

Tajemný svět luminiscence

V.Holoubek¹, N. Schwartzová²

¹ GOA Bučovice; holoubekvitek@seznam.cz

² EVG Banská Bystrica; schwartzovanatalia@gmail.com

Abstrakt:

Během projektu jsme pomocí badatelsky orientované výuky zjistili nové informace o luminiscenci, zasadit si je do kontextu a následně je zformulovat do jednoduché vědecké práce a předat poznatky ostatním. V těle příspěvku se mimo všeobecného úvodu do luminiscence věnujeme několika experimentům týkajícím se excitaci roztoků při záření o různé vlnové délce, rozdílu mezi fluorescencí a fosforescencí, a procesu zhášení.

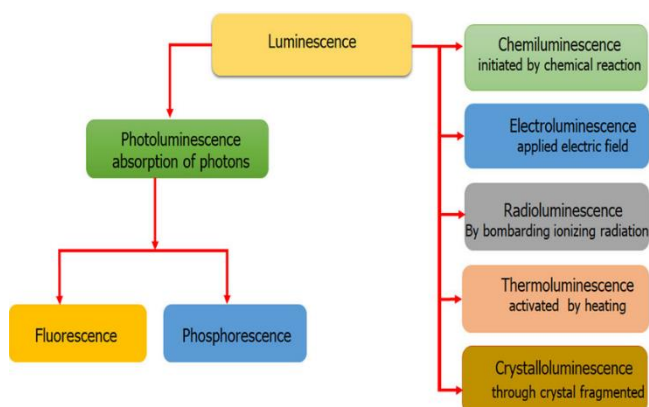
1 Úvod

Cílem naší práce bylo stanovit hypotézy týkající se luminiscence, následně je ověřit pomocí jednoduchých experimentů a poté naše výsledky srovnat s odbornou literaturou. Před tím, než se dostaneme k výsledkům naší práce, je důležité zmínit, jakým způsobem náš projekt probíhal. Jeho hlavním cílem bylo představit nám luminiscenci pomocí badatelsky orientované výuky, jako obor, který se na středních školách běžně neučí, spíše než zaměřit se na pozorování a měření konkrétního jevu. V této práci popisujeme rozdíl mezi fosforescencí a fluorescencí a také to, jak funguje zhášení, za pomoci experimentů, které jsme provedli.

2 Tělo příspěvku

2.1 Úvod do luminiscence

Základní princip luminiscence je založen na excitaci a následné de-excitaci elektronů. Na popsání tohoto jevu používáme Jablonského diagramy. Tyto diagramy zobrazují energetické hladiny molekul a přechody elektronů mezi nimi. Jev luminiscence se vyskytne jenom pokud molekula dostane množství energie minimálně tak velké jako energetický rozdíl mezi nejvyšší obsazenou hladinou a nejnižší neobsazenou hladinou. Pokud je to méně, molekula energii neabsorbuje. Po excitaci se molekula snaží vrátit do původního stavu na základě principu snahy o co nejnižší energii. Čím větší je vzdálenost energetických hladin, které excitovaný elektron naráz překoná na cestě do původní hladiny, tím vyšší energii, respektive nižší vlnovou délku má emitované světlo. Pro výpočet výsledné



emitované energie je použit tento vzorec ($\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$). Pokud jsou ale energetické hladiny u molekuly příliš blízko, elektron nemá potřebu provést zářivou de-excitaci a molekula není schopna luminiscence. Stejně jako u jiných reakcí dochází v případě luminiscence k nezářivým přechodům (relaxačním vibracím), kdy energie odchází buď ve formě tepla nebo pohybu. V případě luminiscence se k těmto jevům přidává ještě zářivá excitace, což u jiných jevů neplatí. Podle formy dodané energie potřebné k excitaci rozlišujeme různé typy luminiscence.

2.2 Excitace roztoků při záření o různé vlnové délce

V tomto experimentu jsme pozorovali, jak se budou chovat různé látky, pokud na ně budeme svítit pomocí laserů o různých vlnových délkách. Z experimentu jsme zjistili že čím nižší je vlnová délka laseru, tím vyšší energii je schopný látce předat, to se shoduje i s dříve uvedeným vzorcem.

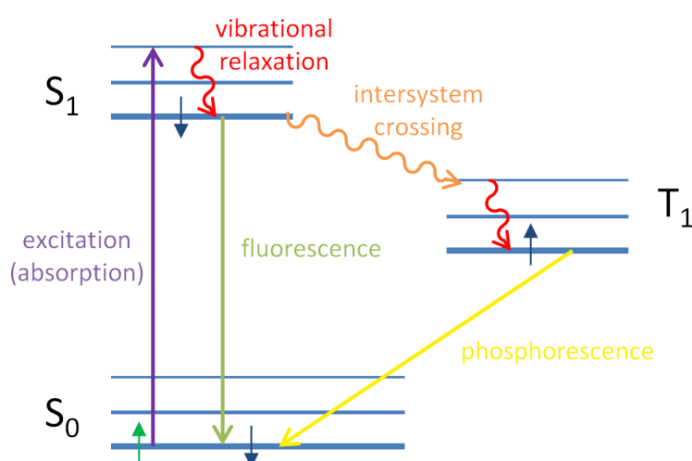
Tabulka níže shrnuje výsledky našeho pozorování, přičemž slovně jsou označené barvy pozorované luminiscence a pomlčka znamená že jsme luminiscenci nepozorovali.

Barvy laseru:	červená	zelená	modrá
Použité látky:	650 ± 10	532 ± 10	405 ± 10
Voda s barvivem	-	-	-
Tonic (obsahující chinin)	-	-	modrá
Etanol s eosinem	-	žlutá	žlutá



2.3 Rozdíl mezi fluorescencí a fosforescencí

V této části práce se pokusíme objasnit princip fluorescence a fosforescence. Oba tyto jevy jsou podtypy fotoluminiscence, kdy je vyzáření fotonu způsobené excitací elektronu pomocí elektromagnetického záření. Liší se ale tím, jak dlouhá doba uběhne mezi absorpcí a vyzářením fotonu.



Jablonského diagram popisující fluorescenci a fosforescenci

Na grafu výše můžeme vidět proces fosforescence a fluorescence. Proces fluorescence trvá řádově nanosekundy, zatímco fosforescence několik mikrosekund až minut, výjimečně i hodin.

Je to způsobeno tím, že v případě fosforescence dojde při vyzařování energie k přechodu do tripletního stavu, to znamená že jeden

z valenčních elektronů atomu získá opačný spin, což porušuje výstavbový princip orbitalu a znemožňuje rychlé vyzáření energie, jak je tomu u fluorescence.



roztok fluorescinu s
kyselinou boritou ve vodě



fluorescin s kyselinou boritou
v podobě skelné směsi během
ozařování UV světlem



fluorescin s kyselinou boritou
v podobě skelné směsi několik
sekund po ozařování UV světlem

Provedli jsme experimenty, ve kterých se fluorescin smíchaný s kyselinou boritou choval jako fluorescenční látka, a následně fosforescenční látka. Naší hypotézou je to, že jestli látka provede fosforescenci nebo fluorescenci závisí také na prostředí ve kterém je obsažena.

2.4 Zhášení

Při našem druhém experimentu jsme se věnovali fluorescenci chlorofylu, a jevu zhášení. Nejprve jsme 3-5 listů roztrhali na malé kousky a následně je rozetřeli ve třetí misce s etanolem. Pak jsme směs odfiltrovali a získali extrahovaný chlorofyl v etanolu. Naše hypotéza byla, že by chlorofyl kvůli jeho složení měl po excitaci UV světlem vykazovat fluorescenci. Hypotéza byla správná. Pak nás ale napadlo, chová se celý list pod UV světlem stejně jako samotný chlorofyl? Experimentálně jsme si ověřili, že v listu k luminiscenci nedochází, přestože obsahuje chlorofyl. Důvodem tohoto rozdílu je zhášení. List využívá světelnou energii primárně na fotosyntézu, takže když na něj zasvítíme UV zdrojem, využije získanou energii tímto způsobem a kvůli tomu nezbyvá na luminiscenci dostatek energie a světelný jev nevidíme. Se stárnutím listu dochází k úpadku jeho fotosyntetických funkcí, a tudíž je možné, že u něj bude pozorována luminiscence. Během bádání jsme taky zjistili, že pokud extrahovaný chlorofyl dáme do vody namísto do etanolu, nebude schopný fluorescence. Jako možné řešení se nám jevil rozdíl mezi polaritou či pH použitých rozpouštědel, ale dospěli jsme k tomu že i v tomto případě se jedná o zhášení. Namísto emitování světla chlorofyl raději odevzdá energii vodě, což o etanolu neplatí.



3 Shrnutí

Věříme, že se nám pomocí experimentů podařilo demonstrovat a vysvětlit základní principy luminiscence, jevu, který je v našem světě velice rozšířený, ale většinou je k jeho pozorování potřeba světelného zdroje s vysokou energií záření. V průběhu projektu jsme otestovali naše hypotézy, a zjistili, které jsou správné, ať už experimentálně nebo pomocí odborné literatury. Během práce jsme získali informace a zkušenosti o luminiscenci, které se nám v budoucnu jistě budou hodit.

Poděkování

Na závěr bychom chtěli poděkovat vedoucímu našeho miniprojektu Ing. Ondřeji Holasovi. Byl nám skvělým mentorem a průvodcem vědou ve všech fázích miniprojektu. Také nesmírně děkujeme organizátorům TV@J 2024 za všechno úsilí které projektu věnovali a za to že nám zprostředkovali tento úžasný zážitek.

Reference

- [1] PELANT, Ivan a VALENTA, Jan. *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři. Průhledy (Academia)*. Praha: Academia, 2014. ISBN 978-80-200-2394-0.
- [2] Eck, Michael. (2014). Performance enhancement of hybrid nanocrystal-polymer bulk heterojunction solar cells : aspects of device efficiency, reproducibility, and stability
- [3] Kate Maxwell, Giles N. Johnson, Chlorophyll fluorescence—a practical guide, *Journal of Experimental Botany*, Volume 51, Issue 345, April 2000, Pages 659–668