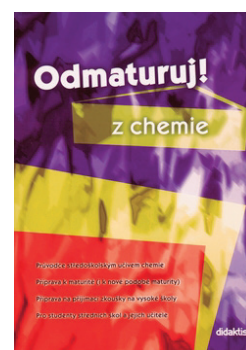
AUTOŘI: Marika Benešová, Hana Satrapová

NAKLADATELSTVÍ: Didaktis

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 2002, Brno

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 80-86285-56-1



Celkový koeficient didaktické vybavenosti této učebnice vyšel podle mé analýzy na 50 %. Z obsahového hlediska se jedná o velmi stručnou publikaci, která zachycuje to nejdůležitější z učiva chemie na gymnáziu. V této učebnici se podle mého názoru žák velmi snadno zorientuje. Dále hodnotím pozitivně zajímavosti a poznámky uváděné při okrajích stránek. Zcela ovšem chybí shrnutí učiva, otázky a úkoly k danému tématu a návody k experimentům. Dále tato učebnice obsahuje pouze malé množství schémat a obrázků. Tato publikace nebyla schválena MŠMT.

Téma fotochemie se opět objevuje pouze v podkapitole o sloučeninách stříbra. V porovnání s předchozí publikací se ale jedná o velmi stručný odstavec o fotografickém procesu. Dále je v poslední kapitole učebnice – metabolismus – zmíněna účast světelné energie v procesu fotosyntézy.

Odmaturuj! z chemie představuje stručný přehled učiva chemie pro gymnázia, který lze dobře využít k základní přípravě na maturitní zkoušku. Jsou zde obsaženy veškeré základní poznatky, nicméně žáci s větším než průměrným zájmem o chemii potřebují zřejmě nahlédnout také do jiných publikací.

3) Přehled středoškolské chemie

Přehled středoškolské chemie

AUTOŘI: Jiří Vacík, Jana Barthová, Josef Pacák,

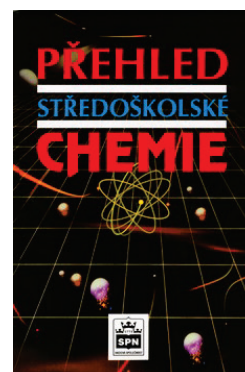
Bohuslav Strauch, Miloslava Svobodová, František Zemánek

NAKLADATELSTVÍ: SPN

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1999, Praha

VYDÁNÍ: 4.

ISBN: 80-7235-108-7



Tato jednodílná publikace shrnuje veškeré učivo chemie na gymnáziu. Celkový koeficient didaktické vybavenosti dosáhl 47,2 %. Ačkoliv v této učebnici chybí řada důležitých didaktických prvků – jako například otázky a úkoly v závěru kapitol a shrnutí učiva – osobně ji považuji jako poměrně zdařilou. Rozsahově je více než dostačující a může tvořit dobrou oporu pro žáky, kteří mají o chemii zájem a případně se připravují k maturitě nebo přijímacím zkouškám na vysokou školu. Pozitivně hodnotím přehlednost a věcnost této publikace. Dále mne zaujal seznam významných vědců, který je uveden v zadní části knihy. U každé osobnosti jsou uvedena životní data a stručně popsány jejich úspěchy. Tato publikace je zařazena na seznam středoškolských učebnic chemie schválených MŠMT. Z fotochemických reakcí je jako obvykle uvedeno černání bromidu stříbrného a princip černobílé fotografie.

Tento přehled středoškolské chemie je, dle mého názoru, velmi vhodný pro žáky, kteří se připravují na přijímací a maturitní zkoušky. Co se týče množství informací, je tato učebnice poměrně obsáhlá na to, že se jedná o jednodílnou publikaci.

4) Chemie I a II pro gymnázia

Chemie /obecná a anorganická/ I pro gymnázia

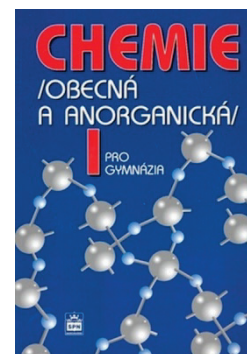
AUTOŘI: Vratislav Flemr, Bohuslav Dušek

NAKLADATELSTVÍ: SPN

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 2001, Praha

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 80-7235-147-8



Chemie /organická a biochemie/ II pro gymnázia

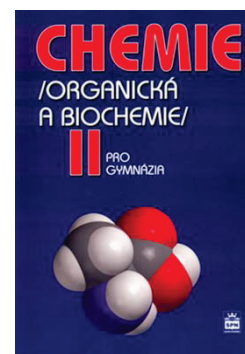
AUTOŘI: Karel Kolář, Milan Kodíček, Jiří Pospíšil

NAKLADATELSTVÍ: SPN

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 2005, Praha

VYDÁNÍ: 2.

ISBN: 80-7235-283-0



Tato dvoudílná sada učebnic pro gymnázia je podle mých výpočtů nejlépe didakticky vybavenou českou učebnicí z hodnocených publikací. Celkový koeficient didaktické vybavenosti má hodnotu 63,9 %. K hlavním kladům této publikace patří přehlednost, návody k chemickým experimentům a četné zajímavosti zařazené do textu. Osobně jsem tuto učebnici používala během pedagogické praxe a pro mne osobně není příliš vhodná. Nevyhovuje mi příliš řazení některých témat a téměř úplně chybějící chemické výpočty. Samozřejmě ale záleží na osobních preferencích. Z negativních aspektů bych uvedla zejména chybějící shrnutí učiva. Tato publikace má schvalovací doložku MŠMT.

Na rozdíl od ostatních zkoumaných učebnic je tématu fotochemie věnován vlastní odstavec v rámci kapitoly o chemických reakcích a formách reakční energie. Na tomto místě je opět popsán princip fotografického procesu a zmíněna fotosyntéza.

Celkově tato sada učebnic obsahuje velké množství zajímavostí a informací navíc, což může sloužit nejen žákům, ale též pedagogům jakožto inspirace. Nicméně posloupnost jednotlivých kapitol je občas nepřilíš vhodná a během probírání chemických výpočtů musí učitelé nutně využít ještě jinou učebnici.

5) Chemie pro střední školy 1a, 1b, 2a, 2b

Chemie pro střední školy 1a

AUTOŘI: Werner Eisner, Rüdiger Fladt, Paul Gietz,

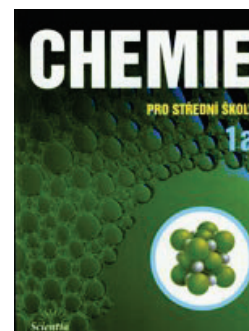
Klaus Laitenberger, Werner Schierle

NAKLADATELSTVÍ: Scientia

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1996, Praha

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 80-7183-043-7



Chemie pro střední školy 1b

AUTOŘI: Werner Eisner, Rüdiger Fladt, Paul Gietz, Axel Justus,

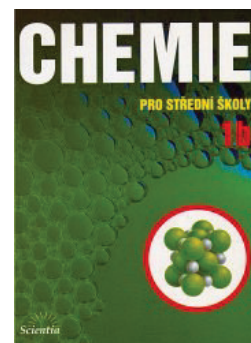
Klaus Laitenberger, Werner Schierle

NAKLADATELSTVÍ: Scientia

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1997, Praha

VYDÁNÍ: 2.

ISBN: 80-7183-051-8



Chemie pro střední školy 2a

AUTOŘI: Wolfgang Amann, Werner Eisner, Paul Gietz,

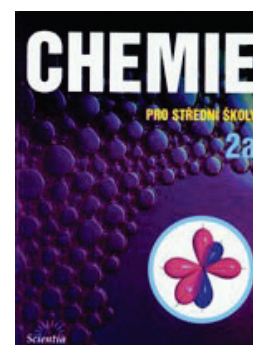
Josef Maier, Werner Schierle, Reiner Stein

NAKLADATELSTVÍ: Scientia

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1998, Praha

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 80-7183-078-X



Chemie pro střední školy 2b

AUTOŘI: Wolfgang Amann, Werner Eisner, Paul Gietz,

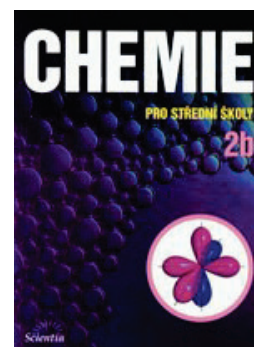
Josef Maier, Werner Schierle, Reiner Stein

NAKLADATELSTVÍ: Scientia

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 2000, Praha

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 80-7183-079-8



Tato čtyřdílná sada učebnic představuje český překlad původem německé učebnice pro střední školy. Její didaktická vybavenost je dobrá, celkový koeficient byl stanoven na 63,89 %, což je druhá nejvyšší naměřená hodnota. Podle mého názoru se jedná o kvalitní učebnici pro střední školy. Zejména pozitivně oceňuji její přehlednost, velké množství obrázků, úlohy a návody k chemickým experimentům u textu. Celkově působí všechny díly této sady atraktivně. Před každou kapitolou je vždy úvodní motivační text, což mi přijde vhodné. Jediný, avšak poměrně závažný, nedostatek jsou chybějící správné odpovědi k úlohám, což znemožňuje žákům zkontrolovat svoje výsledky.

Problematika fotochemie je rozvedena jako obvykle v kapitole pojednávající o halogenidech stříbra. Fotografický proces je velmi dopodrobna popsán, celý text je doplněn schématem a obrázky. Kapitola je dále doplněna návody k experimentům, jedná se o obdobné experimenty jako pokus č. 3.2.7 v experimentální části této práce. Naproti tomu fotosyntéza není podrobněji rozvedena, pouze v kapitole o komplexních sloučeninách je zmíněna absorpce světla molekulou chlorofylu.

Tato sada učebnic působí velmi atraktivně díky použití barev v textu, velkému množství obrazové dokumentace a motivačním článkům na začátku každé kapitoly. V porovnání s původně českými učebnicemi se pro žáky jeví mnohem vstřícnější. Přesto ale není na středních školách příliš používána.

6) Chemie v kostce I a II

Chemie I v kostce

AUTOŘI: Bohumil Kotlík, Květoslava Růžičková

NAKLADATELSTVÍ: Fragment

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1996, Praha

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 80-7200-056-X



Chemie II v kostce

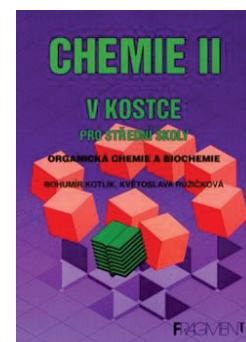
AUTOŘI: Bohumil Kotlík, Květoslava Růžičková

NAKLADATELSTVÍ: Fragment

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 2004, Praha

VYDÁNÍ: 3.

ISBN: 80-7200-761-0



Celkový koeficient didaktické vybavenosti byl u této dvoudílné sady učebnic stanoven na 44,4 %, což poměrně nízká hodnota. Podle mého názoru odpovídá kvalitě učebnice. Ačkoliv se jedná o přehlednou publikaci, zcela zde chybí barevná obrazová dokumentace, shrnutí učiva. Celkově učebnice působí pro žáky nepřitažlivě, alespoň podle mého názoru. Kladně hodnotím velké množství úloh zařazených na konec učebnice spolu se správnými odpověďmi. Co se týče fotochemie, je v této sadě učebnic zmíněn pouze fotografický proces a to velmi zběžně. Stejně jako v jiných publikacích se toto téma objevuje v kapitole o stříbře.

Tato dvoudílná sada učebnic se vyznačuje přehledností a věcností. Neobsahuje téměř žádné informace navíc a představuje tedy základní publikaci pro přípravu na maturitní zkoušku. Nicméně vzhledem k nedostačujícímu množství a názornosti obrázků mohou být některé kapitoly pro žáky hůře pochopitelné.

7) Chemistry in context

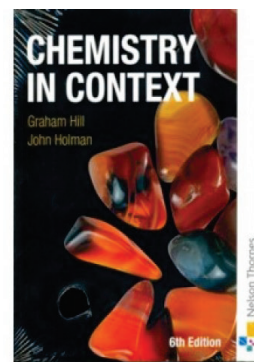
AUTOŘI: Graham Hill, John Holman

NAKLADATELSTVÍ: Nelson Thornes

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 2011, London

VYDÁNÍ: 6.

ISBN: 978-1-4085-1496-2



Tato učebnice je jednou ze tří zahraničních publikací analyzovaných v rámci této diplomové práce. Celkový koeficient didaktické vybavenosti byl stanoven na 55,6 %, což je v porovnání s českými učebnicemi poměrně dobrý výsledek. Osobně tuto učebnici hodnotím velmi kladně. Oceňuji zejména její přehlednost a barevné provedení s poměrně velkým množstvím barevných schémat i fotografií. Dále hodnotím pozitivně zařazení krátkých otázek a úkolů ihned k textu při okrajích stránky. Nechybí ani opakovací otázky na konci každé kapitoly, kterými si žáci mohou ověřit zvládnutí daného učiva. Naopak ale zcela chybí shrnutí učiva a návody k praktickým experimentům, což považuji za nedostatek. Také postrádám v učebnici správné odpovědi k opakovacím otázkám – odpovědi jsou dostupné na webových stránkách, ale myslím, že by bylo vhodné je zařadit na konec učebnice.

Co se týče zakotvení učiva o fotochemii, je účinku světla na chemický děj věnován odstavec v kapitole o faktorech ovlivňujících reakční rychlost. Opět je zmíněna fotosyntéza a fotochemická redukce stříbra v černobílé fotografii. U obou reakcí se zdůrazňuje vliv intenzity světla na jejich průběh. Vliv světla na rychlost chemické reakce je dále zmíněn v rámci anorganické chemie v kapitole o halogenech. Konkrétně je uvedena reakce chlóru s vodíkem, která probíhá pod přímým slunečním světlem až explozivně, zatímco v zatemněné místnosti je její rychlost poměrně malá. Poslední zmínku o fotochemii je možné nalézt v organické chemii v kapitole o alkanech, kde je uvedena radikálová substituce chlóru na metan iniciovaná UV zářením. /53/

Tato jednoduchá učebnice chemie je přehledná, názorná a pro žáky atraktivní. Je patrná snaha autorů o propojení studia chemie s běžným životem. I v našem školství by tato publikace mohla být zajímavým doplněním pro nadané žáky. Vzhledem k nutnosti pracovat s anglicky psanou literaturou během studia na vysoké škole může být tato učebnice také přípravou na budoucí nároky.

8) Chemie 1 und 2 für die Oberstufe

AUTOŘI: Januschewsky, Jarisch

NAKLADATELSTVÍ: Franz Deuticke Verlagsgesellschaft

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1988, Wien

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 3-7005-7000-7

Tato dvoudílná sada učebnic byla vydána v Rakousku. Celkový koeficient didaktické vybavenosti je 55,6 %, což je poměrně vysoká hodnota v porovnání s českými učebnicemi. Osobně se mi tato publikace velmi líbí. Oceňuji na ní zejména vysoký stupeň uspořádanosti a dobrou přehlednost, dále pak je text dobře srozumitelný a věcný. Pozitivně hodnotím také velmi dobrou a hojnou obrazovou dokumentaci včetně fotografií a kontrolní otázky za kapitolami. Postrádám pouze shrnutí učiva.

Světlo a jeho účinek na průběh chemického děje je v této učebnici zmíněn několikrát. Světlo a jeho podstata je rozebrána v úvodu kapitoly zabývající se kvantovou teorií a elektronovým obalem. Jsou zmíněny účinky jednotlivých typů záření – např. tmavnutí fotografického filmu, vyšší prokrvení kůže účinkem infračerveného záření či poškození buněk vlivem gama paprsků. V druhém díle věnovaném organické chemii je zmíněna role UV záření při bromaci alkanů, dále je zde vysvětlen princip barevnosti látek a velmi důkladně objasněna fotosyntéza. Překvapilo mne, že je zcela vypuštěn princip fotografického procesu, který se, alespoň ve zkratce, objevuje prakticky ve všech českých učebnicích v anorganické chemii. /54/

Tato rakouská publikace vyniká svojí přehledností a věcností. Díky dostatečnému množství a kvalitě obrazové dokumentace je názorná a na žáky musí působit poměrně přitažlivě.

9) Chimie 1^{re} S

AUTOŘI: Adolphe Tomasino, Marc Fauris, Chantal Lorrin, Henri Sliwa

NAKLADATELSTVÍ: Nathan

ROK A MÍSTO VYDÁNÍ: 1994, Paris

VYDÁNÍ: 1.

ISBN: 209 172240-5

Tato francouzská učebnice chemie je dle mého názoru velmi zdařilá. Její celkový koeficient didaktické vybavenosti byl stanoven na 72,2 %, což je poměrně vysoké číslo. Myslím si, že se tato učebnice dá označit jako atraktivní pro žáky i pro učitele. Zejména kladně hodnotím shrnutí učiva za každou kapitolou, množství barevných ilustrací, barevné zvýraznění definic a příklady z praxe uvedené v margináliích. Dále jsou na konci každé kapitoly návrhy experimentů, což považuji za výrazný klad této publikace. Tato učebnice je ve srovnání s českými publikacemi poměrně netradičně uspořádána. Učivo není rozděleno na celky obecná, anorganická, organická chemie a biochemie, spíše na celky zabývajícími se různými tématy z obecné chemie. V rámci těchto témat jsou pak informace o anorganických sloučeninách. Organické chemii jsou věnovány pouze dvě kapitoly.

Vzhledem k poměrně velké stručnosti této publikace, co se týče obsahu učiva, fotochemie jako samostatný obor není zmíněna vůbec. Rozvedena je pouze fotosyntéza, a to jen v jednom větším odstavci. Na fotosyntézu je zde pohlíženo jako na způsob přeměny světelné energie na energii chemickou. Je zdůrazněn fakt, že celková chemická energie produktů (sacharidu a kyslíku) je vyšší než celková energie výchozích látek (oxidu uhličitého a vody), z čehož vyplývá, že výchozím látkám musela být dodána energie. Fotosyntéza je součástí kapitoly o chemických reakcích a energii. /55/

Tato publikace působí velmi atraktivně, je zde velké množství fotografií a barevných obrázků. Dále jsou v ní velmi dobře zpracovány experimentální úlohy a shrnutí učiva. Nicméně co se týče obsahu učiva, jedná se o poměrně stručnou publikaci. Učivo je zde rozděleno jiným způsobem než v učebnicích českých.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této práce shromažďuje a modifikuje experimenty využitelné při výuce na střední škole, a to jak experimenty fotochemické, tak pokusy demonstrující luminiscenční jevy či některé vlastnosti světla. V závěru této části byly vypracovány přípravy dvou vyučovacích hodin na téma světlo a fotochemie. Fotochemických experimentů lze nalézt celou řadu, ale bohužel jsou k nim často potřebné velmi drahé chemikálie. Z důvodu obtížné realizovatelnosti proto nebyly zařazeny. V případě hlubšího zájmu a nadprůměrných finančních prostředků se mohou pedagogové inspirovat v knihách demonstračních experimentů pro učitele sestavených americkým profesorem chemie Bassamem Shakashirim, případně na jeho webových stránkách. /56, 57/

Chemie je stejně jako biologie a zejména fyzika vědou založenou na pozorování a experimentování. Přírodovědný experiment by proto měl být už ve školním prostředí nedílnou součástí žákova poznávání. Na středních průmyslových školách chemických je provádění pokusů běžnou záležitostí a praktickým cvičením je věnováno poměrně velké množství hodin. Na těchto školách jsou žáci zevrubně seznámeni s jednotlivými obory chemie i s řadou experimentálních metod. Jiná situace je na gymnáziích, kde je vzhledem k všeobecnému zaměření časová dotace pro přírodovědné předměty omezena. Nicméně i pedagogové působící na gymnáziích by měli mít na paměti, že shlédnutí, či ještě lépe vlastní provedení vhodných pokusů představuje pro žáky praktickou zkušenost, která je nenahraditelná jakýmkoliv studiem teorie.

Školní pokusy představují, jak už bylo řečeno, významnou součást výuky přírodních věd a zastávají ve vyučovací hodině nejen motivační, ale také informativní funkci. Experimenty prováděné ve školním prostředí by měly být časově, materiálně a finančně nenáročné a měly by poskytovat spolehlivé výsledky. Pokusy příliš obtížné či vyžadující drahé chemikálie může učitel provádět sám a během práce vysvětlovat žákům princip daného experimentu – jedná se o tzv. pokusy demonstrační. Pokusy prováděné samotnými žáky pod dozorem učitele označujeme jako žakovské experimenty.

Co se týče fotochemických experimentů ve školách, velmi zajímavou možností praktických demonstrací představují předem připravené soupravy, které je možné zakoupit od brněnské firmy CF Plus Chemicals s.r.o., jejich produkty jsou prezentovány na internetové stránce

<http://www.chemieasvetlo.cz/>. Tato firma nabízí celkem tři typy školních souprav – Economy, Standard a Professional. Sady jsou ve formě přenosného balení, viz Obrázek 11.



Obrázek 11: Školní souprava „Chemie a světlo“ (zdroj: <http://www.chemieasvetlo.cz/>).

Soupravy obsahují veškeré chemikálie a pomůcky potřebné k provedení velmi atraktivních fotochemických a luminiscenčních experimentů. Oproti sadě Economy obsahuje sada Standard více chemiluminiscenčních barviv, vzorky fluoreskujících přírodnin a větší množství chemikálií, z čehož lze vyvozovat větší počet možných experimentů. Sada Professional je rozšířena ještě výrazněji – například o pokusy demonstrující triboluminiscenci a fotosyntézu. Z pochopitelných důvodů výrobci neuvádějí konkrétní složení daných souprav. Bohužel je pořízení i té nejlevnější soupravy velmi finančně náročné a pro běžné pedagogy podle mého názoru obtížně realizovatelné. Ceny se pohybují od 5 500 Kč za základní sadu až po 30 000 Kč za sadu Professional.

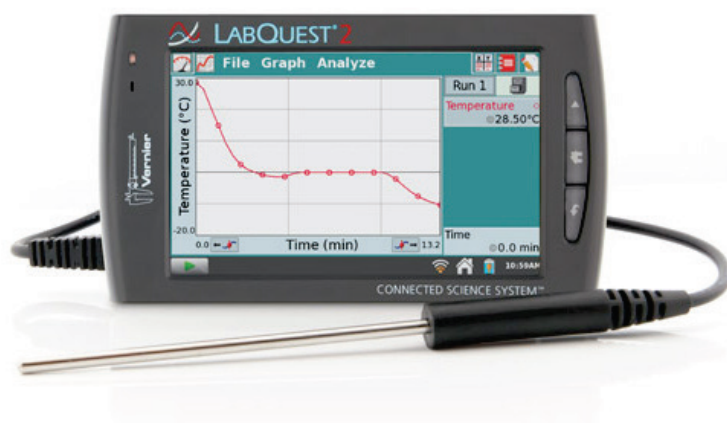
3.1 Seznam pomůcek a chemikálií

Pro realizaci praktické části této diplomové práce byly využity následující pomůcky a chemikálie. U chemikálií není záměrně uvedena čistota, protože by u školních pokusů neměla hrát významnou roli. Školy nemají většinou k dispozici chemikálie o vysoké čistotě.

Pro uvedené experimenty je často potřebný zdroj UV světla, proto je vhodné na úvod zmínit možnosti jeho pořízení. Nejvhodnější je zakoupit UV lampu, kterou lze pořídit ve velmi širokém cenovém rozpětí. Pro školní prostředí je zřejmě nejpříjemnější pořídit UV lampu na kontrolu bankovek, jejíž cena se pohybuje od 200 do 700 Kč. Výhodou této lampy je cenová

dostupnost a snadná manipulace. V rámci této práce byla používána UV lampa pro kontrolu bankovek (money detektor, 6 W).

V rámci rozšíření experimentu č. 3.2.3 (pohlcování světelné energie plastelínou) byl používán měřicí systém Vernier, konkrétně datalogger LabQuest2 a teplotní čidlo, viz Obrázek 12. Jedná se o měřicí zařízení opatřené několika typy čidel, přičemž v rámci této práce bylo používáno čidlo teplotní. Dále je u tohoto systému k dispozici jednoduchý software, který umožňuje vyhodnocení výsledků a jejich export do jiných tabulkových procesorů.



Obrázek 12: Datalogger LabQuest2 (zdroj: <https://www.vernier.com/>).

3.1.1 Seznam pomůcek

- UV lampa (money detektor, 6 W)
- Stolní lampy (výkon 20 W a 25 W)
- Plexisklo
- Podnos
- Filtrační papír
- Plastelína
- Měřicí systém Vernier (datalogger LabQuest 2 + teplotní čidlo)
- Plastové kyvety
- Tvrdý neprůhledný papír
- Izolepa
- Stojan
- Svorky
- Kleště
- Kapesní svítilna
- Malá sklenice s uzávěrem
- Neprůsvitná lepicí páska
- Rostliny (pelargonie; vodní rostlina; vlašovičnick, jírovec maďal)
- Černý PE sáček
- Kancelářské sponky
- Kádinky

- Petriho misky
- Skleněné tyčinky
- Skleněné nálevky
- Špejle
- Zkumavky
- Skleněné vany
- Ochranné rukavice
- Papír
- Skleněné desky
- Fotoaparát
- Svítící tyčinky
- Zavařovací sklenice
- Pipeta
- Váhy
- Spirálový chladič
- Baňka
- Skleněná trubice
- Kahan
- Vata
- Nůžky
- Pasteurova pipeta nebo rozprašovač

3.1.2 Seznam chemikálií

- Led
- Potravinářské barvivo práškové
- Destilovaná voda
- Ethanol
- Lugolův roztok
- Hydrogenuhličitan sodný
- Dusičnan stříbrný
- Chlorid sodný
- Vazelína
- Cukr krystal
- luminol
- hydroxid sodný
- hexakynoželezitan draselný
- Peroxid vodíku (30%)
- Červený fosfor
- Nonahdrát chloridu železitého
- Dihydrát kyseliny šťavelové

3.2 Experimenty využitelné ve výuce na střední škole

Do této kapitoly je zařazeno celkem 14 experimentů. Všechny lze využít v rámci výuky chemie na středních školách, avšak některé z nich jsou vhodnější pro výuku ostatních přírodovědných oborů, například fyziky a biologie. Pokusy využitelné zejména v chemii jsou tyto: fotoredukce halogenidu stříbra, neviditelná zpráva, svítící tyčinky, chemiluminiscence luminolu, fluorescence bílého fosforu, fluorescence rostlinných barviv a modrotisk. Další experimenty jsou vhodnější spíše pro hodiny fyziky, konkrétně se jedná o pokusy filtrování neviditelného záření, špinavá sněhová koule, pohlcování světelné energie plastelínou a „optické vlákno“. Zbylé dva experimenty se zabývají fotosyntézou (důkaz syntézy škrobu v závislosti na intenzitě osvětlení a závislost na teplotě) a mají velmi úzký vztah k biologii. Jako první jsou zařazeny pokusy, které nevyžadují žádné zvláštní vybavení a žáci je mohou bezpečně a s minimálními náklady provádět i doma. Jedná se povětšinou o experimenty demonstrující některé vlastnosti světla, jsou tedy vhodné pro výuku chemie a fyziky. Vzhledem k vysokým nárokům na bezpečnost žáků bude pravděpodobně důležitost takovýchto nenáročných pokusů stoupat.

3.2.1 Filtrování neviditelného záření

Lidské oko je schopno zachytit pouze záření o vlnových délkách 430 až 690 nm, proto je tato část spektra označována jako viditelná. Samozřejmě ale existují záření o jiných vlnových délkách, které lidský mozek spolu s okem nedokáže transformovat na obrazovou informaci. To však neznamená, že by tato záření neměla na lidský organismus vliv. Při působení ultrafialového záření na kůži dochází ke složité fotochemické reakci a stimulaci melanocytů (buňky produkující kožní barvivo melanin). Lidská kůže tak získává pobytem na slunci tmavší odstín. V kůži se dále nacházejí receptory uzpůsobené k detekci infračerveného záření, které vnímáme jako teplo. Za zmínku stojí, že u hadů jsou receptory infračerveného záření seskupeny na hlavě do samostatných „orgánů“. Hadi jsou takto schopni citlivě vnímat také pohyb zdroje IČ záření. V mozku se jim de facto vytváří infračervený „obraz“, čehož využívají při lovu kořisti. /58/ Infračervenou složku v záření obyčejné stolní lampy lze demonstrovat jednoduchým experimentem popsáním níže. Žáci mohou pokus provádět bez obav i doma.

Tento experiment lze také zařadit do běžné vyučovací hodiny, protože je časově nenáročný a vyžaduje minimální přípravu. Bezpečnostní rizika nejsou.

Pomůcky:	stolní lampa (zde 20 W), kus průhledné umělé hmoty (plexisklo)
Postup:	Lampu zapneme a podržíme ruku asi 10 cm od žárovky. Poté vezmeme plexisklo a umístíme ho před lampu, přičemž ruku dáme do stejné vzdálenosti jako předtím. Pozorujeme změny.
Pozorování:	Pokud na ruku dopadá ničím nezměněné záření z lampy, cítíme teplo. Pokud před lampu umístíme plexisklo, teplo je zřetelně menší.
Vysvětlení:	Stolní lampa nevydává pouze záření z viditelné oblasti spektra, ale také záření infračervené, které vnímáme jako teplo díky speciálně uzpůsobeným receptorům v kůži.
Využitelné v předmětu:	Fyzika – v rámci učiva o elektromagnetickém záření, zejména jako doprovodný experiment pro výklad o spektru elektromagnetického záření (2. nebo 3. ročník) Biologie – v rámci biologie člověka (smysly, případně tělní pokrýv), obvykle ve 3. ročníku
Zdroj:	/59/

3.2.2 Špinavá sněhová koule

Fakt, že tělesa různých barev pohlcují různé množství viditelného záření, může být žákům zřejmý už ze skutečnosti, že na slunci se nejrychleji a nejvíce ohřívají předměty černé barvy. Toto je patrné zejména u černého oblečení v letním období. Tento jev souvisí s tím, že předměty různých barev pohlcují záření o různých vlnových délkách. Vlnová délka je nepřímo úměrná energii záření. Předměty, které pohlcují záření všech vlnových délek spadajících do viditelné oblasti spektra, se nám jeví jako černé. Naopak předměty, které všechno viditelné záření odrážejí, se nám jeví jako bílé. Množství a energie pohlceného záření je přímo úměrné energii, která je danému tělesu předána. Toto zvýšení energie způsobí zvýšení kinetické energie částic, což se nám jeví jako nárůst teploty. Jednoduchým experimentem se dvěma kostkami ledu posypanými černým a bílým potravinářským barvivem lze demonstrovat rozdíl v absorpci světla. Názornější demonstraci umožňuje pak pokus č. 3.2.3.

Tento pokus je možné zahrnout do běžné výuky. Problémem může být fakt, že je potřeba led. Tedy je nutné provést demonstraci na začátku hodiny, aby se led nerozpustil. Případně využít

pomoci kolegy, který by led v pravou chvíli donesl do třídy. Učitel by samozřejmě neměl opouštět během vyučovací hodiny třídu.

Pomůcky:	stolní lampa, podnos nebo deska, 2 kostky ledu, práškové potravinářské barvivo (bílé a černé)
Postup:	Na podnos položíme 2 kostky ledu, jednu posypeme bílým a druhou černým potravinářským barvivem. Nad kostkami ledu rozsvítíme lampu a pozorujeme změny.
Pozorování:	Pokud na ruku dopadá ničím nezměněné záření z lampy, cítíme teplo. Pokud před lampu umístíme plexisklo, teplo je zřetelně menší.
Vysvětlení:	Tělesa různých barev pohlcují a odrážejí světelné záření o různých vlnových délkách a přijímají tak různé množství energie. Bílá tělesa prakticky veškeré viditelné světlo odrážejí, zatímco černá tělesa naopak pohlcují celé viditelné spektrum – tím dostává "černá" kostka ledu výrazně více energie, rychleji se ohřívá a rozpouští.
Využitelné v předmětu:	Fyzika – tematický celek světlo Chemie – v rámci organické chemie v učivu o barvivech, případně u výkladu o barevnosti látek v rámci jiného celku Biologie – v rámci biologie člověka (lidské smysly – zrak), obvykle ve 3. ročníku
Zdroj:	/59/

Modifikací tohoto postupu je následující experiment, který demonstruje pohlcování světelné energie plastelínou různých barev. Oproti ledovým kostkám má plastelína výhodu v tom, že netaje a nezanechává tak nepořádek. Dále je pomocí teploměrů možno přímo měřit rostoucí teplotu různě barevných plastelín a výsledky zaznamenávat, případně zpracovat do přehledného grafu.

3.2.3 Pohlcování světelné energie plastelínou

Absorpci světelné energie různě barevnými tělesy je možné předvést i propracovanějším způsobem. V rámci této práce byl uvedený pokus proveden dvěma způsoby. Jednodušší verze vyžaduje pouze minimální technické vybavení – kromě plastelíny je potřeba pouze stolní lampa a několik teploměrů. Dále bylo provedeno přesnější měření pomocí experimentálního systému Vernier. Ačkoliv většina škol zřejmě nemá tento systém k dispozici, není pro běžného pedagoga nedosažitelný. Produkty firmy Vernier jsou určeny pro výuku přírodovědných disciplín, finančně jsou poměrně dostupné a jejich ovládání je jednoduché.

Experiment, konkrétně jeho jednodušší provedení s teploměry, je lehce proveditelný ve vyučovací hodině standardního typu. Od učitele vyžaduje pouze přípravu kousků plastelíny stejné hmotnosti a tvaru. Pokus je možné nainstalovat, nechat působit světlo lampy na plastelínu a v pravidelných intervalech odečítat naměřené teploty. Vhodné je do měření zapojit žáky. Bezpečnostní rizika jsou zde minimální – je třeba dbát pouze opatrné manipulace se rtuťovými teploměry. Toto měření je samozřejmě možné zařadit také do laboratorního cvičení z chemie, nebo možná lépe z fyziky. Pedagog poté může uložit žákům za úkol zpracovat výsledky měření do grafu, čímž se budou rozvíjet jejich dovednosti s tabulkovými editory.

Je třeba podotknout, že barevnost látek není zakotvena ani v rámcovém, ani ve vybraných školních vzdělávacích programech. /13, 14, 15, 60/ Přesto se jedná o poměrně významné téma, které by měl učitel žákům objasnit – a to zejména v chemii nebo ve fyzice, případně v obou předmětech. Může tak učinit například v rámci vyučovací hodiny věnované světlu či barvivům.

Pomůcky:	stolní lampa (pro toto měření byla použita lampa o výkonu 20 W), filtrační papír, teploměry, plastelína různých barev (v tomto provedení byla použita plastelína od výrobce KOH-I-NOOR HARDTMUTH a.s.)
Postup:	Z plastelíny různých barev odvážíme kousky o stejné hmotnosti. (Zde bylo použito 12 g.) Z těchto kousků vytvarujeme pomocí rukou a pravítka či tvrdého papíru čtverce stejného tvaru a velikosti. Poté do každého čtverce zapíchneme teploměr, opatrně, aby nedošlo k příliš velké deformaci. Čtverce plastelíny položíme k sobě pod lampu. Pro kontrolu k plastelínám přidáme i volný teploměr. Odečteme a zaznamenáme teplotu ze všech

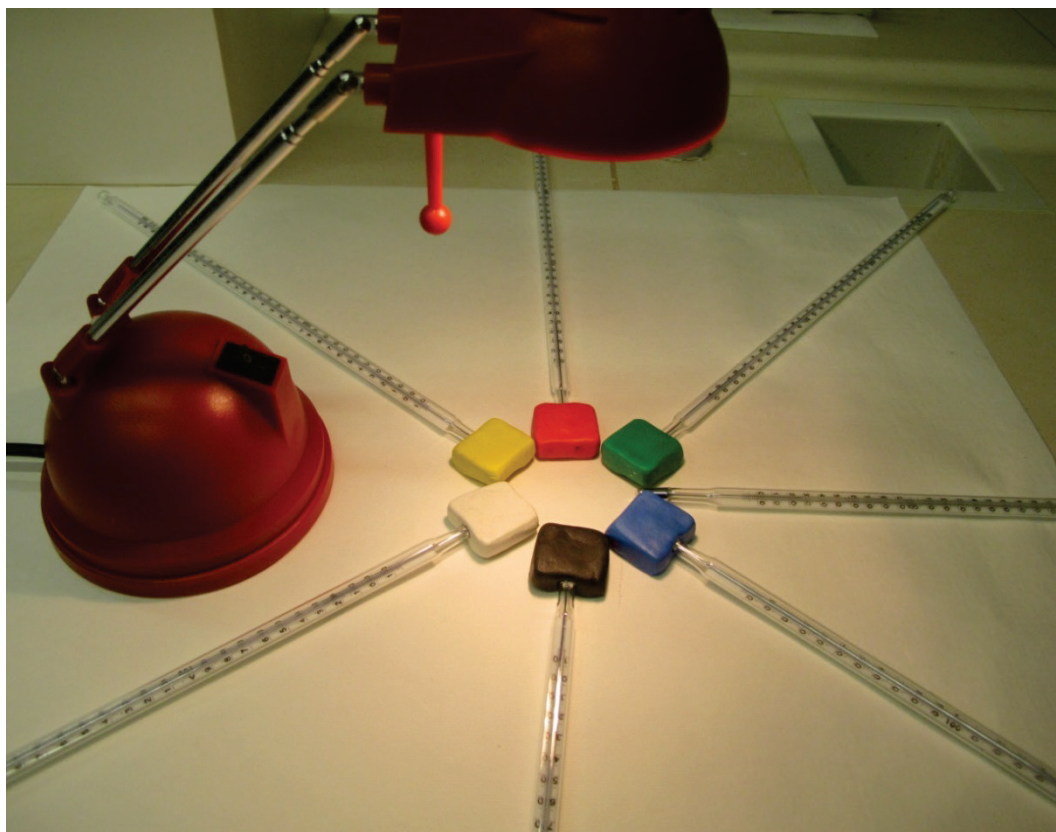
	<p>teploměrů. Lampu rozsvítíme, ujistíme se, že jsou všechny kousky plastelíny osvětleny stejnou měrou. Pro toto měření byla zvolena vzdálenost 17 cm mezi lampou a vzorky. Uspořádání pokusu je patrné z Obrázku 14. V intervalech 10 minut zjišťujeme hodnoty teplot. Na konci měření výsledky vyhodnotíme a vyneseme do grafu. Porovnáme nárůst teploty u jednotlivých barev. Pro lepší názornost je možné odečítat teplotu v kratších časových intervalech (zde byl použit interval 6 minut). Pokud ale chceme tento pokus zařadit do standardní vyučovací hodiny, je lépe využít variantu s desetiminutovým intervalem, aby byl prostor pro výklad učiva.</p>
<p>Pozorování:</p>	<p>Z výsledků zpracovaných formou grafu jsou vidět rozdíly v nárůstu teploty, který odráží množství pohlcené energie u plastelín různých barev. Rozdíl je patrný zejména při porovnání bílé a černé barvy. Teplota černé plastelíny stoupá nejrychleji a dosahuje nejvyšší hodnoty. Situace u bílé plastelíny je zřetelně odlišná, viz Obrázek 15 a 16. V rámci tohoto měření není patrný rozdíl mezi bílou, žlutou, červenou a zelenou barvou. Proto je přiložen ještě graf z jiného měření, kde jsou rozdíly lépe viditelné (viz Obrázek 17). V tomto měření však nebyl použit jako kontrola volný teploměr.</p>
<p>Vysvětlení:</p>	<p>Světlo vydávané lampou je pohlcováno plastelínou a mění se na kinetickou energii částic, teplo. Ohřívání plastelíny je zaznamenáváno teploměry a liší se v závislosti na barvě plastelíny. To je dáno tím, že látky různých barev pohlcují světlo o různých vlnových délkách. Vlnová délka je nepřímo úměrná energii světelného záření, a tedy záření o kratší vlnové délce způsobí větší nárůst teploty. Černá tělesa záření všech vlnových délek z viditelné oblasti pohlcují, a proto se jejich teplota zvyšuje nejrychleji. Naopak tělesa bílé barvy by měla veškeré světlo odrážet, a proto jejich teplota stoupá pouze pozvolna. Barevné těleso pohlcuje převážně světlo o vlnové délce odpovídající určité barvě, světlo zbylých vlnových délek pak dopadá do našeho oka a my těleso vnímáme v tzv. doplňkové barvě. Například pokud těleso pohlcuje světlo o vlnové délce cca 500 – 570 nm odpovídající zelené barvě, vidíme toto těleso jako červené. Pro ilustraci doplňkových barev viz Obrázek 13. Je možné předpovídat pořadí barev podle toho, jak se budou vlivem pohlcování světla ohřívát. Protože ale tento pokus nedává pro toto porovnání spolehlivé výsledky, je možná vhodnější od</p>

	takovýchto detailů upustit a soustředit se na to, že mezi barvami jsou patrné jisté rozdíly, zejména pak mezi černou a bílou.
Využitelné v předmětu:	Fyzika – tematický celek světlo (2. či 3. ročník) Chemie – v rámci organické chemie v učivu o barvivech (obvykle 3. ročník), případně u výkladu o barevnosti látek v rámci jiného celku (například v rámci základních vlastností látek v obecné chemii v 1. ročníku) Biologie – v rámci biologie člověka (lidské smysly – zrak), obvykle ve 3. ročníku
Poznámky:	Je nutné vzít v úvahu, že delším hnětením plastelíny v rukou se plastelína zahřívá. Je proto dobré si vše připravit předem, aby plastelíny mohly zchladnout na stejnou teplotu.

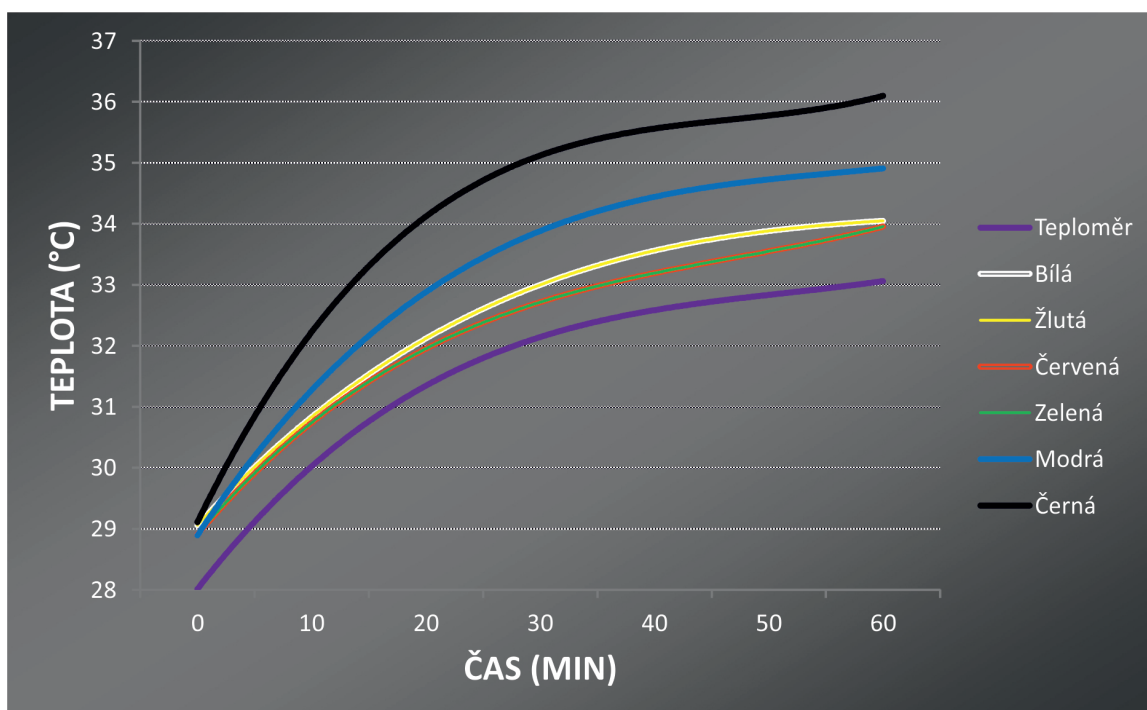
Modifikací tohoto postupu je složitější měření pomocí systému Vernier. Přestože má tento systém k dispozici pouze málo pedagogů, je zde uveden, neboť poskytuje nejpřesnější výsledky. Na výsledném grafu jsou dobře patrné rozdíly v absorpci světelné energie tělesy různých barev.



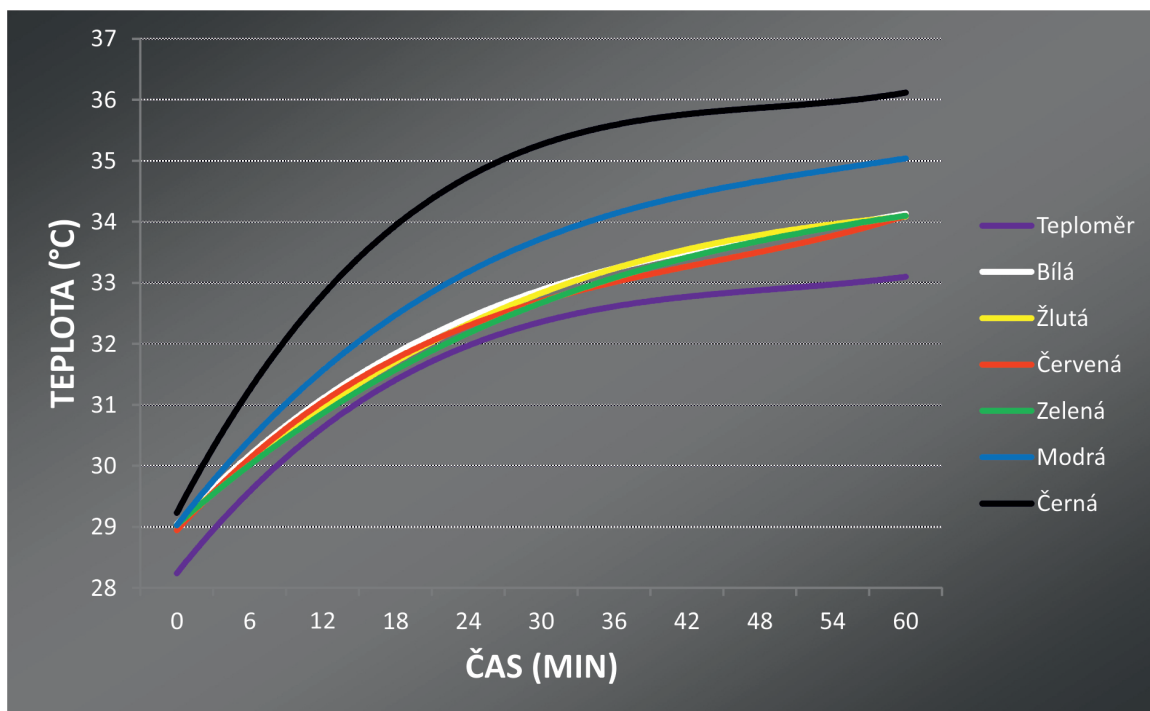
Obrázek 13: Doplňkové barvy s příslušnými délkami absorbovaného záření.



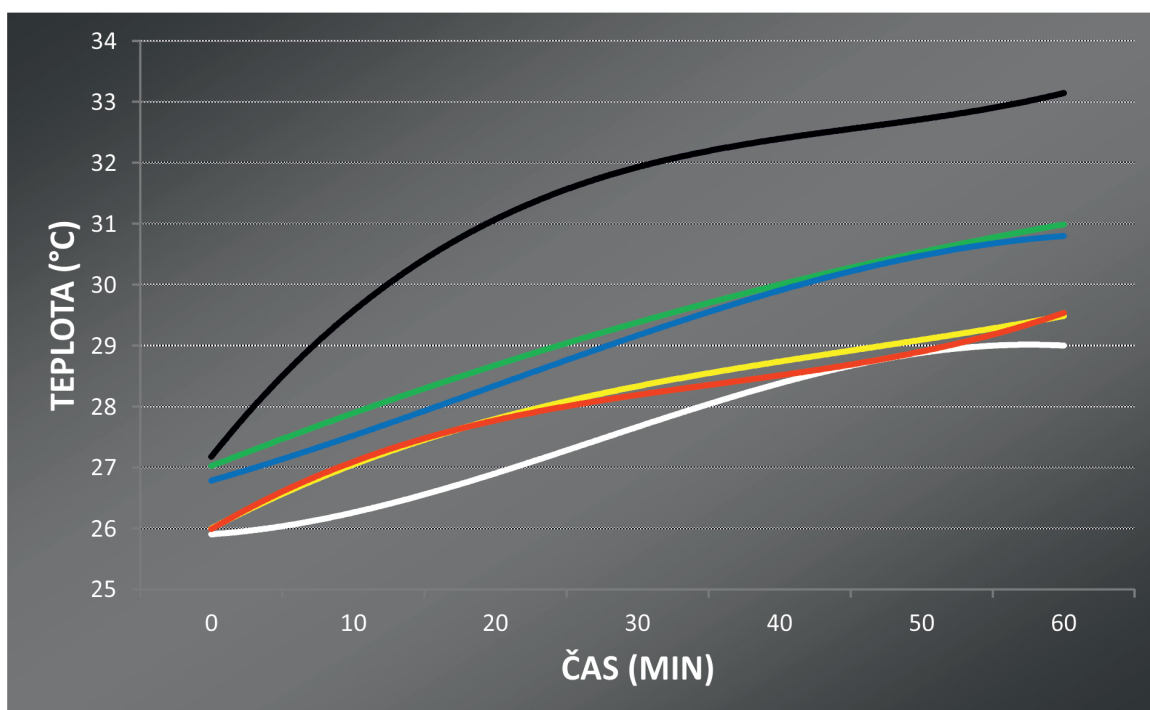
Obrázek 14: Uspořádání experimentu pohlcování světelné energie tělesy různých barev.



Obrázek 15: Graf závislosti teploty na čase, interval měření 10 minut.



Obrázek 16: Graf závislosti teploty na čase, interval měření 6 minut.



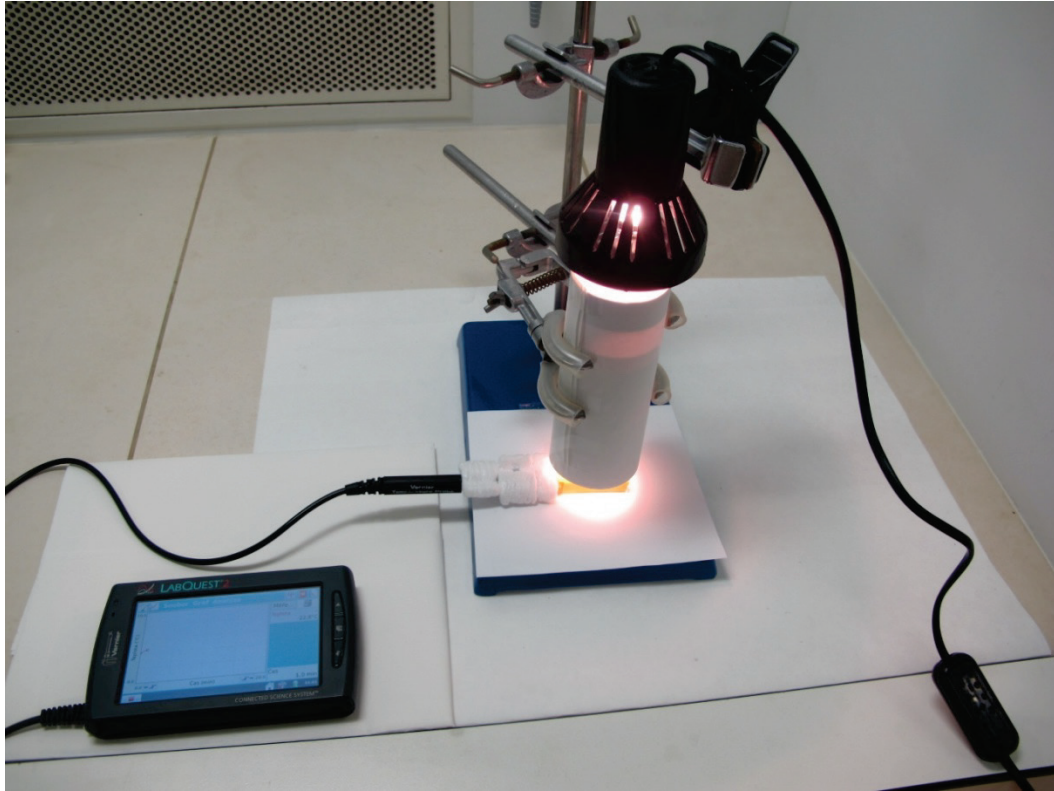
Obrázek 17: Graf závislosti teploty na čase, interval měření 10 minut (2. měření bez teploměru).

Provedení experimentu s využitím systému Vernier

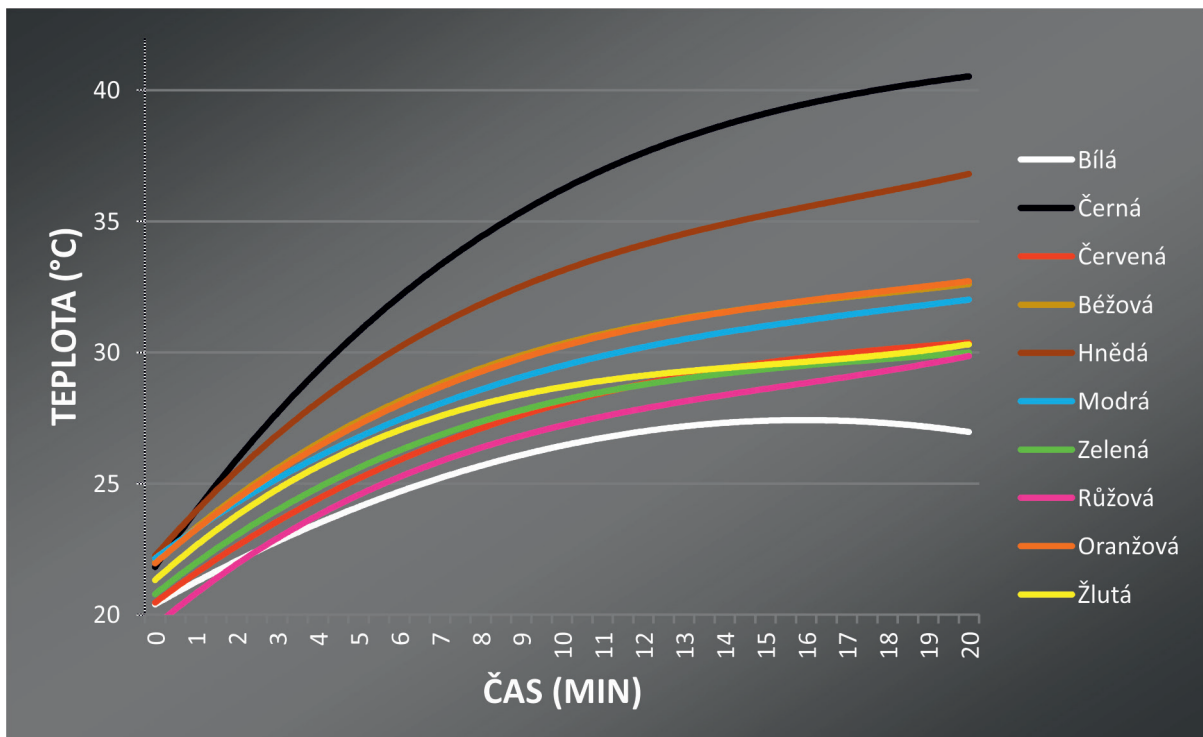
Experiment ukazující různou míru absorpce světelné energie různě barevnými tělesy lze provést i sofistikovanějším způsobem pomocí měřicího systému Vernier, který může být využíván jako výukový prostředek v přírodovědných předmětech. V rámci této práce byl zvolen postup poměrně časově náročný. Bylo měřeno celkem 9 barev a každé měření trvalo 20 minut. Pokud připočteme čas potřebný k výměně vzorku, je provedení pokusu v takovémto rozsahu ve školním prostředí neefektivní. Samozřejmě lze zvolit méně barev a případně kratší čas pro měření, aby bylo možno jej realizovat v laboratorním cvičení. Měřicí zařízení Vernier představuje přesnější variantu výše uvedeného pokusu s teploměry. Ačkoliv má toto přesnější a složitější provedení nesporné výhody, najde ve školní praxi pravděpodobně větší uplatnění jednodušší měření pomocí teploměrů.

Pomůcky:	stolní lampa (v tomto měření byla použita lampa o výkonu 25 W), plastelína různých barev, měřicí systém Vernier (konkrétně datalogger LabQuest 2 a teplotní čidlo), stojan, svorky, tvrdý papír, izolepa, plastové kyvety
Postup:	Plastelínu napěchujeme do plastových kyvet, abychom zajistili stejné množství a tvar u všech barev. Do plastelíny v kyvetě zapíchneme sondu a nastavíme pod zdroj světla. Zahájíme měření a zapneme lampu. Provádíme stejným způsobem u všech vzorků. Uspořádání pokusu ukazuje Obrázek 18.
Pozorování:	Ze souborného grafu (viz Obrázek 19) jsou patrné rozdíly v nárůstu teploty u jednotlivých barev. Zdaleka nejvyšší teploty dosahuje černá plastelína, naopak nejnižší konečnou teplotu má plastelína bílá. Mezi těmito dvěma extrémami se nacházejí ostatní barvy, lišící se od sebe často pouze málo.
Vysvětlení:	Princip je stejný, jako u verze s teploměry. Plastelína pohlcuje světlo vydávané lampou a její teplota se zvyšuje. Teplota narůstá více a rychleji u barev, které pohlcují světlo o nejnižší vlnové délce. Černá plastelína se ohřívá nejrychleji a její konečná teplota je nejvyšší, protože pohlcuje světlo všech vlnových délek. Naopak bílá plastelína, která by měla světlo všech vlnových délek odrážet, dosahuje nejnižší teploty a ohřívá se pomalu. Očekávané pořadí barev podle vzrůstající míry zahřívání by mělo být následující: bílá – zelená – modrá – fialová – červená – oranžová – žlutá –

	černá. Nicméně z grafu vidíme, že skutečnost tomuto pořadí přesně neodpovídá, což může být dáno tím, že barviva v plastelině nemusí být jedinou složkou absorbující elektromagnetické záření z lampy.
Využitelné v předmětu:	Fyzika – tematický celek světlo (2. a 3. ročník) Chemie – v rámci organické chemie v učivu o barvivech (většinou 3. ročník), případně u výkladu o barevnosti látek v rámci jiného celku (například v rámci základních vlastností látek v obecné chemii v 1. ročníku)
Poznámky:	Pro zajištění optimálního průběhu měření je třeba zavést některá opatření, která jsou patrná z Obrázku 18. Teplotní sonda je dlouhá asi 15 cm a citlivě reaguje na změny teploty po celé své délce. Kyveta s plastelinou měří pouze 3 cm, proto je třeba odizolovat volnou část sondy, aby zachycovala pouze teplotní změny v plastelině. Izolaci lze provést například kousky polystyrenu. Dále je vhodné zacílit světlo na kyvetu s plastelinou – stačí vyrobit z tvrdého papíru válec a připevnit ho na stojan mezi lampu a kyvetu. Použitý papír by měl být bílý, aby absorboval co nejmenší množství světla a tedy co nejvíce světla dopadalo na plastelinu. Pokud nemáme plastelinu v kyvetách připravenou předem a manipulujeme s ní těsně před měřením, budou mít různé plastelíny různou teplotu. Je proto třeba počáteční teplotu u všech barev sjednotit, například tím, že kyvetu s plastelinou a vloženým čidlem zaboříme do ledu, dokud nedosáhne stanovené výchozí teploty. Tento postup zopakujeme u všech vzorků.



Obrázek 18: Uspořádání experimentu "Pohlcování světelné energie plastelínou" – provedení se systémem Vernier.



Obrázek 19: Závislost teploty na čase u plastelín různých barev, měření pomocí systému Vernier.

3.2.4 "Optické vlákno"

Skleněná nebo plastová optická vlákna jsou v dnešní době využívány zejména v telekomunikaci. Tato technologie využívá úplného odrazu světla v materiálu kabelu. Dochází k přenosu světelných paprsků a s nimi i informací. Transport je rychlý a možný na dlouhé vzdálenosti. Následující pokus demonstruje přenos světla na krátkou vzdálenost v proudu vody. Tento experiment je náročnější na provedení, zejména proto, že musí být během demonstrace úplná tma. Úplné zatemnění však může být ve školních třídách problém. Výhodou tohoto pokusu je to, že ho žáci mohou bez obav provést sami doma. Materiální náročnost je minimální a bezpečnostní rizika nehrozí.

Pomůcky:	baterka, neprůsvitná lepicí páska, malá sklenice s uzávěrem (např. od marmelády), případně kus silné látky na obalení sklenice
Postup:	Do víčka uděláme 2 dírky tak, aby byly co nejdál od sebe. Sklenici připevníme k baterce pomocí pásky a páskou obalíme stěny sklenice. Rozsvítíme baterku, abychom se ujistili, že světlo prochází pouze dírami ve víčku. Pokud světlo prosvítá i přes stěny sklenic, obalíme sklenici ještě silnou látkou. Poté do sklenice nalijeme vodu. Místnost zatemníme, rozsvítíme baterku a lijeme vodu z jedné díry. Druhou dírou do sklenice proniká vzduch a je vhodné ji zastínit rukou. Pro lepší demonstraci vložíme několikrát do tekoucího proudu vody ruku nebo nějaký předmět.
Pozorování:	Ze sklenice vytéká proud vody, který není ve tmě téměř viditelný. Pokud proud vody ale dopadá na nějaký předmět, je zřetelné, že v něm probíhá také paprsek světla. Světlo je slabě vidět také když se proud vody ohýbá.
Vysvětlení:	V proudu vody dochází ke značnému vnitřnímu odrazu světla, proto je světlo viditelné pouze pokud se proud vody láme.
Využitelné v předmětu:	Fyzika – princip optického kabelu v rámci tematického celku optika (2. nebo 3. ročník)
Zdroj:	/61/
Poznámky:	Je třeba použít silnou vrstvu pásky, případně použít pásku s velkou krycí schopností, jinak světlo prosvítá a ruší pozorování. Lze také řešit důkladným zabalením sklenice do ručníku či silné látky.

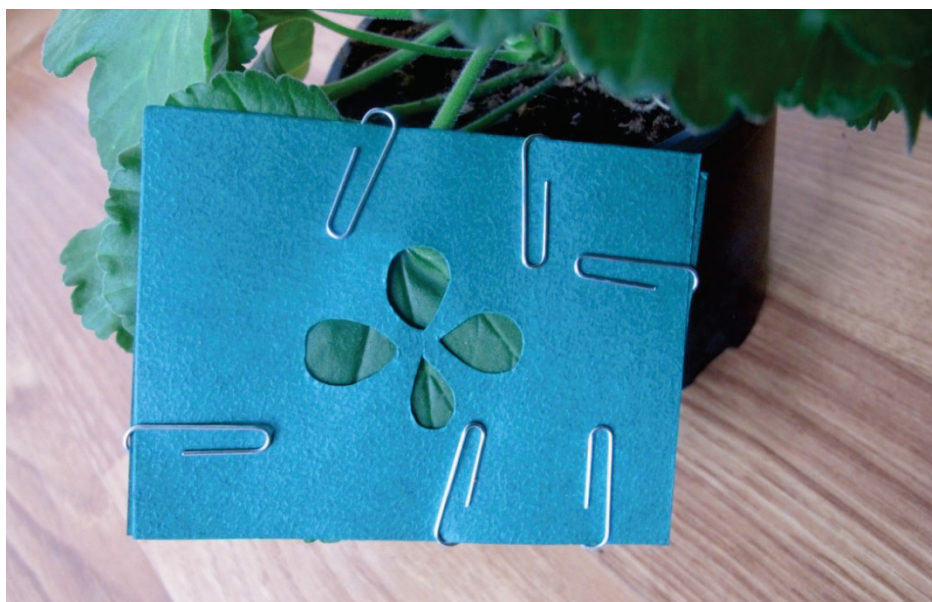
3.2.5 Fotosyntéza – Důkaz syntézy škrobu v závislosti na intenzitě osvětlení

Fotosyntéza představuje základní zdroj energie pro život na Zemi. Proto by jí měla být ve výuce věnována patřičná pozornost. Následující experiment je využitelný zejména v hodinách biologie, ale také v chemii. Jedná se o pokus poměrně náročný na přípravu. Učitel je nucen si postup dobře rozvrhnout a s přípravami začít už dva dny předem. Rostlina musí být nejméně 12 hodin v temnu, aby prodýchala škrob přítomný v listech. Vhodné je rostlinu přes noc úplně zakrýt, například černým igelitovým pytle. Poté je třeba ji nechat celý den na světle a uvedený pokus je možné provést až druhý den. Tento experiment je vhodný spíše jako demonstrační, záleží na to, kolik rostlinného materiálu je k dispozici. Samotný důkaz škrobu v listu trvá asi 15 minut a vyžaduje vařič a vodní lázeň. Tedy je praktičtější ho zařadit do laboratorního cvičení. I přes časovou náročnost se jedná o velmi vhodný experiment, který zajímavým způsobem demonstuje závislost průběhu fotosyntézy na světle.

V tomto pokusu se nepoužívají žádné nebezpečné chemikálie, tedy je možné ho provést jako žákovský experiment v rámci laboratorního cvičení, pokud je k dispozici dostatek rostlinného materiálu. Pouze je třeba dohlédnout, aby žáci opatrně manipulovali s vařičem.

Pomůcky:	rostlina (s širší, hladkou a tenkou listovou čepelí – nejlépe lichořeřišnice či pelargónie), černý PE sáček, neprůhledný tvrdý papír (na podložení listu a na šablonu), kancelářské sponky, kádinky, Petriho misky
Chemikálie:	ethanol, Lugolův roztok, destilovaná voda
Postup:	Pokusnou rostlinu je nejprve nutné minimálně na 12 hodin zatemnit (uzavřením do temné místnosti nebo překrytím černým neprůsvitným pytle). Poté vybereme jeden list a na plochu jeho čepele připevníme kancelářskými sponkami šablonu z tvrdého papíru, přičemž na spodní stranu dáme také tvrdý papír. Dáváme pozor, abychom list sponkami nepoškodili (viz Obrázek 20). Rostlinu umístíme na celý den na světlo a druhý den provádíme zkoušku přítomnosti škrobu. Škrob dokážeme následujícím způsobem. Odstříháme pokusný list a vhodíme jej na 2 minuty do vroucí destilované vody. Poté ho vložíme asi na 10 minut do horkého ethanolu zahřátého ve vodní lázni. Dále list umístíme do malého množství destilované vody v Petriho misce a přilijeme přiměřené množství

	Lugolova roztoku. Pozorujeme výsledný obraz.
Pozorování:	Na listu se tvoří obraz podle použité šablony. Osvětlené části listu tmavnou působením Lugolova roztoku, viz Obrázky 21 a 22.
Vysvětlení:	Aby byl umožněn průběh fotosyntézy, musí na list dopadat světlo. V osvětlených částech listu tedy fotosyntéza probíhá a vytváří se škrob. Naopak v oblastech, kde je list zastíněn papírem akumulace světelné energie probíhat nemůže. Lugolův roztok barví specificky škrob a tím dokazujeme jeho přítomnost pouze v osvětlených částech listu.
Využitelné v předmětu:	Biologie – při učivu o fotosyntéze v rámci biologie rostlin (1. ročník), případně ekologie (3. nebo 4. ročník) Chemie – při učivu o fotosyntéze v rámci biochemie (anabolismus sacharidů) ve 3. nebo 4. ročníku
Zdroj:	/62/
Poznámky:	Provedení je nejsnazší a nejefektivnější pokud se použije opravdu list z pelargonie. V rámci této práce byl stejný postup prováděn i s běžnou pokojovou rostlinou s hladkými listy, ale výsledek nebyl dobře patrný.



Obrázek 20: Připevnění papírové šablony na list pelargonie.



Obrázek 21: List pelargonie, překrytý celý den šablonou, po spaření ve vařící destilované vodě a v horkém etanolu.



Obrázek 22: List spařený ve vodě a horkém etanolu po přidání Lugolova roztoku, na listu jsou patrné tmavší oblasti, kde byl list osvětlen a probíhala fotosyntéza (a tedy i syntéza škrobu)

3.2.6 Fotosyntéza – Závislost na teplotě

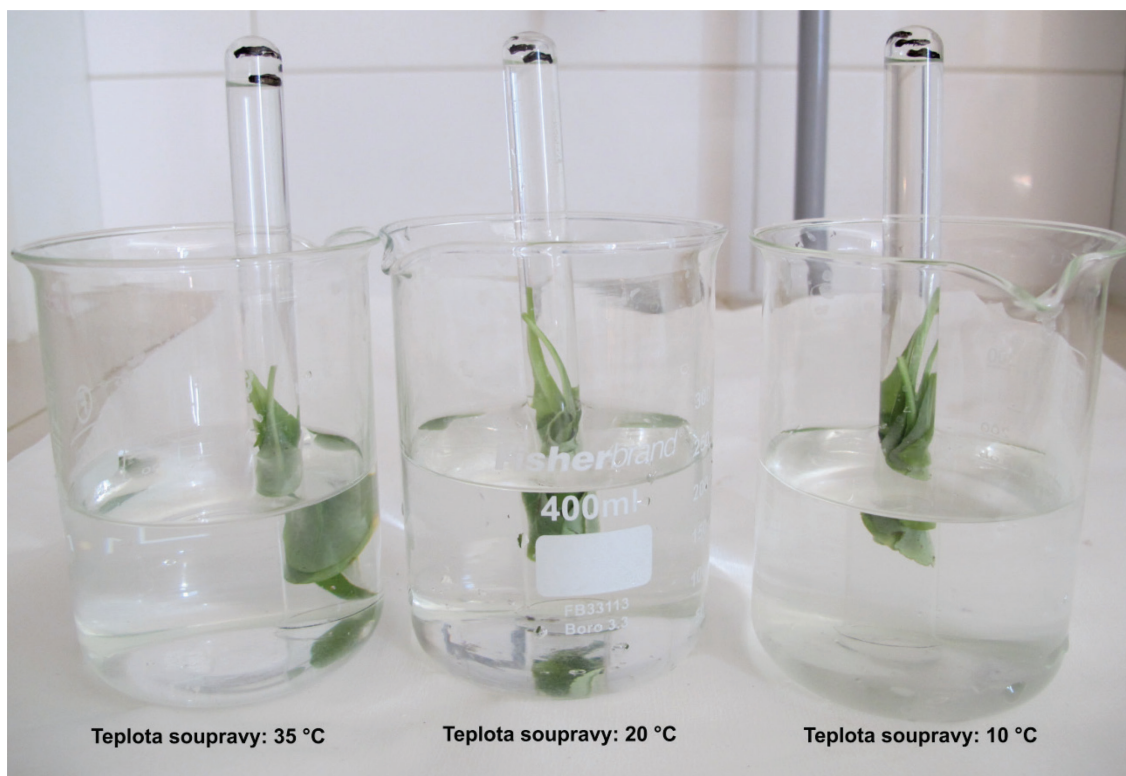
Pomůcky:	vodní rostliny (vodní mor kanadský, případně jiná vodní rostlina – v tomto provedení byla použita rostlina zakoupená ve zverimexu za 45 Kč), kádinky, skleněné nálevky, tyčinky, teploměry, zkumavky, stojany, svorky, špejle, skleněné vany, led, horká voda
Chemikálie:	Destilovaná voda, 0,1% roztok NaHCO_3
Postup:	Kádinku naplníme asi z poloviny 1% roztokem hydrogenuhličitanu sodného. Uřízneme několik listů rostliny a vložíme do zkumavky. Zkumavku naplníme až po okraj roztokem NaHCO_3 , ucpeme palcem a ponoříme dnem vzhůru do kádinky. Dbáme na to, aby se do zkumavky dostalo co nejmenší množství vzduchu. Stejným způsobem připravíme další dvě soupravy. Tři skleněné vany naplníme asi z poloviny vodou a upravíme teplotu vody přidáváním ledu a přiléváním horké vody – výsledné teploty by měly být 10 °C, 20 °C a 35 °C. Do van umístíme připravené kádinky s listy rostliny a celou soupravu umístíme na přímé sluneční světlo. Ve vodě necháme teploměry, abychom mohli kontrolovat teplotu a průběžně ji upravovat. Ve stanovených časových intervalech (30, 60 a 90 min) zaznamenáváme fixem na stěnu zkumavky množství uvolňovaného plynu. Uspořádání pokusu je patrné z Obrázku 23.
Pozorování:	Ve zkumavce se z listů rostliny uvolňují bublinky plynu. Množství uvolněného plynu není příliš velké, nejvíce plynu se uvolňuje v soupravě o teplotě 35 °C, rozdíl mezi ostatními dvěma soupravami není příliš výrazný, viz Obrázek 24.
Vysvětlení:	Intenzita fotosyntézy je ovlivněna řadou faktorů vnějších i vnitřních. Významným vnějším faktorem je teplota. Jak je patrné z výsledků, nejintenzivněji rostlina fotosyntetizuje při teplotě 35 °C. Měl by být zřetelný rozdíl také mezi teplotami 10 °C a 20 °C, nicméně z výsledků tohoto měření není rozdíl patrný. Je vhodné podotknout, že rostliny z různých zeměpisných šířek se liší svými teplotními optimy.
Zdroj:	/62/, upraveno
Poznámky:	Tento experiment je sice časově náročný, ale lze jej zrealizovat během laboratorního cvičení. Vhodný je zejména do biologie, protože dobře demonstruje vliv teploty na průběh fotosyntézy.

Využitelné v předmětu:	<p>Biologie – při učivu o fotosyntéze v rámci biologie rostlin (1. Ročník), případně ekologie (3. nebo 4. Ročník)</p> <p>Chemie – při učivu o fotosyntéze v rámci biochemie (anabolismus sacharidů) ve 3. nebo 4. ročníku</p>
-------------------------------	---

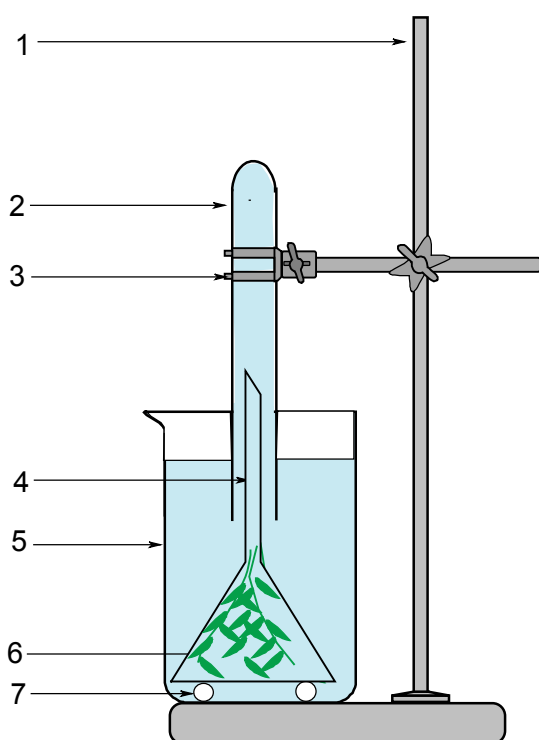
V rámci této práce byla použita modifikace původního postupu z uvedeného zdroje. Pokus je možné provést v odlišném uspořádání patrném na Obrázku 25. Toto uspořádání je však podle mého názoru zbytečně komplikované. Dále lze místo skleněných van využít seříznuté průhledné a bezbarvé PET lahve, dostatečně vysoké, aby se do nich vešly kádinky s rostlinami.



Obrázek 23: Uspořádání experimentu – tři soupravy s vodou o různé teplotě (35 °C, 20 °C a 10 °C).



Obrázek 24: Výsledné množství plynu po 90 minutách.



Obrázek 25: Aparatura pro sledování průběhu fotosyntézy v závislosti na teplotě. (Legenda: 1 – stojan; 2 – zkumavka; 3 – svorka; 4 – skleněná nálevka; 5 – kádinka; 6 – vodní mor kanadský; 7 – skleněná tyčinka).

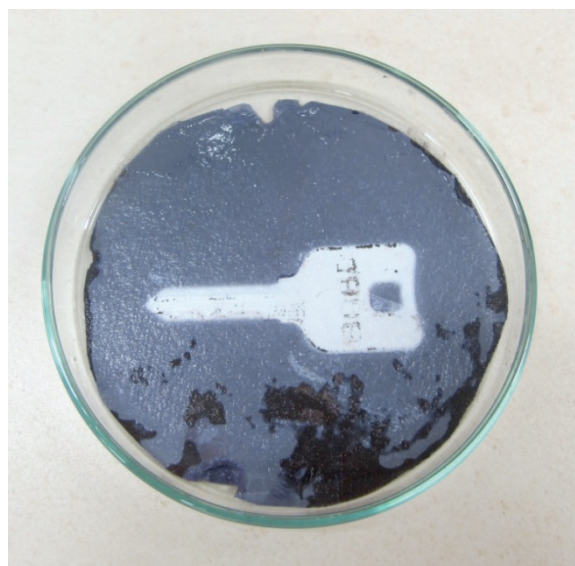
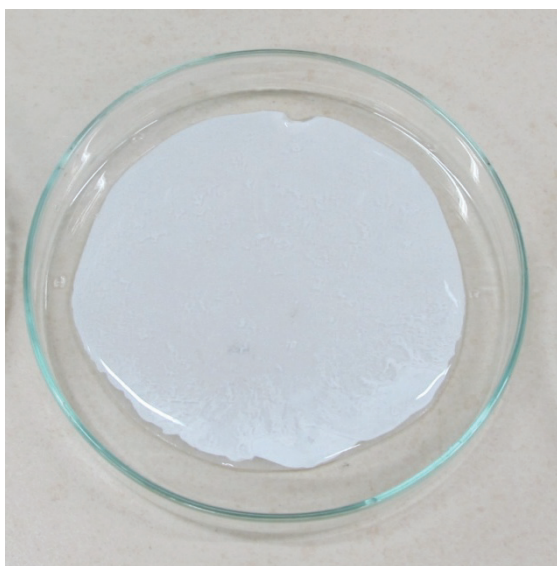
3.2.7 Fotoredukce halogenidu stříbra

Klasická černobílá fotografie ustupuje v posledních letech do pozadí vlivem rozsáhlého použití praktických digitálních fotoaparátů. Stále ale zůstává zajímavou alternativou využívanou některými uměleckými fotografy i laiky. Zájem, zejména mladých lidí, o tuto techniku fotografování v poslední době poměrně narůstá a učitel by proto měl tuto problematiku blíže objasnit. K demonstraci principu černobílé fotografie lze využít následující experiment. Provedení je poměrně jednoduché, pouze vyžaduje UV lampu a dusičnan stříbrný, který patří k poněkud dražším chemikáliím, nicméně není nedostupný a je ho potřeba jen malé množství. Příprava před hodinou vyžaduje pouze přichystání dvou roztoků.

Vzhledem k tomu, že se jedná o rychlý a efektní pokus, je vhodné ho zařadit do výuky. Bez problémů jej lze provést v hodině standardního typu. Cena dusičnanu stříbrného předurčuje tento pokus jako demonstrační.

Pomůcky:	3 Petriho misky přibližně stejné velikosti, filtrační papír, pinzeta (nebo kleště), malý předmět, který lze položit do Petriho misky (např. klíč), UV lampy nebo halogenová stolní lampa
Chemikálie:	roztok AgNO_3 (0,1M), roztok NaCl (0,1M)
Postup:	Z filtračního papíru vystříháme kolečko veliké tak, aby se vešlo do Petriho misky. Do první Petriho misky nalijeme přibližně 5 ml roztoku AgNO_3 tak, aby se papír celý pokryl. Poté přemístíme vlhký papír pinzetou do druhé Petriho misky a nalijeme na něj roztok NaCl , opět tak, aby se celý pokryl. Pomocí pinzety papír znovu přemístíme do třetí Petriho misky. Na závěr umístíme na papír klíč (případně jiný předmět) a ozáříme ho lampou. UV světlo necháme působit tak dlouho, dokud papír viditelně nezčerná, poté lampu vypneme a odebereme klíč.
Pozorování:	Ihned po nalití druhého roztoku na vlhký papír vzniká bílá sraženina, která pod UV lampou rychle tmavne. Po odejmutí klíče jasně vidíme, že v místech, kde UV světlo nemohlo působit, zůstala sraženina bílá, viz Obrázek 26.
Vysvětlení:	Na papíru se tvoří reakcí AgNO_3 s NaCl sraženina chloridu stříbrného, který je světlocitlivý.

	$\text{AgNO}_3 (\text{aq}) + \text{NaCl} (\text{aq}) \longrightarrow \text{AgCl} (\text{s}) + \text{NaNO}_3 (\text{aq})$ <p>Pokud působíme na AgCl světlem, světelná energie iniciuje redoxní reakci. Dochází k vyredukování elementárního stříbra, které způsobuje černou barvu papíru.</p> $\text{Ag}^+\text{Cl}^-(\text{s}) \longrightarrow \text{Ag}^0(\text{s}) + \text{Cl}^0(\text{s})$ <p>Tato reakce je základem černobílé fotografie – fotografický materiál jsou vlastně drobné krystalky halogenidu stříbra zakotvené v želatině a nanesené na vhodnou podložku. Princip černobílé fotografie byl vysvětlen v teoretické části.</p>
Poznámky:	Finanční odhad: 25 Kč (Vzhledem k nízké ceně i spotřebě byl podíl NaCl v tomto odhadu zanedbán. Možné provedení experimentu závisí pouze na koupi AgNO ₃ , jehož cena je ale poměrně vysoká – pohybuje se kolem 2 600 Kč za 100 g.)
Využitelné v předmětu:	Chemie – v rámci anorganické chemie během probírání učiva o stříbrných sloučeninách pro demonstraci principu fotografického procesu (1. nebo 2. Ročník)
Zdroj:	/56/



Obrázek 26: Bílá sraženina chloridu stříbrného, fotochemicky zredukované stříbro po krátkém působení UV světla s bílou oblastí, která byla zakryta klíčem a nebyla tak UV světlu vystavena.

3.2.8 Neviditelná zpráva

Ultrafialové záření zviditelňuje nebo zvýrazňuje některé látky, které jsou v běžném světle špatně viditelné. Příčinou je to, že tyto látky jsou schopny pohlcovat záření v UV oblasti a následně emitovat světlo ve viditelné oblasti. Tohoto jevu člověk využívá. Za zmínku rozhodně stojí použití ochranných znaků na bankovkách viditelných pod UV lampou. Takto lze jednoduchým způsobem odhalit případné padělky. Dále je UV záření využíváno v kriminalistice, zejména ke zvýraznění skvrn krve a jiných tělesných tekutin. Fluorescenci vyvolanou UV zářením je možné žákům demonstrovat jednoduchým pokusem s vazelínou. Tento postup nevyžaduje, kromě UV lampy, žádné zvláštní vybavení. Učitel pouze potřebuje obstarat vazelínu, která skutečně fluorescenci vykazuje. Bylo zjištěno, že tomu tak není u každé. U tohoto pokusu je vhodné zmínit, že ačkoliv lidské oko není schopno detekovat ultrafialové záření, někteří zástupci živočišné říše ho jsou schopni vidět. Příkladem mohou být ptáci nebo hmyz. /63, 64/

Níže popsaný experiment je pohodlně proveditelný v běžné vyučovací hodině, pouze je třeba zatemnit třídu. Oproti jiným pokusům ale k výslednému efektu není třeba úplná tma. Bezpečnostní rizika jsou mizivá. Bylo by vhodné, aby pedagog žákům připomněl škodlivé účinky UV záření na lidskou kůži a zmínil riziko nadměrného slunění.

Pomůcky:	vazelína (např. Mobilux nebo univerzál), ochranné rukavice (nejsou nutné), papír, zdroj UV světla
Postup:	Na prst nabereme trochu vazelíny (můžeme použít ochranné rukavice) a na papír napíšeme libovolný vzkaz, obrázek, apod. Zatemníme místnost a UV světlem posvítíme na papír.
Pozorování:	Zpráva napsaná průhlednou vazelínou je v normálním světle nečitelná. Pod UV lampou ji jasně vidíme, protože "svítí".
Vysvětlení:	Vazelína obsahuje luminofory – látky schopné pohlcovat a následně emitovat záření. Luminofory ve vazelíně pohlcují energii pro lidské oko neviditelného UV záření, čímž se excitují (jejich molekuly přejdou ze základního stavu do stavu s vyšší energií). Zpět na základní energetickou hladinu se vracejí vyzářením přebytečné energie ve formě záření z viditelné oblasti.

Využitelné v předmětu:	Fyzika – v rámci učiva o elektromagnetickém záření jako demonstrace některých účinků ultrafialového záření na látky (2. nebo 3. Ročník) Chemie – jako demonstrace luminiscence organických látek, v rámci organické chemie (většinou ve 3. ročníku)
Zdroj:	/57/
Poznámky:	Ne všechny vazelíny se chovají jako luminofory, proto je nutné konkrétní druh předem vyzkoušet.

Jako modifikaci tohoto experimentu můžeme použít místo vazelíny prací prášek na bílé prádlo nebo bělený kancelářský papír. Do těchto materiálů jsou přidávány optické zjasňovače, které zajišťují to, že se jeví bělejší. Pomocí UV světla můžeme přítomnost těchto látek zviditelnit.

3.2.9 Triboluminiscence cukru

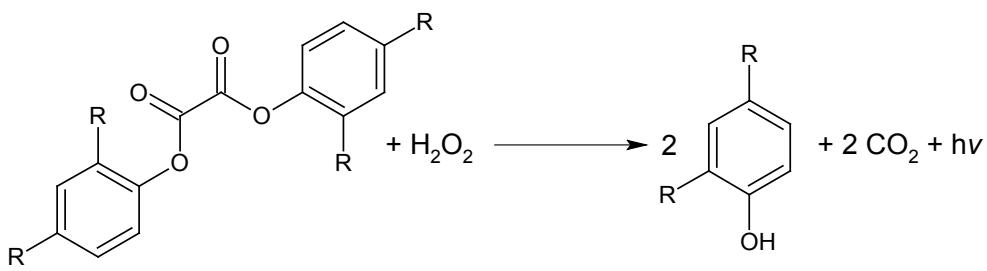
Tento pokus by měl demonstrovat luminiscenci cukru vyvolanou mechanickým působením. Ačkoliv byl tento postup zkoušen vícekrát s různými druhy krystalového cukru i za využití kvalitního fotoaparátu, žádná varianta neposkytovala uspokojivý výsledek. V diplomové práci Bc. Jana Pokorného je uveden postup s využitím fotoaparátu. Tento postup je zde uveden, ačkoliv tato práce nepotvrdila jeho využitelnost.

Pomůcky:	cukr krystal, 2 skleněné desky, kamera nebo fotoaparát
Postup:	Na podložní desku nasypeme asi lžičku cukru, překryjeme druhou deskou. Nastavíme fotoaparát či kameru na delší expoziční čas, aby snímala cukr pod skleněnou deskou. Poté zatemníme místnost a tlakem drtíme cukr za současného otáčení vrchní desky.
Pozorování:	Fotoaparát zachycuje modrou luminiscenci, která je pro lidské oko špatně viditelná.
Vysvětlení:	Krystaly cukru emitují slabé modré světlo v důsledku mechanického působení. Jedná se o typ luminiscence označovaný jako tzv. triboluminiscence.
Využitelné v předmětu:	Fyzika – jako zajímavost v rámci tematického celku struktura a vlastnosti pevných látek (1. ročník) Chemie – také pro ozvláštňení vyučovací hodiny na téma struktury pevných (konkrétně krystalických) látek (1. ročník)
Zdroj:	/65/
Poznámky:	Jak už bylo uvedeno, tento postup se nepovedlo prokázat jako efektivní.

Experiment demonstrující triboluminiscenci krystalového cukru existuje v řadě modifikací. Je možné využít drcení cukru ve výkonném mixéru, případně třít dvě kostky cukru o sebe. Nicméně tyto varianty byly v rámci této práce také testovány a nepotvrdila se jejich použitelnost. Zajímavou variantou je drcení cukrovinek. V USA je oblíbená luminiscence vydávaná při drcení bonbonů značky Lifesavers a na internetu lze nalézt mnoho videí ukazujících tento jev. Bohužel tyto cukrovinky je možné v České republice zakoupit pouze v internetovém obchodu. Byly testovány podobné bonbony u nás běžně dostupné, nicméně triboluminiscenci nevykazovaly. Lze ale vybrat vhodné video a pro zajímavost ho žákům ukázat.

3.2.10 Svítící tyčinky (demonstrace vlivu teploty na rychlost chemických reakcí)

Svítící tyčinky představují přenosný a v nouzových situacích velmi praktický zdroj světla. Ačkoliv jsou v tomto postupu použity tyčinky malého výkonu určené pro pobavení, fungují na stejném principu jako nouzové zdroje světla využívané záchranáři a hasiči. Tento experiment neslouží pouze k objasnění principu těchto přenosných světelných zdrojů, ale především demonstruje vliv teploty na rychlost chemické reakce. Výsledek je viditelný již po krátké době, což umožňuje provedení tohoto experimentu v hodině standardního typu. Kladem je také nenáročnost na materiál a přípravu učitele. Bezpečnostní rizika nejsou.

Pomůcky:	2 stejně velké svítící tyčinky, 2 sklenice, horká a studená voda, led
Postup:	Do jedné sklenice nalít horkou vodu, do druhé sklenice nalít studenou vodu a přidat led. Ve stejný okamžik zlomit tyčinky, zatřepat jimi a ponořit je do sklenic. Po asi 10 min vyjmout a pozorovat.
Pozorování:	Téměř okamžitě po vložení zlomených tyčinek do sklenic s vodou je patrný výrazný rozdíl. Tyčinka ponořená do teplé vody svítí výrazně více než tyčinka ponořená do studené vody s ledem, rozdíl je ještě lépe viditelný vyndáme-li tyčinky ze sklenic a položíme je vedle sebe – viz Obrázek 27.
Vysvětlení:	<p>Svítící tyčinky se skládají ze dvou nádobek. Uvnitř vnější plastové nádoby je další nádobka z tenkého skla. Tyto nádoby obsahují dvě směsi, které spolu po smísení reagují. Při ohnutí tyčinky skleněná nádobka uvnitř praskne a směsi se dostanou do kontaktu. Chemiluminiscenční reakce poté probíhá různě dlouhou dobu podle kvality dané tyčinky. Často se jedná o reakci peroxidu vodíku s aromatickými estery kyseliny šťavelové (aryloxaláty), viz rovnice níže.</p>  <p>Ve vnitřní skleněné ampuli bývá roztok aryloxalátu a barviva v organickém rozpouštědle. Okolo ampule v plastovém obalu pak bývá směs peroxidu vodíku a organického rozpouštědla.</p>

	Výrazný rozdíl v reakční rychlosti a tedy intenzitě záření spočívá v rozdílu teplot, za kterých reakce probíhají. Při vyšší teplotě mají molekuly více kinetické energie, dochází tedy k většímu počtu srážek a je vyšší pravděpodobnost toho, že reakce proběhne.
Využitelné v předmětu:	Chemie – v obecné chemii při učivu o chemických reakcích (1. ročník); v organické chemii jako příklad praktického využití organických sloučenin (3. ročník)
Zdroj:	/57/
Poznámky:	Použitá voda nesmí být vařící, aby nedošlo k roztavení plastového obalu tyčinek.



Obrázek 27: Svítící tyčinky ponořené ve studené vodě s ledem a v teplé vodě. Svítící tyčinky vyjmuté ze sklenic.

3.2.11 Chemiluminiscence luminolu

Tento experiment představuje klasickou chemickou reakci, při níž dochází k vyvíjení světla. Jako všechny pokusy, při kterých dochází k emisi viditelného záření, je i tento velmi efektní a pro žáky atraktivní. Zejména pokud se provede se spirálovým chladičem. Významnou nevýhodou tohoto postupu je vysoká cena luminolu. Z tohoto důvodu se na školách běžně neprovádí. Pokud by však pedagog měl tuto chemikálii k dispozici, jedná se z ekonomických důvodů o pokus výhradně demonstrační. Bezpečnostní rizika pro žáky nejsou, učitel by měl mít ochranné rukavice a další běžné pomůcky.

Pomůcky:	2 kádinky (600 ml), pipeta, váhy, (nálevka, spirálový chladič, stojan, svorka, držák, baňka – 500 ml)
Chemikálie:	luminol, NaOH, destilovaná voda, $K_3[Fe(CN)_6]$, H_2O_2 (30%)
Postup:	<p>Nejprve si připravíme 2 roztoky.</p> <p>Roztok A: Do první kádinky nalijeme asi 150 ml destilované vody a v ní rozpustíme 0,1 g luminolu a 1 g NaOH, poté doplníme vodou na celkový objem 400 ml.</p> <p>Roztok B: V druhé kádince rozpustíme 0,5 g $K_3[Fe(CN)_6]$, přidáme 3 ml 30% roztoku peroxidu vodíku a doplníme vodou na celkový objem 400 ml.</p> <p>Následně snížíme osvětlení místnosti a oba roztoky dobře promícháme.</p>
Pozorování:	Po smísení vydává výsledný roztok slabě modrou luminiscenci.
Vysvětlení:	<p>Dochází k reakci luminolu s peroxidem vodíku v mírně alkalickém prostředí za katalytického působení červené krevní soli, při níž dochází k vyzáření světla. Tento jev se nazývá chemiluminiscence. Reakce probíhá podle následující rovnice:</p> $ \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_3 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \end{array} + \text{HO}^- + \text{O}_2 \xrightarrow{K_3[Fe(CN)_6]} \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_3 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{OH} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{OH} \end{array} + \text{N}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + h\nu $
Bezpečnost:	Luminol způsobuje podráždění kůže a sliznic. Peroxid vodíku je žravý.

	Práce v ochranných rukavicích.
Využitelné v předmětu:	chemie– pro demonstraci chemiluminiscence v rámci obecné nebo organické chemie (1. nebo 3. Ročník)
Zdroj:	/66/

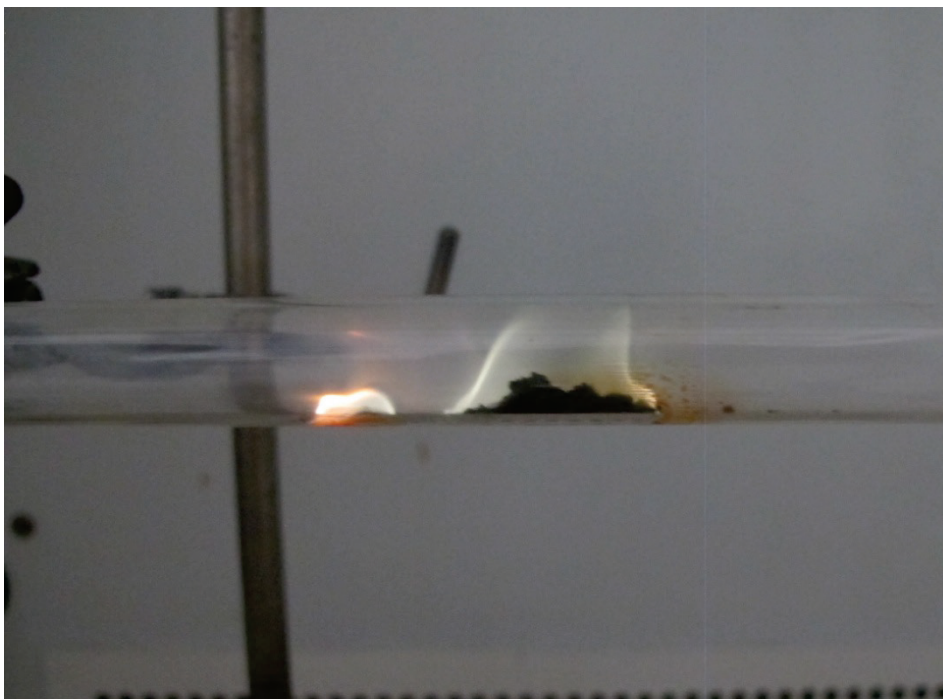
Pokus je možné provést tak, že oba roztoky vléváme nálevkou do spirálového chladiče. Takto se docílí většího efektu.

3.2.12 Fluorescence bílého fosforu

Bílý fosfor představuje velmi nebezpečnou látku, se kterou se obtížně manipuluje. Vykazuje vysokou toxicitu, je samozápalný a žíravý. Na kůži způsobuje těžké popáleniny, čehož bylo zneužíváno ve vojenství. Fluorescenci, kterou vykazují páry bílého fosforu, však lze demonstrovat bezpečnějším způsobem s použitím méně nebezpečného fosforu červeného. Červená modifikace se přeměňuje na bílou, účinkem vysoké teploty, a děje se tak uvnitř skleněné trubice, čímž se minimalizuje nebezpečí. Je ale třeba pracovat v digestoři a proto není možné tento pokus provádět během vyučovací hodiny, pouze v laboratorním cvičení. Jinak však nevyžaduje větší přípravu.

Pomůcky:	skleněná trubice (minimálně 20 cm dlouhá, průměr asi 1,5 cm), vata, kahan, držák
Chemikálie:	červený fosfor
Postup:	Do středu skleněné trubice umístíme malé množství červeného fosforu. Konce trubice poté uzavřeme vatou a fosfor opatrně zahříváme. Následně odstraníme vatu, případně z jedné strany do trubice foukneme vzduch pomocí prázdné stříčky.
Pozorování:	Objevuje se světélkování, které zesiluje, foukne-li se do trubice vzduch, viz Obrázek 28. (Světélkování je lépe ve skutečnosti lépe viditelné než se může jevit z fotografie.)
Vysvětlení:	Zahříváním přechází červená modifikace fosforu na bílou, která má schopnost fosforescence.
Bezpečnost:	Práce v digestoři. Červený fosfor se teplem přeměňuje na bílý, který je toxický a žíravý.

Využitelné v předmětu:	Chemie – v rámci učiva o fosforu v anorganické chemii
Zdroj:	/66/
Poznámky:	Je nutné obstarat čistou skleněnou trubicí. Páry jsou často málo výrazné a při znečištění stěn špatně viditelné.



Obrázek 28: Slabá fosforescence bílé modifikace fosforu.

3.2.13 Fluorescence rostlinných barviv

Řada rostlin obsahuje látky, které pod UV světlem vykazují fluorescenci. Následující pokus je možné využít jak v biologii, tak v chemii. V postupu se nepoužívají žádné chemikálie, bezpečnostní rizika spočívají pouze v použitých rostlinách. U některých jedinců může latex z vlašovičnicku dráždit pokožku. Je třeba dbát na to, aby žáci rostliny nepožili a aby si po práci důkladně umyli ruce. Tento pokus nebyl vyhodnocen jako příliš efektivní.

Pomůcky:	filtrační papír, nůžky, UV lampa, rostlinné vzorky (vlaštovičnick větší, dřišťál, jírovec maďal, mařinka vonná)
Postup:	Vložíme kousek rostliny do přeloženého kusu filtračního papíru. Přes papír rostlinu rozdrtíme, např. lžicí. Poté papír rozevřeme a zbytky rostliny seškrábneme nožem. Otisky na papíře pozorujeme pod UV lampou.
Pozorování:	Žlutooranžové rostlinné barvivo pod UV lampou žlutozeleně fluoreskuje.
Vysvětlení:	Pod UV lampou se objevuje fluorescence rostlinného barviva – alkaloidu berberinu. Berberin má schopnost pohlcovat UV záření, které excituje molekuly barviva do vyšších energetických stavů. Při návratu na základní energetickou hladinu vydává molekula přebytečnou energii v podobě světla.
Bezpečnost:	Vlašovičnick i dřišťál jsou rostliny jedovaté. Latex vlašovičnicku může u citlivých jedinců způsobit podráždění kůže.
Využitelné v předmětu:	Biologie – v rámci biologie rostlin pro demonstraci rostlinných barviv (1. ročník) Chemie – v rámci organické chemie jako zajímavost (3. ročník)
Zdroj:	/67/
Poznámky:	Fluorescence není příliš dobře viditelná, což mohlo být způsobeno použitím nevhodné UV lampy nebo příliš mladých vlašovičnicků s nízkým obsahem fluorescenčních látek.

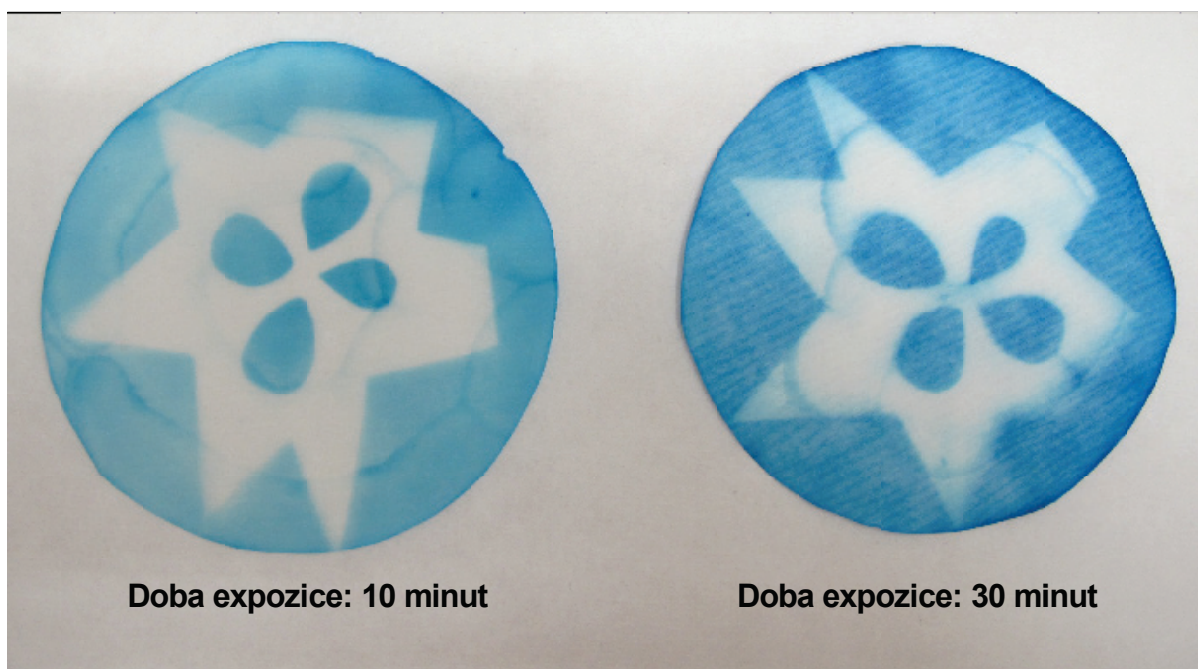
Místo rostlinných vzorků lze využít zvýrazňovací fixy, které pod UV světlem vykazují výraznou fluorescenci.

3.2.14 Modrotisk

Modrotisk představuje efektivní demonstraci účinku světla na některé chemické látky, nicméně vyžaduje předchozí přípravu. Učitel je nucen přichystat "fotomateriál", což s přípravou roztoku a následným schnutím trvá minimálně 2 hodiny. Je ale možné filtrační papír nasytit roztokem a nechat schnout do druhého dne. Poté, pokud je fotomateriál připraven, je možné tento pokus provést i jako demonstrační ve vyučovací hodině. Je vhodné začít hned po počátečním pozdravu, protože na fotopapír musí být působeno světlem nejméně 10 minut, lépe 30 minut. Po nainstalování lampy lze ale pokračovat ve výkladu. Zviditelnění "vyvolání", obrazu trvá velmi krátce.

Pomůcky:	filtrační papír, nůžky, kádinky, rozprašovač (případně Pasteurova pipeta)
Chemikálie:	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (nebo $\text{FeCl}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Postup:	<p>Nejprve připravíme roztok komplexu tris(oxalato)železitanu draselného, který následně využijeme k přípravě "fotografického papíru". Roztok komplexu připravíme smícháním dvou roztoků:</p> <p>Roztok A: rozpustíme 0,5 g nonahydrátu chloridu železitého (případně lze použít dusičnan) v 50 ml destilované vody</p> <p>Roztok B: rozpustíme 0,5 g dihydrátu kyseliny šťavelové v 50 ml vody.</p> <p>Do výsledného roztoku ponoříme filtrační papír zvolené velikosti a necháme ho nasytit roztokem. Následně ho necháme usušit za laboratorní teploty bez přístupu světla, například v zavřené zásuvce stolu.</p> <p>Takto připravený "fotografický papír" můžeme poté "exponovat". Papír překryjeme šablonou z tvrdého papíru, v níž je vystřižen libovolný obrázek, a necháme na papír působit světlo po dobu 10 až 30 minut – jako zdroj světla může posloužit obyčejná stolní lampa nebo sluneční světlo.</p> <p>Nakonec přistoupíme k vyvolání obrazu. Připravíme 1% roztok červené</p>

	<p>krevní soli a nanese ho na exponovaný papír – pomocí rozprašovače nebo Pasteurovy pipety.</p> <p>Pokud chceme výslednou "fotografii" usušit, vypereme ji důkladně v destilované vodě.</p>
Pozorování:	Po aplikaci roztoku červené krevní soli dochází ke zmodrání osvětlených částí filtračního papíru, viz Obrázek 29.
Vysvětlení:	Účinkem světla dochází k rozkladu železité soli - tris(oxaláto)železitanu, kdy vzniká sůl železnatá – oxalát železnatý. Tato je poté zviditelněna roztokem červené krevní soli, která reaguje s Fe^{2+} ionty.
Zdroj:	/68/
Poznámky:	<p>Pokud neprovedeme ustálení "snímku" vypráním v čisté vodě, dochází k pokračujícímu rozkladu železité soli a znehodnocení "fotografie".</p> <p>Výsledek je patrný již po 10 minutách expozice, ale lepšího efektu docílíme prodloužením této doby na 30 minut. Rozdíl je patrný z Obrázku 29.</p>
Využitelné v předmětu:	Chemie – v rámci obecné chemie jako demonstrace účinku světla na chemické reakce (1. ročník)



Obrázek 29: Výsledný obraz po působení roztokem červené krevní soli, různá doba expozice.

3.3 Příprava vyučovací hodiny

V rámci praktické části této práce byly také zpracovány přípravy dvou vyučovacích hodin. První se zabývá fyzikální podstatou světla a je využitelná ve fyzice nebo v chemii jakožto podklad pro druhou vyučovací hodinu, která je věnována fotochemii a reakcím elektronově excitovaných molekul. Obě hodiny jsou pojaté jako klasické 45minutové hodiny a jsou určeny žákům gymnázií.

3.3.1 První vyučovací hodina

Téma: Světlo

Výukové cíle a klíčové kompetence:

Před vlastní přípravou vyučovací hodiny je nutné si vytyčit výukové cíle, tedy stanovit si žáadoucí úroveň poznatků a dovedností žáků na konci dané vyučovací hodiny. Je třeba definovat výukové cíle z hlediska činnosti žáka a definovat tyto cíle pomocí aktivních sloves. Dále je vhodné upřesnit, kterou z klíčových kompetencí žáci v dané vyučovací hodině rozvíjí. V rámci hodin chemie jde často o kompetenci k učení, kdy se žáci učí sami vyhledávat informace a organizovat své učení. K tomu je například vhodné zadat domácí úkol zahrnující samostatné zjištění některých informací. Pro tuto konkrétní vyučovací hodinu byly zvoleny následující výukové cíle:

- Žák definuje pojem světlo.
- Žák porovná záření o různých vlnových délkách z hlediska jejich energie.
- Žák vysvětlí, co znamená duální charakter světla.
- Žák objasní rozdíl mezi ultrafialovým, viditelným a infračerveným zářením.

Analýza prekonceptů:

Učitelovou povinností je zjistit stav poznatků žáků a jejich představy o daném tématu před tím, než zahájí vlastní výklad. Nejlepší formou analýzy prekonceptů je test na začátku vyučovací hodiny. Tato metoda je nicméně časově neefektivní. Jednodušší formou je pak kladení otázek v úvodní části vyučovací hodiny. Pro téma světlo bych zvolila následující otázky:

- Co je to světlo?

- Čím se liší UV záření od viditelného záření?
- Dokázali byste uvést příklad vlivu UV, viditelného nebo IČ záření na živé organismy?

V této konkrétní vyučovací hodině by se mohly u žáků vyskytnout problémy s chápáním infračerveného a ultrafialového záření. Bylo by vhodné ujistit se, že žáci nemají tyto pojmy spojené s barvami, tedy, že si nemyslí, že IČ záření má červenou barvu a UV záření fialovou. Je třeba zdůraznit, že názvy těchto záření vyplývají z toho, v jaké části spektra se nacházejí. Ultrafialové záření odpovídá vlnovým délkám kratším než 430 nm, tedy se ve spektru nachází před zářením odpovídajícím fialové barvě. Naopak infračervené záření se je ve spektru za zářením odpovídajícím barvě červené. Obtížným tématem bude pro žáky pravděpodobně duální charakter světla, proto je třeba zjistit jejich představy o povaze vlnění a částic.

Celkový scénář vyučovací hodiny:

ČAS	ČINNOST
00:00 – 00:02	pozdrav, zápis do třídní knihy
00:02 – 00:10	úvod, motivace
00:10 – 00:35	výklad učiva
00:35 – 00:45	závěrečné opakování

Motivace žáků:

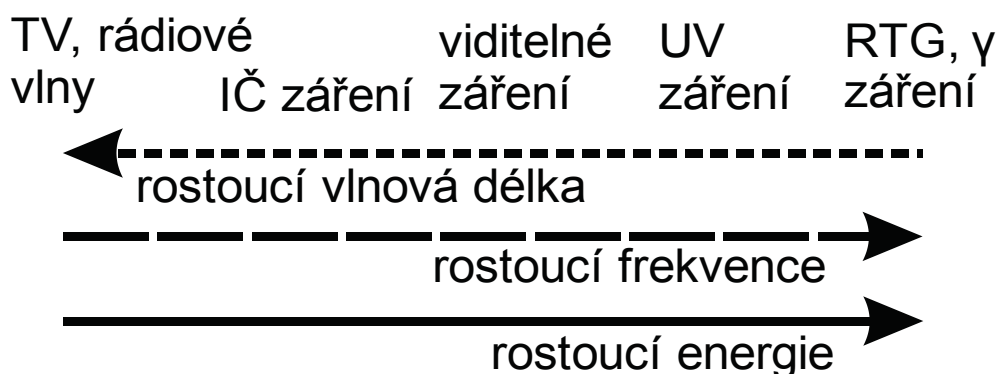
Světlo a elektromagnetické záření obecně mělo a má zásadní význam pro život na Zemi. První organické molekuly, které stály na počátku všech životních forem, velmi pravděpodobně vznikly za účasti světelné energie, konkrétně za účasti ultrafialového záření. Energie elektromagnetického záření z viditelné oblasti je uskladňována do chemických vazeb sloučenin v rámci procesu fotosyntézy. Fotosyntéza tímto představuje spojovník života na Zemi s vesmírem a Slunce představuje zdroj energie pro drtivou většinu známých životních forem. Rostliny uskladňují světelnou energii v molekulách sacharidů a představují zdroj obživy pro ostatní formy života. Tomuto se vymykají pouze chemoautotrofní organismy – některé druhy bakterií – které využívají místo sluneční energie energii chemických vazeb jednodušších chemických sloučenin.

Strukturovaný obsah učiva:

Světlo představuje klíčový faktor pro průběh fotochemických reakcí, proto je nutné objasnit jeho fyzikální podstatu před tím, než se budeme zabývat vlastním tématem fotochemie. Pokud pracujeme se žáky, kteří se již s těmito poznatky setkali ve fyzice, lze dané téma pouze zopakovat, či krátce shrnout.

SVĚTLO

- elektromagnetické pole, které zprostředkovává výměnu energie (19. století, J. C. Maxwell – světlo je elektromagnetické záření)
- světlo může energii předávat molekulám, a pokud tyto molekuly obdrží dostatečné množství energie, může dojít k chemické změně (fotochemická reakce)
- charakterizujeme ho pomocí fyzikálních veličin
 - vlnová délka
 - označení λ , jednotka: nm
 - *na tabuli je vhodné nakreslit obrázek ilustrující vlnovou délku*
 - frekvence
 - označení f , jednotka Hz
 - počet kmitů dokončených za 1 sekundu
 - čím vyšší je frekvence daného záření, tím nižší je jeho vlnová délka a tím vyšší jeho energie
 - spektrum – pokud seřadíme záření podle vlnových délek, dostaneme spektrum, které prakticky není omezeno ani na jedné straně



- elektromagnetické záření různých vlnových délek se liší vlnovou délkou, a tedy svou energií; pro průběh fotochemické reakce je třeba záření o takové energii, které vyvolá přechod

elektronů na vyšší energetickou hladinu (excitovaný stav), avšak pokud je energie excitujícího záření příliš velká, dojde k rozštěpení molekuly, nejčastěji na radikály

- světlo je ale zároveň proudem hmotných částic (fotonů)
 - 20. století – A. Einstein podal vysvětlení fotoelektrického jevu
- říkáme, že světlo má **DUÁLNÍ (VLNOVĚ-ČÁSTICOVÝ) CHARAKTER**
 - některé experimenty potvrzují, že se jedná o vlnění, jiné experimenty potvrzují, že jde o částice (experimenty s ohybem a interferencí světla, fotochemický jev)
 - myšlenka dualismu (20. století – L. de Broglie) – každý objekt vykazuje duální charakter, nicméně u hmotnějších objektů je vlnový charakter méně výrazný

Základní termíny:

- světlo = elektromagnetické pole, zároveň proud hmotných částic, fotonů
- duální charakter = světlo, a každá forma hmoty, má jak charakter vlnový, tak charakter částicový; čím je objekt hmotnější, tím méně je u něj patrný vlnový charakter a tím více se u něj projevuje charakter částicový
- frekvence = počet kmitů za 1 sekundu

Mezipředmětové vztahy:

fyzika – duální charakter světla je zmiňován v rámci kvantové teorie

biologie – zrak, jakožto nejdůležitější smysl člověka je založen na detekci světla dopadajícího do oka

Otázky během vyučovací hodiny:

Během vyučovací hodiny je třeba neustále udržovat pozornost žáků, například kladením otázek. V rámci této vyučovací hodiny by byly vhodné následující otázky:

- Znáte nějaké příklady vlnění?
- Jaký je převodní vztah mezi nanometrem a metrem? (Kolik nanometrů je v 1 metru?)
- Kde člověk využívá infračerveného záření?
- Kde se setkáte s účinky UV záření?
- Myslíte, že je v slunečním záření dopadajícím na Zem obsaženo jen záření z viditelné oblasti spektra?

Závěrečné opakování:

Závěrečné opakování je velice důležitou částí vyučovací hodiny, protože slouží žákům k ukotvení získaných poznatků a učitelé k zjištění své úspěšnosti a naplnění výukových cílů.

- Jaké oblasti spektra elektromagnetického záření řadíme pod „světlo“?
- Jaká je fyzikální podstata světla?
- V jakých jednotkách se udává frekvence a co znamená?
- Co znamená duální charakter světla?
- Seřadte záření podle stoupající energie: $\lambda = 200 \text{ nm}$; $\lambda = 750 \text{ nm}$; $\lambda = 480 \text{ nm}$
- Které záření má vyšší energii – viditelné nebo rentgenové?

Domácí úkol:

Zjistěte zdroje elektromagnetického záření, které máte doma.

3.3.2 Druhá vyučovací hodina

Téma: Fotochemické reakce

Výukové cíle:

- Žák vysvětlí rozdíl mezi fotochemickou a "klasickou" chemickou reakcí
- Žák uvede příklady fotochemických reakcí.
- Žák popíše princip černobílé fotografie.

Analýza prekonceptů:

S tématem fotochemických reakcí se žáci již setkali, ačkoliv pouze nepřímo, v biologii v tématu fotosyntézy. Je však možné, že si fotosyntézu nedají do souvislosti s tématem probíraným v této hodině. Proto je třeba jim tuto souvislost připomenout. Dále žáci mohou mít dojem, že fotochemické reakce jsou spojeny pouze s fotografováním.

Celkový scénář vyučovací hodiny:

ČAS	ČINNOST
00:00 – 00:02	pozdrav, zápis do třídní knihy
00:02 – 00:10	úvod, motivace
00:10 – 00:30	výklad učiva
00:30 – 0:40	demonstrační experiment
00:35 – 00:45	závěrečné opakování

Motivace žáků:

Fotochemické reakce jsou, stručně řečeno, reakce iniciované zářením z viditelné, případně z ultrafialové oblasti. Ačkoliv si to možná neuvědomujeme, takovéto reakce probíhají všude kolem nás. Rostliny v průběhu fotosyntézy využívají energii světla na syntézu molekul sacharidů, které jsou dále využívány býložravci a posléze masožravci. Sluneční záření tedy představuje základní energetický zdroj pro téměř veškerý život na Zemi. Vliv viditelného světla i ultrafialového záření na chemické reakce je využíván také člověkem v nejrůznějších procesech organické syntézy – zejména ke tvorbě reaktivních částic, radikálů. Dále je na fotochemických principech postaven princip černobílé fotografie. Ačkoliv člověk energii světelného záření často využívá, je mu také ke škodě. Jako příklad můžeme uvést rozklad jinak velmi stabilních molekul freonů UV zářením, který má za následek zužování ochranné ozonové vrstvy. Dále lze uvést strukturní změny v DNA vedoucí k mutacím, až rakovině.

Strukturovaný obsah učiva:

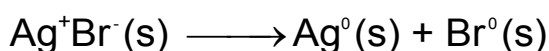
FOTOCHEMICKÉ REAKCE

- všechny chemické reakce vyžadují určitou aktivační energii (i když může být nízká a látky reagují za nízkých teplot)
- většina běžných chemických reakcí jsou reakce molekul v základním elektronovém stavu, kdy aktivační energie je dodána formou tepelného pohybu okolních molekul
- atomy / molekuly přijímají světelnou energii v přesně daných množstvích (kvantech), což způsobuje přechod elektronů ze základního do excitovaného stavu – to poté může vést k zahájení chemické reakce
- fotosyntéza – nejrozsáhlejší a nejdůležitější fotochemická reakce vůbec!

- zřejmě nejznámější fotochemickou reakcí jsou procesy probíhající při vzniku černobílé fotografie

Princip černobílé fotografie

- klíčovou součástí fotografického materiálu jsou velmi drobné krystaly bromidu nebo chloridu stříbrného (světlocitlivé sloučeniny)
- krystalky jsou rozptýleny v želatině, která je nanášena na papír
- při fotografování dochází k tzv. expozici – na fotografický film dopadá světlo, přičemž na různé části filmu dopadá o světlo o různé intenzitě; toto má za následek spuštění fotochemické reakce – dochází k redukci stříbra podle rovnice:



- částice vyredukovaného elementárního stříbra představují tzv. latentní obraz (k tomu, aby byl viditelný se musí vyvolat)
- vyvolávání filmu
 - vývojky obsahují organická redukční činidla (hydrochinon, pyrokatechol, atd.) + ochranné látky proti oxidaci vývojky vzdušným kyslíkem
 - během vyvíjení filmu dochází k redukci dalších stříbrných iontů a to zejména v místech, kde už je elementární stříbro vyredukováno účinkem světla
 - obraz se stává viditelným
 - proces se včas zastaví vypráním ve vodě a ponořením do ustalovače

Demonstrační experiment: Zčernání chloridu stříbrného účinkem UV záření

- dopředu je potřeba si připravit dva roztoky (roztok AgNO_3 a roztok NaCl)

Pomůcky:	3 Petriho misky přibližně stejné velikosti, filtrační papír, pinzeta (nebo kleště), malý předmět, který lze položit do Petriho misky (např. klíč), UV lampa nebo halogenová stolní lampa
Chemikálie:	roztok AgNO_3 (0,1M), roztok NaCl (0,1M)
Postup:	Z filtračního papíru vystříháme kolečko veliké tak, aby se vešlo do Petriho misek. Do první Petriho misky nalijeme přibližně 5 ml roztoku AgNO_3 tak, aby se papír celý pokryl. Poté přemístíme vlhký papír pinzetou do druhé Petriho misky a nalijeme na něj roztok NaCl , opět tak, aby se celý pokryl. Pomocí pinzety papír znovu přemístíme do třetí

	Petriho misky. Na závěr umístíme na papír klíč (případně jiný předmět) a ozáříme ho lampou. UV světlo necháme působit tak dlouho, dokud papír viditelně nezčerná, poté lampu vypneme a odebereme klíč.
Pozorování:	Okamžitě po nalití druhého roztoku na vlhký papír vzniká bílá sraženina, která pod UV lampou rychle tmavne. Po odejmutí klíče jasně vidíme, že v místech, kde UV světlo nemohlo působit, zůstala sraženina bílá, viz Obrázek 26.
Vysvětlení:	<p>Na papíru se tvoří reakcí AgNO_3 s NaCl sraženina chloridu stříbrného, který je světlocitlivý.</p> $\text{AgNO}_3 (\text{aq}) + \text{NaCl} (\text{aq}) \longrightarrow \text{AgCl} (\text{s}) + \text{NaNO}_3 (\text{aq})$ <p>Pokud působíme na AgCl světlem, světelná energie iniciuje redoxní reakci. Dochází k vyredukování elementárního stříbra, které způsobuje černou barvu papíru.</p> $\text{Ag}^+ \text{Cl}^- (\text{s}) \longrightarrow \text{Ag}^0 (\text{s}) + \text{Cl}^0 (\text{s})$ <p>Tato reakce je základem černobílé fotografie – fotografický materiál jsou vlastně drobné krystalky halogenidu stříbra zakotvené v želatině a nanesené na vhodnou podložku. Princip černobílé fotografie byl vysvětlen v teoretické části.</p>

Základní termíny:

- fotochemická reakce = reakce iniciovaná elektromagnetickým zářením z viditelné nebo ultrafialové oblasti; reakce molekul v elektronově excitovaném stavu
- fotografický proces = rozklad krystalů bromidu či chloridu stříbrného účinkem světla a následné vyvolání a ustálení obrazu

Mezipředmětové vztahy:

biologie – významnou fotochemickou reakci představuje fotosyntéza, se kterou se žáci zabývají zejména v biologii

Otázky během vyučovací hodiny:

- Chemické reakce potřebují ke svému zahájení určité množství energie. Může to být například energie světla. Jakou jinou formou energie je možné iniciovat chemickou reakci?
- Dokázali byste vymyslet příklad reakce iniciované světlem?
- Jaký je zdroj energie na Zemi?
- Má někdo zkušenosti s vyvoláváním černobílé fotografie? (Nebo vůbec s focením na klasické fotoaparáty?)
- Co je to redukce? (Co je to oxidace?)
- Podle rovnice rozkladu chloridu stříbrného světlem, který prvek se redukuje a který oxiduje?

Závěrečné opakování:

- Definujte fotochemickou reakci.
- Uveďte nějaký příklad fotochemické reakce.
- Co způsobuje černou barvu v černobílé fotografii?
- Proč se nesmí fotografie vyvolávat za běžného osvětlení?
- Proč je škodlivé nadměrné slunění?
- Proč se již nepoužívají freony?

Návrhy dalších aktivit:

K tématům světlo a fotochemické reakce lze zařadit úkoly v laboratorním cvičení. Například je možné poměrně jednoduchým experimentem prokázat tvorbu škrobu v rámci fotosyntézy, či demonstrovat závislost intenzity fotosyntézy na teplotě – postupy jsou popsány v experimentální části (viz pokusy č. 3.2.5 a 3.2.6). Dále je možné žákům zadat projekt na téma spektrum elektromagnetického záření a rozdělit žáky do skupin. Každá skupina by dostala za úkol zjistit informace o jednom ze základních typů elektromagnetického záření – jeho vlastnosti, využití člověkem, případná nebezpečí či zajímavosti. Projekt by byl menšího rozsahu, na jeden až dva týdny. Závěr projektu by představoval prezentaci zjištěných informací žáky a zpracování souborného plakátu, který by mohl být vystaven na školní chodbě.

4 DISKUZE

Téma fotochemie se na středních školách neprobírá obecně a je zmiňováno pouze velmi okrajově, jak je patrné z analýzy učebnic chemie a fyziky a také ze školních vzdělávacích programů. V drtivé většině hodnocených učebnic jsou fotochemické reakce omezeny na fotografický proces, který je objasněn více či méně podrobně. Alespoň zmínku o něm však najdeme v každé učebnici, téměř vždy v rámci anorganické chemie, konkrétně v podkapitole o stříbrných sloučeninách. V rámci biochemie bývá uváděna fotosyntéza, jakožto anabolická dráha metabolismu sacharidů. Obzvláště podrobně jsou tato témata rozebrána v sadě učebnic chemie pro gymnázia od Aleše Marečka a Jaroslava Honzy. Žák zde nalezne množství informací, nicméně celá učebnice je zpracována neatraktivním způsobem s převahou holého, černobílého textu, barevné ilustrace zcela chybí. Ze zdařilejších publikací bych dále zmínila čtyřdílnou sadu učebnic chemie pro střední školy od nakladatelství Scientia, která představuje překlad původně rakouských středoškolských učebnic. Ačkoliv fotosyntéza není v této publikaci zmiňována vůbec, princip fotografického procesu je zde velmi zdařile objasněn a doplněn barevnými fotografiemi i návrhem experimentu. Jedinou učebnicí, která fotochemickým reakcím věnuje samostatný, byť malý, celek je první díl Chemie pro gymnázia od Vratislava Flemra a Bohuslava Duška. V této publikaci je v kapitole o chemických reakcích a formách reakční energie věnován odstavec fotochemickým a elektrochemickým reakcím. Naopak mezi publikace velmi stručné na toto téma patří jednodílná učebnice Odmaturuj! z chemie od Mariky Benešové a Hany Satrapové a Chemie v kostce od Bohumila Kotlíka a Květoslavy Růžičkové. Z hlediska celkové didaktické vybavenosti učebnic byla nejlépe hodnocena již zmíněná dvoudílná publikace Chemie pro gymnázia I a II, spolu se sadou nakladatelství Scientia. Naopak nejslabšího hodnocení dosáhla třídílná učebnice od Aleše Marečka a Jaroslava Honzy. V rámci analýzy učebnic byly hodnoceny také tři zahraniční publikace – britská (Chemistry in context), rakouská (Chemie 1 und 2 für die Oberstufe) a francouzská (Chimie 1^{re} S). V porovnání s většinou českých učebnic se jeví atraktivněji a často přehledněji. Důvodem je větší množství obrazového materiálu a doprovodných fotografií, dále pak přehlednější uspořádání textu (zvýraznění učiva, shrnutí, apod.). Výjimkou je francouzská učebnice, v níž je učivo uspořádáno netradičním způsobem, a tedy z hlediska českého školství se jeví nevhodně. Téma fotochemie a světla je ve všech hodnocených zahraničních publikacích rozpracováno podrobněji, než je tomu v českých učebnicích. Přesto ale není ani v jedné z nich fotochemickým reakcím věnována samostatná

kapitola. Co se týče učebnic fyziky pro střední školy, téma fotochemie se v nich nevyskytuje, avšak žáci se zde setkávají s vlastnostmi a fyzikální podstatou světla. Většina učiva optiky se zabývá zobrazením zrcadly a čočkami, vlnově-korpuskulární charakter světla je objasněn většinou až v posledním ročníku a to nepříliš podrobně. Nicméně velmi zdařilá publikace na téma fyzikální podstaty světla je Fyzika pro gymnázia – Fyzika mikrosvěta od Ivana Štolla, která zachycuje tuto problematiku velmi podrobně a seriózně objasňuje dokonce i fotoelektrický jev. Biologie se z hlediska fotochemie omezuje pouze na proces fotosyntézy, se kterou se žáci setkávají poprvé v rámci botaniky a podruhé v rámci ekologie.

Ačkoliv je fotochemie z hlediska školní praxe okrajovou záležitostí, řadu experimentů z této oblasti lze s dobrým efektem zařadit do vyučovacích hodin či laboratorních cvičení chemie a fyziky, případně také biologie. Provádění pokusů, a to jak demonstračních, tak žákovských, by mělo představovat důležitou součást výuky přírodních věd. Chemie, fyzika i biologie jsou vědy na experimentování založené a žáci by měli být od poměrně nízkého věku zvyklí na to, že pokusy jsou způsobem poznávání. Velká část experimentů zařazených do této práce spadá do výuky chemie, přičemž řada z nich je realizovatelná jako pokusy demonstrační v rámci vyučovací hodiny standardního typu. Dále jsou zde experimenty využitelné ve fyzice (například filtrování neviditelného záření, optické vlákno, špinavá koule) a biologii – pokusy demonstrující produkci škrobu díky probíhající fotosyntéze a závislost intenzity fotosyntézy na teplotě. Byla snaha volit experimenty materiálně nenáročné s přihlédnutím k vysokým nárokům na bezpečnost žáků. Podrobněji byl rozpracován pokus demonstrující absorpci světelné energie tělesy různých látek, který představuje jednoduchý experiment zařaditelný do běžné vyučovací hodiny či laboratorního cvičení v chemii i fyzice.

V závěru praktické části byly zpracovány přípravy dvou vyučovacích hodin. První z nich se zabývá fyzikální podstatou světla a lze ji zařadit nejen do chemie, ale také do fyziky. Následující příprava nalezne uplatnění pravděpodobně pouze v chemii, protože se věnuje fotochemickým reakcím. Bylo by ale možné ji upravit a poté využít v biologii, jako úvod k učivu o fotosyntéze. Protože je fotosyntéza reakcí s obrovským významem, bylo by možná vhodné jí v biologii věnovat více prostoru. V rámci biologie rostlin v prvním ročníku nemají žáci ještě potřebné poznatky z fyziky, ani z chemie. Nad rámec standardní výuky by bylo možné zařadit například dvě vyučovací hodiny věnované fotosyntéze do 3. nebo 4. ročníku, kdy se žáci zabývají ekologií. Tímto by došlo k propojení tohoto učiva s poznatky o povaze světla z fyziky a poznatky o elektronovém obalu, případně heterocyklických sloučeninách z chemie.

5 ZÁVĚR

Tato diplomová práce zpracovala téma fotochemie a fotochemických experimentů ve výuce přírodovědných předmětů na středních školách. Byla provedena analýza středoškolských učebnic, která ukázala, že toto téma je v učebnicích i školních vzdělávacích programech zachyceno velmi málo. Pověšinou se autoři omezují jen na osvětlení principu černobílé fotografie a fotosyntézy, jakožto anabolické dráhy sacharidů. V porovnání s českými publikacemi se zahraniční publikace jeví podrobnější, ačkoliv ani v nich nebyla fotochemie podrobně zachycena. V rámci fyziky se žáci s fotochemií jako takovou nesetkávají, ale jsou jim zde objasněny vlastnosti a fyzikální podstata světla – elektromagnetického pole naprosto klíčového pro průběh fotochemických reakcí. V rámci teoretické části byla dále rozpracována problematika fyzikální podstaty světla a jeho vlivu na chemické děje. Byla charakterizována fotochemie jako taková a uvedeny základní zákony, jimiž se fotochemické reakce řídí. Dále pak byly zmíněny některé významné fotochemické reakce – konkrétně fotosyntéza, fotografický proces, rozklad freonů ultrafialovým zářením a strukturní změny v DNA vlivem UV složky slunečního záření. V poslední části bylo zhodnoceno zastoupení světla i fotochemických reakcí v učivu střední školy. V praktické části byly vybrány a optimalizovány experimenty fotochemické, luminiscenční a fyzikální. Zařazené pokusy jsou využitelné zejména v chemii, ale také ve fyzice a biologii. Součástí experimentální části jsou také přípravy dvou vyučovacích hodin. První vyučovací hodina si klade za cíl žákům objasnit fyzikální podstatu světla a může být využita nejen jako úvod k tématu fotochemie, ale také jako běžná vyučovací hodina ve fyzice. Druhá lekce se již zabývá samotnou fotochemií, zejména jsou zde žáci seznámeni s nejvýznamnějšími fotochemickými reakcemi. Je na uvážení každého pedagoga, kolik času bude tomuto tématu věnovat. V případě omezených časových možností lze tyto přípravy zestručnit a využít podle uvážení v rámci jedné vyučovací hodiny.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- /1/ NOVÁKOVÁ, Zdenka – PRUCEK, Robert. *Legislativní úprava manipulace s chemickými látkami ve školních laboratořích*. Chemické Listy (107, 471–475), 2013.
- /2/ MAXWELL, James. *A dynamical theory of the electromagnetic field*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London (155, 459–512), 1865.
- /3/ HALLIDAY, David – RESNICK, Robert – WALKER, Jearl. *Fyzika, část 4*. 1. vyd. Brno: VUTINUM, 2000. ISBN 80-214-1868-0.
- /4/ HALLIDAY, David – RESNICK, Robert – WALKER, Jearl. *Fyzika, část 5*. 1. vyd. Brno: VUTINUM, 2000. ISBN 80-214-1868-0.
- /5/ PLANCK, Max. *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung*. 1. vyd. Leipzig: Barth, 1906 .
- /6/ EINSTEIN, Albert. *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*. Annalen der Physik (322, 132–148), 1905.
- /7/ Nobelprize.org *Nobelprize.org* [online]. Copyright © Nobel Media AB 2017 [cit.24.06.2017]. Dostupné z <http://www.nobelprize.org/>
- /8/ YOUNG, Thomas. *Bakerian Lecture: On the Theory of Light and Colours*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London (92, 12–41), 1802.
- /9/ BROGLIE, Luis. *Thesis: Recherches sur la teorie des quanta*. Paris, 1924.
- /10/ KALOUS, Vítěz a kolektiv. *Metody chemického výzkumu*. Praha: SNTL, 1987.
- /11/ MÖSSBAUER, Rudolf. *Kernresonanzfluoreszenz von Gammastrahlung in Ir¹⁹¹*. Zeitschrift für Physik (151, 124–143), 1958.
- /12/ KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. ISBN: 8086369072
- /13/ Školní vzdělávací program – Gymnázium Olomouc-Hejčín, 1.9. 2009
- /14/ Školní vzdělávací program – Gymnázium Jana Opletala, Litovel, 1.9.2013
- /15/ Školní vzdělávací program –Slovanské gymnázium, Olomouc, 1.9.2009
- /16/ LEPIL, Oldřich – BEDNAŘÍK, Milan – HÝBLOVÁ, Radmila. *Fyzika pro střední školy, II. díl*. 1. vyd. Praha: Prometheus, 1993. ISBN 80-901619-7-9
- /17/ ŠTOLL, Ivan. *Fyzika pro gymnázia – fyzika mikrosvěta*. 1. vyd. Praha: Galaxie, 1993. ISBN 80-85204-19-3
- /18/ TARÁBEK, Pavol – ČERVINKOVÁ, Petra. *Odmaturuj! z fyziky*. 1. vyd. Brno: Didaktis, 2004. ISBN 80-86285-39-1

- /19/ LANK, Vladimír – VONDRA, Miroslav. *Fyzika v kostce*. 1. vyd. Praha: Fragment, 2007. ISBN 978-80-253-0228-6
- /20/ KLÁN, Petr. *Organická fotochemie*. 1. vyd. Brno: MU v Brně, 2001. ISBN 80-210-2526-3
- /21/ DVOŘÁK, Lubomír – KUPKA, Zdeněk. *Fyzikální podstata a využití luminiscence*. 1. vyd. Praha: SPN, 1980.
- /22/ KUBAL, Josef. *Základy fotochemie*. 1. vyd. Praha: Academia, 1969.
- /23/ EINSTEIN, Albert. *Zur Quantentheorie der Strahlung*. *Physikalische Zeitschrift* (18, 121–128), 1917.
- /24/ CAMPBELL, Niel – REECE, Jane. *Biologie*. 1. české vyd. Brno: ComputerPress, 2006. ISBN 80-251-1178-4
- /25/ ROMANOVSKÝ, Alexej a kolektiv. *Obecná biologie*. 1. vyd. Praha: SPN, 1985.
- /26/ BASSHAM, James – BENSON, Andrew – CALVIN, Melvin. *The path of carbon in photosynthesis*. *Journal of Biological Chemistry* (185, 78–787), 1950.
- /27/ TAIZ, Lincoln – ZEIGER, Eduardo. *Plant physiology*. 3. vyd. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 2002. ISBN 0878938230
- /28/ LJALIKOV, Konstantin. *Teorie fotografických procesů*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1955.
- /29/ TUŠL, Josef. *Fotografie: Fotochemie a technologie (1. část)*. 2. vyd. Praha: SPN, 1989.
- /30/ CICERONE, Ralph – STOLARSKI, Richard – WALTERS, Stacy. *Stratospheric ozone destruction by man-made chlorofluoromethanes*. *Science* (185, 1165–1167), 1974.
- /31/ MALIJEVSKÁ, Ivona – MALIJEVSKÝ, Anatol – NOVÁK, Josef – SLAVÍČEK, Petr. *Záhady klíče zajímavosti očima fyzikální chemie*. 2. vyd. Praha: VŠCHT v Praze, 2013. ISBN 987-80-7080-824-5
- /32/ BASUK, J. *Freons and ozone in stratosphere*. *Bulletin of the American Meteorological Society* (56, 589–592), 1975.
- /33/ FINDLAY, G. *Ultra-violet light and skin cancer*. *The Lancet* (212, 107–1073), 1928.
- /34/ URBACH, Frederick. *Ultraviolet radiation and skin cancer of humans*. *Journal of Photochemistry and Photobiology* (40, 3–7), 1997.
- /35/ ROZSYPAL, Stanislav. *Úvod do molekulární biologie, 3. díl*. 2. vyd. Brno: Prof. S. Rozsypal, 1997.

- /36/ AMANN, Wolfgang – EISNER, Werner – GIETZ, Paul – MAIER, Josef – SCHIERLE, Werner – STEIN, Reiner. *Chemie pro střední školy 2a*. 1. české vyd. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-078-X
- /37/ AMANN, Wolfgang – EISNER, Werner – GIETZ, Paul – MAIER, Josef – SCHIERLE, Werner – STEIN, Reiner. *Chemie pro střední školy 2b*. 1. české vyd. Praha: Scientia, 2000. ISBN 80-7183-079-8
- /38/ BANÝR, Jiří – BENEŠ, Pavel – HALLY, Jan – HOLADA, Karel – NOVOTNÝ, Petr – POSPÍŠIL, Jiří. *Chemie pro střední školy*. 1. vyd. Praha: SPN, 1995. ISBN 80-85937-11-5
- /39/ ČÁRSKY, Jozef – KOPŘIVA, Jaroslav – KRIŠTOFOVÁ, Viktória, PECHÁŇ, Ivan. *Chemie pro III. ročník gymnázií*. 1. české vyd. Praha: SPN, 1986.
- /40/ EISNER, Werner – FLADT, Rüdiger – GIETZ, Paul – LAITENBERGER, Klaus – SCHIERLE, Werner. *Chemie pro střední školy 1a*. 1. české vyd. Praha: Scientia, 1996. ISBN 80-7183-043-7
- /41/ EISNER, Werner – FLADT, Rüdiger – GIETZ, Paul – JUSTUS, Axel – LAITENBERGER, Klaus – SCHIERLE, Werner. *Chemie pro střední školy 1b*. 1. české vyd. Praha: Scientia, 1997. ISBN 80-7183-051-8
- /42/ FLEMR, Vratislav – DUŠEK, Bohuslav. *Chemie /obecná a anorganická/ I pro gymnázia*. 1. vyd. Praha: SPN, 2001. ISBN 80-7235-147-8
- /43/ KOLÁŘ, Karel – KODÍČEK, Milan – POSPÍŠIL, Jiří. *Chemie /organická a biochemie/ II pro gymnázia*. 2. vyd. Praha: SPN, 2005. ISBN 80-7235-283-0
- /44/ KOTLÍK, Bohumil – RŮŽIČKOVÁ, Květoslava. *Chemie I v kostce*. 1. vyd. Praha: Fragment, 1996. ISBN 80-7200-056-X
- /45/ KOTLÍK, Bohumil – RŮŽIČKOVÁ, Květoslava. *Chemie II v kostce*. 3. vyd. Praha: Fragment, 2004. ISBN 80-7200-761-0
- /46/ MAREČEK, Aleš – HONZA, Jaroslav. *Chemie pro čtyřletá gymnázia, 1. díl*. 3. vyd. Olomouc: Olomouc, 1998. ISBN 80-7182-055-5.
- /47/ MAREČEK, Aleš – HONZA, Jaroslav. *Chemie pro čtyřletá gymnázia, 2. díl*. 1. vyd. Vlastním nákladem, 1996. ISBN 80-902200-4-5.
- /48/ MAREČEK, Aleš – HONZA, Jaroslav. *Chemie pro čtyřletá gymnázia, 3. díl*. 1. vyd. Olomouc: Olomouc, 2000. ISBN 80-7182-057-1.
- /49/ PACÁK, Josef – ČIPERA, Jan – HALBYCH, Josef – HRNČIAR, Pavel – KOPŘIVA, Jaroslav. *Chemie pro II. ročník gymnázií*. 1. vyd. Praha: SPN, 1985.
- /50/ ŠRÁMEK, Vratislav – KOSINA, Ludvík. *Obecná a anorganická chemie*. 1. vyd. Olomouc: Fin, 1996. ISBN 80-7182-003-2

- /51/ VACÍK, Jiří – ANTALA, Milan – ČTRNÁCTOVÁ, Hana – PETROVIČ, Pavel – STRAUCH, Bohuslav – ŠÍMOVÁ, Jana – ZEMÁNEK, František. *Chemie I*. 1. vyd. Praha: SPN, 1984.
- /52/ PRŮCHA, Jan. *Učebnice: Teorie a analýzy edukačního média*. Brno: Paido, 1998. ISBN 80-85931-49-4
- /53/ HILL, Graham – HOLMAN, John. *Chemistry in context*. 6. vyd. London: Nelson Thornes, 2011. ISBN 978-1-4085-1496-2
- /54/ JANUSCHEWSKY, Winfried – JARISCH, Edith. *Chemie(1, 2) für die Oberstufe*. Wien: Ueberreuter-Deuticke, 1989.
- /55/ TOMASINO, Adolphe – FAURIS, Marc – LORRIN, Chantal – SLIWA, Henri. *Chimie I^{re} S*. Paris: Nathan, 1994. ISBN 209 172240-5
- /56/ SHAKHASHIRI, Bassam Z. *Chemical Demonstrations: A Handbook for Teachers of Chemistry, Volume 5*. 1. vyd. Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 2011. ISBN 978-0-299-22650-3
- /57/ Science is Fun in the Lab of Shakhashiri. *Science is Fun in the Lab of Shakhashiri*. [online]. Dostupné z <http://scifun.chem.wisc.edu/>; duben 2017
- /58/ GORIS, Richard. *Infrared Organs of Snakes: An Integral Part of Vision*. *Journal of Herpetology* (45, 2–14), 2011.
- /59/ KERROD, Robin – SPARROW, Giles. *Jak funguje vesmír*. 1. české vyd. Praha: Knižní klub, 2005. ISBN 80-242-1373-7
- /60/ Rámcový vzdělávací program pro gymnázia. Praha: VÚP, 2007. ISBN 978-80-87000-11-3
- /61/ Simple Science with Everyday Objects. *Science is Fun in the Lab of Shakhashiri*. [online]. Dostupné z <http://scifun.chem.wisc.edu/HomeExpts/nichols.html>; duben 2017
- /62/ Úžasné rostliny | Enviroexperiment. *Enviroexperiment* [online]. Copyright 2012 [cit. 20.6.2017]. Dostupné z <http://www.enviroexperiment.cz/>
- /63/ BENNETT, Andrew, CUTHILL, Innes. *Ultraviolet vision in birds: What is its function?* *Vision Research* (34, 1471–1478), 1994.
- /64/ BRISCOE, Adriana a CHITTKA, Lars. *The Evolution of Color Vision in Insects*. *Annual Review of Entomology*, 45, 471–510), 2001.
- /65/ POKORNÝ, Jan. Diplomová práce: *Luminiscence ve středoškolské laboratoři*. Olomouc: UP, 2015.

- /66/ KAMENÍČEK, Jiří – KLEČKOVÁ, Marta – Čajan, Michal. *Vybraná témata pro výuku chemie (3. část)*. 1. vyd. Olomouc: UP v Olomouci, PřF, 2013. ISBN 978-80-244-3975-4
- /67/ ŠULCOVÁ, Renata - BÖHMOVÁ, Helena. *Netradiční experimenty z organické a praktické chemie*. 1. vyd. Praha: UK v Praze, PřF, 2007. ISBN 978-80-86561-81-3
- /68/ JOHNSON, Ronald. *Convenient procedure for the preparation of potassiumtrioxalatoferrate(III)*. *Journal of Chemical Education* (47, 702), 1970.