Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta pedagogická

Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy

Oddělení fyziky

Mezipředmětové výukové téma
Barvy kolem nás

rigorózní práce

Plzeň, 2011

Autor práce: Mgr. Václav Kohout

Prohlašuji, že jsem tuto rigorózní práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne 29. července 2011

Mgr. Václav Kohout

Na tomto místě bych rád poděkoval celé své rodině za veškerou podporu a kolegům z oddělení fyziky katedry matematiky, fyziky a technické výchovy za jejich přátelství a pomoc.

Plzeň, 2011

Abstrakt

Název práce: Mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás

Autor: Mgr. Václav Kohout

Katedra: Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy,
Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

Abstrakt:

Práce je věnována návrhu mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás z pohledu fyziky a informatiky a výpočetní techniky s přihlédnutím k možnostem vazeb na další vyučovací předměty, zejména přírodopis a výtvarnou výchovu. Téma je určeno pro žáky 2. stupně základní školy. Výukové materiály jsou připraveny s použitím multimediálních výukových prostředků, primárně jsou určeny pro výuku za pomoci interaktivní dotykové tabule. Vše je zpracováno autorským softwarovým nástrojem FlexiAutor, který umožňuje tvorbu vlastních výukových lekcí se stejnou funkčností a stejným ovládáním, jakou mají stávající interaktivní učebnice Nakladatelství Fraus. Součástí práce je rovněž pilotní ověření mezipředmětového tématu Barvy kolem nás v reálné výuce formou tematického dne a dále závěry vyvozené z této pilotní výuky.

Klíčová slova: barva, spektrum, RGB, CMYK, barvový prostor, chromatický diagram, tristimulus, tematická výuka, rámcový vzdělávací program, základní škola

Abstract

Title: Educational Cross-Curricular Thematic Unit "Colours around us"

Author: Mgr. Václav Kohout

Department: Department of Mathematics, Physics and Technical Education
Faculty of Education, University of West Bohemia

Abstract:

The thesis engages in an educational cross-curricular thematic unit "Colours around us" project. It concerns the term colour in education of physics, biology, information and communication technologies and art. As for its difficulty, the educational unit is aimed at lower secondary school students. With the chosen difficulty, it is not possible to use mathematical apparatus for lecturing; it is necessary to explain the topic only in a quality manner.

The topic optics in physics comes to white light decomposition by a prism, the term spectral colour in standard instruction; eventually it mentions the three-colour perception of colour by a human eye with which the colour monitor description is connected. Three-colour vision is also analysed in biology in the topic biology of a human, in a chapter devoted to human senses and eyesight. The subject information and communication technologies works with the term colour especially in the topic engaged in graphic applications, web graphics etc. It explains the term RGB colour and its notation. But neither physics nor information and communication technologies at the level of primary school relates clearly the colour in spectrum to the colour described by means of RGB. The educational cross-curricular thematic unit "Colours around us" completes and extends these relations.

The current obligatory document for education at primary schools in the Czech Republic *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*, The General Educational Programme for Primary Education (with changes made to 1 July 2007), released by the Ministry of Education, Youth and Physical Education, enables to treat education at a particular school not only in form of standard school subjects, but also in form of integrated school subjects. This thesis elevates the educational contents integration even above the scope stated and recommended in the General Educational Programme, as it integrates together the subject matter of several educational areas.

At ordinary primary schools in the Czech Republic, integrated subjects teaching is not widespread at present; instruction is still based on changing standard school subjects. That is why the form of thematic teaching is appropriate for the thematic unit "Colours around us". The whole educational thematic unit is proposed in form of a coherent thematic day devoted to colours without division into standard school subjects, i.e. physics, information and communication technologies, biology, art. Naturally, some parts of the thematic unit are

closer to physics, others are closer to information and communication technologies, and the end of the day is close to art. But the teacher does not emphasize that at the moment the pupils are learning about colour in physics, at another moment they are learning about colours in information and communication technologies etc.

When choosing technical means, a modern tool, the interactive board, was preferred. It allows the teacher to manage teaching effectively and flexibly with involving various multimedia entries and without limiting him or her by the need to show a video or other multimedia objects on a PC.

The educational cross-curricular thematic unit "Colours around us" presented in form of a thematic day was successfully piloted at Primary school of L. Kuba in České Budějovice. The choice of this school was, apart from other things, influenced by the school's involvement in the project *Vzdělání 21* (Education 21), the goal of which is to verify the effectivity of using information technologies and multimedia educational systems globally in standard instruction. Another important reason to choose the above mentioned school was the personality of the physics teacher Mr. PhDr. Václav Meškan, who has been very kind and met my requirements with verifying the educational thematic unit and also has contributed significantly with his good advice.

The thematic day had been advised to pupils a few days before by a motivation poster. In the first part of the day all prepared pieces of information have been presented in form of standard lecturing, a dialogue and a discussion with pupils, problem questions, a multimedia objects demonstration and demonstration and frontal experiments. Each partial theme was closed by a round of a quiz competition. The aim of changing the methods and rhythm of teaching was especially to liven it up and to keep up all pupils' attention at a required level. Closing the partial themes, competition evaluating and appreciating the most successful pupils was followed by independently treated pupils' presentations on the theme Colours in the MS PowerPoint application. The last part of the thematic day was an independent tempera painting in which all pupils checked the acquired knowledge in practice.

The piloting presentation of the thematic unit devoted to the educational cross-curricular thematic unit "Colours around us" was then closed after a few days by a continuous competition results analysis and pupils' presentations evaluation.

A complex of recommendations and observations for further development of the educational thematic unit has been made from the results of the piloting teaching.

Keywords: colour, spectrum, RGB, CMYK, colour space, chromaticity diagram, tristimulus, thematic learning, general educational programs, primary school

Obsah

Obsah 7

1 Úvod 12

2 Stanovení základního cíle a dílčích postupných cílů práce 14

2.1 Analýza Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání 14

2.2 Rozbor řazení učiva v českých učebnicích 14

2.3 Sestavení elementárních základů teorie barev 15

2.4 Návrh konkrétního obsahu tématu Barvy kolem nás 15

2.5 Vytvoření vlastní multimediální výukové lekce 15

2.6 Pilotní ověření výukového tématu Barvy kolem nás 16

2.7 Zhodnocení pilotní výuky a stanovení úkolů do budoucna 16

3 Rámcové vzdělávací programy pro základní vzdělávání 17

3.1 Vzdělávací oblast Informační a komunikační technologie 17

3.1.1 Vzdělávací obor Informační a komunikační technologie 18

3.2 Vzdělávací oblast Člověk a příroda 18

3.2.1 Vzdělávací obor Fyzika 20

3.2.2 Vzdělávací obor Přírodopis 20

3.2.3 Vzdělávací obor Chemie 21

3.3 Vzdělávací oblast Umění a kultura 22

3.3.1 Vzdělávací obor Výtvarná výchova 22

4 Řazení učiva a témat souvisejících s pojmem Barva 23

4.1 Řazení učiva a jednotlivých tematických celků z pohledu Rámcových vzdělávacích programů 23

4.2 Řazení učiva a tematických celků v konkrétních učebnicích 24

4.2.1 Řazení učiva v učebnicích pro vzdělávací obor Fyzika 24

4.2.2 Zařazení mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás do výuky z pohledu klasického řazení učiva fyziky 34

4.2.3 Řazení učiva v učebnicích pro vzdělávací obor Informační a komunikační technologie 34
4.2.4 Zařazení výukového tématu Barvy kolem nás do výuky z pohledu řazení učiva informatiky a výpočetní techniky 36
4.2.5 Řazení učiva v učebnicích pro vzdělávací obor Přírodopis 36
4.2.6 Zařazení výukového tématu Barvy kolem nás do výuky z pohledu řazení učiva přírodopisu 39
4.3 Optimální zařazení mezipředmětového výukového tématu Barva do výuky na 2. stupni základní školy 40
5 Historie a elementární základy teorie barev 42
5.1 Úvod 42
5.2 Spektrum 44
5.2.1 Isaac Newton a jeho přínos k nauce o barvách 44
5.2.2 Newtonův pokus s hranolem 44
5.2.3 Souvislost mezi vlnovou délkou světla, barvou a spektrem 46
5.2.4 Vyzařování a odraz světla, průchod světla látkou 47
5.2.5 Spektrální data a spektrální křivky 48
5.2.6 Spektrální data – kompletní popis barvy 50
5.3 RGB, CMY(K), tristimulus a jeho objev 50
5.3.1 Maxwell, Young a Helmholtz 50
5.3.2 Barvy RGB 51
5.3.3 Pokusy s vnímáním barev 52
5.3.4 Barvy CMY a doplňující barva K 53
5.3.5 CMY(K) a některé poznatky z oblasti barevného tisku 54
5.3.6 Oko a další zařízení pro vnímání barev 54
5.3.7 Vidění lidského oka 56
5.3.8 Pojem tristimulus 57
5.3.9 Barvový prostor 57

5.4 HSB a související popisy barev 58
5.4.1 Systém Alberta Munsella 58
5.4.2 Munsellův zápis barvy 58
5.4.3 Barvy HSB 60
5.4.4 Barevný kruh 61
5.4.5 Rozdíly mezi HSB, HVC, HSV a dalšími 63
5.4.6 Vztah mezi RGB a HSB 63
5.4.7 Terminologická poznámka – je HSB tristimulus? 64
5.5 CIE – Commission Internationale de l'Eclairage 64
5.5.1 Dva mezníky v práci CIE – 1931 a 1976 65
5.5.2 Standardní pozorovatel (2° a 10°) 65
5.5.3 Standardní osvětlení 67
5.5.4 Barevná teplota 68
5.5.5 XYZ – hodnoty tristimulu CIE 68
5.5.6 xyY – chromatický diagram CIE 71
5.5.7 Lab a Luv – perceptuálně uniformní barvové prostory 73
5.5.8 ΔE – rozdíl barev 76
6 Výukové téma Barvy kolem nás – obsah 77
6.1 Obsah souvisejících témat v jednotlivých vyučovacích předmětech a jejich vazby na téma Barvy kolem nás 77
6.1.1 Fyzika 77
6.1.2 Informatika a výpočetní technika 77
6.1.3 Biologie 78
6.1.4 Výtvarná výchova 78
6.2 Výkladový text jednotlivých částí výukového tématu Barvy kolem nás 78
6.2.1 Barva světla a rozklad světla hranolem 79
6.2.2 Na čem může záviset barva předmětu 82

6.2.3 RGB znamená red–green–blue neboli červená–zelená–modrá 83
6.2.4 Jsou i jiná čísla než jen RGB, třeba CMYK 85
6.2.5 Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK 86
6.2.6 Zelenou dostanu, když smíchám modrou a žlutou… 88
6.3 Konkrétní zpracování jednotlivých částí výukového tématu v aplikaci FlexiAutor Nakladatelství Fraus. 89
7 Výukové téma Barvy kolem nás – forma provedení 101
7.1 Možné varianty zařazení mezipředmětového tématu Barvy kolem nás do výuky 101
7.2 Postupné zařazování dílčích částí tématu Barvy kolem nás do výuky 101
7.3 Tematický den Barvy kolem nás 103
7.3.1 Terminologická poznámka – projektový den × tematický den 103
7.3.2 Plánovaný průběh tematického dne Barvy kolem nás 107
7.3.3 Výukové materiály zpracované pro potřeby tematického dne 109
7.3.4 Doplňující materiály pro tematický den 111
8 Pilotní ověření mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás ve výuce 125
8.1 Parametry pilotního ověření 125
8.2 Průběh realizace tematického dne Barvy kolem nás 126
8.2.1 Přípravné práce a činnosti 126
8.2.2 Zahájení tematického dne a úvodní aktivity 126
8.2.3 Jednotlivé kapitoly výukového tématu 126
8.2.4 Samostatná práce žáků 127
8.2.5 Vyhlášení výsledků soutěže a zhodnocení tematického dne se žáky 128
8.2.6 Rozbor tematického dne s přítomnými odborníky 128
8.3 Obrazová dokumentace pilotního ověření 128
8.3.1 Webové stránky školy 128
8.3.2 Fotogalerie z průběhu akce 131

8.3.3 Ukázky snímků z žákovských prezentací v MS PowerPoint 139
8.3.4 Ukázky samostatných výtvarných prací žáků 157
9 Závěry z pilotního ověření a doporučení k dalšímu vývoji tématu 161
9.1 Závěry z pilotního ověření 161
9.2 Odpovědi žáků z rozhovoru po skončení výuky 161
9.3 Doporučení k dalšímu vývoji výukového tématu Barvy kolem nás 162
9.3.1 Rozsah a řazení učební látky 162
9.3.2 Způsob a metody výuky 163
9.3.3 Průběžná soutěž 163
9.3.4 Samostatná práce na PC 165
9.3.5 Samostatná výtvarná práce 166
10 Závěr a zhodnocení dosažených cílů 167
10.1 Splnění dílčích cílů práce 167
10.2 Splnění základního cíle práce 170
10.3 Další plánovaný vývoj výukové lekce Barvy kolem nás 170
Seznam použité literatury a online zdrojů 172
Seznam obrázků 176
Přílohy 179

1 Úvod

Zdůrazňování mezipředmětových vztahů mezi jednotlivými klasickými vyučovacími předměty v rámci jedné vzdělávací oblasti, např. Člověk a příroda je v souladu s rámcovými vzdělávacími programy pro základní vzdělávání. Dokument Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (se změnami provedenými k 1. 7. 2007)[1] (ve zkratce RVP ZV nebo jen RVP) vymezuje devět základních vzdělávacích oblastí a umožňuje zpracovat výuku na konkrétní škole nejen formou klasických vyučovacích předmětů, ale také formou integrovaných vyučovacích předmětů na různých úrovních: *„Z jednoho vzdělávacího oboru může být vytvořen jeden vyučovací předmět nebo více vyučovacích předmětů, případně může vyučovací předmět vzniknout integrací vzdělávacího obsahu více vzdělávacích oborů (integrovaný vyučovací předmět). RVP ZV umožňuje propojení (integraci) vzdělávacího obsahu na úrovni témat, tematických okruhů, případně vzdělávacích oborů. Integrace vzdělávacího obsahu musí respektovat logiku výstavby jednotlivých vzdělávacích oborů. Základní podmínkou funkční integrace je kvalifikovaný učitel.“* Tato práce dokonce povyšuje integraci vzdělávacího obsahu nad rámec uváděný a komentovaný v Rámcovém vzdělávacím programu pro základní vzdělávání, neboť integruje dohromady učivo několika vzdělávacích oblastí.

Ústředním pojmem předloženého mezipředmětového výukového tématu je barva. Jedná se o velice zajímavý pojem, který je možné na druhém stupni základní školy popsat a vysvětlit zejména z pohledu fyziky na straně jedné a informatiky a výpočetní techniky na straně druhé. Téma barvy přesahuje dále do přírodopisu i do výtvarné výchovy a souvislosti lze nalézt také v dalších vyučovacích předmětech. Pojem barva je s úspěchem možné vysvětlit pouze kvalitativně bez použití obtížných matematických nástrojů, které není možné na základní škole využít.

Ve fyzice se v tematickém celku optika vesměs dospěje k rozkladu bílého světla hranolem, pojmu spektrální (jednoduché) barvy, případně ke zmínce o trojbarevném vjemu barvy lidským okem a s tím souvisejícím popisem barevného monitoru. Trojbarevné vidění je rovněž zmíněno ve výuce přírodopisu v tematickém celku biologie člověka, v kapitole věnované lidským smyslům a zraku. V předmětu informatika

[1] JEŘÁBEK, J. a kol. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (se změnami provedenými k 1. 7. 2007)* [online]. Celková gesce přípravy dokumentu – Jaroslav Jeřábek, Jan Tupý. Praha: VÚP, 2007. [cit 2011-02-15]. Dostupné z URL <http://www.msmt.cz/uploads/soubory/zakladni/SP_RVPZV_2007.zip>.

a výpočetní technika se s pojmem barva pracuje zejména v tematickém celku věnovaném grafickým aplikacím, webové grafice apod. Vysvětluje se pojem RGB barvy a jejího zápisu. Ani ve fyzice ani v informatice a výpočetní technice se však na úrovni základní školy nedává do jasné souvislosti barva ve spektru a barva popsaná pomocí RGB. Mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás tyto souvislosti doplňuje, prezentuje na úrovni vhodné pro 2. stupeň základní školy a v některých aspektech dále rozšiřuje.

Vzhledem k tomu, že na běžných základních školách v České republice není v současnosti výuka integrovaných vyučovacích předmětů prakticky vůbec rozšířená a výuka je postavena na střídání klasických vyučovacích předmětů, je pro mezipředmětové výukové téma velice vhodná forma tematického vyučování. Celé výukové téma v jedné variantě navrhuji v podobě uceleného tematického dne věnovaného barvám bez členění na standardní vyučovací předměty, tj. fyziku, informatiku a výpočetní techniku, přírodopis, výtvarnou výchovu. Je samozřejmé, že některé části výukového tématu mají blíže k fyzice, jiné k informatice a závěr k výtvarné výchově. Tento fakt však není vyučujícím ve smyslu „Teď se učíme o barvě ve fyzice, teď se učíme o barvách ve výpočetní technice.“ vůbec akcentován.

Z pohledu volby technických prostředků dávám přednost modernímu nástroji – interaktivní dotykové tabuli. Dotyková tabule umožňuje efektivní a operativní vedení výuky se zapojením rozmanitých multimediálních vstupů, aniž by byl učitel jakýmkoli způsobem omezován spouštěním videa a dalších multimediálních objektů na běžném PC. V případě výukového tématu Barvy kolem nás je využití diaprojektoru a srovnání jeho barevnosti s LCD a CRT monitorem dokonce ideálním konkrétním doplněním pasáže věnované barevným rozsahům jednotlivých zařízení.

Smyslem této práce je sestavení mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás v podobě výukové lekce pro interaktivní dotykovou tabuli a pilotní ověření tohoto výukového tématu ve výuce na druhém stupni základní školy.

2 Stanovení základního cíle a dílčích postupných cílů práce

Za základní cíl své rigorózní práce jsem si stanovil vytvoření mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás pro žáky druhého stupně základní školy a nižšího stupně víceletých gymnázií a jeho následné ověření v praxi. Abych tohoto cíle dosáhl, musím přirozeně definovat strukturu dílčích postupných cílů, které v této kapitole podrobněji popíšu a zdůvodním.

2.1 Analýza Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání

Jakákoli výuka na oficiální škole v České republice musí být v souladu se základními vzdělávacími dokumenty, které pro tuto výuku určuje stát prostřednictvím své instituce Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Takovým základním dokumentem je pro základní školy Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání[1]. Prvním dílčím cílem je analýza RVP ZV, jeho jednotlivých vzdělávacích oblastí a vzdělávacích oborů (vyučovacích předmětů) z pohledu možného zařazení mezipředmětového tématu Barvy kolem nás do výuky. S tím souvisí zejména předchozí vymezení vzdělávacích oblastí a oborů, se kterými téma Barvy kolem nás podle mého názoru souvisí, a poté určení konkrétních výukových oblastí a oborů, s jejichž obsahem budu při sestavování témat Barvy dále pracovat.

2.2 Rozbor řazení učiva v českých učebnicích

Rámcový vzdělávací program sám o sobě nestanovuje pořadí, v jakém mají být během výuky probírány jednotlivé tematické celky jednotlivých vyučovacích předmětů. Pro potřeby optimálního začlenění tématu Barvy kolem nás do některého z ročníků druhého stupně základní školy potřebuji definovat obvyklé řazení učiva v jednotlivých ročnících. Rozhodl jsem se k tomuto účelu použít metodu analýzy vybraných učebnic pro základní školy, z nichž následně stanovím obvyklé řazení tematických celků v jednotlivých vyučovacích předmětech. Druhým vytyčeným dílčím cílem je stanovit doporučení pro časové zařazení mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás do výuky v konkrétním ročníku základní školy. Nezbytnou součástí tohoto cíle je výběr

[1] JEŘÁBEK, J. a kol. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (se změnami provedenými k 1. 7. 2007)* [online]. Celková gesce přípravy dokumentu – Jaroslav Jeřábek, Jan Tupý. Praha: VÚP, 2007. [cit 2011-02-15]. Dostupné z URL <http://www.msmt.cz/uploads/soubory/zakladni/SP_RVPZV_2007.zip>.

několika řad učebnic běžně užívaných pro výuku a jejich analýza z pohledu řazení učiva, kterou je zapotřebí zpracovat dříve než navrhnu časový rámec zařazení tématu Barvy kolem nás do výuky.

2.3 Sestavení elementárních základů teorie barev

Většina obsahu mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás vychází z látky vyučovacích předmětů fyziky, informatiky a výpočetní techniky a z vědního oboru kolorimetrie. Kolorimetrie jako věda je však již poměrně komplexní a složitou disciplínou a pro potřeby výuky na druhém stupni základní školy je nutné ji vhodným způsobem zjednodušit a z množství informací obsažených v odborné literatuře dotýkající se daného tématu vybrat pouze vhodné základní věci.

Jako třetí postupný cíl jsem si stanovil vytvoření úvodu do teorie barev na úrovni žáků druhého stupně základní školy. Tento úvod musí být pojatý čistě kvalitativně, neboť žáci na základní škole nemají vybudovaný potřebný matematický aparát. Stručné základy teorie barev musí obsahovat všechny potřebné pojmy a jejich souvislosti, nemohou ale zabíhat do žádných podrobností.

Jako doplnění tohoto přehledu, pouze však pro potřeby vyučujícího, jsem se rozhodl zařadit matematicky přesnou definici základních kolorimetrických pojmů.

2.4 Návrh konkrétního obsahu tématu Barvy kolem nás

Úvod do nauky o barvách navržený v předchozím bodě stále není přesně tou vyučovací látkou, která bude předložena žákům. Tento úvod je nutno didakticky zpracovat a doplnit o související látku z navazujících témat jednotlivých vyučovacích předmětů. Dále je nutno výukový text doplnit o konkrétní návrhy obrazových a multimediálních výukových materiálů a případné další, vesměs internetové zdroje.

Návrh konkrétního obsahu a sestavení výukového textu Barvy kolem nás doplněného o přesný popis použitých obrazových a multimediálních výukových materiálů a internetových zdrojů si stanovuji jako další dílčí cíl. Takový text můžeme též označit jako scénář pro tvorbu výukové lekce.

2.5 Vytvoření vlastní multimediální výukové lekce

Jak jsem již zmínil v úvodní kapitole, je dnes ve výuce často dávána přednost moderním technickým prostředkům, jako jsou například interaktivní dotykové tabule. Dotyková tabule umožňuje zařazování obrazových a multimediálních prvků do výuky

operativním způsobem, aniž by se vyučující musel zabývat obsluhou dalších technických zařízení typu videopřehrávače apod. V případě nauky o barvách poslouží rovněž barevný diaprojektor k účinné demonstraci některých vlastností barevných zařízení zmíněných v kapitole o barevných rozsazích.

Také z těchto důvodů jsem se rozhodl, že výukové téma Barvy kolem nás zpracuji do podoby multimediální výukové lekce pro interaktivní dotykovou tabuli. Na čelní pozici vývoje softwarových aplikací pro dotykové tabule je v České republice Nakladatelství Fraus. Vzhledem k tomu, že jsem dlouholetým zaměstnancem tohoto nakladatelství a na určování konceptu dnes již klasických interaktivních učebnic a funkčnosti aplikací pro interaktivní dotykové tabule jsem se podílel, zvolil jsem si pro technické zpracování tématu aplikaci FlexiAutor z dílny Nakladatelství Fraus. Aplikace je součástí systému FlexiLearn a umožňuje vytvoření výukové lekce ve formátu interaktivní učebnice.

Dalším postupným cílem je pro mne tedy vytvoření multimediální výukové lekce z předem zpracovaných podkladů ve formátu softwarové aplikace FlexiAutor Nakladatelství Fraus.

2.6 Pilotní ověření výukového tématu Barvy kolem nás

Zpracované výukové téma je nutno posoudit z pohledu reálné výuky na základní škole. Předposledním dílčím cílem této práce je realizace pilotní výuky na zvolené základní škole v České republice.

2.7 Zhodnocení pilotní výuky a stanovení úkolů do budoucna

Po realizaci pilotního ověření výukového tématu je nutno provést rozbor všech poznatků získaných z této výuky. Těmito poznatky rozumím informace získané metodou rozhovoru se žáky, informace získané rozborem žákovských prací zpracovávaných během pilotní výuky a také vlastní zkušenosti a dojmy z průběhu výuky, pocházející od samotného vyučujícího i dalších přihlížejících pedagogů.

Všechny tyto poznatky mohou mít vliv na efektivnější zpracování výukové lekce, na úpravu rozsahu i způsobu zpracování a na použité metody výuky.

Posledním dílčím cílem, který si v této práci vytyčuji, je zpracování souboru doporučení, jakým způsobem s vytvořeným výukovým tématem pracovat a jak ho případně do budoucna modifikovat.

3 Rámcové vzdělávací programy pro základní vzdělávání

Rámcové vzdělávací programy zpracované Výzkumným ústavem pedagogickým jsou základními kurikulárními dokumenty, pomocí kterých určuje Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy obsah výuky na jednotlivých stupních škol naší vzdělávací soustavy. Vzhledem k zaměření práce na výuku na druhém stupni základní školy jsem se soustředil na nejdůležitější materiál – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (se změnami provedenými k 1. 7. 2007), zpracováno Výzkumným ústavem pedagogickým, VÚP, Praha 2005[1]. V kapitole číslo 5 Vzdělávací oblasti dokument vymezuje devět základních vzdělávacích oblastí a, jak jsem již zmínil výše, umožňuje a doporučuje zpracování výuky na konkrétní škole nejen formou klasických vyučovacích předmětů, ale také formou integrovaných vyučovacích předmětů s různou úrovní integrace. Dále Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání jednoznačně vyzdvihuje potřebu mezipředmětového (zde uvedeno nadpředmětového) přístupu ke vzdělávání: *„Záměrem je, aby učitelé při tvorbě školních vzdělávacích programů vzájemně spolupracovali, propojovali vhodná témata společná jednotlivým vzdělávacím oborům a posilovali nadpředmětový přístup ke vzdělávání.“* [2]

V následujících kapitolách rozebírám výskyt pojmu barva a zejména tematicky souvisejících pojmů a vybraných cílových zaměření v jednotlivých vzdělávacích oblastech rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání, které mají s naukou o barvách souvislost.

3.1 Vzdělávací oblast Informační a komunikační technologie

Vzdělávání ve vzdělávací oblasti Informační a komunikační technologie vede žáka mimo jiné k *„poznání úlohy informací a informačních činností a k využívání moderních informačních a komunikačních technologií; k tvořivému využívání softwarových a hardwarových prostředků při prezentaci výsledků své práce; k pochopení funkce výpočetní techniky jako prostředku simulace a modelování přírodních i sociálních jevů a procesů“*. [3]

---

[1] JEŘÁBEK, J. a kol. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (se změnami provedenými k 1. 7. 2007)* [online]. Celková gesce přípravy dokumentu – Jaroslav Jeřábek, Jan Tupý. Praha: VÚP, 2007. [cit 2011-02-15]. Dostupné z URL <http://www.msmt.cz/uploads/soubory/zakladni/SP_RVPZV_2007.zip>.

[2] tamtéž

[3] tamtéž

Poznání pojmu barvy, definice barvy, jejího zápisu v různých softwarových aplikacích a prostředích umožňuje žákovi efektivněji tyto informační a komunikační technologie využívat, žák pochopí popis barvy jako jistý informační objekt, který je možné za pomoci příslušného hardware a softwarové aplikace ukládat, přenášet, zobrazovat, zpracovávat a transformovat. Intuitivní ozřejmení pojmu barevného rozsahu (gamutu) a jeho omezenosti vede u žáků k pochopení omezenosti a limitů simulací a modelování přírodních jevů prostřednictvím výpočetní techniky, ale i prostřednictvím dalších, případně i nedigitálních, technických zařízení.

Vzdělávací oblast Informační a komunikační technologie obsahuje právě jeden vzdělávací obor se stejným názvem – Informační a komunikační technologie.

3.1.1 Vzdělávací obor Informační a komunikační technologie

Ze vzdělávacího obsahu a učiva tohoto vzdělávacího oboru se pojmu barva týkají následující očekávané výstupy a učivo patřící do tematického celku Zpracování a využití informací:

Očekávané výstupy – žák

- ovládá práci s textovými a grafickými editory i tabulkovými editory a využívá vhodných aplikací;
- uplatňuje základní estetická a typografická pravidla pro práci s textem a obrazem
- zpracuje a prezentuje na uživatelské úrovni informace v textové, grafické a multimediální formě

Učivo

- počítačová grafika, rastrové a vektorové programy
- prezentace informací (webové stránky, prezentační programy, multimédia)

3.2 Vzdělávací oblast Člověk a příroda

Vzdělávání ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda vede žáka mimo jiné ke *„zkoumání přírodních faktů a jejich souvislostí s využitím různých empirických metod poznávání (pozorování, měření, experiment) i různých metod racionálního uvažování; potřebě klást si otázky o průběhu a příčinách různých přírodních procesů, správně tyto otázky formulovat a hledat na ně adekvátní odpovědi; způsobu myšlení, které vyžaduje ověřování vyslovovaných domněnek o přírodních faktech více nezávislými způsoby; posuzování důležitosti, spolehlivosti a správnosti získaných přírodovědných dat pro*

potvrzení nebo vyvrácení vyslovovaných hypotéz či závěrů; porozumění souvislostem mezi činnostmi lidí a stavem přírodního a životního prostředí“.[4]

Popis barvy jednoznačně vychází z experimentu a pozorování reálného světa. Do hlubších fyzikálních souvislostí se dostává laické pozorování některých světelných jevů, jako je např. duha, s experimentálním sledováním barevného spektra slunečního světla a různých umělých světelných zdrojů. Žáci empiricky zkoumají různá technická zařízení typu barevného monitoru či televizního LCD panelu a výsledky pozorování dávají racionálním uvažováním do souvislostí s experimenty ozřejmujícími aditivní míchání barevných světel. Během upřesňování definice pojmu barva logickou úvahou žáci ve spolupráci s vyučujícím vylučují dílčí mylné závěry, ke kterým mohou dospět zejména při odvozování či odhadování barevnosti předmětů osvětlených různobarevnými světly. Domněnky vyslovované žáky jsou ověřovány jak teoretickou úvahou, tak okamžitým experimentem a jsou z nich vyvozovány hypotézy a závěry. Veškeré úvahy se však dějí pouze v kvalitativní rovině, neboť na druhém stupni základní školy nemají žáci k dispozici adekvátní matematické nástroje pro kvantitativní vyhodnocování pozorovaných situací.

Žáci se seznamují s principem barevného vidění lidského oka pomocí klasického výkladu a popisu anatomie oka. Princip trojbarevného vidění však vzápětí dávám do souvislostí s aditivním mícháním barev, využitím RGB popisu barvy u mnoha analogových a zejména digitálních zařízení. Důraz kladu také na subjektivní stránku vnímání barvy člověkem pozorovatelem.

V souvislosti s popisem optických jevů v atmosféře je vhodné zmínit pozorovatelný vliv činnosti člověka na tyto jevy, tedy jak se projevuje znečištění atmosféry prachovými částicemi. Žáci sami mohou přicházet s dalšími náměty, jak činnosti člověka ovlivňuje přírodní a životní prostředí. Je na vyučujícím, aby vyhodnotil, které žákovské podněty jsou vhodné k rozvinutí a podrobnějšímu komentáři.

Vzdělávací oblast Člověk a příroda obsahuje tři vzdělávací obory, které se pojmem barvy a souvisejícími tématy zabývají. Jedná se o vzdělávací obory Fyzika, Přírodopis a Chemie.

---

[4] JEŘÁBEK, J. a kol. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (se změnami provedenými k 1. 7. 2007)* [online]. Celková gesce přípravy dokumentu – Jaroslav Jeřábek, Jan Tupý. Praha: VÚP, 2007. [cit 2011-02-15]. Dostupné z URL <http://www.msmt.cz/uploads/soubory/zakladni/SP_RVPZV_2007.zip>.

3.2.1 Vzdělávací obor Fyzika

Ze vzdělávacího obsahu a učiva tohoto vzdělávacího oboru se pojmu barva týkají následující očekávané výstupy a učivo patřící do tematického celku Elektromagnetické a světelné děje. (Přímo související témata jsou zvýrazněna tučnou kurzívou.)

Očekávané výstupy

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání neurčuje žádný očekávaný výstup, který by byl v přímé a jednoznačné souvislosti s učivem o barvách, barevném světle a příbuzných tématech.

Učivo

- **vlastnosti světla –** ***zdroje světla; rychlost světla ve vakuu a v různých prostředích;*** stín, zatmění Slunce a Měsíce; zobrazení odrazem na rovinném, dutém a vypuklém zrcadle (kvalitativně); zobrazení lomem tenkou spojkou a rozptylkou (kvalitativně); ***rozklad bílého světla hranolem***

3.2.2 Vzdělávací obor Přírodopis

Ze vzdělávacího obsahu a učiva tohoto vzdělávacího oboru se pojmu barva týkají následující očekávané výstupy a učivo patřící do tematického celku Biologie člověka. (Přímo související témata jsou zvýrazněna, případně upřesněna tučnou kurzívou.)

Očekávané výstupy – žák

- určí polohu a objasní stavbu a funkci orgánů a orgánových soustav lidského těla, vysvětlí jejich vztahy – ***párový orgán oko, jeho stavba a funkce***
- rozlišuje příčiny, případně ***příznaky*** běžných ***nemocí*** a uplatňuje zásady jejich prevence a léčby – ***barvoslepost, její důvody a důsledky***

Učivo

- anatomie a fyziologie – stavba a funkce jednotlivých částí lidského těla, orgány, orgánové soustavy (opěrná, pohybová, oběhová, dýchací, trávicí, vylučovací a rozmnožovací, řídící), vyšší nervová činnost, hygiena duševní činnosti – ***párový orgán oko, jeho stavba a funkce***
- nemoci, úrazy a prevence – příčiny, ***příznaky***, praktické zásady a postupy při léčení běžných ***nemocí***; závažná poranění a život ohrožující stavy – ***barvoslepost, její příčiny a důsledky***

3.2.3 Vzdělávací obor Chemie

Ze vzdělávacího obsahu a učiva tohoto vzdělávacího oboru se pojmu barva týkají následující očekávané výstupy a učivo patřící do tematického celku Anorganické sloučeniny. (Přímo související témata jsou zvýrazněna, případně upřesněna tučnou kurzívou.)

Očekávané výstupy – žák

- porovná vlastnosti a použití vybraných prakticky významných oxidů, kyselin, hydroxidů a solí a posoudí vliv významných zástupců těchto látek na životní prostředí ***– využití konkrétních chemických anorganických sloučenin jako barviv***

Učivo

- oxidy – názvosloví, vlastnosti a použití vybraných prakticky významných oxidů ***– využití konkrétních oxidů jako barviv***
- soli kyslíkaté a nekyslíkaté – vlastnosti, použití vybraných solí, oxidační číslo, názvosloví, vlastnosti a použití vybraných prakticky významných halogenidů ***– využití konkrétních solí jako barviv***

Dále se pojmu barva týkají následující očekávané výstupy a učivo patřící do tematického celku Organické sloučeniny. (Přímo související témata jsou zvýrazněna, případně upřesněna tučnou kurzívou.)

Očekávané výstupy – žák

- rozliší vybrané deriváty uhlovodíků, uvede jejich zdroje, vlastnosti a použití ***– využití konkrétních chemických organických sloučenin jako barviv***

Učivo

- deriváty uhlovodíků – příklady v praxi významných alkoholů a karboxylových kyselin ***– využití konkrétních chemických organických sloučenin jako barviv***

Vzhledem ke specifickému zaměření výše uvedeného učiva vzdělávacího oboru Chemie a vzhledem k plánovanému rozsahu tématu v délce jednoho vyučovacího dne chemická problematika barviv do výukového tématu Barvy kolem nás zatím nezahrnuji. Barvy a barviva z pohledu chemie jsou však podle mne možným a zajímavým rozšířením zpracovávaného mezipředmětového tématu. Vhodnějším se mi však jeví využití v rámci středoškolské výuky, při které již žáci získali dostatečné vědomosti ke zdůvodnění rozdílných barev chemických barviv, znají pojmy vlnová délka světla, chemická vazba

a jsou schopni pochopit vztah mezi délkou chemické vazby v konkrétním barvivu a pohlcovanou barvou světla v závislosti na jeho vlnové délce.

3.3 Vzdělávací oblast Umění a kultura

3.3.1 Vzdělávací obor Výtvarná výchova

Mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás svým obsahem zasahuje i do vzdělávací oblasti Umění a kultura, konkrétně do vzdělávacího oboru Výtvarná výchova. Jednou z částí výukového tématu Barvy kolem nás je i samostatná práce žáků, při které si v praxi ověří poznatky týkající se subtraktivního míchání barev.

Žáci jsou zvyklí v hodinách výtvarné výchovy pracovat s temperovými barvami a běžně dovednost mísení barev ovládají. Samostatná práce v rámci našeho výukového tématu nepřináší žádnou novou dovednost, pouze ukazuje žákům, že míchání barev, které většina z nich zvládá intuitivně na základě nějaké běžné zkušenosti s barvami z denního života, má teoretický základ a je možné ho jednoznačně vyvodit z poznatků fyziky i přírodopisu. Zároveň žáci poznají, že míchání barev ve výtvarné výchově a v aplikacích, které poznají v hodinách informatiky a výpočetní techniky, má stejný teoretický základ.

Toto poznání završuje mezipředmětové vazby mezi učivem jednotlivých vyučovacích předmětů (vzdělávacích oborů), kterých se téma Barvy kolem nás dotýká, a zároveň zdůrazňuje vazbu mezi teoretickými poznatky přírodních věd a jejich využitím i v tak zdánlivě vzdálených oblastech jako je vzdělávací oblast Umění a kultura.

4 Řazení učiva a témat souvisejících s pojmem Barva

4.1 Řazení učiva a jednotlivých tematických celků z pohledu Rámcových vzdělávacích programů

Vzhledem k tomu, že Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání tak, jak byl zpracován Výzkumným ústavem pedagogickým a jak je Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy definován za základní kurikulární dokument pro současnou výuku na základních školách, výslovně neurčuje, ve kterých postupných ročnících je vhodné či nutné vyučovat konkrétní tematické celky, mají jednotlivé základní školy při časovém rozložení učiva při definování svých školních vzdělávacích programů poměrně velkou volnost.

Při zcela novátorském řazení učební látky by však s poměrně významnou pravděpodobností vznikaly problémy s dostupností tištěných výukových materiálů, jako jsou učebnice, cvičebnice, pracovní sešity apod., bylo by nutno daleko důkladněji verifikovat návaznosti již proučených tematických celků v rámci jednoho předmětu ale i mezi předměty navzájem a také by daleko snáze vznikaly kolize v tématech již probrané látky při přestupu žáka z jedné základní školy do jiné, vynuceném například stěhováním žákovy rodiny. Z těchto důvodů také většina škol pragmaticky z větší části zachovává klasické řazení učební látky. Klasickým řazením učiva rozumím takový sled tematických celků a jednotlivých témat, jaký byl zakotven v dříve používaných učebních plánech a učebních osnovách jednotlivých vyučovacích předmětů, jaký mají služebně starší učitelé vesměs zpracovaný ve svých přípravách na výuku a jaký dosud na základních školách obecně přetrvává.

Co se týče řazení učiva v českých učebnicích, přidržují se často nakladatelé a jimi nasmlouvaní autoři také již zmíněného klasického řazení učiva. I zde to má své pragmatické důvody. Nakladatelé mají zájem na maximálních prodejích knižních titulů, které vydávají, a proto vydávají nejčastěji učební texty a další materiály, které budou akceptovatelné a akceptované co nejširší pedagogickou veřejností. Je přirozené, že se na učebnicovém trhu vyskytnou i tituly nerespektující ve významné míře klasické řazení učiva, ale takových je zcela jistě menšina.

Ačkoli Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání sám o sobě nepředepisuje žádné konkrétní řazení učiva, ale pouze požadované cíle a okruhy učiva, zůstává na většině škol klasické (tradiční) pořadí výukových témat. Toto klasické řazení je reflektováno i v jednotlivých učebnicích.

4.2 Řazení učiva a tematických celků v konkrétních učebnicích

Vzhledem k tomu, že Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání nepředepisuje řazení výukové látky, použiji pro určení řazení výukových témat a optimální časové zařazení mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás do výuky několik rozšířených českých učebnic.

4.2.1 Řazení učiva v učebnicích pro vzdělávací obor Fyzika

Za reprezentanty českých učebnic fyziky jsem vzal čtyři sady učebnic – tituly z produkce Nakladatelství Fraus, nakladatelství Prometheus (2 sady) a Scientia.

Nakladatelství Fraus patří již více let k největším nakladatelstvím učebnic v rámci České republiky a pokrývá svou produkcí kompletní sortiment učebnic pro druhý stupeň základní školy. Tituly tohoto nakladatelství obsahují významné množství mezipředmětových vztahů a souvislostí, jsou obsahově provázané a odkazují se na sebe navzájem, tvoří ucelený výukový systém.

Nakladatelství Prometheus se přednostně věnuje vydávání titulů pro výukové obory matematika a fyzika. Toto poměrně vyhraněné zaměření nakladatelství Prometheus jednoznačně souvisí s jeho vazbou na společnost Jednota českých matematiků a fyziků.

Fyzikální učebnice z nakladatelství Scientia jsou samotnými autory označovány za alternativní učebnice fyziky pro občanskou školu. Proto je zajímavé se podívat, jakému řazení výukových témat dávají autoři v alternativních učebnicích přednost.

Učebnice fyziky Nakladatelství Fraus

Učebnice mají jednotnou strukturu výkladu učiva. Tvoří ji základní část (vlastní učivo fyziky) a motivační část, zaměřená na propojení obsahu učiva fyziky s poznatky z dalších, zejména přírodovědných předmětů, a promítnutí teoretických poznatků do běžného života žáka.

Učebnice jsou zpracovány v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání s přihlédnutím k požadavkům Co by měl umět žák základní školy z fyziky. Řazení kapitol je tradiční, umožňuje bezproblémový přechod žáka mezi různými školami. Do učiva jsou zařazovány i moderní aplikace (mobilní telefony, proudové jističe, elektrické spotřebiče, digitální měřicí přístroje).

RAUNER, K. a kol. F*yzika pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2004. 120 s. ISBN 80-7238-210-1.

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol – Těleso a látka, Elektrické vlastnosti látek, Veličiny a jejich měření, Magnetismus, Elektrický obvod.

Netradiční je v učebnici pro 6. ročník zařazení kapitoly věnované určení polohy s popisem činnosti systému GPS. První odvozenou fyzikální veličinou, se kterou se žáci seznamují, je rychlost. Autoři vycházeli z toho, že pochopení vzájemných souvislostí mezi rychlostí, dráhou a časem je vzhledem ke zkušenostem dnešní generace mnohem snazší, než tradiční spojení hustota – objem – hmotnost.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

RAUNER, K. a kol. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2005. 136 s. ISBN 80-7238-431-7.

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol – Pohyb tělesa, Síly a jejich vlastnosti, Kapaliny, Plyny, Světelné jevy.

V učebnici pro 7. ročník jsou některé kapitoly netradiční: Kreslíme grafy, Kapilární jevy, Přetlak, podtlak a vakuum, Proudění vzduchu a Optické klamy. Při jejich zpracování autoři vycházeli z toho, že zmíněné kapitoly mají velkou reflexi v praktickém životě a přitom jejich pochopení neklade na žáky zvláštní nároky.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je jednoznačná souvislost s tematickým celkem Světelné jevy, který je v učebnici zařazen jako poslední. To znamená, že se předpokládá jeho výuka optimálně v posledním čtvrtletí školního roku. Tematický celek Světelné jevy je složený z následujících kapitol – Přímočaré šíření světla, Rychlost světla, Stín a polostín, Zatmění Slunce a Měsíce, Fáze Měsíce, Odraz světla na rovinném zrcadle, Kulová zrcadla, Lom světla, Čočky, Zobrazení předmětů čočkami, Oko, Optické klamy, Optické přístroje – užití čoček v praxi, Rozklad světla hranolem, barvy. Objasnění pojmu barvy a barevné vidění je zejména součástí kapitol Oko, Optické klamy a Rozklad světla hranolem, barvy. Z těchto kapitol je možné přímo vycházet při sestavování rozšiřujícího učiva týkajícího se barev.

RAUNER, K. a kol. ***Fyzika 8 pro základní školy a víceletá gymnázia*****. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2006. 128 s. ISBN 80-7238-525-9.**

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol – Práce a energie, Tepelné jevy, Zvukové jevy, Elektrický proud.

V učebnici pro 8. ročník je rozšířena kapitola Zvukové jevy o látku související s kmitáním a vlněním v obecnější podobě. K zvýšení praktického využití učebnice je zařazena kapitola Jak fungují elektrické spotřebiče, ve které jsou popsány i principy mikrovlnné trouby a chladničky.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

RAUNER, K. a kol. ***Fyzika 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*****. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2007. 136 s. ISBN 80-7238-617-8.**

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol – Elektrodynamika, Elektrický proud v polovodičích, Atomy a záření, Astronomie, Vývoj fyziky.

V učebnici pro 9. ročník je větší pozornost než u jiných řad věnována astronomii, elektronice, atomové a jaderné fyzice.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

Učebnice fyziky nakladatelství Prometheus

Nakladatelství Prometheus má k dispozici dvě paralelní řady učebnic fyziky pro 2. stupeň základní školy. Jedná se o řadu autorů Kolářová, Bohuněk s názvem Fyzika pro 6. až 9. ročník základní školy a o řadu autora Macháček s názvem Fyzika 6 až 9 pro základní školy a víceletá gymnázia.

Učebnice autorů Kolářová, Bohuněk tvoří osvědčenou řadu pro výuku fyziky na základní škole. Jsou zpracované v souladu s Rámcovým vzdělávacím programem pro základní vzdělávání. V jednotlivých článcích je uvedeno stručné vysvětlení nových poznatků a ukázky jejich využití v denním životě, ale i návody na pozorování a provádění pokusů. V závěru každého článku je shrnutí toho, co je užitečné si zapamatovat. V učebnici jsou zařazeny i laboratorní úlohy a výsledky úloh.

Učebnice autora Macháček je vhodná zejména pro výuku na nižším stupni víceletého gymnázia. Učí žáky tvořivě myslet a řešit přiměřené problémy, aby dobře porozuměli přírodním zákonitostem a aby viděli, kde všude se tyto zákonitosti projevují. Obsahuje dvě úrovně výkladu. Základní úroveň obsahuje učivo požadované Rámcovým vzdělávacím programem v hloubce přiměřené průměrným žákům. Rozšiřující úroveň je vhodná pro primu víceletých gymnázií a pro třídy s rozšířenou výukou přírodovědných předmětů. Učivo je vykládáno na příkladech a jevech běžného denního života v přírodě, technice, sportu apod.

V závěru učebnice je uveden přehled kompetencí, k jejichž utváření a rozvíjení používání této učebnice přispívá a očekávané výstupy, kterých mohou žáci ve výuce fyziky pomocí této učebnice dosáhnout.

KOLÁŘOVÁ, R. – BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 6. ročník základní školy*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2002. 160 s. ISBN 978-80-7196-246-5.

Učebnice obsahuje následující tematické celky a podcelky členěné do dílčích kapitol: Vlastnosti látek a těles – Stavba látek, Elektrické vlastnosti látek, Magnetické vlastnosti látek; Měření fyzikálních veličin – Měření délky, Měření objemu tělesa, Měření hmotnosti tělesa, Hustota, Měření času, Měření teploty těles; Elektrický obvod – Elektrický proud, Magnetické pole elektrického proudu, Rozvětvený elektrický obvod.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

KOLÁŘOVÁ, R. – BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2003. 200 s. ISBN 978-80-7196-265-6.

Učebnice obsahuje následující tematické celky a podcelky členěné do dílčích kapitol: Pohyb a síla – Pohyb tělesa, Síla, Skládání sil, Posuvné účinky síly, Pohybové zákony, Otáčivé účinky síly, Deformační účinky síly, Tření; Mechanické vlastnosti kapalin a plynů – Mechanické vlastnosti kapalin, Mechanické vlastnosti plynů; Světelné jevy – Přímočaré šíření světla, Odraz světla, Zobrazení zrcadly, Lom světla, Zobrazení čočkami, Rozklad světla.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je jednoznačná souvislost s tematickým celkem Světelné jevy, který je v učebnici zařazen jako poslední. To znamená, že se předpokládá jeho výuka optimálně v posledním čtvrtletí školního roku.

Tematický celek Světelné jevy a jeho podcelky jsou složené z následujících kapitol: Přímočaré šíření světla – Světelné zdroje, Šíření světla, Měsíční fáze, Stín, Rychlost světla; Odraz světla, zobrazení zrcadly – Odraz světla, Zákon odrazu světla, Zobrazení rovinným zrcadlem, Zrcadla v praxi; Lom světla, zobrazení čočkami – Lom světla, Čočky, Zobrazení předmětů čočkami, Optické vlastnosti oka, Užití čoček v praxi; Rozklad světla – Rozklad slunečního světla optickým hranolem.

Objasnění pojmu barvy a barevné vidění je zejména součástí kapitol Optické vlastnosti oka a Rozklad slunečního světla optickým hranolem. Z těchto kapitol je možné vycházet při sestavování rozšiřujícího učiva týkajícího se barev.

KOLÁŘOVÁ, R. – BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 8. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999. 224 s. ISBN 80-7196-149-3.

Učebnice obsahuje následující tematické celky a podcelky členěné do dílčích kapitol: Práce, energie a teplo – Práce, Výkon, Pohybová a polohová energie, Vnitřní energie, Teplo, Změny skupenství; Elektrické jevy – Elektrický náboj, Elektrické pole, Elektrický proud; Zvukové jevy; Počasí kolem nás.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

KOLÁŘOVÁ, R. – BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 2000. 232 s. ISBN 80-7196-193-0.

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol: Elektromagnetické jevy, Střídavý proud, Vedení elektrického proudu v kapalinách a plynech, Vedení elektrického proudu v polovodičích, Bezpečné zacházení s elektrickými zařízeními, Elektromagnetické záření, Světelné jevy a jejich využití, Jaderná energie, Země a vesmír, Čemu jsme se ve fyzice naučili.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás je v učebnici zařazen tematický celek Světelné jevy a jejich využití obsahující následující kapitoly: Lom světla, Čočky, Optické vlastnosti oka, Lupa a mikroskop, Dalekohledy. Tento tematický celek však neobsahuje při srovnání s obdobným tematickým celkem probíraným v 7. ročníku žádné rozšiřující informace, které by se týkaly barev a barevného vidění. Také kapitola Optické vlastnosti oka nepřináší v tomto směru žádné nové poznatky.

MACHÁČEK, M. ***Fyzika 6 pro základní školy a víceletá gymnázia*****. 3. vydání. Praha: Prometheus, 2000. 160 s. ISBN 80-7196-186-8.**

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol: Fyzika a náš život, Fyzikální pokusy, Vlastnosti látek, Magnetická síla, Póly magnetu, Elektrická síla, Gravitační síla, Co jsme se naučili o silách, Měření délky, Měření objemu, Měření hmotnosti, Hustota, Měření času, Měření síly, Co jsme se naučili o měření, Měření teploty, Teplotní roztažnost, Co jsme se naučili o teplotě, Částice, Částice se přitahují, Atomy a molekuly, Co jsme se naučili o částicích, Elektrický obvod, Bezpečné zacházení s elektrickými spotřebiči, Tepelné spotřebiče, Elektromagnet, Co jsme se naučili o elektrickém proudu, Vznik zvuku, Šíření zvuku, Co jsme se naučili o zvuku.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

MACHÁČEK, M. ***Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*****. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2001. 160 s. ISBN 80-7196-217-1.**

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol: Rovnoměrný pohyb, Nerovnoměrný pohyb, Co jsme se naučili o pohybu, Síla, Gravitační síla, Skládání sil, Tření, Tlak, Zákon setrvačnosti a zákon síly, Zákon akce a reakce, Páka, Těžiště a stabilita, Co jsme se naučili o silách, Hustota, Hydrostatický tlak, Spojené nádoby, Atmosférický tlak, Archimédův zákon, Pascalův zákon, Co jsme se naučili o kapalinách a plynech, Šíření světla, Stín, Odraz světla, Lom světla, Optické přístroje, Co jsme se naučili o světle.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je jednoznačná souvislost s tematickými celky Šíření světla, Lom světla, Optické přístroje, Co jsme se naučili o světle, které jsou v učebnici zařazeny ke konci. To znamená, že se předpokládá jejich výuka optimálně v posledním čtvrtletí školního roku. Uvedené tematické celky jsou složené z následujících kapitol: Šíření světla – Bílé a černé, Jak vidíme barvy, Jak se světlo šíří v různých prostředích, Jakou rychlostí se šíří světlo, Světlo jako pravítko, Nejjednodušší fotoaparát, Infračervené záření, Ultrafialové záření; Lom světla – Pokusy s lomem světla, Spojky, Rozptylky, Kolik dioptrií?, Jak zobrazuje spojka, Jak vzniká duha, Fata morgana, Závod paprsků; Optické přístroje – Jak pracuje fotoaparát, Jak se tvoří fotografie, Lidské oko, Prostorové vidění, Proč nosíme brýle, Abychom dobře viděli, Příjemné osvětlení, Co je to zorný úhel, Lupa, Mikroskop, Dalekohled, Zrcadlový

dalekohled, Promítací přístroj; Co jsme se naučili o světle – Černé divadlo, Co je to teleobjektiv a „zoom“, Jak vidí různí živočichové.

Objasnění pojmu barvy a barevné vidění je zejména součástí kapitol Bílé a černé, Jak vidíme barvy, Infračervené záření, Ultrafialové záření, Jak vzniká duha, Lidské oko, Jak vidí různí živočichové. Z těchto kapitol je možné vycházet při sestavování rozšiřujícího učiva týkajícího se barev.

MACHÁČEK, M. *Fyzika 8 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2001. 160 s. ISBN 80-7196-220-1.

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol: Práce a výkon, Práce na jednoduchých strojích, Pohybová a polohová energie, Co jsme se naučili o práci, Vnitřní energie, Měření tepla, Zákon zachování energie, Vedení tepla, Šíření tepla prouděním a zářením, Hospodaření s teplem, Změny skupenství, Co jsme se naučili o energii, Fyzika zemské atmosféry, Fyzika v kuchyni, Tepelné motory, Atomy a ionty, Elektrický proud, Napětí a odpor, Za sebou a vedle sebe, Elektrická energie, Vedení proudu v kapalinách a plynech, Elektřina a magnetizmus, Co jsme se naučili o elektřině.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

MACHÁČEK, M. *Fyzika 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2000. 160 s. ISBN 80-7196-191-4.

Učebnice obsahuje následující tematické celky členěné do dílčích kapitol: Elektromagnetická indukce, Transformátor, Elektřina v domě, Co jsme se naučili o elektromagnetické indukci, Kmitání, Vlnění, Hlasitost, Co jsme se naučili o zvuku, Atomové jádro, Země a její okolí, Planety, Hvězdy, Galaxie, Energie, polovodiče, Co jsme se naučili o látkách, Co jsme se naučili o pohybu a síle.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

Učebnice fyziky nakladatelství Scientia

Učebnice řady Fyzika kolem nás, Fyzika 1 až 4 pro základní a občanskou školu sami autoři deklarují jako alternativní učebnice fyziky pro občanskou školu. Rozsah učiva

odpovídá běžným standardům základní školy. Zpracování učebnice umožňuje častější zařazení heuristických metod výuky fyziky a aktivnější účast žáků na výuce. V učebnici jsou řešeny problémy, se kterými se žáci mohou denně setkávat. Fyzika je představována a budována jako užitečný nástroj, nikoli jako přírodní věda uzavřená do laboratoří. Matematické zápisy fyzikálních vztahů jsou vesměs nahrazeny slovním popisem nebo grafickým vyjádřením.

Analýzou konkrétních situací žáci směřují k obecnějším fyzikálním poznatkům, které však neztrácejí svůj reálný obsah. Součástí textu jsou pro účely domácí přípravy návody k drobným domácím experimentům, náměty k pozorování a problémové úlohy.

ROJKO, M. a kol. ***Fyzika kolem nás, Fyzika 1 pro základní a občanskou školu: učitelská verze*****. 1. vydání. Praha: Scientia, 1995. 104 s. ISBN 80-85827-83-2.**

Učebnice obsahuje následující kapitoly: Zvuky kolem nás, Hudební nástroje, Rychlost zvuku, Zvukové vlny, Hrajeme si se zvukem, Hlas a sluch, Od lokte k metru, Měření času, Jak rychle šplhá fazole, Energie, Energie na talíři, Síla je když, Kdo má větší sílu, Gravitace, Tření – náš nepřítel i kamarád, Síly kolem nás, Voda kolem nás, Voda ve třech podobách, Co je a co není hustota, Jak tlačí voda, Archimédův zákon, Vodní hospodářství, Zkoumáme vzduch, Vzduch – nejměkčí polštář, Plyny, se kterými se setkáváme, Kolik váží vzduch, Jak tlačí vzduch, Atmosféra Země, Počasí, Porovnáváme a měříme teplotu, Jak získáváme teplo, Jak cestuje teplo, Vaříme, Bráníme se teplu i chladu, Zatopíme si v krbu, Hrajeme si s magnety, Neviditelné ruce magnetického pole, Elektrický náboj, Není náboj jako náboj, Neviditelné ruce elektrického pole, Elektrický obvod, Stejnosměrný a střídavý elektrický proud, Buzola pod elektrickým vedením, Kouzla s cívkami, Elektrické zdroje, Z elektrárny do zásuvky, Stopujeme světlo, Hůl do vody ponořená zdá se býti zalomená, Fotoaparát a oko, Od jádra ke galaxii.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je souvislost s kapitolou Fotoaparát a oko, případně dílčí souvislost s dalšími kapitolami dotýkajícími se optiky, tj. s kapitolami Stopujeme světlo, Hůl do vody ponořená zdá se býti zalomená.

ROJKO, M. a kol. ***Fyzika kolem nás, Fyzika 2 pro základní a občanskou školu: učitelská verze*****, 1. vydání. Praha: Scientia, 1996. 112 s. ISBN 80-7183-057-7.**

Učebnice obsahuje následující kapitoly: Zkoumáme pohyb, Kdy a kde?, Pohyb sem – tam, Kdo je rychlejší, Od dráhy k rychlosti, Jiné rychlosti, Nejjednodušší pohyb, Padání, Čteme z grafů, Jak nakreslit sílu, Veličiny, Jednotky, Měřidla, Sčítání šipek, Skládáme

a rozkládáme síly, Jak to viděl Aristoteles a jak Newton, Kde je síla, tam se mění pohyb, Newtonův zákon aneb já na bráchu…, Jak padá kámen a jak peříčko, Těžiště a rovnováha, Na houpačce, Když je houpačka křivá, Šetříme si svaly, Kladka, Šroub, Vážíme, Mechanika jízdního kola, Práce, Energie, Výkon, Hospodaříme s energií, Hrajeme si s různými pohony, Jak pracují tepelné motory, Parní motory, Spalovací motory, Další spalovací motory, Chladnička – stroj, který hřeje?, Umíme vyrobit „čistou energii“?, Elektrárny, Perpetum mobile, Uspěchané světlo, Lom světla, Kde všude se světlo odráží a láme, Čočky, Oči, někdy s brýlemi, Čočky kolem nás, Spojky a rozptylky, Lupa a mikroskop, Dalekohled, Pohledy vzhůru, Barvy, Šálení zraku, Pozor na oči.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je jednoznačná souvislost s kapitolami Oči, někdy s brýlemi, Barvy. Částečnou souvislost mají všechny další kapitoly z oblasti optiky, tj. kapitoly Uspěchané světlo, Lom světla, Kde všude se světlo odráží a láme, Čočky, Čočky kolem nás, Spojky a rozptylky, Lupa a mikroskop, Dalekohled, Pohledy vzhůru, Šálení zraku, Pozor na oči. Kapitoly týkající se optiky jsou zařazeny ke konci knihy, tj. lze předpokládat jejich probírání ve výuce rovněž ve čtvrtém čtvrtletí školního roku.

Ačkoli je tedy v řadě alternativních učebnic Fyzika kolem nás u některých kapitol zvoleno jiné než běžné zařazení látky, optika zůstává zařazena ke konci 7. ročníku základní školy, což je pro plánování časového umístění mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás jednoznačně pozitivní zjištění.

Z výše uvedených kapitol je přirozeně možné vycházet při sestavování rozšiřujícího učiva týkajícího se barev. V učebnici Fyzika kolem nás, Fyzika 2 pro základní a občanskou školu, je dokonce přímo zařazena kapitola 48 – Barvy, která obsahuje nezanedbatelnou část poznatků, jež plánuji zařadit do svého výukového tématu.

ROJKO, M. a kol. *Fyzika kolem nás, Fyzika 3 pro základní a občanskou školu: učitelská verze*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1997. 92 s. ISBN 80-7183-102-6.

Učebnice obsahuje následující kapitoly: Jehlové podpatky zakázány, Přítel tlak, Pevnost v tahu, Záhadný nápis $p = h\rho g$, Jak tlačí kapaliny, Tlak krve, Plavání a potápění, Cesty do hlubin, Jak tlačí plyny, Od brčka k pumpě, Co dokáže vzduch, Pokusy s vývěvou, Plavání ve vzduchu, Když se vzduch rozběhne, První vzduchoplavci, Báječné létající stroje, Letadla pro lidi, Jak se letadla řídí, Vrtule, Trysky, Rakety, Obvody kolem nás, Tajné obrázkové písmo bratrstva elektřiny, Jak se zapojují obvody, Hry s malými broučky, Kondenzátory – spižírničky elektřiny, Metr na elektřinu, Měříme napětí a proud,

Měření pro profesionály, Jak dlouho vydrží svítit vaše baterka, Zkoumáme vedení proudu, Ohmův zákon, Odpor a teplota, Na čem odpor závisí, Hrajeme si s odpory, Za sebou, Vedle sebe, Regulace proudu a napětí, Elektrické počty a hlavolamy, Výkon elektrického proudu, Vedení proudu v kapalinách, Vedení proudu v plynech, Bezpečnost, Co víme a co nevíme o teple, Hřejeme vesmír, Proměny vody, Metr na teplo, Jak se voda převléká, Proč jsou skupenství tak různá, Tepelná vodivost a roztažnost, Jak se s teplem hospodaří, Potíme se a mrzneme.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

ROJKO, M. a kol. ***Fyzika kolem nás, Fyzika 4 pro základní a občanskou školu: učitelská verze*****. 1. vydání. Praha: Scientia, 1998. 100 s. ISBN 80-7183-138-7.**

Učebnice obsahuje následující kapitoly: Opakovací děje, Houpačky a kolotoče, Když se řekne vlna, Zvukové vlny, Jedna a jedna může být nula, Nepřítel hluk, Světelné a elektromagnetické vlny, Magnety a vodiče s proudem, Kde všude pracují elektromagnety, Elektromagnetická indukce, Transformátory, Použití transformátorů, Reproduktor a mikrofon, Jak se vyrábí elektřina, Třífázový proud, Přenos elektrické energie, Pokusy s vodiči v magnetickém poli, Usměrňovač, Zaměstnáváme elektřinu, Bezdrátové spojení, Od krystalky k tranzistoráku, Telefon, Televize, Od fonografu k cédéčkům, Magnetofon, Video, Dobrý nůž je z ocele, Nejdříve konstruujte materiál, Pevnost kapalin, Mikroskop na atomy, Záření z nitra atomů, Nakřáplá jádra, Energie z jader, Jaderná elektrárna a její bezpečnost, Hirošima, Nagasaki a Černobyl, Co dělá záření v látce a v lidech, Zkoumání jader, Z čeho je vlastně svět?, Víme už o částicích všechno?, Nechcete být fyziky?, Částice a vesmír, Vesmír očima Ptolemaia a Koperníka, „Vesmírné smetí“, Jaro, léto, podzim, zima, Měsíc mění svou tvář, Kam zmizelo Slunce?, Měření vzdáleností, Čteme dopisy ze Slunce a hvězd, Bude Slunce svítit věčně?, Cesta na Měsíc.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je větší či menší souvislost s kapitolami Světelné a elektromagnetické vlny, Televize, Záření z nitra atomů. Uvedené kapitoly jsou rozloženy v průběhu celého 9. ročníku. Nicméně poznatky obsažené v těchto kapitolách nejsou pro výuku tématu Barvy kolem nás zásadní a není nutno se zařazení daných kapitol do výuky zásadně podřizovat.

4.2.2 Zařazení mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás do výuky z pohledu klasického řazení učiva fyziky

Všechny zkoumané české učebnice fyziky včetně alternativní řady učebnic z nakladatelství Scientia mají tematický celek optika zařazen ke konci 2. dílu, resp. dílu určeného pro 7. ročník základní školy. V některých učebnicích jsou dílčí celky nebo kapitoly předřazeny, ale nikde se nenachází většina základního učiva souvisejícího s barvami dále než ve druhém pololetí 7. ročníku. Z tohoto hlediska je optimální zařadit mezipředmětové výukové téma barvy bezprostředně za výklad optiky, šíření světla, lomu světla a rozkladu světla hranolem. Pokud by to školní vzdělávací program neumožňoval, je přirozeně možné uvažovat o zařazení tématu Barvy kolem nás kamkoli dál do 8. či 9. ročníku. V takovém případě je ale přímá návaznost na právě probírané učivo fyziky již slabší a je pravděpodobné, že žáci si již některé poznatky z optiky nebudou pamatovat a bude třeba je oživit.

4.2.3 Řazení učiva v učebnicích pro vzdělávací obor Informační a komunikační technologie

Vzdělávací obor Informační a komunikační technologie je téměř jistě nejdynamičtěji se rozvíjející vzdělávací obor, což souvisí s bouřlivých rozvojem informačních technologií v posledních letech. Proto je obtížné dohledat standardní učebnice a určit něco, co by se dalo nazvat klasickým řazením učiva. Na školách se často učí bez učebnic nebo s různými dočasnými učebními materiály, které postihují aktuální dění v tomto oboru.

Nicméně učebnice informatiky a výpočetní techniky také existují. Za základ jsem vzal dokument Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, který obsahuje přehled učebnic pro základní školy, jež mají platnou doložku MŠMT pro použití ve výuce na základních školách v České republice[1]. Z tohoto seznamu jsem jako reprezentanta učebnic informatiky a výpočetní techniky zvolil nejnovější sadu vydanou ve 2. vydání nakladatelstvím Computer Media. Všechny tři díly svým rozsahem pokrývají seznámení s počítačem, základy hardwaru, operační systém Windows, práci s grafikou, textové editory, tabulkové procesory, úvod do počítačových sítí, internet, elektronickou poštu, skenování, digitální fotografii a úpravu obrázků, PowerPoint, úvod do problematiky sítí, e-mail, ochranu před viry, počítačové pirátství, tvorbu internetových stránek, vypalování,

[1] *Schvalovací doložky učebnic duben 2011* [online]. Praha: MŠMT, 2011. [cit 2011-05-11]. Dostupné z URL < http://www.msmt.cz/vzdelavani/schvalovaci-dolozky-ucebnic-duben-2011>.

práci se zvukem, práci s multimédii a řadu dalších atraktivních témat. Všemi třemi díly provází imaginární postavička - Hugo, který se v textu navíc ilustrovaně objevuje v různých situacích. Učebnice je psána velmi čtivě a názorně, místy i vtipně a zábavně.

KOLÁŘOVÁ, L. a kol. *Informatika pro základní školy – 1. díl*. 2. vydání.
Kralice na Hané: Computer Media, 2009. 88 s. ISBN 978-80-7402-015-5.

Učebnice obsahuje následující kapitoly: Historie informací a práce s informacemi, Seznámení s počítačem, Hardware a software počítače, Bezpečnost a hygiena práce s počítačem, Operační systém Windows, Malování ve Windows, Počítačové sítě, Internet a jeho služby, Elektronická pošta.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je větší či menší souvislost s kapitolami Historie informací a práce s informacemi, Hardware a software počítače, Malování ve Windows.

KOLÁŘOVÁ, L. a kol. *Informatika pro základní školy – 2. díl*. 2. vydání.
Kralice na Hané: Computer Media, 2009. 88 s. ISBN 978-80-7402-016-2.

Učebnice obsahuje následující kapitoly: Další služby internetu, Ochrana osobních údajů při práci s internetem, Textový editor Microsoft Word, Grafika (rastrová a vektorová), Prohlížeče obrázků, Vektorový editor Zoner Callisto, Digitální fotoaparát, Digitální kamera, Skener.

Mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás souvisí prakticky s celým tímto druhým dílem učebnice, s některými kapitolami souvisí naprosto jednoznačně a bezprostředně, s dalšími jen částečně. Látka tohoto druhého dílu učebnice může být probírána pravděpodobně v průběhu 7. ročníku základní školy.

KOLÁŘOVÁ, L. a kol. *Informatika pro základní školy – 3. díl*. 2. vydání.
Kralice na Hané: Computer Media, 2009. 88 s. ISBN 978-80-7402-017-9.

Učebnice obsahuje následující kapitoly: Tabulkový procesor Microsoft Excel, Prezentační manažer Microsoft PowerPoint, Ochrana počítače před viry a nevyžádanou elektronickou poštou, Další zařízení počítače, Moderní počítačové technologie, Komprimace souborů, Práce s multimédii a zvukem, PDF (univerzální souborový formát).

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je částečná souvislost zejména s kapitolou Práce s multimédii a zvukem.

4.2.4 Zařazení výukového tématu Barvy kolem nás do výuky z pohledu řazení učiva informatiky a výpočetní techniky

Jak již bylo řečeno výše, prochází výukový obsah vzdělávacího oboru Informační a komunikační technologie bouřlivým rozmachem a není možno dost dobře definovat něco, co by bylo možno označit za klasické řazení učiva. Na základě rozboru uvedených učebnic informatiky lze říci, že v prvním roce jsou probírány základní věci týkající se hardware, software a internetu. Ve druhém roce pak následuje učivo, které se bezprostředně dotýká grafických aplikací, jejich obsluhy a využití. Třetí ročník, resp. třetí díl učebnice, zejména rozšiřuje a doplňuje učivo předchozích dílů.

Učivo týkající se barev je optimální zařadit ke konci druhého ročníku, ve kterém je probírána informatika a výpočetní technika. Pokud předpokládám, že námi zkoumaný soubor učebnic škola využije od 6. ročníku, pak je optimální zařadit mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás ke konci 7. ročníku. Toto vynikajícím způsobem koresponduje se zařazením z pohledu učiva fyziky. Téma Barvy kolem nás je možno přirozeně zařadit kdykoli později, protože otázka definice barev v nejrůznějších aplikacích na počítači se stále opakuje. Není vhodné ho zařazovat o mnoho dříve, do doby, kdy jsou probírány pouhé základy práce s počítačem.

4.2.5 Řazení učiva v učebnicích pro vzdělávací obor Přírodopis

Co se týče vzdělávacího oboru Přírodopis, má přímou souvislost s mezipředmětovým tématem Barvy kolem nás pouze jedno téma týkající se biologie člověka, a tím je pasáž vlastnosti a funkce oka, resp. vady oka a barvoslepost. Pro posouzení klasického řazení učiva přírodopisu použiji dvě řady učebnic, které svou koncepcí klasické řazení učiva preferují a poměrně striktně dodržují – první řadou je Přírodopis 6 až 9 pro základní školy a víceletá gymnázia Nakladatelství Fraus, druhou řadou jsou nově přepracované učebnice přírodopisu nakladatelství SPN – pedagogické nakladatelství.

Učebnice přírodopisu Nakladatelství Fraus

Učebnice mají jednotnou strukturu výkladu učiva. Tvoří ji základní část (vlastní učivo přírodopisu) a lišta zaměřená na propojení obsahu učiva s poznatky z dalších, zejména přírodovědných předmětů. Koncepčně klade důraz na myšlení ve vztazích, čímž povzbuzuje myšlenkové aktivity žáka. Informace a úkoly mají především motivační charakter. Jejich úkolem je stimulovat žáka k aktivní činnosti, na jejímž základě jsou tím

získané poznatky uváděné do souvislosti, a tak mu pomáhají lépe pochopit celou problematiku v kontextu. Učebnice doplňují náměty na laboratorní práce.

ČABRADOVÁ, V. a kol. *Přírodopis pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2004. 120 s. ISBN 80-7238-211-X.

Učebnice obsahuje následující tematické celky: Planeta Země a vznik života na Zemi, Život na Zemi, Základní struktura života, Přehled organismů (od virů po členovce), Člověk a příroda, Společenstvo organismů, Ekosystém, Zásahy člověka do přírody, Ochrana přírody.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

ČABRADOVÁ, V. a kol. *Přírodopis 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2005. 128 s. ISBN 80-7238-424-4.

Učebnice obsahuje následující tematické celky a podcelky: Zoologie – nauka o živočiších – Kruhoústí, Paryby, Ryby, Obojživelníci, Plazi, Ptáci; Botanika – nauka o rostlinách – Výtrusné rostliny, Semenné rostliny, Nahosemenné rostliny, Krytosemenné rostliny, Společenstva.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

VANĚČKOVÁ, I. a kol. *Přírodopis 8 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2006. 128 s. ISBN 80-7238-428-7.

Učebnice obsahuje následující tematické celky a podcelky: Savci – Vývoj savců, Přizpůsobení savců prostředí, Vnitřní stavba těla savců, Přehled hlavních skupin savců, Savci biomů světa; Etologie; Biologie člověka – Člověk jako součást živočišného systému, Původ a vývoj člověka, Lidská plemena, Orgánové soustavy člověka, Vývin člověka; Genetika; Poskytování první pomoci; Zdraví – největší bohatství člověka.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je jednoznačná souvislost s tematickým celkem Biologie člověka, podcelkem Orgánové soustavy člověka, kapitolou Zrak. Tato kapitola je podle zkoumané učebnice do výuky zařazena v 2. pololetí 8. ročníku.

ŠVECOVÁ, M. – Matějka, D. ***Přírodopis 9 pro základní školy a víceletá gymnázia.***
1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7238-587-4.

Učebnice obsahuje následující tematické celky: Geologie - věda o Zemi, Minerály a horniny, Stavba Země, Vnitřní geologické děje, Vnější geologické děje, Modrá planeta, Přírodní zdroje, Expedice do historie Země, Geologická mapa ČR, Co dokáže příroda.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

Učebnice přírodopisu nakladatelství SPN – pedagogické nakladatelství

Druhou řadou jsou klasické učebnice nakladatelství SPN – pedagogické nakladatelství autora Černík a kol., v posledních letech nově přepracované. Obsahově vychází z původního vydání učebnic, jsou však významně upravené, rozšířené a zaměřené v souladu s cíli a požadavky rámcových vzdělávacích programů. Učebnice uvádí rozpis klíčových kompetencí a výstupů z práce s ní. Zvláštní pozornost je věnována praktickému zaměření učiva, obrazovému vybavení učebnice, mezipředmětovým vztahům a také zpracování úkolů pro laboratorní práce. Za zmínku stojí, že učebnice byly přepracovány poměrně pozdě, až několik let poté, co rámcové vzdělávací programy vstoupily v platnost.

ČERNÍK, V. a kol. ***Přírodopis pro 6. ročník základní školy: zoologie a botanika.***
1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2007. 120 s.
ISBN 978-80-7235-374-3.

Učebnice obsahuje učivo zoologie a botaniky ve dvou oddělených částech – první polovina učebnice je věnována zoologii, druhá část botanice. Učivo o vyšších živočiších a rostlinách pokračuje v učebnici pro 7. ročník.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

ČERNÍK, V. a kol. ***Přírodopis pro 7. ročník základní školy: zoologie a botanika*****.**
1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2008. 136 s.
ISBN 978-80-7235-387-3.

Učebnice uzavírá učivo zoologie a botaniky a věnuje se vyšším organismům, navazuje na první učebnici pro 6. ročník.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

ČERNÍK, V. – MARTINEC, Z. – VODOVÁ, V. ***Přírodopis pro 8. ročník základní školy: biologie člověka*****. 1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2009. 80 s. ISBN 978-80-7235-416-0.**

Obsah učebnice je členěn do tří hlavních kapitol: Původ a vývoj člověka, Biologie člověka a Člověk a dědičnost. Nejrozsáhlejší je druhá kapitola, která postupně probírá stavbu i funkci všech orgánových soustav v lidském těle. Učivo je prakticky zaměřené, takže se žáci seznámí i se zásadami péče o vlastní zdraví, s prevencí chorob a se základy první pomoci.

Z pohledu výukového tématu Barvy kolem nás je jednoznačná souvislost s kapitolou Orgánové soustavy v lidském těle, podkapitolou zabývající se lidským okem a zrakem.

ČERNÍK, V. a kol. ***Přírodopis pro 9. ročník základní školy: geologie a ekologie*****.**
1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2010. 104 s.
ISBN 978-80-7235-496-2.

Učebnice obsahuje následující tematické celky: Země ve vesmíru, vznik Země a její stavba, Mineralogie, Petrologie, Geologické děje vnitřní a vnější, Půdy, Podzemní vody a prameny, Geografický vývoj a stavba České republiky, Ekologie.

Z pohledu mezipředmětového tematického celku Barvy kolem nás nejsou zařazena žádná výuková témata, která by s tímto celkem bezprostředně souvisela, případně by na něj mohla navazovat.

4.2.6 Zařazení výukového tématu Barvy kolem nás do výuky z pohledu řazení učiva přírodopisu

Klasické řazení učiva předpokládá zařazení biologie člověka do látky 8. ročníku základní školy. Zkoumané učebnice umisťují téma orgánové soustavy člověka, mezi něž

patří i lidské oko, do druhého pololetí tohoto ročníku. Z pohledu výuky přírodopisu by bylo ideální zařadit mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás za výklad o lidském zraku a oku. Je třeba si však uvědomit, že se jedná o jedinou kapitolu z celého tematického celku biologie člověka, takže učivo přírodopisu není pro časové zařazení tématu Barvy kolem nás do výuky z pohledu řazení učiva jednotlivých předmětů zásadní.

I nadále preferuji zařazení tématu Barvy kolem nás do výuky ve druhém pololetí 7. ročníku, neboť přímá návaznost na učivo fyziky – optika – a na učivo informatiky a výpočetní techniky – grafické aplikace – je zcela jistě důležitější než návaznost na kapitolu týkající se zraku a oka v přírodopise. S tím souvisí i fakt, že ve všech zkoumaných učebnicích fyziky je látka zabývající se lidským okem, zrakem a viděním v tematickém celku optika zastoupena.

Proto nevyužiji přímou návaznost na výuku přírodopisu. Je vhodné však poznamenat, že kapitola týkající se lidského oka a zraku a probíraná v přírodopise ve druhém pololetí v 8. ročníku je velice dobrou příležitostí k podrobnějšímu připomenutí a zopakování učiva o barvách.

4.3 Optimální zařazení mezipředmětového výukového tématu Barva do výuky na 2. stupni základní školy

V předchozích kapitolách jsem zkoumal řazení učiva, jak je definováno v Rámcových vzdělávacích programech pro základní vzdělávání. Zjistil jsem, že tyto rámcové vzdělávací programy nepředepisují žádné konkrétní řazení výukového obsahu. Proto jsem se pokusil analýzou vybraných učebnic fyziky, informatiky a výpočetní techniky a přírodopisu určit „klasické“ řazení učiva, které vychází z dřívějších platných učebních osnov pro dané vyučovací předměty a dodnes je ve značné části v současných učebnicích respektováno.

Dospěl jsem k závěru, že primárním musí být řazení učiva fyziky a informatiky a výpočetní techniky, protože mezi učivem těchto předmětů a výukovým tématem Barvy kolem nás jsou nejužší vazby a doporučuji téma Barvy zařazovat do druhého pololetí 7. ročníku základní školy.

Souvislosti s učivem přírodopisu jsou také těsné, ale jedná se o část jediné kapitoly z celé látky 2. stupně základní školy. Tato látka (kapitola zrak a lidské oko) je ve většině případů stejně probíraná ještě jednou v učivu fyziky. Proto nebudu v dalším časovou návaznost na přírodopis uvažovat.

Pojem barvy ve vztahu k výuce chemie nebudu vůbec zdůrazňovat, jak jsem již naznačil výše. Výuka chemie na druhém stupni základní školy nemá prostor k tomu, aby na teoretickém základě vysvětlovala principy fungování barviv na základě pohlcování či odrážení světla různých vlnových délek.

Výtvarná výchova je posledním vyučovacím předmětem, který do svého přehledu výukových oblastí a oborů dotýkajících se barev, zařazuji. Vzhledem k tomu, že se ale jedná pouze o praktickou demonstraci subtraktivního míchání barev, není nutno vázat zařazení tématu Barvy kolem nás na konkrétní témata výtvarné výchovy a jejich časové zařazení do výuky. Z pohledu výtvarné výchovy může být mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás zařazeno zcela libovolně.

5 Historie a elementární základy teorie barev

Úryvky z teorie barev zmíněné v následujících kapitolách si nekladou za cíl být vědecky přesnou a zcela konzistentní teorií barev. Jedná se spíš o souhrn dílčích informací tvořících základní přehled, který může být ve většině případů předložen běžnému žákovi druhého stupně základní školy takovým způsobem, že jej zvládne bez problémů pochopit.

Záměrně jsem se v naprosté většině případů nepouštěl do matematického vyjadřování a odvozování kolorimetrických vztahů a zaměřil jsem se na kvalitativní popis některých pojmů a veličin. Pokud někde výjimečně používám matematické vztahy, jistě nejsou určeny pro výklad žákům, ale pouze pro demonstraci některých vazeb mezi kolorimetrickými veličinami pro vyučujícího, který se výukovým tématem Barvy kolem nás cíleně zabývá.

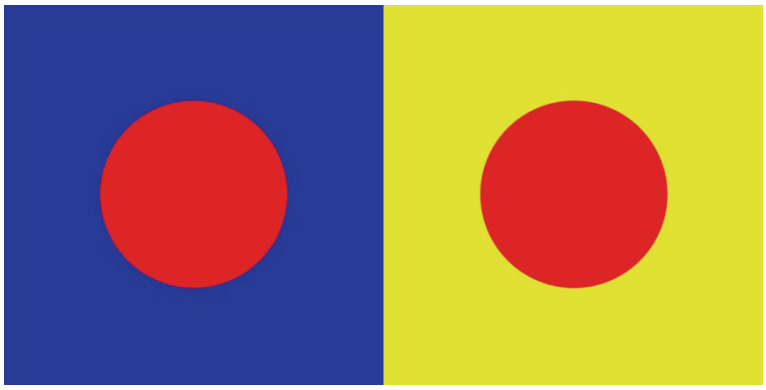
5.1 Úvod

Fakt, že lidské oko je schopno vnímat barvy, je jedním z důležitých předpokladů přežití člověka jako živočišného druhu v průběhu jeho druhového a historického vývoje. Člověk v minulosti musel mít schopnost, pomocí které dokázal rozeznat „špatné“ a „dobré“ ovoce, mimo jiné podle jeho barvy, a tato schopnost mohla znamenat až rozdíl mezi životem a smrtí. V současnosti však schopnosti lidského oka a zejména intuitivní popis barvy předmětů narážejí v mnoha oborech lidské činnosti na hranice možného. Ukazuje se, že již není vhodné a dostatečné popisovat barvy jen prostým slovním označením oranžová, meruňková, lososová apod. Do obrovského množství barev, které je schopen člověk vnímat, je nutno vnést nějaký řád a také nějakou kvantifikaci.

Je nutno si dále uvědomit, že lidské oko může být při vnímání barev oklamáno, není zcela dokonalé. Uvedu několik málo příkladů, které demonstrují situace, kdy při vnímání barev narážíme na meze schopností lidského oka.

Metamerismus – dvě různé barvy (různé rozumíme ve smyslu různé spektrální odrazivosti – viz dále) mohou být vnímány při jedné barvě osvětlení, např. klasickými žárovkami nebo případně zářivkami, skutečně jako odlišné, jak lze předpokládat, ale při jiném druhu osvětlení, např. při osvětlení denním světlem, se mohou překvapivě jevit zcela stejné. (Tento jev bohužel není možno nasimulovat tiskem procesními barvami CMYK.)

Simultánní kontrast – zcela identická barva může být lidským okem vnímána jednou jako tmavší a podruhé jako světlejší v závislosti na tom, zda je daný barevný objekt umístěný na světlejším nebo tmavším pozadí.



Obr. 5.1: simultánní kontrast, subjektivní vnímání

Rozdíl neboli diference barev – pokusné osoby mají za úkol rozhodnout, která z barev ve čtvercích sousedících s centrálním trojúhelníkem, je nebližší barvě trojúhelníku. Je pravděpodobné, že různí lidé na tuto otázku poskytnou různé odpovědi. V běžném životě je poměrně zvláštní zabývat se kvantifikací rozdílu dvou barev, ale ukazuje se, že lidé tento pojem intuitivně chápou a dokážou si pod ním něco představit. Pokud je zapotřebí o barvách hovořit nejen intuitivně, je nutné pojem rozdíl barev definovat a kvantifikovat.

Obr. 5.2: rozdíl barev, subjektivní vnímání

Na faktu, že jsou schopnosti lidského oka při vnímání barev omezené, staví velké množství optických klamů. Jejich rozborem by bylo možné jednotlivá omezení podrobněji popsat, to však není cílem těchto základů.

5.2 Spektrum

Následující krátký historický přehled si klade za cíl zmínit a definovat jednotlivé pojmy z oblasti nauky o barvách zhruba v tom pořadí, v jakém se v průběhu historie objevily a v jakém se jimi vědci postupně zabývali.

5.2.1 Isaac Newton a jeho přínos k nauce o barvách

Anglický fyzik a matematik Isaac Newton (1642–1727) se mimo prací v mnoha jiných fyzikálních a matematických oblastech zabýval také světlem a jeho vlastnostmi. V Newtonově době byly znalosti o barvách velice kusé. Bylo známo, že barva souvisí s vlastnostmi povrchu objektu a zároveň se světlem odraženým od objektu. Byly také známy geometrické vlastnosti světla, jako jsou odraz a lom, ale vlastnosti související s barevností světla do té doby nebyly nijak systematizovány. Isaac Newton zjistil, že bílé světlo může být rozděleno na jednotlivé základní barvy. Pás těchto základních barev pojmenoval spektrum a popsal pořadí těchto barev – oblast červenou, oranžovou, žlutou, zelenou, modrou, indigovou a fialovou. K popisu barev si vybral pouze těchto sedm základních oblastí, i když bylo i jemu zřejmé, že existuje bezpočet dalších barev, které leží mezi nimi. Podstatné je zejména to, že Newton definuje barvu jako vlastnost světla. Bílé světlo v sobě obsahuje všechny barvy. Pokud se nám povrch jeví „žlutý“, pak to znamená, že tento povrch nějakým způsobem změnil původně bílé světlo, které se od něj odrazilo. Není-li světlo, nejsou ani barvy.

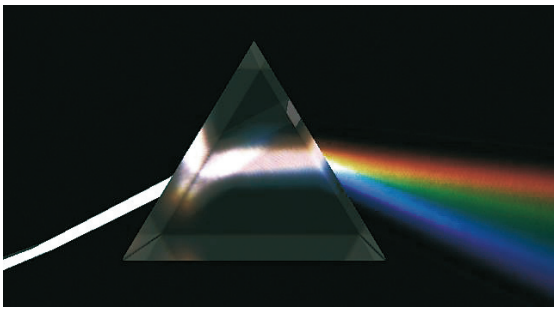
5.2.2 Newtonův pokus s hranolem

(1666 Woolsthorpe, Lincolnshire, Anglie). Oproti populárnímu tvrzení rozhodně nebyl Isaac Newton tím, kdo jako první objevil optický hranol. Světelný barevný úkaz (spektrum) získaný hranolem byl v Newtonově době již dobře známý. Předpokládalo se však, že barvy spektra byly nějakým způsobem do světla přidány interakcí světla s látkou, ze které byl hranol vyroben, typicky tedy sklem nebo kapkami vody, o kterých se vědělo, že způsobují duhu. Newton však ukázal, že všechny barvy spektra byly přítomné už v původním světle a hranol posloužil pouze k rozdělení původního bílého světla na jednotlivé barvy.

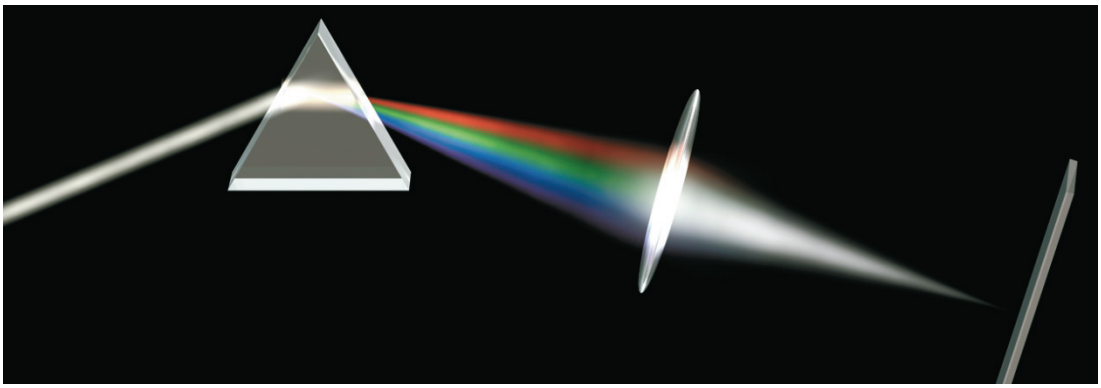
Newton zatemnil svůj pokoj a nechal do něj vstupovat pouze úzký paprsek denního světla malým kruhovým otvorem v okenici. Tento paprsek se jevil po dopadu jako malá bílá skvrna. Poté Newton umístil k otvoru trojboký hranol, který lámal paprsek světla a tím zároveň způsobil, že bílá skvrna se změnila v pestrobarevný pruh. Jeden konec pruhu byl červený, druhý fialový a ostatní barvy se objevily mezi nimi.

Pomocí další clony s kruhovým otvorem pak Newton izoloval světelný paprsek pouze jediné barvy a zjistil, že tento paprsek již nelze hranolem dále rozložit, že jeho barva zůstává stále stejná. Izoloval tedy určitou úzkou část spektra a ověřil, že v ní již nejsou obsaženy další barvy. Newton provedl také opačný experiment. Paprsek rozložený prvním hranolem na spektrum nechal procházet spojnou čočkou a získal zpět původní bílé světlo.

Z těchto pokusů Newton vyvodil, že světelné paprsky procházející hranolem jsou lámány pod různým úhlem v závislosti na jisté vlastnosti světla, kterou nazýváme „barva“. Touto jistou vlastností je, jak bude popsáno dále, vlnová délka světla.



Obr. 5.3: Newtonův pokus – rozklad světla hranolem[1]



Obr. 5.4: Newtonův pokus – opačné provedení[2]

[1] Převzato z: RAUNER, K. a kol. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2005. 136 s. ISBN 80-7238-431-7.

[2] tamtéž

5.2.3 Souvislost mezi vlnovou délkou světla, barvou a spektrem

Isaac Newton také pozoroval a zkoumal jev zvaný v současnosti Newtonovy kroužky. Při studiu tohoto fenoménu byl již blízko odhalení vztahu mezi vlnovou délkou a barvou světla. Později se však jeho pozornost upírala spíše k jiným odvětvím matematiky a fyziky jako jsou diferenciální počet, mechanika a pohybové zákony, vlastnosti gravitace.

Důkladné základy pro vlnovou teorii světla vybudoval až J. C. Maxwell (1831–1879). Maxwell se zabýval jiným odvětvím fyziky, které z jeho pohledu nesouviselo bezprostředně se světlem a s barvami, snažil se najít základy jednotné teorie elektřiny a magnetismu, které nyní říkáme teorie elektromagnetického pole. Podařilo se mu však mimo jiné také dokázat, že světlo je pouze jednou z forem elektromagnetické energie a může být popsáno pomocí standardních rovnic elektromagnetických vln. Je nutné podotknout, že Maxwell nebyl první, kdo se zabýval vlnovou teorií světla. Této myšlence se věnovali vědci již daleko dříve. Nedostatkem dřívějších vlnových teorií však bylo, že bylo nutno postulovat nějaké fiktivní či virtuální prostředí, tzv. éter, ve kterém by se mohly světelné vlny šířit. Až Maxwell vytvořil ucelenou teorii elektromagnetického vlnění, která pro vysvětlení šíření vln v prostoru nepotřebovala žádnou „berličku“ v podobě nehmotného éteru.

Vlnová délka světla se pohybuje ve stovkách nanometrů, zhruba mezi 380 a 770 nm. Elektromagnetické vlnění o vlnových délkách pod 380 nm a nad 770 nm je pro lidské oči neviditelné. Uvedené hraniční vlnové délky mohou být pro různé lidi mírně odlišné. Newtonův pokus, při kterém vznikne barevné spektrum po průchodu bílého světla optickým hranolem, můžeme popsat také tak, že světelné vlny s kratší vlnovou délkou se lámou více než vlny s delší vlnovou délkou.

Nyní můžeme přiřadit jednotlivým barvám v barevném spektru konkrétní čísla (vlnové délky světla dané barvy), a tím můžeme popsat barvy daleko přesněji, než je popisoval Newton pomocí svých sedmi barevných oblastí (červená, oranžová, žlutá, zelená, modrá, indigová, fialová).

Existuje „světlo“ s vlnovou délkou menší než 380 nm a větší než 770 nm? Maxwell se správně domníval, že není žádný důvod pro to, aby elektromagnetické vlnění těchto vlnových délek neexistovalo, pouze ho lidské oči nejsou schopné zaregistrovat. Oblast vlnových délek sousedící bezprostředně s červeným světlem, tj. vlnových délek nad 770 nm označujeme jako infračervený obor, oblast sousedící s fialovým světlem, tj. vlnové délky pod 380 nm, nazýváme ultrafialový obor. Není problém sestrojit detektory,

které budou schopné detekovat elektromagnetické vlnění i v dalších oblastech elektromagnetického spektra, např. rentgenové kamery, gamma dalekohledy apod. nebo zařízení, která bude možné naladit na příjem konkrétních vlnových délek – radiopřijímače a televizní přijímače.

5.2.4 Vyzařování a odraz světla, průchod světla látkou

Zatím jsme dospěli k tomu, že barva světla souvisí s jeho vlnovou délkou a jednotlivé barvy můžeme pozorovat ve spektru. Je třeba si však uvědomit, že v přírodě se vyskytuje mnohem více barev, než se nachází ve spektru. Kde se berou tyto další barvy a jak souvisí s vlnovou délkou světla? Jsou dva způsoby, jak mohou objekty v přírodě ovlivňovat, z jakých vlnových délek je složeno dané světlo – tělesa mohou světlo vyzařovat (emitovat) nebo pohlcovat (absorbovat).

- **Vyzařování (emise) světla.** Při vyzařování světla je přeměňována nějaká jiná forma energie na energii světelnou. Vyzařování je vždy způsobeno konkrétními chemickými nebo fyzikálními procesy, jako je například hoření. Pomocí každého fyzikálního či chemického procesu získáme vyzářené světlo jiných vlnových délek. Žádný zdroj světla v přírodě není „ideálně bílý“ v tom smyslu, že by vyzařoval rovnoměrně na všech vlnových délkách.
- **Pohlcování (absorpce) světla.** Je opakem emise a světelná energie je při ní přeměněna na jiné formy energie. Jakékoli světlo, které dopadne na těleso z dané látky, může být pohlceno jejími atomy či molekulami. Míra absorpce světla konkrétní vlnové délky je závislá na chemickém složení látky.

Jakékoli změny barvy světla při odrazu nebo průchodu tělesem či látkou, jinými slovy změny v zastoupení jednotlivých vlnových délek ve světle odraženém od tělesa nebo ve světle tělesem prošlém jsou způsobeny pohlcováním (absorpcí) nebo vyzařováním (emisí) světla.

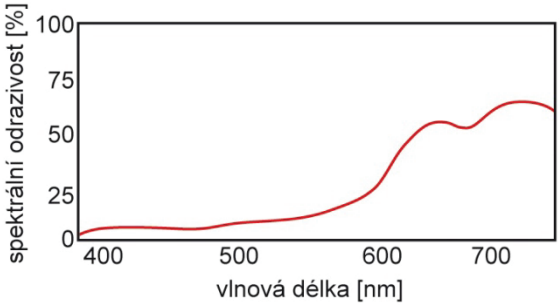
- **Odraz světla.** Světlo se neodráží od těles a povrchů, aniž by s nimi interagovalo. Na odraz je možné také pohlížet jako na pohlcení světla a jeho okamžité následné vyzáření. Někdy, například u ideálního zrcadla, je světlo, které se od něj odrazí, zcela totožné s dopadajícím světlem, změní se pouze jeho směr. Daleko častěji je ale dopadající světlo některých vlnových délek pohlcováno více než jiných vlnových délek, takže odražené světlo má z hlediska zastoupených vlnových délek jiné složení.
- **Průchod světla.** Světlo prochází průhlednými nebo průsvitnými látkami jako jsou voda, vzduch, filmová emulze, inkousty apod. Světlo při průchodu látkou interaguje s jejími molekulami nebo i většími částicemi a opět jsou některé vlnové délky

pohlcovány více než jiné. V každém případě je míra absorpce všech vlnových délek závislá na vrstvě látky, kterou světlo prošlo. Například voda se běžně jeví jako průhledná, ale při potápění do větších hloubek tomu tak zdaleka není a projde jí pouze malé množství světla. Jediným dokonale průhledným prostředím je vakuum.

Shrneme-li předchozí, všechny viditelné objekty je možné rozdělit do tří kategorií: objekty vyzařující světlo, jako jsou světelné zdroje a např. počítačové monitory a dva druhy objektů pohlcujících světlo – od jedněch se světlo odráží, druhými světlo prochází.

5.2.5 Spektrální data a spektrální křivky

Spektrální křivka každého objektu popisuje, jakým způsobem tento objekt ovlivňuje světlo jednotlivých vlnových délek. U objektu odrážejícího světlo můžeme popsat jeho spektrální odrazivost (reflektanci) – pro jednotlivé vlnové délky stanovíme intenzitu odraženého světla v procentech dopadajícího světla. Obrázek znázorňuje graf odrazivosti pro červený objekt – objekt odráží velice málo světlo krátkých vlnových délek (modré a zelené), částečně odráží žlutou část spektra a nejvíce odráží světlo delších vlnových délek (oranžové a červené).

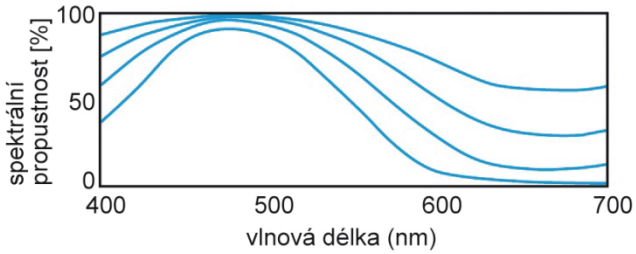


Obr. 5.5: graf (spektrální křivka) odrazivosti červeného předmětu[3]

Přístroje, pomocí kterých můžeme zkoumat spektrální křivky pro libovolné objekty na základě měření spektrálních dat, tj. množství světla odraženého nebo propuštěného objektem pro jednotlivé vlnové délky, se nazývají spektrofotometry.

U objektů, které světlo propouštějí, můžeme zkoumat jejich spektrální propustnost – intenzitu prošlého světla pro jednotlivé vlnové délky udávanou opět v procentech dopadajícího světla. Další obrázek znázorňuje graf spektrální propustnosti pro azurový inkoust – propouští zejména světlo kratších vlnových délek (modré), méně středních (zelené) a nejméně dlouhých vlnových délek (červené).

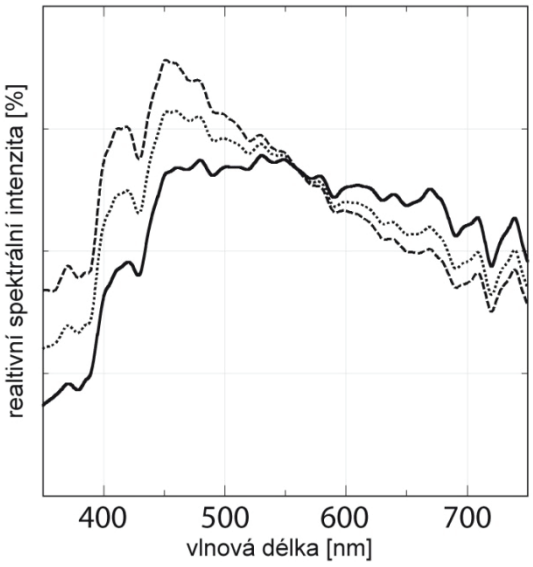
[3] Podle: HUNT, R. W. G. *The reproduction of Colour*. 6th Edition, Chichester (West Sussex, England, GB): John Wiley & Sons Ltd., 2004. 726 p. ISBN 0-470-02425-9.



Obr. 5.6: graf (spektrální křivka) propustnosti azurového inkoustu v různých koncentracích[4]

Poznámka – inkousty používané v tisku jsou skutečně transparentní a má smysl udávat jejich propustnost nikoli odrazivost. Světlo projde inkoustem, poté se odrazí od bílého podkladového papíru a projde inkoustem podruhé cestou zpět. Při průchodu světla inkoust absorbuje světlo některých vlnových délek podle své barvy. Pokud však pohlížíme na papír a inkoust jako na jeden objekt, pak opravdu světlo odráží.

U objektů vyzařujících světlo můžeme měřit intenzitu vyzářené světelné energie pro jednotlivé vlnové délky udávanou v poměru k celkové vyzářené světelné energii. Na následujícím obrázku je graf spektrální křivky pro denní světlo, takto vypadá po průchodu světla zemskou atmosférou, ve které je částečně rozptýleno a pohlceno.



Obr. 5.7: spektrální křivky denního světla v závislosti na atmosférických podmínkách[5]

[4] Podle: HUNT, R. W. G. *The reproduction of Colour*. 6th Edition, Chichester (West Sussex, England, GB): John Wiley & Sons Ltd., 2004. 726 p. ISBN 0-470-02425-9.

[5] Podle: GIORGIANNI, E. J. – MADDEN T. E. *Digital Color Management: Encoding Solutions*. 2nd Edition. Chichester (West Sussex, England, GB): John Wiley & Sons Ltd., 2008. 416 p. ISBN 978-0-470-51244-9.

5.2.6 Spektrální data – kompletní popis barvy

Nyní máme k dispozici první přijatelný model pro popis vlastnosti, kterou běžně nazýváme „barva objektu“. Běžné světlo obsahuje směs jednoduchých spektrálních světel různých vlnových délek. Přesné zastoupení konkrétních vlnových délek je dáno vlastnostmi světelného zdroje. Pokud se takové světlo odráží od povrchu tělesa nebo prochází průhledným či průsvitným tělesem, jako je film nebo vrstva inkoustu, zastoupení jednotlivých vlnových délek ve světle se změní. Světlo některých vlnových délek je absorbováno více než světlo jiných vlnových délek. Výsledná kombinace vlnových délek je informací, které v běžném jazyce říkáme barva. Spektrální data jsou kompletním a jednoznačným popisem barevné informace. Povrch má nějakou barvu, protože pohlcuje světlo některých vlnových délek, které na něj dopadá, zatímco odráží (propouští) světlo zbylé.

V principu by bylo možné popis barvy pomocí její spektrální křivky uzavřít, ale existují důvody, proč popisovat barvu ještě jiným způsobem.

1. Spektrální křivka popisuje, jak se chová světelný zdroj a jakým způsobem je dopadající světlo ovlivňováno při odrazu nebo průchodu barevným tělesem. Nezabývá se ale vůbec tím, jakým způsobem interpretuje barvu lidské oko.

2. Při definici barvy světla pouze pomocí jeho spektrální křivky by bylo velice obtížné vyrobit zařízení jako barevné televizní obrazovky, tiskárny, počítačové monitory, skenery a další. Je nutné přijít s jednodušším modelem barev, který umožní průmyslovou výrobu uvedených zařízení.

3. Spektrální data nejsou vhodná pro některé matematické operace s barvami a pro použití v situacích, kde je zapotřebí popsat a hlavně také vizualizovat vztahy mezi několika barvami. Je problémem znázornit do jednoho obrázku více než jednu nebo dvě barvy. Ze spektrálních dat není možné určit, jak jsou dvě barvy navzájem „vzdálené“ – v tom smyslu, že většina lidí bude některé dvě barvy považovat za vzájemně bližší než jiné dvě barvy.

5.3 RGB, CMY(K), tristimulus a jeho objev

5.3.1 Maxwell, Young a Helmholtz

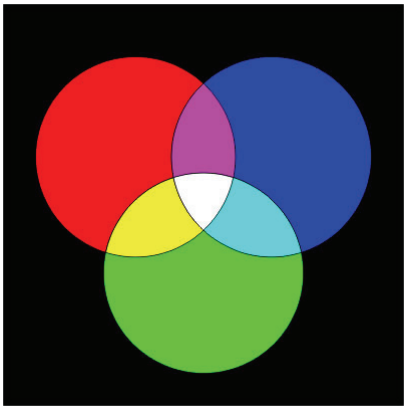
Jak bylo uvedeno dříve, J. C. Maxwell ukázal, že světlo je elektromagnetické vlnění a popsal souvislost barvy světla s jeho vlnovou délkou. Maxwell se však také zabýval vnímáním barev lidským okem a roku 1861 sestrojil přístroj, pomocí kterého ověřil teorii,

že všechny viditelné barvy je možné popsat pomocí tří základních (primárních) barev. S touto teorií přišel již roku 1801 Thomas Young (1773–1829) na základě úvahy, že oko nemůže obsahovat specifické receptory pro všechny existující barvy vnímaného světla. Nezpochybnitelné zásluhy na popisu tříbarevného vnímání lidského oka má také Herman von Helmholtz (1821–1894), který dřívější poznatky systematizoval, poprvé podrobně popsal myšlenku receptorů červené, zelené a modré barvy v lidském oku a první načrtl průběhy jejich spektrálních křivek.

Newton zaměřil svou pozornost na zdroj světla a jeho barevné vlastnosti, oproti tomu Young, Helmholtz, a Maxwell zaměřili svoji pozornost na pozorovatele – člověka a jeho oko. Oko je specifickým a velmi efektivním nástrojem, který umí zpracovat informace o všech viditelných barvách pomocí pouhých tří druhů receptorů.

5.3.2 Barvy RGB

Postupně se dostáváme k popisu barvy pomocí hodnot RGB, které jsou známé zejména z práce na počítači. Červená (red = R), zelená (green = G) a modrá (blue = B) jsou aditivní primární barvy. To jinými slovy znamená, že můžeme nasimulovat každou barvu od černé po bílou přidáváním odpovídajícího množství červeného, zeleného a modrého světla (aditivní = související se sčítáním, skládáním). Bílou získáme, pokud je množství červeného, zeleného a modrého světla vyvážené a má maximální intenzitu.



Obr. 5.8: aditivní míchání barev

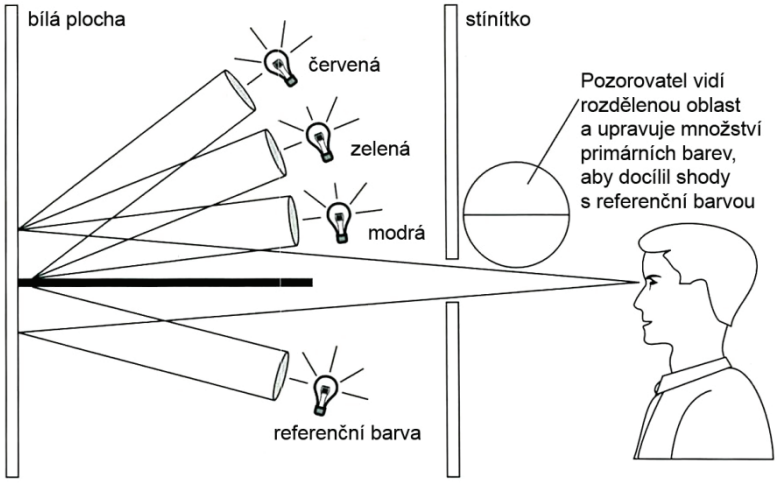
Jednou ze základních výhod RGB je to, že představuje velice vhodný model pro konstrukci sériově vyráběných zařízení, která buď napodobují činnost lidského oka (skenery, kolorimetry, digitální fotoaparáty) nebo se snaží vyvolat v lidském oku dojem, že pozorovatel vnímá všechny možné viditelné barvy (např. monitory a televize). Monitor počítače například simuluje různé barvy tím, že v něm září s různou intenzitou červené,

zelené a modré luminofory. Skener napodobuje barevné vidění tím, že měří intenzitu červeného, zeleného a modrého světla odraženého od snímané předlohy.

5.3.3 Pokusy s vnímáním barev

Většina popisů tříbarevného lidského vidění je založena na nějaké variantě následujícího jednoduchého zařízení. Jedna část projekční plochy je osvětlená světlem referenční barvy, druhá část světlem smíchaným ze tří barevných zdrojů. Každý ze tří zdrojů se nazývá stimul a u pečlivě prováděných experimentů se jedná o světla jedné vlnové délky.

Testovaný subjekt nastavuje intenzitu tří světel tak, aby směs barevných světel odpovídala svou barvou referenční barvě.



Obr. 5.9: experiment vnímání barev[6]

Experimenty ukázaly, že pomocí jisté kombinace tří primárních barev (obvykle se jednalo o nějaké odstíny červené, zelené a modré) je možné docílit vjem odpovídající většině referenčních barev, avšak ne všem takovým barvám. Pokud byla ale přimíchána jedna z primárních barev k referenční barvě, bylo možné dosáhnout libovolné referenční barvy. Světlo přidané k referenční barvě je možné chápat jako odečtené od zbývajících dvou primárních barev a je možné tak vytvořit zvláštní teoretickou představu o záporném množství světla.

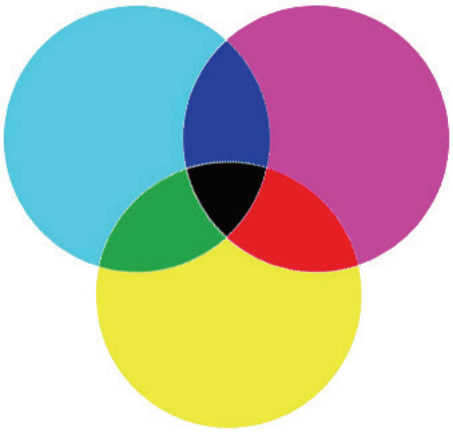
[6] Převzato z: BUNTING, F. et al. *Colortron: User Manual*. 1st Edition. Larkspur (California, USA): Light Source Computer Images, Inc., 1994. 752 p.

5.3.4 Barvy CMY a doplňující barva K

Pokud přijmeme RGB jako nejjednodušší model barev, pak CMY je jeho přímý protiklad. CMY vychází z opačného předpokladu než RGB. Nyní nezačínáme s neosvětlenou (černou) projekční plochou a přidáváním barevných RGB světel z ní nedostáváme bílou, ale máme bílý papír a snažíme se z něj udělat černý. Jedná se o základní postup, který je využíván při barevném tisku a v malířství.

Z původní bílé barvy musíme odečíst odpovídající množství primární červené, zelené a modré. V případě barevného tisku odečteme červenou z bílé stránky pomocí pigmentu, nazývaného často také inkoust, který propustí všechny barvy s výjimkou červené. Jak vypadá „nečervený“ inkoust? Jedná se o barvu, kterou nazýváme azurová (cyan = C). Analogicky můžeme purpurovou (magenta = M) označit jako „nezelený“ inkoust a žlutou (yellow = Y) za „nemodrý“ inkoust.

Azurovou, purpurovou a žlutou barvu označujeme jako subtraktivní primární barvy, protože při jejich míchání vycházíme ze světla bílé barvy a postupně z něj odebíráme světlo určitých vlnových délek (subtrakce = odčítání, odebírání).



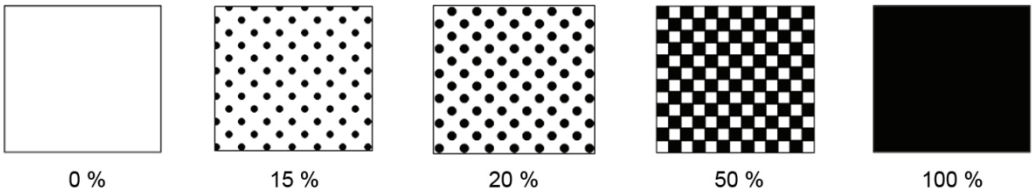
Obr. 5.10: subtraktivní míchání barev

Je užitečné připomenout, že převody mezi RGB a CMY a zpět jsou velice jednoduché. Ve skutečnosti je možné CMY považovat za speciální formu RGB, takovou, která používá záporné hodnoty červené, zelené a modré.

Zásadním závěrem je, že tři primární barvy jsou patrně pro popis barvy dostačující. Lidské oko nám zprostředkovává vnímání všech barev a ve skutečnosti vystačí s pouhými třemi barvami kombinovanými v různém poměru.

5.3.5 CMY(K) a některé poznatky z oblasti barevného tisku

Plnobarevný tisk je nejčastěji založen na použití červeného, zeleného a modrého filtru, které známe pod názvy azurová, purpurová a žlutá barva (inkoust). Ty odečítají, neboli odstraňují z bílého světla odraženého od papíru světlo různých vlnových délek. Množství světla filtrované každým inkoustem můžeme ovlivňovat tím, že část světla se od pozadí (papíru) odrazí nefiltrovaná. Inkoust nenaneseme na papír v plné ploše, ale pouze v některých místech daných tzv. tiskovým rastrem. Pokud tiskový rastr pokrývá např. pouze 20 % potištěné plochy a na 80 % je vidět bílý papír, uvidíme výrazně světlejší odstín dané barvy.



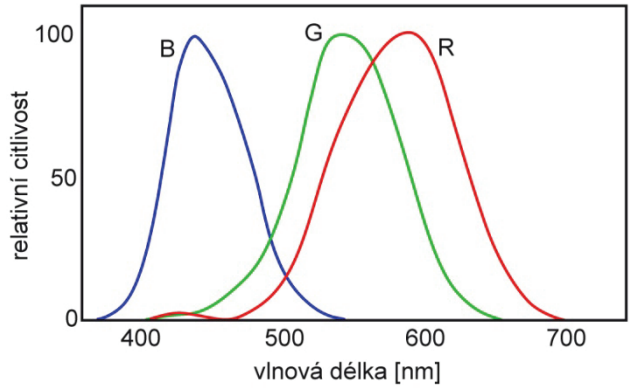
Obr. 5.11: polotóny a tiskový rastr

V ideálním případě bychom měli při smíchání stejných odstínů azurové, purpurové a žluté dostat neutrální odstíny šedé. Při smíchání 100 % inkoustu všech barev bychom měli získat černou. Vzhledem k tomu, že ani reálné inkousty ani reálný papír nejsou ideální, není prakticky možné vyrobit vše tak, aby např. azurová odfiltrovala pouze červenou a neodfiltrovala žádnou zelenou nebo modrou a aby se barvy při nanášení na papír mísily ideálním způsobem. Při tisku barevné plochy, která obsahuje 100 % azurové, purpurové i žluté, nedostaneme čistě černou. Obvykle dostaneme hodně tmavou špinavě hnědou barvu s nádechem do červena nebo do žluta. Abychom získali kvalitní černou a šedou barvu, a také barvu pro tisk textu, používá se čtvrtá černá barva. Výsledná kombinace se však neoznačuje jako CMYB, protože B je již používáno pro označení modré. Tiskaři používají pro černou název „klíčová“ (key = K) a odtud pochází známá zkratka CMYK, která označuje nejrozšířenější plnobarevnou formu tisku – čtyřbarevný tisk. Existují však také tiskové technologie, které používají více primárních barev.

5.3.6 Oko a další zařízení pro vnímání barev

Young, Maxwell a Helmholtz v podstatě popsali lidské oko jako specifické RGB zařízení. Znamená to, že jsou v něm tři typy barvocitlivých receptorů zvaných čípky – jeden typ čípků je nejcitlivější v červené oblasti spektra, druhý v zelené oblasti a poslední

v modré oblasti spektra. Pokud zobrazíme závislost citlivosti těchto tří druhů čípků na vlnové délce, dostaneme následující spektrální křivky.

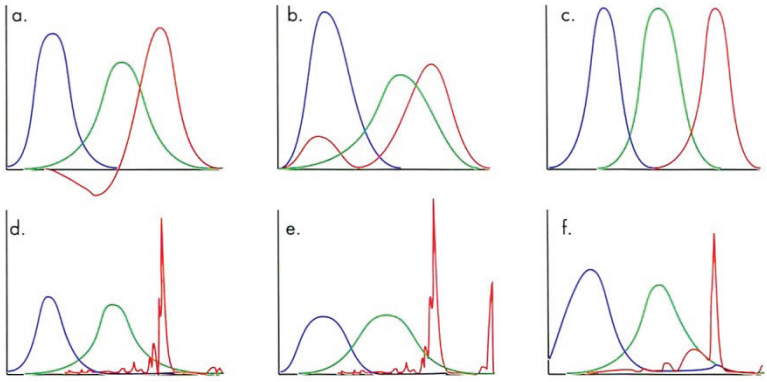


Obr. 5.12: citlivost jednotlivých druhů čípků RGB[7]

Ve skutečnosti je konkrétní způsob odezvy našeho orgánu zraku na tři primární barvy závislý na spoustě dalších faktorů. Kromě spektrální citlivosti jednotlivých druhů čípků závisí také na hustotě zastoupení čípků na sítnici oka, na způsobu, jak jsou signály z barvocitlivých receptorů přenášeny nervovými drahami do mozku a jak jsou v něm vyhodnocovány. Pro přesné měření poměru tří primárních barev, které odpovídají podnětu dané barvy u konkrétního jedinečného pozorovatele, můžeme použít experimenty zabývající se vnímáním barev v obdobném uspořádání, jaké bylo popsáno výše.

Podobně, jako můžeme nakreslit spektrální křivky pro tři RGB druhy receptorů v lidském oku, můžeme je nakreslit pro všechna RGB zařízení, kterými jsou skenery, digitální fotoaparáty a monitory. Výsledkem je široká paleta trojic křivek (funkcí) popisujících odezvu jednotlivých receptorů „pozorovatele“ na barevné světlo jednotlivých vlnových délek. Na následujících grafech jsou funkce barevné odezvy lidského oka a dalších RGB zařízení. Každá trojice křivek popisuje hodnoty R, G a B, ale pro každé ze zařízení existuje jiná definice, jak tyto hodnoty interpretovat.

[7] Podle: HUNT, R. W. G. *The reproduction of Colour*. 6th Edition, Chichester (West Sussex, England, GB): John Wiley & Sons Ltd., 2004. 726 p. ISBN 0-470-02425-9.



Obr. 5.13: a. funkce barevné odezvy pro lidského pozorovatele, b. funkce barevné odezvy transformovaná na CIE standardního pozorovatele (viz dále) c. spektrální odezva pro plochý skener; d. e. f. spektrální emisní křivky tří různých monitorů[8]

Je důležité si uvědomit, že každé RGB zařízení typu „pozorovatel" má někdy mírně, jindy třeba ale i zásadně odlišnou odezvu na primární barvy. Definice RGB není pevným standardem, vždy závisí na konkrétním zařízení.

5.3.7 Vidění lidského oka

Světlo vstupuje do oka průhlednou rohovkou a poté prochází zornicí, která ovlivňuje množství světla, jež vstupuje dovnitř oka. Za zornicí se nachází spojná čočka, která zaostřuje vstupující paprsek světla na sítnici. Sítnice se nachází v zadní části oka, je to vrstva, ve které jsou jednotlivé světlocitlivé buňky neboli fotoreceptory. Známe dva druhy těchto buněk – tyčinky a čípky. Tyčinky jsou mnohem citlivější za nedostatku světla (při nočním vidění), ale není možné pomocí nich vnímat barvy. V tyčinkách se nachází světlocitlivá bílkovina – fotopigment zvaný rodopsin. Čípky jsou méně citlivé a vidění pomocí čípků se uplatňuje za běžného denního světla. Místo rodopsinu obsahují čípky tři druhy iodopsinu, které jsou citlivé na různé oblasti viditelného spektra – maxima citlivosti odpovídají červené, zelené a modré barvě. Každý čípek obsahuje jeden z těchto tří fotopigmentů, proto rozlišujeme R, G a B čípky. Existence těchto tří druhů čípků je podstatou lidského barevného vidění.

Mnoho lidí (častěji muži než ženy) je postiženo nějakou formou tzv. barvosleposti. Obvykle se jedná o nedostatek, většinou však pouze částečný, jednoho ze tří typů barvocitlivých čípků.

[8] Převzato z: FRASER, B. – MURPHY, C. – BUNTING, F. *Správa barev: Průvodce profesionála v grafice a pre-pressu*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2003. 522 s. ISBN 80-722-6943-7.

5.3.8 Pojem tristimulus

RGB a CMY jsou příklady zápisu libovolné barvy spektra pomocí tří hodnot. Jsou to příklady zápisu barvy pomocí tzv. tristimulu. Toto slovo je při měření barev jedním ze základních pojmů. Prakticky každý způsob měření nebo vnímání barev včetně pozorování lidským okem je založen na nějakém tristimulu. Jedinou podstatnou výjimkou jsou spektrální data.

Tristimulus je takový popis barvy, který k určení barvy používá tři hodnoty, podněty neboli stimuly. Nemusí to nutně být tři primární barvy. Jak bude zmíněno v další části, je možné barvu popsat například také pomocí tří jiných specifických charakteristik – odstín, sytost a jas. Tyto charakteristiky můžeme také označit jako stimuly, i když se nejedná o primární barvy.

Oproti spektrálním datům mají tristimuly nezanedbatelné výhody. Vycházejí z modelu lidského tříbarevného vidění a barvy, které jsou pomocí nich popsané, mohou být zobrazeny ve třírozměrném prostoru – viz následující kapitola.

Tristimuly mají přirozeně také své nevýhody. Primární barvy červená, zelená a modrá nejsou definovány jednoznačně, označují vlastně poměrně široké oblasti spektra. Přesná vlnová délka nebo soubor vlnových délek pro primární barvy závisí na konkrétním zařízení. Existuje mnoho souborů primárních barev a tím i mnoho možných barvových prostorů. Další nevýhodou je, že popis barvy pomocí tristimulu je závislý nejen na vlastnostech povrchu zkoumaného tělesa, ale také na vlastnostech zdroje světla, které na povrch dopadá.

5.3.9 Barvový prostor

Jednou z výhod popisu barvy pomocí tristimulu je, že barva může být zobrazena ve třech rozměrech. Každá barva pak může být reprezentována jednoznačným místem v prostoru, pokud použijeme hodnoty tří stimulů jako souřadnice ve třech osách. Takový prostor nazýváme barvový prostor. (Anglické colour space je občas překládáno také jako barevný prostor, domnívám se ale, že termín barvový prostor přesněji vystihuje podstatu daného pojmu.)

Mezi jednotlivými barvovými prostory je možné barvy převádět pomocí matematických transformací. Barvový prostor je jedním z typů ještě obecnějšího konceptu – barvového modelu.

5.4 HSB a související popisy barev

V této kapitole se budeme zabývat barvovým modelem HSB, který popisuje barvu pomocí hodnot odstín (hue = H), sytost (saturation = S) a jas (brightness = B). Nejdříve se však budeme věnovat historickému předchůdci modelu HSB, kterým je katalogizační systém barev Alberta Munsella – Hue / Value / Chroma (odstín / hodnota / barevnost).

5.4.1 Systém Alberta Munsella

Zatímco Helmholtz se zabýval měřením spektrální odezvy lidských fotoreceptorů a sestrojováním prvních spektrálních křivek pro tři typy barevných receptorů v lidském oku, umělec Albert H. Munsell (1858–1918) zaujal k nauce o barvách zcela jiný přístup. Munsell se nezabýval fyziologií barevného vnímání, ale zanalyzoval vztahy mezi jednotlivými barvami. Sestavil systém třídění a popisu barev založený na lidském vnímání rozdílů a vztahů mezi barvami. Vyvinul ucelený systém, pomocí něhož je možné pracovat s takovými pojmy, jako jsou doplňkové barvy, vyvážení barev a barevné kombinace.

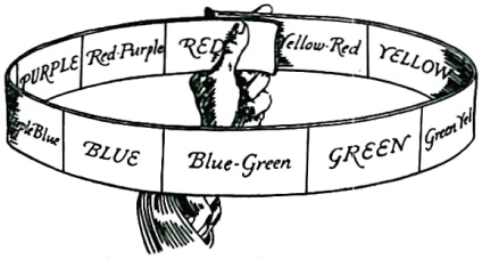
Munsellův systém stojí za zmínku především z následujících důvodů:

- Odděluje složku nezávislou na barvě, kterou je jas (Munsellova hodnota), od složek přímo popisujících barevnost, jimiž jsou odstín a sytost (Munsellova barevnost). To umožňuje zkoumat barvy v pouhých dvou rozměrech, v podobě barevného kruhu na papíře.
- Je konzistentní z hlediska vnímání lidským okem. Vzdálenosti mezi barevnými vzorky v katalogu odpovídají subjektivně vnímaným rozdílům mezi barvami.
- Poskytuje pro komunikaci o barvách jasný a jednoznačný zápis. Místo vágních termínů typu „meruňkově oranžová“ a „ocelově modrá“ má každá barva v Munsellově systému své konkrétní místo.
- Je dodnes široce využívaný.

5.4.2 Munsellův zápis barvy

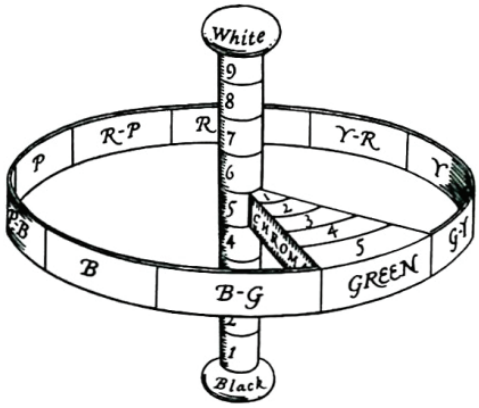
Munsell začal tím, že vzal pás viditelného spektra a stočil ho do kruhu, takže červená barva se ocitla vedle fialové. Potom rozdělil Munsell barevný kruh na deset oblastí (použil v té době moderní metrický základ, oproti Newtonovým sedmi barvám) a pojmenoval pět hlavních odstínů – červená (red = R), žlutá (yellow = Y), zelená (green = G), modrá (blue = B), fialová (purple = P) – a pět odstínů mezilehlých – žlutočervená (YR), zelenožlutá (GY), modrozelená (BG), fialovomodrá (PB) a červenofialová (RP).

Uvedených deset oblastí rozdělil dalším desetinným dělením na podoblasti označené číslicí před písmenem barvy. 5Y tedy označuje pátý (prostřední) odstín v oblasti žluté barvy.



Obr. 5.14: Munsellova souřadnice odstín (hue)[9]

Do středu kruhu umístil Munsell svislou tyč s vyznačenými hodnotami od 0 (černá) do 10 (bílá). Mezi 0 a 10 se nacházejí hodnoty pro neutrální tmavší a světlejší šedé barvy. Tato škála reprezentuje Munsellovu souřadnici hodnota (jas). Poloměr kruhu byl rozdělen na deset stejných kroků s hodnotou 0 na ose a 10 na obvodu. Vzdálenost od osy představuje souřadnici barevnost (sytost).



Obr. 5.15: Munsellovy souřadnice hodnota (value) a chroma (barevnost)[10]

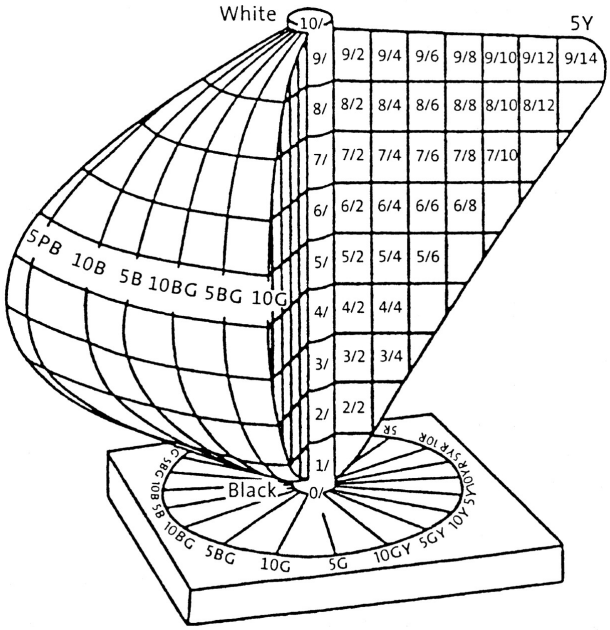
Konkrétní barva je v Munsellově zápisu identifikována odstínem (hue), který je následován hodnotou (value) a barevností (chroma) oddělenými lomítkem. Barva „5R 9/3“ má červený odstín, je hodně jasná, nepříliš sytá, tj. růžová. „10RP 3/10“ je červenofialová barva, spíše temná, maximálně sytá, tj. intenzivní vínová barva.

Munsell také upozornil na fakt, že maximální vnímatelná sytost se liší odstín od odstínu. Proto těleso viditelných barev netvoří kouli, ale je výrazně asymetrické.

---

[9] Převzato z: BUNTING, F. et al. *Colortron: User Manual*. 1st Edition. Larkspur (California, USA): Light Source Computer Images, Inc., 1994. 752 p.

[10] tamtéž



Obr. 5.16: Munsellovo těleso viditelných barev[11]

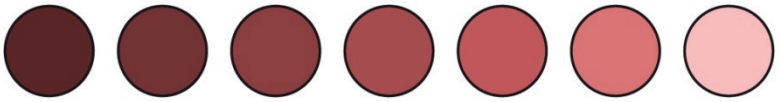
5.4.3 Barvy HSB

V nejrůznějších současných softwarových aplikacích se často využívají zápisy barev podobné Munsellovu systému odstín / hodnota / barevnost (hue / value / chroma = HVC). Hlavním důvodem je to, že RGB popis barvy se sice ideálně hodí pro počítačové periferie, jako jsou monitory či skenery, ale není příliš intuitivní pro přímou práci s barvami, pro editaci barev uživatelem. Je poměrně náročné pomocí přímé volby hodnot R, G a B namíchat barvu typu „broskvová“ nebo „hořčicová“.

Jedním z nejčastěji se vyskytujících zápisů barev tohoto druhu je trojice odstín / sytost / jas (hue / saturation / brightness = HSB). Pro běžného člověka je jistě jednodušší popsat barvu pomocí tří intuitivních hodnot, jako jsou odstín, sytost (Munsellova barevnost) a jas (Munsellova hodnota), než pomocí vzájemného poměru tří primárních barev RGB.

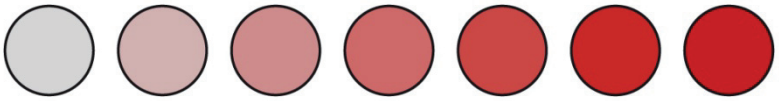
- **Jas.** Tato hodnota je pro intuitivní popis nejjednodušší. Jas je vlastnost, která charakterizuje, zda je barva světlejší nebo tmavší, kolik obsahuje světla. Jedním extrémem je černá (minimum světla), druhým extrémem je bílá (maximum světla) a mezi nimi jsou různé tóny dané barvy, od nejtmavších po nejsvětlejší.

[11] *Diagrammatic representation of the Munsell color solid with one quarter section removed.* [online]. National Academy of Sciences of the United States of America, 2011. [cit 2011-07-01]. Dostupné z URL <http://www.pnas.org/content/100/10/6281/ F1.large.jpg>.



Obr. 5.17: HSB – jas

- **Sytost.** Sytost určuje, do jaké míry vypadá barva čistá, tj. neobsahující příměsi neutrální šedé nebo bílé. Zářivá barva živé růže je velmi sytá, světlá pastelová růžová sytá není. Barvy s malou sytostí vypadají, že do nich byla přimíchána šedá. Syté barvy se často zdají být tvořeny světlem jedné vlnové délky.



Obr. 5.18: HSB – sytost

- **Odstín.** Je nejobtížnější ho popsat, pro mnoho lidí je odstín synonymem pro slovo barva. Odstín je vlastnost čisté barvy, která ji odlišuje od ostatních čistých barev, a dává barvě její základní pojmenování, jako červená, žlutá nebo modrozelená. Odstín bezprostředně souvisí s převládající vlnovou délkou světla dané barvy.

Obr. 5.19: HSB – odstín

5.4.4 Barevný kruh

Pro přesné pochopení pojmu odstín a jeho souvislosti se sytostí a jasem je nejlepší znázornit si barvy v barevném kruhu.

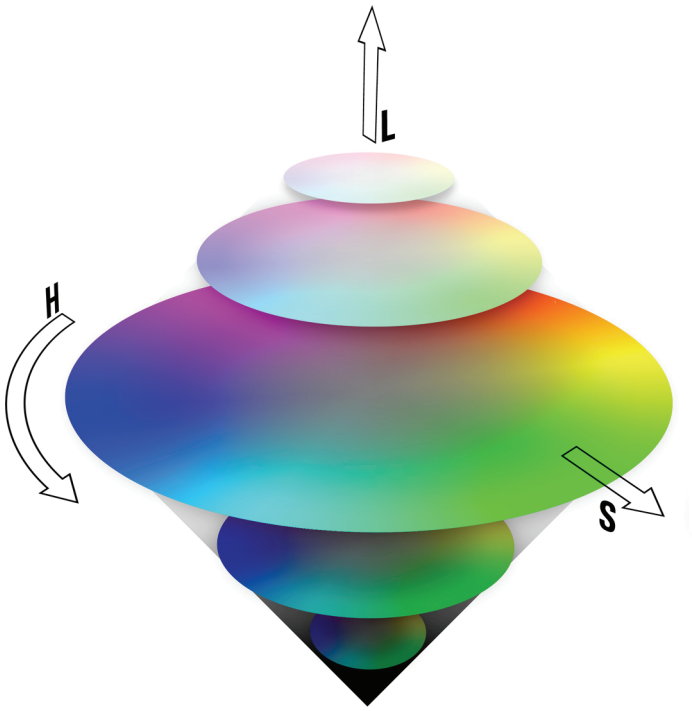
Munsell nebyl prvním člověkem, který znázornil barvy spektra stočené do kruhu. Toto zobrazení pro uspořádání barev používal již také sir Isaac Newton.

Nejběžnějším způsobem, jak rozmístit barvy na barevném kruhu, je umístit tři aditivní primární barvy červenou, zelenou a modrou co nejdále od sebe, tedy do rovnostranného trojúhelníku, a mezi ně vložit subtraktivní primární barvy azurovou, purpurovou a žlutou tak, aby každá barva ležela na kruhu proti svému doplňku např. modrá proti žluté. Pak se každá barva, která je kombinací dvou primárních barev, nachází mezi nimi na stejné straně kruhu. Například žlutá je mezi zelenou a červenou, a žlutou

také dostaneme smícháním zeleného a červeného světla. Odstín je pak možné popsat pomocí úhlu vyznačeného na barevném kruhu.

Sytost lze považovat za vzdálenost od středu kruhu. Pokud se pohybujeme od okraje kruhu k jeho středu, je to stejné, jako bychom k barvě postupně přidávali barvu doplňkovou a blížili se k neutrální šedé uprostřed kruhu.

Jas je možné si představit znázorněný ve třetím rozměru vybíhajícím z kruhu nahoru a dolů. Při postupu směrem dolů budou barvy stále tmavší, až po jedinou černou barvu, při pohybu nahoru světlejší až po bílou. Výsledné těleso obsahující všechny viditelné barvy se podobá dvojitému kuželu - každý vodorovný řez tímto tělesem je barevným kruhem a jednotlivé řezy (kruhy) se liší pouze hodnotou jasu.



Obr. 5.20: dvojitý kužel jako model HSB (HSL) barvového prostoru[12]

Je nutno poznamenat, že HSB perceptuálně neodpovídá původnímu Munsellovu systému. Vzdálenosti barev v barvovém prostoru HSB jsou různé a mají pouze malou souvislost s tím, jak „běžný“ pozorovatel vnímá barevné rozdíly.

[12] *Color cones representing HSL color space.* [online]. c2008. [cit 2011-07-01]. Dostupné z URL <http://it.wikipedia.org/wiki/File:Color_cones.png>.

5.4.5 Rozdíly mezi HSB, HVC, HSV a dalšími

Ačkoli jsou Munsellovo označování barev HVC a barvový prostor HSB založeny na stejném principu, nejsou totožné. V zápisu HSB je odstín vyjádřený úhlem 0° až 359° (úhel měřený po obvodu barevného kruhu) a sytost a jas jsou zapsány procentuálně, tj. hodnotou 0 % až 100 %. V Munsellově systému je odstín také udáván úhlem kolem barevného kruhu, ale Munsell používá zápis typu „2,5R“, což znamená dva a půl kroku podél kruhu od červené. Munsellova hodnota a barevnost (jas a sytost) jsou vyjádřeny čísly od 0 do 10.

HSB je nejčastěji používaným zápisem barvy v počítačových aplikacích, ale přesto, nebo právě proto, existuje celá řada dalších odvozených variant. Můžeme zmínit například Apple HSL, které je téměř identické s HSB. Jediným rozdílem je označení jasové souřadnice jako světlost (lightness = L), hodnoty všech souřadnic dokonce mají stejný rozsah jako u HSB. Není nutné zmiňovat podrobně všechny další varianty, je možné se setkat s HSV, LHS, HLS i HSC. Ve většině případů se jedná pouze o přejmenování souřadnic a změnu jejich pořadí, ale vždy je vhodné ověřit i formu zápisu a přípustné rozsahy hodnot ve vztahu k základnímu barvovému prostoru HSB.

5.4.6 Vztah mezi RGB a HSB

Neexistuje žádný přímý způsob, jak změřit odstín nebo sytost barvy nějakého povrchu. (Můžeme změřit pouze jas podle množství světla odraženého od povrchu.) Namísto toho jsou hodnoty HSB odvozené přímo z hodnot RGB. Konverze mezi RGB a HSB je popsána jednoznačnými matematickými vztahy a není nutné ji zde uvádět. (Na internetu je k dispozici mnoho výskytů popisu této konverze i v podobě algoritmů nebo přímo jednoduchých aplikací.)

Je však důležité si uvědomit, že HSB, tím, že hodnoty jsou počítány přímo z hodnot RGB, má také stejná omezení. Pokud budou na dvou různých monitorech vypadat odlišně barvy se stejnými hodnotami RGB, budou na těchto monitorech vypadat odlišně i barvy se stejnými hodnotami HSB. Abychom docílili stejných barev, musíme na každém z monitorů nastavit jiné číselné hodnoty HSB, resp. RGB.

Říkáme, že zápis barvy pomocí hodnot HSB je, stejně jako zápis barvy pomocí RGB, závislý na konkrétním zařízení.

5.4.7 Terminologická poznámka – je HSB tristimulus?

V odborné literatuře a výkladových slovnících je nejednotnost v tom, zda zápis barvy pomocí HSB je také vhodné označovat jako tristimulus, nebo zda by tento termín měl být vyhrazen pouze pro popis barvy použitím tří primárních barev, jako jsou například červená, zelená a modrá. Tato nejednotnost pro nás však není příliš důležitá, například i proto, že hodnoty HSB lze přímo vypočítat z hodnot RGB.

Nadále budeme používat slovo tristimulus v jeho obecnějším významu, jako označení jakékoli definice barvy založené na třech hodnotách. S tím totiž souvisí i možnost zobrazit množinu všech viditelných barev v podobě třírozměrného tělesa nebo prostoru. Pokud bychom potřebovali výslovně zmínit, že nějaký barvový prostor je založen na třech primárních barvách, uvedeme, že se jedná o trichromatický barvový prostor. Takový barvový prostor pak chápeme jako zvláštní případ tristimulu.

5.5 CIE – Commission Internationale de l'Eclairage

V předchozích kapitolách jsme viděli několik typů tristimulů, tj. definic barev založených na třech hodnotách. Jednalo se o RGB, CMY (s odvozenou formou CMYK) a HSB (s jeho variantami HVC, HSL a dalšími). Všechny tyto barvové prostory mohou být odvozeny z RGB a všechny proto také mají základní nedostatek RGB. Každé zařízení – lidské oko, skener, monitor, tiskárna atd. – má mírně odlišné tři primární barvy a tím také odlišnou definici celého barvového prostoru RGB. Existují stovky různých barvových prostorů, každý z nich je optimálně vhodný k danému účelu, je poměrně jednoduché převádět hodnoty barev z jednoho do druhého, ale žádný z nich není možné označit jako obecný standard pro všeobecné využití.

Skupina vědců zabývajících se barvami – tzv. skupina CIE – se pokusila tento problém vyřešit a vypracovala definici nového barvového prostoru, nového tristimulu, který vychází z RGB, ale v mnoha ohledech je lepší. Tento systém se nazývá XYZ. Běžný člověk, resp. uživatel počítače se s ním většinou vůbec nesetká, je primárně používán pouze pro kolorimetrické účely a případně pro interní zápis barvy v některých softwarových aplikacích. V dalším uvedeme, které problémy řeší.

Zkratka CIE označuje francouzský termín „Commission Internationale de l'Eclairage" (Mezinárodní komise pro osvětlování). Od založení CIE v roce 1913 se každoročně schází vědečtí delegáti z mnoha zemí, aby projednali otázky týkající se výzkumu v různých oblastech vědeckého poznání lidského vnímání barev. Cílem CIE je vytvořit a průběžně aktualizovat systém, který umožňuje precizně popisovat barvy

a jejich kvantitativní vlastnosti, případně přímo specifikovat barevnost různých produktů, jako jsou tiskařské barvy, fólie, inkousty, barevné monitory atd.

5.5.1 Dva mezníky v práci CIE – 1931 a 1976

Jednou z klíčových schůzek v historii CIE bylo setkání v září 1931 v Cambridgi v Anglii. Z tohoto roku pochází první komplexní pokus využít velké množství nejrůznějších dosud naměřených dat a vytvořit z nich systém, který systematicky popisuje světelné a pozorovací podmínky, za kterých má být do budoucna prováděno sledování a měření barev.

Mimo jiné specifikuje 1931 CIE systém následující:

- **Standardní pozorovatel** – definice průměrného lidského pozorovatele,
- **Standardní osvětlení** – specifikace některých světelných zdrojů, které mají být používány pro porovnávání barev,
- **Primární systém XYZ** – systém imaginárních primárních barev souvisejících s RGB, ale vhodnějších jako standard pro výpočty,
- **Barvový prostor xyY** – barvový prostor odvozený od XYZ, který odděluje souřadnice x a y závislé na barevném odstínu od souřadnice Y závislé na jasu barvy,
- **Chromatický diagram** – graf, který přehledně zobrazuje viditelné barvy a vztahy mezi nimi.

V následujících letech byl uvedený systém postupně zdokonalován a upřesňován, a to včetně úpravy definice standardního pozorovatele v roce 1964.

Dalším klíčovým rokem je pro CIE a vědecký popis barev rok 1976. V tomto roce CIE zaměřila svoji pozornost zejména na toto:

- **Perceptuálně uniformní barvové prostory** – barvové prostory Lab a Luv bližší lidskému vnímání barev, vhodné pro posuzování „vzdáleností“ barev,
- **Barevná diference** – definice vztahu pro barevnou diferenci (ΔE), který umožňuje číselně popsat „vzdálenost“ nebo „rozdíl“ dvou barev.

  Dále rozebereme uvedené klíčové pojmy podrobněji.

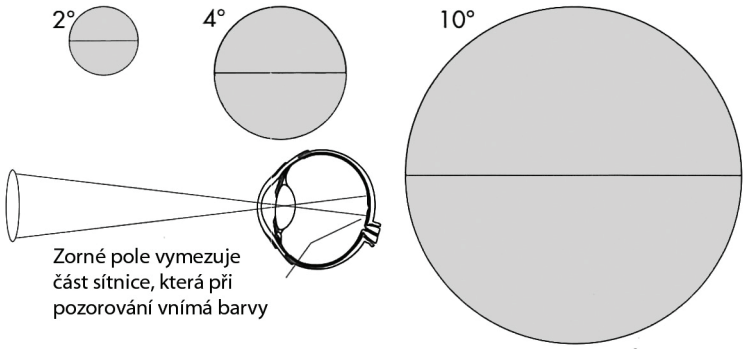
5.5.2 Standardní pozorovatel (2° a 10°)

Pro určení standardů měření je nutné definovat parametry pozorovatele. V průběhu doby bylo s dobrovolníky prováděno velké množství experimentů na vnímání barev za účelem definice „normálního“ vidění. Jedním z faktorů, které mohou mít vliv na

barevnou citlivost lidského oka i u jednoho konkrétního pozorovatele, je také velikost zorného pole.

V roce 1931 byl definován standardní pozorovatel s 2° zorným polem a tento standard se používá dodnes. Roku 1964 byla zkoumána a ověřována dříve prováděná měření a byly objeveny rozdíly, zejména v modrozelené oblasti spektra, pokud byly zorné úhly větší než 2°. Příčina těchto zjištěných rozdílů je zajímavá. V úplném středu sítnice uprostřed žluté skvrny je oblast nazývaná folvea. Je to jediná oblast na sítnici, kde množství barevných fotoreceptorů čípků významně převyšuje množství nebarevných fotoreceptorů pro noční vidění – tyčinek. Je-li zorné pole větší než 4°, zasahuje již barevné vidění i do oblasti s menší koncentrací čípků, což může způsobit mírnou odchylku při vnímání barev. Skutečný rozdíl je velice malý, zřídkakdy pozorovatelný, nicméně je měřitelný. Ze zasedání CIE v roce 1964 vyplynula definice doplňkového standardního pozorovatele s 10° zorným polem, která by měla být použita při jakémkoli pozorování se zorným polem větším než 4°. Od tohoto roku by každé měření barev mělo obsahovat informaci, zda odpovídá použití definice 2° standardního pozorovatele z roku 1931 nebo definice 10° doplňkového standardního pozorovatele z roku 1964. Není-li tento údaj uveden, předpokládá se použití definice 2° standardního pozorovatele.

Pro představu o velikosti zorného pole 2° a 10° standardního pozorovatele slouží následující obrázek. Kruhy v něm vyznačené znázorňují zorná pole 2°, 4° a 10° za předpokladu, že stránku pozorujete ze vzdálenosti 25 cm.



Obr. 5.21: zorné pole standardního pozorovatele[13]

[13] Převzato z: BUNTING, F. et al. *Colortron: User Manual*. 1st Edition. Larkspur (California, USA): Light Source Computer Images, Inc., 1994. 752 p.

5.5.3 Standardní osvětlení

Aby byly podmínky pozorování barvy kompletní, je vždy nutno specifikovat zdroj světla, který osvětluje pozorovanou barevnou plochu. Zasedání CIE v roce 1931 definovalo tři standardní osvětlení A, B a C, ke kterým byla později přidána sada osvětlení D, hypotetické osvětlení E a také sada neoficiálních zářivkových osvětlení F. Standardní osvětlení byla charakterizována jako žárovky reprodukující světlo určité barevné teploty.

Osvětlení A až F jsou popsána následovně:

- **A** – Žárovka s barevnou teplotou 2 856 K vyzařující žlutooranžové světlo. Standardní osvětlení A se obecně používá k simulaci osvětlení klasickými žárovkami.
- **B** – Žárovka s filtrem pro simulaci přímého slunečního světla odpovídajícího barevné teplotě 4 874 K. Dnes je standardní osvětlení B používáno jen velice zřídka.
- **C** – Žárovka s filtrem pro simulaci nepřímého slunečního světla odpovídajícího teplotě 6 774 K. Standardní osvětlení C je poměrně často používáno a je považováno za dobré přiblížení reálnému nepřímému slunečnímu světlu. Nejedná se však o dokonalou simulaci slunečního světla, protože neobsahuje dostatečné množství ultrafialového záření, které je zapotřebí při vyhodnocování fluorescenčních barev.
- **D** – Osvětlení nazývané denní světlo. Jde vlastně o celou skupinu jednotlivých definovaných osvětlení. Standardní osvětlení D65 odpovídá barevné teplotě 6 500 K a je téměř totožné se standardním osvětlením C. Je však ještě přesnějším přiblížením k reálnému nepřímému slunečnímu světlu, protože obsahuje ultrafialovou složku pro lepší vyhodnocování fluorescenčních barev. Všechna osvětlení D jsou pojmenována podle své barevné teploty. D50 a D75 odpovídají barevným teplotám 5 000 K a 7 500 K. Standardní osvětlení D65 a D50 jsou dnes při posuzování barev zdaleka nejrozšířenější.
- **E** – Osvětlení s rovnoměrným (equal) rozložením energie. Standardní osvětlení E ve skutečnosti neexistuje. Jedná se o teoretický světelný zdroj, který vyzařuje na každé vlnové délce stejné množství energie.
- **F** – Zářivkové osvětlení. Jde o sadu zářivkových světelných zdrojů, které nejsou oficiálními osvětlovacími standardy CIE. Zářivková svítidla mají ve svých spektrálních křivkách ostré špičky, a tak u nich není možné hovořit o barevné teplotě v přesném slova smyslu. Protože jsou ale zářivkové zdroje běžně používané, doporučuje CIE některé z nich alespoň jako neoficiální standardy pro porovnávání

jejich barev. Zářivková osvětlení jsou označována F1 až F12 a CIE z nich doporučuje F2 (studená bílá zářivka), F7 (zářivka s denním světlem) a F11 (úzkopásmová zářivka).

Kromě definice standardního pozorovatele jsou tedy specifikace barev podle CIE závislé také na konkrétním osvětlení použitém během měření.

5.5.4 Barevná teplota

Pro popis zářících zdrojů světla se často používá pojem barevná teplota. Všechna zahřátá tělesa vyzařují světlo. I člověk s normální tělesnou teplotou 37 °C (310 K) vysílá záření, ale pouze na dlouhých vlnových délkách v infračerveném oboru.

Vědci definovali hypotetické tzv. absolutně černé těleso, které neodráží ani nepropouští žádné světlo. Absolutně černé těleso dokonale pohlcuje světlo všech vlnových délek, takže jakékoli světlo, které opouští jeho povrch, muselo být tímto tělesem vyzářeno. Je možné spočítat rozložení vlnových délek vyzařovaných zahřátým absolutně černým tělesem při dané teplotě. Při teplotě 2 400 K těleso září červeně, při 4 800 K září jasně žlutě, při 6 500 K je vyzařovaná barva bílá (jsou v ní zastoupené poměrně rovnoměrně všechny vlnové délky), při 9 300 K má světlo již výrazně modravý nádech. Při vyšších teplotách zůstává světlo namodralé, protože část záření je tak krátkých vlnových délek, že se dostává do ultrafialové oblasti a není viditelné.

Analogickým způsobem mohou být popsány všechny zdroje vyzařující světlo. Spektrální křivka zdroje může být změřena a označena např. jako 2 800 K (75W žárovka) nebo 6 500 K (denní světlo). Počítačové monitory a televizní obrazovky mají tzv. charakteristický bílý bod. Monitor s bílým bodem 9 300 K se bude jevit namodralý, monitor s bílým bodem 4 800 K bude mít žlutý nádech. Tento popis je však pouze přibližný, protože většina reálných zdrojů vyzařujících světlo se nechová zcela přesně jako absolutně černá tělesa.

Popis barvy pomocí barevné teploty je možný pouze u zdrojů, které vyzařují světlo. V žádném případě ho nelze použít u těles, která světlo odrážejí nebo propouštějí. Tento popis je striktně založen na modelu záření absolutně černého tělesa.

5.5.5 XYZ – hodnoty tristimulu CIE

Barvový prostor CIE XYZ definuje všechny barvy pomocí tří imaginárních primárních barev X, Y a Z založených na lidském vidění. Tento barvový prostor se v běžném životě téměř nepoužívá. Je využíván pro kolorimetrické zpracování barev

a interně také v některých počítačových aplikacích pro transformace barev. Přesto je jednoznačně základem systému CIE.

Existuje mnoho popisů barev založených na třech primárních barvách, např. mnoho různých RGB prostorů, a všechny mají stejnou platnost. Je možné barvy mezi nimi libovolně transformovat, a proto je možné zvolit za základní libovolný soubor primárních barev. Komise CIE zvolila soubor primárních barev X, Y a Z, který je definovaný následujícími vlastnostmi:

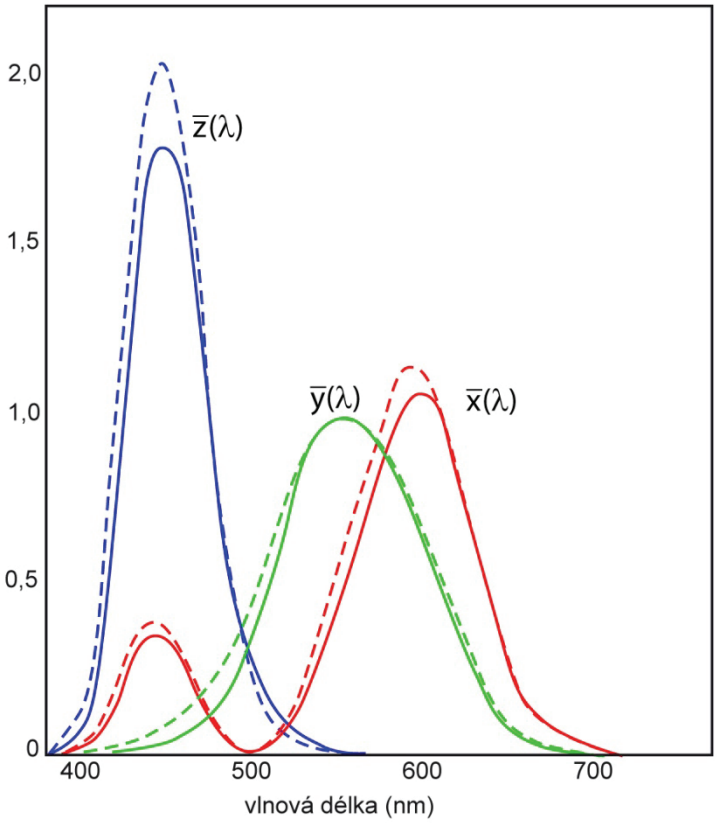
1. Je založen na experimentálních údajích z pokusů s lidským vnímáním barev. Tím je zajištěno, že výsledky při teoretických operacích s barvami pomocí matematických výpočtů odpovídají přesně realitě.

2. Sada primárních barev X, Y a Z se chová aditivně, stejně jako primární barvy RGB. Každá barva může být vyjádřena jako směs složek X, Y a Z.

3. Jedna z uvedených tří hodnot – Y – zároveň představuje jas, celkovou jasnost barvy v závislosti na vlnové délce. (Barvy některých vlnových délek, zejména žluté a zelené části spektra, se jeví jasnější, než okraje spektra – hluboké fialové a červené odstíny.)

4. Všechny hodnoty všech tří složek jsou kladné. Experimenty s vnímáním barev nedávají pro XYZ výsledky, které by vyžadovaly zápornou hodnotu některé z primárních složek, jak bylo zmíněno výše.

Definice primárních barev XYZ je přímou součástí specifikace standardního pozorovatele z roku 1931. CIE definuje pro standardního pozorovatele sadu barvových funkcí – soubor tří spektrálních křivek, které popisují, jakým způsobem je nutno kombinovat primární barvy XYZ pro reprodukci všech existujících barev spektra, resp. všech vlnových délek viditelného světla.



Obr. 5.22: Barvové funkce (hodnoty tristimulu CIE) 2° standardního pozorovatele 1931 (plná čára) a 10° standardního pozorovatele 1964 (přerušovaná čára)[14]

Hodnoty X, Y a Z jsou definovány následovně:

$$X = k\int_{\lambda} S(\lambda)\bar{x}(\lambda)\beta(\lambda)d\lambda$$

$$Y = k\int_{\lambda} S(\lambda)\bar{y}(\lambda)\beta(\lambda)d\lambda$$

$$Z = k\int_{\lambda} S(\lambda)\bar{z}(\lambda)\beta(\lambda)d\lambda$$

kde

$$k = \frac{100}{\int_{\lambda} S(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda}$$

$\beta(\lambda)$ = spektrální odrazivost vzorku při vlnové délce λ. Pro průhledné nebo průsvitné vzorky se jedná o spektrální propustnost $\tau(\lambda)$.

$S(\lambda)$ = spektrální rozložení energie osvětlení podle vlnové délky λ,

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ jsou barvové funkce pro 2° standardního pozorovatele z roku 1931.

[14] Podle: HUNT, R. W. G. *The reproduction of Colour*. 6th Edition, Chichester (West Sussex, England, GB): John Wiley & Sons Ltd., 2004. 726 p. ISBN 0-470-02425-9.

5.5.6 xyY – chromatický diagram CIE

Barvový prostor xyY je odvozený přímo z XYZ a je určen především ke grafickému znázornění barev ve dvojrozměrném prostoru nezávisle na světlosti barvy. Hodnota Y je shodná s hodnotou Y, která je součástí tristimulu XYZ a představuje světlost nebo jas barvy. Hodnoty x a y se nazývají chromatické souřadnice barvy a jsou vypočtené přímo z hodnot tristimulu XYZ následujícím způsobem:

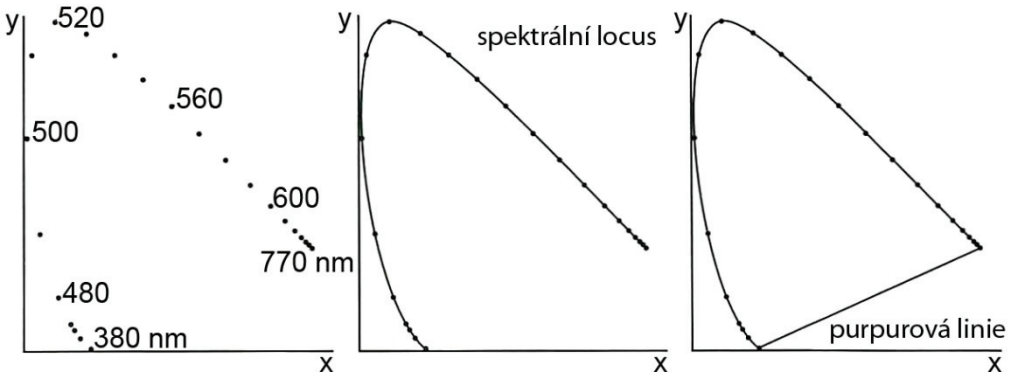
$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

Z toho vyplývá, že $x + y + z = 1$, a proto je libovolná ze tří chromatických souřadnic x, y a z jednoduše odvoditelná ze zbývajících dvou, např. $z = 1 - x - y$.

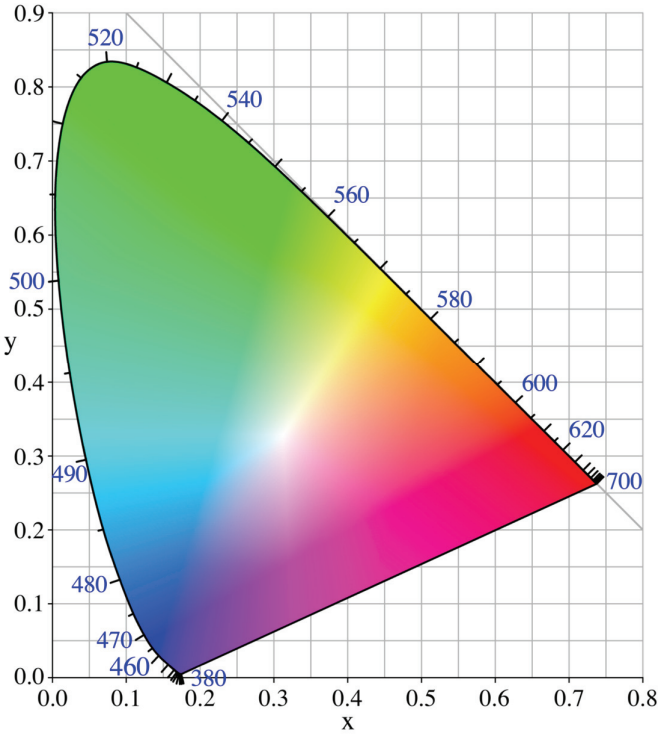
CIE se tímto částečně vrací k Munsellovu katalogizačnímu systému a odděluje jasový atribut barvy od hodnot popisujících pouze čistou barvu – chromatických složek. Dvě barvy, které se od sebe liší pouze jasem, mají ten samý chromatický popis a tedy stejné chromatické souřadnice.

Hodnoty xyY je možné zobrazit ve velice užitečném grafu nazývaném chromatický diagram. Tento diagram významným způsobem zpřehledňuje poměrně komplikovaný systém barev zavedený CIE a činí ho srozumitelným i laikům. Poskytuje názorný nákres všech viditelných barev a zobrazuje vztahy mezi nimi.

Pokud převedeme na chromatické souřadnice xy čisté spektrální barvy, dostaneme v chromatickém diagramu tvar podkovy, známý jako spektrální locus. Protože všechny viditelné barvy jsou definované jako směs těchto čistých spektrálních barev, musí se nacházet uvnitř této křivky. Čára, která spojuje koncové body podkovy, se nazývá purpurová linie nebo purpurová hranice. Barvy na této čáře jsou složené ze směsi čistého fialového světla o vlnové délce 380 nm a červeného světla o vlnové délce 770 nm.



Obr. 5.23: konstrukce chromatického diagramu CIE



Obr. 5.24: chromatický diagram CIE 1931[15]

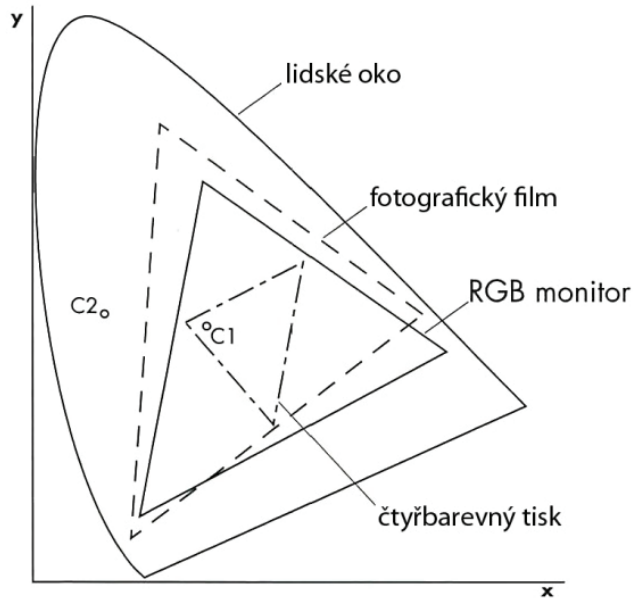
Je třeba si uvědomit, že barvy, které jsou zobrazené v diagramu vytištěném zde na stránce, jsou pouze zástupné – jsou zkreslené technickými omezeními tiskového procesu použitého k vytištění tohoto diagramu.

Chromatický diagram je do jisté míry podobný barevnému kruhu, tj. vodorovnému průřezu barvovým prostorem HSB. Ve středu podkovy se nacházejí neutrální barvy, pokud se vzdalujeme od středu, jsou barvy sytější, a na okrajích se nacházejí nejsytější čisté spektrální barvy. Odstín barvy se mění při pohybu po obvodu podkovy.

Podstatný rozdíl je ale v tom, že u chromatického diagramu je zcela jasná představa, kde se nacházejí viditelné barvy. Případné virtuální barvy ležící mimo oblast ohraničenou spektrálním locusem a purpurovou linií jsou lidským okem neviditelné, tj. mají nulový jas, případně jsou lidským okem neodlišitelné od barev, které leží na obvodu oblasti. Oblast viditelných barev se nazývá barevný gamut (rozsah) lidského barevného vnímání. V praxi můžeme určit barevný gamut pro libovolné zařízení pracující s barvami na bázi nějakého tristimulu. Pro monitory, tiskárny i další zařízení je možné nakreslit jejich barevný gamut, který vymezuje barvy jimi reprodukovatelné.

[15] *CIE 1931 xy chromaticity diagram.* [online]. c2005. [cit 2011-07-01]. Dostupné z URL <http://en.wikipedia.org/wiki/File:CIExy1931.png>.

Chromatický diagram na následujícím obrázku ukazuje barevný gamut typického počítačového monitoru a tiskárny. Barvy mimo daný gamut nedokáže zařízení nikdy reprodukovat a tento fakt vyplývá již přímo ze sady primárních barev, kterou používá. Uvedená tiskárna například dokáže vytisknout pouze azurovou barvu C1, při pokusu o tisk azurové barvy C2 mimo gamut bude výsledek téměř stejný jako při tisku C1.



Obr. 5.25: barevný gamut různých zařízení[16]

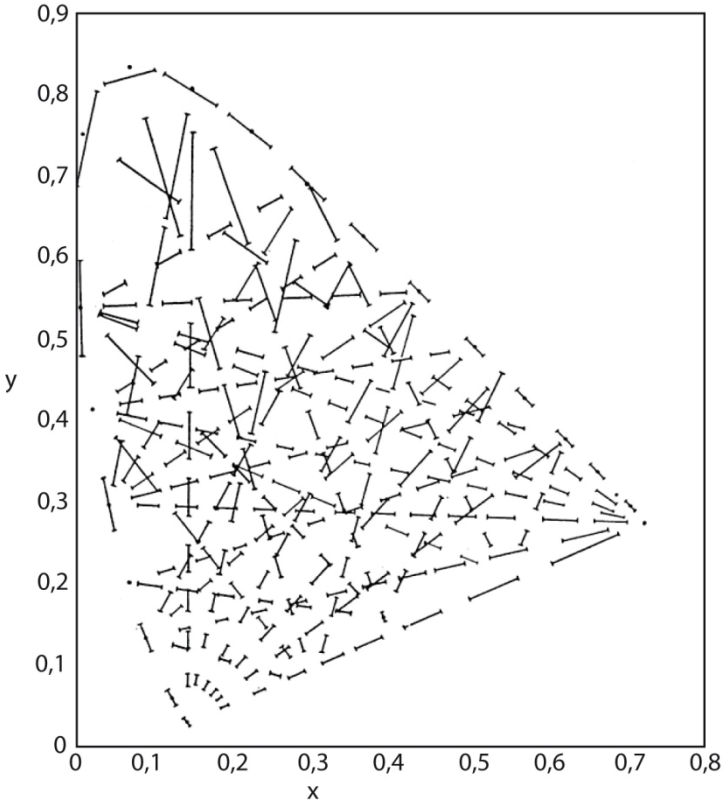
5.5.7 Lab a Luv – perceptuálně uniformní barvové prostory

CIE Lab a Luv jsou barvové prostory, které mají za cíl být perceptuálně uniformní. Perceptuálně uniformní systém (barvový prostor) je takový, ve kterém číselná vzdálenost mezi libovolnými dvěma barvami v barvovém prostoru odpovídá pozorovatelem vnímané „blízkosti“ nebo „vzdálenosti“ těchto barev.

Terminologická poznámka. Poměrně dlouhou dobou jsem se pokoušel o adekvátní překlad výrazu perceptuálně uniformní. Nalezl jsem jediný přijatelný překlad *„jednotný z hlediska vnímání“*[17]. Toto označení však dle mého o obsahu daného pojmu neříká vůbec nic, a proto se v textu přidržuji původního označení a jeho opisného vysvětlení.

[16] Převzato z: BUNTING, F. et al. *Colortron: User Manual*. 1st Edition. Larkspur (California, USA): Light Source Computer Images, Inc., 1994. 752 p.

[17] FRASER, B. – MURPHY, C. – BUNTING, F. *Správa barev: Průvodce profesionála v grafice a prepressu*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2003. 522 s. ISBN 80-722-6943-7.



Obr. 5.26: „vzdálenosti barev" v chromatickém diagramu xyY [18]

Nejprve se podíváme na tento problém v chromatickém diagramu xy. Pokud necháme lidského pozorovatele zkoumat dvojice barev a posuzovat jejich vzájemnou „vzdálenost", dospějeme k nějaké intuitivní definici jednotky „barevné vzdálenosti". Nyní můžeme do chromatického diagramu zakreslit všechny dvojice barev, které jsou podle pozorovatele stejně „vzdálené" či „blízké". Člověk je daleko citlivější na malé změny v odstínech fialové a červené než na změny v odstínech zelené a žluté. Tento efekt ztěžuje potřebné výpočty při porovnávání shody dvou barev. Řešením jsou právě barvové prostory Lab a Luv.

Již v roce 1931 byly podniknuty pokusy o vytvoření tzv. UCS (uniform color scale) diagramu, kterým byl do jisté míry zdeformovaný a natočený chromatický diagram. Roku 1960 byly z chromatických souřadnic x, y odvozeny nové souřadnice u, v a roku 1976 byl jejich výpočet upřesněn a byly označeny u´ a v´. Dále byla definována nová souřadnice popisující jasovou složku barvy L* odvozená od Y a upravené hodnoty u* a v*. L* je

[18] Převzato z: HUNT, R. W. G. *The reproduction of Colour*. 6th Edition, Chichester (West Sussex, England, GB): John Wiley & Sons Ltd., 2004. 726 p. ISBN 0-470-02425-9.

podobná Munsellově hodnotě V v tom, že definuje světlost od černé do bílé v rovnoměrných stejně velkých krocích. Rozsah hodnot L* je od 0 (černá) do 100 (bílá).

Barvový prostor definovaný CIE a používající souřadnice L*, u´ a v´, resp. u* a v* je označován jako L*u*v*, často také CIELUV nebo pouze Luv. Jeho souřadnice jsou odvozeny ze souřadnic CIE XYZ a jsou definovány následujícími vztahy:

$$L^* = 116\left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - 16$$
$$u^* = 13L^*\left(u' - u'_n\right)$$
$$v^* = 13L^*\left(v' - v'_n\right)$$

kde:

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}$$
$$u'_n = \frac{4X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n} \quad v'_n = \frac{9Y_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}$$

X_n, Y_n, Z_n jsou hodnoty základního tristimulu CIE XYZ pro ideální těleso dokonale odrážející nebo propouštějící rozptýlené světlo. $X_n = 96,422; Y_n = 100,00; Z_n = 82,521$.

Barvový prostor CIE Luv je oproti prostoru xyY perceptuálně uniformní a jeho použití je dnes značně rozšířené, a to zejména v průmyslu vyrábějícím zařízení vyzařující světlo, jakými jsou televizní obrazovky, počítačové monitory nebo řízené světelné zdroje.

Druhou cestou, která směřuje k perceptuálně uniformnímu prostoru, jsou souřadnice a*, b*, také matematicky odvozené z primárních hodnot X, Y a Z. Souřadnice a* víceméně odpovídá běžné červeno-zelené škále barev a nabývá hodnoty od –128 (zelená) do 128 (červená). Souřadnice b* odpovídá běžné žluto-modré škále a nabývá hodnot od –128 (modrá) do 128 (žlutá). Matematicky jsou souřadnice L*a*b* definovány takto:

$$L^* = 116\left[f\left(Y/Y_n\right)\right] - 16$$
$$a^* = 500\left[f\left(X/X_n\right) - f\left(Y/Y_n\right)\right]$$
$$b^* = 200\left[f\left(Y/Y_n\right) - f\left(Z/Z_n\right)\right]$$

kde:

$$f\left(X/X_n\right) = \left(X/X_n\right)^{\frac{1}{3}} \qquad \text{pro } X/X_n > 0,00856,$$
$$f\left(X/X_n\right) = 7,7867\left(X/X_n\right) + \frac{16}{116} \qquad \text{pro } X/X_n \le 0,00856,$$

(analogicky pro Y a Z).

X_n, Y_n, Z_n jsou hodnoty základního tristimulu CIE XYZ pro ideální těleso dokonale odrážející nebo propouštějící rozptýlené světlo. $X_n = 96,422; Y_n = 100,00; Z_n = 82,521$.

Výsledný barvový prostor je L*a*b* a často je označován jako CIELAB nebo jednoduše Lab.

Diagram barev (spektrální locus) prostoru Lab je obtížnější znázornit, a proto se příliš často nepoužívá. Pro tyto účely se používá chromatický diagram xy a Luv diagram. Protože je Lab perceptuálně uniformní a chromatické souřadnice kopírují názorné škály červená-zelená a modrá-žlutá, je Lab populárním barvovým prostorem v mnoha odvětvích lidské činnosti zabývajících se barvami, mimo jiné i v grafickém průmyslu. Interní reprezentace barev ve známém profesionálním software na úpravu fotografií Adobe Photoshop je také v souřadnicích Lab.

5.5.8 ΔE – rozdíl barev

Nejpodstatnější vlastností perceptuálně uniformních barvových prostorů, jako jsou CIE Lab a Luv, je, že nám umožňují vypočítat hodnotu, které vyjadřuje, jak „blízko“ jsou navzájem dvě dané barvy. Tato hodnota se označuje ΔE a nazývá se rozdíl barev. V praxi se používá zejména ΔE vypočtené v prostoru Lab.

Zde můžeme rozdíl dvou barev spočítat velice jednoduše. Najdeme souřadnice zadaných barev a spočítáme vzdálenost těchto dvou bodů:

$$\Delta E^*_{ab} = \left[\left(\Delta L^*\right)^2 + \left(\Delta a^*\right)^2 + \left(\Delta b^*\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

kde $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$ jsou rozdíly souřadnic L*, a* a b* porovnávaných barev.

Vzhledem k tomu, jak jsou tyto barvové prostory definovány, bude vypočtené číslo odpovídat tomu, jak jsou barvy „podobné“. Hodnoty ΔE jsou využívány všude tam, kde je zapotřebí přesně vyjádřit barevnou toleranci nějakého zařízení. Otázkou zůstává, jaká hodnota ΔE odpovídá ještě stále přijatelné toleranci. Obecně platí, že rozdíl barev ΔE = 1 je minimální hodnota, kterou je lidské oko schopné rozlišit. Byly zpracovány statistické studie, které naznačují, že rozdíl barev ΔE 6 nebo 7 je ještě považován za přijatelný u běžných tištěných materiálů. Je nutno zdůraznit, že se jedná o pokus kvantifikovat vlastnost, která je ze své podstaty poměrně subjektivní. Posouzení barevné tolerance vždy závisí na konkrétním pozorovateli, na specifických pozorovacích podmínkách a dalších faktorech. Nicméně hodnota ΔE vždy zůstane pro toto posouzení dobrým referenčním základem.

6 Výukové téma Barvy kolem nás – obsah

6.1 Obsah souvisejících témat v jednotlivých vyučovacích předmětech a jejich vazby na téma Barvy kolem nás

6.1.1 Fyzika

Stávající učivo – optika, Newtonovské vlastnosti světla, rozklad světla optickým hranolem, barva světla

Časové zařazení do výuky – optika je probírána na většině škol ve druhém pololetí 7. ročníku

Rozšíření učiva projektem

- barvy spektrální a složené;
- spektrum různých složených barev, demonstrace spektrofotometrem;
- závislost barvy předmětu na jeho povrchu (spektrální odrazivosti) a na barvě dopadajícího světla;
- filtry jako příklad průhledných barevných předmětů.

6.1.2 Informatika a výpočetní technika

Stávající učivo – učební plány jsou značně volné, závisí na škole a vyučujícím, jakou konkrétní látku zařadí do výuky; úzce souvisejícími tématy jsou – grafické editory (Windows Malování), volba a definice barvy v grafickém editoru, definice barev v HTML

Časové zařazení do výuky – opět záleží do značné míry na vyučujícím, na pilotní škole druhé pololetí 7. ročníku – téma grafické editory

Rozšíření učiva projektem

- RGB zápis barvy, grafická reprezentace barvového prostoru;
- CMYK zápis barvy;
- další zápis barvy – např. HSB – pouze stručně;
- CMYK míchání inkoustů na papíře a v malířství;
- nejednoznačnost RGB a CMYK;
- nutnost absolutních barvových prostorů, xyY a jeho grafická reprezentace, chromatický diagram;
- chromatický diagram a barevné rozsahy; úvahy nad simulací reálného světa, která je vždy něčím limitovaná…

6.1.3 Biologie

Stávající učivo – lidské oko jako orgán zraku, tyčinky a tři druhy čípků

Časové zařazení do výuky – v zájmu návaznosti by bylo ideální mít téma lidské oko zařazené před výukovým tématem Barvy kolem nás. Ve většině škol to patrně není reálné. Při výuce tématu lidské oko lze zpětně téma Barvy kolem nás připomenout a uvést do dalších souvislostí.

Rozšíření učiva projektem

- učivo nerozšiřovat, pro potřeby projektu stačí informace o třech typech čípků;
- volitelně lze zmínit barvoslepost a její druhy.

6.1.4 Výtvarná výchova

Stávající učivo – míchání barev v malířství, počítačová grafika jako jeden z prostředků užitých při umělecké tvorbě pro zachycení jevů a procesů v proměnách a vztazích

Časové zařazení do výuky – ideálně na závěr výukového tématu Barvy kolem nás, některé myšlenky lze rozvinout v další výuce výtvarné výchovy

Rozšíření učiva projektem

- kvantifikace míchání malířských barev s využitím barvového prostoru CMYK;
- úkol namalovat daný obraz pouze pomocí 4 základních barev;
- volitelně ucelené doplňující téma – základy čtyřbarevného tisku.

6.2 Výkladový text jednotlivých částí výukového tématu Barvy kolem nás

V následujících podkapitolách je výkladový text nebo rukopis výukového tématu Barvy kolem nás. Vzhledem k tomu, že tento text obsahuje mimo jiné podrobné poznámky týkající se návrhů na použití obrázků a přiřazení specifického multimediálního materiálu, dalo by se také hovořit v jistém smyslu o scénáři. Každá část rukopisu obsahuje pasáže, které jsou v textu výrazně odlišené.

Kapitola začíná vždy motivačním textem, což je krátký odstavec, jehož cílem je vysvětlit žákům, o co se bude v daném tématu jednat, a vtáhnout je pokud možno nenásilným a zajímavým způsobem do problematiky. Motivační text je v rukopise označen tučným kurzivním řezem písma.

Výkladový text, který se objeví v interaktivní učebnici vytvořené pomocí autorského nástroje FlexiAutor v této podobě, je zde v rukopise běžným řezem písma. Členění tohoto

textu na odstavce může být ve výsledné interaktivní učebnici modifikováno v závislosti na potřebách grafického řešení každé výsledné dvojstránky.

Vložené obrázky, multimediální objekty, webové odkazy, textové poznámky a další obdobná rozšíření textu jsou v rukopise uvedeny v závorce za příslušnou textovou pasáží. Každý takový komentář je nejprve uvozený typem vloženého objektu a následuje jeho popis. Všechny komentáře týkající se rozšiřujícího a doplňujícího materiálu jsou vyznačeny kurzivním řezem písma.

Na konci každé výkladové dvojstránky je uveden seznam experimentů a pomůcek, které je vhodné použít v průběhu prezentace příslušné části výukového tématu. Tento seznam je ve stejném formátu jako popis doplňujících materiálů, tj. v závorkách a kurzivou.

6.2.1 Barva světla a rozklad světla hranolem

Při divadelních vystoupeních a různých estrádních akcích je možno si všimnout, že jeviště je osvětlováno svítidly, která vydávají světlo různé barvy. Můžeme spočítat, kolik různých barev na světě existuje? A kde se vlastně berou různé barvy, když obyčejné světlo je bílé? A kde se bere duha?

Anglický matematik a fyzik Isaac Newton pozoroval v 17. století, jak z bílého slunečního světla vznikají po průchodu skleněným hranolem světla různých barev podobná duze na obloze. Ten jev podrobně zkoumal a popsal. Původně bílé světlo se rozloží do barevného pásu, ve kterém je zastoupeno velké množství barev. *(obrázek – Isaac Newton – portrét, obrázek – barevné spektrum, webový odkaz na wikipedii – Isaac Newton – http://cs.wikipedia.org/wiki/Newton, webový odkaz na wikipedii – Newton jako jednotka síly – http://cs.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton, mezipředmětový odkaz – definice síly, textová poznámka – výslovnost Isaac Newton, textová poznámka – Čech Jan Marek Marci)*

Bílé světlo je složené z jednoduchých, tzv. spektrálních barev. Ty však není lidské oko schopno přímo rozeznat. K rozložení bílého světla na spektrální barvy můžeme využít například lomu světla. Když na skleněný hranol dopadne úzký paprsek bílého světla, dojde na rozhraní vzduchu a skla k lomu světla. Úhel lomu závisí na rychlosti světla ve skle a světla různých barev se ve skle šíří různou rychlostí. Nejvíce se lomí světlo fialové, nejméně světlo červené. Po průchodu svazku bílého světla hranolem ho necháme dopadat na stínítko a na něm vznikne pruh mnoha barev (spektrum), které přecházejí jedna v druhou. Newton pojmenoval sedm základních barev – fialová,

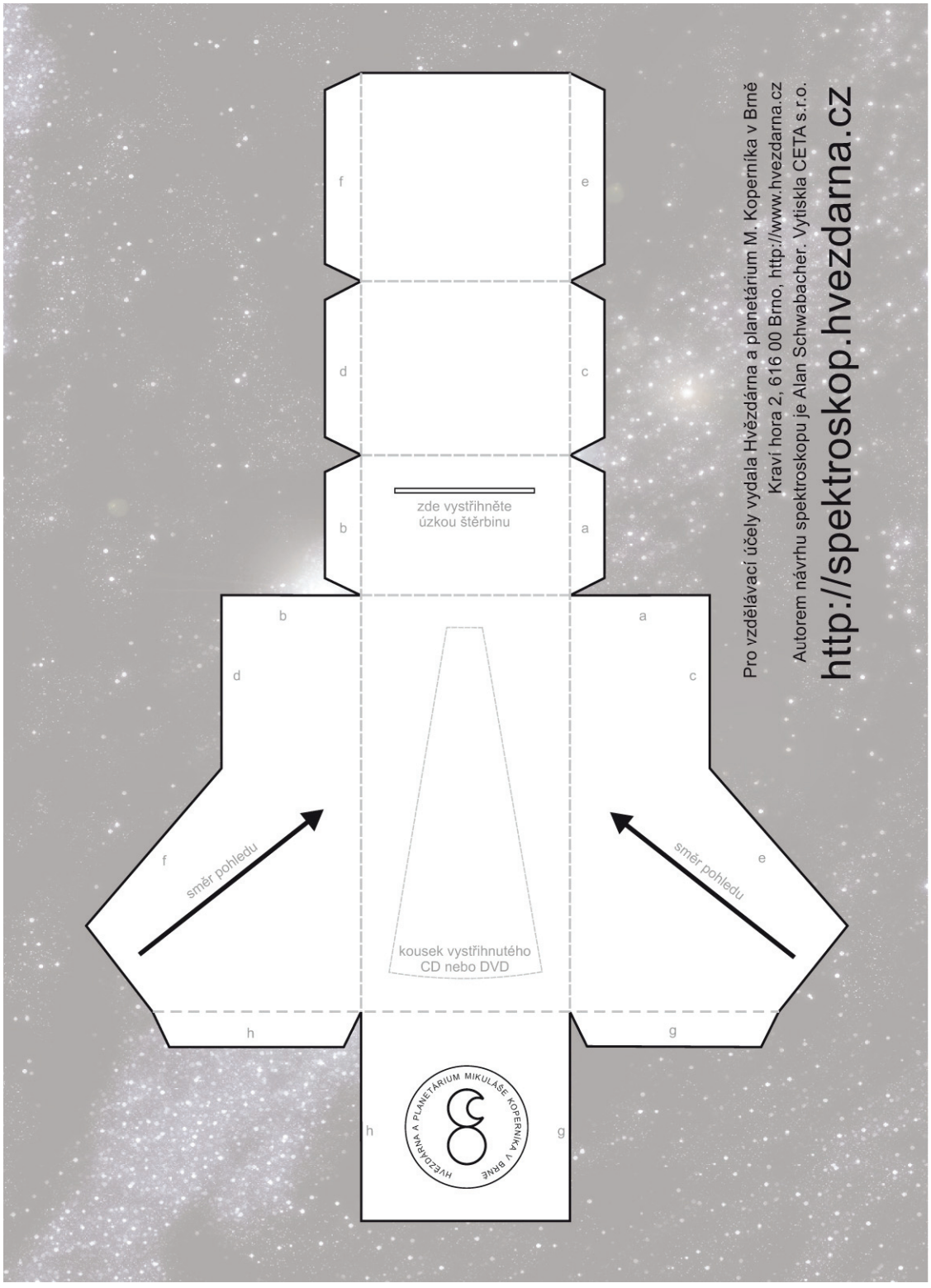
indigová (modrofialová), modrá, zelená, žlutá, oranžová, červená. Je třeba si uvědomit, že mezi těmito sedmi barvami je nekonečně mnoho dalších barevných odstínů. Pokud barvy spektra složíme zpět spojnou čočkou, dostaneme opět bílé světlo. *(obrázek – rozklad světla hranolem, obrázek – hranol – spojka – vznik bílého světla, obrázek – další způsoby rozkladu světla – lom na briliantu, rozklad na optické mřížce – CD/DVD)*

V přírodě se bílé sluneční světlo může rozkládat na jednoduché barvy při průchodu kapkami vody. V takovém případě vzniká jeden z nejhezčích a nejvýraznějších atmosférických optických jevů – duha. Duhu můžeme pozorovat, pokud svítí slunce a zároveň prší. Střed oblouku duhy leží přímo proti Slunci. Je-li Slunce nízko na obloze, zasahuje oblouk duhy výše. Nejvýraznější hlavní duha má vnitřní okraj fialový a vnější červený. Kromě hlavní duhy můžeme někdy pozorovat i duhu vedlejší. Ta je méně zřetelná, nachází se vně duhy hlavní a má obrácené pořadí barev. Vzniká dvojnásobným odrazem světla v kapce vody. Duhu vidíme nejen při dešti, ale také jindy, pokud jsou ve vzduchu rozptýleny kapky vody, např. ve vodní tříšti nad vodopádem nebo při zalévání zahradní hadicí. *(obrázek – duha, několik variant, obrázek – schéma, nákres vzniku duhy, obrázek – lom a odraz světla ve vodní kapce, obrázek – duha nad vodním tokem, vodopádem, při zalévání zahradní hadicí – alespoň tři ukázky)*

V přírodě existuje daleko více barev, než jen jednoduché, které můžeme pozorovat v barevném spektru. Nenajdeme v něm například hnědou, šedou, růžovou, khaki (zelenohnědou) barvu a spoustu dalších. Tyto barvy nazýváme složené a vznikají stejně jako bílé světlo skládáním jednoduchých barev. Pouze je skládáme v různých poměrech nebo neskládáme všechny existující barvy. Ke zjištění, z jakých jednoduchých barev jsou barvy složené, používáme přístroje spektrofotometry. Na následujících obrázcích se můžete podívat, jak některé složené barvy vznikají. *(obrázek – grafy ze spektrofotometru, více různých barev, obrázek – spektrofotometr, několik typů, webový odkaz – výrobce spektrofotometrů – http://www.xrite.cz/)*

Sestroj si jednoduchý spektroskop – návod zde. *(webový odkaz – stránky hvězdárny, návod na výrobu spektroskopu ze „střípku“ CD)*

(Pomůcky, experimenty – optický hranol, zdroj světla – komplet pro experiment rozkladu světla; spektroskop ze „střípku“ CD dle návodu viz webový odkaz http://stara.hvezdarna.cz/index.php3?s=11&subs=13 a následující strana, alespoň 5–6 exemplářů; zdroje světla – výbojka, zářivka(!), laserové ukazovátko – červený nebo zelený monochromatický zdroj světla)



Obr. 6.1: návod na stavbu jednoduchého spektroskopu (1:1)[1]

[1] Převzato z: *Střihněte si spektroskop* [online]. Brno: Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně, 2007. [cit 2011-05-12]. Dostupné z URL <http://stara.hvezdarna.cz/ index.php3?s=11&subs=13>.

6.2.2 Na čem může záviset barva předmětu

Na jevišti vystupují artisté v červených kostýmech. Najednou je osvětlí ostře zelené světlo a kostýmy zčernají. Jako barvu má jejich oblečení – červenou nebo černou? A jak vidí jejich oblečení barvoslepý člověk, který nedokáže červenou od zelené vůbec rozlišit? *(obrázek – herci na jevišti v zeleném světle, lidé osvětlení zeleným světlem)*
V běžném životě jsme zvyklí, že předměty jsou osvětlené bílým slunečním světlem nebo světlem žárovek či zářivek, jejichž barva se od bílé příliš neliší. Barva předmětů závisí na jejich schopnosti pohlcovat některé barvy a jiné barvy odrážet. Když se podíváme na graf znázorňující, jaké spektrální barvy obsahuje nějaká složená červená barva, zjistíme, že to mohou být téměř všechny barvy spektra s výjimkou zelených odstínů. *(obrázek – spektrum odražené červené barvy)*

Pokud bude povrch předmětu pohlcovat žlutozelené, zelené a modrozelené barvy a ostatní bude odrážet, bude se nám jevit jako červený. Ale pouze při osvětlení bílým světlem! Co se stane, když stejný povrch osvítíme zeleným světlem? *(obrázek – spektrum zeleného světla)* Řekli jsme, že zelené barvy se pohltí. Jiné barvy v dopadajícím světle nejsou, od povrchu předmětu se nic neodrazí a předmět se nám jeví tmavý, černý. *(obrázek – nákresy dopadajícího a odraženého světla – bílé světlo + bílý povrch, bílé světlo + černý povrch, bílé světlo + červený povrch, zelené světlo + červený povrch, vše pouze schematicky)*

Zkuste přijít na to, jaké barvy musí pohlcovat povrch předmětu, který se nám v bílém světle jeví modrý. Jakým světlem ho musím osvítit, aby vypadal černý? *(obrázek - jako skrytý – bílé světlo + modrý povrch, žluté světlo + modrý povrch)*

Neprůhledné předměty světlo odrážejí, průhledné předměty světlo propouštějí, to již víme. I průhledné předměty mohou ale některé barvy pohlcovat. Proč se nám jeví červené sklíčko jako červené? Z dopadajícího bílého světla pohltí zelené barvy a propustí ty ostatní, které dohromady dávají nějaký červený odstín. Průhledným předmětům, které pohlcují některé barvy dopadajícího světla a tím mění barvu světla, říkáme barevné filtry. Používají se třeba v divadelních svítidlech, abychom získali zdroj barevného světla. *(obrázek – divadelní svítidlo s měničem filtrů, barevné filtry – různé druhy)*

Existují také speciální světelné zdroje, které vyzařují světlo pouze jedné spektrální barvy. Jsou to např. sodíkové výbojky, reklamní „neonové“ trubice nebo lasery. *(obrázek – specifický světlený zdroj a jeho spektrum – minimálně 2x – laser + spektrum, reklamní neonová trubice + spektrum, sodíková výbojka + spektrum, textová poznámka – výslovnost laser)* Srovnejte spektra bílého světla, žlutého světla v divadelním reflektoru

a žlutého světla sodíkové výbojky. *(obrázek – jako skrytý – spektrum bílého světla, spektrum běžného žlutého světla, spektrum sodíkové výbojky)*

V úvodu jsme se zmínili o barvoslepém člověku. *(obrázek – testy na barvocit, webový odkaz – stránky s testy pro zkoušku barvocitu a ověřování optických vad lidského oka – http://www.zeleny-zakal.cz/test-zraku)* Je těžké se vžít do jeho role, ale víme, že červenou a zelenou nerozliší. Nemůžeme chtít, aby je takto pojmenoval. Vidíme, že s barvou předmětů je to těžké. Abychom předmět viděli červený, musí mít povrch určitých vlastností (pohlcuje zelené barvy), musí na něj dopadat správné světlo (nejlépe bílé, ale určitě ne zelené) a ještě k tomu musíme mít zdravé oči, které barvy vidí. Říkáme, že barva je vjem, který závisí na předmětu, na osvětlení a na vlastnostech pozorovatele.

Jak to také může dopadnout, když má člověk špatné brýle… *(videosekvence – motivační záběry z pozorování barevných papírů barevnými brýlemi)*

(Pomůcky, experimenty – barevné filtry pro aditivní a subtraktivní míchání světla; brýle a barevné samolepky použité v motivačním videu s barevnými brýlemi; předlohy pro zkoumání barvocitu; různé barevné papíry + různé barevné zdroje světla)

6.2.3 RGB znamená red–green–blue neboli červená–zelená–modrá

V aplikaci Windows Malování si chceme zvolit svoji pěknou barvu. Jak na to? Každý jistě snadno najde v menu aplikace volbu Barvy -> Upravit barvy… -> Definovat vlastní barvy. Každý jistě také zvládne umístit křížek někam do zobrazené barevné palety, ale co s těmi šesti číselnými políčky vpravo dole? Jaká čísla tam mohu napsat a jak vůbec souvisejí barvy s čísly? *(obrázek – screenshot aplikace Malování – celá pracovní plocha a dialogové okno výběru barev)*

K hodnotám Odstín – Sytost – Světelnost se vrátíme později, nyní se podíváme na hodnoty Červená – Zelená – Modrá. Raději je budeme nazývat mezinárodním označením RGB (Red – Green – Blue). Zkusme v aplikaci Windows Malování vybírat vlastní barvu a přitom posouvat záměrným křížkem v barevném čtverci a táhlem v barevném sloupci úplně vpravo. *(obrázek – screenshoty dialogového okna výběru barev aplikace Malování, několik různých míchaných barev, textová poznámka – výslovnost – red, green, blue)* Vidíme, že se číselné hodnoty mění. Tři nuly odpovídají černé, třikrát 255 odpovídá bílé. Každou barvu můžeme popsat trojicí čísel z rozmezí 0 až 255. První číslo v trojici udává, kolik je v barvě základní červené, druhé číslo udává, kolik je v barvě základní zelené, třetí číslo udává totéž pro modrou. Urči, jaká barva se skrývá pod trojicí 128 255 0 nebo pod trojicí 180 70 100. Najdi nějakou světle modrou barvu a zapiš ji pomocí čísel RGB.

(obrázek – jako skrytý – dialogové okno aplikace Malování – grafické řešení zadaných otázek)

Proč ale používáme k číselnému zápisu barev zrovna trojici červená – modrá – zelená? Souvisí to s vlastnostmi lidského oka. V biologii se budete učit, že lidské oko obsahuje dva základní typy buněk citlivých na světlo – tyčinky a čípky. Barvy vnímáme pomocí čípků a těch jsou tři druhy citlivé po řadě právě na červené, zelené a modré světlo. Nejjednodušší způsob, jak nasimulovat v oku barevný vjem třeba při sledování televize, je smíchat konkrétní barvu z červené, zelené a modré. Každou ze tří barevných složek budeme vnímat jedním z druhů čípků. *(obrázek – lidské oko, výklad z učebnice přírodopisu, mezipředmětový odkaz – stránka učebnice přírodopisu s výkladem o lidském oku a zraku, obrázek – barevná citlivost tyčinek a čípků, obrázek – vzhled světlocitlivých buněk v lidském oku – tyčinek a čípků, textová poznámka – výslovnost rods, cons)*

Když se podíváš lupou na televizní obrazovku, uvidíš, že celá její plocha je složena z maličkých barevných plošek, které září střídavě červeně, zeleně a modře. V místech s červeným obrazem svítí pouze červené plošky a také v místech, kde je zelená nebo modrá plocha svítí pouze odpovídající plošky. Ve žlutých místech svítí plošky červené a zelené, v oranžových svítí červené více a zelené méně. *(obrázek – detail barevné televizní obrazovky – schematický nákres, obrázek – fotografie detailu barevné televizní obrazovky, videosekvence – záběr – „zoom“ – na barevnou TV obrazovku s detailem na luminofory)*

Právě hodnoty RGB uvádějí, jak moc svítí jednotlivé barevné plošky. Když chci zobrazit výše zmíněnou zářivě žlutozelenou barvu 130 255 0, musím červené plošky rozsvítit na polovinu maximálního jasu (128 je přibližně ½ x 255, zelené plošky naplno (255) a modré zůstanou zhasnuté (0). Když se podíváš na monitor počítače v místě barevné palety aplikace Windows Malování, uvidíš ty samé plošky tří barev jako na televizní obrazovce a můžeš sledovat jejich jas v závislosti na zobrazené barvě.

Pomocí barev RGB nemusíme míchat barvy jen na televizní obrazovce či počítačovém monitoru. Když vezmeme tři svítidla s červeným zeleným a modrým světlem, docílíme stejného výsledku. *(obrázek - aditivní míchání barev, videosekvence – aditivní míchání barevných světel – záznam pokusu, simulace v grafickém programu, RGB míchání barev v plnobarevném obrázku)*

I další zařízení, která pracují s barvami, je popisují pomocí RGB. Světlocitlivé čipy skenerů, digitálních fotoaparátů nebo videokamer jsou citlivé na červenou, zelenou a modrou stejně jako lidské oko. Ve všech případech, kdy mícháme barevná světla,

můžeme použít zápis barvy v RGB. *(obrázek – fotografie RGB zařízení různých typů – kompaktní fotoaparát, digitální zrcadlovka, studiový fotoaparát, webkamera, amatérská videokamera, profesionální kamera, ploché skenery)* Kdybychom míchali barevné inkousty nebo tempery na papíře, bude to trochu jinak.

(Pomůcky, experimenty – žákovské notebooky / netbooky s nainstalovanou aplikací Windows malování; barevný monitor, lupa pro pozorování luminoforů)

6.2.4 Jsou i jiná čísla než jen RGB, třeba CMYK

Máte doma inkoustovou tiskárnu k počítači a nakupovali jste do ní někdy barevné inkousty? Pokud jste všímaví, určitě si vybavíte, jaké barvy jsou na krabičce znázorněné. Jsou to barvy jednotlivých náplní a rozhodně to nejsou červená, zelená a modrá. Proč asi? *(obrázek – barevné tonery a inkousty – balení, ze kterého je vidět odstíny CMYK, inkoustová tiskárna, detail na inkoustové cartridge v tiskárně, práškové tonery v produkčním stroji – v případě, že se obrázky všechny nevejdou, je možné některé z nich umístit jako skryté)*

Vypnutý monitor nebo obrazovka TV je černý. Když na něm chci něco zobrazit, musím rozsvítit v různém poměru červené, zelené a modré barevné plošky. Pokud budou svítit plošky všech tří barev naplno, uvidím bílou barvu. Prázdný papír je bílý, nesvítí, pouze se od něj odráží dopadající bílé světlo. Když chci něco vytisknout, nanáším na něj barevné inkousty – azurový, purpurový a žlutý. Pokud smíchám všechny tři inkousty dohromady, bude papír černý. Žlutý inkoust pohlcuje z dopadajícího světla modrou a odráží ostatní, proto se jeví žlutý. Stejně tak azurový inkoust pohlcuje z dopadajícího světla červenou a purpurový inkoust pohlcuje z dopadajícího světla zelenou. Opět mícháme červené, zelené a modré světlo, ale tentokrát je pomocí azurového, purpurového a žlutého inkoustu z dopadajícího bílého světla odebíráme. Pro označení barev Azurová – Purpurová – Žlutá použijeme opět mezinárodní označení CMY (Cyan – Magenta – Yellow). Častěji než s CMY se setkáte s označením CMYK. Při tisku se totiž kromě tří barev CMY používá ještě čtvrtá barva – černá pro tisk obyčejného textu (blacK nebo Key). Ta nás teď ale zajímat nebude. Na obrázku vidíte míchání barev postupným odebíráním červené, zelené a modré z bílého světla pomocí azurového, purpurového a žlutého inkoustu (CMY). *(obrázek – jako skrytý – aditivní míchání barev (připomenutí z minula) obrázek – subtraktivní míchání barev, videosekvence – simulace subtraktivního míchání barev v grafickém programu, míchání CMYK barev v plnobarevném obrázku, obrázek – spektrální křivky pro azurovou, purpurovou a žlutou barvu – záznam měření*

spektrofotometru, obrázek – ofsetový tiskový stroj – celek a detail na barevníky, videosekvence – ofsetový tiskový stroj v provozu, textová poznámka – výslovnost cyan, magenta, yellow, black, key)

Pro hodnoty CMY se běžně nepoužívají čísla od 0 do 255, ale procenta, která udávají, jak sytý je daný inkoust. Např. barva CMY 0-50-100 znamená 50% pokrytí purpurovou a 100% pokrytí žlutou. Kdo aspoň jednou maloval vodovkami, snadno odhadne, že výsledkem bude oranžová.

Podobným způsobem jako u barev RGB odhadni, jaká barva se skrývá pod trojicí čísel CMY 100-80-0 nebo pod trojicí 50-10-90. Najdi nějakou světle modrou barvu a zapiš ji pomocí čísel CMY. *(obrázek – vzorník procesních CMYK barev, obrázek – jako skrytý – řešení trojice úkolů)*

Známe již zápis barvy pomocí RGB a CMY. V aplikaci Windows Malování jsme objevili také hodnoty Odstín – Sytost – Světelnost (mezinárodně Hue – Saturation – Brightness = HSB). Sami si můžete ve Windows Malování vyzkoušet, jaké je rozmezí hodnot pro jednotlivá čísla a jak které z nich ovlivňuje výslednou barvu. *(obrázek – screenshoty dialogového okna aplikace Malování, výběr barev pomocí hodnot HSB, textová poznámka – výslovnost – hue, saturation, brightness)*

Seznámili jsme se již se zápisem barev RGB, CMY a HSB. Všechny barvy, které můžeme pomocí uvedených hodnot zapsat, můžeme také znázornit graficky. Podívejte se na následující obrázky. *(obrázek – schémata barvových prostorů – RGB krychle, CMY krychle, HSB dvojkužel, případně další ilustrační obrázky barvových prostorů jako skryté, videosekvence – rotující RGB krychle, rotující HSB dvojkužel)*

6.2.5 Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK

Vyfotili jsme si digitálním fotoaparátem pěknou přírodní scenérii se zelenou travou a s modrou oblohou. Na displeji fotoaparátu vypadá záběr barevně moc hezky. Snímek jsme stáhli do levného notebooku, který s sebou občas taháme na výlety, a barvy jsou pryč, zelená je do hněda, obloha také nic moc. Po zobrazení snímku na kvalitním monitoru domácího počítače jsou naštěstí barvy opět v pořádku. Soubor se snímkem nebyl po celou dobu nijak upravovaný, čísla RGB zůstala stále stejná a barvy byly pokaždé jiné. Jak je to možné?

Je třeba si uvědomit, že různá zařízení mohou zobrazovat barvy v různé kvalitě. *(obrázek – různá zařízení – profesionální fotoaparát, levný notebook, profesionální monitor, dále fotografie simulující zobrazení reality těmito zařízeními – fotoaparát –*

kvalitní barevnost, notebook – velice špatné barvy, profesionální monitor – kvalitní barvy) Profesionální monitor výtvarníka nebo fotografa je vyrobený lepší technologií, tři základní barvy červená, zelená a modrá jsou jasné a zářivé. Proto jsou i barvy, které vzniknou jejich smícháním, velice dobře zobrazené. U takového monitoru je kvalitní zobrazování barev základním předpokladem. Oproti tomu na displej obyčejného notebooku jsou dva základní požadavky – aby byl co nejlevnější a aby vůbec nějaké barvy zobrazoval. Je zřejmé, že ani tři přesná čísla RGB nám nedávají o výsledné barvě přesnou představu, závisí na tom, na jakém monitoru se zobrazí. Říkáme, že RGB je závislé na zařízení. Podobné je to i s barvami CMY. Přesný výsledný odstín bude záviset na kvalitě jednotlivých inkoustů, azurového, purpurového a žlutého. Barvy v reprezentativním časopise na kvalitním papíře budou jistě vypadat jinak, než barvy v obyčejných novinách na zašedlém recyklovaném papíře. *(obrázek – fotografie různě kvalitních tiskovin – luxusní časopis, obyčejné noviny, barevná obrázková kniha, černobílé noviny s hrubým tiskovým rastrem apod.)*

Tento problém nedával spát vědcům, kteří se popisem barev zabývají. Definovali různé zápisy barev, které sice nejsou tak názorné, jako naše RGB nebo CMY, ale mají tu výhodu, že nezávisí na konkrétním způsobu zobrazení. Jedním z nich je zápis xyY, kde hodnoty x a y společně udávají barevný odstín a sytost dané barvy a Y popisuje její jas. Je těžké si představit pod trojicí čísel x, y a Y konkrétní barvu. Často se ale používá zobrazení hodnot x a y, které se nazývá chromatický diagram (chroma = řecky barva). *(obrázek – chromatický diagram – několik variant – samotný diagram, diagram s vyznačeným RGB gamutem, diagram s vyznačenými více gamuty různých RGB a CMYK zařízení)* Tento diagram je zajímavý tím, že v něm můžeme znázornit všechny barvy, které dokáže vnímat lidské oko. A to jsou barvy displeje laciného notebooku, barvy profesionálního monitoru, barvy novinového tisku, barvy nejkvalitnějších tiskovin, čisté spektrální barvy duhy a spousty dalších. Podívejte se na obrázek chromatického diagramu a uvidíte, že ani nejkvalitnější monitory zdaleka nezobrazí všechny viditelné barvy, natož abychom mohli vytisknout skutečné barvy duhy. Při zkoumání přiloženého diagramu ale nezapomeňte na to, že i tento obrázek byl vytištěný na papír, a proto jsou barvy tiskem zkreslené.

Na následujících obrázcích vidíte různé světelné zdroje a různá zařízení, která pracují s barvami. Zkuste o nich něco říct a ukázat, která část chromatického diagramu s nimi souvisí. *(obrázek – více fotografií různých zařízení z předchozích částí tématu – fotoaparáty, skenery, monitory, barevné inkoustové cartridge, světelné zdroje – laser,*

výbojka, denní světlo, duha, tiskoviny, videokamery, rozklad světla hranolem a na CD atd.

(Pomůcky, experimenty – více druhů monitorů – starý CRT, kvalitní LCD (PVA, IPS) apod., obyčejné LCD netbooku, dataprojektor – pro demonstraci závislosti barvového prostoru RGB na zařízení)

6.2.6 Zelenou dostanu, když smíchám modrou a žlutou…

Tuhle větu patrně většina z Vás v nějaké podobě už slyšela. Je to taková základní malířská poučka a při malování vodovkami jste si mnohokrát vyzkoušeli, že funguje. Není to trochu divné? Modrou barvu mám v RGB, žlutou barvu mám mezi barvami CMY, jak smíchám modré světlo a žlutý inkoust?

V tomto případě jde pouze o nepřesné nebo ještě lépe nejednoznačné názvosloví. Pojem modrá barva se v běžném životě používá pro mnoho odstínů od modrofialové až po zelenomodrou. I v malířství máme modrých barev spoustu. Namátkou vybíráme z jednoho katalogu olejových barev pro malíře – pruská modř, orientální modř tmavá, francouzský ultramarín tmavý, francouzský ultramarín světlý, kobaltová modř sytá, kobaltová modř pravá, základní phthalocyaninová modrá, královská modrá, blankytně modrá sytá, blankytně modrá pravá, zářivě modrá, tyrkysová modrá. *(obrázek – ukázka části katalogu malířských olejových barev, obrázek – vodovky – upravený zvýrazněním základních CMYK barev obrázek – tempery základních barev)*

Tou modrou z nadpisu kapitoly rozumí malíř odstín modré, který my označujeme jako azurovou. Pak je vše jasné a v pořádku. Z obrázku míchání barev CMY je zřejmé, že smícháním azurového a žlutého inkoustu opravdu vznikne zelená barva. Když malíři nebo tiskaři hovoří o základních barvách modré, červené a žluté, mají na mysli barvy, které my označujeme názvy azurová, purpurová a žlutá.

Zkuste pomocí těchto tří základních barev a jejich míchání namalovat nějaký pěkný obrázek. Podaří se Vám to? *(obrázek – pokus o malbu čtyřmi základními barvami – tempery)*

(Pomůcky, experimenty – kreslící čtvrtky, tempery 4 základních barev – zhruba CMYK – azurová = kobalt imitace, purpurová = alizarin, žlutá = žluť citrónová, čerň kostní, běžné potřeby na malování)

6.3 Konkrétní zpracování jednotlivých částí výukového tématu v aplikaci FlexiAutor Nakladatelství Fraus.[2]

Dále uvádím screenshoty konkrétního zpracování jednotlivých částí výukového tématu, jejichž text včetně doporučeného obrazového a dalšího vesměs multimediálního materiálu je uveden v předchozí kapitole.

Vzhledem k tomu, že rukopis, resp. scénář tohoto mezipředmětového výukového tématu vznikal dříve než samotná lekce, je možné, že v některých pasážích se text rukopisu v drobnostech odlišuje od definitivní podoby lekce. Někde bylo zapotřebí vzhledem k dostupnému obrazovému a multimediálnímu doprovodu upravit kvůli potřebným souvislostem původní text, jinde bylo zapotřebí doplnit text o větu či odstavec. Tyto úpravy a korektury textu jsou zachyceny ve vlastní lekci, ale nejsou přirozeně promítnuty zpět do rukopisu.

Na druhou stranu je možné, že některé v rukopisu (scénáři) navrhované obrázky nebo multimediální objekty nebyly ve výsledku dostupné, a proto se v lekci neobjevily.

Všechny tyto rozdíly mezi rukopisem (scénářem) a vlastní lekcí jsou však nepodstatné, naprostá většina obsahu zůstala zachována v původně navržené podobě.

[2] *FlexiAutor » FlexiLearn* [online]. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2011. [cit 2011-06-30]. Dostupné z URL <http://ucitel.flexilearn.cz/flexiautor-4/>.

BARVA SVĚTLA A ROZKLAD SVĚTLA HRANOLEM

Při divadelních vystoupeních a různých estrádních akcích je možno si všimnout, že jeviště je osvětlováno svítidly, která vydávají světlo různé barvy. Můžeme spočítat, kolik různých barev na světě existuje? A kde se vlastně berou různé barvy, když obyčejné světlo je bílé? A kde se bere duha?

Anglický matematik a fyzik Isaac Newton pozoroval v 17. století, jak z bílého slunečního světla vznikají po průchodu skleněným hranolem světla různých barev podobná duze na obloze. Ten jev podrobně zkoumal a popsal. Původně bílé světlo se rozloží do barevného pásu, ve kterém je zastoupeno velké množství barev.

Isaac Newton 1643–1727

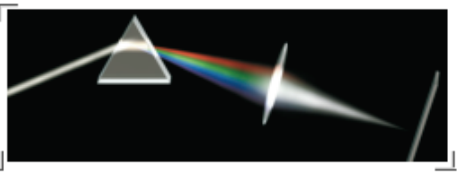
Po Isaacu Newtonovi je také pojmenována fyzikální jednotka síly 1 Newton.

Vznik barevného spektra

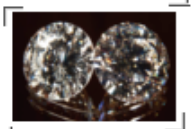
Bílé světlo je složené z jednoduchých, tzv. spektrálních barev. Ty však není lidské oko schopno přímo rozeznat. K rozložení bílého světla na spektrální barvy můžeme využít například lomu světla. Když na skleněný hranol dopadne úzký paprsek bílého světla, dojde na rozhraní vzduchu a skla k lomu světla. Úhel lomu závisí na rychlosti světla ve skle a světla různých barev se ve skle šíří různou rychlostí. Nejvíce se lomí světlo fialové, nejméně světlo červené.

Po průchodu svazku bílého světla hranolem ho necháme dopadat na stínítko a na něm vznikne pruh mnoha barev (**spektrum**), které přecházejí jedna v druhou. Newton pojmenoval sedm základních barev – **fialová**, **indigová (modrofialová)**, **modrá**, **zelená**, **žlutá**, **oranžová**, **červená**. Je třeba si uvědomit, že mezi těmito sedmi barvami je nekonečně mnoho dalších barevných odstínů. Pokud barvy spektra složíme zpět spojnou čočkou, dostaneme opět bílé světlo.

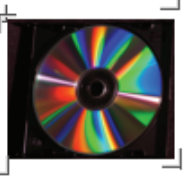
Rozklad bílého světla lomem při průchodu skleněným hranolem



Opětovné složení barevných světel pomocí spojné čočky. Vzniká zase bílé světlo.



Při průchodu světla broušeným drahokamem dochází také k lomu a rozkladu světla.



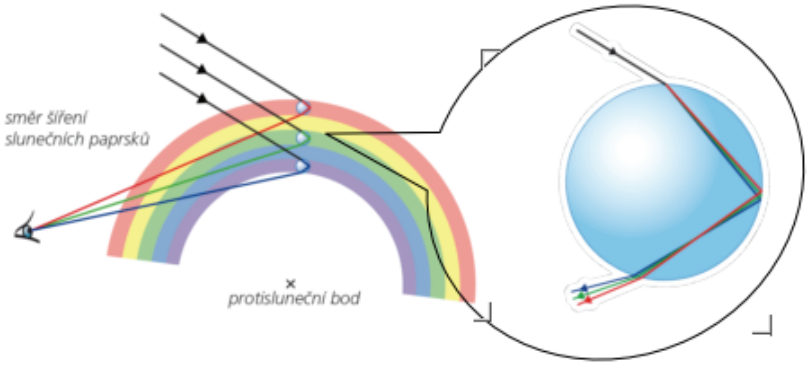
Také při odrazu světla na disku CD dochází k rozkladu světla. Nejedná se ale o rozklad lomem.

Duha

V přírodě se bílé sluneční světlo může rozkládat na jednoduché barvy při průchodu kapkami vody. V takovém případě vzniká jeden z nejhezčích a nejvýraznějších atmosférických optických jevů – **duha**.

SVĚTELNÉ JEVY – BARVY

Duhu můžeme pozorovat, pokud svítí slunce a zároveň prší. Střed oblouku duhy leží přímo proti Slunci. Je-li Slunce nízko na obloze, zasahuje oblouk duhy výše. Nejvýraznější hlavní duha má vnitřní okraj fialový a vnější červený. Kromě hlavní duhy můžeme někdy pozorovat i duhu vedlejší. Ta je méně zřetelná, nachází se vně duhy hlavní a má obrácené pořadí barev. Vzniká dvojnásobným odrazem světla v kapce vody.

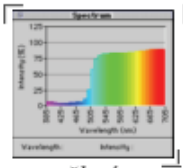


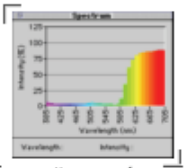
Duhu vidíme nejen při dešti, ale také jindy, pokud jsou ve vzduchu rozptýleny kapky vody, např. ve vodní tříští nad vodopádem nebo při zalévání zahradní hadicí.

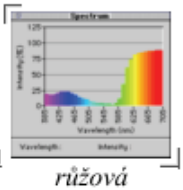
Jednoduché a složené barvy, spektrofotometr

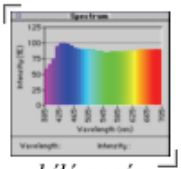
V přírodě existuje daleko více barev, než jen jednoduché, které můžeme pozorovat v barevném spektru. Nenajdeme v něm například hnědou, šedou, růžovou, khaki (zelenohnědou) barvu a spoustu dalších. Tyto **barvy** nazýváme **složené** a vznikají stejně jako bílé světlo skládáním jednoduchých barev. Pouze je skládáme v různých poměrech nebo neskládáme všechny existující barvy.

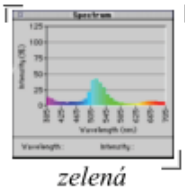
Ke zjištění, z jakých jednoduchých barev jsou barvy složené, používáme přístroje **spektrofotometry**. Na následujících obrázcích se můžete podívat, jak některé složené barvy vznikají.

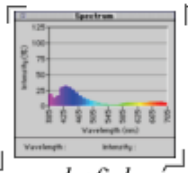

žlutá

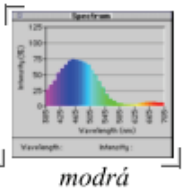

červená

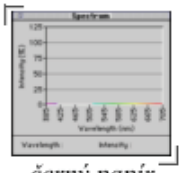

růžová (purpurová)


bílý papír


zelená


modrofialová


modrá (azurová)


černý papír

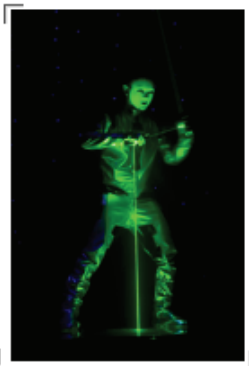
Spektrofotometry

Sestrojte si jednoduchý spektroskop - návod zde: www

www

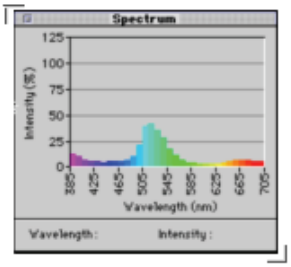
BARVA PŘEDMĚTŮ, CO JE TO BARVA?

Na jevišti vystupují artisté v červených kostýmech. Najednou je osvětlí ostře zelené světlo a kostýmy zčernají. Jako barvu má jejich oblečení – červenou nebo černou? A jak vidí jejich oblečení barvoslepý člověk, který nedokáže červenou od zelené rozlišit?

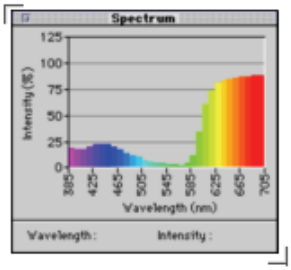


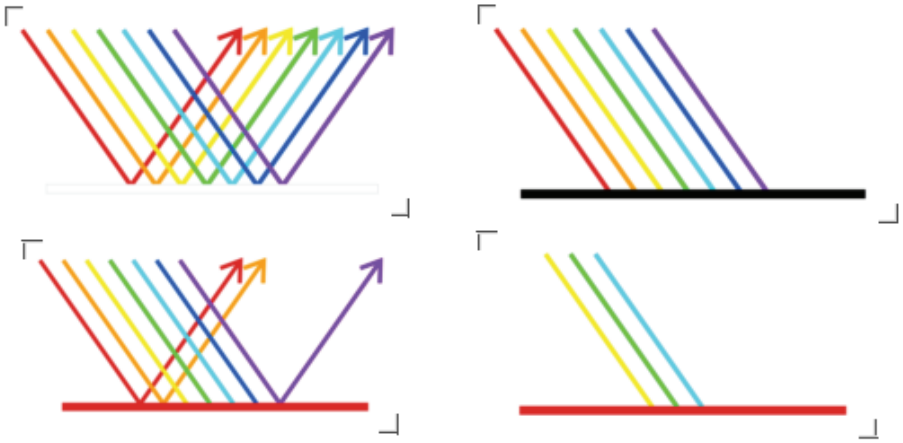
Barva při osvětlení barevným světlem

V běžném životě jsme zvyklí, že předměty jsou osvětlené bílým slunečním světlem nebo světlem žárovek či zářivek, jejichž barva se od bílé příliš neliší. Barva předmětů závisí na jejich schopnosti pohlcovat některé barvy a jiné barvy odrážet. Když se podíváme na graf znázorňující, jaké spektrální barvy obsahuje nějaká složená červená barva, zjistíme, že to mohou být téměř všechny barvy spektra s výjimkou zelených odstínů.



Pokud bude povrch předmětu pohlcovat žlutozelené, zelené a modrozelené barvy a ostatní bude odrážet, bude se nám jevit jako červený. Ale pouze při osvětlení bílým světlem! Co se stane, když stejný povrch osvítíme zeleným světlem? Řekli jsme, že zelené barvy se pohltí. Jiné barvy v dopadajícím světle nejsou, od povrchu předmětu se nic neodrazí a předmět se nám jeví tmavý, černý.





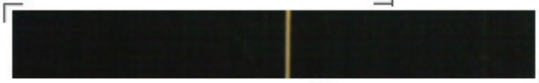
Zkuste přijít na to, jaké barvy musí pohlcovat povrch předmětu, který se nám v bílém světle jeví modrý. Jakým světlem ho musím osvítit, aby vypadal černý? *Nakreslete pro tento případ podobné obrázky jako jsou výše pro červený předmět nasvícený postupně bílým a zeleným světlem. Řešení je skryté pod tlačítky vpravo.*

SVĚTELNÉ JEVY – BARVY

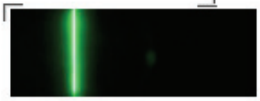
Neprůhledné předměty světlo odrážejí, průhledné předměty světlo propouštějí, to již víme. I průhledné předměty mohou ale některé barvy pohlcovat. Proč se nám jeví červené sklíčko jako červené? Z dopadajícího bílého světla pohltí zelené barvy a propustí ty ostatní, které dohromady dávají nějaký červený odstín. Průhledným předmětům, které pohlcují některé barvy dopadajícího světla, a tím mění barvu světla, říkáme barevné filtry. Používají se třeba v divadelních svítidlech, abychom získali zdroj barevného světla.

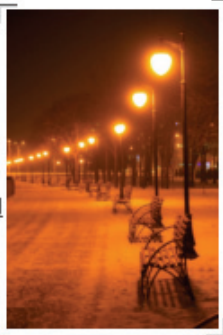
Existují také speciální světelné zdroje, které vyzařují světlo pouze jedné spektrální barvy. Jsou to např. sodíkové výbojky, reklamní „neonové“ trubice nebo lasery.

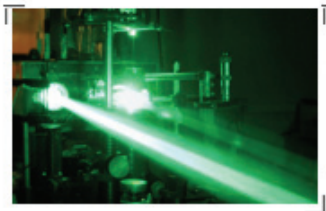
sodíková výbojka



zelený laser





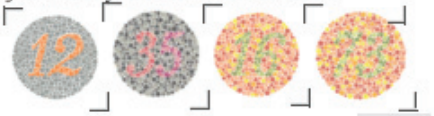


Srovnejte spektrum bílého světla, světla odraženého od žlutého papíru a světla sodíkové výbojky.

Vnímání barev, barvoslepost

V úvodu jsme se zmínili o barvoslepém člověku. Je těžké se vžít do jeho role, ale víme, že červenou a zelenou nerozliší. Nemůžeme chtít, aby je takto pojmenoval. Vidíme, že s barvou předmětů je to těžké. Abychom předmět viděli červený, musí mít povrch určitých vlastností (pohlcuje zelené barvy), musí na něj dopadat správné světlo (nejlépe bílé, ale určitě ne zelené) a ještě k tomu musíme mít zdravé oči, které barvy vidí.

Barvoslepost, v lehčím případě porucha barvocitu, se dá zjistit pomocí čtení jednoduchých testovacích obrazců.

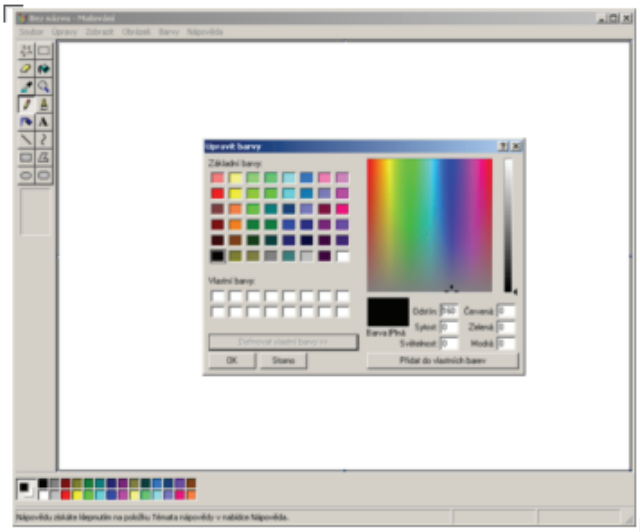


Jak to taky může dopadnout, když má člověk špatné brýle...

Barva je vjem, který závisí na předmětu, na osvětlení a na vlastnostech pozorovatele.

RGB ZNAMENÁ RED – GREEN – BLUE

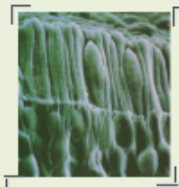
V aplikaci Windows Malování si chceme zvolit svoji pěknou barvu. Jak na to? Každý jistě snadno najde v menu aplikace volbu Barvy -> Upravit barvy… -> Definovat vlastní barvy. Každý jistě také zvládne umístit křížek někam do zobrazené barevné palety, ale co s těmi šesti číselnými políčky vpravo dole? Jaká čísla tam mohu napsat a jak vůbec souvisejí barvy s čísly?



K hodnotám Odstín – Sytost – Světelnost se vrátíme později, nyní se podíváme se na hodnoty Červená – Zelená – Modrá. Raději je budeme nazývat mezinárodním označením RGB (Red – Green – Blue). Zkusme v aplikaci Windows Malování vybírat vlastní barvu a přitom posouvat záměrným křížkem v barevném čtverci a táhlem v barevném sloupci úplně vpravo. (screenshoty Malování, několik barev) Vidíme, že se číselné hodnoty mění. Tři nuly odpovídají černé, třikrát 255 odpovídá bílé. Každou barvu můžeme popsat trojicí čísel z rozmezí 0 až 255. První číslo v trojici udává, kolik je v barvě základní červené, druhé číslo udává, kolik je v barvě základní zelené, třetí číslo udává totéž pro modrou. Urči, jaká barva se skrývá pod trojicí 128 255 0 nebo pod trojicí 180 70 100. Najdi nějakou světle modrou barvu a zapiš ji pomocí čísel RGB.

Odpovědi na otázky:

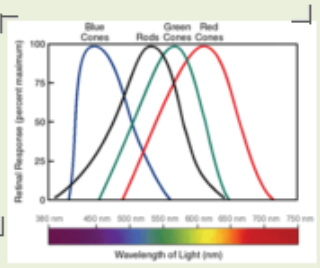
Proč ale používáme k číselnému zápisu barev zrovna trojici červená – modrá – zelená? Souvisí to s vlastnostmi lidského oka. V biologii se budete učit, že lidské oko obsahuje dva základní typy buněk citlivých na světlo – tyčinky a čípky. Barvy vnímáme pomocí čípků a těch jsou tři druhy citlivé po řadě právě na červené, zelené a modré světlo. Nejjednodušší způsob, jak nasimulovat v oku barevný vjem třeba při sledování televize, je smíchat konkrétní barvu z červené, zelené a modré. Každou ze tří barevných složek budeme vnímat jedním z druhů čípků.

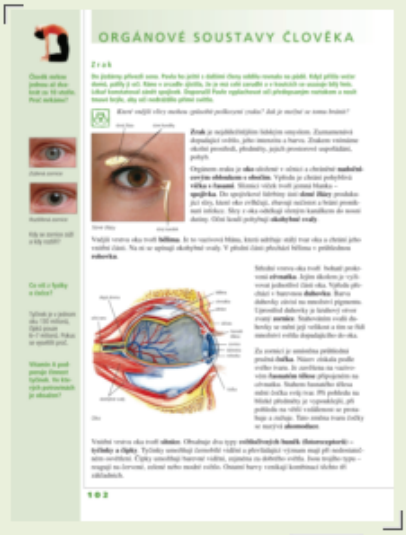


tyčinky a čípky

Citlivost světlocitlivých buněk tyčinek (rods) a čípků (cons) na různé barvy světla.

Zdroj:



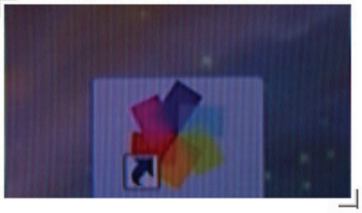


ZÁPIS BARVY V POČÍTAČOVÉ APLIKACI

Televizní obrazovka, barevný monitor

Když se podíváš lupou na televizní obrazovku, uvidíš, že celá její plocha je složena z maličkých barevných plošek, které střídavě červeně, zeleně a modře. V místech s červeným obrazem svítí pouze červené plošky a také v místech, kde je zelená nebo modrá plocha svítí pouze odpovídající plošky. Ve žlutých místech svítí plošky červené a zelené, v oranžových svítí červené více a zelené méně.

Právě hodnoty RGB uvádějí, jak moc svítí jednotlivé barevné plošky. Když chci zobrazit výše zmíněnou zářivě žlutozelenou barvu 130 255 0, musím červené plošky rozsvítit na polovinu maximálního jasu (128 = ½ x 255, zelené plošky naplno (255) a modré zůstanou zhasnuté (0). Když se podíváš na monitor počítače v místě barevné palety aplikace Windows Malování, uvidíš ty samé plošky tří barev jako na televizní obrazovce a můžeš sledovat jejich jas v závislosti na zobrazené barvě.



Pomocí barev RGB nemusíme míchat barvy jen na televizní obrazovce či počítačovém monitoru. Když vezmeme tři svítidla s červeným zeleným a modrým světlem, docílíme stejného výsledku.

Míchání barevných světel

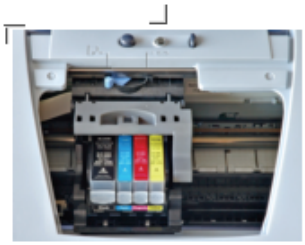
RGB zařízení

I další zařízení, která pracují s barvami, je popisují pomocí RGB. Světlocitlivé čipy skenerů, digitálních fotoaparátů nebo videokamer jsou citlivé na červenou, zelenou a modrou stejně jako lidské oko. Ve všech případech, kdy mícháme barevná světla, můžeme použít zápis barvy v RGB.

Důležitá poznámka - Pokud budeme míchat barevné inkousty nebo tempery či práškové barvy a nanášet je na papír, bude vše trochu jinak. Brzy se dozvíte jak...

JSOU I JINÁ ČÍSLA NEŽ JEN RGB, TŘEBA CMYK

Máte doma inkoustovou tiskárnu k počítači a nakupovali jste do ní někdy barevné inkousty? Pokud jste všímaví, určitě si vybavíte, jaké barvy jsou na krabičce znázorněné. Jsou to barvy jednotlivých náplní a rozhodně to nejsou červená, zelená a modrá. Proč asi?

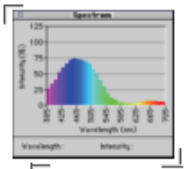


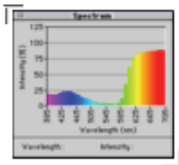
Vypnutý monitor nebo obrazovka TV je černý. Když na něm chci něco zobrazit, musím rozsvítit v různém poměru červené, zelené a modré barevné plošky. Pokud budou svítit plošky všech tří barev naplno, uvidím bílou barvu.

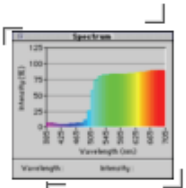
Prázdný papír je bílý, nesvítí, pouze se od něj odráží dopadající bílé světlo. Když chci něco vytisknout, nanáším na něj barevné inkousty – azurový, purpurový a žlutý. Pokud smíchám všechny tři inkousty dohromady, bude papír černý.

Na obrázku vpravo vidíte míchání barev postupným odebíráním červené, zelené a modré z bílého světla pomocí azurového, purpurového a žlutého inkoustu (CMY).

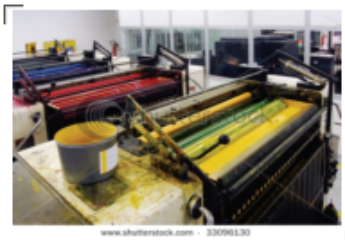
Žlutý inkoust pohlcuje z dopadajícího světla modrou a odráží ostatní, proto se jeví žlutý. Stejně tak azurový inkoust pohlcuje z dopadajícího světla červenou a purpurový inkoust pohlcuje z dopadajícího světla zelenou. Opět mícháme červené, zelené a modré světlo, ale tentokrát je pomocí azurového, purpurového a žlutého inkoustu z dopadajícího bílého světla odebíráme.


azurová


purpurová


žlutá

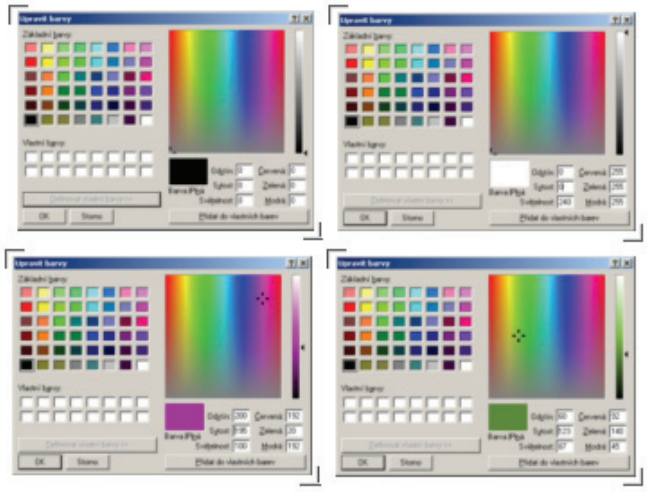
Pro označení barev Azurová – Purpurová – Žlutá použijeme opět mezinárodní označení CMY (Cyan – Magenta – Yellow). Častěji než s CMY se setkáte s označením CMYK. Při tisku se totiž kromě tří barev CMY používá ještě čtvrtá barva – černá pro tisk obyčejného textu (blacK nebo Key). Ta nás teď ale zajímat nebude.



ZÁPIS BARVY V POČÍTAČOVÉ APLIKACI

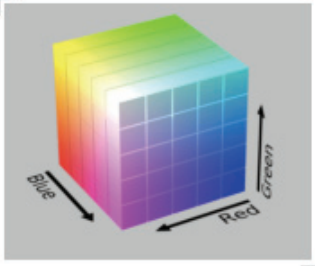
Pro hodnoty CMY se běžně nepoužívají čísla od 0 do 255, ale procenta, která udávají, jak sytý je daný inkoust. Např. barva CMY 0-50-100 znamená 50% pokrytí purpurovou a 100% pokrytí žlutou. Kdo aspoň jednou maloval vodovkami, snadno odhadne, že výsledkem bude oranžová.

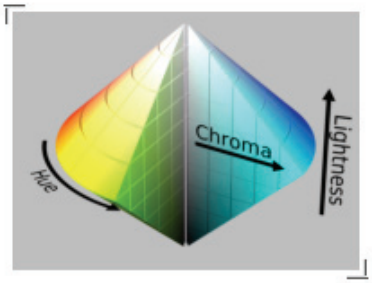
Podobným způsobem jako u barev RGB odhadni, jaká barva se skrývá pod trojicí čísel CMY 100-80-0 nebo pod trojicí 50-10-90. Najdi nějakou světle modrou barvu a zapiš ji pomocí čísel CMY.



Známe již zápis barvy pomocí RGB a CMY. V aplikaci Windows Malování jsme objevili také hodnoty Odstín – Sytost – Světelnost (mezinárodně Hue – Saturation – Brightness = HSB). Sami si můžete ve Windows Malování vyzkoušet, jaké je rozmezí hodnot pro jednotlivá čísla a jak které z nich ovlivňuje výslednou barvu.

Seznámili jsme se již se zápisem barev RGB, CMY a HSB. Všechny barvy, které můžeme pomocí uvedených hodnot zapsat, můžeme také znázornit graficky. Podívejte se na následující obrázky.





NENÍ RGB JAKO RGB, NENÍ CMYK JAKO CMYK

Vyfotili jsme si digitálním fotoaparátem pěknou přírodní scenérii se zelenou travou a s modrou oblohou. Na displeji fotoaparátu vypadá záběr barevně moc hezky. Snímek jsme stáhli do levného starého notebooku, který s sebou občas taháme na výlety, a barvy jsou pryč, zelená je do hněda, obloha také nic moc. Po zobrazení snímku na kvalitním monitoru domácího počítače jsou naštěstí barvy opět v pořádku. Soubor se snímkem nebyl po celou dobu nijak upravovaný, čísla RGB zůstala stále stejná a barvy byly pokaždé jiné. Jak je to možné?

Je třeba si uvědomit, že různá zařízení mohou zobrazovat barvy v různé kvalitě.

Na displej obyčejného notebooku jsou dva základní požadavky – aby byl co nejlevnější a aby vůbec nějaké barvy zobrazoval.

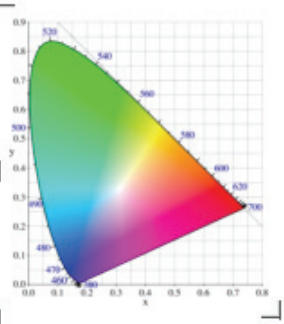
Profesionální monitor výtvarníka nebo fotografa je vyrobený lepší technologií, tři základní barvy červená, zelená a modrá jsou jasné a zářivé. Proto jsou i barvy, které vzniknou jejich smícháním, velice dobře zobrazené. U takového monitoru je kvalitní zobrazování barev základním předpokladem.

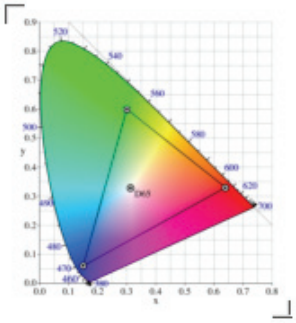
Je zřejmé, že ani tři přesná čísla RGB nám nedávají o výsledné barvě přesnou představu, závisí na tom, na jakém monitoru se zobrazí. Říkáme, že RGB je závislé na zařízení.

Podobné je to i s barvami CMY. Přesný výsledný odstín bude záviset na kvalitě jednotlivých inkoustů, azurového, purpurového a žlutého. Barvy v reprezentativním časopise na kvalitním papíře budou jistě vypadat jinak, než barvy v obyčejných novinách na zašedlém recyklovaném papíře.

ZÁPIS BARVY V POČÍTAČOVÉ APLIKACI

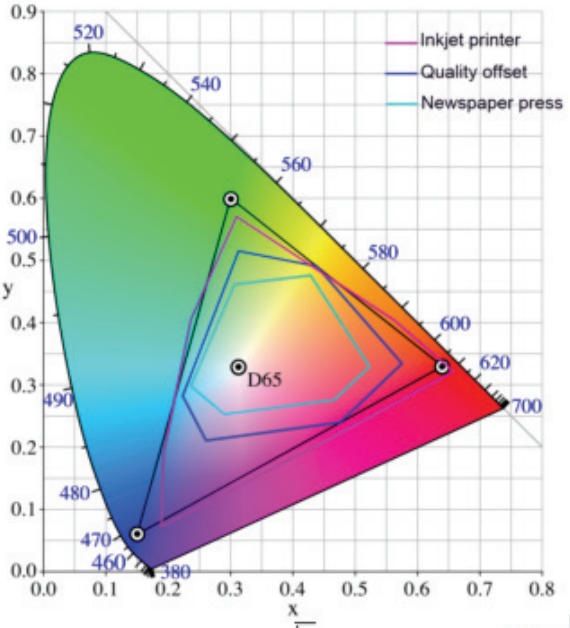
Tento problém nedával spát vědcům, kteří se popisem barev zabývají. Definovali různé zápisy barev, které sice nejsou tak názorné, jako naše RGB nebo CMY, ale mají tu výhodu, že nezávisí na konkrétním způsobu zobrazení.





Jedním z nich je zápis xyY, kde hodnoty x a y společně udávají barevný odstín a sytost dané barvy a Y popisuje její jas. Je těžké si představit pod trojicí čísel x, y a Y konkrétní barvu.

Často se ale používá zobrazení hodnot x a y, které se nazývá **chromatický diagram** (chroma = řecky barva).

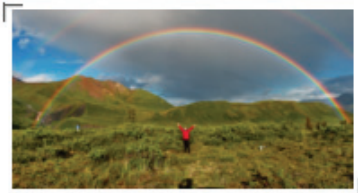


Tento diagram je zajímavý tím, že v něm můžeme znázornit všechny barvy, které dokáže vnímat lidské oko. A to jsou barvy displeje laciného notebooku, barvy profesionálního monitoru, barvy novinového tisku, barvy nejkvalitnějších tiskovin, čisté spektrální barvy duhy a spousty dalších.

Podívejte se na obrázek chromatického diagramu a uvidíte, že ani nejkvalitnější monitory zdaleka nezobrazí všechny viditelné barvy, natož abychom mohli vytisknout skutečné barvy duhy.

Při zkoumání přiloženého diagramu ale nezapomeňte na to, že i tento obrázek byl vytištěný na papír případně zobrazený na monitoru počítače nebo promítnutý dataprojektorem, a proto jsou barvy zkreslené a vždy zkreslené budou.

Na následujících obrázcích vidíte různé světelné zdroje a různá zařízení, která pracují s barvami. Zkuste o nich něco říct a ukázat, která část chromatického diagramu s nimi souvisí...



ZELENOU DOSTANU, KDYŽ SMÍCHÁM…

…MODROU A ŽLUTOU.

Tuhle větu patrně většina z Vás v nějaké podobě už slyšela. Je to taková základní malířská poučka a při malování vodovkami jste si mnohokrát vyzkoušeli, že funguje. není to trochu divné? Modrou barvu mám v RGB, žlutou barvu mám mezi barvami CMY, jak smíchám modré světlo a žlutý inkoust?

V tomto případě jde pouze o nepřesné nebo ještě lépe nejednoznačné názvosloví. Pojem modrá barva se v běžném životě používá pro mnoho odstínů od modrofialové až po zelenomodrou.

I v malířství máme modrých barev spoustu. Namátkou vybíráme z jednoho katalogu olejových barev pro malíře – pruská modř, orientální modř tmavá, francouzský ultramarín tmavý, francouzský ultramarín světlý, kobaltová modř sytá, kobaltová modř pravá, základní phthalocyaninová modrá, královská modrá, blankytně modrá sytá, blankytně modrá pravá, zářivě modrá, tyrkysová modrá.

Tou modrou z nadpisu kapitoly rozumí malíř odstín modré, který my označujeme jako azurovou. Pak je vše jasné a v pořádku. Z obrázku míchání barev CMY je zřejmé, že smícháním azurového a žlutého inkoustu opravdu vznikne zelená barva. Když malíři nebo tiskaři hovoří o základních barvách modré, červené a žluté, mají na mysli barvy, které my označujeme názvy azurová, purpurová a žlutá.

Zkuste pomocí těchto tří základních barev a jejich míchání namalovat nějaký pěkný obrázek. Povolíme Vám ještě čtvrtou barvu – černou. Podaří se Vám to?

7 Výukové téma Barvy kolem nás – forma provedení

7.1 Možné varianty zařazení mezipředmětového tématu Barvy kolem nás do výuky

V principu jsou možné dva způsoby, jak prezentovat žákům připravené mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás. Jednou z možností je postupné zařazení dílčích částí tématu do vyučovacích hodin jednotlivých předmětů, se kterými konkrétní obsah částí nejužším způsobem souvisí.

Druhou možností je zařadit do výuky po dohodě s vedením dané školy a jednotlivými vyučujícími ucelený den věnovaný tématu Barvy – tematický den nazvaný Barvy kolem nás. Součástí tohoto tematického dne pak budou veškeré aktivity související s pojmem barvy, tj. výkladové pasáže, experimenty, dílčí vyhodnocování a ověřování znalostí formou testů a soutěží, samostatná práce žáků na PC i samostatná práce výtvarná.

7.2 Postupné zařazování dílčích částí tématu Barvy kolem nás do výuky

V případě, že by výuka mezipředmětového tématu Barvy kolem nás probíhala v rámci jednotlivých klasických vyučovacích dní, je pro téma zapotřebí vymezit ve vyučovacích hodinách jednotlivých vyučovacích předmětů časový prostor. V dalším uvádíme ve strukturované podobě potřebný čas, optimální časovou lokalizaci a plánovanou náplň pro daný předmět.

Potřebný čas vyplývá jednoznačně z množství probírané látky v jednotlivých částech výukového tématu. Časové zařazení do výuky bylo podrobně rozebráno analýzou řazení učiva v různých učebnicích odpovídajících vyučovacích předmětů – fyziky, přírodopisu a informatiky a výpočetní techniky.

vyučovací předmět: fyzika

časový rozsah: 2 vyučovací hodiny

optimální zařazení do výuky: 2. pololetí 7. ročníku, nejlépe duben

zařazený výukový obsah:

- rozklad světla hranolem, spektrální barvy, barvy složené
- Co je to barva? – závislost na povrchu předmětu a na osvětlení

vyučovací předmět: přírodopis

časový rozsah: 1 vyučovací hodina

zařazení do výuky: 2. pololetí 7. ročníku, nejlépe přelom dubna a května

- vidění, lidské oko – tyčinky a čípky,

poznámka: Ve většině případů patrně nepůjde časově skloubit zařazení této části tématu Barvy kolem nás s klasickými učebními plány přírodopisu. Kapitolu o lidském trojbarevném vidění je možné v takovém případě zařadit do fyziky, tam se často tato kapitola v rámci optiky objevuje. Případně je také možné zmínku o trojbarevném vidění zařadit do informatiky a výpočetní techniky při definici pojmu RGB a pojmů souvisejících.

vyučovací předmět: informatika a výpočetní technika

časový rozsah: 3–4 hodiny

optimální zařazení do výuky: 2. pololetí 7. ročníku, květen–červen

zařazený výukový obsah:

- definice pojmu RGB, vnímání barvy lidským okem (viz poznámka výše), míchání barev v RGB, grafická reprezentace RGB barvového prostoru
- zmínka o HSB barvovém prostoru, míchání barev v HSB, grafická reprezentace HSB barvového prostoru; barvový prostor CMYK – důvody proč CMYK, míchání barev ve CMYKu, k čemu je barva K?
- nejednoznačnost RGB a CMYK – závislost na zařízení, absolutní barvové prostory, např. xyY a jeho grafické znázornění chromatický diagram
- práce s chromatickým diagramem, barevný gamut, spektrální barvy a chromatický diagram, omezenost simulace reálného světa
- opakování – samostatná práce na PC – zpracování prezentace na téma Barvy kolem nás

vyučovací předmět: výtvarná výchova

časový rozsah: 2 hodiny (spojené)

optimální zařazení do výuky: 2. pololetí 7. ročníku, kdykoli po výkladu definice barvového prostoru CMYK v rámci informatiky a výpočetní techniky

zařazený výukový obsah:

- samostatná umělecká tvorba – zhotovení konkrétní malby pouze za pomoci 4 základních pigmentů – azurového, purpurového, žlutého a černého.

7.3 Tematický den Barvy kolem nás

7.3.1 Terminologická poznámka – projektový den × tematický den

Při dílčích jednáních týkajících se pilotní výuky mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás byla zástupci škol často zmiňována možnost pojmout celé toto téma komplexně a zařadit ho do výuky v rámci jednoho vyčleněného dne tak, jak je uvedeno v předchozím odstavci. Tento způsob výuky vesměs označovali vyučující jako projektový den. Na školách je v současné době projektová výuka považována za moderní trend, tento způsob výuky je podporován i dokumenty Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Jednotliví vyučující i školy jako instituce vypisují různé projekty, pořádají projektové dny a podobné výukové aktivity. Není pochyb, že tento způsob výuky je pro žáky výrazně aktivizující a jeho zařazování mezi běžné formy výuky je pro celkovou činnost žáků a celé třídy jistě přínosem.

Při rozboru literatury zabývající se teorií projektového vyučování a vedení školních či žákovských projektů ve výuce však vyvstala otázka, zda je prezentace mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás opravdu projektovým dnem. Ačkoli se slovo projekt / projekty skloňuje dnes na školách téměř ve všech pádech, není jistě vhodné označovat všechny specifické formy výuky za projekty jen z toho důvodu, že slovo projekt / projekty je dnes „módním termínem".

Pokusím se nyní na základě rozboru vlastností, které jsou požadované od projektu, zvážit, zda se v mém případě jedná o projekt. Pro tyto potřeby použijeme definici uvedenou v titulu autorek Tomková, Kašová, Dvořáková: Učíme v projektech:

„Projektové vyučování zahrnuje teoretické i praktické činnosti, které směřují ke konečnému produktu. Jeho základními znaky jsou: • odpovědnost za vlastní učení; • samostatné objevování poznatků; • žákovo úsilí o dosažení cíle (produktu). Produkt dává práci smysl, motivuje žáka k činnosti a řídí její průběh. Obsahovým základem projektu je téma ze života, které přirozeně sdružuje poznatky z jiných oborů. Projekt se obvykle řeší v delším časovém úseku – projektovém dnu, projektovém týdnu nebo v průběhu školního roku. Projekt žák může řešit individuálně (...), nebo jej žáci mohou řešit společně ve skupinách. Některé projekty jsou vhodné pro skupiny složené z žáků z různých ročníků."[1]

[1] TOMKOVÁ, A. – KAŠOVÁ, J. – DVOŘÁKOVÁ, M. *Učíme v projektech*. 1. vydání. Praha: Portál, 2009. 176 s. ISBN 978-80-7367-527-1.

V jiných titulech zabývajících se teorií a praxí projektového vyučování[2] jsem nalezl mírně odlišné definice, všechny se však shodují v jednom – projekt je charakteristický samostatnou prací žáka nebo žáků a hlavně činnost v rámci projektu směřuje k nějakému finálnímu produktu.

Podívejme se z tohoto pohledu na naše mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás. Výuka tohoto tématu obsahuje teoretické i praktické činnosti, žáci sami objevují a vyvozují dílčí poznatky. Nosným a sjednocujícím prvkem mezipředmětového tématu Barvy kolem nás je termín barva rozebíraný z nejrůznějších hledisek, pojem barva je pojmem, který žáci znají ze života a který je v rámci výuky nahlížen z pohledu různých oborů. Výukové téma Barvy kolem nás může být řešeno v rámci celého specializovaného dne, tj. v rámci delšího časového úseku, než je běžná vyučovací hodina. V rámci výuky tématu Barvy kolem nás jsou zařazeny i prvky skupinové výuky při průběžné soutěži několikačlenných družstev. Všechny nyní uvedené atributy korespondují s popisem projektového vyučování a téma Barvy kolem nás má jeho dílčí vlastnosti.

Co je však cílem, výstupem mezipředmětového tématu Barvy kolem nás? Cílem je, aby žáci získali rozšiřující informace o pojmu barva, aby zejména pochopili různé pohledy na tento pojem. Dále žáci získají nadhled nad běžnou výukou v rámci jednotlivých vyučovacích předmětů a jsou schopni si uvědomit, že na většinu věcí v běžném životě se nemůžeme dívat úzkým pohledem jednoho předmětu, ale že je třeba jednotlivou věc posoudit z více hledisek. Žáci dospějí k závěru, že jeden konkrétní objekt či pojem je možno zkoumat z více stran. Přitom tyto různé aspekty věci mohou být natolik odlišné, že jednou stránkou může být striktně vědecký pohled přírodovědce, druhou stránkou může být pohled umělce, jemuž jsou přírodní vědy zcela cizí.

Tento cíl, jakkoli je jistě pozitivní a nikdo nezpochybňuje, že je zapotřebí vést žáky k nadhledu nad jednotlivými vyučovacími obory, vést je k integrálnímu pohledu na věci kolem nás, jistě není možné označit jako konkrétní, hmatatelný produkt. Činnosti v rámci výukového tématu Barvy kolem nás nesměřují k jednomu konkrétnímu produktu nebo k množině produktů, ale k obecnému rozšíření vědomostí žáků a k onomu výše zmíněnému pochopení jednotnosti světa a rozmanitosti pohledů na něj.

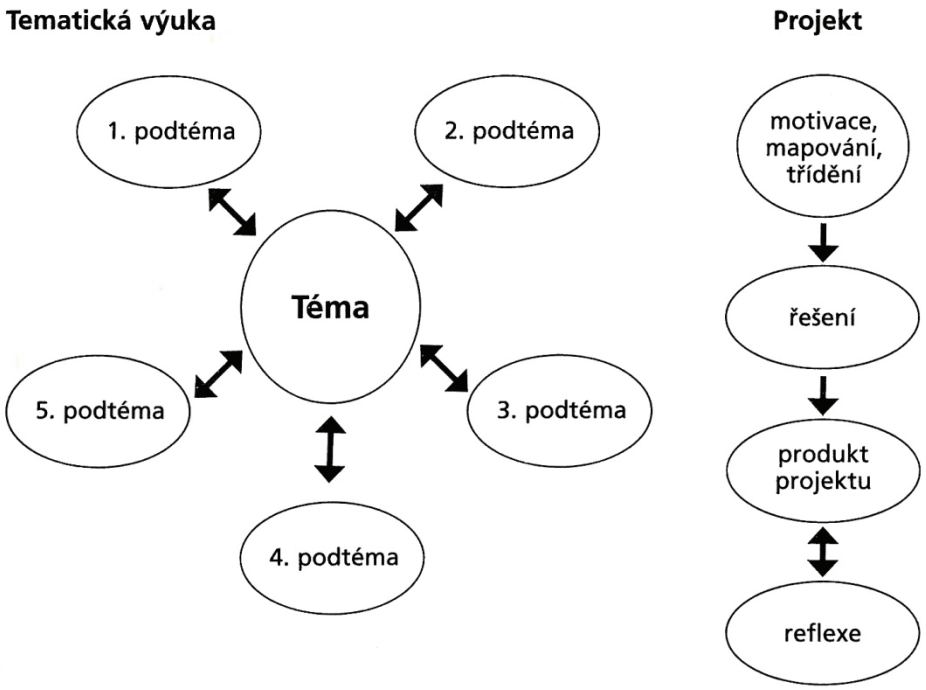
Oproti laické konvenci, se kterou jsem se setkal na základních školách, nepovažuji tedy mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás a jeho prezentaci v rámci

[2] COUFALOVÁ, J. *Projektové vyučování pro první stupeň základní školy: Náměty pro učitele*. 1. vydání. Praha: Fortuna, 2006. 136 s. ISBN 80-7168-958-0.
KAŠOVÁ, J. a kol. *Škola trochu jinak: Projektové vyučování v teorii a praxi*. 1. vydání. Kroměříž: IUVENTA – Božena Leharová, 1995. 82 s.

vyhrazeného uceleného časového rámce jednoho dne za projektový den, protože nesplňuje základní vlastnost projektového vyučování, kdy činnost žáků směřuje k jednomu cílovému produktu. Místo toho používám v dalším pro takovouto výukovou formu pojem tematický den, který s dostatečnou přesností vystihuje podstatu takovéto formy a nevede k terminologickým nepřesnostem a kolizím s dříve zavedenými termíny.

Také v citovaném titulu Tomková, A., Kašová, J., Dvořáková, M.: Učíme v projektech[3] je tematická výuka zmíněna a rozdíl mezi tematickou a projektovou výukou je zde komentován: *„Rozlišujeme mezi tematickým a projektovým vyučováním. Tematické vyučování vychází z určeného tématu, které může obsahově integrovat různé vyučovací předměty. Ústřední téma je v centru zájmu a vycházejí z něj různá podtémata, která se mohou uskutečňovat i v jednotlivých předmětech. ... Projektové vyučování je úkolem žáka, za který přebírá plnou odpovědnost, přímo, logicky a systematicky směřuje od motivace, mapování a třídění přes řešení ke konkrétnímu produktu. Produkt určuje celkový proces a závěrečný výsledek.“*

Rozdílnost koncepce tematické výuky a projektové výuky je možno vyjádřit pomocí následujícího schématu převzatého z téhož titulu:

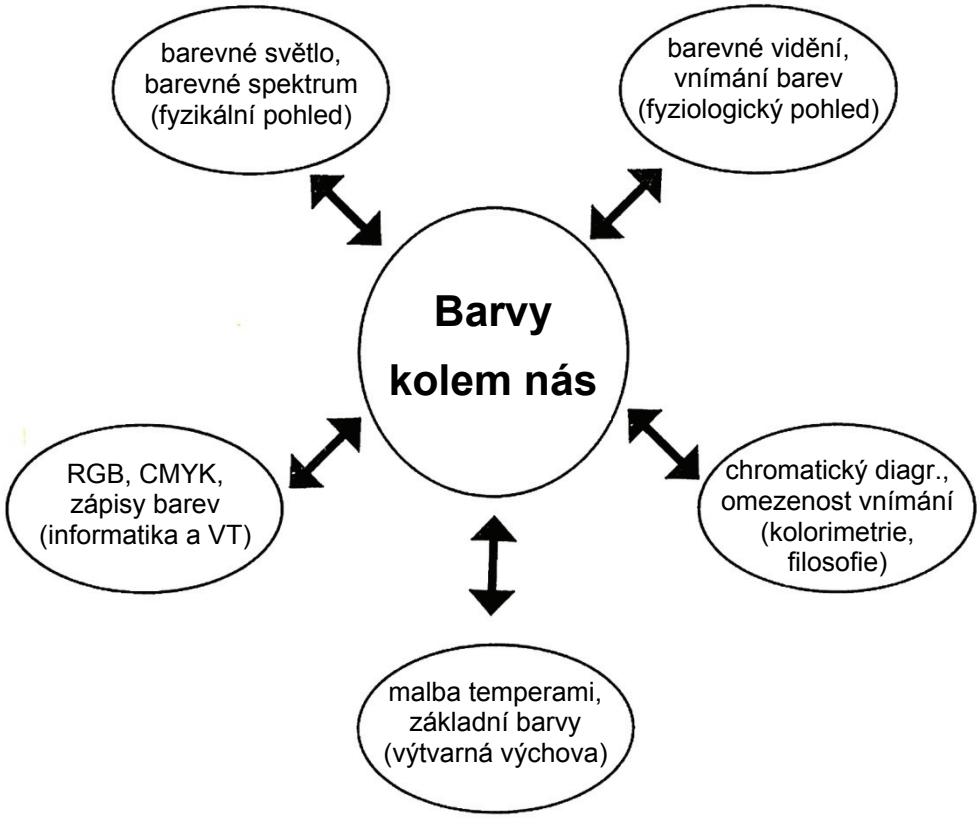


Obr. 7.1: tematická výuka × projekt

[3] TOMKOVÁ, A. – KAŠOVÁ, J. – DVOŘÁKOVÁ, M. *Učíme v projektech*. 1. vydání. Praha: Portál, 2009. 176 s. ISBN 978-80-7367-527-1.

Schéma uvedené zde pro tematickou výuku mohu zcela beze zbytku a bez problémů aplikovat na mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás, jak ukazuje následující konkretizace nákresu uvedeného výše.

Výukové téma Barvy kolem nás



Obr. 7.2: mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás

Na závěr terminologické vsuvky poznamenávám, že je nutno vést v patrnosti fakt, že v současnosti je jakýkoli alespoň trochu příbuzný a obdobný způsob výuky často jako projektový den označován. Tento fakt patrně souvisí s tím, co bylo již zmíněno výše, a to, že pojem projekt a projekty a vše, co s nimi souvisí je dnes ve školství velice „módní“ a cokoli je označeno jako projektová výuka má výrazně větší šanci na schválení vedením školy a na jeho podporu. Proto lze pod pojmem projekt nalézt široké spektrum nejrůznějších aktivit.

V rámci této práce se však přidržím stávající definice projektové výuky a mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás a jeho prezentaci žákům v rámci jednoho dne nebudu jako projekt označovat. Vystačím s pojmem tematický den, který dostatečně charakterizuje zvolenou formu výuky.

7.3.2 Plánovaný průběh tematického dne Barvy kolem nás

Jak již bylo zmíněno, další velice vhodnou možností, jak prezentovat žákům mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás, je příprava uceleného vyučovacího dne, tematického dne, který bude mít své vlastní časové členění, samozřejmě při částečném respektování režimu školy. Pokud bude možné členit práce v rámci tematického dne v souladu s rytmem vyučovacích hodin a přestávek na dané škole, je to jistě optimální varianta. Je však také možné zvolit své vlastní dělení času podle potřeb jednotlivých činností žáků v rámci projektu.

S několikadenním až týdenním předstihem před konáním tematického dne dostanou žáci informaci o konání tohoto dne, o jeho tématu a otázkách, které budou v rámci „Dne s barvami“ řešeny. Na třídní nástěnku nebo jiné vhodné místo pověsí vyučující motivační plakát, který obsahuje název tematického dne, datum konání a základní otázky, na něž žáci v průběhu vlastního dne získají odpovědi. Žáci se tak sami mohou s předstihem začít zajímat o problematiku barev a uvědomí si, které znalosti získané v praktickém životě nebo v předchozí výuce na základní škole se jim mohou pro tento účel hodit. Některé žáky může plakát motivovat také k tomu, že se aktivně začnou o téma barev zajímat a sami se pokusí s předstihem zjistit na některé otázky odpovědi.

Struktura tematického dne:

- zahájení tematického dne, oznámení cílů, informace o plánovaném průběhu a struktuře dne, vyhlášení soutěže probíhající v rámci celého dne
- 1. výuková část: Barva světla, rozklad světla hranolem – výklad části výukového obsahu, rozhovor se žáky, experimenty frontální i žákovské, prezentace multimédií, vyvozování dílčích závěrů
- dílčí kolo průběžné soutěže s otázkami týkajícími se předchozí látky
- 2. výuková část: Barva předmětů, co je to barva? – výklad části výukového obsahu, rozhovor se žáky, experimenty frontální i žákovské, prezentace multimédií, vyvozování dílčích závěrů
- dílčí kolo průběžné soutěže s otázkami týkajícími se předchozí látky
- 3. výuková část: RGB znamená red – green – blue – výklad části výukového obsahu, rozhovor se žáky, experimenty frontální i žákovské, prezentace multimédií, vyvozování dílčích závěrů
- dílčí kolo průběžné soutěže s otázkami týkajícími se předchozí látky

- 4. výuková část: Jsou i jiná čísla než RGB, třeba CMYK – výklad části výukového obsahu, rozhovor se žáky, experimenty frontální i žákovské, prezentace multimédií, vyvozování dílčích závěrů
- dílčí kolo průběžné soutěže s otázkami týkajícími se předchozí látky
- 5. výuková část: Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK – výklad části výukového obsahu, rozhovor se žáky, experimenty frontální i žákovské, prezentace multimédií, vyvozování dílčích závěrů
- poslední kolo průběžné soutěže s otázkami týkajícími se předchozí látky
- samostatná práce žáků na PC v počítačové učebně, zpracování prezentace na téma Barvy kolem nás v aplikaci PowerPoint
- vyhodnocení celodenní průběžné soutěže, vyhlášení výsledků a odměnění vítězů
- 6. výuková část: Zelenou dostanu, když smíchám modrou a žlutou – samostatná práce žáků v rámci výtvarné výchovy, malba temperami při použití pouze 4 základních barev

V některém z následujících vyučovacích dní doporučuji provést vyhodnocení žákovských výtvarných prací a následné zveřejnění některých z nich na třídních nástěnkách nebo na intranetu školy. Zároveň je možné na intranetu školy zveřejnit i vytvořené prezentace žáků v aplikaci MS PowerPoint a případně je nechat ostatními žáky ohodnotit a vybrat nejlepší z nich.

Celý tematický den předpokládá trvání v rozsahu 6 běžných vyučovacích hodin. Rytmus času je možné přizpůsobit klasickým vyučovacím hodinám, tj. některou výukovou část rozdělit přestávkou do dvou hodin, nebo je naopak možné zařazovat přestávky podle potřeby vždy za každé kolo průběžné soutěže. Zde záleží zejména na denním režimu konkrétní školy.

Také je možné zvážit alternativu, že bude vyhodnocení průběžné soutěže zařazeno až za samostatnou výtvarnou práci s temperami. Toto však naráží na praktické problémy s úklidem pomůcek na výtvarnou výchovu a s časovými prostoji při takové činnosti. Domnívám se, že je vhodnější ukončit soutěž vyhlášením výsledků hned po práci v počítačové učebně a výtvarnou práci ponechat jako zcela oddělený blok, který je s předchozí činností spojen pouze základním tématem barvy a míchání barev.

Pokud by však byl dostatek času, je možno zařadit vyhodnocení malby žáků do výsledků celodenní soutěže. Je však třeba zvážit, že hygienické normy neumožňují

kontinuální výuku žáků na druhém stupni základní školy delší než 6 vyučovacích hodin. Proto patrně nebude čas vyhodnocení prací provést v ten samý den.

Alternativou je rozdělení tematického dne na dopolední a odpolední část. V takovém případě je optimální v dopolední části zrealizovat všechny výkladové, procvičovací, experimentální a vyvozovací aktivity, dílčí kola průběžné soutěže a samostatnou práci žáků v počítačové učebně – přípravu prezentací v MS PowerPointu. V odpolední části by následovala výtvarná tvorba – malba a poté kompletní vyhodnocení celého dne, jehož součástí by bylo vyhodnocení dopolední průběžné vědomostní soutěže, vyhodnocení prezentací i maleb temperami. Na závěr by byly vyhlášeny výsledky.

Je otázkou, zda takto pojatý tematický den není již příliš obsáhlý a zda je možné udržet pozornost a přiměřenou aktivitu žáků po celou dobu na přijatelné úrovni. Domnívám se, že rozsah 6 vyučovacích hodin a ukončení tematického dne před obědem samostatnou výtvarnou prací je vhodnější a přiměřenější varianta.

7.3.3 Výukové materiály zpracované pro potřeby tematického dne

Vlastní výukový obsah uvedený v předchozích kapitolách jsem zpracoval pomocí autorského systému FlexiAutor Nakladatelství Fraus.[4] Ten umožňuje vytvoření výukového tématu ve formě tzv. interaktivní učebnice. Základním způsobem využití interaktivní učebnice je její prezentace na dotykové interaktivní tabuli. Tato forma výuky je pro žáky atraktivní a vyučujícímu zpřístupňuje nové možnosti, jak zefektivnit výuku. Za zmínku stojí zejména možnost bezproblémového včleňování multimediálních prvků do výuky, aniž by vyučující kvůli tomu musel opouštět svoje místo u tabule a zabývat se obsluhou PC nebo nějakého multimediálního přehrávače v rohu učebny.

Interaktivní učebnice obsahuje základní statickou výkladovou vrstvu ve formě stránek či dvojstránek, která je nejdříve doplněna o základní interaktivitu v podobě aktivních propojení mezi stránkami, nelineárních přechodů mezi stránkami, možnosti zvětšování definovaných oblastí stránek, fulltextového vyhledávání v obsahu stránek a mnohého dalšího. Tato základní výkladová vrstva je následně doplněna o rozšiřující materiály nejrůznějšího typu.

Může se jednat o doplňující obrazový materiál, který nemusí být umístěn v základní vrstvě z více důvodů. Buď se do plánované kompozice výkladové dvojstránky již nevejde, nebo není na základní dvojstraně uveden záměrně, protože by odváděl pozornost

[4] *FlexiAutor » FlexiLearn* [online]. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2011. [cit 2011-06-30]. Dostupné z URL <http://ucitel.flexilearn.cz/flexiautor-4/>.

od základních objektů (typicky obrázků a textových bloků) stránky. Dalším důvodem, proč neumisťovat obrázky do stránky může být to, že se jedná o obrázkové řešení některých aktivit.

Mimo obrázků všech běžně používaných datových formátů je možné vložit nad základní vrstvu také další statické objekty. Aplikace FlexiAutor podporuje vkládání běžných typů dokumentů ve formátu PDF, v textovém formátu, v podobě dokumentů MS Office – Word, Excel, PowerPoint a dalších. Je nutno poznamenat, že samotný prohlížeč interaktivních učebnic umožňuje zobrazit obrázky všech standardně používaných typů, textové soubory a má vlastní prohlížeč PDF dokumentů. Pro otevírání dokumentů dalších typů je zapotřebí mít nainstalovanou aplikaci, která s daným dokumentem umí pracovat. Pokud však taková aplikace je na prezentačním počítači nainstalována, je možné dokumenty otevírat přímo z prostředí prohlížeče příslušné interaktivní učebnice, ve které jsou zmíněné externí dokumenty vnořeny.

Dalším charakteristickým a běžně používaným typem rozšiřujícího materiálu jsou multimédia. Jedná se typicky o videosekvence nebo audioukázky, případně o animace zpracované v Adobe Flash či jiném softwarovém prostředí. Výhodou autorského systému FlexiAutor je zejména to, že prezentační část v sobě obsahuje přehrávač audia i videa optimalizovaný pro použití na interaktivních dotykových tabulích. V případě výukového tématu Barvy kolem nás jsou do interaktivního výukového materiálu zařazeny zejména videoukázky, které se tematicky vážou k barvám. Jejich popis je uveden v předchozí kapitole zabývající se obsahem jednotlivých částí výukového tématu.

Do interaktivní učebnice mohou být jako další formát rozšiřujících materiálů vložené přímé odkazy na internetové stránky, případně odkazy na další materiály v dalších dostupných interaktivních učebnicích. Jedním z konkrétních možných odkazů je např. přímé propojení na YouTube videa a na GoogleMaps.

V případě, že škola má odpovídající technické vybavení, je možné nainstalovat výukovou lekci ve formě interaktivní učebnice i na žákovské počítače, resp. na žákovské notebooky. V takovém případě je možné pojmout některé pasáže formou samostatné práce, žáci si podle pokynů vyučujícího sami prostudují některé materiály vložené do učebnice. Těmito materiály mohou být jak obrazové přílohy, které nejsou přímou součástí základní výkladové dvojstrany, tak zejména přidané videosekvence a animace. Samostatnou analýzou těchto podkladů, které mají žáci ve svých žákovských počítačích k dispozici, mohou žáci sami dojít k některým obecným závěrům týkajícím se barev, jejich míchání, vnímání apod.

Finální podoba výukových materiálů je uvedena v předchozích kapitolách v souvislosti s definicí vlastního výukového obsahu mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás, a proto ji zde neuvádím podruhé.

7.3.4 Doplňující materiály pro tematický den

Kromě základní výukové lekce v prostředí FlexiAutor jsem musel zpracovat další dílčí materiály, jejichž potřeba vyplývá z návrhu koncepce celého tematického dne. Jedná se o následující dokumenty.

Motivační plakát a letáky

Motivační plakát vyvěšený ve třídě na nástěnce s předstihem několika dnů před konáním tematického dne. Ve třídě je vyvěšen plakát ideálně ve formátu alespoň A2 (420 x 594 mm). Zároveň všichni žáci dostanou ten samý leták ve formátu A4 (210 x 297 mm). Rozdání letáků žákům posiluje jejich motivaci zabývat se problematikou barev již s předstihem samostatně a zjistit si některé informace. Zároveň je vhodnou formou, jak nenásilně upozornit rodiče žáků, že se ve škole mimo standardní výuku konají i další vzdělávací akce, které mají za cíl zpestřit výuku a vhodným způsobem aktivizovat žáky.

Možnost tisku motivačních letáků je přirozeně individuální a závisí zejména na konkrétních technických či finančních prostředcích školy nebo vyučujícího.

Diplomy pro vítěze celodenní soutěže

Pro zvýšení motivace žáků zapojit se do celodenní soutěže je vhodné odměnit nejlepší družstvo alespoň symbolickou cenou – barevným diplomem. V 7. ročníku základní školy jsou žáci ještě ve věku, kdy jsou přirozená hravost a soutěživost vesměs dostačující motivací, ale vhodná odměna za výkon v soutěži je v každém případě pozitivním činitelem. Jako další odměnu kromě uvedených diplomů je přirozeně možné také využít klasifikačních prostředků a odměnit nejlepší družstvo známkou z fyziky a z informatiky a výpočetní techniky.

Otázky pro celodenní soutěž

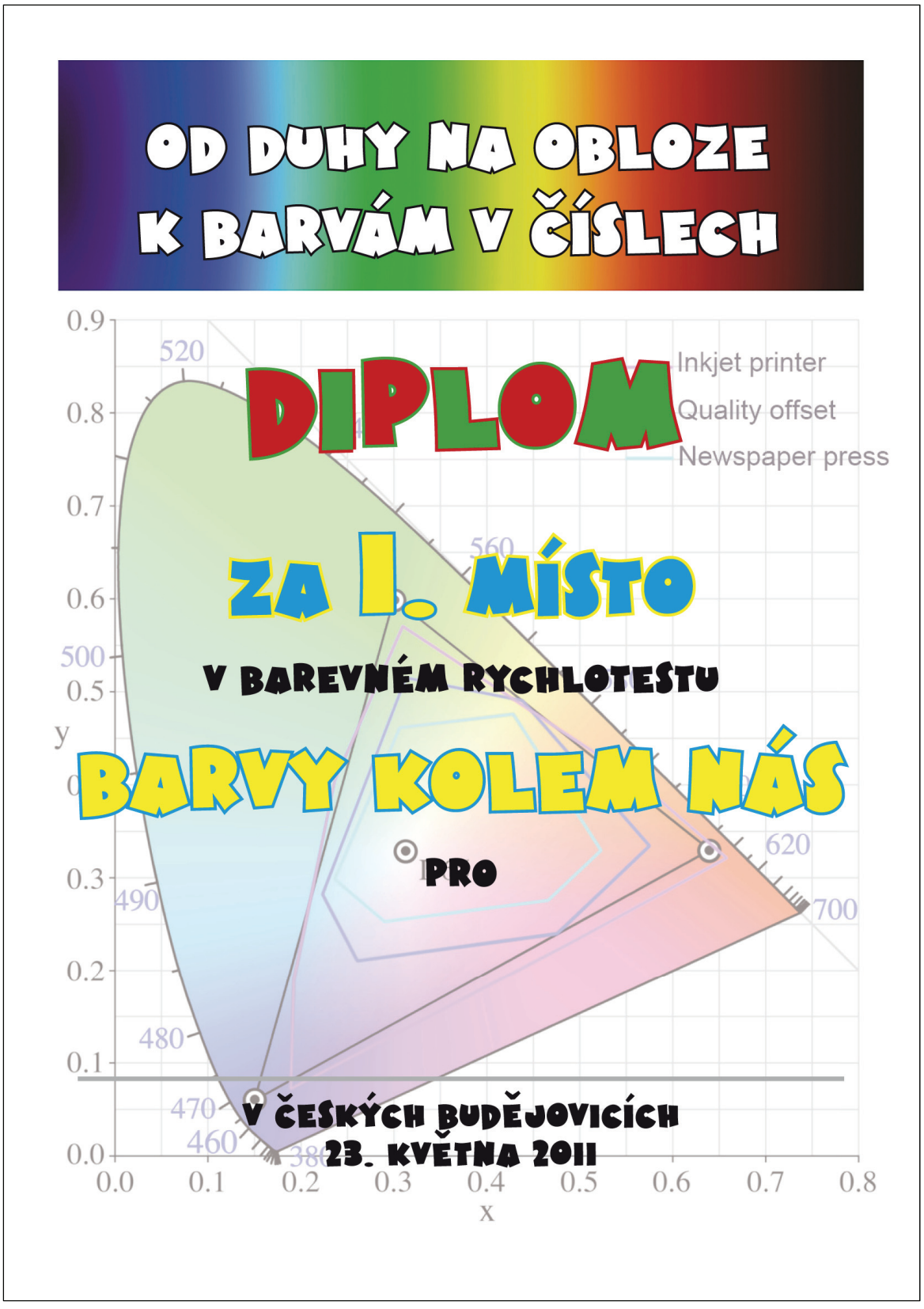
Za každou obsahovou částí výukového tématu Barvy kolem nás jsem zařadil krátké pěti až deseti minutové kolo celodenní soutěže, která má za cíl změnit zásadním způsobem rytmus činnosti třídy, oživit a aktivizovat žáky a motivovat je k další pozornosti.

Pro potřeby této soutěže jsou žáci rozděleni do pěti skupin. Pro každé kolo jsem připravil pět různých otázek dotýkajících se právě rozebírané pasáže učiva. První skupina si losuje otázku ze všech pěti, následující skupiny si losují ze zbylých čtyř, resp. tří a dvou otázek, poslední skupina už nelosuje. V tažení první otázky se skupiny cyklicky střídají. Je požadována stručná a jasná odpověď po krátké poradě v rámci skupiny. Odpověď je hodnocena jedna, tři nebo pět, což odpovídá zjednodušené klasifikační stupnici – zcela správně, částečně správně, nezodpovězeno. Na závěr celé soutěže jsou sečtena dílčí hodnocení jednotlivých skupin.

Zadání samostatné práce na PC a z výtvarné výchovy

Pro změnu rytmu tematického dne a pro zopakování dosud nabytých znalostí mají žáci za úkol samostatně zpracovat v aplikaci MS PowerPoint prezentaci na téma Barvy kolem nás. Vzhledem k tomu, že se jedná o žáky 7. třídy základní školy, nelze předpokládat úplnou samostatnost a žáci dostanou jednoduchou textovou osnovu, které se při tvorbě prezentace mohou rámcově držet. Pro zachování jisté kompletnosti zadání samostatných prací, obsahuje list s osnovou prezentace také zadání samostatné práce z výtvarné výchovy, byť je zcela jednoduché a není důležité ho mít v tištěné podobě.

Obr. 7.3: motivační plakát a leták



Obr. 7.4: diplom za 1. místo v celodenní soutěži

A1 Barva světla, rozklad světla, duha, spektrofotometr

Seřaď tyto základní barvy za sebou podle toho, jak se zobrazují ve spektru:

červená, oranžová, fialová, žlutá, zelená, indigová, modrá

Jsou to všechny barvy, které je možné ve spektru pozorovat?

A2 Barva světla, rozklad světla, duha, spektrofotometr

Jak se jmenoval anglický fyzik, který se jako jeden z prvních zabýval rozkladem světla. V jaké jiné oblasti fyziky se s jeho jménem můžeš setkat? Zabýval se mimo fyziky i jinou vědou?

A3 Barva světla, rozklad světla, duha, spektrofotometr

K čemu slouží spektrofotometr (spektrometr) a spektroskop? Jaký je mezi nimi rozdíl? Znáš jiná zařízení, která se jmenují něco-metr a něco-skop?

A4
Barva světla, rozklad světla, duha, spektrofotometr

Co je to a jak vzniká duha? Kde a kdy ji můžeme spatřit? Kdy uvidíme větší duhu – v poledne nebo k večeru?

A5
Barva světla, rozklad světla, duha, spektrofotometr

Vyjmenuj co nejvíce způsobů, jak rozložit bílé denní světlo na jednotlivé jednoduché barvy. (alespoň 3 způsoby)

B1
Barva předmětů. Co je to barva?

Na čem všem závisí barva předmětu, kterou vnímá člověk?

B2
Barva předmětů. Co je to barva?

Pomocí červených brýlí pozorujeme bílý, zelený a žlutý papír. Jak budou vypadat?

B3
Barva předmětů. Co je to barva?

Popiš, jak se liší spektrum bílého denního světla a spektrum bílé zářivky, která toto denní světlo napodobuje. Jsou stejné nebo různé?

B4
Barva předmětů. Co je to barva?

Pomocí modrých brýlí pozorujeme modrý, bílý a červený papír. Jak budou vypadat?

B5
Barva předmětů. Co je to barva?

Jakým způsobem mohu získat barevné světlo pro nasvícení jeviště v divadle nebo třeba na diskotéce? (alespoň 2 způsoby)

C1
RGB = Red – Green – Blue

Proč se používá pro jeden ze základních matematických popisů barvy zrovna trojice červená – zelená – modrá? Jakou zkratkou se tento zápis označuje?

C2
RGB = Red – Green – Blue

Jak se nazývají světlocitlivé buňky v lidském oku, které zajišťují vidění? Kolik je takových buněk druhů a čím se navzájem liší?

C3
RGB = Red – Green – Blue

Jak vypadá z blízka barevná televizní obrazovka a proč?

C4
RGB = Red – Green – Blue

Která zařízení pracují s barvami v režimu RGB? Vyjmenuj alespoň 3 taková zařízení a řekni, co mají všechna společného (důvod, proč pracují zrovna v RGB).

C5
RGB = Red – Green – Blue

Jakou barvu světla dostanu, když smíchám modré a červené světlo, jako dostanu, když smíchám červené a zelené světlo? Jakou barvu dostanu, když smíchám červené světlo a zelené světlo s menší intenzitou?

D1
Jsou i jiná čísla než RGB, například CMYK.

Co znamenají písmena C M Y? Prosím o anglickou i českou odpověď.

D2
Jsou i jiná čísla než RGB, například CMYK.

U jakých zařízení se můžete setkat s barvami CMYK? Čím se tato zařízení hlavně liší od zařízení používajících zápis barev RGB?

D3
Jsou i jiná čísla než RGB, například CMYK.

RGB má tři čísla, CMYK má 4 čísla. Barva K je zdánlivě nadbytečná a přesto se používá. Proč?

D4
Jsou i jiná čísla než RGB, například CMYK.

Jako barvu dostanu, pokud smíchám azurový a žlutý inkoust, jakou dostanu, pokud smíchám žlutý a purpurový inkoust. A jakou dostanu, pokud smíchám žlutý inkoust se zředěným purpurovým inkoustem s poloviční sytostí?

D5
Jsou i jiná čísla než RGB, například CMYK.

Jakým způsobem popisují barvu čísla HSB? Věděl bys, co ta tři písmena H S B znamenají?

E1
Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK.

Uveď příklady několika zařízení pracujících s barvami RGB. Chceme, aby to byla zařízení plnící stejnou funkci, ale používající různě kvalitní barevné zobrazení.

E2
Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK.

Uveď příklady několika zařízení pracujících s barvami CMYK. Chceme, aby to byla zařízení plnící stejnou funkci, ale používající různě kvalitní barevné zobrazení.

E3
Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK.

Co zobrazuje chromatický diagram? Jednoslovná odpověď nám nestačí…

E4
Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK.

Kde najdeš v chromatickém diagramu jednoduché barvy, které vidíme po rozkladu bílého světla např. hranolem?

E5
Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK.

Kde najdeš v chromatickém diagramu bílou barvu? A kde najdeš šedou barvu?

Obr. 7.5: jednotlivé otázky do celodenní soutěže

Barvy kolem nás – zadání pro samostatnou práci na PC

1) Jednoduché a složené barvy – kde můžeš pozorovat jednoduché barvy? Uveď příklady složených barev a znázorni nějak obrázkem, ze kterých jednoduchých barev jsou složené.

2) Vysvětli, jak ovlivňuje barva dopadajícího světla barvu předmětu – vyber si některé z následujících kombinací – zelená barva v zeleném či červeném světle, modrá barva v modrém a žlutém světle, bílá barva v zeleném a červeném světle. Můžeš si vybrat i svoje kombinace barvy světla a předmětu a vyzkoušet, jak dopadnou.

3) RGB popis barvy – ukaž na příkladech, jak je popsána barva pomocí základních tří barev RGB. Namíchej různé barvy a popiš je RGB zápisem.

4) Vysvětli na jednoduchém obrázku princip barevné televizní obrazovky.

5) Najdi na internetu nebo nakresli obrázky několika zařízení pracujících s RGB barvami.

6) CMYK popis barvy ukaž na příkladech, jak je popsána barva pomocí základních barev CMYK. Namíchej různé barvy a popiš je CMYK zápisem.

7) Najdi na internetu nebo nakresli obrázky několika zařízení pracujících s CMYK barvami.

8) Načrtni jednoduše chromatický diagram a znázorni v něm bílou barvu, jednoduché barvy spektra, RGB barvy, které umí zobrazit monitor PC, a CMYK barvy, které vytiskne tiskový stroj.

Barvy kolem nás – zadání pro samostatnou práci z výtvarné výchovy

1) Namaluj libovolný obraz, na kterém ukážeš, jak se míchají barvy ze čtyř základních barev CMYK.

Obr. 7.6: zadání samostatné práce na PC a samostatné práce z výtvarné výchovy

8 Pilotní ověření mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás ve výuce

8.1 Parametry pilotního ověření

Navržené mezipředmětové výukové téma jsem ověřoval pilotním způsobem v praxi na Základní škole L. Kuby České Budějovice. Volba základní školy byla ovlivněna mimo jiné zapojením této školy do projektu Vzdělání 21, který má za cíl ověřit efektivitu plošného nasazení výpočetní techniky a multimediálních výukových systémů do běžné výuky. ZŠ L. Kuby je díky zmíněnému projektu Vzdělání 21 velice dobře vybavena prezentační a výpočetní technikou včetně interaktivních dotykových tabulí a žákovských notebooků. Jedním z důležitých momentů pro volbu uvedené ZŠ je i osoba učitele fyziky pana PhDr. Václava Meškana, který mi vyšel při ověřování výukového tématu maximálně vstříc a přispěl mnoha dobrými radami.

V souladu s předchozím rozborem jsem výukové téma zařadil do výuky ve druhém pololetí 7. ročníku základní školy. Ve třídě bylo přítomno 25 žáků a žákyň.

Tematický den jsem zrealizoval 23. května 2011 ve spolupráci s již zmíněným vyučujícím fyziky a informatiky PhDr. Václavem Meškanem, členem učitelského sboru Základní školy L. Kuby a za účasti RNDr. Miroslava Randy, Ph.D., vyučujícího oddělení fyziky katedry matematiky, fyziky a technické výchovy Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni. Dále byl přítomen PaedDr. Jiří Tesař, Ph.D., vyučující katedry fyziky Fakulty pedagogické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Pro ověření jsem zvolil podobu celého vyčleněného tematického dne a z jeho variant poté časovou dotaci 6 vyučovacích hodin v rámci dopolední výuky s následujícím konkrétním časovým rozložením:

- 1. až 4. vyučovací hodina – pět teoretických částí výukového tématu výklad, experimenty, vyvozování závěrů, dílčí kola průběžné soutěže;
- 5. vyučovací hodina – samostatná práce na PC – tvorba prezentace v aplikaci MS PowerPoint na téma Barvy kolem nás;
- 6. vyučovací hodina – samostatná výtvarná práce – malba temperami čtyř základních barev; na závěr vyhlášení výsledků průběžné soutěže.

Rytmus výuky v rámci tematického dne jsem z větší části přizpůsobil běžnému rytmu vyučovacích hodin a přestávek. To znamená, že při počtu pěti částí (podtémat) celé lekce rozložené do čtyř vyučovacích hodin, bylo nutno rozdělit některá podtémata přestávkou do dvou vyučovacích hodin. Konkrétní postup a rozdělení částí je uvedeno dále.

8.2 Průběh realizace tematického dne Barvy kolem nás

Jako součást příprav pilotní výuky tematického dne Barvy kolem nás neuvádím záměrně práce na jednotlivých výukových materiálech a na výrobě a přípravě pomůcek. Tyto činnosti souvisí s vědeckou prací jako celkem, nikoli pouze s uvedenou pilotní realizací výukového tématu. Uvedu zde jen aktivity, které jednoznačně souvisely s tematickým dnem 23. května 2011 na Základní škole L. Kuby, České Budějovice.

8.2.1 Přípravné práce a činnosti

S předstihem zhruba 10 dnů obdrželi žáci barevné motivační letáky s termínem konání akce a se základními otázkami, na něž budou v průběhu dne Barvy kolem nás hledány odpovědi. Upoutávka na akci byla také zveřejněna na školním webu. Náhled letáku je uveden výše v kapitole zabývající se podpůrnými materiály.

Zhruba půl hodiny před začátkem výuky jsem se sešel s vyučujícím fyziky ve vybrané třídě a navzájem jsme zkonzultovali stav učebních pomůcek, připravených experimentů a potřebné výpočetní a prezentační techniky. Některé pomůcky byly použity z fyzikálních sbírek školy, další jsem vyrobil nebo zajistil já osobně.

8.2.2 Zahájení tematického dne a úvodní aktivity

Výuka jsem zahájil řádně se začátkem první vyučovací hodiny. Nejdříve jsem žákům sdělil obsah a cíl tematického dne Barvy kolem nás. Na třídní nástěnku jsem vyvěsil motivační plakát. Původně jsem měl v plánu „odškrtávat“ na plakátu otázky, které již byly v průběhu dne zodpovězeny, ale vzhledem k vývoji situace jsme to již nezvládal.

Před zahájením aktivit souvisejících s první částí výukového tématu jsem také vyhlásil celodenní soutěž a rozdělil žáky do pěti družstev.

8.2.3 Jednotlivé kapitoly výukového tématu

Poté jsem zahájil výuka týkající se první části tématu – Barva světla a rozklad světla hranolem. Samotná prezentace tématu zahrnovala více metod, které byly různě střídány dle aktuální potřeby průběhu výuky a dění ve třídě. Jednalo se o klasický výklad, rozhovor se žáky, kladení problémových a motivačních otázek žákům, samostatné vyvozování odpovědí, experimenty demonstrační i experimenty žákovské. Téma jsem v souladu s plánem uzavřel prvním kolem průběžné soutěže, okamžitým vyhodnocením tohoto kola a zápisem průběžných výsledků na tabuli. Zároveň s dokončením první části skončila také první vyučovací hodina.

V první části druhé vyučovací hodiny jsem probral téma – Na čem může záviset barva předmětu. Opět jsem používal různé vyučovací metody, stejně jako u prvního tématu. Tato druhá část byla zakončena druhým kolem průběžné soutěže včetně vyhodnocení a zápisu výsledků. Vzhledem k dostatku času jsem přešel ihned k třetí části – RGB znamená red–green–blue neboli červená–zelená–modrá. Z této části se mi však do časového rámce druhé vyučovací hodiny podařilo zařadit pouze úvodní motivační část. Poté následovala velká přestávka.

Do třetí vyučovací hodiny jsem zařadil hlavní část výukové látky věnovanou barvovým prostorům RGB a CMY(K), zařízením pracujícím v těchto barvových prostorech a dalším souvisejícím informacím. Jak třetí část celého výukového tématu, tj. již zmíněné téma – RGB znamená red–green–blue neboli červená–zelená–modrá, tak ihned následující část čtvrtá – Jsou i jiná čísla než jen RGB, třeba CMYK, byly vždy následovány příslušným kolem průběžné vědomostní soutěže včetně vyhodnocení a záznamu výsledků. Část věnovaná barvovým prostorům skončila soutěžním kolem optimálně zároveň s koncem třetí vyučovací hodiny.

V rámci čtvrté vyučovací hodiny zbyl dostatek prostoru pro část – Není RGB jako RGB, není CMYK jako CMYK. Proto byla jsem látku mírně rozvinul o téma poznatelnosti reálného světa, faktické meze simulace reality a její hranice. I poslední pátá část výukového tématu byla zakončena příslušným závěrečným kolem průběžné soutěže. Ke konci čtvrté vyučovací hodiny proběhlo shrnutí probrané látky, připomenutí základních faktů a vazeb mezi nimi. V závěru jsem žákům zadal samostatné úkoly pro pátou a šestou vyučovací hodinu.

8.2.4 Samostatná práce žáků

Na pátou vyučovací hodinu se žáci přesunuli do počítačové učebny, ve které měli k dispozici jedno PC pro žákovskou dvojici. Zadání obdrželi již na konci čtvrté vyučovací hodiny a měli za úkol zpracovat v aplikaci MS PowerPoint prezentaci na téma Barvy kolem nás podle dodané osnovy. Prezentace na konci hodiny odevzdávali žáci pomocí školní počítačové sítě nakopírováním na sdílený síťový disk, jak jsou zvyklí z běžných hodin informatiky a výpočetní techniky.

Šestá vyučovací hodina byla opět vyplněna samostatnou prací žáků, tentokrát v jejich kmenové učebně. Žáci měli za úkol pomocí temper čtyř základních barev namalovat libovolný obraz a demonstrovat na něm možnosti subtraktivního míchání barev.

8.2.5 Vyhlášení výsledků soutěže a zhodnocení tematického dne se žáky

V druhé části této hodiny byl vyhrazen prostor pro vyhodnocení průběžné soutěže žáků, nejlepší družstva a jednotlivci obdrželi jako odměnu unikátní diplomy. V úplném závěru mi zbyl čas na rozhovor se žáky a krátké zhodnocení celého tematického dne. Několik žákovských názorů uvádím dále v práci v kapitole týkající se hodnocení pilotní realizace výukového tématu Barvy kolem nás.

8.2.6 Rozbor tematického dne s přítomnými odborníky

Bezprostředně po skončení výuky se uskutečnila neformální beseda zúčastněných odborníků, kteří diskutovali nad právě zakončeným tematickým dnem, hodnotili jeho průběh a rovnou navrhovali různá doporučení pro další zpracování.

8.3 Obrazová dokumentace pilotního ověření

8.3.1 Webové stránky školy

Na internetových stránkách školy byla s předstihem zveřejněná upoutávka na tematický den Barvy kolem nás, která obsahovala i elektronickou podobu letáku rozdávaného žákům.

Po realizaci tematického dne byla na web přidána zpráva o akci[1] včetně fotogalerie a galerie žákovských prací.

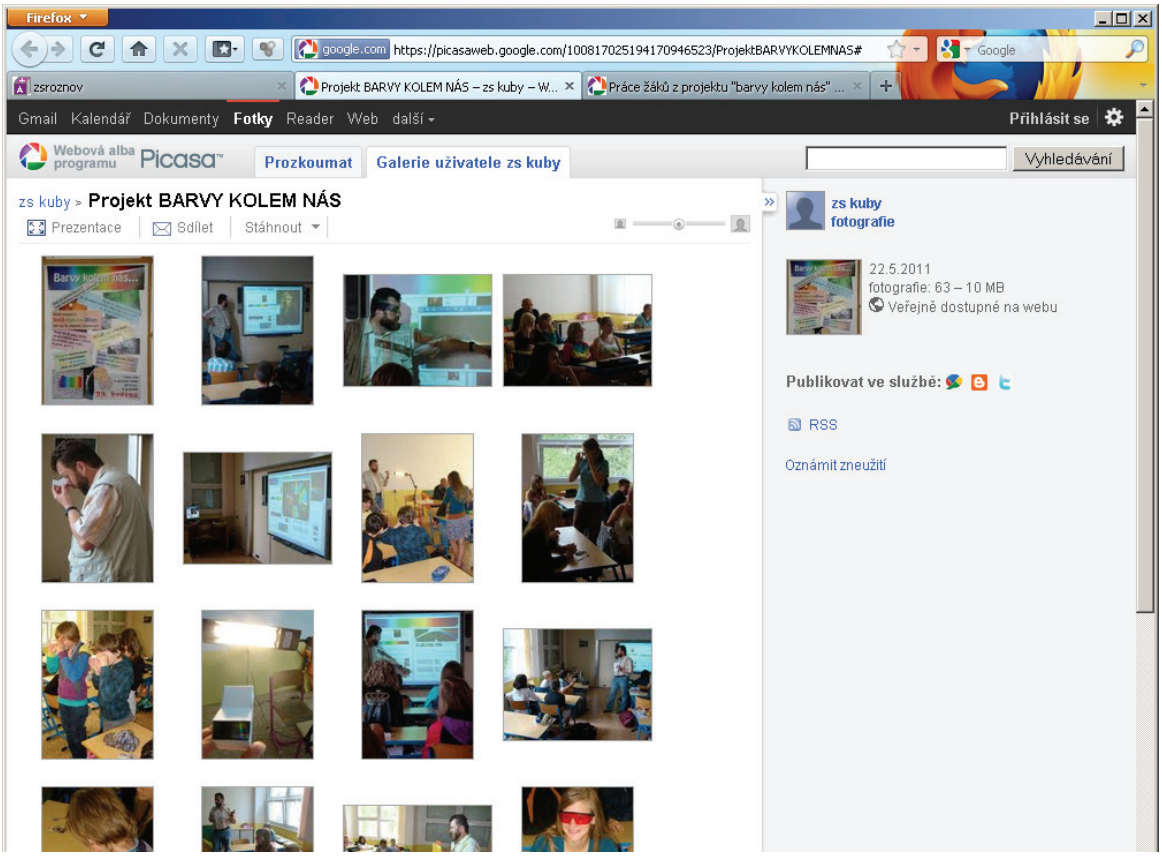
[1] *Fakultní základní škola: Sedmé třídy* [online]. České Budějovice: Základní škola Rožnov, 2011. [cit 2011-07-10]. Dostupné z URL <http://www.zsroznov.cz/ sedme10.html>.

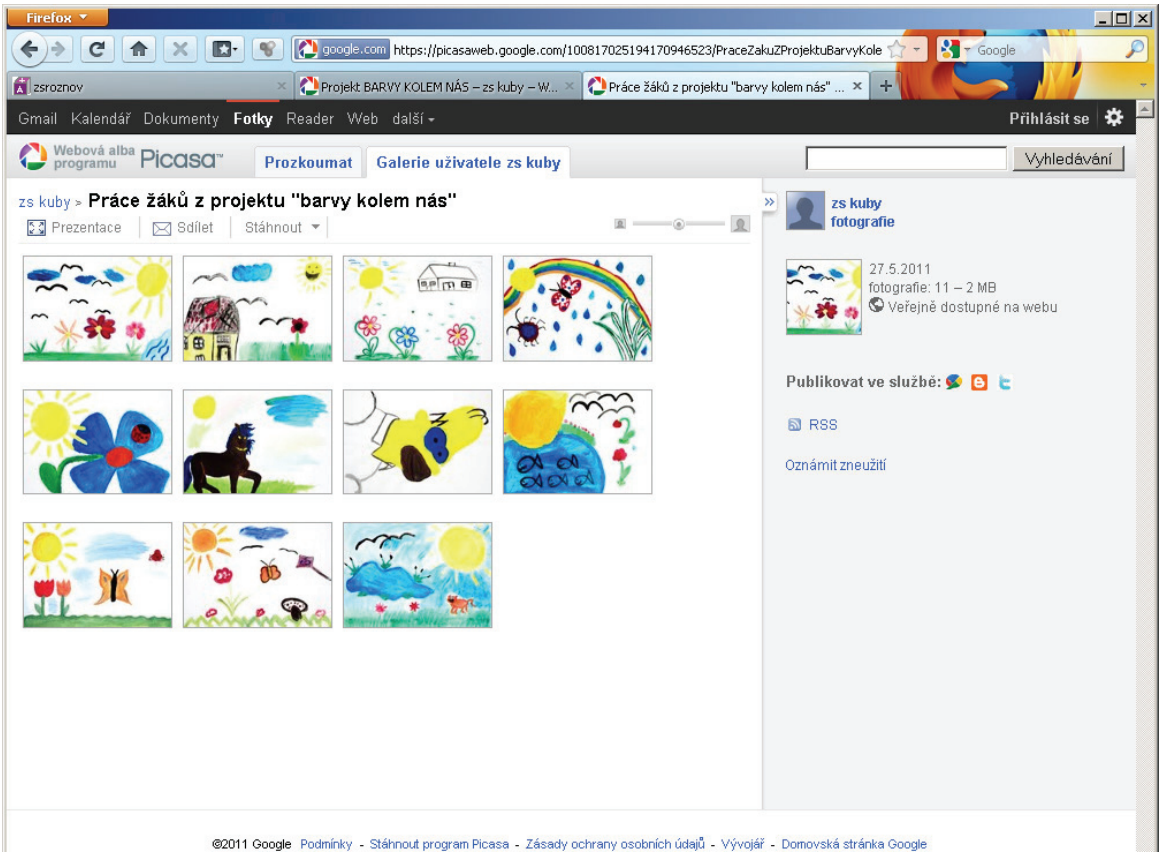
Obr. 8.1: webová prezentace sedmých tříd, ZŠ L. Kuby, České Budějovice

Na následující straně:

Obr. 8.2: webová fotogalerie momentek z tematického dne

Obr. 8.3: galerie vybraných prací žáků


Firefox
https://picasaweb.google.com/100817025194170946523/ProjektBARVYKOLEMNAS#
Projekt BARVY KOLEM NÁS – zs kuby – W...
Práce žáků z projektu "barvy kolem nás" ...
Gmail Kalendář Dokumenty Fotky Reader Web další
Přihlásit se
Webová alba programu Picasa
Prozkoumat
Galerie uživatele zs kuby
Vyhledávání
zs kuby » Projekt BARVY KOLEM NÁS
Prezentace
Sdílet
Stáhnout
zs kuby fotografie
22.5.2011
fotografie: 63 – 10 MB
Veřejně dostupné na webu
Publikovat ve službě:
RSS
Oznámit zneužití


Firefox
https://picasaweb.google.com/100817025194170946523/PraceZakuZProjektuBarvyKole
Projekt BARVY KOLEM NÁS – zs kuby – W...
Práce žáků z projektu "barvy kolem nás" ...
Gmail Kalendář Dokumenty Fotky Reader Web další
Přihlásit se
Webová alba programu Picasa
Prozkoumat
Galerie uživatele zs kuby
Vyhledávání
zs kuby » Práce žáků z projektu "barvy kolem nás"
Prezentace
Sdílet
Stáhnout
zs kuby fotografie
27.5.2011
fotografie: 11 – 2 MB
Veřejně dostupné na webu
Publikovat ve službě:
RSS
Oznámit zneužití
©2011 Google Podmínky - Stáhnout program Picasa - Zásady ochrany osobních údajů - Vývojář - Domovská stránka Google

8.3.2 Fotogalerie z průběhu akce

Autorem snímků je řádný vyučující fyziky v 7. ročníku ZŠ L. Kuby, pan PhDr. Václav Meškan, který se iniciativně chopil role dokumentárního fotografa celé akce. Děkuji mu i (a nejen) za tuto roli.

Některé pořízené fotografie nejsou po technické stránce zcela stoprocentní, světelné poměry v učebně jsou při fotografování kombinace sedících žáků, vyučujícího a dotykové interaktivní tabule poměrně problematické. Vybral jsme snímky, které charakterizují a mapují celý průběh tematického dne.

Obr. 8.4: zahájení – fyzik Isaac Newton

Obr. 8.5: amatérský spektroskop

Obr. 8.6: interaktivní dotyková tabule – rozklad světla na mřížce tvořené vypáleným CD

Obr. 8.7: pozorování spektra zářivky

Obr. 8.8: pozorování spektra zářivky

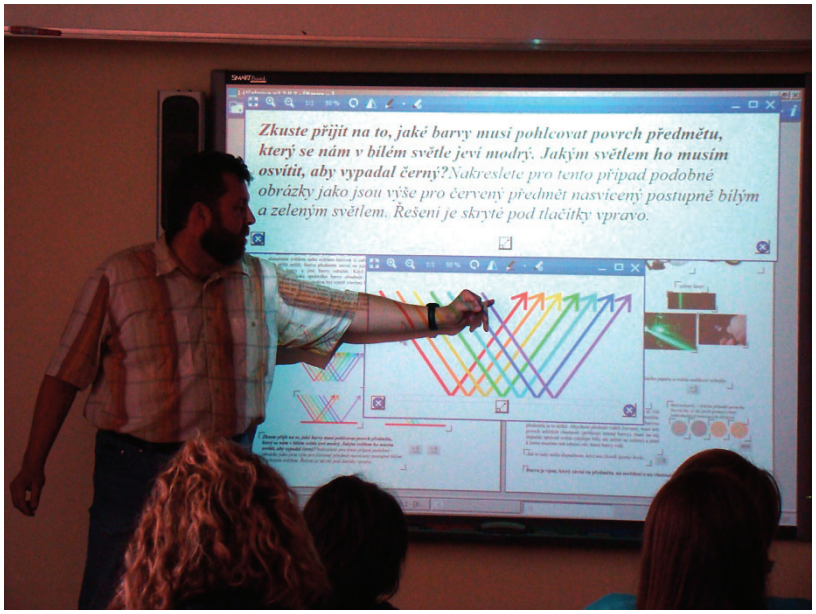
Obr. 8.9: interaktivní tabule v praxi

Obr. 8.10: otázky průběžné soutěže

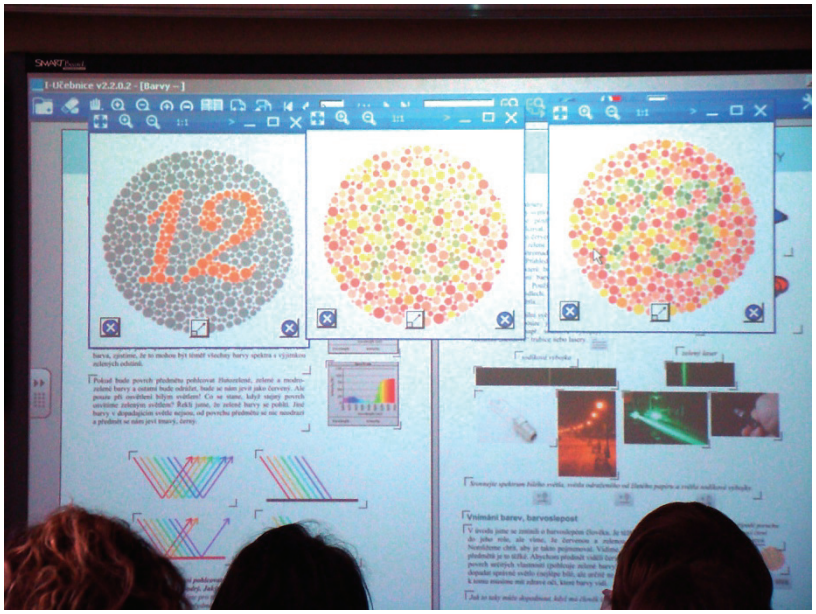
Obr. 8.11: průběžná soutěž

Obr. 8.12: pozorování barevnými brýlemi

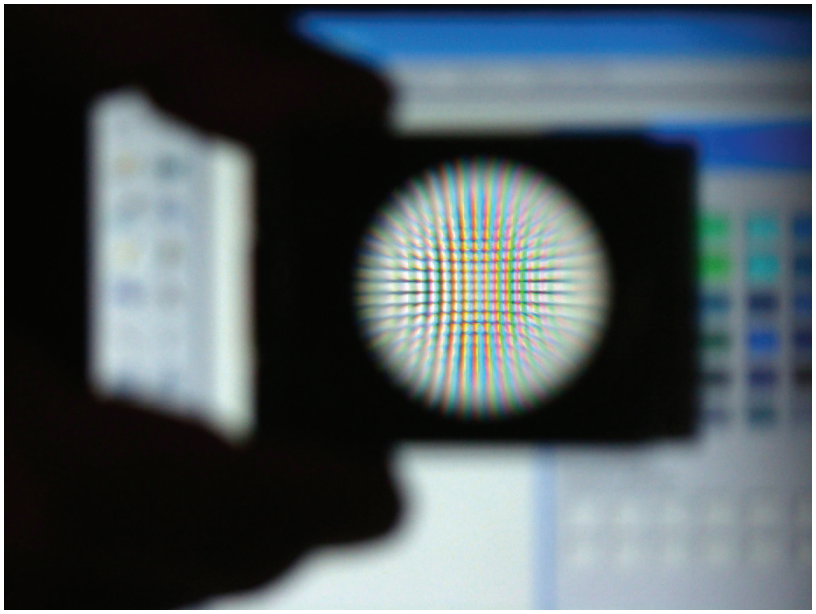
Obr. 8.13: pozorování barevných papírů barevnými brýlemi



Obr. 8.14: odraz světla od barevných povrchů

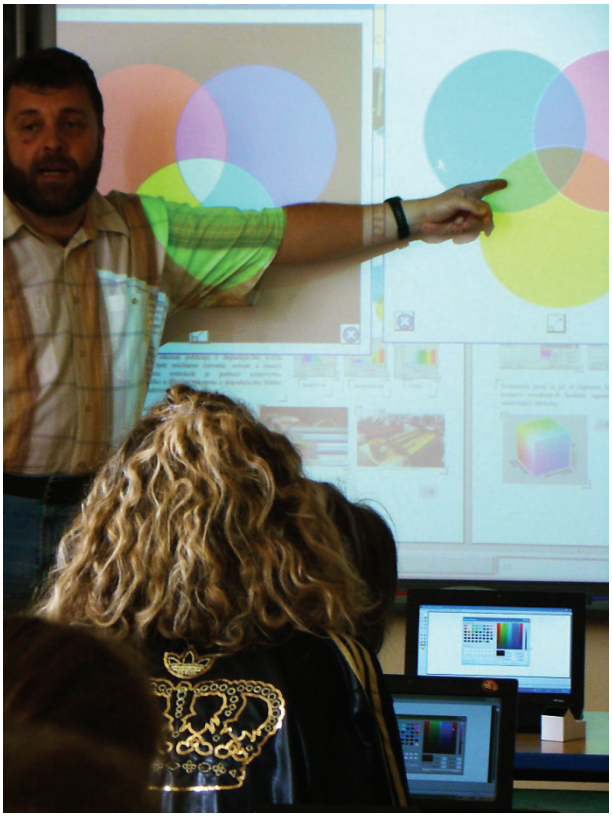


Obr. 8.15: testy barvocitu



Obr. 8.16: barevná obrazovka pod lupou

Obr. 8.17: interaktivní dotyková tabule – čtyřbarevný tisk



Obr. 8.18: subtraktivní míchání barev

Obr. 8.19: různě podané RGB barvy

Obr. 8.20: vyhodnocení soutěžní otázky

Obr. 8.21: závislost definice barvy na zařízení

Obr. 8.22: samostatná práce – prezentace v MS PowerPointu

Obr. 8.23: výsledná prezentace na téma Barvy

Obr. 8.24: tempery čtyř základních barev

Obr. 8.25: míchání temperových barev a umělecká tvorba

Obr. 8.26: vítězové průběžné soutěže

8.3.3 Ukázky snímků z žákovských prezentací v MS PowerPoint

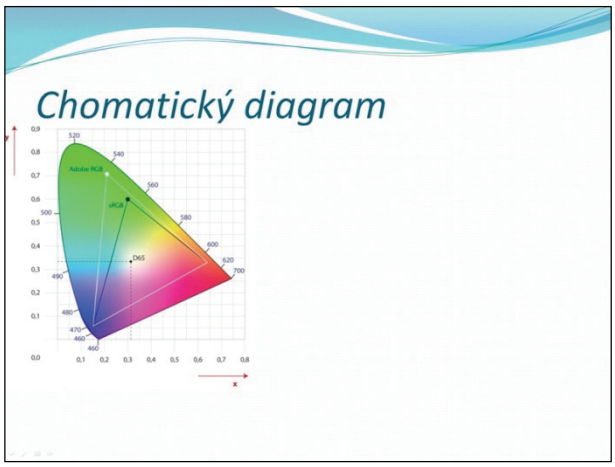
Během páté vyučovací hodiny žáci zpracovávali samostatně prezentaci v aplikaci MS PowerPoint. Základním tématem prezentace byl pojem barva, pro snazší orientaci v tématu dostali žáci několikabodovou osnovu s doporučením, že nemusí vyčerpat

všechny body osnovy a mohou se zaměřit jen na některé. Na následujících stranách uvádím snímky z vybraných prezentací.

Ukazuje se, že žáci si z tematického dne odnesli velké množství poznatků, ale bezprostředně po ukončení výuky je ještě neměli dostatečně zažité, takže v některých prezentacích se objevují jednotlivé významné chyby, např. záměny pojmů nebo nepřesná terminologie. Podrobnější závěry z hodnocení prezentací uvedu v další části, nyní pouze poukazuji na to, že před zpracováním prezentace by bylo vhodné zařadit nějakou systematizaci a opakování učiva. Případně by také bylo možné zredukovat množství informací, které byly žákům v průběhu tematického dne předloženy, a do zbylého časového prostoru zařadit více zmíněné systematizace.

Záměrně v této práci nehodnotím výtvarnou a technickou stránku provedení prezentací, zaměřím se pouze na stránku obsahovou. Pro následné hodnocení seřadím prezentace abecedně podle názvů souborů a označíme po řadě A až K.

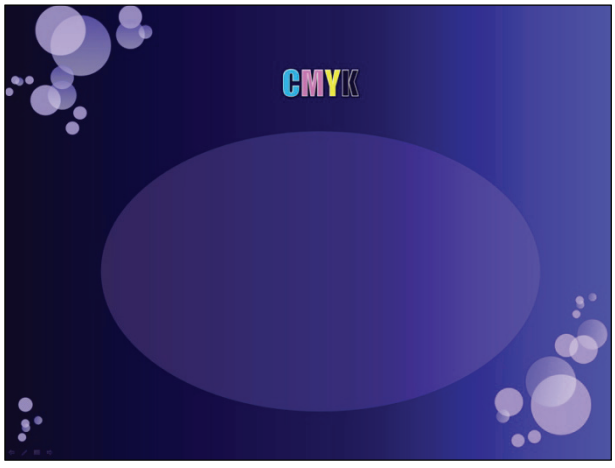
Prezentace A – *obr. 8.27*



Jedná se o nejdelší prezentaci s deseti snímky. Délka prezentace však není úměrná kvalitě zpracování. Některé informace jsou útržkovité nebo neúplné, často jsou nepřesné. Konkrétní výtky jsou následující. Spektrum a duha nejsou tvořené složenými barvami, ale naopak barvami jednoduchými nebo základními. Slovo „na čípech“ je zkomolené a formulace popisu RGB je zcela nevhodná. Snímek Barvy televizní obrazovky postrádá

jakoukoli informační hodnotu. Snímky týkající se RGB a CMYK zařízení a obecného popisu barvového prostoru CMYK jsou v pořádku. V označení „Chomatický diagram“ je překlep, ale jedná se o poměrně zásadní chybu (správně Chromatický).

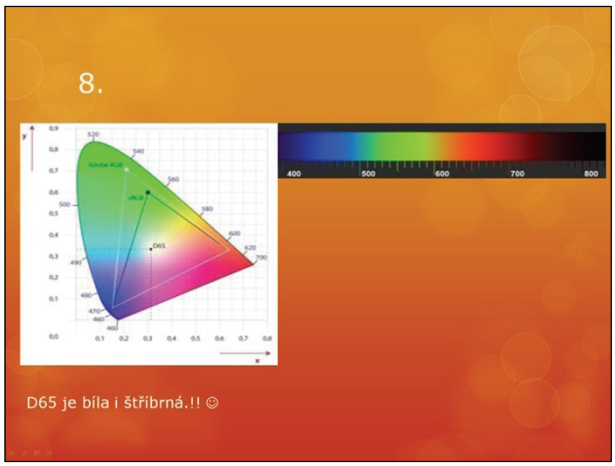
Prezentace B – *obr. 8.28*



Prezentace označená B je jedna z nejkratších pětisnímkových prezentací a obsahuje minimum informací. Je téměř překvapivé, jak málo práce jsou schopni žáci během jedné vyučovací hodiny odvést. Předložená prezentace vypovídá jen velice málo o množství poznatků, které žáci získali v průběhu tematického dne. Důvodů pro takto povrchní zpracování prezentace může být více. Může se jednat o slabší žáky, kteří nebyli schopni předložené téma zpracovat důkladněji a podrobněji, žáci již mohli být unaveni poměrně náročným průběhem předchozích vyučovacích hodin, případně se jedná pouze o to, že žáci využili hodiny samostatné práce v počítačové učebně k jinému účelu, než byla tvorba zadané prezentace.

Snímek Jednoduché a složené barvy je obsahově zcela nevhodně pojatý, barvové prostory RGB a CMYK s pojmy jednoduchá a složená barva nesouvisí. Zbytek prezentace sice neobsahuje chyby, ale zároveň také neobsahuje téměř žádné informace.

Prezentace C – *obr. 8.29*

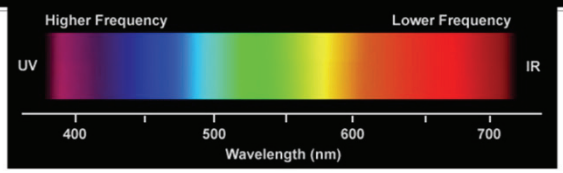


Další prezentace, označená C, je jednou z lepších žákovských prací. Obsahuje základní požadované informace bez základních logických chyb. Z věcného hlediska je v ní jediná významnější chyba – na pátém snímku je modrá barva označena jako fialová. Princip televizní obrazovky na třetím snímku je okomentován poměrně svérázně a ne zcela ideálně, u šestého snímku by se dalo polemizovat nad tím, že žáci uvedli mimo CMYK zařízení, jak bylo požadováno v zadání, také produkty tiskového CMYK procesu. Avšak principiální rozdělení objektů mezi RGB a CMYK je v pořádku. Pojem „stříbrná“ barva na sedmém snímku pochází patrně z vlastní tvorby žáků, tento pojem během celého dne zcela jistě nezazněl. Pokud však nahradíme pojem „stříbrná“ pojmem šedá, je vše v pořádku.

Prezentace D – *obr. 8.30*

Barvy kolem nás

Jednoduché a složené barvy



Jednoduché barvy můžeme pozorovat například v duze nebo barevném spektru.

Popis RGB barvy

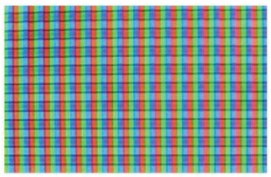
Červená+zelená=žlutá
Červená+modrá=fialová(růžov
Modrá+zelená=tyrkysová

Smícháním všech barev získáme bílou barvu

Zařízení pracující s RGB

Jak funguje barevná obrazovka

Je složená z malých barevných plošek



CMYK

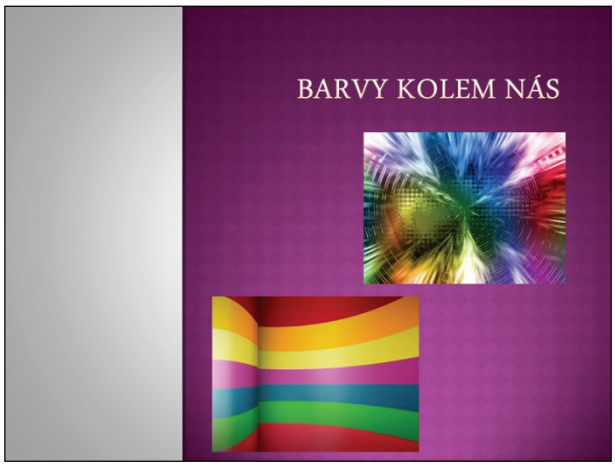
Tyrkysová+žlutá=zelená
Žlutá+fialová(růžová)=červená
Tyrkysová+fialová(růžová)=modrá

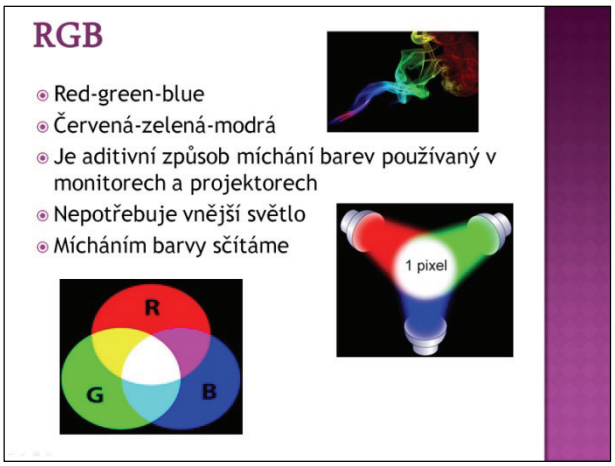
Smícháním všech barev získáme černou barvu

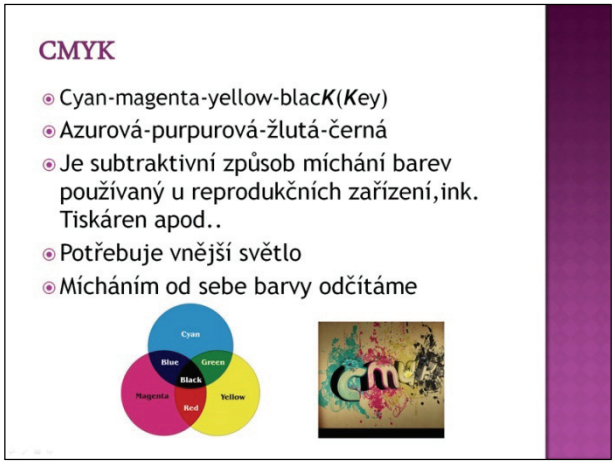
Prezentace D je po formální stránce také poměrně povedená. Jednotlivé zařazené snímky jsou dokončené a pokrývají většinu otázek z výchozí osnovy. Vzhledem k tomu, že osnova nebyla zadána jako zcela závazná ve všech bodech, je to takto v pořádku.

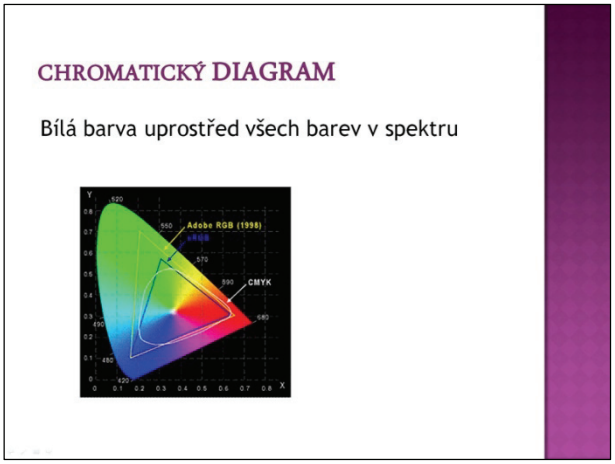
Nepochopitelné mi však přijde specificky pojaté názvosloví základních barev z barvového prostoru CMY. Během celého tematického dne jsem přirozeně používal správné názvy barev CMY, tj. cyan = azurová, magenta = purpurová, yellow = žlutá. Vzhledem k tomu, že se jedná o zcela základní pojmy, jistě jsem je během výkladu mnohokrát zopakoval. V této prezentaci se však opakovaně vyskytuje pojem „tyrkysová“ místo azurová a „fialová (růžová)“ místo purpurová. Toto nepřesné názvosloví nedokážu vysvětlit. Tím spíše, že zbytek prezentace, byť je jednoduchý, neobsahuje žádné podstatné chyby.

Prezentace E – *obr. 8.31*









Další prezentace E je solidně zpracovaná, na první pohled vypadá velice dobře, zejména tím, že není pouze obrázková, ale obsahuje i textový popis. Bohužel však také obsahuje několik středně závažných obsahových chyb a nepřesností. Za nepřesnost považuji označení barev RGB jako základní a barev CMYK jako složené, jak je uvedeno na druhém snímku. Z jistého hlediska to tak je, pokud pracujeme v barvovém prostoru

RGB, pokud ale pracujeme v jiném barvovém prostoru, jsou základní barvy jiné. Zde se však mělo jednat o základní a složené barvy z pohledu vlnové délky, tj. o spektrální barvy. Formulaci „Bílá barva uprostřed všech barev ve spektru“ není možné uznat za správnou, i když je jasné, že myšlenka, kterou tím chtěli žáci vyjádřit je principiálně v pořádku. Pokud bych větný fragment zkrátil na „Bílá barva uprostřed všech barev“ bylo by to lepší, snaha o lepší precizaci se zde vymstila.

Poslední sedmý snímek obsahuje princip plazmové obrazovky a není příliš vypovídající o obecném principu míchání tří RGB barev tří druhů luminoforů. Zde se velice dobře ukazuje obecný fakt, že žáci jsou poměrně zběhlí ve vyhledávání podkladů na internetu, ale nejsou již tak zběhlí v posuzování a rozhodování, které nalezené údaje jsou vhodné pro konkrétní účel. Schopnost vyhledávání validních informací uprostřed internetové informační záplavy bude pro současnou mladou generaci stěžejním úkolem.

Prezentace F – *obr. 8.32*

V prezentaci F je poměrně málo obsahových chyb, a proto ji řadím mezi lepší z předložených žákovských prací. Ne všechny formulace jsou zcela přesné a dalo by se o některých z nich diskutovat. Významnější chybou je označení sedmi barev vyjmenovaných na druhém snímku (černá, červená, zelená, modrá, žlutá, purpurová, azurová, bílá) za základní barvy. V uvedeném kontextu bychom měli hovořit o sedmi základních Newtonových barvách, tj. červená, oranžová, žlutá, zelená, modrá, indigová a fialová.

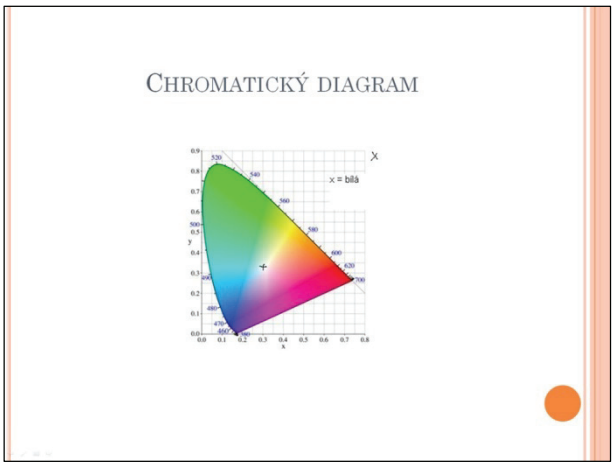
Zbytek práce je v pořádku, i když by místy mohl být obsah širší. Bylo by například možné minimálně uvést víc RGB zařízení. Opět nejsou řešeny všechny body výchozí osnovy, což ale vzhledem k zadání nelze považovat za chybu.

Prezentace G – *obr. 8.33*

Mezi jednu z nejlepších prací je jistě možno zařadit prezentaci G. Je sice poměrně stručná, ale nelze v ní nalézt žádné významné obsahové chyby. Nejsou sice zodpovězeny všechny otázky osnovy, ale podstatná fakta prezentace obsahuje. Za jediný nedostatek

považuji přílišnou stručnost této práce. Postrádám například princip televizní obrazovky nebo vyznačení bílé barvy v chromatickém diagramu.

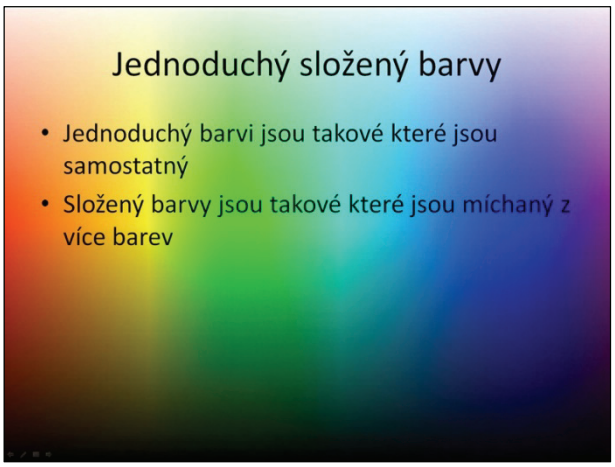
Prezentace H – *obr. 8.34*

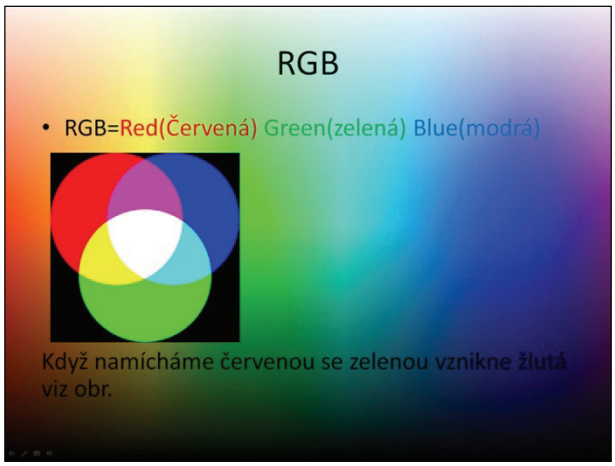


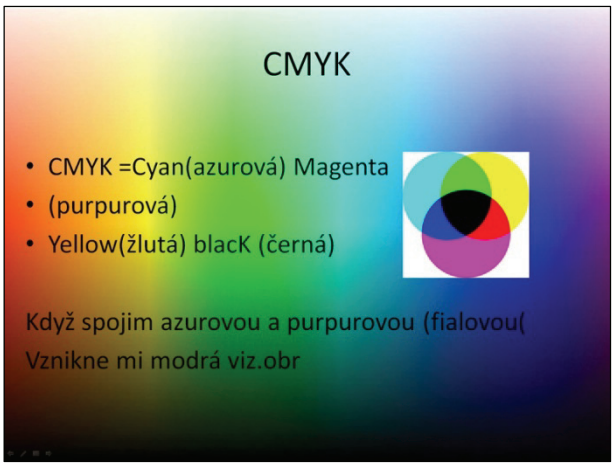
Prezentace H je ucelená, obsahuje však větší množství chyb a nepřesností. U některých z nich nám není jasný jejich zdroj. Definice jednoduchých a složených barev na druhém snímku je zčásti správná, zčásti však nesprávná pojmenováním jednoduchých barev jako tyrkysová, purpurová a žlutá. V popisu barev CMYK je nepřesnost – označení jedné z barev jako modrá, zbytek je ale v pořádku.

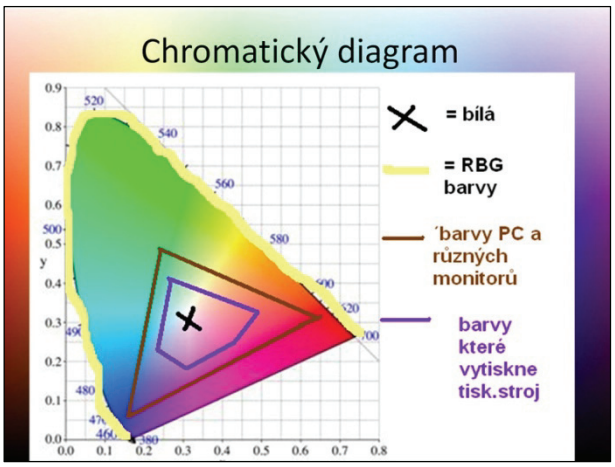
Nejpodstatnější chybou je výběr RGB a CMYK zařízení. Na princip obou druhů těchto zařízení i zásadní rozdíl v jejich funkci byl kladen při výkladu poměrně značný důraz. Zde je překvapivé, že se, dle mého názoru zcela nelogicky, objevují stejná zařízení i v části věnované RGB, i v části věnované CMYK. Pak samozřejmě každé ze zařízení je v jednom případě jmenováno špatně.

Prezentace I – *obr. 8.35*









Prezentace pod písmenem I je poměrně nevyvážená. Některé snímky nepřinášejí prakticky žádnou informaci (zejména druhý snímek), jiné snímky jsou obsahově v pořádku a jsou zpracováním srovnatelné s pracemi ostatních žáků. Snímky neobsahují žádnou zásadní chybu s výjimkou posledního snímku s chromatickým diagramem. Zde se opět žákům vymstila snaha o lepší zpracování a precizaci vyjádření. Bohužel špatně

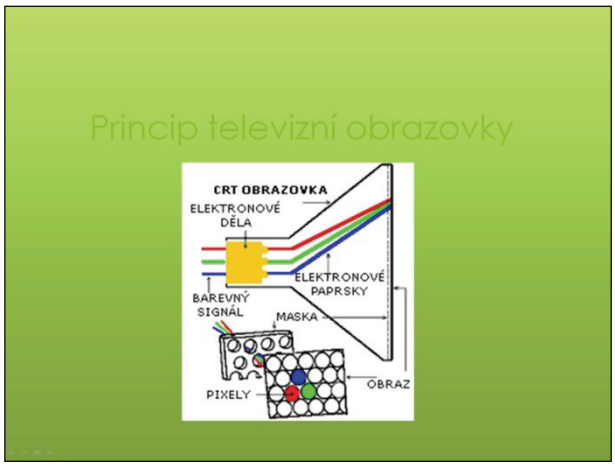
označili spektrální locus jako RGB barvy. RGB barvy jsou však totéž jako oblast označená v diagramu popiskou barvy PC a různých monitorů.

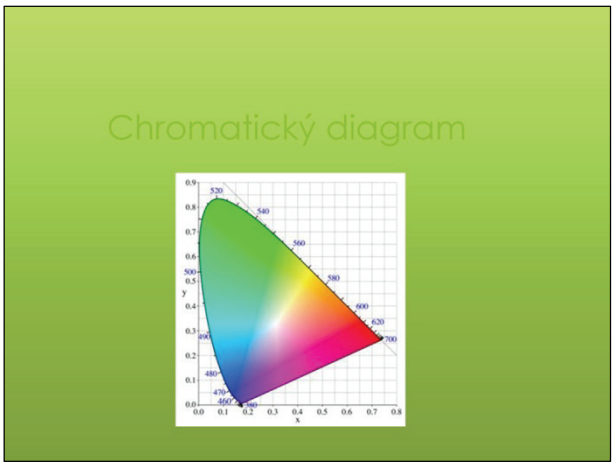
U této práce mimo vlastní odborný obsah výjimečně zmíním i svéráznou podobu češtiny, kterou je prezentace místy psána.

Prezentace J – *obr. 8.36*

Pro popis prezentace J mohu s úspěchem použít téměř stejná slova, jako byla již použita u prezentace B. Opět je to jedna z nejkratších pětisnímkových prezentací a obsahuje málo informací. Žáci odvedli během vyučovací hodiny málo práce. Předložená prezentace vypovídá jen málo o množství poznatků, které žáci získali v průběhu tematického dne. Důvodů pro takto povrchní zpracování prezentace může být více. Může se jednat o slabší žáky, kteří nebyli schopni předložené téma zpracovat důkladněji a podrobněji, žáci již mohli být unaveni poměrně náročným průběhem předchozích vyučovacích hodin, případně se jedná pouze o to, že žáci využili hodiny samostatné práce v počítačové učebně k jinému účelu, než byla tvorba zadané prezentace. Ve srovnání s prezentací B obsahuje tato práce přece jen některé užitečné informace.

Prezentace K – *obr. 8.37*





Poslední prezentace K je jednou z delších prací a na první pohled vypadá velice dobře. Obsahuje však poměrně značné množství obsahových chyb, které kvalitu prezentace významně snižují. Obrázková definice jednoduchých a složených barev naprosto neodpovídá významu, v jakém byly tyto barvy v průběhu dne uváděny. Jednoduchými barvami jsem rozuměl spektrální barvy, složenými barvami barvy ostatní,

obsahující světlo více vlnových délek. Ohledně principu televizní obrazovky se žákům podařilo najít na internetu nevhodný obrázek, který více demonstruje princip vakuové CRT obrazovky než míchání barev. Opět mohu připomenout obecnou úvahu o dovednosti filtrovat informace obsažené v bezbřehém informačním oceánu internetu zmíněnou v souvislosti s prezentací E. RGB zařízení jsou zvolena správně, u CMYK zařízení mohu ocenit snad jen snahu o barevné sladění prezentace, ale všechna uvedená zařízení jistě nepracují s barvami v režimu CMYK.

Obecné závěry, které vyvozuji z rozboru jednotlivých samostatných žákovských prací – prezentací v MS PowerPointu, jsou uvedeny v další části práce, ve které sumarizuji všechny získané zkušenosti z průběhu tematického dne Barvy kolem nás.

8.3.4 Ukázky samostatných výtvarných prací žáků

Na následujících několika stranách se nacházejí vybrané výtvarné práce, které žáci vytvořili během poslední části tematického dne zaměřené na malbu temperou při využití pouhých čtyř základních barev. Pokusil jsem se vybrat práce různého tematického zaměření. Možná bylo dílčí chybou ukázat žákům před jejich vlastní prací můj pokus o malbu temperami, který je přímo ve výukové lekci, na její poslední straně. Nadpoloviční většina žáků se nesnažila vymyslet si své vlastní téma malby a zpracovali více či méně blízkou obdobu původní malby. Přesto někteří navrhli svoje vlastní téma nebo původní téma krajinky s oblohou a sluncem pojali po svém.

Žáci si vyzkoušeli v reálu míchání barev a dospěli k zajímavému poznatku, že stačí malá příměs nežádoucí třetí barvy a sytost míchaného odstínu významným způsobem klesá. Poměrně rychle se tak některým žákům podařilo docílit nežádoucích temně hnědavých odstínů.

Není předmětem této práce rozebírat kvality předložených prací. Spokojím se s konstatováním, že žáci jednoznačně prokázali v praxi, že je možné malovat „plnobarevně“ pouze pomocí čtyř barev a že pochopili podstatu čtyřbarevného tiskového procesu.

Obr. 8.38: žákovské práce, malba temperami

9 Závěry z pilotního ověření a doporučení k dalšímu vývoji tématu

9.1 Závěry z pilotního ověření

Pilotní výuka dne 23. května 2011 na Základní škole L. Kuby, České Budějovice, proběhla bez jakýchkoli problémů, které by bylo nutno zde zmínit. Zvolená úroveň obtížnosti výkladu dané látky se ukázala být zcela přiměřenou 7. ročníku základní školy a odpovídající věku žáků. Rozsah látky byl přiměřený zvoleným čtyřem vyučovacím hodinám. Během celé doby jsem díky střídání výukových metod udržel přiměřenou pozornost žáků. Přesto bylo ke konci čtvrté hodiny již zřejmé, že dále by nebylo možno zajistit odpovídající aktivitu žáků. Takže se ukázalo, že zařazení samostatné práce již na pátou vyučovací hodinu bylo správným řešením.

Dle vyjádření vyučujícího fyziky PhDr. Václava Meškana je třída 7. A, ve které pilotní výuka mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás probíhala, v rámci školy výkony žáků spíše nadprůměrná. Proto je zapotřebí konstatovat, že předložený objem látky je pravděpodobně maximální, který jsou žáci běžné základní školy schopni v rámci jednoho vyučovacího dne akceptovat. Pokud by byl obsah výukového tématu doplněn o další podrobnosti nebo by byla zařazena další podtémata související s barvami, např. psychologické účinky barev nebo poznatky z chemie (barviva a jejich složení) či zcela jiných vědních oborů, nebylo by již možné téma řádně zvládnout v rámci jednoho vyučovacího dne. Domnívám se, že by efektivně nepomohlo ani prodloužení tematického dne do odpolední výuky, protože žáci by byli stejně již unaveni.

9.2 Odpovědi žáků z rozhovoru po skončení výuky

Vzhledem k tomu, že rozhovor se žáky byl neformální a probíhal bezprostředně po vyhlášení výsledků průběžné soutěže, uvádím zde pouze odpovědi žáků, které se opakovaly u více jednotlivců nebo byly alespoň konkrétně a jasně formulované.

- *Tento způsob výuky se mi líbil.*
- *Dověděli jsme se hodně nového.*
- *Bylo fajn, že se nezkoušelo.*
- *O některých věcech, o kterých se mluvilo, jsem už slyšel, ale neznal jsem souvislosti.*

- *Soutěž byla pěkná, ale otázky moc jednoduché.*
- *Bylo to zábavné a zajímavé dopoledne.*
- *Rádi bychom si podobný tematický den ještě zopakovali.*
- *Škoda, že jsme nedělali víc pokusů.*

Žáci vesměs nehodnotili pozitivně ani negativně využití interaktivní dotykové tabule během výuky. Vzhledem k tomu, že se jedná o třídu zapojenou do projektu Vzdělání 21, který má za cíl ověřit efektivitu využití moderních technologií ve vyučování, jsou na práci s tabulí i s žákovskými notebooky zvyklí a není to pro ně nic nového.

9.3 Doporučení k dalšímu vývoji výukového tématu Barvy kolem nás

9.3.1 Rozsah a řazení učební látky

Na základě výše popsané zkušenosti i rozboru žákovských prezentací v MS PowerPoint doporučuji nerozšiřovat již rozsah učební látky, pokud by měl být stále zvládnutelný v průběhu jednoho vyučovacího dne. Je samozřejmě možné rozšířit výuku na více dnů, ale vzhledem k průměrné důležitosti tématu Barvy kolem nás, k celkovému rozsahu učiva na základní škole a vytíženosti žáků to nepovažuji za vhodné. V situaci, kdy by bylo téma probírané postupně zařazováním do jednotlivých vyučovacích hodin fyziky, informatiky a výpočetní techniky, resp. také přírodopisu či chemie, není na druhou stranu problémem téma obohatit o další související poznatky. Ani tak nepovažuji významnější rozšíření za nutné a vhodné.

Řazení látky bylo zvoleno vhodně, výklad byl plynulý, bez chybějících souvislostí. Pouze v jediném případě navrhuji přesunutí části jednoho tématu – část kapitoly o barevném světle předsunout před část o barevných odrazivých površích. Tím se pojem různě barevných světel a ukázky jejich spekter dostanou bezprostředně za první kapitolu týkající se rozkladu světla hranolem případně optickou „mřížkou“ CD. Tento přesun také umožní efektivnější provádění žákovských experimentů se spektroskopem. V první fázi žáci pozorují spektrum denního světla, případně spektrum zářivky či jiných umělých zdrojů světla, v druhé fázi hned poté pozorují spektrum barevných zdrojů světla a laseru. Pak již mohou spektroskopy odložit a je možno přejít k další části – barevnosti odrazivých povrchů a vlivu barvy dopadajícího světla na barvu povrchu.

Domnívám se, že by zcela bez problémů bylo možné vzájemně zaměnit pořadí realizace samostatné práce na PC a samostatné výtvarné práce podle aktuálních potřeb využití odborných učeben (počítačové učebny či kreslírny) na dané škole.

9.3.2 Způsob a metody výuky

Jak jsem již uvedl, během výuky mezipředmětového tématu Barvy kolem nás jsem vollil pestré spektrum výukových metod s cílem co nejvíce aktivizovat žáky a zapojit je do výukového procesu. Jednalo se o frontální výklad, rozhovor se žáky, samostatnou práci žáků, problémové otázky a vyvozování odpovědí žáky, průběžné soutěžní úkoly atd.

Přesto se ukazuje, že by bylo vhodné ještě více zapojit žáky do celého procesu například posílením samostatné práce a samostatným řešením dílčích problémů žáky. Dílčí problémy mohou žáci řešit ve stejných skupinách, ve kterých již řešili úkoly průběžné soutěže, není zapotřebí pro tuto formu práce rozčleňovat třídu jiným způsobem.

Je otázkou, jak ve vymezeném čase zvládnout objem učiva, který jsem si pro výuku vyčlenil. Jednou z možností řešení je omezit rozsah učiva o některé dílčí méně podstatné momenty, jinou možností je rozložit výkladové části tematického dne v delším čase a samostatnou práci přesunout do dalšího dne. Tím se opět dostávám k otázce, zda nerozložit výukové téma do více dní.

Domnívám se stále, že optimálním způsobem prezentace je jeden tematický den. V případě, že by opravdu větší podíl samostatné práce žáků znamenal zpomalení průběhu výkladových pasáží, ponechávám především na vyučujícím, které dílčí podrobnosti je možno vynechat.

Jedním z možných způsobů redukce učiva je vynechání zmínky o HSB barvovém prostoru, případně významná redukce látky týkající se barevného vidění oka, barevných vad oka a barvocitu. Také spojení dvou dílčích částí výkladu, které se zabývá spektry barevných světel a žákovského pozorování konkrétních spekter pomocí spektroskopu by přineslo mírnou časovou úsporu.

9.3.3 Průběžná soutěž

Zařazení průběžné vědomostní soutěže do průběhu tematického dne se ukázalo jako správná volba. Rytmus výuky se v okamžicích soutěžních kol zcela změnil, došlo k nové aktivizaci a motivaci žáků ve třídě.

Zvolená forma soutěže byla poměrně jednoduchá. Nabízí se možnost zpracovat soutěž jiným, zábavnějším způsobem a přizpůsobit tomu i formu zadávání otázek. Otázky

by mohly být roztříděny do kategorií podle obtížnosti a žáci by si mohli volit kategorii, ze které by chtěli obdržet otázku. Otázky by mohly být losované jiným způsobem než taháním lístku s vytištěným textem.

Za úvahu stojí také formulace otázek. Pro pochopení souvislostí dotýkajících se probíraného tématu by bylo vhodnější volit otázky komplexnějšího charakteru, jejichž zodpovězení by vyžadovalo složitější analýzu otázky. Zde však narážím na časový prostor, který jsme průběžné soutěži vymezil. Pokud by otázky a odpovědi na ně měly mít větší hloubku, vyžadovala by soutěž významně delší čas než v provedení, které bylo využito v rámci pilotní výuky. Pak by ale soutěž přestala být pouze motivačním doplňkem a stala by se plnohodnotnou součástí výkladu.

Navrhuji ponechat soutěž jako doplněk a používat i nadále otázky, které je možno zodpovědět v časovém rámci jedné až dvou minut jako dosud.

Pro žáky by bylo velice zajímavé také využití moderní testovací techniky, tzv. hlasovacích zařízení. Použitá technologie multimediální prezentace na interaktivní dotykové tabuli pomocí autorského nástroje FlexiAutor umožňuje využití hlasovacích zařízení a efektivního vyhodnocování odpovědí výpočetní technikou. Je-li ve třídě příslušná technologie žákovských hlasovacích jednotek k dispozici, jistě by se její použití setkalo u žáků s pozitivním ohlasem a také by urychlilo vyhodnocení odpovědí. Pak by bylo možné, aby všichni žáci, ať již ve skupinách nebo jednotlivě, odpovídali v rámci jednoho kola soutěže na jednu otázku nebo skupinu otázek stejných pro všechny. Otázka, resp. skupina otázek, by mohla být komplexnější, a přesto by se čas vymezený soutěžnímu kolu mohl zkrátit a zbytek času by mohl být použit pro důkladnější rozbor správné odpovědi, resp. správných odpovědí. Je však nutno poznamenat, že nasazení hlasovacích zařízení je v současnosti často spojeno s technickými problémy a komplikacemi, a pokud by celý hlasovací řetězec nebyl důkladně odladěn, mohlo by jeho použití přinést více komplikací než potenciálních výhod.

Další možností, jak zajistit hromadnou a současnou třídní odpověď na otázky daného soutěžního kola, je využití žákovských netbooků a jejich propojení do třídní sady s řídícím učitelským počítačem. Stále však je v současnosti velké riziko, že takový systém nebude během výuky komunikovat zcela bezporuchově a případným výpadkem by byla kontinuita výuky jistě narušena.

9.3.4 Samostatná práce na PC

Rozborem samostatných žákovských prací – prezentací připravených v aplikaci MS PowerPoint jsem zjistil, že mezi pracemi jednotlivých dvojic žáků jsou významné rozdíly. V každém případě se tento způsob zakončení tematického dne osvědčil. Zpracování žákovských prezentací posloužilo k více věcem. Jednak jsou tyto prezentace zpětnou vazbou, ukazují na to, jakým způsobem a v jaké kvalitě si žáci osvojili předkládané poznatky. Jednak slouží žákovské prezentace k zopakování učiva a jeho přirozené systematizaci.

Jak jsem uvedl, mezi prezentacemi byly značné rozdíly. Někteří žáci zvládli připravit prezentaci prakticky ve vzorové podobě s nepodstatnými nepřesnostmi, ačkoli ani ti nejlepší nezahrnuli do prezentace všechny v osnově prezentace navržené body. Některé dvojice žáků však odevzdaly, dá se říci, pouze torzo zamýšlené práce. Je třeba konstatovat, že vymezený čas jedné vyučovací hodiny byl pro zpracování navržené samostatné práce patrně minimální možný. Vhodnější by bylo poskytnout žákům pro zpracování větší časový prostor. Tím se ovšem opět dostávám do kolize s celkovým časovým rámcem jednoho vyučovacího dne. Jednou z možností je nechat žáky zpracovat prezentaci jako samostatný domácí úkol, další možností je zpracovat prezentaci až v následujících dnech v rámci běžné hodiny informatiky a výpočetní techniky.

Třetí možností je ponechat časové rozvržení takové, jaké bylo zvoleno při pilotním ověření projektu a vzít na vědomí, že v rámci vymezeného času někteří žáci nedokážou danou práci dovést do definitivního konce. Tito žáci by pak mohli, po vyhodnocení průběžného stavu práce a na doporučení vyučujícího, dokončit prezentaci buď za domácí úkol, nebo v následující hodině informatiky a výpočetní techniky.

Zcela jistě se osvědčilo poskytnout žákům podrobnější osnovu pro zpracování prezentace. V sedmém ročníku základní školy není možno od žáků očekávat takovou míru samostatnosti, při jaké by bylo možné zadat jim pouze úkol „Zpracujte prezentaci na téma Barvy kolem nás“. Bylo žádoucí, aby měli k dispozici podrobnější strukturu, které se v průběhu práce mohli přidržovat.

Rozbor žákovských prezentací také naznačil, že někteří žáci si v průběhu výuky dostatečně neosvojili používané pojmy. Bylo by vhodné na závěr jednotlivých částí zařadit vždy ještě důkladnější dílčí opakování a sumarizaci učiva. Optimální by bylo spojit ji vždy s daným kolem průběžné soutěže. Jednou z možností také je nechat žáky zapsat si na papír po skončení každé části tematického dne a každého soutěžního kola základní poznatky, ke kterým jsme dospěli. Tyto své poznámky by pak mohli volně

využívat při tvorbě prezentace. Tento postup zajistí, že při samostatné práci budou žáci pracovat s pokud možno správnými, přesnými a nezkomolenými pojmy.

Na závěr této kapitoly si dovolím opakovaně zmínit obecnou úvahu o vyhledávání informací na internetu. Během zpracování prezentací formou samostatné žákovské práce se velice dobře ukázal obecný fakt, že žáci jsou poměrně zběhlí ve vyhledávání podkladů v bezbřehé šíři internetu, ale nejsou v žádném případě schopni posoudit v některých případech validitu a vhodnost nalezených informací pro konkrétní účel. Jak jsem již řekl – schopnost vyhledávání validních informací uprostřed internetové informační záplavy bude pro současnou mladou generaci stěžejním úkolem. A pro vyučující současné mladé generace je velice důležitým úkolem je toto naučit.

9.3.5 Samostatná výtvarná práce

Samostatná malba temperami čtyř základních barev byla do tematického celku Barvy kolem nás zařazena ze dvou základních důvodů. V prvním plánu měla žákům demonstrovat na konkrétní praktické činnosti, že celý den uváděné skutečnosti týkající se základů teorie barev jsou v praxi použitelné a dobře funkční. Za druhé byla hodina týkající se výtvarné výchovy zařazena také jako lehce relaxační, protože bylo dopředu zřejmé, že je zapotřebí tempo výuky postupně snížit, neboť žáci by nevydrželi plné nasazení po celý den. Tento fakt se také potvrdil a hodinu výtvarné práce přivítali jak žáci tak vyučující.

Kvůli nepřesné domluvě měli žáci připravené zbytečně příliš velké čtvrtky formátu A2. Na malbu tohoto formátu byla jedna vyučovací hodina, jak se ukázalo, příliš málo času. Pro tento vymezený čas by byla dostačující kreslící čtvrtka formátu A3, možná i A4. Zde je také možno vyjít z doporučení vyučujícího výtvarné výchovy, který se žáky pracuje v průběhu celého školního roku a má představu, jak konkrétní žáci malbu temperami zvládají.

Poslední poznámkou k samostatné výtvarné práci žáků je to, že se ukázalo jako nevhodné, předem žákům předvést vzorovou práci. Nadpoloviční většina žáků si totiž pro svou práci zvolila stejné nebo velice podobné téma a tím se značně zmenšila pestrost zobrazovaných motivů.

Žáci si reálně ověřili, že malba pomocí čtyř základních barev je funkční.

10 Závěr a zhodnocení dosažených cílů

V rámci této rigorózní práce jsem na základě analýzy kurikulárních dokumentů Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy a analýzy vybraných učebnic zpracoval návrh mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás. Poté jsem zpracoval na základě studia odborné literatury zejména z oboru kolorimetrie vlastní obsah výukového tématu a navrhl jeho doplnění o obrazový a multimediální materiál.

Multimediální podobu zvolené výukové lekce jsem zpracoval v softwarové aplikaci FlexiAutor, která byla vyvinuta v Nakladatelství Fraus jako součást širšího konceptu moderních elektronických forem výuky FlexiLearn.

Výukové téma Barvy kolem nás prezentované ve formě tematického dne prošlo s úspěchem pilotním ověřením ve výuce na ZŠ L. Kuby v Českých Budějovicích.

Tematický den byl žákům avizován motivačním plakátem s několikadenním předstihem. V první části dne jsem prezentoval veškeré připravené informace formou klasického výkladu, rozhovoru a besedy se žáky, problémových otázek, demonstrací multimediálních objektů i využití demonstračních i frontálních experimentů. Každé dílčí téma jsem uzavřel jedním kolem průběžné soutěže. Cílem střídání metod a rytmu výuky bylo zejména její zpestření a udržení pozornosti všech žáků na patřičné úrovni. Po uzavření všech dílčích témat, vyhodnocení soutěže a ocenění nejúspěšnějších žáků následovalo samostatné zpracování žákovských prezentací na téma Barvy kolem nás v aplikaci MS PowerPoint. Poslední částí tematického dne byla samostatná malba temperami, při které si všichni žáci vyzkoušeli získané poznatky v praxi.

Pilotní prezentace tematického dne k mezipředmětovému výukovému tématu Barvy kolem nás jsem následně s odstupem několika dnů uzavřel a završil rozborem výsledků průběžné soutěže a vyhodnocením obsahu žáky zpracovávaných prezentací v MS PowerPointu.

Součástí mé práce jsou rovněž závěry z tohoto rozboru a doporučení do budoucna.

10.1 Splnění dílčích cílů práce

Během přípravy mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás jsem postupně plnil všechny dílčí cíle vytyčené na začátku práce.

Nejprve jsem zanalyzoval Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání, jehož aktuální podobu jsem získal na webových stránkách Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. Vytipoval jsem vzdělávací oblasti a obory, s nimiž souvisí pojem barvy. Ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda jsem se zabýval vzdělávacími obory Fyzika,

Přírodopis a Chemie. Po analýze jsem dospěl k závěru, že obsah vzdělávacího oboru Chemie nebudu do práce kvůli celkové přílišné šíři učiva již zařazovat. Vzdělávací oblast Informační a komunikační technologie obsahuje jediný vzdělávací obor téhož názvu. Dospěl jsem k názoru, že tento obor je integrální součástí mého tématu Barvy kolem nás. Ve vzdělávací oblasti Člověk a kultura jsem navrhoval zařadit učivo ze vzdělávacího oboru Výtvarná výchova. Analýzou tohoto oboru v rámci RVP ZV jsem nezískal žádné zásadní poznatky, ale zamýšlenou pasáž věnovanou výtvarné výchově jsem v práci ponechal.

Poté jsem přistoupil k analýze učebnic, které se používají v České republice pro výuku všech uvedených vzdělávacích oborů (vyučovacích předmětů). Pro vzdělávací obor Fyzika jsem zanalyzoval tři sady učebnic – sadu Nakladatelství Fraus, nakladatelství Prometheus a nakladatelství Scientia. Pro vzdělávací obor Přírodopis jsem zpracoval přehled výukových témat ze dvou řad učebnic – Nakladatelství Fraus a SPN – pedagogické nakladatelství. Vzhledem k bouřlivému rozmachu vědění ve vzdělávacím oboru Informační a komunikační technologie jsem se v tomto oboru zabýval pouze jednou sadou učebnic, tou nejnovější od nakladatelství Computer Media. Pro obor Výtvarná výchova jsem neanalyzoval žádné učebnice. Dospěl jsem k závěru, že většina učebnic dodržuje z významné části takové řazení učební látky, jaké se používá ve školách již dlouhou dobu. V souladu s tímto poznatkem a konkrétním řazením témat souvisejících s výukovou lekcí Barvy kolem nás jsem navrhl optimální zařazení tohoto tématu na druhé pololetí sedmého ročníku základní školy.

Na základě znalostí z fyziky, přírodopisu a kolorimetrie, které jsem získal v průběhu předchozího studia a zejména během let své praxe, jsem zpracoval úvod do nauky o barvách. Všechny poznatky jsem si průběžně ověřoval v aktuální odborné literatuře a doplňoval je obrazovým doprovodem vesměs čerpaným z této literatury nebo jí inspirovaným. Veškeré informace o barvách, s výjimkou několika matematických poznámek, jsem již při sestavování této kapitoly volil a zpracovával tak, aby byly odbornou úrovní přístupné žáku druhého stupně základní školy. Moje nauka o barvách začíná motivačním úvodem proč studovat barvy, následuje kapitola o spektrálních vlastnostech světla a přes popis lidského trojbarevného vidění se dostávám až k barvovým prostorům. Zabývám se nejprve běžnými barvovými prostory RGB, CMY a HSB a poté přecházím i k univerzálnějším popisům barev, jako jsou XYZ a xyY. Tuto kapitolu jsem zakončil definicí pojmu diference barev. Vzhledem k tomu, že naprostá většina odborné

literatury je v anglickém jazyce, značná část práce na této kapitole spočívala v dohledávání překladů, resp. ve volbě adekvátních českých pojmů.

Ze základů teorie barev a související látky fyziky, přírodopisu a informatiky a výpočetní techniky jsem pak, s přihlédnutím k obsahu analyzovaných Rámcových vzdělávacích plánů pro základní vzdělávání a k obsahu analyzovaných učebnic, sestavil svůj vlastní scénář výukové lekce Barvy kolem nás. Původní textový obsah jsem rozšířil o návrh využití obrazových a multimediálních objektů a současně s tím jsem navrhl zařazení některých drobných experimentů typu pozorování spektroskopem.

V předchozím zmíněný scénář jsem zpracoval do podoby multimediální výukové lekce za pomoci softwarové aplikace FlexiAutor, kterou vyvinulo Nakladatelství Fraus. Téma je v aplikaci FlexiAutor zpracováno do podoby klasické interaktivní učebnice a tato podoba umožňuje využití všech prvků interaktivity, na které jsou již žáci a vyučující používající elektronické učebnice zvyklí. Práci jsem průběžně konzultoval přímo s programátory a dalšími pracovníky Nakladatelství Fraus, protože jsem průběžně řešil různé dílčí problémy a postupy. Tímto jsem zároveň přispěl, mimo původní cíle stanovené na začátku této práce, i k dalšímu vývoji aplikace FlexiAutor. Vytvořenou výukovou lekci jsem před její prezentací na veřejnosti důkladně otestoval a ověřil, že neobsahuje zásadní koncepční chyby a nedostatky.

Samotné pilotní ověření mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás jsem zrealizoval na Základní škole L. Kuby v Českých Budějovicích. Pro výuku byla po konzultaci s místním vyučujícím fyziky PhDr. Václavem Meškanem zvolena forma tematického dne. Tento den byl realizován 23. května 2011 se žáky sedmého ročníku. Celý obsah tematického dne byl rozvržen do šesti vyučovacích hodin, úvodní čtyři byly věnovány výkladu jednotlivých dílčích kapitol výukové lekce a průběžné motivační soutěži, ve zbylých dvou pak žáci zpracovávali samostatné práce na dané téma. První samostatná práce spočívala ve vytvoření prezentace v MS PowerPointu na téma Barvy, druhá byla samostatnou malbou temperami při použití čtyř základních barev pro subtraktivní míchání. Celý tematický den proběhl bez jakýchkoli problémů zcela podle plánu, žáci ho hodnotili pozitivně a přítomní odborníci také. Vzhledem k nedostatku času v závěru výuky byl jediným okamžitým výstupem pro získání zpětné vazby neformální rozhovor se žáky. Poté ještě proběhl rozhovor s přítomnými odborníky, kteří mi sdělovali svoje postřehy a připomínky k průběhu výuky.

V dnech následujících po realizaci tematického dne v Českých Budějovicích jsem zpětně provedl analýzu žákovských prací. Ze svých osobních poznatků, postřehů

a připomínek přítomných pedagogů i z komentářů žáků jsem vyvodil obecné závěry k obsahu i využití mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás a tyto závěry jsem v práci uvedl ve formě dílčích připomínek a doporučení do budoucna. Na základě pilotního ověření v praxi je možné výukovou lekci dále rozvíjet, upravovat a zlepšovat. Je možné také dílčím způsobem upravit formu nasazení této lekce do výuky, časové rozvržení apod. Je však zapotřebí zdůraznit, že ačkoli zde zmiňuji možné úpravy lekce, celková koncepce se ukázala jako správná, odborná úroveň předkládané látky byla přiměřená věku žáků, forma výuky v podobě tematického dne byla zvolena vhodně a pilotní ověření skončilo jednoznačně úspěšně.

10.2 Splnění základního cíle práce

Základní cíl této práce – vytvoření mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás pro žáky druhého stupně základní školy a nižšího stupně víceletých gymnázií a jeho následné ověření v praxi – byl beze zbytku splněn.

Zpracoval jsem na základě analýzy vzdělávacích dokumentů a používaných učebnic návrh výukového tématu Barvy kolem nás, s využitím vlastních znalostí a studia odborné literatury jsem navrhl a sestavil kompletní scénář výukové lekce. Tuto lekci jsem poté pro prezentaci ve výuce upravil do podoby interaktivní učebnice v aplikaci FlexiAutor Nakladatelství Fraus. Celé výukové téma jsem ověřil pilotní výukou v praxi a na základně tohoto ověření jsem zpracoval připomínky a doporučení k dalšímu vývoji tématu Barvy kolem nás.

10.3 Další plánovaný vývoj výukové lekce Barvy kolem nás

Pilotní výukou na Základní škole L. Kuby v Českých Budějovicích a dokončením této práce samozřejmě vývoj výukové lekce Barvy kolem nás zdaleka nekončí. Dovolím si nastínit několik plánů do budoucna.

Během tematického dne konaného 23. května 2011 jsem nasbíral velké množství praktických zkušeností s tímto tématem a ověřil jsem jeho využití v praxi. Poučný byl také rozbor žákovských prací. Velké množství připomínek jsem získal také od přítomných odborníků. Všechny tyto poznatky jsem uvedl v předchozích kapitolách. Byla by škoda je nevyužít pro důkladnější propracování výukové lekce Barvy kolem nás. Předpokládám zohlednění připomínek a podnětů, týkajících se samotného obsahu lekce i organizačních záležitostí s tematickým dnem souvisejících. Poté bych rád provedl další pilotní ověření na jiné základní škole s jiným kolektivem žáků. Součástí této budoucí

pilotní výuky by navíc bylo i zařazení dotazníkových průzkumů, který by měly za úkol objektivní formou ověřit znalosti žáků o barvách před tematickým dnem a s odstupem několika dnů po něm. Zajímavé by bylo rovněž aplikovat stejný dotazník potřetí s větším časovým odstupem. Tímto způsobem bych ověřil, nakolik je takováto výuka efektivní.

Na několika místech této práce jsem zdůrazňoval, že nauka o barvách musí být žákům základní školy podána pouze kvalitativní formou bez jakéhokoli matematického odvozování a výpočtů. Jsem toho názoru, že na střední škole gymnaziálního typu mají žáci ve vyšších ročnících k dispozici takový matematický aparát a takové znalosti z fyziky a informatiky a výpočetní techniky, že by bylo možné téma Barvy kolem nás pojmout daleko hlouběji a propracovaněji. Jedním z možných směrů vývoje mezipředmětového výukového tématu Barvy kolem nás do budoucna je zpracování jeho obsahu na úrovni středních škol a ověření takto zpracované výukové lekce v pilotní výuce na zvoleném gymnáziu.

Rád bych také o vývoji své výukové lekce informoval pedagogickou veřejnost na odborných konferencích, kterých se zúčastním, a pokusím se o publikování této práce. Jsem přesvědčený, že pojem barva je ideálním příkladem tématu, který se prolíná všemi oblastmi lidského konání, dotýká se prakticky všech výukových oblastí a přitom je žákům i z běžného života natolik blízký, že jeho vhodná prezentace je zcela jistě zaujme.

Seznam použité literatury a online zdrojů

Pedagogická literatura, vzdělávací dokumenty, výuka obecně

[1] COUFALOVÁ, J. *Projektové vyučování pro první stupeň základní školy: Náměty pro učitele*. 1. vydání. Praha: Fortuna, 2006. 136 s. ISBN 80-7168-958-0.

[2] JEŘÁBEK, J. a kol. *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (se změnami provedenými k 1. 7. 2007)* [online]. Celková gesce přípravy dokumentu – Jaroslav Jeřábek, Jan Tupý. Praha: VÚP, 2007. [cit 2011-02-15]. Dostupné z URL <http://www.msmt.cz/uploads/soubory/zakladni/ SP_RVPZV_2007.zip>.

[3] KALHOUS, Z. a kol. *Školní didaktika*. Zdeněk Kalhous, Otto Obst a kol. 1. vydání. Praha: Portál, 2002. 448 s. ISBN 80-7178-253-X.

[4] KAŠOVÁ, J. a kol. *Škola trochu jinak: Projektové vyučování v teorii a praxi*. 1. vydání. Kroměříž: IUVENTA – Božena Leharová, 1995. 82 s.

[5] PRŮCHA, J. – WALTEROVÁ, E. – MAREŠ, J. *Pedagogický slovník*. 1. vydání. Praha: Portál, 1995. 294 s. ISBN 80-7178-029-4.

[6] SKALKOVÁ, J. *Obecná didaktika*. 1. vydání. Praha: ISV nakladatelství, 1999. 296 s. ISBN 80-85866-33-1.

[7] TOMKOVÁ, A. – KAŠOVÁ, J. – DVOŘÁKOVÁ, M. *Učíme v projektech*. 1. vydání. Praha: Portál, 2009. 176 s. ISBN 978-80-7367-527-1.

[8] *Fakultní základní škola: Sedmé třídy* [online]. České Budějovice: Základní škola Rožnov, 2011. [cit 2011-07-10]. Dostupné z URL <http://www.zsroznov.cz/ sedme10.html>.

[9] *FlexiAutor » FlexiLearn* [online]. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2011. [cit 2011-06-30]. Dostupné z URL <http://ucitel.flexilearn.cz/flexiautor-4/>.

[10] *Schvalovací doložky učebnic duben 2011* [online]. Praha: MŠMT, 2011. [cit 2011-05-11]. Dostupné z URL <http://www.msmt.cz/vzdelavani/schvalovaci-dolozky-ucebnic-duben-2011>.

Teorie barev a kolorimetrie

[11] BUNTING, F. et al. *Colortron: User Manual*. 1st Edition. Larkspur (California, USA): Light Source Computer Images, Inc., 1994. 752 p.

[12] FRASER, B. – MURPHY, C. – BUNTING, F. *Správa barev: Průvodce profesionála v grafice a pre-pressu*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2003. 522 s. ISBN 80-722-6943-7.

[13] GIORGIANNI, E. J. – MADDEN T. E. *Digital Color Management: Encoding Solutions*. 2nd Edition. Chichester (West Sussex, England, GB): John Wiley & Sons Ltd., 2008. 416 p. ISBN 978-0-470-51244-9.

[14] HUNT, R. W. G. *The reproduction of Colour*. 6th Edition, Chichester (West Sussex, England, GB): John Wiley & Sons Ltd., 2004. 726 p. ISBN 0-470-02425-9.

[15] KANG, H. R. *Computational Color Technology*. 1st Edition, Bellingham (Washington, USA): SPIE – The International Society for Optical Engineering, 2006. 512 p. ISBN 0-8194-6119-9.

[16] *CIE 1931 xy chromaticity diagram.* [online]. c2005. [cit 2011-07-01]. Dostupné z URL <http://en.wikipedia.org/wiki/File:CIExy1931.png>.

[17] *Color cones representing HSL color space.* [online]. c2008. [cit 2011-07-01]. Dostupné z URL <http://it.wikipedia.org/wiki/File:Color_cones.png>.

[18] *Diagrammatic representation of the Munsell color solid with one quarter section removed.* [online]. National Academy of Sciences of the United States of America, 2011. [cit 2011-07-01]. Dostupné z URL <http://www.pnas.org/content/100/10/6281/F1.large.jpg>.

[19] *Střihněte si spektroskop* [online]. Brno: Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně, 2007. [cit 2011-05-12]. Dostupné z URL <http://stara.hvezdarna.cz/index.php3?s=11&subs=13>.

[20] Test zraku: Barvocit [online]. Praha: MeDitorial, 2011. [cit 2011-05-16]. Dostupné z URL <http://www.zeleny-zakal.cz/test-zraku>.

Učebnice fyziky pro základní školy

[21] KOLÁŘOVÁ, R. – BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 6. ročník základní školy*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2002. 160 s. ISBN 978-80-7196-246-5.

[22] KOLÁŘOVÁ, R. – BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 7. ročník základní školy*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2003. 200 s. ISBN 978-80-7196-265-6.

[23] KOLÁŘOVÁ, R. – BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 8. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 1999. 224 s. ISBN 80-7196-149-3.

[24] KOLÁŘOVÁ, R. – BOHUNĚK, J. *Fyzika pro 9. ročník základní školy*. 1. vydání. Praha: Prometheus, 2000. 232 s. ISBN 80-7196-193-0.

[25] MACHÁČEK, M. *Fyzika 6 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 3. vydání. Praha: Prometheus, 2000. 160 s. ISBN 80-7196-186-8.

[26] MACHÁČEK, M. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2001. 160 s. ISBN 80-7196-217-1.

[27] MACHÁČEK, M. *Fyzika 8 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2001. 160 s. ISBN 80-7196-220-1.

[28] MACHÁČEK, M. *Fyzika 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2. vydání. Praha: Prometheus, 2000. 160 s. ISBN 80-7196-191-4.

[29] RAUNER, K. a kol. F*yzika pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2004. 120 s. ISBN 80-7238-210-1.

[30] RAUNER, K. a kol. *Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2005. 136 s. ISBN 80-7238-431-7.

[31] RAUNER, K. a kol. *Fyzika 8 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2006. 128 s. ISBN 80-7238-525-9.

[32] RAUNER, K. a kol. *Fyzika 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2007. 136 s. ISBN 80-7238-617-8.

[33] ROJKO, M. a kol. *Fyzika kolem nás, Fyzika 1 pro základní a občanskou školu: učitelská verze*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1995. 104 s. ISBN 80-85827-83-2.

[34] ROJKO, M. a kol. *Fyzika kolem nás, Fyzika 2 pro základní a občanskou školu: učitelská verze*, 1. vydání. Praha: Scientia, 1996. 112 s. ISBN 80-7183-057-7.

[35] ROJKO, M. a kol. *Fyzika kolem nás, Fyzika 3 pro základní a občanskou školu: učitelská verze*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1997. 92 s. ISBN 80-7183-102-6.

[36] ROJKO, M. a kol. *Fyzika kolem nás, Fyzika 4 pro základní a občanskou školu: učitelská verze*. 1. vydání. Praha: Scientia, 1998. 100 s. ISBN 80-7183-138-7.

[37] *Fyzika » Učebnice Nakladatelství FRAUS* [online]. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2011. [cit 2011-04-07]. Dostupné z URL <http://ucebnice.fraus.cz/fyzika/>.

[38] *Nakladatelství Prometheus* [online]. Praha: Prometheus, 2011. [cit 2011-04-07]. Dostupné z URL <http://www.prometheus-nakl.cz/index.php?zobraz=id2&id2=3>.

[39] *NAKLADATELSTVÍ SCIENTIA – knihy pro vzdělání i pro radost* [online]. Praha: Scientia, 2011. [cit 2011-04-07]. Dostupné z URL <http://www.scientia.cz/katalog.asp?co=prodeje>.

Učebnice informatiky a výpočetní techniky pro základní školy

[40] KOLÁŘOVÁ, L. a kol. *Informatika pro základní školy – 1. díl*. 2. vydání. Kralice na Hané: Computer Media, 2009. 88 s. ISBN 978-80-7402-015-5.

[41] KOLÁŘOVÁ, L. a kol. *Informatika pro základní školy – 2. díl*. 2. vydání. Kralice na Hané: Computer Media, 2009. 88 s. ISBN 978-80-7402-016-2.

[42] KOLÁŘOVÁ, L. a kol. *Informatika pro základní školy – 3. díl*. 2. vydání. Kralice na Hané: Computer Media, 2009. 88 s. ISBN 978-80-7402-017-9.

[43] *Computer Media s.r.o. – Počítačové učebnice ZŠ* [online]. Kralice na Hané: Computer Media, 2011. [cit 2011-04-07]. Dostupné z URL <http://www.computermedia.cz/knihy/seznam.html?kategorie=27>.

Učebnice přírodopisu pro základní školy

[44] ČABRADOVÁ, V. a kol. *Přírodopis pro 6. ročník základní školy a primu víceletého gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2004. 120 s. ISBN 80-7238-211-X.

[45] ČABRADOVÁ, V. a kol. *Přírodopis 7 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2005. 128 s. ISBN 80-7238-424-4.

[46] VANĚČKOVÁ, I. a kol. *Přírodopis 8 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2006. 128 s. ISBN 80-7238-428-7.

[47] ŠVECOVÁ, M. – Matějka, D. *Přírodopis 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vydání. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7238-587-4.

[48] ČERNÍK, V. a kol. *Přírodopis pro 6. ročník základní školy: zoologie a botanika*. 1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2007. 120 s. ISBN 978-80-7235-374-3.

[49] ČERNÍK, V. a kol. *Přírodopis pro 7. ročník základní školy: zoologie a botanika*. 1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2008. 136 s. ISBN 978-80-7235-387-3.

[50] ČERNÍK, V. – MARTINEC, Z. – VODOVÁ, V. *Přírodopis pro 8. ročník základní školy: biologie člověka*. 1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2009. 80 s. ISBN 978-80-7235-416-0.

[51] ČERNÍK, V. a kol. *Přírodopis pro 9. ročník základní školy: geologie a ekologie*. 1. vydání. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2010. 104 s. ISBN 978-80-7235-496-2.

[52] *Přírodopis » Učebnice Nakladatelství FRAUS* [online]. Plzeň: Nakladatelství Fraus, 2011. [cit 2011-04-07]. Dostupné z URL < http://ucebnice.fraus.cz/prirodopis/>.

[53] *SPN* [online]. Praha: SPN – pedagogické nakladatelství, 2011. [cit 2011-04-07]. Dostupné z URL <http://www.spn.cz/stranky/katalog.php?viewsub=prirodopis &viewcat=zs>.

Seznam obrázků

Obr. 5.1: simultánní kontrast, subjektivní vnímání 43
Obr. 5.2: rozdíl barev, subjektivní vnímání 43
Obr. 5.3: Newtonův pokus – rozklad světla hranolem 45
Obr. 5.4: Newtonův pokus – opačné provedení 45
Obr. 5.5: graf (spektrální křivka) odrazivosti červeného předmětu 48
Obr. 5.6: graf (spektrální křivka) propustnosti azurového inkoustu v různých koncentracích 49
Obr. 5.7: spektrální křivky denního světla v závislosti na atmosférických podmínkách 49
Obr. 5.8: aditivní míchání barev 51
Obr. 5.9: experiment vnímání barev 52
Obr. 5.10: subtraktivní míchání barev 53
Obr. 5.11: polotóny a tiskový rastr 54
Obr. 5.12: citlivost jednotlivých druhů čípků RGB 55
Obr. 5.13: a. funkce barevné odezvy pro lidského pozorovatele, b. funkce barevné odezvy transformovaná na CIE standardního pozorovatele (viz dále) c. spektrální odezva pro plochý skener; d. e. f. spektrální emisní křivky tří různých monitorů 56
Obr. 5.14: Munsellova souřadnice odstín (hue) 59
Obr. 5.15: Munsellovy souřadnice hodnota (value) a chroma (barevnost) 59
Obr. 5.16: Munsellovo těleso viditelných barev 60
Obr. 5.17: HSB – jas 61
Obr. 5.18: HSB – sytost 61
Obr. 5.19: HSB – odstín 61
Obr. 5.20: dvojitý kužel jako model HSB (HSL) barvového prostoru 62
Obr. 5.21: zorné pole standardního pozorovatele 66
Obr. 5.22: Barvové funkce (hodnoty tristimulu CIE) 2° standardního pozorovatele 1931 (plná čára) a 10° standardního pozorovatele 1964 (přerušovaná čára) 70
Obr. 5.23: konstrukce chromatického diagramu CIE 71
Obr. 5.24: chromatický diagram CIE 1931 72
Obr. 5.25: barevný gamut různých zařízení 73

Obr. 5.26: „vzdálenosti barev“ v chromatickém diagramu 74
Obr. 6.1: návod na stavbu jednoduchého spektroskopu (1:1) 81
Obr. 7.1: tematická výuka × projekt 105
Obr. 7.2: mezipředmětové výukové téma Barvy kolem nás 106
Obr. 7.3: motivační plakát a leták 113
Obr. 7.4: diplom za 1. místo v celodenní soutěži 114
Obr. 7.5: jednotlivé otázky do celodenní soutěže 123
Obr. 7.6: zadání samostatné práce na PC a samostatné práce z výtvarné výchovy 124
Obr. 8.1: webová prezentace sedmých tříd, ZŠ L. Kuby, České Budějovice 129
Obr. 8.2: webová fotogalerie momentek z tematického dne 129
Obr. 8.3: galerie vybraných prací žáků 129
Obr. 8.4: zahájení – fyzik Isaac Newton 132
Obr. 8.5: amatérský spektroskop 132
Obr. 8.6: interaktivní dotyková tabule – rozklad světla na mřížce tvořené vypáleným CD 133
Obr. 8.7: pozorování spektra zářivky 133
Obr. 8.8: pozorování spektra zářivky 133
Obr. 8.9: interaktivní tabule v praxi 134
Obr. 8.10: otázky průběžné soutěže 134
Obr. 8.11: průběžná soutěž 134
Obr. 8.12: pozorování barevnými brýlemi 134
Obr. 8.13: pozorování barevných papírů barevnými brýlemi 135
Obr. 8.14: odraz světla od barevných povrchů 135
Obr. 8.15: testy barvocitu 136
Obr. 8.16: barevná obrazovka pod lupou 136
Obr. 8.17: interaktivní dotyková tabule – čtyřbarevný tisk 137
Obr. 8.18: subtraktivní míchání barev 137
Obr. 8.19: různě podané RGB barvy 137
Obr. 8.20: vyhodnocení soutěžní otázky 138
Obr. 8.21: závislost definice barvy na zařízení 138
Obr. 8.22: samostatná práce – prezentace v MS PowerPointu 139
Obr. 8.23: výsledná prezentace na téma Barvy 139
Obr. 8.24: tempery čtyř základních barev 139
Obr. 8.25: míchání temperových barev a umělecká tvorba 140

Obr. 8.26: vítězové průběžné soutěže 140
Obr. 8.27: prezentace A 141
Obr. 8.28: prezentace B 143
Obr. 8.29: prezentace C 144
Obr. 8.30: prezentace D 146
Obr. 8.31: prezentace E 147
Obr. 8.32: prezentace F 149
Obr. 8.34: prezentace H 152
Obr. 8.35: prezentace I 153
Obr. 8.36: prezentace J 155
Obr. 8.37: prezentace K 156
Obr. 8.38: žákovské práce, malba temperami 160

Přílohy

K práci je přiložené CD-R, které obsahuje elektronickou verzi této práce ve formátu PDF, multimediální výukovou lekci Barvy kolem nás připravenou v aplikaci FlexiAutor, prohlížeč interaktivních učebnic FlexiBook Reader, fotogalerii z průběhu tematického dne a samostatné žákovské práce – prezentace v MS PowerPoint a skeny žákovských maleb temperami.

Na CD-R se nacházejí následující složky:

- **Fotogalerie** – obsahuje 129 snímků z pilotního ověření 23. května 2011 v Českých Budějovicích, autor snímů PhDr. Václav Meškan
- **Vyukova_lekce_a_FlexiBook_Reader** – obsahuje kompletní výukovou lekci ve formátu FlexiBook zpracovanou pomocí autorského nástroje FlexiAutor a dále prohlížeč dokumentů formátu FlexiBook – FlexiBook Reader. Formát FlexiBook, jeho prohlížeč FlexiBook Reader i autorský nástroj FlexiAutor byly vytvořeny Nakladatelstvím Fraus a vztahuje se na ně autorský zákon.
- **Zakovske_prace_malba_temperami** – obsahuje skeny všech 24 maleb žáků
- **Zakovske_prace_prezentace_MS_PowerPoint** – obsahuje všech 11 žákovských prezentací ve formátu MS PowerPoint

Elektronická verze této práce se nachází přímo v kořenové složce disku CD-R.

Evidenční list

Souhlasím s tím, aby moje rigorózní práce byla půjčována jako studijní materiál ostatním studentům.

V Plzni dne 29. července 2011 Podpis:

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto rigorózní práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno, příjmení	Fakulta, katedra	Datum	Podpis