

Hodina moderní chemie VIII

Luminiscence

Sarah Šuvarina-Becharová, Kamila Procházková, Ondřej Šimůnek, Dana Bílková

Duchková Ester, Hodbořová Lucie, Rubínová Markéta (absolventky ZŠ Jungmannovy sady Mělník)

Pomocí zajímavých popularizačních experimentů bude žákům objasněn princip luminiscence a s ní spojené pojmy. Program pro jednu třídu trvá 45 minut.

Princip luminiscence

Luminiscence je děj, při kterém vzniká viditelné záření o jiné vlnové délce, než by odpovídalo záření tělesa odpovídající teplotě. V principu se jedná o schopnost látky přeměňovat energii na viditelné světlo. Dle původu energie, která je přeměňována, rozdělujeme luminiscenci na fotoluminiscenci, termoluminiscenci, chemiluminiscenci, mechanoluminiscenci, bioluminiscenci a další. Luminofor je látka, u které nastává luminiscence (tzv. světélkující látka).

Fotoluminiscence

Při fotoluminiscenci dochází k přeměně světla dopadajícího na světlo jiné barvy. Po dopadu záření na materiál dochází nejprve k excitaci elektronu do některé z vyšších hladin, následně dojde k postupnému přeskokování elektronu na nižší hladiny, kdy se část energie uvolňuje jako teplo. Energie záření vznikajícího je pak nižší než záření budícího.

Fluorescence

Při fluorescenci dochází k přeměně budícího záření na záření jiné vlnové délky, vyzařování světla je přímo spojené a absorpcí budícího světla, jakmile zdroj světla vypneme, fluorescence vyhasne.

Je zajímavé, že kvantový výtěžek fluorescence (tj. podíl emitovaných a absorbovaných fotonů) je silně závislý na chemickém okolí molekuly, protože vyzáření fotonu fluorescencí není jediná cesta, jak se excitovaná molekula může deexcitovat – zbavit energie. Jinou možností je předání energie okolí termicky nebo nezářivým přenosem, a to je velmi dobře vidět u **chlorofylu**. Zatímco celý list rostliny pod UV světlem viditelně téměř nefluoreskuje (energie se předá dále na fotosyntézu nebo zhášeče), výluh z toho samého listu do acetonu fluoreskuje velmi silně. Fluorescence je velmi citlivým znakem poškození rostliny, čehož se využívá v biologii.

Fosforescence

Fosforescence na rozdíl od fluorescence trvá i po zhasnutí budícího světla a to až desítky minut. Důvodem je to, že se během přeskoků mezi hladinami a systémy změní spin elektronu. Elektron se tak nemůže vrátit na základní hladinu, protože by porušil Pauliho princip, zůstává proto na vyšší hladině. Setrvání na vyšší hladině může trvat delší dobu, během této doby se spin elektronu znovu změní a dojde k vyzařování světla.

U fluorescence i fosforescence platí, že energie záření emitovaného musí být nižší než energie záření budícího, vhodné je UV záření.

Mechanoluminiscence

Jak název napovídá, při tomto typu luminiscence dochází ke vzniku světla díky mechanickému působení na různé látky. Vlivem namáhání materiálu dochází ke štěpení chemických vazeb, energie těchto vazeb se následně uvolňuje ve formě viditelného světla. Mechanoluminiscenci vykazují některé druhy lepicích pásek a také lepidlo používané na dopisních obálkách, které se nevlhčí.

Termoluminiscence

Při termoluminiscenci dochází pomocí tepla k uvolňování excitovaných stavů z krystalů. Týká se to materiálů, které byly dříve nějakým způsobem excitovány, ale kvůli struktuře látky nemůže dojít k samovolné emisi záření a přechodu elektronů zpět do základního stavu. Teplem se struktura rozvibruje a záření se může uvolnit. Nejznámější materiál, u kterého termoluminiscenci pozorujeme, je minerál **fluorit**. Tohoto principu se využívá při termoluminiscenčním datování materiálů, které byly prokazatelně zahřáté na vysokou teplotu. Takovým materiálem je například **keramika**, od posledního zahřátí se do ní pomalu ukládají excitace vyvolané kosmickým zářením nebo radioaktivním rozpadem v půdě. Pokud se takový předmět znovu po delší době zahřeje a pozoruje se intenzita uvolněného světla, je možné vypočítat stáří (resp. doba uběhla od posledního ohřátí) daného materiálu.

Katodoluminiscence

S tímto typem luminiscence se setkáváme u starých CRT (catode ray tube) obrazovek, z vnitřní strany obrazovky je nanášena vrstvička luminoforu, který je rozsvěcován paprskem urychlených elektronů (katodovým zářením) z elektronového děla umístěného vzadu za obrazovkou.

Chemiluminiscence

Zdrojem energie při chemiluminiscenci je chemická reakce, kde excitovaná molekula vzniká jako meziprodukt. Při některých chemických reakcích nedochází k uvolňování energie ve formě tepla, ale vznikají jako meziprodukty excitované molekuly. Ty mohou samovolně deexcitovat tak, že se jejich excitace změni na vibrační pohyb (teplo) nebo svou excitaci mohou předat nějakému barvivu, které následně vyzáří světlo. Mezi nejběžnější reakce patří oxidace **luminolu** peroxidem vodíku za katalýzy dvojmocnými ionty, tato reakce se používá v kriminalistice k detekci krve. Další rozšířenou reakcí je oxidace **aryloxalátů** (esterů kyseliny šťavelové) peroxidem vodíku za přítomnosti fluorescenčních barviv, ta se využívá ve svítících tyčinkách, které se aktivují zlomením a následně několik hodin svítí. Aby reakce nenastala příliš brzy, jsou klíčové chemikálie odděleny. V praxi se to dělá tak, že uvnitř plastové trubičky je tenkostěnná skleněná ampulka, která obsahuje fluorescenční barvivo a aryloxalát rozpuštěný v organickém rozpouštědle. Okolo ampulky je pak peroxid vodíku rozpuštěný v organickém rozpouštědle. Jakmile tyčinku ohneme, skleněná ampulka praskne, kapaliny se smíchají a chemiluminiscenční reakce může začít.

Bioluminiscence

Jedná se o druh chemiluminiscence. Jejím hlavním znakem je to, že ke světélkování dochází uvnitř živých organismů. K luminiscenci dochází oxidací **luciferinu** za přítomnosti enzymu luciferázy, při které se uvolňuje světlo. Mezi organizmy, které jsou schopné bioluminiscence, patří různé druhy hmyzu (světlušky), hlubokomořské ryby (mořský ďas), různí hlavonožci a v našich podmínkách lze často nalézt světélkující plísňe a houby. Mnozí živočichové hostí symbiotické bakterie, které pak světélkují za ně.

Další typy luminiscence

Fotoluminiscence – vyvolána elektromagnetickým zářením (např. zářivka)

Elektroluminiscence – vyvolána elektrickým polem (např. luminiscenční dioda, reklamní panely, nouzové osvětlení)

Radioluminiscence – vyvolána působením jaderného záření

Fraktoluminiscence – vyvolána lámáním

Piezoluminiscence – vyvolána tlakem způsobujícím elastickou deformaci

Sonoluminiscence – vyvolána zvukovým vlněním (ultrazvukem)