

Luminiscence

J. Schaffer*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
schafjar@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Co je to luminiscence a kde se využívá? Jaké známe druhy luminiscence? To vše společně prozkoumáme a na vlastní kůži vyzkoušíme. Nebude chybět řada pokusů, hádanek a na závěr se necháme unést kouzlem „kreslicího“ kyvadla.

1 Úvod

Lidé byli odjakživa fascinováni světelnými jevy. Jelikož jejich poznání nebylo natolik rozvinuto, aby byli schopni pochopit podstatu těchto „zázraků“, přisuzovali jim magické vlastnosti a opředli je nejrůznějšími mýty a pověstmi. Postupem času se podařilo vysvětlit princip luminiscence a využít ji v běžném životě. Přesto se stále jedná o oblast, která má pro vědce z celého světa velký potenciál.

2 Teorie

2.1 Historie

První zmínku o luminiscenci nalzáme v Pliniově sbírce arabských a indických pověstí o svítících drahokamech. Další záznamy nás zavedou do Číny, kde byla luminiscence v 10. století pozorována. V roce 1602 získal Cascialorus žiháním těživce červeně svítící kámen, který byl později nazván bononský a byly mu přisuzovány magické vlastnosti. O pár let později německý alchymista Christian Adolf Balduin objevil světélkování fosforu. Systematický výzkum luminiscence uskutečnil Gabriel Stokes a Jacques Becquerel.

2.2 Co je luminiscence?

Slovo luminiscence pochází z latinského slova *lumen* – světlo. Pojem luminiscence bychom tedy mohli přeložit jako světélkování. Jedná se o kvantový jev, kdy dochází k samovolnému vyzařování fotonů pevnými nebo kapalnými látkami. K tomu je potřeba, aby proběhla excitace dané látky, tedy přesunutí elektronů do vyšší energetické hladiny.

Samotný mechanismus je následující:

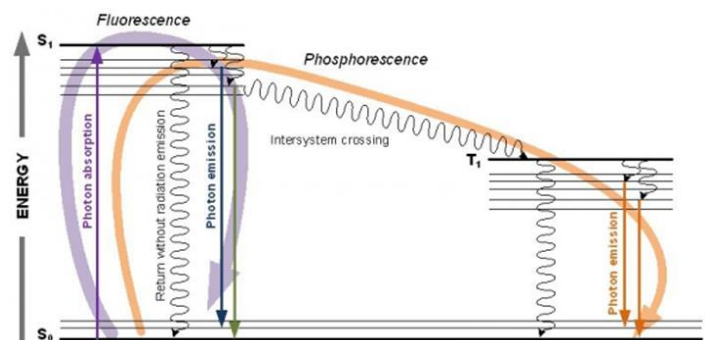
Vnější vlivem dojde k vybuzení atomu do excitovaného stavu a následně k návratu zpět do základního stavu, přičemž dojde k vyzařování fotonů.

Samotná luminiscence je vždy na nižší frekvenci (vyšší vlnové délce), než kterou má zdroj (UV světlo spouští zelenou, červenou luminiscenci). Červené světlo tak není schopno spustit luminiscenci a to ani v případě, když se bude jednat o zdroj s velkou intenzitou (laser), protože fotony nemají dostatečnou energii (na základě vztahu $E = h \cdot f$, kde h je Planckova konstanta).

Barva	Vlnová délka	Frekvence
červená	~ 625 až 740 nm	~ 480 až 405 THz
oranžová	~ 590 až 625 nm	~ 510 až 480 THz
žlutá	~ 565 až 590 nm	~ 530 až 510 THz
zelená	~ 520 až 565 nm	~ 580 až 530 THz
azurová	~ 500 až 520 nm	~ 600 až 580 THz
modrá	~ 430 až 500 nm	~ 700 až 600 THz
fialová	~ 380 až 430 nm	~ 790 až 700 THz

Obr. 1: Vlnové vlastnosti látek

zdroj: wikipedia.org



Obr. 2: Excitace atomů

zdroj: wikipedia.org

2.3 Fluorescence x fosforescence

Pojem luminiscence můžeme dále rozdělit na dva podtypy: fluorescenci a fosforescenci. Zásadní rozdíl spočívá v délce vyzařování. Fluorescence probíhá pouze po dobu, kdy na danou látku působí vnější zdroj (např.: ozařujeme UV světlem). Naopak fosforescence je viditelná i určitou dobu po odebrání zdroje – daná látka svítí „sama od sebe“. Příčinou jsou rozdílné přechody. Fluorescence je přechod mezi povolenými stavy atomu, vypuštění fotonu probíhá v časovém horizontu nanosekund. Fosforescence je tzv. zakázaný přechod, kdy pravděpodobnost vyzáření fotonu roste s časem, a tak doba vyzařování může být i několik minut.

2.4 Druhy luminiscence

Excitace atomů může mít několik příčin. Na základě tohoto parametru můžeme luminiscenci dělit na:

- 1) fotoluminiscenci – vyvolána elektromagnetickým zářením
- 2) elektroluminiscenci – vyvolána elektrickým polem
- 3) katodoluminiscenci – vyvolána dopadajícími elektrony
- 4) chemoluminiscenci – vyvolána chemickou reakcí
- 5) bioluminiscenci – vyvolána chemickou reakcí v organismu
- 6) termoluminiscenci – vyvolána změnou teploty
- 7) radioluminiscenci – vyvolána jadernou reakcí
- 8) mechanoluminiscenci – vyvolána mechanickou energií
- 9) triboluminiscenci – vyvolána třením
- 10) sonoluminiscenci – vyvolána zvukovým vlněním
- 11) fraktoluminiscenci – vyvolána lámáním
- 12) piezoluminiscenci – vyvolána tlakem

3 Praktická část

3.1 Pokusy

Pro lepší zapamatování a pochopení luminiscence jsem předvedl několik pokusů, které názorně danou problematiku demonstrovaly.

3.2 Pokus č. 1

Vzali jsme na první pohled 3 stejné skleněné koule (označme je A, B, C). Ty jsme ozářili UV zdrojem a pozorovali rozdíl. Koule A nevykazovala žádnou reakci, koule B „svítila“ i po vypnutí UV světla a koule C zářila pouze po dobu, kdy je zapnutý zdroj UV. Tímto pokusem jsem ukázal rozdíl mezi fluorescencí, fosforescencí a obyčejným sklem. Koule A byla z obyčejného skla, koule B ze skla s fosforescenční látkou a koule C z uranového skla.

3.3 Pokus č. 2

Shromáždili jsme všechny možné dokumenty, u kterých máme podezření, že mohou obsahovat ochranné prvky – jízdenky, bankovky, karty Ty jsme následně ozářili UV světlem a pozorovali jednotlivé ochranné prvky. Jedná se o nejrůznější obrysy, výplně nebo „náhodné“ čárky. Jelikož při běžném světle zmíněné obrazce nejsou viditelné, slouží jako ochrana proti padělatelům. Navíc případné napodobení vyžaduje již vyšší technické nároky než poskytuje běžná tiskárna. Jedná se opět o luminiscenci (především fluorescenci), kdy se využívá fluorescenční barvy, kterou jsou požadované plochy vyplněny.



Obr. 3: Ochranné prvky bankovek a cenin
zdroj: www.pevnostpoznani.cz

3.4 Pokus č. 3

V tomto pokusu spojíme fyziku a biologii. Zelený list osvítime UV světlem, ten ovšem nevykazuje nic zajímavého. Následně list nastříháme a vylouhujeme v acetonu. List po ozáření UV světlem vykazuje červenou luminiscenci. Vysvětlení je následující: Látka, která luminuje je chlorofyl. Ten ovšem za „běžných“ podmínek energii spotřebovává na fotosyntézu, po namočení do acetonu již fotosyntéza neprobíhá a energie je využita na fluorescenci.

3.5 Pokus č. 4

Na tomto pokusu si demonstrujeme příklad mechanoluminiscence. Sevřeme kostku cukru do kombinačních kleští a prudce je stlačíme. Kostku tak rozdrtíme a zahlédneme drobný záblesk – mechanoluminiscenci. Při rozlomení krystalků se v jedné části nahromadí elektrony a v druhé kladné ionty. Elektrony přeskočí přes vzniklou trhlinu, a tak se obě části nábojově vyrovnají. Elektrony se při přemísťování srážejí s dusíkem, excitují ho a ten získanou energii následně vyzáří. Jelikož se jedná o kvantový jev, není mechanismus ještě zcela objasněn.

3.5 Pokus č. 5

Poslední experiment nám demonstruje, že fyzika a umění k sobě mají blíž, než si myslíme. Sestavili jsme dřevěnou konstrukci, do které jsme připevnili kruh vystřižený z plechu. Ten je natřený speciální fosforescenční barvou a do jeho středu je umístěna osa, na které je zavěšeno kyvadlo. Kyvadlo má dvě části (dvojitě kyvadlo), přičemž jednotlivé díly jsou upevněny ložisky na společné ose. Na konci spodní části kyvadla (ve svislém směru) je umístěna fialová dioda se zdrojem 6V. Po rozhoupání kyvadla za vhodných světelných podmínek (šero) budeme pozorovat trajektorii diody, která zanechá stopu na pozadí (plechu s fosforescenční barvou). Vzniknou tak krásné obrazce, které by se daly popsat i matematicky z pohledu dvojitěho kyvadla. Trajektorie však za nějakou dobu zmizí v závislosti na principu fosforescence, s kterou jsme se již seznámili.



Obr. 4: Kyvadlo

4 Využití

Luminiscence je jev, který se dnes hojně využívá při vědecké práci, ale také v běžném životě. Příkladem každodenního využití mohou být například zářivky, které fungují na principu fluorescence nebo obrazovky televizorů. Luminiscence se také využívá v kriminalistice k detekci krevních stop nebo v lékařství k diagnóze různých onemocnění. Ve vědecké práci na tomto principu pracují fluorescenční mikroskopy nebo skenery. V přírodě se s luminiscencí můžeme setkat u světlušek, medúz nebo václavek obecných (houba).

5 Shrnutí

Seznámili jsme se s pojmem luminiscence a jednotlivými podskupinami. K lepšímu pochopení jsem demonstroval několik pokusů. Uvedl jsem také příklady, kde se tohoto jevu využívá. Upozornil jsem také na místa, kde je prostor pro další zkoumání, neboť luminiscence není rozhodně uzavřené a zcela objasněné vědecké téma.

6 Poděkování

Poděkování patří Mgr. Kateřině Lipertové za zapůjčení pomůcek a mnoho cenných rad a připomínek a Danielu Fišerovi za pomoc s transportem kyvadla.

Reference

- [1] M. Králová, *Luminiscence*, <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/kvanta/luminiscence> [30.11.2019]
- [2] M. Konečný, *Co je to luminiscence ?* <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/13-14-Konecny.html> [30.11.2019]
- [3] kol. autorů, *Sborník konference projektu Heuréka* https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2013.pdf [30.11.2019]
- [4] J. Reichl, *Encyklopedie fyziky, Aktivní prostředí, luminiscence* <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/779-aktivni-prostredi-luminiscence> [30.11.2019]
- [5] K. Lipertová, *osobní sdělení (2019)*