

**Jihočeská univerzita**  
**Pedagogická fakulta**  
**Katedra výtvarné výchovy**

**Diplomová práce**

**Luminiscence ve výtvarné výchově**  
**Luminiscence in art education**

**Vypracovala: Barbora Bradová, Učitelství pro 1. stupeň NŠ**  
**Vedoucí práce: Mgr. Aleš Pospíšil**  
**Místo a rok odevzdání: České Budějovice, 2011**

## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské - diplomové - rigorózní - disertační práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne: .....

.....

Jméno a příjmení autora

## Poděkování:

Děkuji především vedoucímu své diplomové práce Mgr. Aleši Pospíšilovi za pomoc při vytváření této práce, za poskytnutí materiálů a kontaktů pro její zpracování. Dále také děkuji Mgr. Karlu Řepovi za zapůjčení vybavení potřebného k realizaci praktické části projektu, Mgr. Janě Bártové a třetím třídám ZŠ Dukelská v Českých Budějovicích za spolupráci při realizaci a panu Milanu Ďurišovi a Bc. Miloši Krumlovi, kteří mne zasvětili do základů a technik luminiscence. V neposlední řadě bych chtěla také poděkovat své rodině, která mi toto studium umožnila a během celého studia mne podporovala.

## Abstrakt:

Cílem této diplomové práce je objasnit pojem luminiscence, vysvětlit základní technické aspekty tohoto jevu, nastínit možnosti aplikace při výtvarné výchově na základních školách. Tato práce obsahuje teoretickou a praktickou část. Teoretická část se zabývá historií, základními principy a technikami luminiscence ve výtvarném umění a její současné pozici, jejími světovými a českými představiteli. Praktická část obsahuje reálnou aplikaci luminiscence v hodinách výtvarné výchovy a její možný přenos do dalších vyučovaných předmětů, jako např. fyzika, chemie, biologie.

## Abstract:

The goal of this diploma thesis is to illustrate conception of luminiscence, clear up basic technical aspects of this effect and show up the possibilities of application in art education lectures at primary schools. This work contains theoretical and practical part. Theoretical part is focused on history, basic principles and technics of luminiscence in arts its current position and its world and bohemian representatives. Practical part contains real application of luminiscence in art education lectures and its possible transfer to other subjects as physics, chemistry and biology.

# Obsah

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2 DEFINICE LUMINISCENCE .....</b>	<b>8</b>
<b>3 HISTORIE LUMINISCENCE .....</b>	<b>9</b>
<b>4 FYZIKÁLNÍ PODSTATA LUMINISCENCE .....</b>	<b>11</b>
4.1 Bohrov model a jeho postuláty .....	11
4.2 Barva vyzařovaného světla .....	13
4.2 Rozdělení luminiscence dle doby trvání .....	14
4.3 Rozdělení luminiscence podle fyzikálních principů .....	15
4.3 Reálné aplikace luminiscence .....	17
4.4 Zdroj UV záření .....	18
4.4.1 Nevýhody UV záření .....	18
4.4.2 Využití UV záření.....	21
<b>5 LUMINISCENCE V CHEMII A BIOLOGII .....</b>	<b>23</b>
5.1 Chemiluminiscence .....	23
5.1.1 Reakce v kapalném prostředí.....	24
5.1.2 Reakce v plynném prostředí .....	25
5.1.3 Aplikace chemiluminiscence .....	26
5.2 Bioluminiscence .....	26
5.2.1 Aplikace Bioluminiscence .....	27
<b>6 LUMINISCENCE V SOUDOBÉM UMĚNÍ.....</b>	<b>28</b>
6.1 Výtvarné umění.....	28
6.1.1 Sochařství .....	28
6.1.2 Malířství.....	29
6.1.3 Malíři využívající technik luminiscence.....	30
6.2 Dramatické umění .....	32
6.2.1 Black Light Theatre Jiřího Srnce.....	32
<b>7 ZAJÍMAVOSTI V LUMINISCENCI.....</b>	<b>33</b>
7.1 Chinin.....	33
7.2 Jihlavské jeskyně.....	33
7.3 Polární záře.....	34

7.4 Jezero Gippsland .....	34
7.5 Barvy na tělo .....	35
7.6 Hmyz .....	35
7.7 Svítící savci .....	35
7.8 Oheň .....	35
7.9 Fosforeskující nálepky a hračky.....	36
<b>8 TECHNIKY LUMINISCENCE VE VÝUCE .....</b>	<b>37</b>
8.1 Výtvarné činnosti .....	37
8.1.1 Malba .....	38
8.1.2 Kresba .....	38
8.1.3 Tisk .....	39
8.1.3 Instalace .....	39
8.1.5 Modelace.....	40
8.1.5 Experimentace .....	40
8.1.6 Happening.....	42
8.1.7 Animace výtvarného díla.....	42
8.1.8 Land art.....	43
8.2 Pokusy ve výuce chemie .....	44
<b>9 PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>47</b>
9.1 Použité materiály .....	47
9.2 Obsahová struktura .....	47
9.3 Představení pojmu luminiscence v praxi .....	48
<b>10 REALIZACE LUMINISCENCE V PRAXI.....</b>	<b>49</b>
I. Tisk a malba za denního světla .....	49
II. Malba štětcem za ultrafialového osvětlení.....	50
III. Kresba na tmavý podklad fluorescentními lanky.....	51
IV. Pokus s akváriem A.....	52
V. Pokus s akváriem B.....	52
<b>11 ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
<b>12 LITERATURA: .....</b>	<b>55</b>
<b>13 PŘÍLOHY .....</b>	<b>59</b>

# 1 ÚVOD

Cílem této práce bylo objasnit pojem luminiscence a nastínit možnosti využití luminiscence ve výuce na základních školách, především se zaměřením na předmět výtvarné výchovy.

Jelikož je luminiscence v praxi málo známá a využívána, bylo nutné její detailnější popsání. V jednotlivých kapitolách je přiblížena luminiscence, tedy svítivost, po fyzikální a chemické stránce, na základě čehož by mělo dojít k pochopení tohoto jevu a tím umožnit další rozvoj používání luminiscence v praxi. Pro lepší představivost využitelnosti svítivosti jsou v této práci uvedena díla některých umělců, která tento jev využívají. Dále jsou uvedeny příklady svítivosti v běžném životě, u zvířat a v některých zajímavých situacích.

Základem pro realizaci práce s efektem svítivosti je pochopení luminiscenčních jevů po odborné stránce a schopnost rozlišit rozdíl mezi pojmy fluorescentní a fosforescentní, které jsou v této práci detailně vysvětlené. Dále bylo nezbytné přiblížit a popsat zdroj ultrafialového záření, které se používá při navození fluorescentního efektu svítivosti.

Aby se mohla luminiscence aplikovat do výuky výtvarné výchovy a jiných předmětů, je v této práci sepsáno několik technik využití luminiscence, které by měly motivovat vyučující k zařazení této techniky do svých učebních plánů. Jsou zde i detailně popsány některé pomůcky, které budou při výuce s použitím luminiscence nápomocny.

Praktická část se zabývá realizací projektové výuky s výskytem luminiscenčního jevu v hodinách výtvarné výchovy na prvním stupni základní školy. Je zde popsána konkrétní práce s dětmi a zhodnocení jednotlivé metody, které byly při této práci využity.

Celá práce se snaží naznačit, že využívání nových zajímavých technik nejen ve výtvarné výchově, ale i v dalších předmětech školní výuky, může být motivující nejen pro žáky, ale i pro učitele.

Cílem práce není vymyslet návod, jak vést konkrétní hodinu zaměřenou na téma luminiscence, ale praktická realizace daného tématu na základní škole a následné posouzení vhodnosti zařazení této metody do učebních plánů, zhodnocení kladů a záporů při zavádění luminiscenčních metod do předmětu výtvarná výchova.

## 2 DEFINICE LUMINISCENCE

Definice luminiscence byla formulovaná již roku 1889, a to fyzikem Eilhardem Wiedemannem (1852- 1928), kterou posléze zpřesnil fyzik Sergey Ivanovich Vavilov (1891- 1951).

Pojem luminiscence vychází ze složeniny dvou latinských slov lumen a scientia, kde lumen znamená světlo. Druhá část složeniny tvoří slovo scientia, které v překladu znamená vědění.

Definice luminiscence zní: „*Luminiscence je definována jako přebytek záření tělesa nad úrovní jeho teplotního záření v dané spektrální oblasti při dané teplotě, jestliže při tom toto záření má určitou dobu doznívání, tj. trvá i po skončení budícího účinku.*“<sup>1</sup>

Tato definice poukazuje na skutečnost, že luminiscence může vznikat i při nízkých teplotách, proto se také příležitostně tomuto jevu říká „studené“ světlo, čímž se budeme podrobněji zabývat v další kapitole. Obecně by se dala definice luminiscence chápat jako soubor procesů, při nichž je produkováno světlo.

---

<sup>1</sup> DVOŘÁK, L., KUPKA, Z. *Fyzikální podstata a využití luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1980. s. 31.



### 3 HISTORIE LUMINISCENCE

Vyprávění o luminiscenci bylo zachyceno již ve starém Římě. Uchovaly se zmínky o tom, že vojáci si v dávných dobách značili cesty světélkujícím trouchnivým dřevem ze stromů. Ve středověku byly objeveny přírodní luminiscenční objekty např. hnijící blata nebo broučci čeledi Lampyridae (světluškovití).<sup>2</sup> První pokusy s uměle připravenými luminiscenčními látkami se datují k počátkům 17. století, tj. na rozhraní středověku a novověku.<sup>3</sup> V této době poprvé zaznamenáváme podstatný rozvoj chemie jako vědy a zvláště pak vývoj alchymie. Jedním z nejznámějších alchymistů byl boloňský švec Vincenzo Gasciarolo, který se snažil vyrábět zlato a najít elixír života. Jeho největším objevem však byla první uměle vytvořená světélkující látka nazvaná luminofor, kterou objevil při hledání způsobu výroby zlata, jelikož vycházel z teorie, že zlato, které je lesklé, je možné vytvořit z jiných lesklých látek. Dochované záznamy tvrdí, že Gasciarolo hledal v okolí Boloně lesklé kameny. Ty se v této oblasti nacházejí především na vrchu Padermu. I přes využití všech svých alchymistických znalostí a metod se mu zlato vytvořit nepodařilo. Objevení luminiscenčních vlastností u lesklých kamenů bylo dílem nešťastné náhody, kdy po řadě nezdařených alchymistických experimentů Gasciarolo mrštil několika kameny do rohu místnosti a odebral se do blízké krčmy. Po návratu zpět do své laboratoře byl překvapen vycházejícím světlem z rohu místnosti. Jeho kameny svítily.<sup>4</sup>

Spektrální analýza lesklých kamenů z oblasti Padermu ukázala, že jejich luminiscenční vlastnosti způsobuje síran barnatý s příměsemi mědi, bizmutu, manganu a stříbra. Téměř tři sta padesát let byly svítící látky pouhou atrakcí. Člověk odhalil podstatu luminiscence až po této uplynuté době a zjistil, kde by se tohoto jevu dalo prakticky využít. Skutečný systematický fyzikální výzkum těchto látek datujeme na přelom 19. a 20. století. Byl spojený se jmény význačných fyziků jako např. Henri Becquerel a George Gabriel Stokes. Tito vědci využívali luminiscenčních vlastností látek především ke zviditelnění ultrafialového a rentgenového záření. Díky pozdějšímu výzkumu luminiscence Henriho Becquerela bylo náhodně objeveno dosud neznámé radioaktivní záření. Poslední vlnu

---

<sup>2</sup> [Srov.] DVOŘÁK, L., KUPKA, Z. *Fyzikální podstata a využití luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1980. s. 5- 6.

<sup>3</sup> [Srov.] OBADÁLEK, J. *Elektrické zdroje viditelného IČ. a UV. záření*. Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1973. s. 4.

<sup>4</sup> [Srov.] DVOŘÁK, L., KUPKA, Z. *Fyzikální podstata a využití luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1980. s. 5- 6.

zájmu o výzkum luminiscence přinesla čtyřicátá léta minulého století, kdy začal rozsáhlý výzkum fyziky pevných látek.<sup>5</sup>

Kvalitativní skok v rozvoji luminiscence přinesl v letech 1933-6 sovětský akademik Sergey Ivanovich Vavilov, který na základě výsledků pokusů D.I. Blonchinceva podal rozbor luminiscenčního děje v pevných látkách, které byly získané při pokusech záření luminoforů jak v pevném, tak i v ostatních agregátních stavech. Rozdělil všechny případy, ve kterých dochází k záření na tři typy: spontánní, vynucený a rekombinační. V uvedené klasifikaci byly základními příznaky luminiscenčních typů zákony zhášení a teplotní vlastnosti luminoforu.<sup>6</sup>

Dnes je oblast zkoumání pojmu luminiscence poměrně neměnná, jelikož se tento jev opírá o fyzikální zákonitosti, které jsou ve všech exaktních vědách v současnosti již dostatečně prozkoumané a ustálené. To ale znamená, že většina literárních publikací zabývajících se tímto jevem je zastaralá. Knižní dokumentace, ale i elektronické zdroje, které by spojovaly pojem luminiscence a výtvarné umění, nebo vlastně jakékoliv umění s náznakem svítivosti, není dostatečně zpracováno.

---

<sup>5</sup> [Srov.] DVOŘÁK, L., KUPKA, Z. *Fyzikální podstata a využití luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1980. s. 6.

<sup>6</sup> [Srov.] OBADÁLEK, J. *Elektrické zdroje viditelného IČ. a UV. záření*. Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1973. s. 5.

## 4 FYZIKÁLNÍ PODSTATA LUMINISCENCE

Abychom objasnili fyzikální podstatu luminiscence, musíme využít základů kvantové mechaniky. Konkrétně se bude jednat o Bohrov model atomu vodíku, který jako první využívá kvantovaných stavů hodnot energie elektronů pohybujících se kolem jádra.<sup>7</sup>

### 4.1 Bohrov model a jeho postuláty

Bohr v roce 1913 aplikoval hypotézu o kvantování energie na planetárním modelu atomu vodíku. Aby mohl vysvětlit vznik čárových energetických spekter atomů, musel stanovit tři základní postuláty:<sup>8</sup>

#### První postulát

Elektron může kolem atomového jádra obíhat pouze po jedné z povolených kruhových drah, které splňují tu podmínku, že nabývají určitých hodnot (kvant) energie:

$$2\pi m_e r_n v_n = nh$$

$m_e$	Klidová hmotnost elektronu	$9,109 \cdot 10^{-31}$ kg
$r_n$	Poloměr n-té dráhy	
$V_n$	Rychlost elektronu na n-té dráze	
$n$	Pořadí dráhy od jádra	$1,2,3,\dots,\infty$
$h$	Planckova konstanta	$6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s

#### Druhý postulát

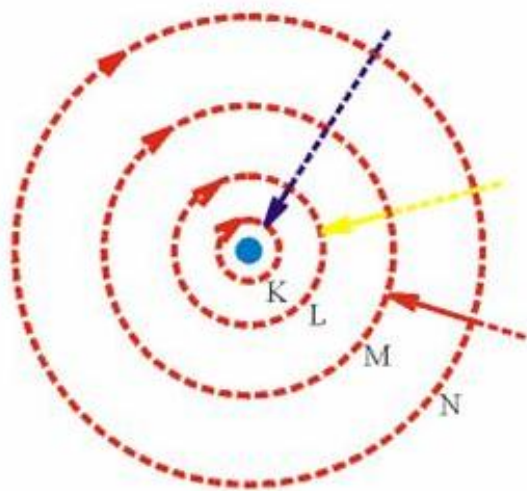
Při pohybu po stabilní dráze elektron samovolně nemění svou energii.

#### Třetí postulát

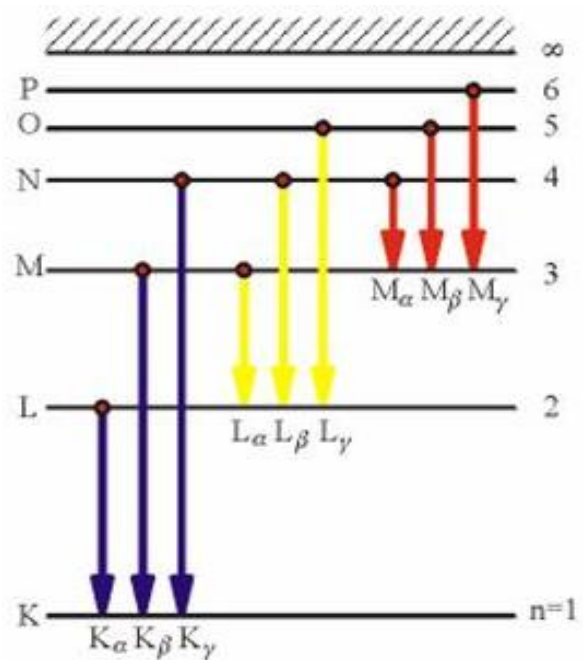
Při přechodu elektronu na jinou stabilní dráhu dochází k vyzáření nebo pohlcení fotonu o určité frekvenci, která odpovídá určité hladině energie. Tato energie je v určitých látkách nebo jejich směsích zdrojem energie pro optický jev luminiscence.

<sup>7</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Bohrov model atomu. In *Katedra fyziky Přf Ostravské univerzity* [online]. Dostupné: [http://artemis.osu.cz/mm/fyz/am/am\\_1\\_5.htm](http://artemis.osu.cz/mm/fyz/am/am_1_5.htm). [cit. 26.2.2011]

<sup>8</sup> [Srov.] JANKŮ, V. *Základy kvantové teorie I*. Olomouc: rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1989. s. 10.



Tab. 1 Schéma Bohrova modelu



Tab. 2 Hladiny energie

V tabulce č. 1. s. 12 vidíme schéma Bohrova modelu atomu s povolenými stabilními dráhami elektronů. V tabulce č. 2. s. 12 vidíme termy (hladiny energie) ekvivalentní k odstupům hodnot energetických hladin povolených stavů elektronů. Přechody z různých na stejnou energetickou úroveň se nazývají série, Lymanova (znázorněna modře), Balmerova (žlutě), Paschenova (červeně). Každá látka má své vlastní hodnoty energií.<sup>9</sup>

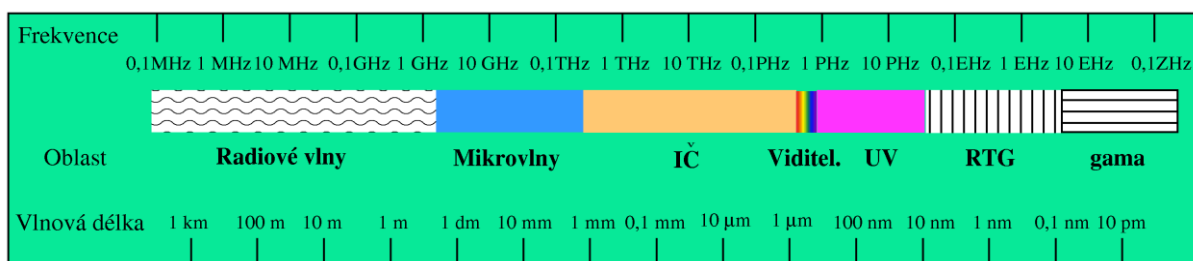
<sup>9</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Bohrovův model atomu. In *Katedra fyziky PřF Ostravské univerzity* [online]. Dostupné: [http://artemis.osu.cz/mmfiz/am/am\\_1\\_5.htm](http://artemis.osu.cz/mmfiz/am/am_1_5.htm). [cit. 26.2.2011]

## 4.2 Barva vyzařovaného světla

Z hlediska fyziky je světlo elektromagnetickým zářením o určité frekvenci. Spektrum známého elektromagnetického záření viz tab. 1 s. 13. Frekvence je nepřímo úměrná vlnové délce, obě tyto veličiny jsou však pěvně spjaty vztahem:

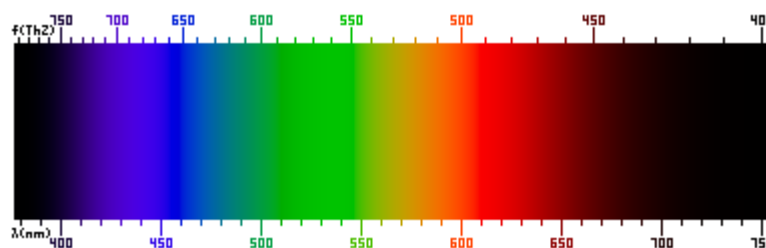
$$c = f \times \lambda$$

c	Rychlost světla	$3 \cdot 10^8$ m/s
f	Frekvence záření	
$\lambda$	Vlnová délka záření	



Tab. 3 Elektromagnetické spektrum

Ekvivalentem barvy světla je pro fyziku jeho vlnová délka. Viditelné světlo existuje v intervalu 400-750 nm. Barvy jsou rozloženy ve spektru podle vlnové délky (Tab. 4 s. 13)<sup>10</sup>



Tab. 4 Spektrum viditelného světla

<sup>10</sup> [Srov.] DVOŘÁK, L., KUPKA, Z. *Fyzikální podstata a využití luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1980. s. 12- 13.

Jestliže promícháme dvě látky, které mají různé stabilní energetické dráhy, získáme základ pro vznik luminiscenčního efektu. Při přechodu elektronu jedné látky na svojí původní úroveň (jak naznačují barevné šipky v tabulce č. 2. s. 12), se může elektron pozastavit na jiné energetické úrovni, kterou způsobuje druhá látka ve směsi, jelikož každá látka má své vlastní stabilní energetické úrovně. Toto dočasné pozastavení způsobí, že elektron musí přijít o další kvantum energie, které se projevuje vyzařováním do prostoru ve formě záření. Jestliže má toto záření vlnovou délku viditelné světla (tab. 3. s. 13 a tab. 4. s. 13), jedná se o luminiscenci.<sup>11</sup>

Shrnutím předchozích poznatků můžeme říci, že barva vyzařovaného světla závisí na vzdálenosti energetických drah.

## 4.2 Rozdělení luminiscence dle doby trvání

Luminiscenci můžeme dle doby trvání rozdělit do 2 kategorií:

### Fluoroluminiscence

Jde o velice krátký jev, který bez vnějšího buzení trvá obvykle jen v řádech jednotek nanosekund až stovek milisekund. Při použití vnějšího buzení (teplo, záření, tlak, zvuk, atd.) tento jev může trvat déle, záleží na konkrétním případě.<sup>12</sup>

### Fosforoluminiscence

Na rozdíl od fluoroluminiscence látka nevydá všechnu svojí energii do prostředí naráz či ve velmi krátké době, ale je schopna tuto energii uvolňovat postupně a svítit tudíž poměrně dlouhou dobu, bez jakéhokoliv dobíjení či využívání vnějšího zdroje.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> [Srov.] RONDA, C., SRIVASTAVA, A. Luminescence Science and Display Material. In *Electrochemical Society* [online]. Dostupný: [http://www.electrochem.org/dl/interface/spr/spr06/spr06\\_p55-57.pdf](http://www.electrochem.org/dl/interface/spr/spr06/spr06_p55-57.pdf). [cit. 1.3.2011]

<sup>12</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Fluorescence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescence>. [cit. 12.2.2011]

<sup>13</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Phosphorescence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphorescence>. [cit. 12.2.2011]

### 4.3 Rozdělení luminiscence podle fyzikálních principů

Luminiscenci jako takovou můžeme z pohledu fyziky rozdělit do několika kategorií, především podle principu vzniku energie nutné ke vzniku luminiscence. Mezi nejvýznamnější druhy luminiscence patří:

#### Fotoluminiscence

Je vyvolána elektromagnetickým zářením, přesněji ultrafialovým zářením či viditelnou částí spektra. Dopadající záření dodává látce energii (látka musí být schopna energii ze záření přijmout), čímž se dostává do nestabilního, energeticky vyššího (excitovaného) stavu. Zpět se pak dostává vyzářováním energie ve formě světla. Tento princip je jednoznačně nejznámější a nejpoužívanější.

#### Elektroluminiscence

K tomuto jevu dochází, když elektrický proud prochází vhodnou látkou (luminoforem), ve které se procházející energie ve formě elektrického proudu mění na světlo.

#### Chemiluminiscence

Jde o jev, který doprovází některé chemické reakce, kdy se částice jedné látky díky mísení s druhou převedou do energeticky bohatšího (excitovaného) stavu. Tato látka se však musí samovolně vrátit do svého dřívějšího stabilního stavu, čehož docílí snížením energie ve formě světelného záření.

#### Termoluminiscence

Je vyvolána vzrůstem teploty po předchozí excitaci látky. Tento vzrůst teploty poté vyvolá luminiscenční jev. Prodleva celého procesu může být značně dlouhá, závisí především na druhu látky a velikosti přidané energie.

#### Radioluminiscence

Luminiscence vyvolaná radioaktivním (jaderným) zářením, které dodá při dopadu látky energie k excitaci.

#### Triboluminiscence

Je to jev, který vzniká při působení tlaku na látku. Tato látka však musí mít tzv. piezoelektrické vlastnosti. Piezoelektrický jev znamená, že látka začíná vytvářet elektrické pole, jestliže na ni působíme silou. Toto elektrické pole pak může v některých případech

excitovat látku tak jako v předešlých případech a tudíž vyvolá luminiscenční efekt při návratu do stabilního stavu.<sup>14</sup>

#### Katodoluminiscence

Tento jev je podobný principu, na kterém pracuje běžný televizor. K vybuzení luminiscenčního efektu je využíván elektron, který se urychluje elektrickým polem. Dopadající elektrony poté způsobí luminiscenční efekt.<sup>15</sup>

#### Krystaloluminiscence

K luminiscenci v tomto případě dochází při krystalizaci látek.<sup>16</sup>

#### Sonoluminiscence

K sonoluminiscenci dochází, jestliže je luminofor citlivý na zvuk nebo ultrazvuk. V tomto případě dochází nejčastěji k rychlým světelným impulzům, které sledují frekvenci zvuku či ultrazvuku, který je vybudil.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> [Srov.] JELÍNEK, O. *Experimentální metody biofyziky III. Luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983. s. 10.

<sup>15</sup> [Srov.] GARLICK, G.J.F. *Luminiscent materilas*. Great Britain: Oxford University Press, 1949. s. 172-173.

<sup>16</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Crystalloluminescence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Crystalloluminescence>. [cit. 12.2.2011]

<sup>17</sup> [Srov.] OBADÁLEK, J. *Elektrické zdroje viditelného IČ. a UV. záření*. Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1973. s. 10.



### 4.3 Reálné aplikace luminiscence

Aplikace luminiscence můžeme nalézt nejen v umění, ale také v mnohých průmyslových odvětvích. Kromě zábavního průmyslu, kde se využívá chemických či mechanických reakcí v různých doplňcích k vyvolání fosforoluminiscence, existuje mnoho dalších využití tohoto jevu. Významné luminiscenční jevy pak najdeme zvláště v elektrotechnice. Nejvýznamnějším zástupcem jsou zcela jistě LED diody (televizory, obrazovky, světlomety, atd.), které podle použité látky a napájecího napětí dokážou generovat mnoho barev a ve svých kombinacích tak pokrýt celé viditelné spektrum barev (využití u televizorů a obrazovek).<sup>18</sup> Velkou výhodou je i existence diod vykazující ultrafialové záření, které mohou v některých případech výtvarné tvorby s fluorescentními vlastnostmi nahradit zářivkový zdroj ultrafialového světla.

K dalším průmyslovým aplikacím patří například fosforová termometrie, či detekce různých druhů záření za použití fosforů a mnoho dalších, ty však nejsou tak běžné, proto se jimi nebudeme dále zabývat.<sup>19</sup>

K výzkumu památek můžeme použít rentgenofluorescenční analýzu. Je to jedna z nedestruktivních technik testování, která slouží k určení chemického složení testovaného vzorku.<sup>20</sup>

Nejhojnější zastoupení při používání luminiscence v praxi je nejspíše aplikace fosforu. Fosfor je látka, která vykazuje svítivost po předchozím nasvícení běžným světlem, a tudíž se hodí k veškerému signalizačnímu značení používanému za tmy. Jeho svítivé vlastnosti si oblíbily hlavně děti, které tento jev fosforescence bez potřeby elektrického zdroje fascinuje, a proto lze nalézt v obchodech nespočetné množství hraček s tímto efektem.

---

<sup>18</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Light-emitting diode. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting\\_diode](http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode). [cit. 12.2.2011]

<sup>19</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Luminiscence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence>. [cit. 13.2.2011]

<sup>20</sup> [Srov.] ČECHÁK, T. *Použití rentgenofluorescenční analýzy při výzkumu památek*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. s. 6.

## 4.4 Zdroj UV záření

Ultrafialovým zářením se vyznačuje obor vlnových délek kratších než 400 nm do vlnové délky 3 nm. Záření, které vzniká v okolí této vlnové délky, bývá již označeno jako měkké rentgenové záření.<sup>21</sup> K pohlcení ultrafialového záření ve výbojkách u standardních zářivek se naopak používá látka luminofor, která toto záření absorbuje a přeměňuje ho s dostatečnou účinností na světlo.<sup>22</sup>

K osvětlení temné místnosti při projektové výuce byla využita právě UV zářivka, a to značky Philips, o příkonu 36W a standardní délce 120 cm. Toto osvětlení pro místnost o rozloze cca 30 m<sup>2</sup> bylo přijatelné. (obr. 1. s. 60)

Je ale logické, že čím více zdrojů ultrafialových záření je k dispozici, tím se práce s fluorescentními látkami zefektivňuje. Tento zdroj světla pro realizaci úloh využívající fluorescentní barvy je nezbytný, protože přítomnost viditelného světla znemožňuje využití svítivých vlastností fluorescentních barev, jelikož jejich jas není tak velký jako jas dopadajícího viditelného světla.

### 4.4.1 Nevýhody UV záření

UV záření sebou nese rizika, která jsou nebo nejsou obecně známá. Podstatný rozdíl v produkci ultrafialového záření je jeho typ a zdroj, který ultrafialové záření produkuje. Rizika při produkci ultrafialového záření samozřejmě závisí na jeho síle, intenzitě a délce doby jeho působení.

#### Zdravotní rizika

Ultrafialové záření může být pro lidské tělo nebezpečné. Podle velikosti energie, kterou ultrafialové záření přenáší, ho rozdělujeme na UVA, UVB a UVC záření. Nejnebezpečnější jsou UVB a UVC, u kterých bylo dokázáno, že dokáží přímo poškozovat DNA. Toho docilují tak, že rozruší DNA molekulu v kožních buňkách tím, že způsobí změnu vazby komponent DNA. Když pak polymerázy kopírují DNA v této oblasti, čtou dimery DNA jako AA místo původních CC. To způsobí, že replikační mechanismus DNA přidá do této rostoucí oblasti TT. Tato mutace je známá pod názvem CT mutace a může

---

<sup>21</sup> [Srov.] OBADÁLEK, J. *Elektrické zdroje viditelného IČ. a UV. záření*. Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1973. s. 292.

<sup>22</sup> [Srov.] Tamtéž, s. 87.

vyústit v rakovinné výrůstky. UVB také způsobuje poškozování kolagenu, ale tento proces je mnohem pomalejší než při působení UVA. UVA, UVB i UVC ničí kolagen v kůži, což způsobuje její stárnutí. Nejvíce je kolagen ničen UVA, které bylo v minulosti považováno za nejméně škodlivé. Výzkumy UVA v závislosti na reakci kůže jsou velmi problematické, jelikož UVA nezpůsobuje zčervenání kůže (erytém). I přesto však bylo zjištěno, že rozkládá kolagen tak, že z něj vytváří velmi nebezpečné meziprodukty, převážně hydroxyly a kyslíkové radikály, které dokáží druhotně také poškozovat DNA. Dále pak je UVA a UVB záření pro kůži nebezpečné tím, že ničí vitamin A a D (záleží na době vystavení záření). Jako ochrana může sloužit oblečení, opalovací krém (stále existuje mnoho krémů bez UVA filtrů), více melaninu v kůži (tmavé barvivo), či vystavování menším bezpečným dávkám tohoto záření, což zvýší odolnost kůže proti těmto rizikům.

Další nebezpečí představuje poškození očí UVB zářením, které může vést k šedému zákalu, či k dalším onemocněním očí. Jako ochranu je ideální použít brýle s ultrafialovým filtrem, či jakékoliv jiné plastové brýle, protože tyto transparentní plasty jsou vyrobeny převážně z polyakrylátů a ten také absorbuje toto ultrafialové záření. Proto i kontaktní čočky chrání víc než běžné skleněné brýle.<sup>23</sup>

Jiným rizikem při používání zdrojů ultrafialové světla a ostatních zářivek jsou nebezpečné látky uvnitř. Jde především o rtuť, která se používá jako emitör u výbojek. Naštěstí je cca 99% rtuti absorbováno ve fosforu, zvláště pak, jde-li o starší zářivky. Větší nebezpečí představuje sklo, které by mělo být v případě rozbití sebráno mokřým hadrem, zabaleno a s celým hadrem vyhozeno v plastickém sáčku. Střípky by neměly být vysávány, jelikož by to mohlo způsobit rozmísení drobných částic do vzduchu. Z těchto důvodů by měly být zářivky po konci životnosti vyřazeny.<sup>24</sup>

Těchto zdravotních komplikací se však nemusíme bát při práci se zdrojem UV záření. Tyto lampy a zářivky jsou vyrobeny tak, že vypouští převážně záření o vlnové délce větší než 350nm, které není pro člověka tolik nebezpečné a navíc vytváří jen zlomkovou část objemu záření, kterému jsme vystaveni při pobytu na slunci. Výzkum z roku 1993, provedený ve Spojených státech amerických zjistil, že vystavení zářivce po

---

<sup>23</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Ultraviolet. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>. [cit. 9.4.2011]

<sup>24</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Fluorescent lamp. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent\\_lamp#emission\\_mix](http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp#emission_mix). [cit. 9.4.2011]

dobu osmy hodin zhruba odpovídá vystavení slunečnímu svítu po dobu jedné minuty.<sup>25</sup> Zdroj ultrafialového světla produkuje ultrafialové záření. Vzhledem k množství záření, kterému jsme vystaveni na běžném světle je to ale zanedbatelná hodnota.

### Degradace polymerů a barviv

Mnoho průmyslových polymerů a barviv je degradováno ultrafialovým zářením. To se projevuje odbarvením či vyblednutím, popraskáním a někdy dokonce rozpadnutím celého produktu. Míra poškození je závislá na dávce, ale především na době vystavení ultrafialovému záření. Mezi nejcitlivější polymery patří termoplasty, polypropylen a polyetylen.<sup>26</sup>

Obrovským nebezpečím je ultrafialové záření především pro malby a další muzejní a galerijní objekty. Ty potřebují uchránit před denním světlem, které obsahuje právě ultrafialové záření, to totiž obrazy nebo objekty poškozuje. Na ochranu se užívá filtr, který objekt chrání před UV zářením, ale propouští viditelné světlo. Tyto filtry se vyrábí ve třech vrstveních. První deska je tvořena polymethylmethakrylátem a polykarbonátem, druhou vrstvu představuje fólie vyráběná z polyethylenteraftalátu a třetí krycí vrstvou je lak, vyráběn převážně na bázi kopolymerů.<sup>27</sup> Tímto nánosem vzniknou vrstvy, které absorbují ultrafialové záření a tím daný objekt ochrání před ztrátou barevnosti a zpomalí stárnutí materiálů.

---

<sup>25</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Ultraviolet. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>. [cit. 9.4.2011]

<sup>26</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Fluorescent lamp. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent\\_lamp#emission\\_mix](http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp#emission_mix). [cit. 9.4.2011]

<sup>27</sup> [Srov.] KUBIČKA, R. *Výkladový slovník: malířství, grafika, restaurování*. Praha: Grada, 2004. s. 66.

#### 4.4.2 Využití UV záření

UV záření umožňuje velký rozsah aplikačního využití v praxi právě díky jeho světelným vlastnostem.

##### Restaurování uměleckých děl

Ultrafialové záření se velice významně uplatňuje při restaurování obrazů. Díky UV záření lze provádět tzv. luminiscenční analýzu, při které se zkoumají barevné vrstvy obrazů.<sup>28</sup> Při průzkumu výtvarného díla dochází díky tomuto záření k identifikaci chemických látek a materiálů dle barevných odstínů a intenzity luminiscence, která je způsobena zářením na objekt ultrafialovým světlem. Díky luminiscenční analýze lze zjistit stav obrazu, přemaleb, retuší, a napomáhá k rozluštění již nečitelných textů. Některé barevné vrstvy vykazují svojí specifickou barevnost, například běloba olovnatá má po nasvícení UV zářením hnědou barvu, běloba zinková žlutou, olej maková modrou barvu a mastix šedomodrozelenou barvu. Díky lampě s UV zářením lze také zjistit zbývající sílu lakové vrstvy.<sup>29</sup>

##### Vitamín D

Vystavení kožní tkáně UVB záření vyvolává produkci vitamínu D, který je uložen v podkožním tuku. Tento vitamín má pro zdraví člověka pozitivní přínos. Reguluje metabolismus vápníku (zásadní vliv na nervový systém a odolnost kostí), napomáhá imunitnímu systému, vylučování inzulínu a pomáhá stabilizovat krevní tlak.

Jestliže jsme vystaveni málo UVB záření, produkuje se jen malé množství vitamínu D. Při vysokém vystavení UVB dochází k poškození DNA. Je důležité vystavovat se UVB v takové míře, aby DNA poškozoval minimálně, což zaznamená, že imunitní systém začne více produkovat melanin a tělo se samo uzdraví a zvýší se jeho odolnost proti ultrafialovému záření.

Ultrafialové záření se dnes také používá jako léčebný prostředek při léčbě lupénky. K tomuto účelu se používá záření o vlnové délce 311 nm, které je pro to nejefektivnější.<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup> [Srov.] KUBIČKA, R. *Výkladový slovník: malířství, grafika, restaurování*. Praha: Grada, 2004. s. 70.

<sup>29</sup> [Srov.] Tamtéž, s. 152.

<sup>30</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Ultraviolet. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>. [cit. 9.4.2011]

Pro představu využití ultrafialového světla v praxi byla sestavena tabulka s přehledem vlnové délky UV světla a jeho aplikace v reálném prostředí. (tab. 5. s. 22)

13,5 nm	Extrémní ultrafialová litografie
230-400 nm	Optické senzory
230-365 nm	UV identifikace, UV čárové kódy
240-280 nm	Dekontaminace půdy a vody
250-300 nm	Forenzní analýza, detekce drog
270-300 nm	Proteinová analýza, separování DNA
280-400 nm	Tomografie živočišných buněk
300-400 nm	Fluoroluminiscence
300-365 nm	Úprava inkoustů do tiskáren
311 nm	Medicínské aplikace
350-370 nm	Elektrické vábničky na hmyz <sup>31</sup>

Tab. 5 Přehled využití ultrafialového záření

<sup>31</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Ultraviolet. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>. [cit. 9.4.2011]

## 5 LUMINISCENCE V CHEMII A BIOLOGII

Luminiscenci v chemickém prostředí nacházíme především u živých organismů, detailně v buňkách a tkáních. Tato luminiscence u živých organismů se nazývá bioluminiscence. Jako světelný jev je velice známá u řady živočichů, kteří nás obklopují. Na základě výzkumu chemických principů lze přenést luminiscenci i do prostředí laboratoře a uskutečnit tak řadu chemických pokusů, které lze uplatnit i ve vyučování chemie a fyziky. Luminiscenci tvořenou na základě chemických reakcí nazýváme chemiluminiscence.

### 5.1 Chemiluminiscence

*„Chemiluminiscence je jev, který provází některé exotermické reakce.“<sup>32</sup>* Exotermické reakce jsou takové, při kterých se uvolňuje teplo do okolí. U většiny těchto reakcí se téměř všechna přebytečná energie uvolňuje v podobě tepla, ale u některých se až 90% přebytečné energie z reakce uvolní jako světlo, což způsobuje luminiscenci.

Chemiluminiscence je též velice vhodným nástrojem pro výuku chemie, neboť je demonstrativní a efektní, což obecně zvyšuje pozornost a motivaci studentů. Pro přímou experimentální výuku je známo mnoho jednoduchých pokusů, u kterých snadno dojdeme k velmi efektním výsledkům. Mezi tyto jednoduché pokusy patří například pokusy s názvy Rudá záře, Svítící pupeny, Model žárovky či Fontánka. Všechny tyto pokusy rozebereme v kapitole Techniky luminiscence ve výuce.

Jak jsme se již dozvěděli výše, k chemiluminiscenci dochází, když promícháváme dvě nebo více určitých látek a pozorujeme projevy následných reakcí. Reakce u chemiluminiscence probíhají pouze v tekutém prostředí. Obecně tyto reakce můžeme rozdělit na dvě základní skupiny závislé na skupenství reagujících látek. Buď probíhají v kapalném, anebo v plynném prostředí, které se z hlediska fyziky klasifikují jako tekutiny.

---

<sup>32</sup> PANTOFLÍČEK, J., VACEK, K. *Luminiscence II*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1972. s.111.

### 5.1.1 Reakce v kapalném prostředí

Reakce v kapalném prostředí můžeme rozdělit podle aktivační látky, která se pak stává ve spojení s další látkou zdrojem světelné energie. Zde jsou uvedeny základní látky sloužící k těmto jevům:

#### Luminol

Luminol ( $C_8H_7N_3O_2$ ) je jednou ze základních látek potřebných k chemiluminiscenci. Je velmi vhodný jako základ pro školní experimenty vzhledem k jeho dobré dostupnosti, ceně a faktu, že není třeba dalších složitých chemikálií pro přípravu pokusů s ním spojených.

Z chemického hlediska jde o alkalickou reakci, kde luminol smícháme s peroxidem vodíku ( $H_2O_2$ ) za přítomnosti nějakého pomocného oxidantu, například železa (Fe) nebo mědi (Cu).<sup>33</sup> Tato směs svítí zelenkavou barvou.

#### Difenyl oxalát

Tato látka, označovaná pod jménem Cyalum ( $C_{14}H_{10}O_4$ ), je dnes asi nejrozšířenějším zdrojem chemiluminiscence ve světě, jelikož je používána v zábavním průmyslu k plnění speciálních trubiček, které začnou svítit po prvním mechanickém nárazu, při kterém se smíchají v trubičce obsažené látky. Tato technologie se však nepoužívá jen v zábavním průmyslu. Velkým spotřebitelem jsou armády, které těmito svítícími tyčinkami také disponují, i když ve značně upravené míře.<sup>34</sup>

U reakcí této látky získáváme možnost vybrat si barvu, kterou požadujeme. Základ reakce je stejný jako u luminolu. Smícháme difenyl oxalát s peroxidem a přidáme aktivátor, který nám umožňuje získat specifickou barvu. Přehled základních aktivátorů najdeme v tabulce 6. s. 25.

---

<sup>33</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Chemiluminiscence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chemiluminescence>. [cit. 10.3.2011]

<sup>34</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Military. In *Cyalume* [online]. Dostupné: <http://www.cyalume.com/military.php>. [cit. 11.3.2011]



Barva	Aktivátor	Souhrnný vzorec
modrá	Difenylantracen	$C_{26}H_{18}$
zelená	Bis-fenylethylen-antracen (BPEA)	$C_{30}H_{18}$
žlutozelená	Tetracin	$C_{18}H_{12}$
žlutá	Chloro-BPEA	$C_{30}H_{17}Cl$
oranžová	BPEA, Rodamin 6G	$C_{30}H_{18}, C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$
červená	Rodamin B	$C_{28}H_{31}ClN_2O_3$

Tab. 6 Výčet barevných možností chemiluminiscence na základě specifického aktivátoru

Je ještě mnoho chemických látek, které dokáží vytvářet reakce, jejichž doprovodným jevem je luminiscence, nejdůležitější dvě jsou již rozebrány výše. Další látky jsou uvedeny pouze pro přehled a dále nebudou rozebírány.

Oxalylchlorid nabízí podobné vlastnosti jako difenyl oxalát, avšak není tak vhodný pro komerční účely, neboť nenabízí tak široké spektrum barev. Poslední z výčtu je látka označovaná TMAE, která je zajímavá tím, že u ní k luminiscenčním efektům dochází již při kontaktu se vzduchem. Produkuje modro-zelené světlo.<sup>35</sup>

Obrazová ukázka chemiluminiscence je umístěna v přílohách.(obr. 2. s. 60)

### 5.1.2 Reakce v plynném prostředí

Existují dvě základní reakce v plynném prostředí, které jsou doprovázeny luminiscencí. První z nich je oxidace fosforu na vzduchu. Při ní dochází k tomu, že výpary fosforu reagují se vzduchem a vytvářejí oxid fosforový ( $P_2O$ ) a kyselinu hydrogen fosforovou ( $HPO$ ), které se nacházejí v excitovaném stavu a tudíž vytvářejí světlo.

Druhou skupinou těchto reakcí jsou reakce oxidu dusného ( $N_2O$ ) s ozónem ( $O_3$ ), kde dochází k tvorbě molekulového kyslíku ( $O_2$ ) a oxidu dusnatého ( $NO$ ), který se nachází v excitovaném stavu.

<sup>35</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Chemiluminiscence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chemiluminescence>. [cit. 12.3.2011]

### 5.1.3 Aplikace chemiluminiscence

- Analýza plynů – používá se k zjištění příměsí či jedů ve vzduchu, hlavně k detekci sloučenin dusíku (N) a síry (S). Například částice oxidu dusitého ( $N_2O_3$ ) jsou zaznamatelné touto metodou již od koncentrace 1ppb (ppb – part per billion, 1ppb znamená, že látka obsahuje jeden díl příměsí na jednu miliardu částic látky).<sup>36</sup>
- Analýza anorganických látek v tekutém prostředí
- Analýza organických látek – určování enzymů, kde enzymy samotné chemiluminiscentní nejsou, ale po reakci výsledné látky již jsou
- Analýza a testování biomolekul v lékařství a farmacii - systémy ELISA (enzymová imunologie, zjišťování antigenů v DNA)
- Světélkující objekty – svítící tyčinky v zábavním průmyslu, ale také v armádě nebo jako nouzová signalizace na lodích atd.
- Testování spalovacích cyklů
- Hračky<sup>37</sup>

## 5.2 Bioluminiscence

Bioluminiscence je slovo pocházející z latinského bios - živý a lumen - světlo. Jde o speciální případ chemiluminiscence, kdy je chemická reakce doprovázená vznikem světla, probíhající v živém organismu. Tyto organismy využívají látky Luciferin, což je speciální pigment, a Luciferázu, což je enzym. Luciferin reaguje s kyslíkem a vytváří látky v excitovaném stavu, které svítí. Luciferáza je zde přítomna jako katalyzátor této reakce, někdy se využívá také ATP (adenozin-tri-fosfát, zdroj energie v živých organismech) nebo ionty kalcia. O vznik a průběh tohoto cyklu se stará segment DNA, který byl již identifikován u bakterií a nazván Lux-opteron („světelný segment“).

Bioluminiscenci zaznamenáváme hlavně u mořských obratlovců a bezobratlých, hmyzu, půdních organismů, mikroorganismů a mnoha symbiotických organismů. Zřejmě nejpozoruhodnější příklad bioluminiscence však vytvářejí mořské organismy, jedná se o jezero Gippsland, které se nachází v Austrálii. Více o tomto fenoménu v kapitole o zajímavostech v luminiscenci.

---

<sup>36</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Parts-per Notation. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Parts-per\\_notation](http://en.wikipedia.org/wiki/Parts-per_notation). [cit. 12.3.2011]

<sup>37</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Chemiluminiscence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chemiluminescence>. [cit. 12.3.2011]

Bioluminiscenci řadíme do kategorie takzvaného „studeného světla“, jelikož maximálně 20% energie se při těchto reakcích mění na teplo. Až 90% organismů žijících ve velkých hloubkách využívá těchto principů. Převážná většina z nich produkuje zelené až modré světlo, což můžeme fyzikálně interpretovat tak, že modrá a zelená barva má delší vlnovou délku, tudíž lépe prochází okolním prostředím. I tak ale existují některé druhy, které vytvářejí červené, infračervené (rod *Malacostea*<sup>38</sup>) a žluté světlo (rod *Tomopteris*<sup>39</sup>).

Suchozemské organismy nejsou v takové míře rozšířeny. Mezi nejvýznamnější zástupce patří hmyz, larvy, pavouci a některé speciální druhy hub. Nejznámějšími jsou světlušky a některé druhy červů. U některých těchto organismů je díky vznikajícímu jasu snadno znatelný tep. Můžeme u nich vidět mnoho různých barev. Ukázky jsou uvedeny v přílohách.<sup>40</sup> (obr. 3, 4. s. 61)

### 5.2.1 Aplikace Bioluminiscence

- Svítící stromy kolem silnic- stromy jsou upraveny tak, že lehce světélkují, není tak třeba osvětlení kolem silnic a dochází k obrovské úspoře energie
- Svítící vánoční stromečky – ekonomičtější a bezpečnější, nehrozí zranění či požár v důsledku vadných elektrických ozdob
- Zemědělství – některé rostliny lze upravit tak, že začnou svojí svítivostí signalizovat nedostatečné zavlažení
- Metody pro analýzu obsahu bakterií v jídle a pití – zde hlavní roli hraje bezpečnost konzumace potravin
- Bio-identifikace vězňů a pacientů léčených pro duševní poruchu– jedná se o bezpečnostní opatření při útěků z nápravných zařízení a léčeben, kdy se na osoby v těchto objektech nanese signalizační značení v podobě luminiscenční barvy
- Fluorescenční sondy pro výzkum bílkovin – využití při analýzách dějů spojených s bílkoviny, zvláště pak při analýze reakcí aktivačních center bílkovin<sup>41</sup>

---

<sup>38</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Stoplight Loosejaw. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Loose-jawed\\_fish](http://en.wikipedia.org/wiki/Loose-jawed_fish). [cit. 16.3.2011]

<sup>39</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Tomopteris. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Tomopteris>. [cit. 16.3.2011]

<sup>40</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Bioluminiscence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Bioluminescence>. [cit. 16.3.2011]

<sup>41</sup> [Srov.] JELÍNEK, O., *Experimentální metody biofyziky III. Luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983. s. 61.

## 6 LUMINISCENCE V SOUDOBÉM UMĚNÍ

Luminiscence je v soudobém umění poměrně mladý a moderní jev. Zastoupena je především v malířství, ale vyskytuje se i v mnoha dalších výtvarných oborech. Ty využívají například ultrafialové světlo, různé luminofory a jejich směsi ať už ve formě pevné, kapalné, či plynné. V této formě se používají převážně vzácné plyny jako jsou neon, argon či xenon. Na tomto základě fungují všechny barevné svítivé trubice, které můžeme spatřit nejčastěji ve městech a u dálnic jako poutače a reklamy. Dále můžeme například využívat fosfor jako samostatný zdroj světla nebo v různých tyčinkách, které se rozzáří po mechanickém nárazu a následném promísení látek uvnitř, jak již bylo zmíněno v kapitole Luminiscence v chemii a biologii. Velký rozmach luminiscenčních technik a prostředků můžeme také pozorovat v herectví, a to převážně v dnes velmi populárních takzvaných „black-light“ divadlech, kde je celý prostor divadla zahalen absolutní tmou a herci a kulisy využívají luminiscenční plochy jako jediné, co je po dobu celého představení vidět.

### 6.1 Výtvarné umění

Luminiscence ve výtvarném umění je jedním z moderních směrů, zasahující do malířství, sochařství (převážně plastického) a do jisté míry můžeme o luminiscenci hovořit také ve fotografii.

#### 6.1.1 Sochařství

V sochařství je asi nejčastějším nástrojem tyčinka či ampulka obsahující dvě látky, které při promísení začnou svítit. Dalším v sochařství oblíbeným nástrojem s využitím luminiscence jsou luminiscenční barvy (více o luminiscenčních barvách v podkapitole Malířství), svítící trubice či jiné podobné aplikace jako například LED diody, u kterých již však vyvstává otázka, zdali je můžeme zahrnout, na rozdíl od exaktních věd, také ve výtvarném umění do pojmu luminiscence.

Nejznámějším umělcem v této oblasti je pravděpodobně Arik Levy (1963- současnost), který je také známý jako fotograf a designer. Svoje díla z oblasti luminiscence vystavuje především ve Spojených státech amerických v Muzeu moderního

umění v Santa Monice. Na svém kontě má desítky výstav jak z oblasti sochařství, tak i z oblasti designu. Ukázka z jeho díla je uvedena v příloze.<sup>42</sup> (obr. 5. s. 62)

V Americe se zabýval instalací luminiscenčních trubic výtvarník Dan Flavin (1933-1996), který používal fluorescentní světlo ke svým výtvarným dílům, ale také k instalaci vnitřního osvětlení budov. Jeho nejznámější dílo má název Pomník Vladimíru Tatlinovi 1964-65, které bylo vydraženo za 735 500 dolarů.<sup>43</sup> (obr. 6. s. 62)

V Itálii je umění s využitím luminiscence zastoupeno umělcem Zorio Gilbertem, který vytvořil pomocí fosforeskujícího vosku a dřevěných lamp dílo s názvem Fosforescentní pěst, které je vystaveno v Národním muzeu moderního umění v Paříži.<sup>44</sup> (obr. 7. s. 63)

## 6.1.2 Malířství

Základem luminiscence v malířství je využívání techniky více viditelných rozměrů obrazu. Jejich počet závisí na technikách a prostředcích, které jsou k tvorbě obrazu použity.

Prvním rozměrem je vrstva viditelná pod běžným světlem. Pro malbu této části se využívají běžné barvy. Další dva možné rozměry obrazu se již značně liší. K vytvoření těchto dimenzí je potřeba speciální barvy a v některých případech i dalšího vybavení, jako je například zdroj ultrafialového světla.

Druhým rozměrem se dá nazvat ta část obrazu, která je tvořena fosforescentními barvami. Tyto barvy jsou speciální v tom, že dokáží svítit ve tmě bez použití jakýchkoliv dalších nástrojů. Bohužel těchto barev mnoho není, nejčastěji jsou vyráběny odstíny žluté a zelené. Existují i různé odstíny červené. Ty však nesvítil tak silně, proto nejsou tolik používány.

Posledním, třetím rozměrem obrazu je ten, který je tvořena fluorescentními barvami. K viditelnosti těchto barev musí být obraz nasvícen ultrafialovým světlem. Proč a jak tento proces funguje je již zmíněno v předešlých kapitolách. Obrovskou výhodou těchto barev je jejich velká zářivost pod ultrafialovým světlem, což je vidět v přílohách, a dále pak široká paleta vyráběných barev a odstínů. Společnou nevýhodou jak

---

<sup>42</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Domain. In Arik Levy [online]. Dostupné: <http://www.ariklevy.fr/domain>. [cit. 5.3.2011]

<sup>43</sup> [Srov.] KOLEKTIV AUTORŮ. *1000 geniálních soch*. Praha: Mladá fronta, 2009. s. 487.

<sup>44</sup> [Srov.] Tamtéž, s. 487.

fosforescentních tak fluorescenčních barev je jejich vyšší cena, která narůstá s kvalitou jednotlivých produktů.

Tyto tři základní dimenze však nemusí být jediné projevy obrazu. Jejich vlivy je možno při vhodné intenzitě viditelného a ultrafialového světla kombinovat, což přináší určitou volnost v tvorbě a rozvrhování konečného výsledku obrazu.

### **6.1.3 Malíři využívající technik luminiscence**

Tato podkapitola je věnována vybraným umělcům, kteří se věnují reálné aplikaci luminiscence do své tvorby.

#### Milan Ďuriš

Známým českým malířem využívajícím technik luminiscence je Milan Ďuriš, který se narodil 23.9.1958 v Toužimi. Malbě se věnuje od roku 1982 a to jako samouk pod soukromým vedením u profesora Jiřího Patery. Milan Ďuriš je členem Unie výtvarných umělců v České republice, výtvarné skupiny P89 a členem Asociace Moment Art. Vystavoval v ČR, Spojených státech amerických, Německu, Francii, Rumunsku, Maďarsku, Albánii a Chorvatsku. Jeho díla jsou k vidění v Muzeu umění a designu v Benešově, jeho obrazy jsou zastoupeny v soukromých sbírkách v České republice, Německu, Slovensku, Rakousku, Holandsku, Francii, Kanadě, USA, Austrálii. Milan Ďuriš pracuje se světlem pomocí vrstvení standardních akrylových barev. Od roku 1993 pracuje s UV světlem a standardními akrylovými, fluorescentními a fosforovými barvami, kde překrýváním fluorescentních, akrylových a fosforujících barev získává velmi živou výslednou plochu. Obrazy jsou komponovány až do tří světelných dimenzí (normální světlo, UV světlo a tma). Při různých světlech vzniká také zvláštní iluze plastického prostoru, která nás přímo vtahuje do děje. Motivy v jeho tvorbě se neustále tvarově i barevně obměňují. Ukázka děl je umístěna v obrazových přílohách. (obr. 8. s. 63)

### Fred Tomaselli

Narozen roku 1956. Dnes pravděpodobně nejznámější autor obrazů na téma luminiscence na světě. Proslavil se jako tvůrce obrazů, které vyřezával a maloval do dřeva. Od roku 2002 se věnuje luminiscenci. Ceny jeho obrazů se pohybují v tisících až desetitisících dolarů. Ukázka jeho díla je umístěna v přílohách.<sup>45</sup> (obr. 9. s. 64)

### Melissa Staiger

Jedna z nejznámějších malířek využívajících technik luminiscence. Narodena v New Yorku, kde aktivně působí a kde také získala MFA titul z výtvarného umění. Její nejznámější díla z oblasti luminiscence vznikla v roce 2008. Je také spoluautorkou knihy o luminiscenci *The World Happening*. V roce 2010 získala cenu Puffinovy Nadace pro podporu moderního umění.<sup>46</sup>

### James Rosenquist

Je jedním z protagonistů pop-artu, ve svém uměleckém zájmu byl podporován matkou, která byla také malířkou. Věnuje se malbě, tisku, kresbě a kolážím. Jeho díla vizualizují reklamu.<sup>47</sup> Obraz s názvem *Bombardovací tryskáč* je namalován svítícími barvami. (obr. 10. s. 64)

### Susan Ross

Susan Ross začala profesionální dráhu v malířství v roce 1998 účastí na benefiční výstavě *Art against AIDS* (Umění proti AIDS) v Chicagu. Od roku 2003 pravidelně vystavuje, převážně na Severoamerickém kontinentu.<sup>48</sup>

---

<sup>45</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Fred Tomaselli. In *White Cube* [online]. Dostupné: <http://www.whitecube.com/artists/tomaselli/>. [cit. 6.3.2011]

<sup>46</sup> [Srov.] Správa webových stránek. About. In *Melissa Staiger* [online]. Dostupné: <http://melissastaiger.com/about-2/>. [cit. 6.3.2011]

<sup>47</sup> [Srov.] Správa webových stránek. James Rosenquist. In *Wikipedia*. [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/James\\_Rosenquist](http://en.wikipedia.org/wiki/James_Rosenquist). [cit. 7.3.2011]

<sup>48</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Home. In *Susan Ross Studio* [online]. Dostupné: <http://susanrossstudio.com/home.html>. [cit. 6.3.2011]

## 6.2 Dramatické umění

Luminiscence se v herectví objevuje již od roku 1961, kdy bylo v Praze otevřeno první „black-light“ divadlo na světě. „Black-light“ divadla využívají absolutní tmy v sále, a fosforescentních či fluorescentních barev a ultrafialového světla. Těmito barvami jsou pomalováni jak herci, tak rekvizity i kulisy. Někdy je pro zvýšení vizuálního dojmu použito LED diod. Tato divadla jsou velice populární. V Praze jich existuje minimálně šest.

### 6.2.1 Black Light Theatre Jiřího Srnce

Tento český divadelní soubor patří od svého vzniku mezi nejznámější reprezentanty české divadelní tvorby ve světě. Zúčastnil se více jak 65 mezinárodních divadelních festivalů a realizoval přes 250 zahraničních turné v Evropě, Severní a Jižní Americe, Asii, Africe i Austrálii. Během účinkování na Mezinárodním divadelním festivalu ve skotském Edinburghu v roce 1962, uvedla kritika v časopise Times, že tento soubor "vrací magii na světová jeviště". Princip, který mu dal zakladatel a umělecký ředitel souboru Jiří Srnc do vínku, se zakládá na tvůrčím využití jednoduchého triku, takzvaného "černého kabinetu". S primitivní formou tohoto principu jsme se setkali již ve staré Číně a později při kouzelnických výstupech. Dílčím způsobem byl využit v kinematografii (Méliès) i v divadelnictví (Stanislavský). V praxi Černého divadla to znamená, že černě oblečení herci s rekvizitami nejsou z hlediska diváka vidět proti černému pozadí. Rekvizity, předměty nebo objekty se tím stávají schopné pohybu a tedy i vlastního osobitého života. Jiřímu Srncovi a jeho divadlu ovšem efekt triku není účelem, ale prostředkem k dosažení scénické a mimické metafory, realizované hudebně organizovaným pohybem výtvarných objektů a herců. Jeho umění, pracující na podkladě černého kabinetu, v promyšlené zkratce a výtvarných zjednodušených symbolech, získávalo diváky svou poezií a vtipem. Pro Salamandry a později pro celou řadu skupin se stalo podnětem, který vedl k nebývalému rozvoji tvorby na principu černého kabinetu.<sup>49</sup> (obr. 11, 12. s. 65)

---

<sup>49</sup> [Srov.]Správa webových stránek. Historie. In *Jiří Srnc/Black Light Theatre of Prague* [online]. Dostupné: <http://srncetheatre.com/cz/historie.html>. [cit. 6.3.2011]



## 7 ZAJÍMAVOSTI V LUMINISCENCI

Tato kapitola je zaměřena na specifické využití luminiscence v praxi na základě svítivého efektu a jeho využitelnosti ve výtvarné výchově a ostatních vyučujících předmětech.

### 7.1 Chinin

Původním názvem quino z kečuánštiny byl rozšířen do španělštiny jako chinini dále pak do italštiny jako china, ze které tento název přejala němčina jako chinin a tento název si poté přivlastnila i čeština. Je to alkaloid využívaný jako antimalarikum (lék k léčení malárie). Chemicky je tato látka specifikována jako methoxyderivát cinchoninu, jehož chemické složení bylo objeveno v 19. století.

Chinin má hořkou chuť a v menších dávkách povzbuzuje chuť k jídlu, avšak 8-10g je již pro dospělého člověka smrtelná dávka. Chinin jako takový má dvě základní průmyslové využití. Prvním je již zmíněný farmaceutický význam a druhým je využití v potravinářském průmyslu. Chinin se používá jako přísada toniku. Pro nás je zajímavý proto, že způsobuje fluorescentní efekt u toniku pod ultrafialovým světlem. (obr. 13. s. 66) Chinin se nachází v kůře chininovníku a vrby. Odvar z ní doporučoval k léčeni již Hippokrates.

Tonik je vhodnou ukázkou efektu fluorescence v hodinách výtvarné výchovy, chemie či fyziky, především pro jeho názornost a nízkou cenu. Právě proto byl tonik při pokusu v praktické části této práce vybrán jako jeden z experimentů provedených v hodině výtvarné výchovy. Více o experimentu v Praktické části.<sup>50</sup>

### 7.2 Jihlavské jeskyně

Jihlavské podzemí je druhou největší sítí podzemních chodeb na území ČR hned po znojenském podzemí. Celková délka činí 25 km. Jedná se o systém chodeb ražených ve skále pod historickým jádrem města, a to dokonce v několika patrech. Unikátní stavba byla budována desítky a možná i stovky let.<sup>51</sup>

---

<sup>50</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Chinin. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Chinin>. [cit. 13.3.2011]

<sup>51</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Jihlavské podzemí. In *Turistik* [online]. Dostupné: <http://www.turistik.cz/cz/kraje/vysocina/okres-jihlava/jihlava/jihlavske-podzemi/>. [cit. 15.3.2011]

Pro tuto práci je tento podzemní komplex zajímavý zejména proto, že chodby ve tmě svítí, což znamená, že ve zdech jsou látky s fosforescenčními vlastnostmi. Tyto vlastnosti způsobuje siričkatý barnatozinečnatý, který byl chemickou analýzou zjištěn ve zdech. Ukázka chodby při plném svitu je uvedena v přílohách.<sup>52</sup> (obr. 14. s. 66)

### 7.3 Polární záře

Polární záře je souhrnný název pro světelné úkazy nastávající ve vysoké atmosféře ve výškách od 80 do 1000 km, nejčastěji kolem 100 km (v ionosféře – oblast vysoké koncentrace iontů a volných elektronů). Běžně se vyskytují v polárních oblastech (jižní záře – „aurora australis“, severní záře – „aurora borealis“), zatímco ve středních zeměpisných šířkách a zejména v tropech jen výjimečně.

Polární záře vzniká tak, že ionosféra reaguje se slunečním větrem obsahujícím protony, elektrony a alfa částice, což jsou jádra helia. Projevem této reakce je polární záře, i když většina ze slunečního větru je odražena magnetickým polem Země. Reakce s dusíkem vytváří zelenou a reakce s kyslíkem červenou barvu.<sup>53</sup> (obr. 15. s. 67)

### 7.4 Jezero Gippsland

Jeden z nejpozoruhodnějších případů bioluminiscence vůbec je australské jezero Gippsland. Tento pozoruhodný fenomén je způsoben mikroorganismy *Scintillans noctiluca*, které způsobují jasně modrou zář ve vodě. Tyto organismy se živí planktonem, řasami a bakteriemi. Bývají také označovány jako „mořské jiskry“, „mořský oheň“ nebo „mořští duchové“. Ukázky, které jsou umístěny v přílohách, byly nafoceny v prosinci 2008, kdy byl na jednom místě jezera zvláště vysoký výskyt těchto organismů, což vedlo k vzniku opravdu silné modré záře.<sup>54</sup> (obr. 16. s. 67)

---

<sup>52</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Jihlavské katakomby. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Jihlavsk%C3%A9\\_katakomy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jihlavsk%C3%A9_katakomy). [cit. 15.3.2011]

<sup>53</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Polární záře. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD\\_z%C3%A1%C5%99e](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD_z%C3%A1%C5%99e). [cit. 15.3.2011]

<sup>54</sup> [Srov.] Správa webových stránek. Australia's mystical bio-luminiscent lake. In *NiceArtLife* [online]. Dostupné: <http://niceartlife.com/?p=3043>. [cit. 15.3.2011]

## 7.5 Barvy na tělo

Další zajímavostí ze světa luminiscence jsou barvy na tělo. Tyto barvy se používají zvláště pro úpravu těl na hudebních, kulturních či jiných společenských akcích. Tělo pomalované touto barvou se při správném osvětlení doslova rozzáří. Barvy mají latexový základ. Zhruba po deseti minutách uschnou, poté vytvoří pevný a zároveň pružný povrch.

Mezi běžně dostupné barvy patří červená, žlutá, růžová, zelenožlutá, zelená, modrá a fialová.<sup>55</sup> (obr. 17. s. 68)

## 7.6 Hmyz

Další zajímavostí, kterou můžeme uvést, jsou například brouci z čeledi *Lampyriade*, u nás známé pod názvem světlušky, které můžeme zahlédnout v noční době na loukách nebo v okolí lesů. Světlušky vykazují bioluminiscenci v zadní části jejich těla. Díky tomuto efektu svítivosti jsou světlušky známé po celém světě a oblibu si nachází především u dětí.

## 7.7 Svítící savci

Pokrok genetické vědy umožnil vyšlechtit savce, jejichž kůže nebo ochlupení vykazuje fluorescenční svítivost.

Obrovský průlom v buněčné biologii bylo naklonování fluorescenční molekuly zvané fluorescenční protein (GFP). Ten vykazuje svítivost po nasvícení ultrafialovým světlem.<sup>56</sup> Tento protein byl již použit při klonování myší, králíků, koček atd. Je už jen otázkou času, kdy se podaří vyšlechtit zvířata, kterým bude srst svítit i ve tmě. Problém u svítivosti za tmy je ve fosforu, který je ve větším množství zdraví škodlivý, i když se objevuje u každého živého jedince především v DNA. (obr. 18. s. 68)

## 7.8 Oheň

Ačkoliv by se mohlo zdát, že je oheň také projevem luminiscence, není tomu tak. Oheň je z technického pohledu plazma, která nemá s luminiscenčním jevem nic společného.

---

<sup>55</sup> [Srov.] Správa webových stránek. UV efekt - latexová barva. In *Bodypainting* [online]. Dostupné: <http://www.bodypainting.cz/?p=productsMore&iProduct=663&sName=UV-efekt--latexova-barva-1000-ml>. [cit. 15.3.2011]

<sup>56</sup> [Srov.] DE ROOS, A. Fluorescence Microscopy. In *Albert de Roos* [online]. Dostupné: <http://albertderoos.nl/?p=61>. [cit. 15.3.2011]

## **7.9 Fosforeskující nálepky a hračky**

V obchodech je k dostání mnoho předmětů vykazujících fosforescenci za tmy. Tyto předměty jsou velmi oblíbené u dětí, a to právě pro luminiscentní vlastnost svítivosti za tmy. Hračky nebo různé nálepky, modelíny apod. obsahují látku fosfor, která po předchozím nasvícení světlem září. Nálepky se nejčastěji instalují na stropy dětských pokojů, kde imitují přírodní noční oblohu. Délka svítivosti nálepek je závislá na obsahu nanesené fosforescentní vrstvy a na koncentraci fosforu. Důležité je předchozí nasvícení světelným zdrojem, ke kterému postačí zářivka běžného prostorového osvětlení.

## 8 TECHNIKY LUMINISCENCE VE VÝUCE

Luminiscencí lze ozvláštnit mnoho vyučovaných předmětů a nejen to. Díky luminiscenčnímu záběru vědních disciplín a materiálů vykazující luminiscenci, jak přírodních tak uměle vytvořených, lze použít tuto skutečnost na základě kreativity učitele téměř do všech oborů vyučování. Faktem je, že se luminiscence do výuky téměř nezařazuje nebo pouze minimálně a okrajově.

### 8.1 Výtvarné činnosti

Dítě ve výtvarném projevu sděluje své smutky a radosti. Snaží se citově i rozumově reagovat na svět kolem sebe ve všech jeho podobách a projevech, hledá v něm své místo, celkově se se světem přátelí. Po svém v něm odhaluje jeho vnitřní logiku a souvislosti. Toto výtvarné vyjádření je pro dítě prostředkem přenesení se z reality do světa fantazie a představ. Tím obohacuje svůj pohled na každodenní skutečnost.<sup>57</sup>

Ve výtvarné výchově se setkáváme se základním prostředkem výtvarné činnosti, a to s formativní působností. Slovo formativní je odvozené od latinského slova *formo*, které v češtině znamená dávající tvar, podobu, utváření, zobrazení atd. Ve výtvarné výchově je výuka specifická zvláštnostmi výtvarných činností, procesů a výsledkem, tedy výtvarným produktem. Tvůrce produkt svým způsobem přetváří, ale zároveň i sám sebe mění, proto se užívá pojmu interakce (ovlivňování, vzájemné působení).

Důležitý je učitelův výběr výtvarné aktivity pro konkrétní výchovné a vzdělávací činnosti. Svůj záměr vybírá na základě praktického i teoretického poznání žáka, ale také ve vztahu k ontogenetickým proměnám a typovým zájmům výtvarného vyjadřování žáka, s ohledem na materiální zázemí školy.<sup>58</sup>

Zvolením tématu a námětu formujeme podobu díla. To, co bude chápáno jako základní látka či předmět díla, nazýváme Téma. Námět je prvkem, dílčí částí tématu, návrhu, neboli nápadem tématu. Námětů lze najít celou škálu a tím může vzniknout řetězec námětů se společnými rysy utvářející téma.<sup>59</sup>

---

<sup>57</sup> [Srov.] CIKÁNOVÁ, K. *Kreslete si s námi*. Praha: nakladatelství Aventinum v Praze, 1992. s. 7.

<sup>58</sup> [Srov.] HOSMAN, Z. *Didaktický skicář*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. s. 17.

<sup>59</sup> [Srov.] Tamtéž, s. 45.

### 8.1.1 Malba

Dostupnost fluorescentních a fosforescentních barev poskytuje nespočet možností pro jejich využití ve výuce, převážně ve výtvarné realizaci. Můžeme jimi nahradit barvy temperové nebo akrylové, vzájemně je míchat a vrstvit a tím realizovat všechny techniky malby. Zajímavá by mohla být propojitelnost luminiscentní instalace vzorového modelu s fluorescentními vlastnostmi, podle kterého by probíhala malba pod osvětlením UV zářivkou a imaginace dle světelných projevů, též pod ultrafialovým osvětlením.

Použitím mokrého základu pro následnou malbu fluorescentními, nefluorescentními a fosforeskujícími barvami lze docílit velké zajímavosti struktury malby. Za mokrý základ v tomto případě považujeme papír nebo čtvrtku navlhčenou vodou.

Podrobněji se danému problému věnuje například metodická výtvarné výchovy Karla Cikánová ve své všeobecně známé publikaci *Malujte si s námi* (1993).

### 8.1.2 Kresba

Linií lze vyjádřit klid, vzrušení, radost nebo smutek v lidské tváři, ale i v krajině. Je to dvojrozměrný organismus, který u nás žije pouze na ploše papíru a jiném podkladu, nikoliv v trojrozměrném světě plném předmětů. Díky vlastnostem linie lze vyjádřit zlo, ticho i hluk. Při tvorbě např. zubaté linky si dítě představuje štěkajícího psa, pod tenkou linkou si může promítat pištění malé, bojácné myšky. Výraz vzniklé kresby je pro žáka i dobrodružným dějem. Kresbu lze dětem ozvláštnit neobvyklými nástroji, které potvrdí, že linie může mít mnoho podob a že lze kreslit i za doprovodu řeči použitých pracovních nástrojů, pomocí kterých si představují pocity a nálady tvořeného obrazu.<sup>60</sup>

Pro kresbu je vhodné použití Koh-i-noor Hardtmuth Astra Dry marker tužek, které mají fluorescentní vlastnosti. Spojením pastelek a tmavého podkladu mohou vznikat velmi zajímavá díla. U této techniky lze také zvolit rozmazávání tahů tužek navlhčeným štětcem, šrafovací techniku, kombinování různých tlaků na tužku, obměnu struktur podkladového materiálu, použití gumy. Finální verzi je dobré vždy ochránit fixativem, aby nedošlo k rozmazání obrazu.

Použitím tuže na fosforovém základu lze vytvořit obraz viditelný za úplné tmy. Pomocí tuže jde kreslit, tiskat. Lze zvolit i další techniky, např. lití nebo nakapání

---

<sup>60</sup> [Srov.] CIKÁNOVÁ, K. *Kreslete si s námi*. Praha: nakladatelství Aventinum v Praze, 1992. s. 11-12.

a následné rozmazávání pomocí zmačkaného papíru a jiných předmětů nebo výtvarných i “nevýtvarných“ pomůcek.

Podrobněji se tomuto problému opět věnuje metodička Karla Cikánová ve své publikaci *Kreslete si s námi* (1992).

### **8.1.3 Tisk**

Zde se nabízí velké množství předmětů, které můžeme k provedení tisku použít. V praktické části této práce byla část projektu realizovaná právě technikou tisku, a to víčky od sklenic menších rozměrů. Tato technika je určená všem věkovým kategoriím, převážně ale bude bavit děti mladšího školního věku pro její nenáročnost. Víčka, houbičky, kartáče a další nepřeberné množství předmětů, lze namáčet ve fluorescentních nebo fosforescentních barvách nebo se na ně barva nanese pomocí štětce. Tiskem vznikají různé tvary, které lze propojovat, vrstvit a tvořit tak různé obrazce. Překrýváním a vyzdvihováním jen části vytvořeného díla vystřiženým rámečkem z bílé čtvrtky, lze pozorovat mísení barev. Tímto se zaměříme na bližší identifikaci a zkoumání detailu výtvoru.

### **8.1.3 Instalace**

Instalace je trojrozměrná výtvarná tvorba, která je z hlediska materiálového, časového, organizačního i dovednostního nejnáročnější. Je třeba vycházet z předpokladů senzibility učitele, jeho řemeslně výtvarné i didaktické vyspělosti a také senzibility žáků. Tato metoda výchovy pozitivně rozvíjí jemnou motoriku, cit pro hmotu, objemovost a prostorovost. Zapojením obou rukou vyvažuje využití obou mozkových hemisfér a rozvíjení prostorové inteligence. Díky rozdílnosti materiálů lze studovat detailnější zpracování předmětů a pochopení určitých principů i jejich funkčnosti.<sup>61</sup>

Při použití techniky instalace záleží především na naší kreativitě, představivosti a chuti vymýšlet nové věci. Lze použít nespočetné množství předmětů k její realizaci. K dostání je celá škála fluorescenčních a fosforeskujících předmětů. Mezi nejlépe dostupné luminescentní předměty patří například fluorescentní, ale i fosforescentní nafukovací balónky, lanka, kameny, textilní látky, nitě, lepicí pásky, stuhy, pigmenty, apod. Použitím

---

<sup>61</sup> [Srov.] HOSMAN, Z. *Didaktický skicář*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. s. 59.

ultrafialových diod lze vybudit fluorescentní vlastnosti materiálů a není zapotřebí instalace UV světla.

### **8.1.5 Modelace**

Plastickou záležitostí je modelace, u které je hmatatelný objem materiálu. Mladší žáci často nerozlišují ploché a plastické věci. Z převahy plošných výtvarných činností, kterými jsou například kresba a malba, si děti přenášejí návyky. Např. při grafickém řešení povrchu hlíny, kdy do hlíny kreslí (vyškrabují do hlíny nos, oči, vlasy). Všechny děti při počátcích modelace nevyužívají možnost pružné změny formy.<sup>62</sup> Důležité je objasnit dětem postupy zpracování plastického materiálu a jeho vlastnosti formování.

K modelování s projevy luminiscence je vhodné použití modelíny značky Play-Doh, která má fluorescenční vlastnosti. Existují i modelíny vykazující fosforescentní chování.

Modelínu lze vyrobit i v domácím prostředí, můžeme tím docílit jakéhokoliv požadovaného výsledku, pomocí míchání svítivých, fosforescentních a fluorescenčních pigmentů různých barev.

### **8.1.5 Experimentace**

Výtvarná hra a experimentace by neměla být ve výuce výtvarného umění opomíjena, jelikož napomáhá žákovi pochopit principy zkoumaného předmětu či děje, rozvíjí schopnost vnímat sebe samého, tedy sebeidentifikaci, dále slouží k rozvíjení představivosti, logického uvažování, prostorového a obecně vizuálního vnímání a tím k rozvoji celé osobnosti na základě vjemového učení.

Výzkum NIPOS, který se zaměřoval na dětskou zkušenost s výtvarným projevem a vizuální kulturou, jasně vypovídá o důležitosti experimentálních metod ve výuce výtvarné výchovy. Z dotazníků, které byly zadány 307 dětem ve věku 11-12 let, které se zúčastňují zájmové výtvarné výchovy, vyplívá nezbytnost výtvarné činnosti v tomto dětském věku, ale hlavně subjektivní zájem dětí o výtvarnou seberealizaci. Většina dětí odpověděla na otázku, proč je pro ně výtvarná činnost důležitá tak, že rádi tvoří a tato výtvarná činnost je pro ně opravdu důležitá.

---

<sup>62</sup> [Srov.] HOSMAN, Z. *Didaktický skicář*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. s. 65.



Nutné je se pozastavit nad hodnotou odpovědi na otázku, kde mají děti nejvíce příležitostí k vlastní výtvarné tvorbě. Hodiny výtvarné výchovy ve škole se objevily na třetím místě po výtvarných kroužcích, první místo obsadila tvorba o samotě v domácím prostředí.<sup>63</sup>

Slovo experiment, z latinského slova *experimentum*, znamená pokus, zkouška. Ve vědecké práci je experiment metodou vědeckého poznání, která slouží k ověřování myšleného postupu nebo výsledku zkoušením jeho jednotlivých dílčích úkazů nebo jejich souhrnu. Experiment ve vědě vzniká na základě teorie, což určuje problém v jeho souvislostech a výsledcích. Zvláštním druhem pokusu je experiment *cruis*, který potvrzuje jednu hypotézu z několika, aby tím ostatní hypotézy vyvrátil.

V umění je experiment pokusem o nové, dosud nepoznané vyjádření skutečnosti. Umělci se kloní k experimentu tehdy, pokud objevily nové materiály nebo při zrodu nových uměleckých postupů. Samozřejmostí jsou nové technologie, u kterých se zkoumá jejich mísení, kombinování, aj. Dále se dají zkoumat dříve neznámé vlastnosti materiálů, u kterých se na základě nepoznaného utváří nové tvůrčí metody a styly. U přírodních materiálů se například zkoumají jejich struktury a textury.

Při porovnání těchto dvou spekter experimentu dle povahy vědy a umění je zřejmá jejich odlišnost. Ve vědě se klade velký důraz na výsledek, v umění se jedná o průběh pokusu, jeho praktického využití.

V České republice není experimentální výchova dostatečně využita v praxi. Příčinou by mohla být údajná neopodstatněnost tohoto typu výuky a chápání experimentu spíše jako hry.<sup>64</sup>

Pro praktickou část byl vybrán experiment provedený pomocí fluorescentních, nefluorescentních a fosforových barev, použití toniku a čisté vody. Pokus byl realizován v temné místnosti pod osvětlení UV zářivky i za úplné tmy. K pokusu bylo třeba menší akvárium, do kterého byly lity látky s luminiscentními vlastnostmi. Ultrafialovou zářivku je vhodné umístit přímo nad akvarijní nádrž, aby byl efekt svítivosti co nejvíce viditelný. Pod akvárium použijeme černý podklad, taktéž pro lepší viditelnost. Organizace při

---

<sup>63</sup> [Srov.] SLAVÍK, J. *Dětská zkušenost s výtvarným projevem a vizuální kulturou*. Olomouc: Univerzita Karlova v Praze- Pedagogická fakulta, 2006. s. 32.

<sup>64</sup> [Srov.] HOSMAN, Z. *Didaktický skicář*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. s. 19- 20.

provádění pokusu je nezbytná, žáci stojící před UV zářivkou mohou stínit procházejícímu světlu a zhoršit tak kvalitu svítivosti luminiscenčních barev a látek použitých v pokusu. Při tomto experimentu je možné využít i fosforescentních vlastností barev. Před jejich použitím však nesmíme zapomenout přivést fosforovou barvu do excitovaného stavu, tedy předběžně ji nasvítit nejlépe na přírodním světle.

### 8.1.6 Happening

Základním nebo dokonce jediným významem happeningu je používání netradičních uměleckých forem a prvků se záměrem šokovat nebo provokovat diváky a vtahovat je tak do děje, rozvíjet děj inscenovanou formou události za účasti umělce i diváků. Happening lze praktikovat ve všech uměleckých formách, např. divadelních, hudebních a výtvarných.<sup>65</sup>

Šokovat pomocí jevu luminiscence lze velice snadno. Výhodou je potřeba tmy, která je už sama o sobě šokující a temná. Opět záleží jen na kreativitě učitele. Je potřeba fluorescentních a fosforescentních materiálů k vybuzení svítivého jevu. Pro happening se nabízí použití barev na tělo s luminiscenčními vlastnostmi.

Za jeden z příkladů happeningu s využitím luminiscence by se dala považovat technika Poi. Poi je žonglování pomocí míčů nebo jiného předmětu umístěného na provázcích. Tato technika pochází z Nového Zélandu, kde se používala jako cvičení k posilování zápěstí, rukou, ramen a zad. Dnes je Poi rozšířené po celém světě a jeho fotografickým záznamem vznikají zajímavé fotky plné světelných efektů.<sup>66</sup> Míče umístěné na konci provázků by bylo vhodné natřít fluorescentní nebo fosforescentní barvou, abychom docílili požadovaného efektu.

### 8.1.7 Animace výtvarného díla

Je to specifická metoda, kdy se příjemce zapojujeme do přímého kontaktu s výtvarným dílem. Objekt je celistvě vnímán, emociálně i racionálně uchopen v jeho obsahové i formové složce s finálním vyústěním do tvořivé výtvarné interpretace díla. Jedná se o procesy, při kterých účastníci provozují pohybové akce, jako jsou například

---

<sup>65</sup>[Srov.] Správa webových stránek. Happening. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Happening&oldid=6808237>. [cit. 28.3.2011]

<sup>66</sup>[Srov.] Správa webových stránek. Poi. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Poi>. [cit. 21.3.2011]

pantomima a dramatizace, hudební produkce, literární ztvárnění, ale hlavně výtvarné zpracování všeho druhu, kterým reagují na objekt.<sup>67</sup>

Díky již zmíněným umělcům, kteří využívají ke své tvorbě luminiscenci, lze na základě jejich výtvorů uskutečnit animační program s jevy luminiscence. Vhodné je vlastnit fluorescentní a fosforescentní materiály k názorným ukázkám a k vlastní parafrázi výtvarných děl. Vhodným kandidátem na animační program je český zástupce luminiscence ve výtvarné výchově Milan Ďuriš. Jeho techniky malby a tisku lze velmi dobře parafrázovat, a to za běžného osvětlení a za osvětlení pod ultrafialovým osvětlením.

Ze světových autorů sochařství by byl dobrým adeptem italský Zorio Gilbertem se svým dílem Fosforeskující pěst. Tato socha je zhotovena z fosforového vosku, který můžeme nahradit fosforeskující modelační hmotou.

### 8.1.8 Land art

Land art, anglické slovo land- země, pevnina, půda, pozemek; art- umění. Český překlad- zemní umění, není tak výstižný, většinou se ponechává anglický název.

První realizace landartu se objevily v 60. letech 20. století, jako nový proud výtvarné kultury. Zpravidla se jedná o aktivity a projekty uskutečňované v přírodním prostředí. Nejčastěji se využívají přírodní materiály, jako dřevo, kameny, rostliny, listy, písek atd. Výsledky se fotograficky dokumentují. Tvůrci land artu jsou zpravidla sochaři, u nás je dnes asi nejznámější výtvarník v této oblasti Ivan Kafka.<sup>68</sup>

Tvorbu v přírodě lze realizovat pomocí luminiscentních materiálů a to například LED diodami, které nabízí velký výběr barev. Pomocí LED diod je možné aplikovat světelné jevy téměř na jakýkoliv materiál použitelný k výtvarné činnosti venku. Pokud budou ochráněny elektrické části diod, lze tato světla ponechat i v nepříznivém počasí.

Pro tvorbu v přírodě je vhodné využití samo svítivých materiálů po předchozí excitaci na denním světle, tedy materiály mající fosforescentní vlastnosti. Nabízí se různé fosforescentní kameny a písky, se kterými můžeme tvořit nespočet luminiscentních děl v přírodě.

Použitím LED diod s ultrafialovým zářením lze tvořit i pomocí fluorescentních předmětů a materiálů, které potřebují ke své svítivosti zdroj UV záření.

---

<sup>67</sup> [Srov.] HOSMAN, Z. *Didaktický skicář*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. s. 81.

<sup>68</sup> [Srov.] Tamtéž, s. 79.

## 8.2 Pokusy ve výuce chemie

Výuku chemie můžeme ozvláštnit pokusy s jevy luminiscence, pro které existuje široký výběr možností.

### Svítilící pupeny

Pupeny jírovce maďalu (lidově „kaštan koňský“, *Aesculus hippocastanum*) odkrojíme, nařízneme je a vložíme do Petriho misky s vodou. Pod UV lampou sledujeme vyluhování modře světélkující látky a její difuzi do celého objemu vody. Čerstvou větvičku pod UV lampou napříč rozřízneme a na kruhovém průřezu pozorujeme různé rozložení luminiscenční látky.

### Princip

V pupenech, v plodech i v jiných částech jírovce maďalu je přítomen eskulin, který má fluorescenční vlastnosti. Eskulin má silnou antimikrobiální aktivitu a je až 10× účinnější než chinin. Pomáhá snižovat teplotu a zvyšuje prokrvení. Eskulin se používá v mikrobiologii pro stanovení bakteriálních druhů, speciálně pro určení rodu *Enterococcus*. Bakterie rodu *Enterococcus* dokáží totiž eskulin enzymaticky rozkládat, přičemž produkty této reakce při ozáření ultrafialovým světlem již nevykazují fluorescenci. Používá se také do šampónů - zvyšuje prokrvení vlasové pokožky a tím zlepšuje zásobení vlasových kořínek výživnými látkami.

### Využití ve výuce

Tento pokus má za cíl demonstrovat přítomnost luminiscenčních látek v biologickém materiálu, také je efektní demonstrací difuze. Žáky je možno dále podnítit k hledání dalších luminiscenčních látek. Při osvětlení ultrafialovou lampou vykazují luminiscenci některé běžné kapaliny jako například pivo, tonik, moč a samozřejmě roztoky fluorescenčních solí, z těch běžně dostupných uveďme alespoň fluorescein či eosin. Fotoluminiscenci můžeme pozorovat i u některých pevných látek, např. pracího prášku či bílé textilie.<sup>69</sup>

---

<sup>69</sup> KRIST, J., GÉLA, F., FRONČEK, F., KUBALA, M., Luminiscence v běžném životě i v laboratoři. In *Chemické Listy* [online]. Dostupné: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008\\_11\\_1012-1016.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_11_1012-1016.pdf). [cit. 7.3.2011]

## Rudá záře

Do roztoku vzniklého smísením 100 ml 30% roztoku hydroxidu sodného (NaOH) a 50 ml 30% roztoku peroxidu vodíku ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) zavádíme chlor (v digestoři), který lze připravit reakcí 65 ml 30% kyseliny chlorovodíkové (HCl) s 16 g manganistanu draselného ( $\text{KMnO}_4$ ), případně reakcí 81 ml 30% kyseliny chlorovodíkové (HCl) s 22 g oxidu manganatého (MnO) nebo reakcí 94 ml 30% kyseliny chlorovodíkové (HCl) s 25 g dichromanu draselného ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Pozorujeme chemiluminiscenci v oranžovo-červené oblasti spektra.

Pro přípravu chloru se doporučuje použít frakční baňku, do které nasypeme manganistan draselný ( $\text{KMnO}_4$ ) a z dělicí nálevky přikapáváme kyselinu chlorovodíkovou (HCl). Vznikající chlor ( $\text{Cl}_2$ ) zavádíme hadičkou přímo do připraveného roztoku. Chlor by se měl před zaváděním do roztoku čistit zaváděním do vody. Ověřili jsme však, že pokus proběhl i bez čištění chloru a dokonce i efektněji.

Roztok, do kterého zavádíme chlor, bychom měli optimálně chladit po celou dobu pokusu. Zjistili jsme však, že postačí roztok před pokusem dobře vychladit ve vodě z vodovodu. Z bezpečnostních důvodů je vhodné zařadit promývačku k pohlcování nezreagovaného chloru (nezbytně nutné to není pouze v případě, že provádíme pokus v digestoři, v praxi se totiž veškerý chlor pohltí již při zavádění do roztoku).

### Využití ve výuce

Pokus má za cíl demonstrovat chemiluminiscenci v nepříliš složité aparatuře a užitím běžných a snadno dostupných chemikálií, které se dají koupit i v lékárně či drogerii. Další možností je demonstrace laboratorní přípravy chloru, neobvyklá příprava kyslíku a oxidační vlastnosti peroxidu vodíku. Je vhodné využít reakcí, které při pokusu probíhají, k procvičení schopnosti žáků sestavovat a vyčíslovat chemické rovnice.<sup>70</sup>

---

<sup>70</sup> KRIST, J., GÉLA, F., FRONČEK, F., KUBALA, M., Luminiscence v běžném životě i v laboratoři. In *Chemické Listy* [online]. Dostupné: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008\\_11\\_1012-1016.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_11_1012-1016.pdf). [cit. 7.3.2011]

## Model zářivky

V třecí misce rozetřeme kyselinu boritou s fluoresceinem v hmotnostním poměru 100:1. Tuto naoranžovělou směs nasypeme do zkumavky a nad kahanem roztavíme tak, aby vznikající tavenina pokryla pokud možno rovnoměrně celý povrch stěny zkumavky a dno. Po vychladnutí z taveniny vznikne sklovitá hmota. Do zkumavky umístíme ultrafialovou diodu a připojíme ji ke zdroji. Pozorujeme, jak se ultrafialové záření (spolu s přilehlou modrou oblastí spektra) mění na žlutozelené světlo.

### Princip

Nejčastěji se s aplikací fotoluminiscence setkáváme v zářivkách. Funkce zářivek spočívá v katodové luminiscenci par rtuti, která však z velké části září v ultrafialové oblasti. Proto se na vnitřní stranu zářivkové trubice nanáší vrstva luminoforu, která toto ultrafialové záření pohlcuje a poté vyzařuje viditelné světlo.

### Využití ve výuce

Tento pokus může sloužit jako jednoduchá ukázka aplikace fotoluminiscence v běžném životě a nastíní princip funkce zářivek.<sup>71</sup>

---

<sup>71</sup> KRIST, J., GÉLA, F., FRONČEK, F., KUBALA, M., Luminiscence v běžném životě i v laboratoři. In *Chemické Listy* [online]. Dostupné: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008\\_11\\_1012-1016.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_11_1012-1016.pdf). [cit. 7.3.2011]

## 9 PRAKTICKÁ ČÁST

Luminiscenci jsem se rozhodla přiblížit dětem několika výtvarnými činnostmi, kterým předcházela prezentace, důkladné seznámení s pojmem luminiscence a následné diskutování na toto téma.

Byli vybráni žáci třetích tříd, tedy děti ve věku 8-9 let. Ve škole, kde byl projekt uskutečňován, si žáci vybírají ke standardnímu učebnímu plánu obor, na který se při studiu zaměřují. Specializovat se mohou výtvarně nebo hudebně. Výhodou této specializace je v dostatku času na realizaci právě takových inovativních projektů, jako je například dlouhodobější práce na téma luminiscence.

### 9.1 Použité materiály

Základní škola Dukelská v Českých Budějovicích disponuje temnou místností, která je pro realizaci tohoto projektu s výskytem jevu luminiscence absolutně nezbytná. Zde byla nainstalována UV lampa s vypínačem. Místnost je výhodná i vybavením prostornými pracovními stoly.

Pro malbu s fluorescenčním efektem byly zvoleny fluorescentní temperové barvy na bázi vody značky Reeves. Tyto barvy jsou nezávadné a dají se používat i při práci s malými dětmi ve školkách. Pro svítivý efekt ve tmě byla zvolena fosforující barva Hobby acryl. Dále byla použita fluorescentní stanová lanka, která dle popisu měla svítit i za úplné tmy. Tento jev u nich bohužel zaznamenán nebyl, ale svítivost pod UV zářivkou byla velmi znatelná. Jako podklad pod stanová lanka bylo použito černé plátno. Děti měly k dispozici i normální, nefluorescentní barvy značky Remakol aj. Na pokus s akváriem byl použit tonic, který, jak jsme se dozvěděli již v kapitole o zajímavostech luminiscence, obsahuje fluorescentní látku chinin.

### 9.2 Obsahová struktura

Inspirací pro tvorbu byla svítivost použitých materiálů a efektivní využití světelných zdrojů, které nám umožnily získat trojrozměrný obraz viděný pod běžnou zářivkou, UV zářivkou a bez světelného zdroje, tedy za úplné tmy. U těchto praktik je nutné zapojit logické myšlení, a to při rozvrhování viděného a skrytého podle postupu při vrstvení barev s rozdílnými efekty fluorescence, fosforescence a bez speciálních svítivých efektů.

### 9.3 Představení pojmu luminiscence v praxi

Celé práci s barvami, lanky a pokusem s akváriem předcházelo seznámení s pojmem luminiscence. Byl zvolen nástin problému pomocí prezentace, kde se objevily nejzákladnější aspekty pojmu luminiscence, svítivosti. Na úvod byla prezentována dětem velice blízká a motivující problematika bioluminiscence, konkrétně svítivost hmyzu, vodních živočichů, řas, mechů apod. Základem bylo vysvětlení pojmů fluorescentní a fosforescentní s příklady těchto jevů, čímž se děti postupně dopracovaly k potřebnému zdroji ke zviditelnění fluorescentního efektu, a to k ultrafialovému záření, UV zářivce, kterou mohli žáci detailně prozkoumat. Bylo zvoleno nenásilné seznamování s novými jevy a věcmi formou postupného odhalování daných odpovědí. Zařazeny zde byly i zajímavosti, které se týkají ochranného značení bankovek, viditelného právě jen pod ultrafialovým zářením. Dále byly děti seznámeny s látkou chinin, kterou obsahuje nápoj tonik, s fosforeskujícími nálepkami, modelínou atd. Celá prezentace byla zaměřena na mezipředmětové vztahy, na fyzikální a chemické principy, o kterých detailně pojednává teoretická část této práce.



## 10 REALIZACE LUMINISCENCE V PRAXI

### I. Tisk a malba za denního světla

Pro malbu za denního světla bylo zvoleno téma Ohňostroj, které dostatečně podněcovalo představivost dětí. Jeho neohraničenost skýtá nepřeborné možnosti využití dětské fantazie. O tomto tématu se děti detailně rozhovořily formou diskuze, kdy byly kladeny věcné otázky typu: kdy můžeme vidět ohňostroj, co vlastně je ohňostroj, jak vzniká, co ho zapříčiňuje, co je k jeho realizaci zapotřebí, rizika s ním spojená, doprovodné jevy, spektrum barev. Diskuzí vznikaly stále nové a nové otázky, které měly dětem ohňostroj co nejvíce přiblížit a rozvinout jejich fantazii. Motivací bylo upozornění, že vzniklé výtvary budou také svítit pod UV světlem, ale i za tmy.

Cílem bylo rozvrhnout vrstvení barev s předpokladem jejich svítivosti a nesvítivosti za daných a očekávaných podmínek. Tato skutečnost byla často slovně opakována, aby se žáci na tento problém zaměřili a řešili ho. Byla vyzdvihnuta svítivost fluorescentních barev, které měli připravené před sebou na stole. (obr. 19. s. 69)

Žáci byli motivováni budoucím efektem pod UV zářivkou, svítivostí a nesvítivostí nanesených barev.

Projekt probíhal ve sklepení, kde má základní škola temnou místnost o kapacitě cca 25 lidí. Lavice byly uspořádány vždy dvě proti sobě, žáci byli rozděleni na dvě větší skupiny. (obr. 20. s. 69) Malbě a tisku předcházela příprava všech potřebných pomůcek, děti se převlékly do ochranných oděvů.

Byla zvolena technika tisku pomocí víček od přesnídávkových skleniček, které děti pomocí štětce natíraly fluorescentní barvou a pak obtiskly na bílou čtvrtku formátu A4. (obr. 21, 22. s. 70)

Po uplynutí nějaké doby byla ujasněna volba barev. Děti mohly začít používat i nefluorescentní barvy, opět byly upozorněny na nutnost rozložení vrstev barev. Také byl objasněn fakt, že čtvrtky obsahují vrstvu fosforové barvy, která na ně byla předem nanesena a tak žáky čekalo další překvapení. Díky prezentaci o luminiscenci nebylo těžké přijít na to, že fosforující barva bude svítit za absolutní tmy.

Po dokončení tisku byl zahájen úklid pracovního prostoru a v okolí lavic, protože budoucí pokračování projektu probíhalo jen pod osvětlením ultrafialového záření. Bylo nutné mít v okolí pracovního místa pořádek a pomůcky připravené blízko po ruce,

abychom se v šeru mohli dobře orientovat. Po splnění těchto kroků mohly být zhasnuté běžné zářivky a zvolený žák zapnul UV zářivku. Naskytl se pohled na fluorescenční efekt, který barvy vyvolaly. (obr. 23, 24. s. 71) Po prohlédnutí výsledných obrazů bylo zhasnuto i UV světlo. Tento jev se podařilo dostatečně fotograficky zachytit, okem byl světelný projev luminiscence ještě intenzivnější, svítivost fosforového podkladu byla po nasvícení UV světlem velmi zřetelná. (obr. 25, 26. s. 72)

Na obrázku č. 27. s. 73 je ukázka výtvorů pod ultrafialovým světlem a za absolutní tmy.

Na obrázcích č. 28 a 29 s. 74 je zachycena práce dětí za běžného světla a pod UV zářivkou.

Hodnocení výtvorů probíhalo společně na základě postupného komentování obrázků dětmi, kdy každý mohl říci svůj názor na daný obraz.

Největší přínos této práce s tiskem vidím v zapojení logického uvažování při nanášení jednotlivých vrstev barev. U celého průběhu tvorby je důležité rozvrhnout postupné kroky tisku a nanášení barev dle vlastností jejich svítivosti nebo nesvítivosti. Spojením všech těchto efektů jsme měli možnost vidět obrazy ve třech světelných dimenzích. Menší problém nastal s nadšením dětí z fluorescentních barev, kdy neodolaly zvědavosti a touze tyto barvy nanášet na svá těla.

## **II. Malba štětcem za ultrafialového osvětlení**

Pro další část projektu byla zvolena malba štětcem na bílé čtvrtky rozměru A3 za použití ultrafialového osvětlení. Jednalo se tedy pouze o práci v osvětlení UV zářivky. Jako téma byl zvolen Vesmír, které stejně jako v předchozím případě umožnilo dostatečně rozvinout dětskou představivost. Následovala hromadná diskuze, co si pod tímto tématem představujeme, co o vesmíru víme. Nezbytná byla dobrá organizace práce za šera, pomůcky musely být při ruce a připravené na určitých místech. Avšak světelnost po navyknutí očí byla dostatečná. (obr. 30, 31. s. 75)

Mohu říci, že děti tato práce opravdu velice bavila, nastal ten samý problém jako při předešlé části projektu, tedy to, že děti projevovaly enormní zájem malovat opět fluorescentními barvami na svá těla.

Výsledkem této práce bylo velké nadšení dětí ze svítivosti barev, jejich možnost namíchávání, vrstvení a v neposlední řadě opět logického rozložení malby na fluorescenční a nefluorescenční části.

Poslední úsek tohoto úkolu bylo rozlití fosforu na palety, zopakování jeho svítivého efektu za úplné tmy a následné zakomponování do prací. Největším efektem u tohoto úkolu bylo nadšení dětí, které se nemohly dočkat, až zhasne ultrafialová zářivka, aby zjistily, co nám na daných obrazech vznikne za útvary. Bohužel zaznamenání těchto efektů fotografickou cestou se nezdařilo, jelikož citlivost fotoaparátu nebyla dostatečně velká vzhledem k intenzitě jasu, kterou obrazy produkovaly.

### **III. Kresba na tmavý podklad fluorescentními lanky**

Jako třetí techniku luminiscence ve výtvarné výchově pro praktický projekt byla zvolena kresba pomocí stanových lanek, které by měly mít dle popisu fluorescentní, ale i fosforeskující vlastnosti. Jako podklad bylo použito černé plátno, které bylo rozloženo po pracovních deskách stolů. Žáci pracovali ve stoje, což jim umožňovalo větší rozsah k uskutečnění svého díla. Tematicky jsme se zaměřili na obličejové kontury. Prvním naším úkolem bylo vytvořit profil obličeje dle individuální představivosti. Společně jsme popsali a objasnili, co vlastně pojem profil znamená a co by měl obraz obsahovat- krk, bradu, ústa, nos, oči, čelo, vlasy...

První část byla prováděna za běžného osvětlení, kdy si děti zkoušely více typů profilů, jak mužský, tak ženský, s vlasy, bez vlasů aj. (obr. 32. s. 76)

Druhá část kresby lanky byla prováděna za ultrafialového záření. Efekt fluorescence byl dobře viditelný. (obr. 33. s. 76)

Po náhodném roztočení fluorescentních stanových lanek pod ultrafialovým zářením se podařilo zachytit zajímavé efekty luminiscence, které byly stejně viditelné pouhým okem. (obr. 34,35. s. 77)

Témata byla průběžně měněna, aby si žáci tuto techniku více osvojili.

Bohužel po vyzkoušení efektu fosforescence za úplné tmy bylo nutné konstatovat, že luminiscentní vlastnost, fosforescenci, u stanových lanek musíme vyloučit. Pro budoucí tvoření pomocí fluorescentních lanek by bylo vhodné nanést vrstvu fosforové barvy, aby bylo možné pracovat ve všech třech světelných dimenzích.

## **IV. Pokus s akváriem A**

Jelikož bylo v úvodní prezentaci hovořeno o látce chinin v nápoji toniku a tento svítivý produkt je na trhu dobře dostupný, byl zakomponován do předposlední části projektu.

K provedení pokusu bylo potřeba akvárium, 8 litrů toniku, voda, fosfor, fluorescentní barvy, UV zářivka, černé plátno. Akvárium o objemu zhruba 10 litrů bylo naplněno tonikem cca 10 cm od okraje, aby zůstal prostor pro dolívání barev. Pokus probíhal pouze za osvětlení ultrafialové zářivky. Akvárium bylo nainstalované pod UV zářivkou na okraji stolu. Žáci stáli proti akváriu, odkud byla viditelnost pokusu nejlepší. (obr. 36. s. 78) Byl zvolen první žák na lití fosforu do akvária. Fosfor se plynule promíchal s vodou a utvářel zajímavé obrazce. Děti měly možnost tyto obrazce pojmenovávat. (obr. 37. s. 78)

Po zhasnutí UV zářivky se nám naskytl pohled na velmi slabou svítivost fosforu. Problém byl shledán v nedostatečném nabití fosforescentní barvy světelnou energií, zároveň také mohlo jít o barvu, která obsahuje nižší koncentraci látek absorbujících a akumulujících světelnou energii.

Po opětovém rozsvícení ultrafialového světla byly dětem rozdány tuby s fluorescentními barvami, které rozlévaly plynule do akvária. (obr. 38,39. s. 79)

## **V. Pokus s akváriem B**

Pro lepší viditelnost fluorescentní svítivosti barev značky Reeves, byl pokus zopakován po naplnění akvária pouze čistou vodou. Opět práce probíhala při osvětlení UV zářivky. Velkou výhodou bylo, že se mohli vystřídat všichni žáci a každý měl možnost do akvária nalít určitou část barvy. Použito bylo šest fluorescentních barev: žlutá, oranžová, růžová, červená, modrá a zelená. (obr. 40-43. s. 80-81) Završením projektu byla malba štětcem na dno akvária. (obr. 44. s. 82)

Na úplný závěr, po promíchání akvária (obr. 45,46. s. 82,83) bylo vytvořeno fluorescentní akvárium s imaginárními rostlinami a rybičkami, které představovaly fluorescentní i nefluorescentní barevné stuhy. (obr. 47,48. s. 83,84)

Po vylití akvária vznikly díky zbylému nánosů fluorescentních barev velice zajímavé obrazce. (obr. 49. s. 84) Společná fotografie dětí za běžného a ultrafialového osvětlení je zachycena na obr. 50,51 s. 85.

# 11 ZÁVĚR

Luminiscence je pro výuku na základních školách jevem, který není až tak znám a ve vyučování není příliš používán. Proto jsem se snažila luminiscenci objasnit po stránce fyzikální a chemické, aby na základě pochopení tohoto jevu mohly vznikat další a další nápady spojující výuku s jevem luminiscence. Pro zavedení luminiscence do výuky jsou v této práci vypsány pomůcky, které mají specifické světelné a budící vlastnosti pro využití ve výtvarné výchově, fyzice, chemii ad. Tyto pomůcky a materiály jsou přiblíženy teoreticky a některé následně odzkoušeny a popsány i v praktické části, kde jsou vytyčeny i některé problémy doprovázející svítivost. K širšímu představení pojmu luminiscence jsem se rozhodla uvést výčet částí děl umělců, kteří s tímto jevem pracují a poukázat na některé zajímavosti spojené s luminiscencí, vyskytujících se v reálném životě.

Tato práce přináší také řadu chemických pokusů, které by se daly aplikovat ve výuce chemie nebo fyziky a dětem by tak byly přiblíženy některé zákonitosti jevů netradiční formou výuky s efektem svítivosti.

V praktické části jsem se věnovala aplikaci luminiscence do výuky výtvarné výchovy. Musím říci, že práce na toto téma byla pro děti i pro mě nesmírně obohacující a zajímavá. Už samostatný fakt, že budeme tvořit díla, která za určitých situací svítí, je velice motivující. Nevýhodu bych viděla v neznalosti této formy výuky v praxi. Na tomto základě klesala hodnota výsledku práce, kdy byly děti absolutně fascinovány svítivostí a zaměřovaly se spíše na kvantitu použití např. fluorescentních barev, při čemž neodolaly možnosti pomalovat svá těla těmito barvami.

Pro práci s fosforem v jakékoliv podobě bylo důležité zjištění, že je nezbytné fosfor před prací předem nabít světelným zářením pro větší efekt svítivosti za tmy. Nejlépe se osvědčilo jeho nabití UV zářivkou těsně před jeho použitím.

Pro práci s fluorescentními barvami je nutné vlastnit zdroj ultrafialového záření. Pro realizaci tohoto projektu byla k dispozici jedna zářivka ultrafialového záření, což bylo dostačující, ale použitím více zdrojů by se celkový efekt luminiscence prohloubil. Otázkou zůstává, zda je vyšší pořizovací cena těchto zdrojů pro školu reálná.

Dalším nutným faktorem pro realizaci svítivosti ve výuce je vhodná místnost. Tato učebna by měla mít nejlépe vlastnosti temné komory, ve které by bylo možné navodit absolutní tmu, za které jsou všechny projevy luminiscence nejvíce viditelné.

Projekt byl v průběhu jednoho roku realizován u všech věkových kategorií žáků na ZŠ. Mnou vedené hodiny se týkaly žáků prvního stupně, konkrétně třetích tříd. Na základě kladných ohlasů žáků se o tomto projektu dozvěděli učitelé ostatních tříd a po návštěvě mnou vedených hodin se nechali inspirovat touto technikou a aplikovali ji do svých hodin výtvarné výchovy na prvním i druhém stupni. Završením projektu byla výstava v Alšově jihočeské galerii v Hluboké nad Vltavou, kde se tato díla s technikou luminiscence objevila.

Na úplný závěr bych chtěla doporučit zařazení luminiscence do výuky na základních školách nebo do uměleckých a jiných zájmových kroužků, protože díky svítivosti lze velice dobře děti motivovat, rozvíjet jejich logické myšlení na základě nutného rozvrhování díla při malbě barvami s různými vlastnosti fluorescence a fosforescence a rozvíjet jejich představivost, prostorové vnímání. A hlavně pracovat na toto téma děti nesmírně baví a motivuje.

## 12 LITERATURA:

1. ČECHÁK, T. *Použití rentgenofluorescenční analýzy při výzkumu památek*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 29 s. ISBN 80-01-03086-5
2. CIKÁNOVÁ, K. *Kreslete si s námi*. Praha: nakladatelství Aventinum v Praze, 1992. 125 s. ISBN 80-85277-79-4
3. DVOŘÁK, L., KUPKA Z. *Fyzikální podstata a využití luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1980. 214 s.
4. GARLICK, G.J.F. *Luminiscent materilas*. Great Britain: Oxford University Press, 1949. 254 s.
5. HOSMAN, Z. *Didaktický skicář*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. 94 s. ISBN 978-80-7394-001-0
6. CHALUPECKÝ, J. *Umění dnes*. Praha: Nakladatelství československých výtvarných umělců, 1966. 263 s.
7. JELÍNEK, O. *Experimentální metody biofyziky III. Luminiscence*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1983. 92 s.
8. JENKŮ, V. *Základy kvantové teorie I*. Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1989. 191 s.
9. KOLEKTIV AUTORŮ. *1000 geniálních soch*. Praha: Mladá fronta, 2009. 543 s.
10. KUBIČKA, R. *Výkladový slovník: malířství, grafika, restaurování*. Praha: Grada Publishing, 2004. 341 s. ISBN 80-247-9046-7
11. OBADÁLEK, J. *Elektrické zdroje viditelného IČ. a UV. záření*. Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1973. 330 s.
12. PANTOFLÍČEK, J., VACEK, K. *Luminiscence I*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1967. 182 s.
13. PANTOFLÍČEK, J., VACEK, K. *Luminiscence II*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1972. 136 s.

## ELEKTRONICKÉ ZDROJE:

1. DE ROOS, A. Fluorescence Microscopy. In *Albert de Roos* [online]. Dostupné: <http://albertderoos.nl/?p=61>. [cit. 15.3.2011]
2. KRIST, J., GÉLA, F., FRONČEK, F., KUBALA, M., Luminiscence v běžném životě i v laboratoři. In *Chemické Listy* [online]. Dostupné: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008\\_11\\_1012-1016.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_11_1012-1016.pdf). [cit. 7.3.2011]
3. RONDA, C., SRIVASTAVA, A. Luminescence Science and Display Material. In *Electrochemical Society* [online]. Dostupný: [http://www.electrochem.org/dl/interface/spr/spr06/spr06\\_p55-57.pdf](http://www.electrochem.org/dl/interface/spr/spr06/spr06_p55-57.pdf). [cit. 1.3.2011]
4. Správa webových stránek. Happening. In *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. Dostupné: <http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Happening&oldid=6808237>. [cit. 28.3.2011]
5. Správa webových stránek. Bohrův model atomu. In *Katedra fyziky Přf Ostravské univerzity* [online]. Dostupné: [http://artemis.osu.cz/mmfiz/am/am\\_1\\_5.htm](http://artemis.osu.cz/mmfiz/am/am_1_5.htm). [cit. 26.2.2011]
6. Správa webových stránek. Fluorescence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescence>. [cit. 12.2.2011]
7. Správa webových stránek. Phosphorescence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphorescence>. [cit. 12.2.2011]
8. Správa webových stránek. Crystalloluminescence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Crystalloluminescence>. [cit. 12.2.2011]
9. Správa webových stránek. Light-emitting diode. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting\\_diode](http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode). [cit. 12.2.2011]
10. Správa webových stránek. Luminiscence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence>. [cit. 13.2.2011]
11. Správa webových stránek. Fluorescent lamp. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent\\_lamp#emission\\_mix](http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescent_lamp#emission_mix). [cit. 9.4.2011]



12. Správa webových stránek. Ultraviolet. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>. [cit 9.4.2011]
13. Správa webových stránek. Chemiluminescence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chemiluminescence>. [cit 10.3.2011]
14. Správa webových stránek. Military. In *Cyalume* [online]. Dostupné: <http://www.cyalume.com/military.php>. [cit 11.3.2011]
15. Správa webových stránek. Parts-per Notation. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Parts-per\\_notation](http://en.wikipedia.org/wiki/Parts-per_notation). [cit 12.3.2011]
16. Správa webových stránek. Stoplight Loosejaw. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/Loose-jawed\\_fish](http://en.wikipedia.org/wiki/Loose-jawed_fish). [cit. 16.3.2011]
17. Správa webových stránek. Tomopteris. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Tomopteris>. [cit. 16.3.2011]
18. Správa webových stránek. Bioluminescence. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://en.wikipedia.org/wiki/Bioluminescence>. [cit. 16.3.2011]
19. Správa webových stránek. Domain. In *Arik Levy* [online]. Dostupné: <http://www.arikleavy.fr/domain>. [cit. 5.3.2011]
20. Správa webových stránek. Fred Tomaselli. In *White Cube* [online]. Dostupné: <http://www.whitecube.com/artists/tomaselli/>. [cit. 6.3.2011]
21. Správa webových stránek. About. In *Melissa Staiger* [online]. Dostupné: <http://melissastaiger.com/about-2/>. [cit. 6.3.2011]
22. Správa webových stránek. James Rosenquist. In *Wikipedia*. [online]. Dostupné: [http://en.wikipedia.org/wiki/James\\_Rosenquist](http://en.wikipedia.org/wiki/James_Rosenquist). [cit. 7.3.2011]
23. Správa webových stránek. Home. In *Susan Ross Studio* [online]. Dostupné: <http://susanrossstudio.com/home.html>. [cit. 6.3.2011]
24. Správa webových stránek. Historie. In *Jiří Srnec/Black Light Theatre of Prague* [online]. Dostupné: <http://srnectheatre.com/cz/historie.html>. [cit. 6.3.2011]
25. Správa webových stránek. Chinin. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Chinin>. [cit. 13.3.2011]

26. Správa webových stránek. Jihlavské podzemí. In *Turistik* [online]. Dostupné: <http://www.turistik.cz/cz/kraje/vysocina/okres-jihlava/jihlava/jihlavske-podzemi/>. [cit. 15.3.2011]
27. Správa webových stránek. Jihlavské katakomby. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Jihlavsk%C3%A9\\_katakomy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jihlavsk%C3%A9_katakomy). [cit. 15.3.2011]
28. Správa webových stránek. Polární záře. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD\\_z%C3%A1%C5%99e](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD_z%C3%A1%C5%99e). [cit. 15.3.2011]
29. Správa webových stránek. Australia's mystical bio-luminiscent lake. In *NiceArtLife* [online]. Dostupné: <http://niceartlife.com/?p=3043>. [cit. 15.3.2011]
30. Správa webových stránek. UV efekt - latexová barva. In *Bodypainting* [online]. Dostupné: <http://www.bodypaiting.cz/?p=productsMore&iProduct=663&sName=UV-efekt--latexova-barva-1000-ml>. [cit. 15.3.2011]
31. Správa webových stránek. Poi. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Poi>. [cit. 21.3.2011]

## **13 PŘÍLOHY**

<b>I Luminiscence v biologii a chemii .....</b>	<b>60</b>
<b>II Ukázky ze soudobého výtvarného umění .....</b>	<b>62</b>
<b>III Zajímavosti v luminiscenci .....</b>	<b>66</b>
<b>V Fotodokumentace z projektu na ZŠ.....</b>	<b>69</b>

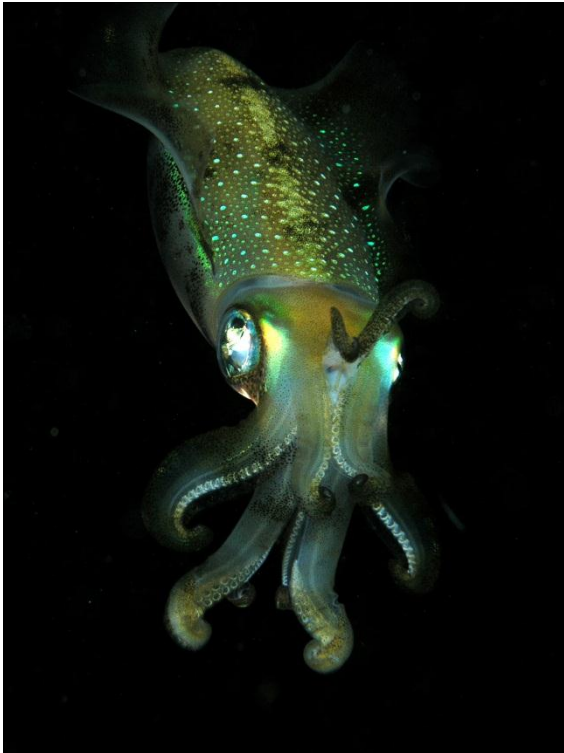
# I Luminiscence v biologii a chemii



obr. 1- UV zářivka



obr. 2- Chemiluminiscence



obr. 3- Svítící chobotnice

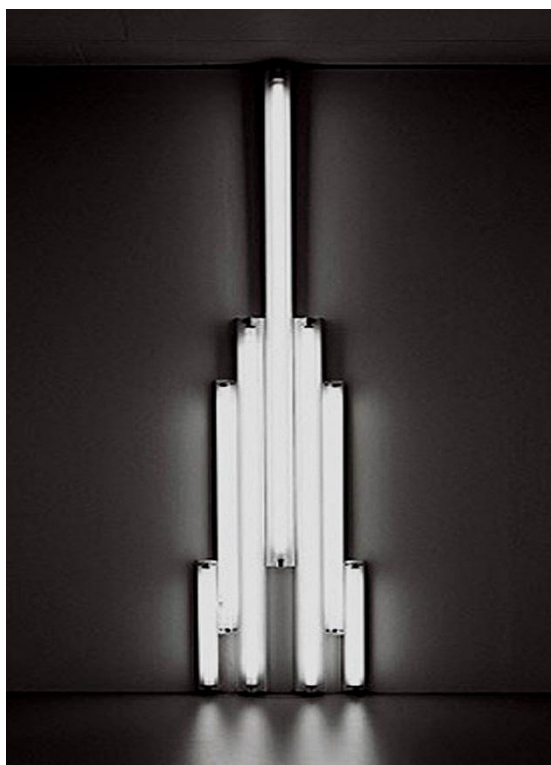


obr. 4- Světluška

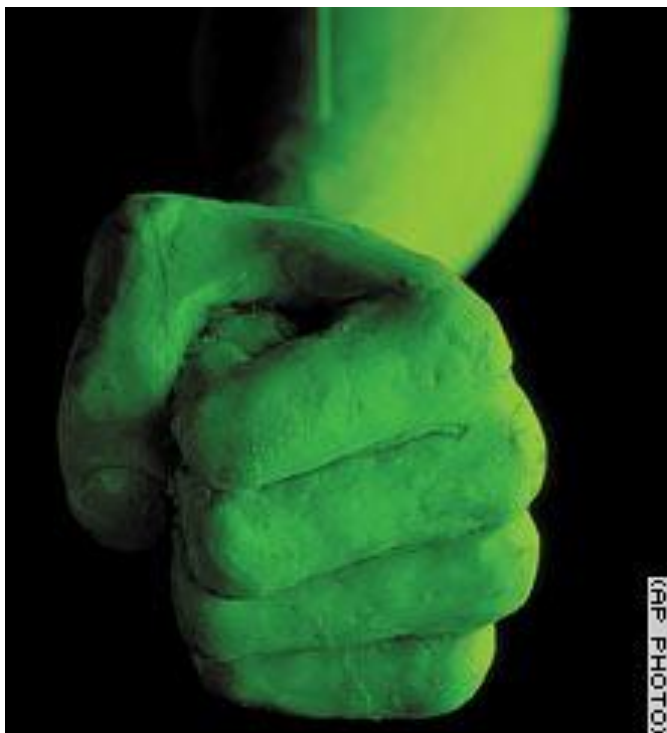
## II Ukázky ze soudobého výtvarného umění



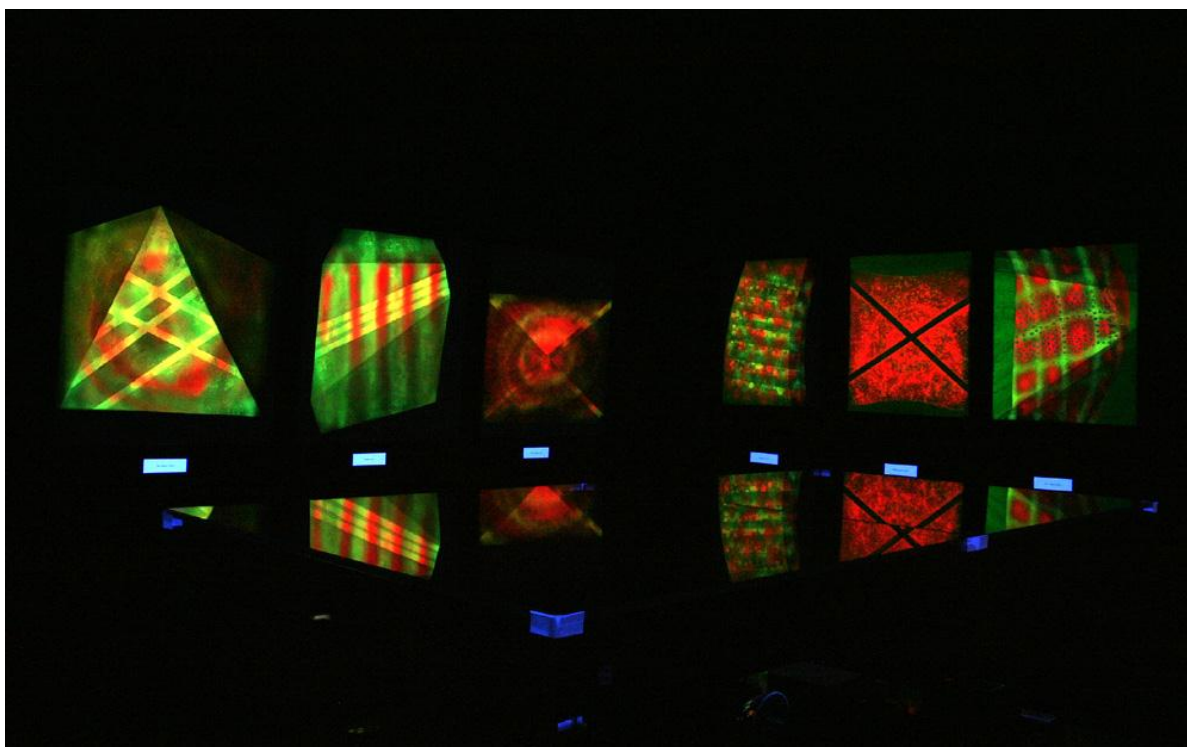
obr. 5- Arik Levy- Santa Monica Museum of Arts



obr. 6- Dan Flavin – Monument for V. Tatlin

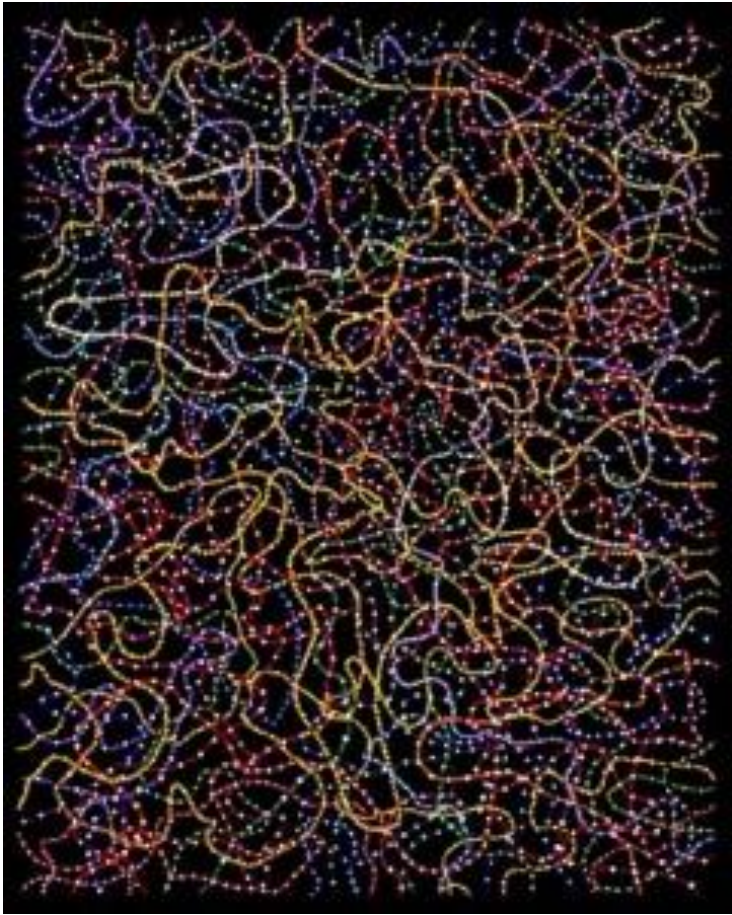


obr. 7- Gilberto Zorio – Fist



obr. 8- Tvorba Milana Ďuriše



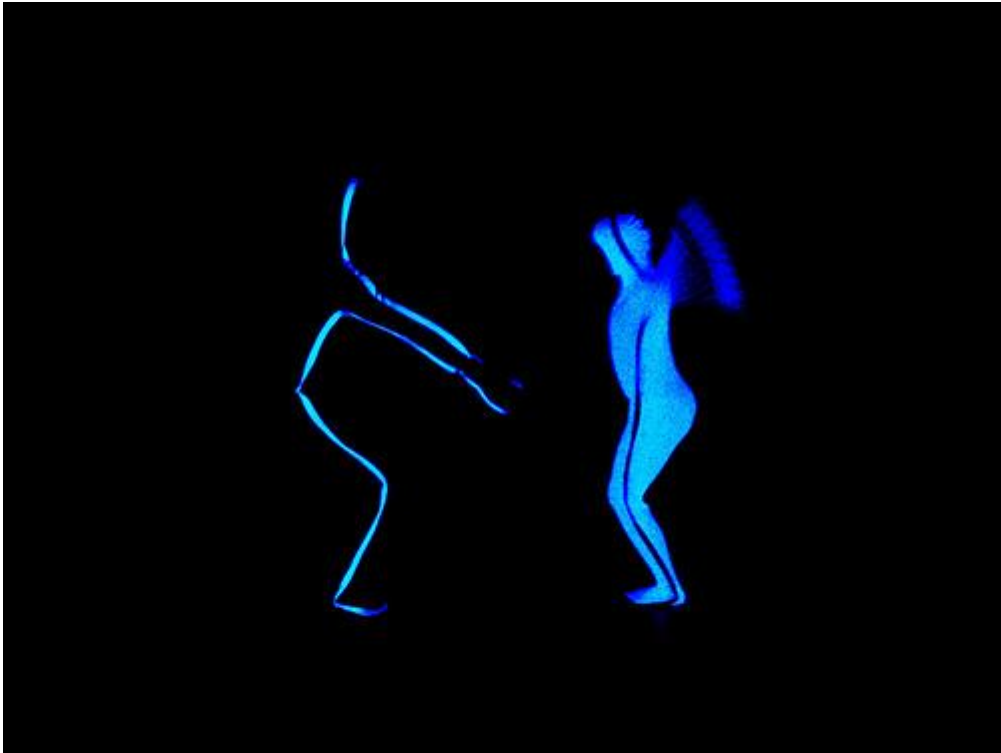


obr. 9- Fred Tomaselli



obr. 10- James Rosenquist





obr. 11- Black theatre 1



obr. 12- Black theatre 2

### III Zajímavosti v luminiscenci



obr. 13- Tonik pod UV – chinin



obr. 14- Jihlavské podzemí



obr. 15- Polární záře



obr. 16- Jezero Gippsland





obr. 17- Bodypainting



obr. 18- Geneticky upravené myši

## V Fotodokumentace z projektu na ZŠ



obr. 19- Připravené fluorescentní barvy



obr. 20- Rozložení pracovních míst

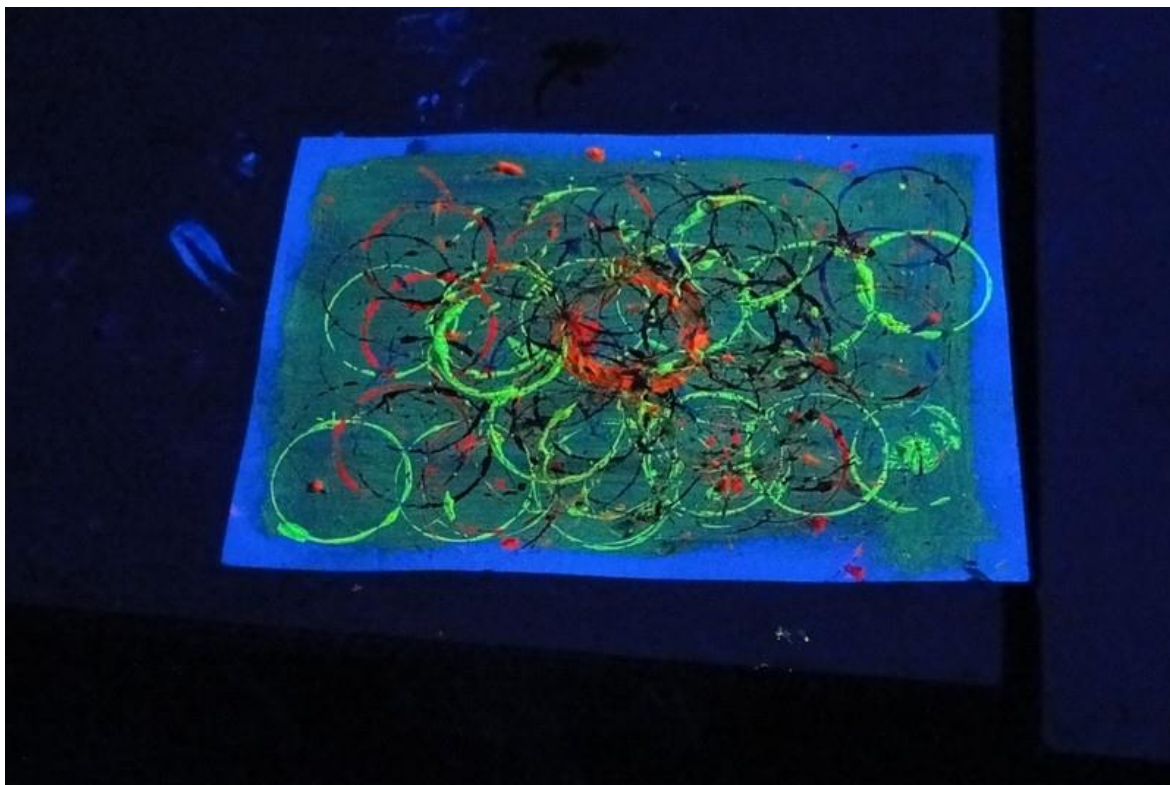




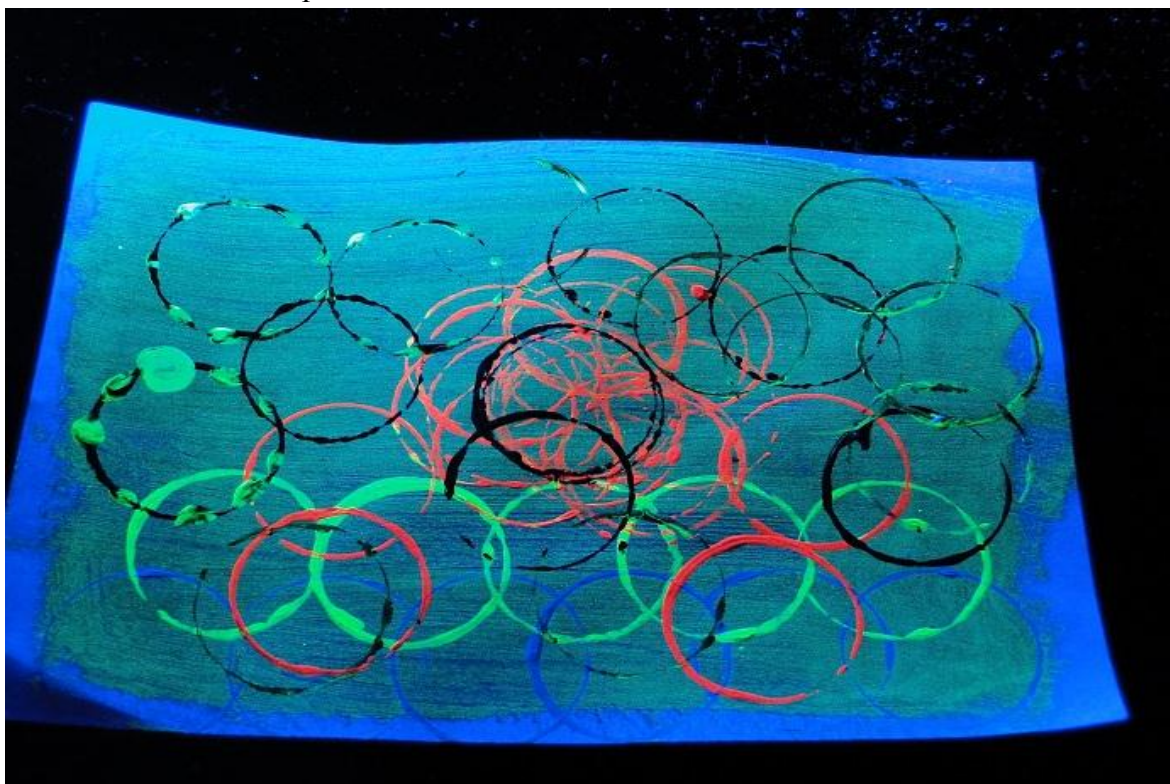
obr. 21- Nátěr barvy



obr. 22- Tisk

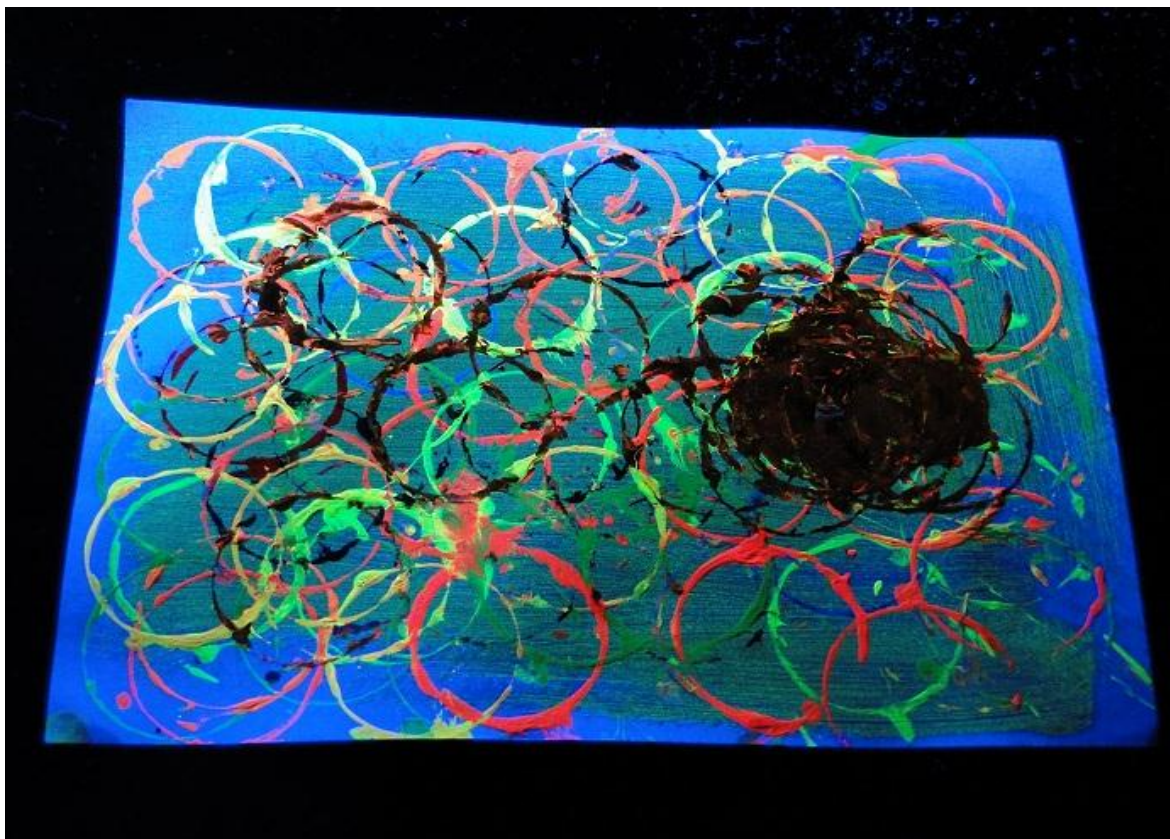


obr. 23- Fluorescence- práce 1

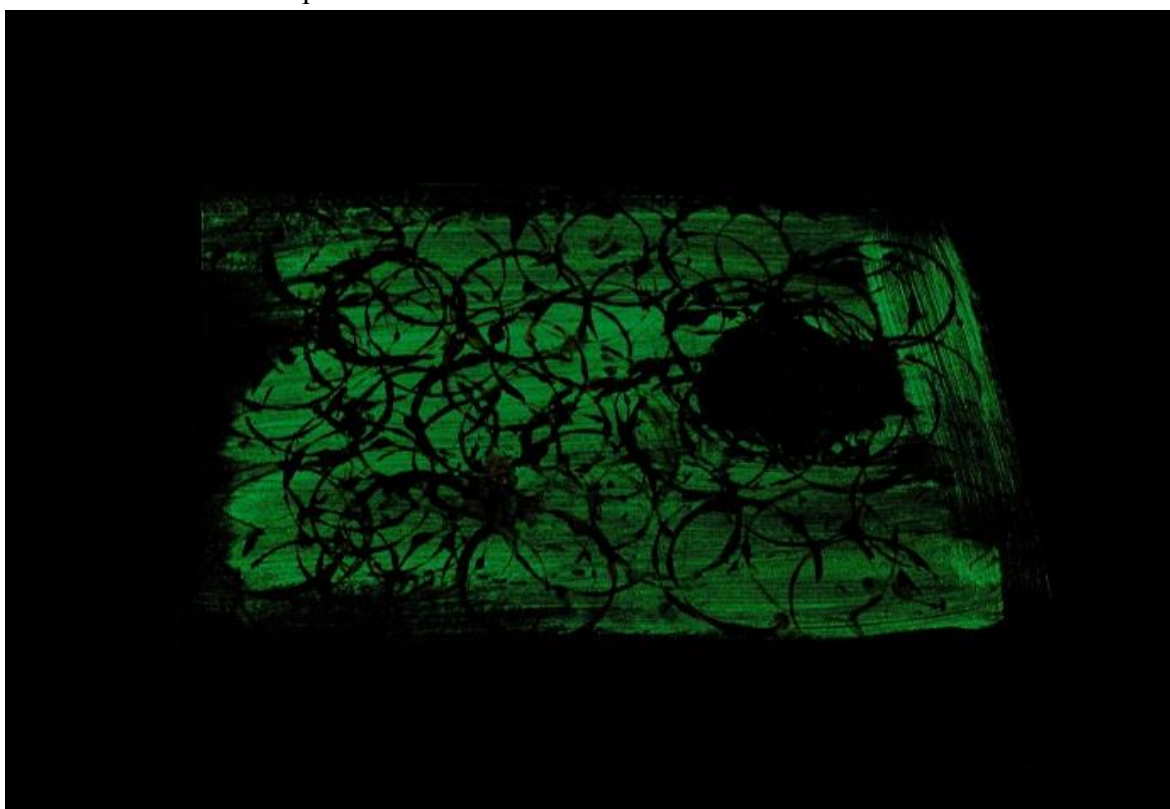


obr. 24- Fluorescence- práce 2



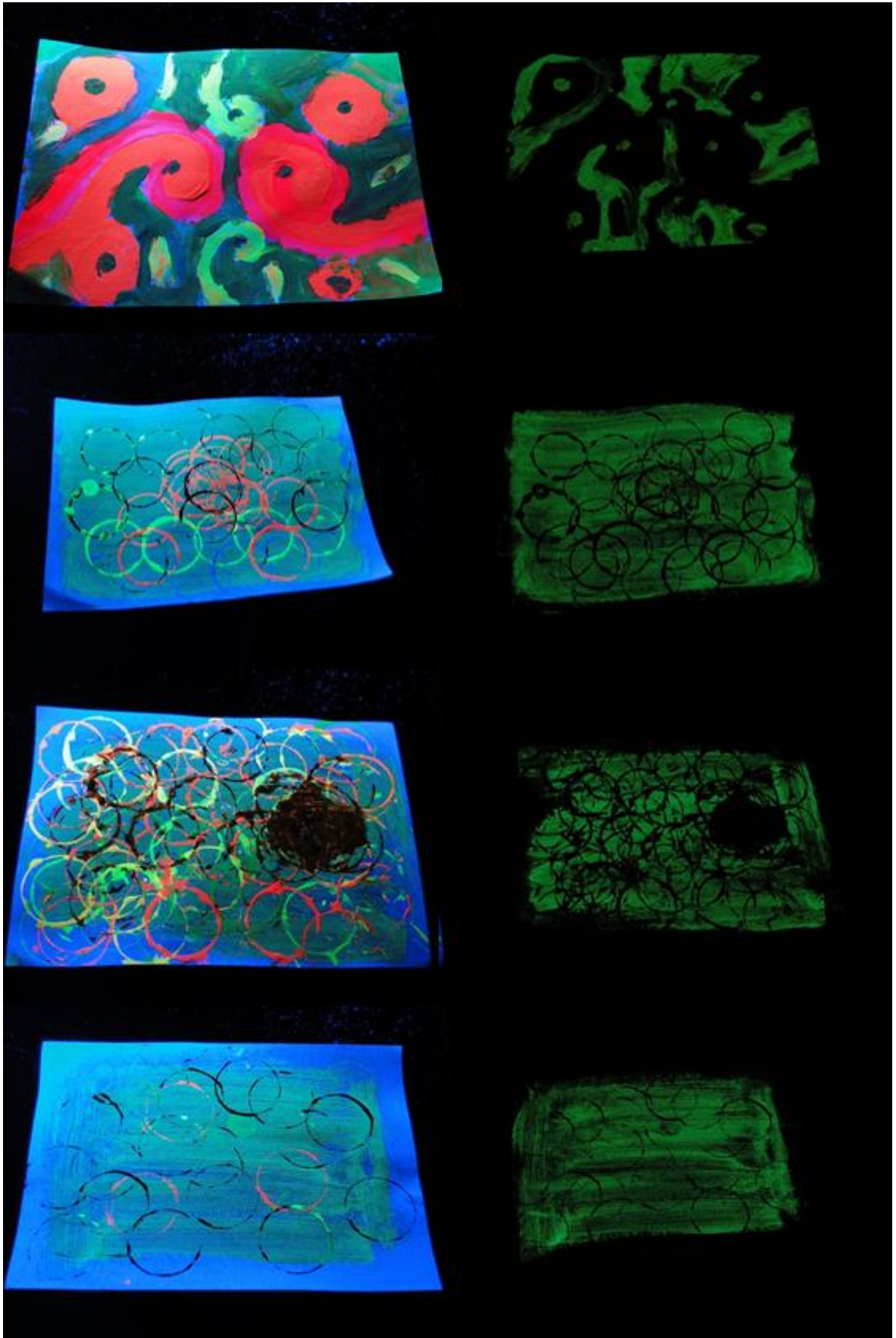


obr. 25- Fluorescence- práce 3



obr. 26- Svítivost fosforu za úplné tmy





obr. 27- Fluorescence- fosforescence



obr. 28- Tisk za běžného světla



obr. 29- Tisk za ultrafialového osvětlení





obr. 30- Malba za osvětlení ultrafialového záření 1



obr. 31- Malba za ultrafialového záření 2



obr. 32- Kresba pomocí stanových lanek za běžného osvětlení



obr. 33- Kresba stanovými lanky za UV osvětlení





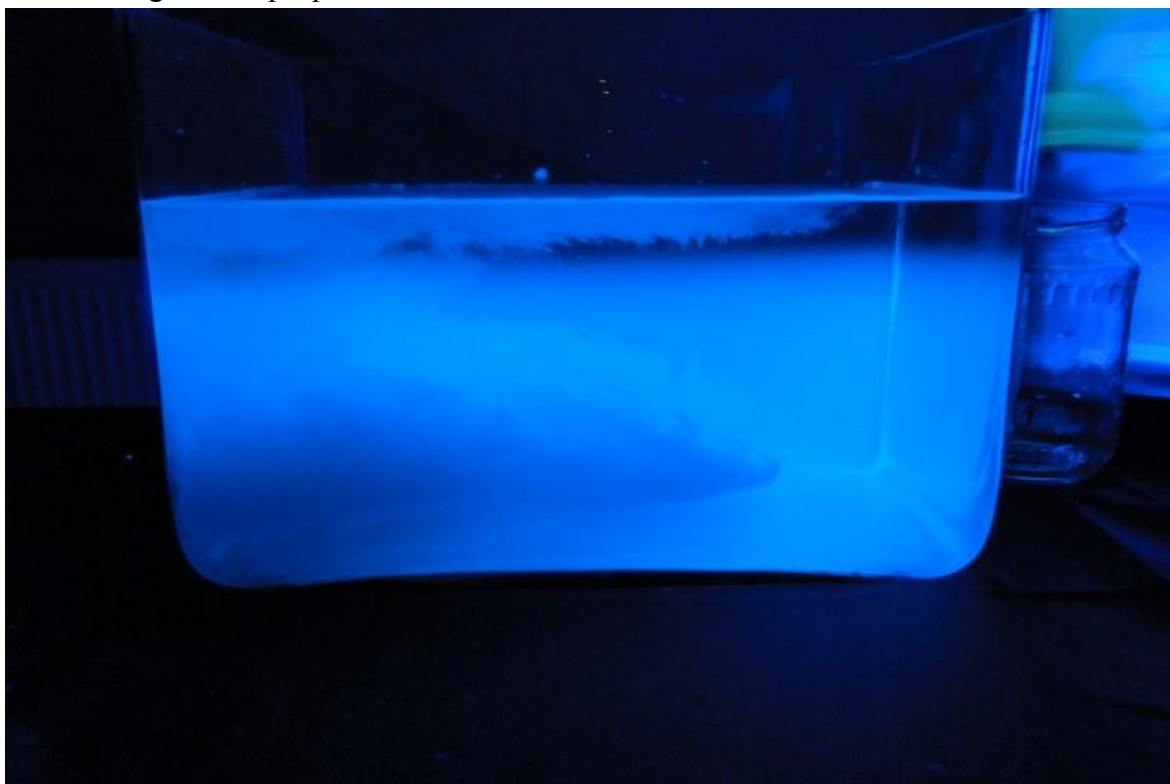
obr. 34- Pohyb stanových lanek s fluorescentním efektem luminiscence 1



obr. 35- Pohyb stanových lanek s fluorescentním efektem luminiscence 2



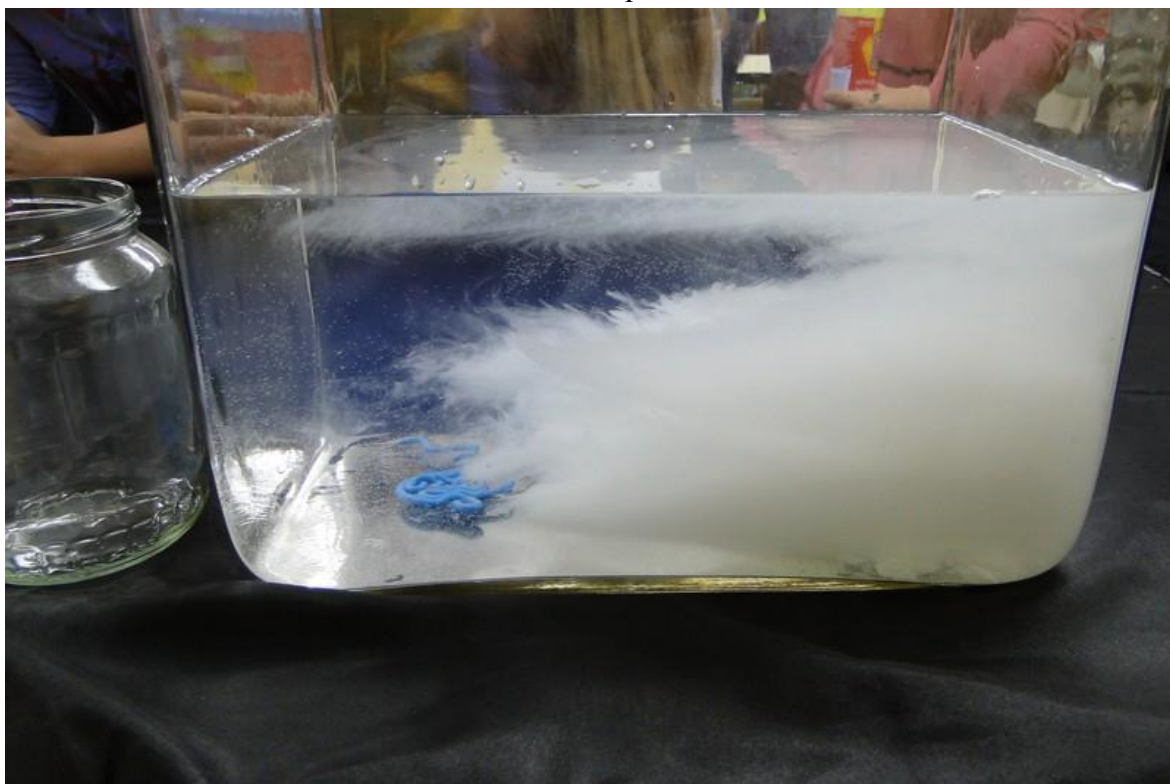
obr. 36- Organizace při pokusu s akváriem



obr. 37- Efekt lití fosforu do toniku



obr. 38- Lití fluorescentních barev do akvária naplněného tonikem



obr. 39- Akvárium naplněné tonikem, nalitý fosfor, fluorescentní barva- za běžného osvětlení



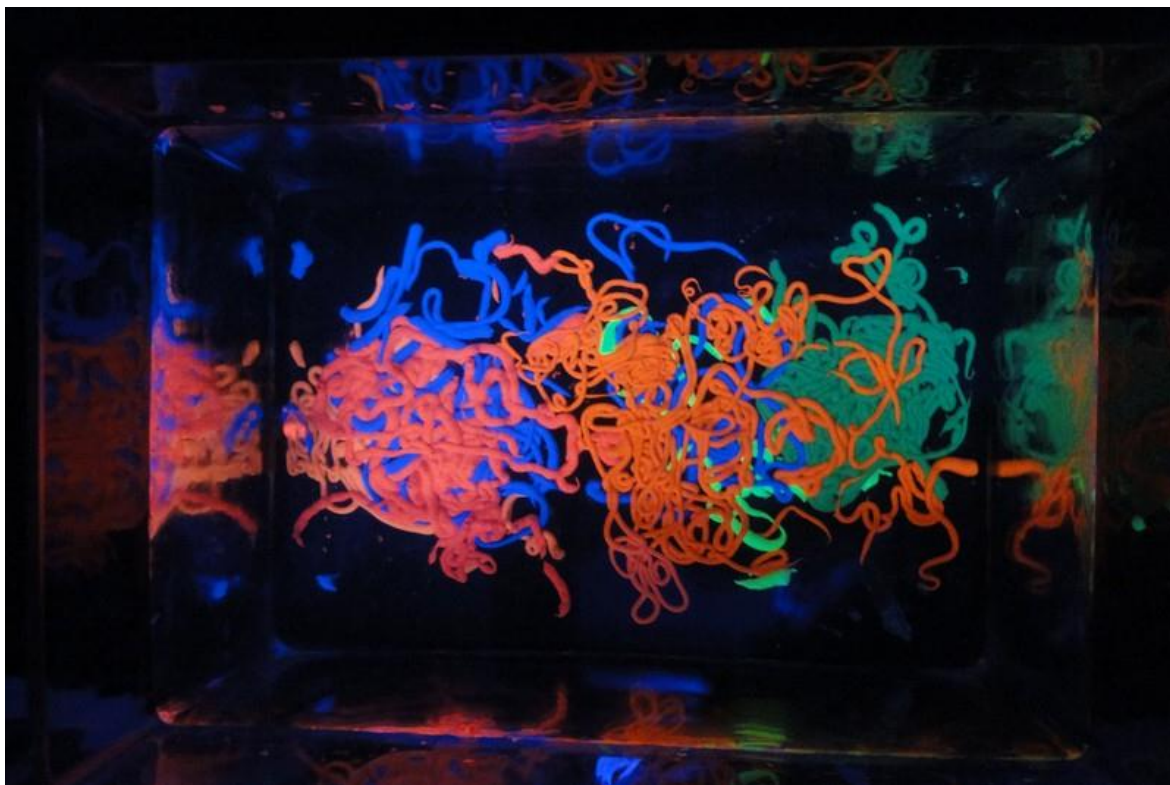


obr. 40- Lití fluorescentní barvy do akvária naplněného čistou vodou 1



obr. 41- Lití fluorescentní barvy do akvária naplněného čistou vodou 2

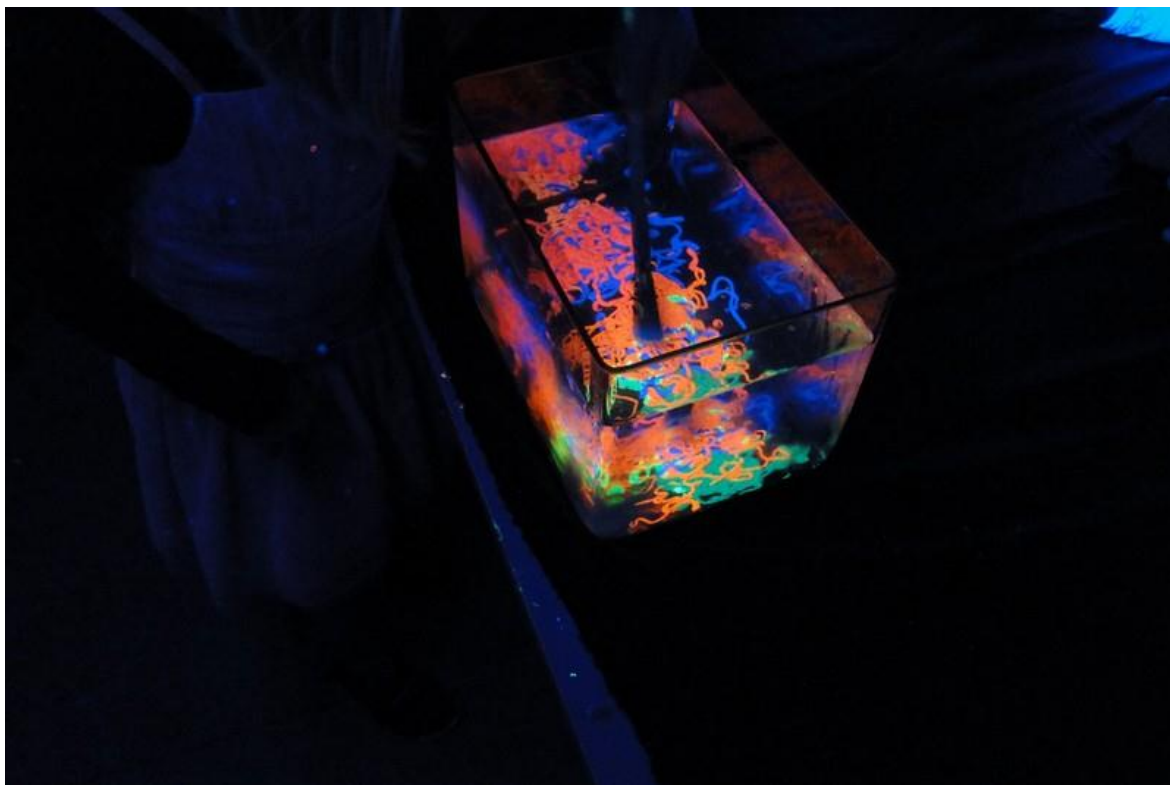




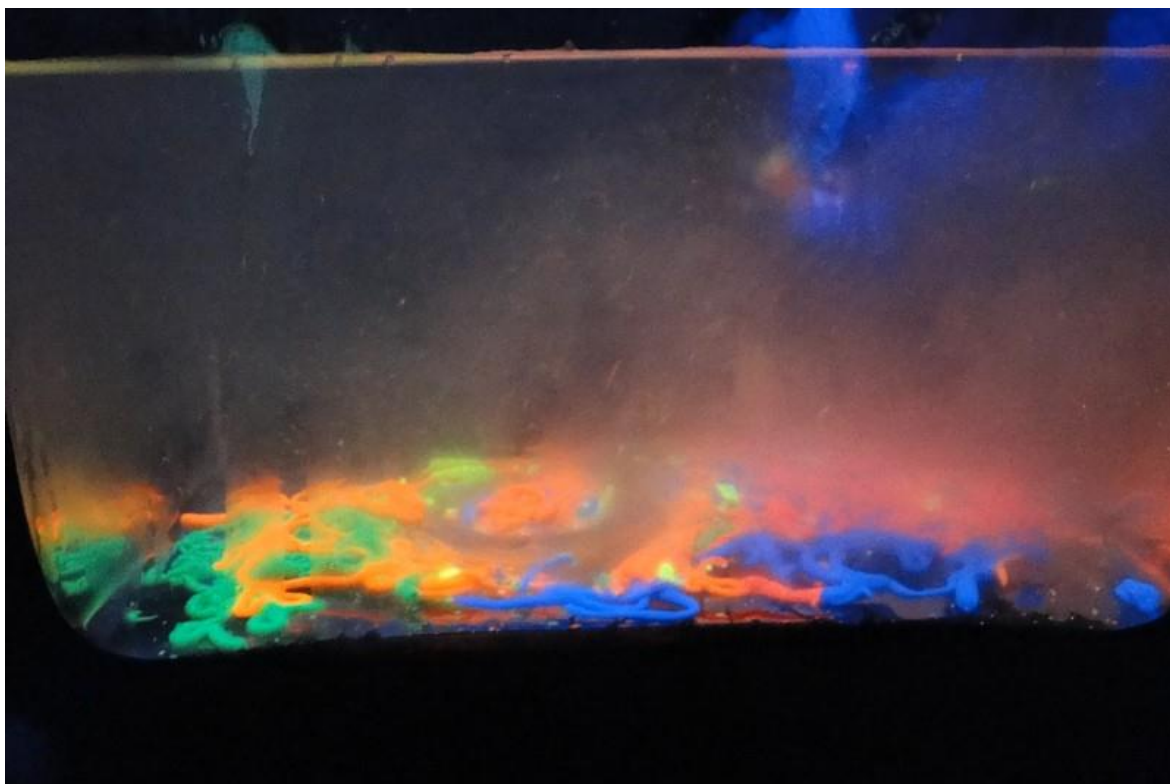
obr. 42- Lití fluorescentní barvy do akvária naplněného čistou vodou 4



obr. 43- Lití fluorescentní barvy do akvária naplněného čistou vodou 5



obr. 44- Malba štětcem na dno akvária 1



obr. 45- Promíchávání fluorescentních barev s vodou



obr. 46- Promíchávání naplněného akvária



obr. 47- Tvorba imaginárního fluorescentního akvária 1





obr. 48- Tvorba imaginárního fluorescentního akvária 2



obr. 49- Vzniklé útvary z fluorescentních barev po vylití akvária



obr. 50- Společná fotografie za běžného osvětlení



obr. 51- Společná fotografie za ultrafialového osvětlení

## Zdroje tabulek a obrazové přílohy:

1. Správa webových stránek. Bohrův model atomu 1. In *Katedra fyziky Přf Ostravské univerzity* [online]. Dostupné: [http://artemis.osu.cz/mmfyz/am/am\\_1\\_5.htm](http://artemis.osu.cz/mmfyz/am/am_1_5.htm).
2. Správa webových stránek. Bohrův model atomu 2. In *Katedra fyziky Přf Ostravské univerzity* [online]. Dostupné: [http://artemis.osu.cz/mmfyz/am/am\\_1\\_5.htm](http://artemis.osu.cz/mmfyz/am/am_1_5.htm).
3. Správa webových stránek. Elektromagnetické spektrum. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://www.cs.wikipedia.org/wiki/elektromagnetické\\_spektrum](http://www.cs.wikipedia.org/wiki/elektromagnetické_spektrum).
4. Správa webových stránek. Světlo. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: <http://www.cs.wikipedia.org/wiki/svetlo>.
5. Správa webových stránek. Jihlavské katakomby. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Jihlavsk%C3%A9\\_katakomy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jihlavsk%C3%A9_katakomy). [cit. 15.3.2011]
6. Správa webových stránek. UV zářivka. In *Discovery-cb* [online]. Dostupné: [http://www.discovery-cb.cz/media/goods//big/set-uv-zarivka-60cm\\_1\\_big.jpg](http://www.discovery-cb.cz/media/goods//big/set-uv-zarivka-60cm_1_big.jpg).
7. Správa webových stránek. Fluorescence in various sized. In *Beseenonabike* [online]. Dostupné: [http://www.beseenonabike.co.uk/acatalog/Fluorescence\\_in\\_various\\_sized\\_CdSe\\_quantum\\_dots.png](http://www.beseenonabike.co.uk/acatalog/Fluorescence_in_various_sized_CdSe_quantum_dots.png).
8. Správa webových stránek. Squid komodo. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Squid\\_komodo.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Squid_komodo.jpg)
9. Správa webových stránek. Lampyris noctiluca. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Lampyris\\_noctiluca.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Lampyris_noctiluca.jpg).
10. Správa webových stránek. Arik Levy. In *Idsala files wordpress* [online]. Dostupné: [http://idsala.files.wordpress.com/2010/05/exhibitions\\_gallery\\_file\\_12692594462.jpg](http://idsala.files.wordpress.com/2010/05/exhibitions_gallery_file_12692594462.jpg)
11. Správa webových stránek. Flavin. In *Ongruo archiv* [online]. Dostupné: <http://inc.ongruo.us/archive/wp-content/uploads/2009/12/Flavin.jpg>.
12. Správa webových stránek. Fist. In *Zeek* [online]. Dostupné: <http://www.zeek.net/i/fist.jpg>.

13. Správa webových stránek. Fred Tomaselli. In *Oneartworld* [online]. Dostupné: <http://img1.oneartworld.com/images/uploaded/large/32137-.jpg>.
14. Správa webových stránek. James Rosenquist. In *Opava* [online]. Dostupné: <http://ftp.mgo.opava.cz/vitek/1945/4.%20james%20rosenquist%20pop%20art.jpg>.
15. Správa webových stránek. Black theatre. In *Flickr* [online]. Dostupné: [http://farm3.static.flickr.com/2112/3532239523\\_b01694a0da.jpg](http://farm3.static.flickr.com/2112/3532239523_b01694a0da.jpg).
16. Správa webových stránek. Black theatre. In *Incoming* [online]. Dostupné: <http://incoming.cila.cz/imgs/v/000262.jpg>.
17. Správa webových stránek. Tonic water UV. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Tonic\\_water\\_uv.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/Tonic_water_uv.jpg).
18. Správa webových stránek. Katakomy. In *Google* [online]. Dostupné: [http://i3.cn.cz/1216379639\\_katakomy.jpg](http://i3.cn.cz/1216379639_katakomy.jpg).
19. Správa webových stránek. Polarlicht. In *Wikipedia* [online]. Dostupné: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Polarlicht\\_2.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Polarlicht_2.jpg).
20. Správa webových stránek. Gippsland Lakes. In *Niceartlife* [online]. Dostupné: <http://niceartlife.com/wp-content/uploads/2011/03/NiceArtLife-BioLuminescence-Gippsland-Lakes-Victoria-Australia-06.jpg>.
21. Správa webových stránek. Bodypainting. In *Prolight* [online]. Dostupné: <http://prolight.co.uk/images/media/LEDJ66/LEDJ66-we2.jpg>.
22. Správa webových stránek. Myši. In *Osel* [online]. Dostupné: [http://www.osel.cz/\\_popisky/124\\_/s\\_1242650359.jpg](http://www.osel.cz/_popisky/124_/s_1242650359.jpg).

Fotografie dokumentující díla Milana Ďuriše jsou použita s autorovým svolením.

Fotografie průběhu projektové výuky na ZŠ jsou použity na základě písemného svolení rodičů dětí a paní učitelky.