

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH
PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

FYZIKA FARIEB

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH
PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA

FYZIKA FARIEB

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program:	Matematika – fyzika (Učiteľské štúdium, magisterský II. St., denná forma)
Pracovisko (katedra/ústav):	Ústav fyzikálnych vied
Vedúci diplomovej práce:	RNDr. Mária Zentková, CSc.

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Jaroslava Víťazková
Študijný program: Matematika - fyzika (Učiteľské štúdium, magisterský II. st., denná forma)
Študijný odbor: 1.1.1. učiteľstvo akademických predmetov
Typ záverečnej práce: Diplomová práca
Jazyk záverečnej práce: slovenský


Názov: Fyzika farieb
Cieľ:
1. Oboznámiť sa a spracovať odborný prehľad problematiky fyziky a fyziológie farieb, podstaty aditívneho a subtraktívneho miešania farieb, teóriu dúhy.
2. Navrhnuť a realizovať experimentálne pásma objasňujúce žiakom ZŠ a študentom SŠ fyziku a fyziológiu farieb.
3. Spracovať navrhnuté pásma vo forme metodických listov pre použitie učiteľmi fyziky ZŠ a SŠ.

Literatúra:
1. P. Pleskotová: Svet barev, Albatros Praha, 1987
2. E. R. Churchill: Kouzelná knížka optických iluzí, Portál Praha, 2004
3. <http://fyzika.jreichl.com/index.php?sekce=browse&page=431>
4. kolektív autorov: Takmer 1000 pokusov veselo i vážne, Perfekt Bratislava

Anotácia: Farby sprevádzajú človeka po celý jeho život. Napriek tomu, že sa toho veľa popísalo a opublikovalo o vplyve farieb na psychiku a ľudské prežívanie len veľmi málo ľudí vie o fyzikálnej podstate farieb. Cieľom diplomovej práce bude na základe jednoduchých praktických experimentov žiakov a študentom vysvetliť fyzikálnu podstatu farieb v priamej súvislosti s fyziologickými obmedzeniami ľudského oka.

Kľúčové slová: farby

Vedúci: RNDr. Mária Zentková
Ústav: ÚFV - Ústav fyzikálnych vied
Riaditeľ ústavu: doc. RNDr. Michal Jaščur, CSc.
Dátum zadania: 17.09.2009
Dátum schválenia: 01.02.2010


doc. RNDr. Michal Jaščur, CSc.
riaditeľ ústavu

Pod'akovanie

Týmto by som sa chcela poďakovať predovšetkým vedúcej magisterskej práce RNDr. Márií Zentkovej, CSc. za vedenie, pomoc a pripomienky k práci.

Abstrakt v štátnom jazyku

V magisterskej práci prezentujeme teóriu týkajúcu sa farby, čo je to farba, ako vzniká, jej vlastnosti a javy súvisiace so svetlom v prírode. Na základe teórie sme zostavili niekoľko zaujímavých pokusov týkajúcich sa farieb a pridali sme aj niekoľko pokusov týkajúcich sa optiky. Cieľom týchto pokusov bolo vysvetliť žiakom čo vlastne farba je, ako vnímame farbu, ako funguje miešanie farieb, aké sú vlastnosti farieb. Cieľová skupina sú žiaci druhého stupňa základných škôl a študenti stredných škôl. Väčšina experimentov je realizovaná pomocou pomôcok, s ktorými sa žiaci bežne stretávajú alebo ich zohnanie nie je veľmi fyzicky ani finančne náročné. Siedmici, ktorí skúmali vlastnosti svetla a farieb prezentovali svoje výsledky na študentskej konferencii. Okrem aktívneho osvojovania si vedomostí z fyziky svetla a farieb, priniesol tento postup žiakom aj skúsenosť so samostatnou prácou vo vedeckom tíme a s prezentáciou pôvodných vedeckých poznatkov širšiemu okoliu. Experimenty boli overené aj na popularizačných akciách Noc výskumníkov 2010 v Košiciach a Deň otvorených dverí na Ústave experimentálnej fyziky SAV 2010 v Košiciach. Nami zostavené pásmo pokusov zároveň tvorí časť kurzu fyziky pre malé deti Pastelkovej fyziky pod názvom Fyzika farieb.

Kľúčové slová: farba, elementárne fyzikálne experimenty, žiacky projekt

Abstrakt v cudzom jazyku

Simple experiments dealing with physics of colors and optical illusions are described in diploma thesis. Experiments performed by the group of elementary school students, were later used by them for presentation on students scientific conference. Experiments were performed and tested also on several science popularization activities like Researchers night, and Open door day in Institute of Experimental Physics SAS in Košice 2010. The whole set of experiments makes an integral part of the physics course for small kids "The Crayon Physics" as chapter devoted to The Physics of colors.

Key words: color, simple physicale experiments, students project

Predhovor

Výrazným vplyvom na výber témy tejto magisterskej práce je snaha o sprostredkovanie jednoduchšej predstavy fyzikálnych javov okolo nás. Keď na konci letnej búrky vykukne slniečko a človek vidí ako sa s úžasom pozerajú ostatní ľudia kdesi dozadu na dúhu, na ten krásny jav, a vidí ako si tú dúhu fotografujú a ukazujú deťom, tak to bol možno aj ten hlavný dôvod prečo odbornejšie popísať vznik dúhy a jednoduchým pokusom interpretovať tento jav. Rovnako významným vplyvom na výber témy je aj skutočnosť, že moderná technika prudko postupuje dopredu. Človek sa stretáva s rôznym displejmi, LED televízormi a pritom ani nevie čo to znamená, keď niekto povie, že momentálne je LED televízor lepší ako plazma alebo LCD. Teda aj to ma výrazný vplyv, prečo treba žiakom vysvetliť ako funguje miešanie troch základných farieb a že sa s tým stretáva bežne a ani o tom nevie. Preto do pásma pokusov je zaradený aj popis RGB mixéru. Farba sa vyskytuje všade okolo nás. Mnoho ľudí si vyberá rôzne veci práve kvôli farbe. No pritom si však určite neuvedomujú prečo je práve daná vec modrá alebo zelená. Do pásma pokusov je zaradených aj niekoľko experimentov týkajúcich sa svetla i keď v teórii nie je o svetle veľa popísané. Ale určite je dôležité najprv ukázať aké vlastnosti svetlo má, keďže svetlo je v podstate zdrojom všetkých farieb. Väčšina pomôcok, ktoré pásma obsahujú sú nenáročné, teda dajú sa bez problémov zohnať alebo vlastnoručne vytvoriť. Jediné čo je už náročnejšie aj finančne je RGB mixér. No v súčasnosti existuje na internete množstvo appletov ponúkajúcich túto aplikáciu. Ale i napriek tomu sa nič nevyrovná autentickému pohľadu a vlastnoručnému miešaniu farieb na riadiacom paneli. Pokusy v praktickej časti sú spracované vo forme metodických listov, ktoré môžu byť použité učiteľmi základných a stredných škôl.

Obsah

Zoznam ilustrácií.....	8
Úvod.....	10
1 Teoretická časť.....	12
1.1 Teória vetla a farby.....	12
1.1.1 Začiatky teórie svetla.....	12
1.1.2 Ako vznikajú farby.....	14
1.1.3 Farby.....	16
1.1.4 Miešanie farieb.....	18
1.1.5 Vnímanie farby.....	20
1.1.6 Vlastnosti farby.....	24
1.2 Farebné javy v prírode.....	26
1.2.1 Dúha.....	26
1.2.2 Polárna žiara.....	36
1.2.3 Halove javy.....	39
1.2.4 Farebnosť oblohy.....	41
1.2.5 Ohybové javy.....	43
2 Praktická časť.....	47
2.1 Svetelný vodomiet.....	48
2.2 Dve zrkadlá proti sebe.....	49
2.3 Mnohonásobný obraz.....	50
2.4 Klamlivé zrkadlo.....	51
2.5 Ako nájsť slepú škvrnu.....	52
2.6 Dúhové koleso.....	53
2.7 Pohár plný slnka a oblohy.....	54
2.8 Ako vytvoriť dúhu.....	55
2.9 Miešanie dvoch farieb.....	56
2.10 Rotujúce farby.....	57
2.11 Chromatografia farieb.....	58

2.12 Výrobne dielne - filmové koleso.....	59
2.13 Výrobne dielne - periskop	60
2.14 RGB mixér - overenie aditívneho miešania farieb	61
2.15 RGB mixér - rozprávajme farebne.....	63
5 Záver.....	65
Zoznam použitej literatúry.....	67
Prílohy.....	69

Zoznam ilustrácií

Teoretická časť

Obr. 1	Elektromagnetické spektrum	16
Obr. 2	Vlnové dĺžky 7 základných farieb	17
Obr. 3	Aditívne miešanie farieb	18
Obr. 4	Aditívne miešanie farieb	18
Obr. 5	Subtraktívne miešanie farieb.....	19
Obr. 6	Farby RGB podľa intenzít.....	20
Obr. 7	Model RGBA	20
Obr. 8	Model CMY	21
Obr. 9	Model CMYK	21
Obr. 10	Závislosť citlivosti čapíkov od vlnovej dĺžky.....	22
Obr. 11	Indukovaný odtieň	23
Obr. 12	Blízke farby.....	25
Obr. 13	Doplňkové farby	25
Obr. 14	Dúha.....	26
Obr. 15	Slnčné lúče	27
Obr. 16	Časti dúhy	28
Obr. 17	Prechod lúča kvapkou vody	29
Obr. 18	Označenie uhlov	29
Obr. 19	Dráha lúča vo vnútri kvapky.....	30
Obr. 20	Dážďové kvapky v rôznych výškach.....	32
Obr. 21	Rozptylový uhol.....	33
Obr. 22	Kruhová dúha.....	35
Obr. 23	Polárna žiara	37
Obr. 24	červená PŽ	37
Obr. 25	Zelená PŽ.....	38
Obr. 26	Modrá PŽ	38
Obr. 27	Kryštálik ľadu	39
Obr. 28	Halov jav akolo Slnka	40
Obr. 29	Halov jav okolo Mesiaca	40
Obr. 30	Modrá obloha.....	42
Obr. 31	Modrá obloha.....	42
Obr. 32	Západ Slnka	42

Obr. 33	Východ Slnka.....	42
Obr. 34	Korona okolo Slnka	43
Obr. 35	Irizácia oblakov.....	45
Obr. 36	Gloriola	45

Praktická časť

Obr. 1	Svetelný vodomiet	48
Obr. 2	Dve zrkadlá oproti sebe	49
Obr. 3	Mnohonásobný obraz.....	50
Obr. 4	Klamlivé zrkadlo.....	51
Obr. 5	Slepá škvrna	52
Obr. 6	Dúhové koleso 1	53
Obr. 7	Dúhové koleso 2	53
Obr. 8	Ako modrá obloha	54
Obr. 9	Ako červená obloha	54
Obr. 10	Dúha na paieri 1	55
Obr. 11	Dúha na paieri 2	55
Obr. 12	Žltá strana	56
Obr. 13	Modrá strana	56
Obr. 14	Rotujúce farby 1.....	57
Obr. 15	Rotujúce farby 2.....	57
Obr. 16	Chromatografia na paieri	58
Obr. 17	Výroba kolesa	59
Obr. 18	Filmové koleso.....	59
Obr. 19	Výroba periskopu.....	60
Obr. 20	Šablóna periskopu.....	60
Obr. 21	Riadiaci panel	61
Obr. 22	LED lampa	61
Obr. 23	Žltá farba.....	62
Obr. 24	Fialová farba	62
Obr. 25	Tyrkysová modrá farba.....	63
Obr. 26	Biela farba.....	63

Úvod

V dnešnom modernom svete sú prírodné vedy veľmi dôležité. Veda a technika výrazne napreduje, čo my berieme už ako samozrejmosť. No mnohým týmto moderným veciam nerozumieme, nerozumieme ako fungujú. Ale i napriek tomu záujem a vedu ako takú výrazne klesá.

Fyzika sa v poslednej dobe stáva pre žiakov veľmi ťažkým predmetom obsahujúcim množstvo definícií, termínov, zákonov a matematických vzťahov. A práve to mnohých študentov odradzuje od toho aby sa venovali fyzike. Samozrejme, že fyzika obsahuje aj teóriu, bez toho by to nešlo, ale fyzika je vlastne všetko okolo nás. Fyzika popisuje väčšinu javov, s ktorými sa stretávame v každodennom živote. Vie napríklad vysvetliť prečo sa po búrke ochladí. Ide o množstvo pokusov, interpretácií javov, ktoré sa po prevedení zdajú podstatne jednoduchšie na pochopenie.

Cieľom tejto práce je snaha o priblíženie fyziky atraktívnejšou formou a to prostredníctvom pokusov, ktoré pomôžu rozvíjať logické myslenie, vytváranie vlastných záverov a názorov.

Špecifickým cieľom práce je vysvetliť žiakom teóriu o svetle ale predovšetkým o farbe, prostredníctvom jednoduchých experimentov. S tematikou fyziky svetla a farby sa žiaci stretávajú v siedmom ročníku základných škôl a v treťom ročníku stredných škôl. Empirickú skúsenosť so svetlom a farbou majú deti už od útleho detstva. V nami navrhnutom pásme sa opierame o túto empirickú skúsenosť. Je ale pochopiteľné, že nebudeme vysvetľovať fyziku svetla a farieb deťom, ktoré nevedia ešte ani poriadne rozprávať. Teda cieľová skupina sú žiaci druhého stupňa základných škôl a študenti stredných škôl.

Práca pozostáva z dvoch základných častí a to je teoretická časť, v ktorej sa opisuje čo je to farba, ako vzniká, jej vlastnosti a s akými farebnými javmi sa v prírode stretávame. Druhá časť je praktická, ktorá obsahuje niekoľko zaujímavých jednoduchých pokusov na tému fyzika farieb. Nachádza sa v nej aj niekoľko pokusov o fyzike svetla, pretože žiaci musia najprv pochopiť princípy fyziky svetla. Tieto pokusy sú spracované vo forme metodických listov, ktoré môžu byť ďalej použité učiteľmi škôl pri vysvetľovaní učiva.

V diplomovej práci vypracované metodické listy boli vyskúšané v rámci fyzikálneho krúžku žiakov siedmeho ročníka základnej školy na Trebišovskej ulici

v Košiciach. Po realizácii pásma pokusov žiaci pokusy spracovali ako fyzikálny projekt, s ktorým vystúpili na študentskej vedeckej konferencii projektu SUSY novembri 2010. Ich prezentácia pripravená k tej príležitosti tvorí prílohu A tejto diplomovej práce.

1 TEORETICKÁ ČASŤ

1.1 TEÓRIA SVETLA A FARBY

1.1.1 ZAČIATKY TEÓRIE SVETLA

Na začiatku šesťdesiatych rokov devätnásteho storočia sa fyzika dostala do štádia, kedy potrebovala novú teóriu. Hľadal sa fyzik a aj matematik v jednej osobe. Týmto požiadavkám jednoznačne vyhovuje James Clark Maxwell. V rokoch 1855 – 1865 vytvoril teóriu elektromagnetického poľa založenú na štyroch diferenciálnych rovniciach. Ich štúdiom sa dospeje k záveru, že *„svetlo a magnetizmus sú javy tej istej podstaty a svetlo je elektromagnetický vzruch, ktorý sa šíri poľom podľa elektromagnetických zákonov.“*¹ Maxwellova teória vysvetľuje všetky optické javy – zákon priamočiareho šírenia svetla, odraz, lom a ohyb svetla, interferenciu a disperziu teda rozklad svetla. Dvanásť rokov po vyslovení Maxwellovej teórie nemecký fyzik Heinrich Hertz experimentálne overil, že svetlo je elektrický jav, prostredníctvom známeho pokusu s dipólom.

Čo to teda farby sú? Farby sú elektromagnetické vlnenia, ktoré majú rozličnú vlnovú dĺžku. Každá farba slnečného spektra odpovedá určitej vlnovej dĺžke svetla. Napríklad červené svetlo má vlnovú dĺžku okolo 700 nanometrov a fialové svetlo, ktoré sa nachádza na opačnom konci spektra, 420 nanometrov.

Teda svetlo je elektromagnetické vlnenie, ale tvorí len veľmi malú časť spektra. Za červeným koncom viditeľného spektra sa nachádza oblasť infračerveného žiarenia s vlnovou dĺžkou v rozpätí 720 – 300000 nanometrov. Nazýva sa aj tepelné, pretože ho vyžarujú teplé predmety ako motor automobilu alebo ľudské telo. Za oblasťou tohto žiarenia sa nachádza ešte oblasť rádiových vln. Tie majú vlnovú dĺžku aj niekoľko kilometrov. Na druhej strane za fialovým koncom spektra sa nachádza oblasť ultrafialového žiarenia. Toto žiarenie má vlnovú dĺžku 400 – 10 nanometrov. Ešte kratšiu vlnovú dĺžku má röntgenové žiarenie. A ešte kratšiu vlnovú dĺžku má žiarenie gama. Úplne najkratšiu vlnovú dĺžku má kozmické žiarenie, ktoré k Zemi prichádza z vesmíru.

Experiment Heinricha Hertza spôsobil problém s interpretáciou elektromagnetického spektra len na podklade vln. Hertz zistil, že niektoré svetelné lúče

¹*Dynamická teória elektromagnetického poľa (1864).*

nie len uvoľňujú, ale aj vyrážajú z povrchu kovov elektróny. Energia týchto elektrónov sa neriadila intenzitou svetla, ale farbou dopadajúcich lúčov. Lúče z červenej strany spektra tento jav nespôsobovali, ale lúče z fialovej strany spektra vyrážali elektróny z povrchu kovov veľmi ľahko. Tento jav nazval Hertz fotoelektrický jav. Ako je možné, že svetelná vlna môže uvoľniť elektrón z povrchu kovu a čo s tým má spoločné farba? Až dvadsať rokov sa na túto otázku hľadala odpoveď. Roku 1905 publikoval svoju teóriu fotoelektrického javu mladý Albert Einstein. Tento jav je dobre vysvetliteľný časticovou teóriou. Einstein tvrdil, že svetlo je v kvantách nielen vyžarované a pohlcované, ale aj sa v podobe kvánt šíri. Energia fotónu závisí od frekvencie vlnenia a frekvencií vlnenia odpovedá farba svetla. Červenému žiareniu odpovedá takmer dvakrát menšia frekvencia než žiareniu fialovému. Teda energia červených fotónov je dvakrát menšia ako energia fialových fotónov. Červené fotóny nedokážu vyraziť elektrón.

Vedci teda prijali názor, že svetlo má povahu vlnovú i časticovú. Za určitých okolností sa svetlo chová ako prúd častíc a za iných okolností ako vlna.

1.1.2 AKO VZNIKAJÚ FARBY

Roku 1810 vydáva Johann Wolfgang Goethe približne dvetisíc stranové dielo, obsahujúce výsledky dvadsaťročného pozorovania experimentov, *Náuka o farbách*. Z fyzikálneho hľadiska je však toto dielo bezcenné. Goethe vytýkal Newtonovi, že nútil prechádzať svetlo úzkou štrbinkou a rozkladá ho hranolom na farby. Goethe stanovil svoju definíciu farieb na základe pozorovania odlesku na snehu. Teda farby sú rôzne zakalenia jedného jediného bieleho svetla. Goetheho farebný diagram pozostával z červenej, modrej a žltej ako základných farieb, oranžová, fialová a zelená boli sekundárne farby. Goethe zdôrazňoval estetické vlastnosti farieb a priradzoval im mená ako silná, žiarivá, jemná. Goethe bol však umelec, pozorovateľ a milovník prírody. Svet vnímal prostredníctvom svojich vnemov a dojmov. Newton bol fyzik a zaoberal sa objektívnym svetom, merateľným a farba ho zaujímala ako jav. A tak teda farba, ktorú vnímame našimi zmyslami je úplne niečo iné ako farba, ktorou sa zaoberá fyzika.

Newtonov pokus odporuje našim skúsenostiam s farbami. Maliar používa na svojej palete tri farby, a to modrú, žltú a červenú. Z týchto farieb dokáže namiešať ostatné farby. No pre fyzika sú základné farby modrá, zelená a červená. Prečo je medzi základnými farbami zelená a nie žltá? Maliar si nedokáže týmito farbami namiešať žltú farbu aj keby sa umiešal. Stále vznikne škaredá špinavo – hnedá farba. Ale fyzik si žltú farbu veľmi ľahko pripraví. Stačí ak na biely papier premietne na to isté miesto červený a zelený lúč. Odpoveď na otázku prečo práve z tejto kombinácie farieb vzniká žltá, nájdeme vo vlnovej dĺžke farieb, z ktorých sa svetlo skladá ako aj v spôsobe ako na nich ľudské oko reaguje. Viditeľné svetlo zaberá vo spektre elektromagnetického žiarenia len malé miesto. Zelené svetlo má vlnovú dĺžku približne 500 nanometrov a červené svetlo 700 nanometrov. Mozog vníma prostredníctvom oka obe tieto vlnové dĺžky a výsledným javom je žltá farba, ktorá má vlnovú dĺžku 600 nanometrov.

Všetky farby svetla, teda spektrálne farby môžeme vytvoriť aditívnym zmiešaním. Vlastne sčítame dve z troch základných farebných zložiek bieleho svetla. No podmienkou musí byť, aby každá farba ležala v inej tretine spektra. Farby, ktoré sa dopĺňujú na biele svetlo sa nazývajú doplnkové alebo komplementárne farby. Maliarska farba v skutočnosti nie je farba. Obsahuje iba pigment, látku, ktorej molekuly majú schopnosť pohlcovať alebo odrážať svetlo určitej vlnovej dĺžky. Čím viac svetla povrch telesa pohltí, tým sa predmet zdá tmavší. Tým, že pigmenty odrážajú, prepúšťajú alebo

pohlcujú rôzne zložky spektra, sa vlastne odčítajú. Toto miešanie sa nazýva subtraktívne miešanie farieb.

Farba je vždy niečo relatívne. Nezávisí len od schopnosti hmoty určitý druh lúčov odrážať, pohlcovať a prepúšťať, ale aj na svetle samotnom, na jeho spektrálnom zložení.

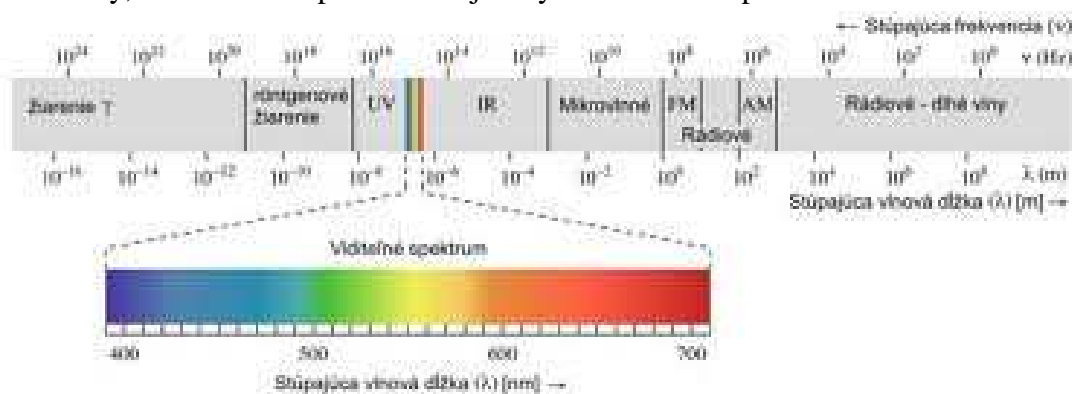
Každé svetlo však nemá také zloženie ako slnečné svetlo. Obzvlášť umelé svetlo respektíve osvetlenie mení farby. Napríklad sa ťažko dá rozoznať modrá alebo fialová farba od čiernej. Svetlo žiaroviek je totiž žlté, ale nie je to čisto žltá farba. Nie je zložená zo svetelných vĺn jednej vlnovej dĺžky, ale je svetelnou zmesou rovnako ako biele svetlo Slnka. Je v ňom viac červenožltých tónov a menej modrofialových. Preto sa ťažko rozoznáva modrá a fialová farba.

Všetkých sedem farieb dúhy vzniká lomom a odrazom svetla na kvapkách dažďa, ale o tom viac už v ďalšej téme.

1.1.3 FARBA

V predchádzajúcom odseku sme si už čiastočne vysvetlili, čo to farba vlastne je. V tomto odseku si to zhrnieme ešte raz a začneme elektromagnetickým žiarením.

Elektromagnetické žiarenie je prenos energie v podobe elektromagnetického vlnenia. Elektromagnetické vlnenie alebo elektromagnetická vlna je lokálne vzniknutá zmena elektromagnetického poľa, periodický dej, pri ktorom dochádza k priestorovej a časovej zmene vektora intenzity elektrického poľa a súčasne vektora magnetickej indukcie [10]. Elektromagnetické spektrum je grafické vyjadrenie intenzity elektromagnetického žiarenia ako funkcie vlnovej dĺžky (frekvencie). Elektromagnetické spektrum pozostáva z: gama žiarenie, röntgenové žiarenie, ultrafialové žiarenie, viditeľné žiarenie, infračervené žiarenie, mikrovlnné žiarenie, a rádiové žiarenie. Elektromagnetické žiarenie sa šíri vákuom ako aj priehľadnými a priehľadnými látkami. Rýchlosť šírenia vo vákuu je, teda rýchlosť svetla : 299792458 m/s. Človek je schopný zrakom vnímať len úzku časť spektra zvanú viditeľné spektrum, ktoré je v rozmedzí 380 – 760 nm vlnovej dĺžky (obr. 1). Na svete žijú však aj živočíchy, ktoré sú schopné vidieť aj v iných oblastiach spektra.



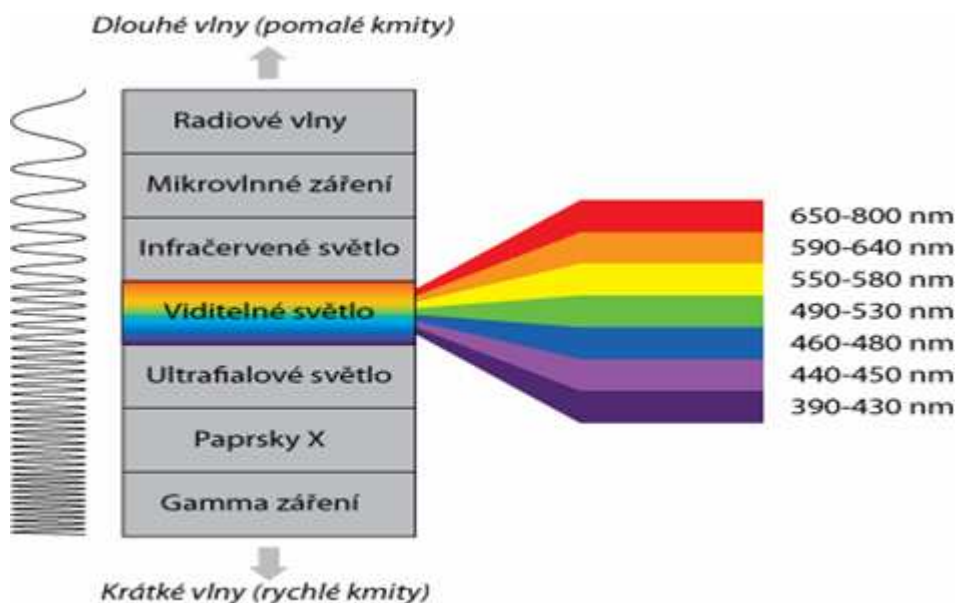
Obr. 1 Elektromagnetické spektrum

http://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_%C5%BEiarenie

Optické spektrum, ináč nazvané aj viditeľná časť svetla, je teda časť elektromagnetického spektra a je to rozsah frekvencií elektromagnetického žiarenia, na ktoré je ľudské oko citlivé.

Farba je teda viditeľná oblasť elektromagnetického žiarenia s vlnovými dĺžkami v rozpätí 380 – 780 nm (obr. 2). Zdola je ohraničená ultrafialovým a zhora

infračerveným svetlom. Rozhodujúcou fyzikálnou charakteristikou toho, akú farbu vnímame, je vlnová dĺžka.



Obr. 2 Vlnové dĺžky 7 základných farieb

<http://www.sccg.sk/~durikovic/projects/HDRSky/kolorimetria.html>

Farbu rozličných predmetov dokážeme vnímať prostredníctvom odrazu svetla. Svetlo sa odrazí od predmetov a my potom vidíme odraz od týchto predmetov. Ak má predmet modrú farbu, jeho povrch pohltí všetko svetlo okrem vlnovej dĺžky modrého svetla, modré svetlo teda odrazil. Biele svetlo je tvorené prostredníctvom všetkých zložiek svetla. Vďaka tomu získavame rozkladom bieleho svetla pomocou skleného hranola celé farebné spektrum. Bielu farbu bude mať teda predmet, ktorý nepohltí výrazne žiadnu vlnovú dĺžku a väčšinu svetla odrazí, naopak čierny povrch pohltí všetko svetlo. Veľmi často sa stáva, že ľudia si predstavujú to, že vlnová dĺžka pôsobiaceho svetla priamo určuje, akej farby budú predmety, ktoré toto svetlo osvetľuje. Toto platí len v prípade takzvanej voľnej farby. Vtedy uvažujeme absolútnu hodnotu svetla – teda farby bez porovnania s okolím. My však nevieme vnímať tieto absolútne farby, vieme ich porovnávať vzhľadom na rôzne pozadie, celkový záber. Pretože všetko má určitú farbu, teda vždy vnímame aj okolie.

1.1.4 MIEŠANIE FARIEB

To čo je farba už vieme, ale ako vznikajú ďalšie farby, keď viditeľné spektrum obsahuje len sedem základných farieb? Je známe, že biele svetlo je zložené zo všetkých viditeľných frekvencií (či farieb), hoci možno nie s rovnakou intenzitou. Najsilnejšie zastúpená v slnečnom svetle je žltá-zelená zložka. Toto možno ľahko ukázať pomocou rozkladu svetla na hranole.

Z teórii o fyzike farieb poznáme dva princípy miešania farieb. Ide o aditívny a subtraktívny systém miešania farieb. Oba tieto metódy miešania farieb opisujú miešanie vzhľadom ku základným farbám a to červenej, zelenej, žltej, modrej, bielej, fialovej a tyrkysovej.

Prvý zo spomínaných modelov miešania teda aditívny je založený na princípe miešania troch základných farieb a to sú červená, modrá, zelená (obr. 5,6). Ako sme už v predchádzajúcich kapitolách písali, spojením všetkých spektrálnych farieb vzniká biele svetlo. Z toho vyplýva, že tieto tri farby vedú vygenerovať okrem bielej farby aj zvyšné základne farby, ktoré sú: žltá farba ako prienik červenej a zelenej, fialová ako prienik červenej a modrej a tyrkysovú modrá ako prienik modrej a zelenej. Čierna farba v sústave predstavuje absenciu svetla. Toto spájanie založené na skladaní frekvencií svetelných zdrojov, sa preto volá aditívny. Biele svetlo dostaneme teda tak, že naskladáme postupne všetky farby. Veľmi dôležitým faktorom skladania je aj vlastnosť povrchu, od ktorého sa svetlo odráža. Tento model si našiel uplatnenie pri elektronických zariadeniach ako monitory počítačov, televízne obrazovky, či displeje mobilov, fotoaparátov.



Obr. 3, 4 Aditívne miešanie farieb

<http://kik-re.freehostia.com/bc/?part=farba>

Na opačnom princípe miešania farieb je založený druhý model miešania a to je subtraktívny model miešania farieb. To je najlepšie viditeľné ak sa nachádzajú na bielom papieri tlačené farby. Výslednú farbu v tomto prípade tvorí žiarenie tých frekvencií, ktoré povrch predmetu neabsorbuje. Teda, farbený objekt nakreslený na bielom papieri spôsobí to, že papier bude odrážať len tú farbu, ktorú sme nakreslili. Čím viac farieb na papier nakreslíme, tým tmavšia farba vznikne, pretože sme týmto pridali ďalšiu frekvenciu odrážaného svetla. Miešaním farieb sa zväčšuje sa vlnová dĺžka odrazeného svetla. Tento model sa teda nazýva subtraktívny preto, lebo každá farba odráža svoje príznačné svetlo a umožňuje tak absorpciu žiarenia príznačných frekvencií. Tento model funguje s opačnými svetlejšími základnými farbami a to so žltou, tyrkysovou a svetlou fialovou (obr. 7). Ich zmiešaním po pároch vznikne červená, zelená a modrá. Ich kompletným zmiešaním nevznikne pravá čierna, ale len niečo, čo sa na ňu podobá. Preto sa aj pri tlačení nepoužíva systém CMY ale CMYK, kde sa pridáva samotná čierna farba.



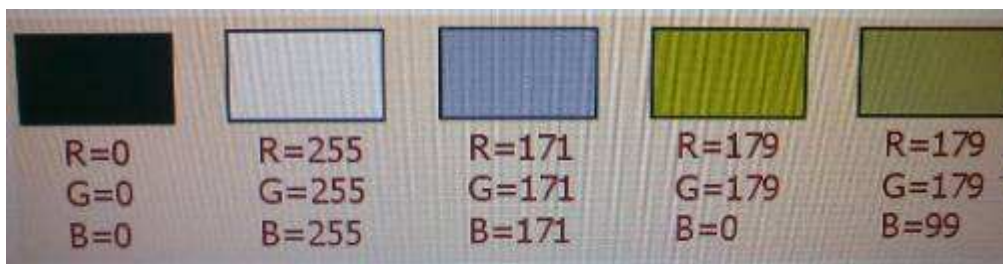
Obr. 5 Subtraktívne miešanie farieb

http://www.1sg.sk/www/data/as/projekty/2006_2007/champions/farby_okolo_nas/miesanie_farieb.htm

Aditívny model miešania farieb sa úzko viaže s RGB (red, green, blue) farebným modelom. Subtraktívny sa viaže zase s modelom CMY (cyan, magenta, yellow) alebo CMYK (cyan, magenta, yellow, key – ako kľúčová zložka). Sú to najjednoduchšie a najbežnejšie používané farebné modely.

Model RGB je založený na skladaní troch farieb – červenej, zelenej a modrej. A každá z týchto zložiek je reprezentovaná svojou intenzitou (0...1, 0...255 atd.).

Nulovej intenzite zodpovedá čierna farba a maximálnej intenzite zase zodpovedá najsvetlejšia – biela farba. Teda čierna farba vznikne ak budú intenzity všetkých troch zložiek nulové. A naopak biela farba vznikne vtedy ak sú intenzity všetkých troch zložiek najvyššie. Pri rovnakých intenzitách všetkých troch zložiek dostaneme od tieň šedej farby (obr. 8). Model RGB je teda aditívny. To znamená, že čím viac farieb zložíme, tak tým dostaneme svetlejšiu farbu. Tento model sa najviac používa pri obrazovkách počítačov a iných zariadení.



Obr. 6 Farby RGB podľa intenzít

<http://www.ivob.sk/poznamky/GDM1/Farba.pdf>

Ďalší model RGBA je model, v ktorom je ku červenému, zelenému a modrému kanálu pridaný ešte ďalší kanál takzvaný alfa. Ten uchováva informáciu o priehľadnosti. Väčšinou má rovnaký rozsah ako ostatné tri kanály. Tento model určuje v akom pomere bude daná farba zmiešaná s farbou na pozadí obrazu. Hodnota 1 (255) určuje nepriehľadný objekt. Hodnota 0 určuje úplne priehľadný obraz (obr. 9).

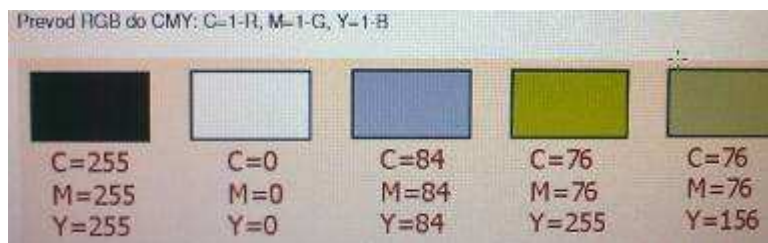


Obr. 7 Model RGBA

<http://www.ivob.sk/poznamky/GDM1/Farba.pdf>

V modely CMY vzniká farba na základe skladania troch zložiek – tyrkysovej (C), fialovej (M) a žltej (Y). Ak budú intenzity všetkých troch zložiek najvyššie, dostaneme čiernu farbu. Naopak bielu získame, ak budú intenzity všetkých zložiek

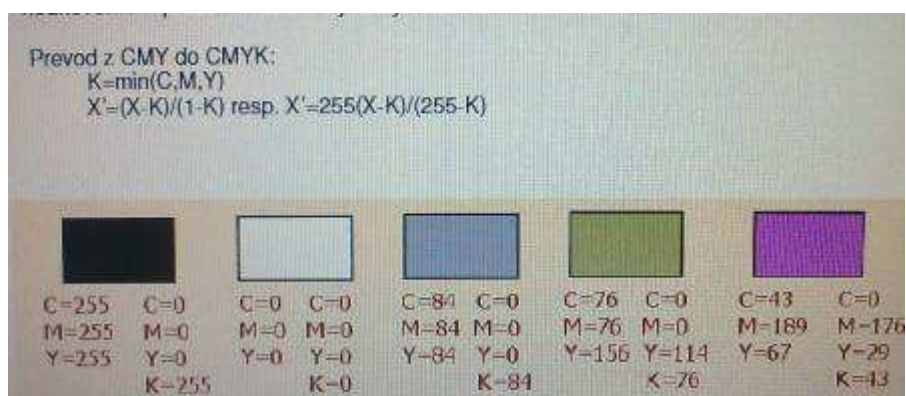
minimálne. Rovnaké intenzity všetkých troch zložiek nám vygeneruje odtieň šedej farby (obr. 10). Tento model subtraktívny. To znamená, že čím viac farieb zmiešame, tým je výsledná farba tmavšia. Tento model opisuje skutočné miešaniu farieb ako pri maľovaní. Toto využitie nájdeme aj pri tlači.



Obr. 8 Model CMY

<http://www.ivob.sk/poznamky/GDM1/Farba.pdf>

Ak model CMY používame pri tlači, tak zložením všetkých zložiek s najväčšou intenzitou nevznikne čierna, ale len niečo, čo sa na ňu podobá, akási tmavohnedá farba. A preto v modely CMYK je ešte navyše jedna zložka, čo býva čierna (obr. 11).



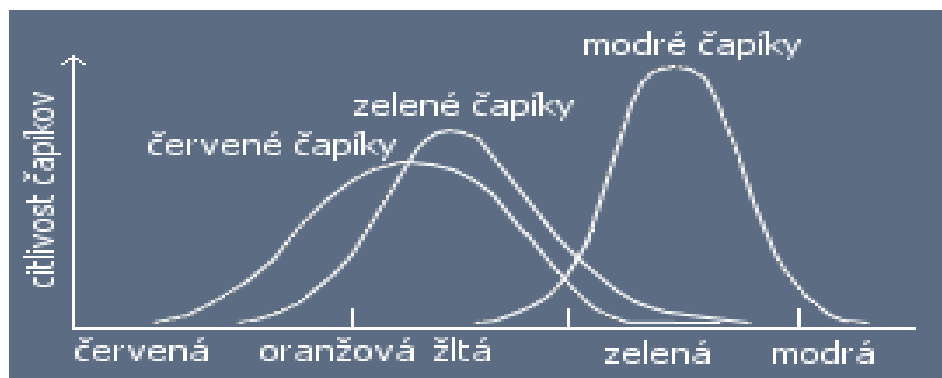
Obr. 9 Model CMYK

<http://www.ivob.sk/poznamky/GDM1/Farba.pdf>

Existujú ešte ďalšie farebné modely ako model HSV, kde charakteristickými zložkami sú farebný tón, sýtosť a farebná hodnota, ďalej model HSB používaný v aplikácii Adobe Photoshop, model HLS, ktorý pracuje na podobnom princípe ako HSV, kde zložkami sú farebný tón, svetlosť a sýtosť. Viac modelov nájdete na [21].

1.1.5 VNÍMANIE FARBY

Farba je fyziologický vnem, ktorý vzniká ako odozva na svetelný impulz dopadajúci do oka [8]. Z biológie človeka je známe, že bunky sietnice oka sú receptormi svetla, ktoré menia svetelný signál na vzruch v neurónoch. Tieto bunky sú dvojaké a to tyčinky alebo čapíky. Schopnosť rozlišovať farbu nemajú tyčinky, ale za to dokážu rozlišovať svetlo aj pri veľmi malých intenzitách. Dôsledkom toho je to, že nemáme schopnosť rozlišovať farby za šera. Za vnímanie farieb sú teda zodpovedné čapíky, ktoré sú citlivejšie a hlavne náročnejšie na svetlo. Z biológie je taktiež známe, že zvieratá sú farboslepé. To je preto, lebo nemajú v oku čapíky. V ľudskom oku sú čapíky citlivé na svetlo s frekvenciami medzi $7,5 \cdot 10^{14}$ až $4,3 \cdot 10^{14}$ hertzov (vlnové dĺžky sú 400 - 700 nm). To ako vnímame farby, nie je ešte celkom úplne jasné. V súčasnosti je známe teória, ktorá tvrdí, že v sietnici oka existujú tri druhy čapíkov. A každý z týchto čapíkov reaguje na inú časť viditeľného spektra. Delíme ich na červené, zelené a modré alebo L, M, S – čapíky. Modré čapíky sú citlivé na svetlo s vlnovou dĺžkou asi 430 nm, zelené na svetlo vlnovej dĺžky 550 nm a červené na svetlo vlnovej dĺžky 580 nm (obr.3). S menšou citlivosťou sú čapíky schopné registrovať svetlo rôznych vlnových dĺžok. Dôsledkom toho je farebný vnem, ktorý vznikol kombináciou a rôznym stupňom stimulácie čapíkov. Príkladom je to, že mozog vyhodnotí niečo žltej farby vtedy, keď svetlo istej frekvencie bolo stimulované červenými a zelenými čapíkmi. V prípade, keď sú červené čapíky stimulované silnejšie ako zelené, vtedy to mozog vyhodnotí ako oranžovú farbu. V zloženom spektre náš zrak nedokáže rozlišovať jednotlivé farby. Naopak sluch je orgán, ktorý dokáže rozoznať aj jednotlivé tóny v akorde.



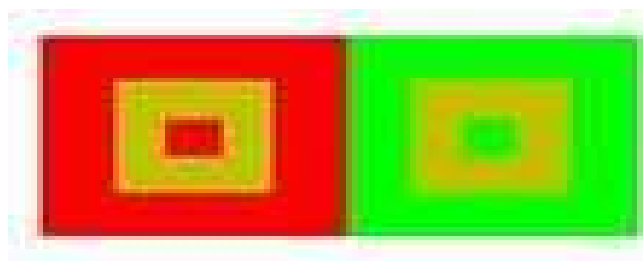
Obr. 10 Závislosť citlivosti čapíkov od vlnovej dĺžky svetla

<http://hockicko.uniza.sk/semestralky/prace/101/index.html>

Ak bude chýbať čo i len jeden druh čapíkov, tak sa prejaví farbosleposť. Za tvorbu čapíkov je zodpovedný genetický kód. Ak sa v kóde stane chyba, tak sa prejaví farbosleposť. V takomto prípade človeku, ktorému chýbajú napríklad červené čapíky, vidí červené aj zelené svetlo len vďaka zeleným čapíkom. Nevie presne rozlíšiť obidva farby kvôli absencii červených čapíkov, cez ktoré by informácia o farbe prišla do mozgu. Rovnaký scenár nastane, ak v oku chýbajú zelené čapíky. Dôsledkom v oboch prípadoch je to, že je náročne a niekedy až priam nemožné rozlišovať farby s väčšou vlnovou dĺžkou.

Za prítomnosti najlepších optických podmienok existuje okolo milióna rozlíšiteľných farieb. Ide predovšetkým o kombináciu rôznych odtieňov, jasov, saturácií. Naše oko je schopné rozlíšiť okolo 150 spektrálnych odtieňov. No tento počet nie je konečný a je možné obohatiť ho aj mimo spektrálne farby vznikajúce miešaním spektrálnych farieb, a to zmenou kontrastu. Napríklad na základe niektorých štúdií je človek schopný rozlíšiť okolo 450 odtieňov šedej farby. Pritom pri vnímaní farieb má veľký význam aj to, že vizuálny systém človeka pracuje nie na základe absolútnych vlnových dĺžok, ale porovnávaním vlnových dĺžok a jasov prichádzajúcich z rôznych častí scény. Významnú úlohu pri určovaní farieb objektov odohráva aj pozadie, na ktorom sa tieto objekty nachádzajú. No a okrem objektu je to aj jas, veľkosť objektu, trvácnosť farby a iné.

Ako je to s pozadím objektu? Napríklad objekt, ktorý je na jasne červenom pozadí sa môže javiť zelenší ako naozaj je a napríklad na modrom pozadí zase žltší. Tento spôsob najlepšie funguje ak majú objekt a jeho pozadie navzájom opačné farby (napríklad zelená a červená), pretože ich zmiešaním vzniká neutrálna farba (obr. 4).



Obr. 11 Indukovaný odtieň

<http://kik-re.freehostia.com/bc/?part=farba>

1.1.6 VLASTNOSTI FARBY

Je známe, že existuje obrovské množstvo farieb. Napríklad pri kúpe mobilného telefónu nám predajcovia ponúkajú aj informáciu, že displej obsahuje napríklad 165 miliónov farieb. Každá z týchto farieb je iná, pretože má iné vlastnosti. Medzi základné vlastnosti farieb patrí tón, sýtosť a svetlosť farieb. Tón farieb nám charakterizuje danú farbu pomocou vlnovej dĺžky. Sýtosť je zase vyjadrená intenzitou farby pomocou zloženia monochromatického a bieleho svetla. Táto vlastnosť farby je tým väčšia, čím menší je rozsah vlnových dĺžok a menšie množstvo zložiek bieleho svetla. Svetlosť farby zase závisí od relatívnej veľkosti podráždenia sietnice, a vlastne aj od citlivosti oka na jednotlivé farby. Oko je najcitlivejšie na strednú časť spektra. Preto sa rovnako sýte farby blízke tejto zložke javia ako svetlejšie voči protikladným zložkám, ktoré sú modrofialové.

Farby majú však aj iné vlastnosti, ktoré vplývajú na nás ľudí pozitívne alebo negatívne. Toto síce zrejme nemá nič spoločné s fyzikou, ale aspoň trochu sa môžeme o tom zmieniť. Ide o psychologické pôsobenie farieb. Aktivizujúco na nás pôsobia aktívne farby. Sú tu žltá, oranžová, červená. Keď hľadáme na tieto farby, vyvolávajú v nás pocit šťastia, domova. Opakom sú pasívne farby, ktoré majú na našu psychiku opačný vplyv ako aktívne farby. Sú to farby modrá, azúrová, zelená a žltozelená. Zhruba rovnaký vplyv ako aktívne farby majú na nás teplé farby – žltá, oranžová a žltozelená. Teda ide vlastne o svetlé farby. A rovnako ako pasívne farby, vplývajú na nás studené farby – azúrová, modrá, fialová a ružová. Tieto farby teplé a studené vnímame podľa nášho prepojenia s prírodou a s dejmi, ktoré v nej prebiehajú. So skutočnou teplotou nemajú však nič spoločné. Červená, oranžová a žltá sú farby leta a slnka. Modrá, fialová, azúrová sú studené farby, pretože ich spájame so zimou, tieňom alebo nocou. Medzi ďalšie farby, ktoré na nás pôsobia patria pastelové farby. Medzi tieto pastelové farby patrí ružová farba, bleďo modrá, levanduľová a všetky jemné farby miešané s bielou farbou. Spomínané farby vyvolávajú dojem jemnosti, fragility a často nerozhodnosti a zmätku. Vhodné sú na zdôraznenie jemnosti. S pastelovými farbami sa porovnávajú jasné a sýte farby, ktoré sú prenikavé. No pastelové farby sú vhodné na vytváranie pocitu dôvery. Ďalšími farbami sú blízke farby. O týchto blízkyh farbách hovoríme vtedy, ak obraz tvoria farby len v minimálnom rozsahu odtieňov. Teda ide vlastne o podobné farby a preto sú harmonické, lahodné a jemné (obr. 12). Tieto farby

na nás pôsobia pokojne a preto sú často využívané v dizajne. Opakom blízkych farieb sú doplnkové farby alebo komplementárne. Ide často o farby, ktoré sa nachádzajú na opačnej strane farebného kolesa (obr. 13). Tieto farby sú veľmi kontrastné a intenzívnejšie. V našom ľudskom vnímaní vytvárajú najväčší farebný kontrast. Sú teda agresívne, nápadne, revúce. A sú častým kompozičným prvkom.



Obr. 12 Blízke farby



Obr. 13 Doplnkové farby

<http://www.ivob.sk/poznamky/GDM1/Farba.pdf>

Rozdielne vnímajú farby muži a ináč zase ženy. Tá istá farba vyvoláva iné emócie u mužov a iné u žien. To znamená, že farby ovplyvňujú komplexne nervový systém človeka. Vnímanie farieb teda nezávisí len od vonkajších, ale i vnútorných podmienkach. Teda vonkajšie okolie vytvárajúce náš farebný podnet a na druhej strane je to náš zrak, ktorý ten istý podnet vyhodnocuje. Z vonkajších podmienok je určite najdôležitejšie osvetlenie. Pri nadmernom osvetlení prestaneme vnímať od krátkovlnného konca spektra. Rovnaké to je aj pri nedostatku svetla, no vtedy v opačnom poradí. Naše oči nedokážu rovnako citlivo vnímať všetky farby. Ako sme už v predchádzajúcom článku písali, tak maximálnu citlivosť dosiahneme pre farbu o vlnovej dĺžke 555 nm. Je to žltozelená farba a nachádza sa v strede spektra. Najviac energie práve na vlnovej dĺžke 550 nm vyžaruje Slnko. Pri nedostatočnom osvetlení sa citlivosť posunie. V tomto prípade sa farby líšia len svojím jasom a pre naše oko sa to najjasnejšie javia vlnové dĺžky okolo 500 nm, teda modrozelená farba. Tento jav nám dokazuje to, že sietnica koná dvojakú činnosť. A to je videnie za nižších a vyšších hladín osvetlenia.

1.2 FAREBNÉ JAVY V PRÍRODE

Príroda skrýva neuveriteľné množstvo farieb. Ved' samotná príroda je farebná. A dokáže vytvoriť ďalšie krásne farby. Medzi niektoré takéto farebné javy bezpochyby patrí dúha, polárna žiara a známe sú aj Halové javy.

1.2.1 DÚHA

Každí z nás už určite videl na konci dažďovej prehánky nádherný farebný oblúk, teda dúhu. Dúha určite patrí medzi najkrajšie prírodné úkazy, ktoré môžeme vidieť v prírode (obr. 14). Dážď ešte stále padá, ale zároveň spod oblakov už vykukuje Slniečko. O popis dúhy sa usilovali mnohí vedci už od nepamäti. Mnohí si myslia, že fyzikálne vysvetlenie dúhy je jednoduché. No v skutočnosti bol tento problém vyriešený len nedávno. Táto nová teória sa odlišuje od tých skorších tým, že na vysvetlenie potrebuje omnoho viac než len klasickú geometrickú optiku. Využíva predovšetkým vlnové vlastnosti svetla, ako je interferencia, difrakcia a polarizácia, a taktiež korpuskulárne vlastnosti svetla, napr. hybnosť svetelného zväzku.

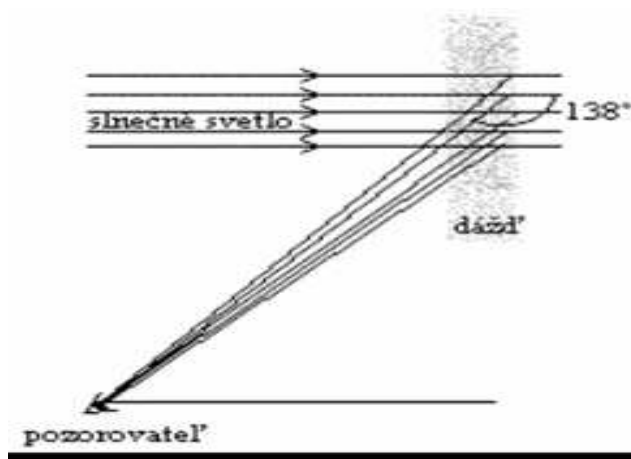


Obr. 14 Dúha

<http://fotky.sme.sk/fotka/40479/duha>

Trochu sa pozrieme do histórie popisovania dúhy. Ako prvý sa do boja s popisáním teórie dúhy pustil Aristoteles v 4. stor. pred n. l. Tento úkaz popísal ako odraz

slnečných lúčov na dažďových mračnách. Taktiež vedel v tom čase objasniť aj kruhový tvar dúhy. Dôvodom je to, že svetlo sa odráža pod určitým stálym uhlom a tak vzniká kruhový kužeľ. Čo si ešte všimol bolo aj to, že dúha nie je niečo, čo sa dá chytiť, nie je to nič materiálne. Správne poznamenal, že sa jedná o súhrn smerov, v ktorých sa svetlo rozptyľuje do nášho oka. Po prvý krát sa podarilo zmerať uhol medzi lúčami dúhy a dopadajúcimi lúčami slnečného svetla Rogerovi Baconovi v r. 1266. Zistil, že tento uhol je približne 42° . Dnes sa ale meria tento uhol od opačného smeru. Tým sa tak udáva celková zmena smeru slnečných lúčov (obr. 15).



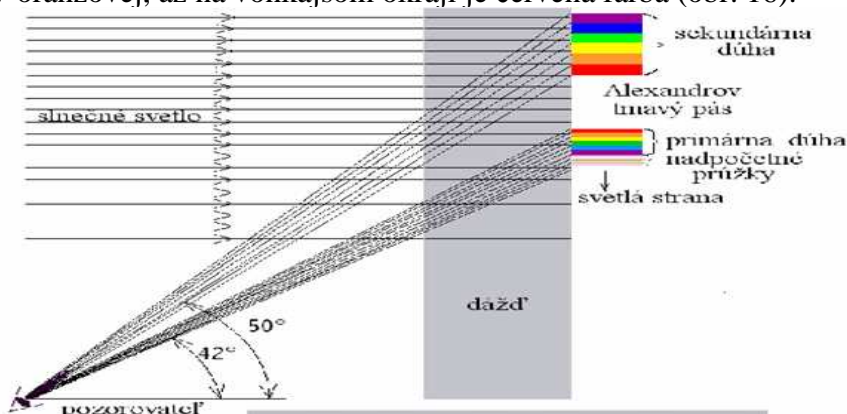
Obr. 15 Slnečné lúče

<http://kekule.science.upjs.sk/fyzika/ucebnetexty/doplňkove/lucovaoptika/02.htm>

Dúha sa pokúsil vysvetliť aj nemecký mních Theodorik z Freibergu v roku 1304. Na základe svojej teórie vysvetľoval vznik pomocou sklenených guľ naplnených vodou. Týmto pokusom zistil, že lúč sa pri vstupe do sklenenej gule láme a odráža. Z toho usudil, že dúha vzniká na množstve kvapiek dažďa. Správne vysvetlil aj vznik sekundárnej dúhy a to cez dvojitý odraz svetla vo vnútri dúhy. Tento vedec predbehol svoju dobu, keď poznal princíp vzniku dúhy. No jeho zistenia neboli ocenené. O tristo rokov neskôr zopakoval túto metódu René Descartes (17. stor. n. l.). Čo si však obidvaja všimli bolo to, že v každom smere v uhlovom rozmedzí je možné vidieť vo svetle rozptýlenom guľou len jednu farbu. Z toho obaja títo významní vedci usúdili, že každá farba v dúhe pochádza z navzájom iných vodných kvapiek. Dúhou sa taktiež zaoberal aj Issac Newton v 17. stor. n. l. Podarilo sa mu vypočítať uhol medzi lúčmi dúhy pre červené a pre fialové svetlo. Pritom sa mu podarilo zistiť aj to, že rozdiel medzi týmito uhlami, by mohla byť uhlová šírka dúhy. To by platilo v prípade, ak by

boli slnečné lúče rovnobežné. Newton vypočítal aj celkovú oblúkovú šírku dúhy $2^{\circ} 15'$. Descartes a Newton boli schopní vysvetliť všetko, čo sa týkalo rôznych charakteristických znakov dúhy. Vedeli objasniť aj to kedy vzniká primárny a sekundárny oblúk a takisto aj prítomnosť tmavého pásu, ktorý tieto dve dúhy oddeľuje. Čo nevedeli popísať bol jeden jav a to takzvané nadpočetné prúžky vyskytujúce sa vnútornej strane primárnej dúhy. Tento jav vzniku nadpočetných prúžkov objavil v roku 1803 Thomas Young. Ukázal jav, ktorý bol už známy. Bola to interferencia svetla. Takto už aj Young a jeho interferenčná teória vedela objasniť významné znaky a rysy dúhy. Nedostatkom bola však absencia matematickej teórie. Táto teória je schopná predpovedať intenzitu rozptýleného svetla v závislosti na veľkosti kvapiek a rozptylového uhla. Tomu sa začal venovať írsky matematik W. R. Hamilton už v roku 1831. Ten postrehol vzťah medzi geometrickou optikou a klasickou mechanikou častíc. Lúče v geometrickej optike boli nahradené trajektóriami častíc. A taktiež odchylenie pohybujúcej sa častice odpovedá zmene smeru svetelného lúča pri vstupe do prostredia s iným indexom lomu. Nakoniec aj takýto zložitý problém ako je dúha, má riešenie. Toto riešenie poznáme už dlhšiu dobu. Keď J. C. Maxwell predložil pred sto rokmi elektromagnetickú teóriu svetla, tak vtedy bola možná matematická formulácia dúhy. Jedná sa o rozptyl elektromagnetického vlnenia na homogénnej guli.

Tento farebný jav, ktorý pozorujeme pri daždi a súčasnom svietení slnka na oblohe alebo vo vodnej triesni vodopádu, predstavuje primárnu dúhu. Jej charakteristickým znakom, ktorý si všimne každý ako prvú vlastnosť je farebnosť. Jas a intenzita farieb môže byť rôzna. Ale poradie farieb je vždy rovnaké. Najvnútornejšia farba je fialová, ktorá prechádza postupne do rôznych odtieňov modrej, zelenej, žltej a oranžovej, až na vonkajšom okraji je červená farba (obr. 16).

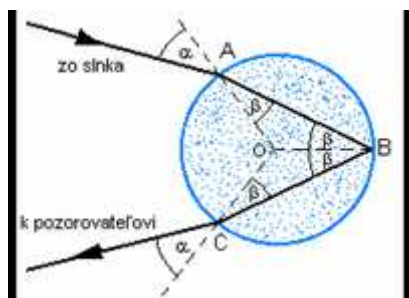


Obr. 16 Časti dúhy

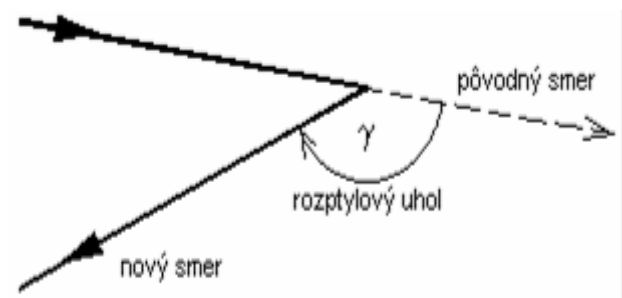
<http://kekule.science.upjs.sk/fyzika/ucebnetexty/doplnkove/lucovaoptika/02.htm>

Na vzniku dúhy má výrazný vplyv odraz, lom a interferencia svetla na veľkom množstve kvapiek vody. Slnéčné svetlo vstupuje do optický hustejšieho prostredia, teda do dažďovej kvapky v bode A pod uhlom dopadu α (obr. 17). V tomto mieste sa láme ku kolmici pod uhlom β . Teda uhol α je väčší ako uhol β . Takto sa svetlo odchyľuje od svojho pôvodného smeru o uhol $\alpha - \beta$. Ak svetelný lúč dopadne na povrch kvapky v bode B pod uhlom, ktorý je väčší ako je hraničný uhol, tak sa odrazí späť dovnútra kvapky. Z obrázka 17 vidíme, že trojuholník AOB je rovnoramenný, a teda uhol medzi úsečkou AB a normálou v bode B je tiež uhol β . Vznikne vnútorný odraz, ktorý spôsobí ďalšie odchylenie svetelného lúča o uhol $180^\circ - 2\beta$ od smeru úsečky AB. Lúč tak následne dopadne na povrch kvapky v bode C a to opäť pod uhlom β vzhľadom k normále. V tomto mieste sa lúč láme a pokračuje z kvapky von pod tým istým uhlom α , ako do nej na začiatku vstupoval. To opäť spôsobí odchylenie o uhol $\alpha - \beta$. Z toho dostaneme celkový rozptylový uhol γ (obr. 18), ktorý je daný vzťahom:

$$\gamma = (\alpha - \beta) + (180^\circ - 2\beta) + (\alpha - \beta) = 180^\circ + 2\alpha - 4\beta \quad (1)$$



Obr. 17 Prechod lúča kvapkou vody

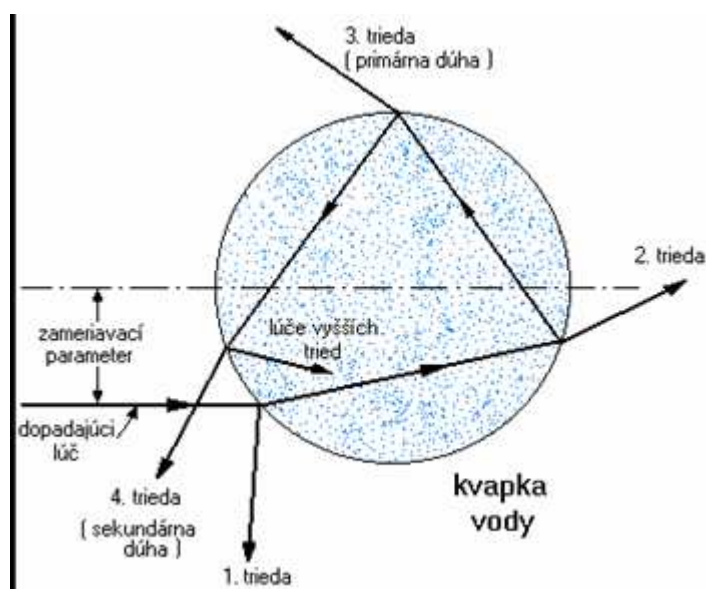


Obr. 18 Označenie uhlov

<http://kekule.science.upjs.sk/fyzika/ucebnetexty/doplňkove/lucovaoptika/02.htm>

Jav disperzie prebieha na každej jednej kvapke. Najviac sa láme pritom fialová zložka bieleho svetla a najmenej sa láme červená zložka. Keďže sa jedná o kvapku guľového tvaru, tak všetky smery dopadajúceho lúča sú navzájom ekvivalentné. Vystupuje nám tu teda len jedná premenná, ktorou je vzdialenosť lúča od osi prechádzajúcej rovnobežne s ním cez stred kvapky. Opísanú vzdialenosť nazveme zameriavacím parametrom (obr. 19). Dopadajúce lúče sa na povrchu kvapky vody čiastočne odrážajú. Toto odrazené svetlo pomenujeme rozptýlené svetlo 1. triedy. Lúče 2. triedy sú zvyšné lúče, ktoré vnikajú do kvapky a ďalej sa na rozhraní čiastočne odrážajú a čiastočne prechádzajú ďalej. Opäť pri následnom dopade na rozhranie sa tieto odrazené lúče znova rozdelia na

odrazenú a prechádzajúcu zložku. Takto sa to všetko opakuje stále do nekonečna. Prostredníctvom kvapky vody vznikajú tak jednotlivé triedy rozptýlených lúčov. Ich intenzita postupne rýchlo klesá.



Obr. 19 Dráha lúča vo vnútri kvapky

<http://kekule.science.upjs.sk/fyzika/ucebnetexty/doplňkove/lucovaoptika/02.htm>

Priamy odraz od kvapky vody nám predstavujú lúče 1. triedy. Lúče 2. triedy zase prechádzajú cez kvapku priamo a lúče 3. triedy, vychádzajúce z kvapky po jednom vnútornom odraze, tvoria primárnu dúhu. Sekundárna dúha vzniká z lúčov 4. triedy. Tie sa dvakrát vnútorne odrazia. Existujú aj dúhy vyšších rádov. Tie sú tvorené lúčmi, ktoré majú veľmi zložitý priechod kvapkou. No tie žiaľ nie sú viditeľné. Rozptylový uhol po jednom vnútornom odraze je daný vzťahom (1). Pre minimálny rozptylový uhol platí, že $d\gamma/d\alpha$ alebo $d\gamma/d\beta$ musí byť rovná nule. Preto platí:

$$\frac{d\alpha}{d\beta} = 2 \quad \text{a tiež} \quad \frac{d\gamma}{d\beta} = 2 \left(\frac{d\alpha}{d\beta} \right) - 4 = 0 \quad (2)$$

Zo Snellovho zákona platí vzťah:

$$\sin \alpha = n \cdot \sin \beta \quad (3)$$

kde n je index lomu vody. Diferencovaním tohto vzťahu podľa β dostaneme:

$$(\cos \alpha) \frac{d\alpha}{d\beta} = n \cos \beta, 2 \cos \alpha = n \cos \beta \quad (4)$$

s ohľadom na substitúciu vo vzťahu (2). Umocnením a využitím vzťahov (3) a (4) dostávame nový vzťah:

$$\begin{aligned} \sin^2 \alpha + 4 \cos^2 \alpha &= n^2 \sin^2 \beta + n^2 \\ \cos^2 \beta &= n^2 \end{aligned} \quad (5)$$

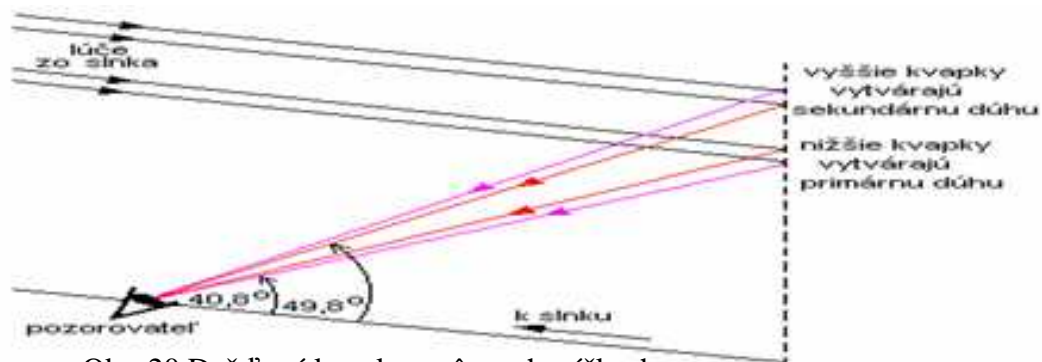
vzhľadom na to, že $\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1$. Použitím ekvivalentného vzťahu $\cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha - 1$ na pravej strane rovnosti (5) získame vzťah: $4 - 3 \sin^2 \alpha = n^2$, z ktorého vyplýva:

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{4 - n^2}{3}}. \quad (6)$$

Jedná sa o sínus uhla dopadu. Nastáva pri ňom minimálny rozptylový uhol a pritom vzniká najkrajšia dúha. Maximálny rozptylový uhol môže byť 180° , kedy $\alpha = 0^\circ$ a tiež aj $\beta = 0^\circ$. Teda lúč dopadá v smere normály. Lúč sa tak odráža od povrchu kvapky späť priamo ku Slnku. Vykonaním vhodnej substitúcie a dosadením do rovnosti (6), dostávame pre uhol dopadu $59,65^\circ$ minimálny rozptylový uhol, pre červenú zložku $137,3^\circ$ a fialovú $139,2^\circ$. No dúhu však nemôžeme vidieť s hodnotami rozptylového uhla v rozpätí od 180° do tohto minima. Preto zavádzame nasledujúce vysvetlenie. S ohľadom na rovnosť (1) a využitím Snellovho zákona, dostaneme vzťah:

$$\gamma = 180^\circ + 2\alpha - 4 \sin^{-1} \left(\frac{\sin \alpha}{n} \right)$$

Funkčná závislosť rozptylového uhla γ na uhle dopadu α ukazuje, že pre široký rozsah hodnoty α sa lúče odchyľujú v blízkosti minima rozptylového uhla. Obrázok 20 ukazuje to, že vznik primárnej dúhy zapríčiňuje tento minimálny rozptylový uhol. Fialový kruh v dúhe sa formuje z polkužeľa s uhlom $180^\circ - 139,2^\circ = 40,8^\circ$ a červený o uhle $42,7^\circ$ vzhľadom k priamemu slnečnému lúču. Sekundárnu dúhu vidíme na oblohe vyššie nad primárnou dúhou. Charakteristické je pre ňu opačné poradie farieb ako má primárna dúha.



Obr. 20 Dažďové kvapky v rôznych výškach

<http://kekule.science.upjs.sk/fyzika/ucebnetexty/doplňkove/lucovaoptika/02.htm>

Pre rozptylový uhol, pri ktorom vzniká sekundárna dúha, platí $\gamma = 360^\circ + 2\alpha - 6\beta$ a tak

$$\frac{d\gamma}{d\beta} = 2 \frac{d\alpha}{d\beta} - 6$$

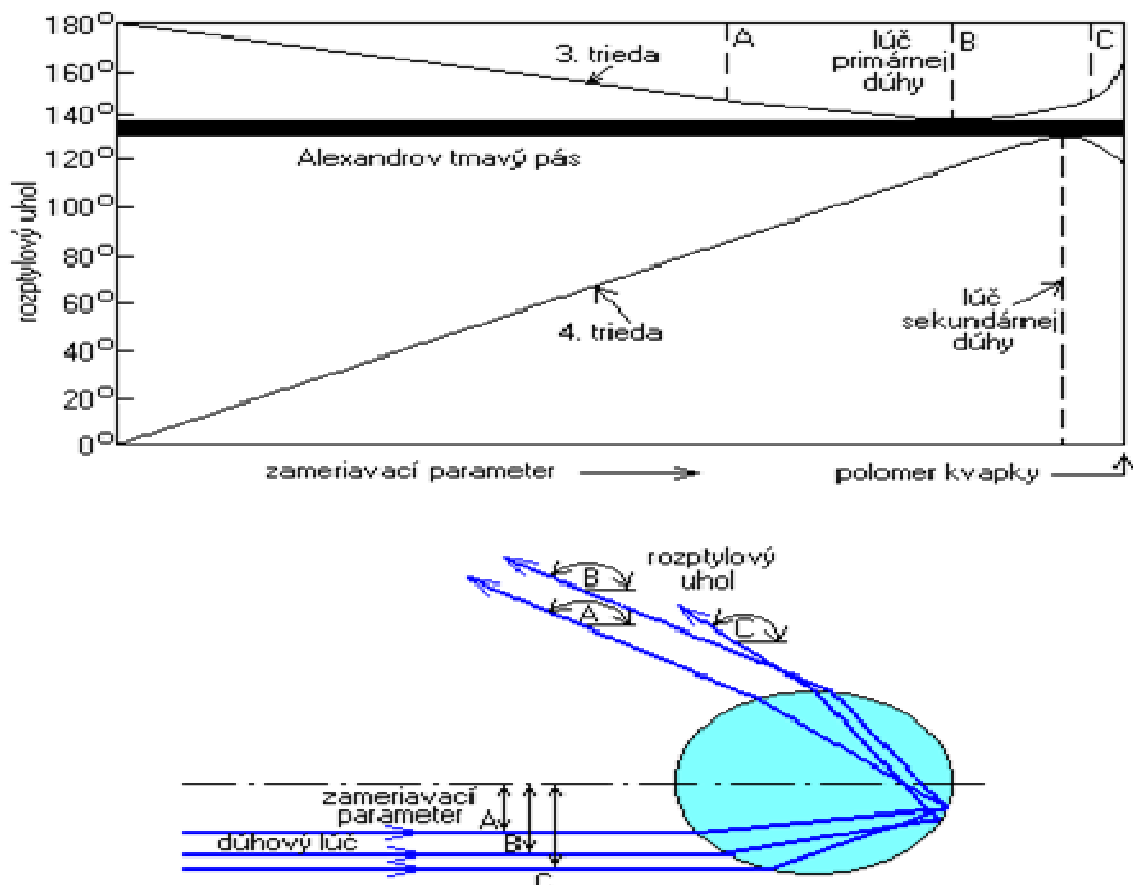
(7)

Pre minimálny rozptylový uhol tak teraz dostávame $d\alpha/d\beta = 3$. Analógiou získame vzťah pre uhol dopadu, pri ktorom dochádza k minimálnemu rozptylovému uhlu pre sekundárnu dúhu:

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{9 - n^2}{8}}$$

(8)

Tieto výsledky udávajú, že fialový kruh v sekundárnej dúhe vzniká z lúčov odchýlených o uhol $233,6^\circ$ a červený o uhol $229,8^\circ$. Značí to, že fialovému polkužeľu prislúcha uhol $53,6^\circ$ a červenému uhol $49,8^\circ$. Z čoho vyplýva, že červená farba je teraz vo vnútri oblúka. To je opačná situácia ako u primárnej dúhy. Rozptylový uhol (obr. 21) každej triedy sa mení v širokom rozmedzí ako funkcia zameriavacieho parametra. Svetlo je rozptyľované do všetkých smerov, pretože v slnečnom svetle je kvapka osvetľovaná lúčmi so všetkými hodnotami zameriavacieho parametra súčasne. Najväčší význam majú však lúče 3. triedy spôsobujúce vznik primárnej dúhy. Ak sa zameriavací parameter rovná nule, je príslušný lúč rozptýlený pod uhlom 180° , t.j. späť k slnku. Prechádza tak stredom kvapky a odráža sa od najvzdialenejšieho bodu jej povrchu. Čím väčší zameriavací parameter, tým sa dopadajúci lúč od stredu vzdaluje a uhol rozptylu sa znižuje.



Obr. 21 Rozptylový uhol

<http://kekule.science.upjs.sk/fyzika/ucebnetexty/doplňkove/lucovaoptika/02.htm>

U lúčov 4. triedy, pri ktorých vzniká sekundárna dúha, je pri nulovom zameriavacom parametre rozptylový uhol rovný nule. Stredový lúč sa dvakrát odrazí a potom pokračuje v pôvodnom smere. Ak rastie zameriavací parameter, tak rastie i rozptylový uhol. Tu sa tento postup nakoniec obráti a to pri uhle 130° . Lúče 4. triedy majú teda najväčší rozptylový uhol 130° a s ďalším rastom zameriavacieho parametra sa vracajú späť bližšie k dopredu postupujúcemu rozptylovému smeru. [15]

Ak sa lepšie pozrieme na dúhu, tak pri pozorovaní zistíme, že oblasť medzi oboma oblúkmi je značne tmavšia než zvyšná časť oblohy. Túto tmavšiu časť vidíme dokonca aj keď sekundárna dúha nie je postrehnuteľná. Na okrajoch primárneho oblúka vieme i tak rozoznať svetlejšiu a tmavšiu stranu. Táto tmavá oblasť dostala názov Alexandrov tmavý pás podľa gréckeho filozofa Alexandra z Afrodisiady. Ten ho opísal po prvýkrát asi r. 200 pred n. l.

Kvapka vody je ožiarená slnečným svetlom rovnomerne. Rovnomerné je aj rozdelenie hodnôt zameriavacieho parametra vstupujúcich lúčov. Rozptýlené svetlo sa tak bude najviac sústrediť v tom smere, v ktorom sa rozptylový uhol mení najpomalšie v závislosti na zameriavacom parametri. Jednoduchšie alebo inými slovami rozptýlené svetlo je najintenzívnejšie tam, kde sa dávajú dohromady dopadajúce lúče z najväčšieho intervalu hodnôt zameriavacieho parametra. Najpomalšie zmeny sú v okolí maximálneho a minimálneho rozptylového uhla. Takto sme vysvetlili výnimočnosť charakteristických uhlov primárnej a sekundárnej dúhy. Vzhľadom k tomu, že žiadne z lúčov 3. a 4. triedy sa nerozptyľujú do uhlového sektora medzi 130° a 138° , tak potom vyniká v tomto uhlovom sektore tá tmavá oblasť. Týmto sme vysvetlili, prečo vzniká Alexandrov tmavý pás. Niekedy je vidno pozorovateľným rysom dúhy rad nezreteľných prúžkov. Tie sa striedavo v ružovom a v zelenom zafarbení. Umiestnené sú na vnútornej strane primárneho oblúka a ojedinele sa môžu objaviť aj na vonkajšej strane sekundárneho oblúka. To už je však zvláštnosťou. Najlepšie je vidno tieto prúžky v blízkosti vrcholu oblúka. V tejto oblasti uhlov vystupujú v rovnakom smere vždy dva rozptýlené lúče 3. triedy. Tie sú z dopadajúcich lúčov s hodnotami zameriavacieho parametra na opačnej strane od hodnoty odpovedajúcej dúhovému uhlu (Obr. 21). Preto v ktoromkoľvek danom smere s uhlom o niečo väčším než je dúhový uhol, obsahuje rozptýlené svetlo dva lúče, ktoré prešli kvapkou vody dvoma odlišnými cestami. Z kvapky vody vystupujú tieto lúče na dvoch rôznych miestach, no i napriek tomu ďalej postupujú v rovnakom smere. Vzhľadom na to, že rozptylové uhly sú určené rozdielom medzi dĺžkami dráh týchto lúčov, má na nich vplyv polomer kvapky. Rozloženie nadpočetných prúžkov tak teda závisí na veľkosti kvapky. Vo väčších kvapkách rastie tento dráhový rozdiel so zameriavacím parametrom oveľa rýchlejšie ako v malých. A preto čím väčšie sú kvapky, tým menšia je uhlová vzdialenosť medzi nadpočetnými prúžkami. Ak by sme sa na dúhu pozerali pri lete lietadlom, tak by sa nám naskytl veľmi zaujímavý, ale o to určite nádherný pohľad (obr. 22). Čo by sme uvideli, by bola dúha v tvare kruhu. Na zemi všetci vidíme väčšinou iba určitú oblúkovú časť tejto kruhovej dúhy. Tvar dúhy závisí od polohy dažďových kvapiek voči nám, teda pozorovateľom. Zo zeme vidíme len časť nášho zorného kužeľa, lebo zvyšnú časť nám zakrýva zemský povrch. No z lietadla však môžeme vidieť celý zorný kužeľ a tým aj celú kruhovú dúhu.



Obr. 22 Kruhová dúha

http://www.ian.cz/detart_fr.php?id=1855

1.2.2 POLÁRNA ŽIARA

Ďalším nádherným javom, ktorý nám príroda poskytuje polárna žiara. Mnohí, ktorí túto hru farieb na oblohe videli, tvrdili, že je to neopakovateľný zážitok. Tak čo to teda tá polárna žiara je? Polárna žiara (obr. 23), ináč nazvaná aj ako Aurora borealis = polárna žiara na severnom póle alebo Aurora australis = polárna žiara na južnom póle, je svetelný jav na oblohe, ktorý vzniká vtedy, keď elementárne častice vysielané zo Slnka vo forme slnečného svetla, vstúpia do atmosféry Zeme ako aj do atmosféry iného vesmírneho telesa. Polárna žiara vzniká predovšetkým vtedy, keď elektricky nabité častice slnečného vetra, hlavne elektróny ale aj protóny, alfa - častice a niektoré ťažké ióny dopadajú na vrchnú vrstvu atmosféry [12]. Tým, že častice narazia na túto vrchnú vrstvu atmosféry spôsobí u molekuly alebo atómu určitú excitáciu, ktorej zodpovedá zmena elektrónovej konfigurácie. To znamená, že elektrón prejde zo svojej polohy na vyššiu energetickú hladinu. No po určitom čase sa elektrón na koniec vráti späť na svoju pôvodnú hladinu. Pri tomto jave sa uvoľní energia a to práve vo forme svetla (fotón), ktoré my potom vidíme na oblohe. Tento dej je známy aj pod názvom fluorescencia. Ak je však elektrón uvoľnený z atómu alebo molekuly a následne sa do atómu alebo molekuly vráti, hovoríme o rekombinácii. Aj v tomto prípade sa uvoľní energia vo forme svetla. Už z názvu polárnej žiary vyplýva, že sa vyskytuje hlavne v polárnych oblastiach Zeme. Dôvodom je to, že častice slnečného vetra, ktoré sa pohybujú priemernou rýchlosťou približne 500-833 km/s (až do 3 000 000 km/h) sú vychýlené magnetickým poľom Zeme pozdĺž línií magnetického poľa a sú nachýlené k pólom. Na póloch pôsobí magnetické pole kolmo na povrch Zeme. To znamená, že je tam najsilnejšie magnetické pole a častice tak ľahko vstúpia do našej atmosféry. Čas, za ktorý prejdú častice zo Slnka na Zem trvá okolo 2-4 dni. Teda za túto dobu prejdú vzdialenosť približne 150 miliónov km. Polárne žiary v blízkosti severného pólu sa nazývajú Aurora borealis a v blízkosti južného pólu Aurora australis ako sme už vyššie spomínali. V okolí magnetických pólov Zeme, teda na severnom a južnom póle je výskyt polárnych žiar najvyšší a bežný. No niekedy sa výnimočne objavajú aj v iných zemepisných šírkach. Za určitých priaznivých podmienok aj na rovníku. Keďže slnečný vietor zaplavuje našu zemeguľu rovnomerne, tak žiara sa môže objaviť súčasne aj na jednom aj na druhom geografickom póle Zeme. Polárne žiary boli zaznamenané aj na iných telesách slnečnej sústavy. Ale len na tých, ktoré majú magnetické pole a atmosféru. Príkladom je planéta Jupiter. Tá má veľmi silné magnetické pole, teda aj

polárne žiary tam sú oveľa intenzívnejšie. Vznik polárnych žiar sa odohráva vo výške nad 60 km. Čo je vyššie ako troposféra. Pre lepšiu predstavivosť, vrstva, v ktorej sa odohrávajú všetky zmeny počasia siaha len do výšky približne 15 km. To kde sa presne polárna žiara vyskytuje a jej svetlosť závisí od sily slnečného vetra. A to práve súvisí s aktivitou Slnka. Slnko má jedenásťročný cyklus aktivity. To znamená, že každých jedenásť rokov má Slnko najväčšiu aktivitu. A práve vtedy sa môžu polárne žiary objaviť aj v tých nižších zemepisných šírkach. V jeseni 2003 bola preukázateľne pozorovaná polárna žiara v severnom Taliansku, ale aj v susednom Česku. Farba polárnej žiary závisí od častíc, ktoré ju vyžarujú. Červená farba (obr. 24) je tvorená atómami kyslíka z výšky nad 200 km. O niečo v nižších výškach spôsobuje kyslík vyžarovanie intenzívnej zelenej farby (obr. 25). Modrú farbu (obr. 26) vyžarujú atómy dusíka vo výške 100 až 200 km. No a v najnižších vrstvách spôsobuje dusíka karmínové žiarenie. S polárnou žiarou súviseli od pradávna aj rôzne mýty a legendy. Niektoré národy ich pokladali v minulosti za most do nebeskej ríše, aby duše mŕtvych našli cestu. V stredovekej Európe ich spájali s dychom hrdinských bojovníkov. V Nórsku prechovávali k žiare posvätnú úctu. No v mnohých krajinách ju považovali za predzvesť moru, vojny alebo smrti. Polárna žiara je síce nádherný jav prírody, ale zároveň aj nebezpečný. Jedná sa o obrovský zdroj energie, ktorý číha na našu planétu z vesmíru. Táto energia môže totiž výrazne ohroziť elektronické zariadenia, na ktorých sme v poslednej dobe veľmi závislí, ale môže ohroziť aj satelity a dopravu na obežnej dráhe. Vedci sa preto v súčasnej dobe snažia lokalizovať dané slnečné búrky a určiť ich rýchlosť a smer. Množstvo energie, ktoré sa pri takejto búrke vyvinie je totožné s energiou, ktorú vyprodukuje desať najväčších elektrární na svete.



Obr. 23 Polárna žiara



Obr. 24 Červená PŽ

http://sk.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rna_%C5%BEiara

http://astroportal.sk/pohlady/obraz_oblohy.htm



Obr. 25 Zelená PŽ

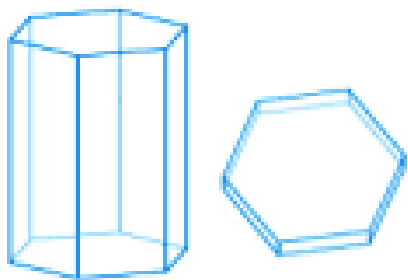


Obr. 26 Modrá PŽ

http://sk.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rna_%C5%BEiara

1.2.3 HALOVÉ JAVY

Ďalším významný farebný úkazom v prírode, presnejšie na oblohe sú Halové javy. Halové javy patria medzi optické úkazy a javy, ktoré sú viditeľné na oblohe a to presnejšie okolo Slnka a Mesiaca v podobe kruhu, oblúkov alebo aj škvŕn. Halov jav je založený na podobnom princípe ako dúha. Rozdielom je to, že vzniká na opačnej strane ako dúha. Teda, keď sa pozeráme na dúhu, tak máme Slnko za chrbtom. Halov jav vidíme vtedy, keď sa pozeráme priamo na Slnko alebo na Mesiac. Vtedy si ľudia všimli dúhu v noci okolo Mesiaca. A zatiaľ čo dúha vzniká rozptylom svetla na kvapkách vody, halo vzniká rozptylom na kryštálikoch ľadu. Teda podmienkou pre vznik Halových javov je prítomnosť drobných ľadových kryštálov v atmosfére. Na týchto kryštálikoch dochádza k odrazom a lomom svetelných lúčov. Výskyt týchto ľadových kryštálikov je v jemných riasových oblakoch nachádzajúcich vo výške nad 6 km. Môžu sa však vyskytovať za chladu i v prízemnej vrstve ovzdušia. Ľadové kryštáliky sa vyskytujú v rozličných formách. Ale pre vznik halových javov sú dôležité v tvare šesťbokej doštičky a šesťbokého stĺpku (obr. 27). Na základe odrazu svetla od kryštálikov, na základe toho ako svetlo nimi prechádza a láme sa, majú halové javy vzhľad buď belavý, alebo majú dúhový nádych.



Obr. 27 Kryštálik ľadu

<http://ukazy.astro.cz/halo.php>

Halových javov existuje veľmi veľa (obr. 28,29). No ich najčastejší výskyt je v okolí Slnka a Mesiaca. Niektoré sa objavujú pomerne často, iné sa zase objavujú len výnimočne a to raz za niekoľko rokov. Najčastejšie môžeme pozorovať takzvané malé halo. Je to svetlý kruh s polomerom 22° vznikajúcim okolo slnka. Ďalej sú bežne pozorované takzvané vedľajšie slnká, ktoré priliehajú po stranách zvonku k malému

halu. Tie vedľajšie slnká majú zvyčajne tvar svetlých škvŕn, najčastejšie dúhovo sfarbených.



Obr. 28 Halov jav okolo Slnka



Obr. 29 Halov jav okolo Mesiaca

<http://ukazy.astro.cz/halo.php>

Podľa známych a dlhších pozorovaní v západnej Európe možno niektorý z halových javov pozorovať viac ako 100 dní v roku. Toto číslo naznačuje, že ich je možné pozorovať kedykoľvek sa na oblohu pozrieme. No pravda je však taká, že dosť výrazných a dobre pozorovateľných halových javov je podstatne menej. A na viac tento jav môže trvať len niekoľko minút. Ľadové kryštáliky v atmosfére, ktoré sú zodpovedné za vznik halových javov, sa vyskytujú vo výškach 6 - 12 km v oblačnosti vysokého poschodia. Tu sa nachádzajú jemné oblakmi typu cirrus, cirrostratus, cirrocumulus. Za výskyt halových javov vďačíme predovšetkým oblačnosti typu cirrostratus. Tá na oblohe vytvára jemné belavé závoje, ktoré slnečný disk nezatieňujú. Naopak oblaky nízkeho poschodia, ktoré sú tvorené prevažne vodnými kvapkami, slnečný disk zatieniajú. Takáto oblačnosť pokrýva oblohu často pred príchodom teplej fronty, a preto môžu byť objavujúce sa halové javy predzvesťou zhoršenia počasia a príchodu zrážok. Ľadové kryštáliky sa vyskytujú predovšetkým v arktických oblastiach a preto sa v týchto oblastiach halové javy často objavujú. Preslávené sú snímky z výskumných staníc v Antarktíde. Viac o Halových javoch nájdete na [11], kde nájdete aj ďalšie halá ako vedľajšie slnko, Halový stĺp, dotykový oblúk malého hala, veľké halo, cirkumzenitálny oblúk, parhelický kruh, Parryho oblúk a iné.

1.2.4 FAREBNOSŤ OBLOHY

Život bez farby si hádam ani nevieme predstaviť. Možno, keď si pozrieme starý čiernobiely film. Ale z toho veľmi nevidíme krásu našej farebnej prírody. I keď aj čierna a biela sú takisto farby, ktovie ako naozaj by to bolo bez farby. Niekedy, keď sa prechádzame a pozeráme na oblohu, tak si kladieme otázku prečo je obloha modrá? Rovnako sme si už určite položili aj druhú otázku, prečo keď Slnko zapadá alebo vychádza, tak vidíme červenú oblohu? V tejto časti sa pokúsime tieto javy objasniť.

Príčinou tohto javu je samozrejme naša atmosféra. Bez nej by bola obloha čierno-čierna a aj za dňa by sme ju videli zasypanú hviezdami. To však nie je náš prípad. Prenikanie slnečného svetla cez vzduch smerom k zemskému povrchu spôsobuje modrosť oblohy. Modrá časť svetla sa po odraze od častíc vzduchu dostáva do nášho oka z miest kde sa nenachádzajú hviezdy. Pri pohľade na oblohu vidíme svetlo, ktoré do našich očí prichádza z každého uhla. Ako už vieme slnečné svetlo je zložené z nespočetného množstva elektromagnetických vln. A každej prislúcha nejaká frekvencia a prislúchajúca vlnová dĺžka, a každá s malým množstvom energie. Táto energia má len určité hodnoty. Známe sú pod pojmom fotóny. Energia fotónu určuje farbu. Fotóny s vyššou energiou sa posúvajú do modrej časti spektra, tie s nižšou energiou sa posunú do červeného konca spektra. Takzvané modré fotóny majú teda vyššiu frekvenciu a nižšiu vlnovú dĺžku. Tieto rozdiely vo vlnovej dĺžke sú významné pre farbu oblohy. Najlepšie sa rozptyľujú farby s najvyššou frekvenciou. Teda modrá farba. A preto vidíme oblohu modrú (obr. 30, 31). Je pravda, že najlepšie sa rozptyľuje fialová farba, ale na ňu nie je naše oko citlivé. Sýtosť farby závisí od obsahu vodných pár v atmosfére. Počas suchých dní je obloha sýtejšia ako za vlhkých dní. Ak sú v atmosfére prítomné častice prachu, alebo iné častice, ktoré sú väčšie ako molekuly dusíka a kyslíka, tak sa viac rozptyľujú farby nižších frekvencií. A preto je potom obloha menej modrá.



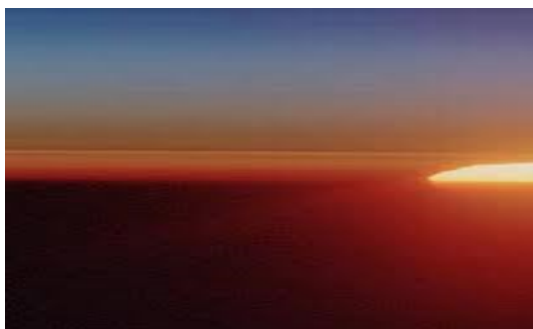
Obr. 30 Modrá obloha



Obr. 31 Modrá obloha

http://www.profipilot.sk/functions/prispevok_print.php?page=clanok&link=preco-je-obloha-modra

No a na druhej strane, keď je slnko nízko nad horizontom, to znamená počas západu alebo východu, musí jeho svetlo prejsť oveľa dlhšiu dráhu cez atmosféru až kým sa dostane do našich očí. Táto dráha je určite dlhšia, ako keď sa svetlo dostane do našich očí počas dňa. Ako je už spomenuté vyššie hore, čiastočky vzduchu odchyľujú modré svetlo oveľa ľahšie a efektívnejšie na rozdiel od iných farieb. Preto svetlo s dlhšou vlnovou dĺžkou, teda červené, sa ľahšie dostane do našich očí. Dôsledkom toho je, že slnečný disk vidíme v žltkastej farbe. Vo zvyšných častiach oblohy sa rozptyľuje už len svetlo modrej farby. Ak sa pozrieme na slnko nachádzajúce sa nad horizontom, uvidíme svetlo, ktoré nebolo odklonené. A je to svetlo v červenom spektre. Chýbajúce modré svetlo vždy vytvára modrú oblohu v ostatných častiach. To znamená viac na západe ak sa jedná o východ Slnka alebo na východe ak ide o západ Slnka. Najkrajšie farby môžeme vidieť počas východu či západu Slnka (obr. 32, 33).



Obr. 32 Západ Slnka



Obr. 33 Východ Slnka

<http://balog.blog.sme.sk/c/84387/Preco-je-obloha-modra-a-preco-vyzera-zapad-Slnka-ako-vyzera.html>

http://www.profipilot.sk/functions/prispevok_print.php?page=clanok&link=preco-je-obloha-modra

1.2.5 OHYBOVE JAVY

Medzi ďalšie farebné javy v prírode patria aj ohybové javy. Do tejto skupiny úkazov patria koróna, irizácia oblakov a gloriola. Tieto optické úkazy na oblohe vznikajú na kvapôčkach oblakov. A to je dôvod prečo sa líšia od halových javov. Ako sme už spomínali, tie vznikajú za prítomnosti ľadových kryštálikoch, ktoré sa nachádzajú v oblačných vrstvách vysoko nad zemou. Koróny, irizácie a občas vyskytujúce sa glorioly sú zodpovedné za ďalšie veľmi pôsobivé javy, ktoré je možné v prírode uvidieť.

Ak máme možnosť vidieť mesiac cez vrstvu drobných kvapiek nachádzajúcich sa v oblaku, môžeme tak niekedy uvidieť v tesnom okolí jeho kotúča sústavu sústredných farebných prstencov. Ich jas smerom od mesiaca postupne slabne. Tento jav sa nazýva koróna (obr. 34). Môžeme ju pozorovať aj okolo Slnka, ale aj okolo zemských zdrojov svetla. Niekedy vidíme korónu belavej farby, no inokedy je intenzívne dúhovo sfarbená. V prípade dúhového sfarbenia je najbližšie k svetelnému zdroju modravý prstenec, dnu sa nachádza červený prechádzajúci do temne tehlova a medzi nimi sa môžu vyskytnúť ďalšie farby spektra. Najčastejšie je možné vidieť len jeden sled dúhových farieb. Niekedy je možné uvidieť vzácnejšie až tri takéto sústavy spektrálnych farieb za sebou. Veľkosť koróny tak môže siahať do vzdialenosti 5 až 10 ° od svetelného zdroja.



Obr. 34 Koróna okolo Slnka

<http://ukazy.astro.cz/korona.php>

Keďže koróna je ohybový jav, tak vzniká ohybom svetla na malých kvapôčkach vody, ktoré sa nachádzajú v oblakoch, hmle alebo dymu. Pri tomto ohybovom jave sa okolo zdroja svetla tvoria sústavy prstencov farby spektra. Ich polomer závisí od veľkosti kvapôčok a vlnovej dĺžke svetla. Napríklad červené lúče majú dlhšiu vlnovú dĺžku ako modré lúče a preto sa maximá jednotlivých farieb zobrazujú v rôznych polomeroch okolo svetelného zdroja. Ak svetlo prechádza medzi rôzne veľkými kvapôčkami, potom sa ohybový jav vytvorí len slabo sfarbený alebo belavý kruh svetla, v ktorom sa svetlo mesiaca alebo iného zdroja svetla rozpíja. Iným názvom pre korónu, skôr ľudovým názvom, je studnička, dvor a niekedy sa používa aj termín aureola. V astronómii poznáme pojem Koróna pod iným významom. A to ako názov pre atmosféru Slnka, ktorú môžeme vidieť len pri jeho úplnom zatmení. Ohyb svetla, ktorý spôsobí vznik koróny môžu spôsobiť aj drobné pevné častice vznášajúce sa v ovzduší ako napríklad peľové častice. Je to predovšetkým v jarnom období, keď vietor unáša celé oblaky malých peľových zrníek. Pri ich vysokej koncentrácii môžeme tak pozorovať síce len zriedkavo peľové koróny okolo jasných svetelných zdrojov. Teda najčastejšie okolo Slnka a Mesiaca. Sled farieb môže byť v tejto koróne rovnaký ako u koróny vznikajúcej na vodných kvapkách. No vzhľad nemusí vždy nadobúdať v podobe úplne pravidelných prstencov. Pretože aj tento vzhľad závisí na tvare a orientáciu peľových zrníek. Veľmi častým zdrojom peľových koróny býva peľ borovic a ďalších drevín. Korónu si môžeme niekedy pomýliť aj s malým halom. Malé halo sa javí ako mierne dúhovo sfarbená kružnica okolo Slnka a Mesiaca až do vzdialenosti 22° a priestor vo vnútri je prázdny. Naproti tomu sa koróna rozlieva priamo od zdroja svetla. A podstata obidvoch javov je odlišná. Koróna vzniká ohybom svetla na kvapôčkach vody, zatiaľ čo malé halo vzniká lomom lúčov v ľadových kryštálikoch nachádzajúcich sa v oblakoch.

Irizáciu oblakov je možné pozorovať na okrajoch tenších oblakov vznášajúcich sa neďaleko od slnečného kotúča. Irizácia je výrazné perleťové sfarbenie, v ktorom prevládajú väčšinou farby červenastých a zelenavých odtieňov (obr. 35). Tento jav vzniká ohybom a interferenciou svetla pri prechode slnečných lúčov kvapôčkami oblačnej vrstvy. Irizáciu pomerne často kopíruje po obvode tenký oblak. Alebo môže nadobúdať nepravidelný tvar a tým vzhľad časti nesymetrickej či zdeformovanej koróny.



Obr. 35 Irizácia oblakov

<http://ukazy.astro.cz/ohybove-jevy.php>

Veľmi intenzívnej irizácií podlieha aj výnimočný druh tenkých oblakov, ktoré sa vyskytujú vo veľkých výškach okolo 20 - 30 km. Je to už v stratosfére. Táto vrstva atmosféry leží nad vrstvou, v ktorej sa tvorí počasie a kde oblakmi dosahujú najviac do výšky 10-12 km. Názov týchto zvláštnych oblakov tvorených kvapôčkami podchladenej vody vďaka výraznej irizácií nazývajú perleťové oblakmi. Ich perleťový jas sa vidno najvýraznejšie, ak sú na súmráčnej oblohe ešte osvetľované lúče už zapadajúceho slnka. U nás však tieto perleťové oblaky uvidieť nemôžeme. Patria ku vzácnym úkazom pozorovaným najčastejšie v blízkosti horských oblastí Škandinávie a pri rýchlom vzdušnom prúdení.

Ďalší jav gloriola je svojou podstatou blízky už vyššie spomínanej koróne (obr. 36). Vzniká však spätným ohybom svetelných lúčov a prejavuje sa prostredníctvom slabých sústredených sfarbených prstencov okolo tieňov vrhnutých do vrstiev oblačnosti či hmly. Obvykle sa dá pozorovať aj na zemi okolo tieňa vrhaného do kvapiek rannej rosy.



Obr. 36 Gloriola

<http://ukazy.astro.cz/gloriola.php>

Gloriolu je možné uvidieť aj napríklad z lietadla okolo jeho tieňa premietnutého do oblačnej vrstvy. Alebo aj v horách, kde je možné vidieť aj vlastný tieň na nižšie ležiacej oblačnosti. Tento úkaz je tiež známy pod názvom Brockenský prízrak, podľa hory Brocken, ktorá sa nachádza v pohorí Harz v Nemecku, kde bol často popisovaný. Tento spomínaný optický jav tiež zaznamenal francúzsky astronóm a meteorológ Camille Flammarion (1842-1925) pri jednom zo svojich letov balónom.

2. PRAKTICKÁ ČASŤ

Dôležitou súčasťou fyziky je bezprostredne experimentovanie. Bez experimentov si ju asi ani nevieme predstaviť. Experiment tvorí základ nielen vo fyzike ale aj v iných prírodných vedách. Môže byť definovaný aj ako základná forma spoznávania. Najčastejšie sa používa na overenie existujúcich teórií, potvrdenie alebo vyvrátenie rôznych hypotéz. Experimentovanie v škole je spojené s hodnotnejším vysvetlením daného učiva. Niekedy si žiaci nevedia predstaviť určitý fyzikálny jav, alebo ho nesprávne pochopili, alebo ho nepochopili vôbec. A práve pomocou experimentu žiak daný jav pozoruje a vidí, čo sa v ňom odohráva. Dôležitým impulzom pre experimentovanie je motivácia. Všetci žiaci majú schopnosť sa niečo naučiť, len na to potrebuje tú správnu motiváciu a dostatočnú vôľu. Niekedy je problém udržať deti v pozornosti pri vysvetľovaní učiva počas celej hodiny. A hlavne vtedy, ak ide o mechanické vysvetľovanie. No ak sa do hodiny vsunie nejaký pokus, tak žiaci okamžite zbystria pozornosť a cez priame pozorovanie si toho aj viac zapamätajú a lepšie pochopia danú situáciu. Pri experimentovaní získava žiak aj zážitok. A to hlavne vtedy, keď daný pokus môže urobiť on sám. Zážitok môže byť príjemný ale aj nepríjemný alebo nudný. Teda celkovo môže byť zážitok pozitívny a negatívny. V pozitívnom zmysle slova hovoríme vtedy, keď má žiak daný pokus vysvetlený, prevedený a zároveň odskúšaný. Vníma ho viacerými zmyslami. Veľmi dôležitou súčasťou pokusov sú jednoznačne pomôcky. Nasledujúce pásmo pokusov obsahuje pomôcky, s ktorými sa žiaci bežne stretávajú v každodennom živote alebo si ich môžu jednoducho vlastnoručne vyrobiť. Nemusia mať potom strach, ak by sa im niečo podarilo pokaziť alebo zničiť. Všetky pokusy v pásme sú zostavené na takto ľahko dostupných pomôckach. Výnimku však tvorí experiment s RGB mixérom, ktorého zadováženie nie je finančne jednoduché ale na druhej strane nie je to nereálne. A v konečnom prípade sa na internete nachádza množstvo appletov simulujúcich miešanie farieb.

Nasledujúce pokusy sú určené pre žiakov základných a stredných škôl. Pokusy sú čerpané z nasledujúcich literatúr: [1], [3], [4],[6].

2.1 SVETELNÝ VODOMET

- Pomôcky: - plastová fľaša
- čierny sprej alebo čierny papier
 - laser
 - lepiaca páska

Postup: Fľašu naфарbíme čiernym sprejom alebo obalíme čiernym papierom. Na jednej strane fľašu prepichnete asi 10 cm od spodku. Pritom na druhej strane oproti otvoru necháme nevyfarbené miesto veľkosti tej dierky. Dierku zalepíme lepiacou páskou. Fľašu naplníme vodou. Lúč lasera nastavíme tak, aby smeroval cez otvory na fľaši. Potom odlepíme lepiacu pásku a voda začne vystriekať von. Vidíme, že lúč lasera sa ohýna podľa prúdu vody vytekajúcej z fľaše (Obr. 1).

Vysvetlenie: Laserový lúč sa opakovane totálne odráža a je formovaný vo vodnom prúde. Čiastočne ale tiež vystupuje z vodného prúdu v dôsledku malej súdržnosti molekuly vody a preto vidíme prúd vody zafarbený farbou laserového lúča.



Obr. 1 Svetelný vodomat

2.2 DVE ZRKADLÁ PROTI SEBE

Pomôcky: - dve rovinné zrkadlá

Postup: Najprv vezmeme len jedno zrkadlo. Pozeráme sa doňho a pohybujeme rukou. Vidíme, že pohyb pravej ruky vyzerá ako pohyb ľavej ruky. Potom postavíme oba zrkadlá oproti sebe, tak aby vytvorili uhol 90° (pravý uhol), postavíme sa do stredu a mávame rukou (obr. 2).

Vysvetlenie: Teraz vidíme, že pohyb našej pravej ruky aj v zrkadle vyzerá ako pohyb pravej ruky. Kým pri jednom zrkadle vidíme svoj obraz obrátene, pri dvoch takto postavených zrkadlách, je obraz priamy. Svetlo, ktoré sa odráža od nášho tela, dopadne pred zrkadlo, vráti sa späť a vytvorí obrátený obraz. Ale keď stojíme oproti dvom zrkadlám, každé z nich náš obraz obráti tým druhým zrkadlom, teda už nebude obrátený ale priamy.



Obr. 2 Dve zrkadlá oproti sebe

2.3 MNOHONÁSOBNÝ OBRAZ

Pomôcky: - dve knihy

- dve rovinné zrkadlá podobnej veľkosti ako knihy
- dve gumičky
- zápalková škatuľka

Postup: Gumičkami pripevníme zrkadlá ku knihám. Knihy postavíme do zvislej polohy oproti sebe. Potom medzi knihy položíme napríklad zápalkovú škatuľku a pozeráme sa do jedného zrkadlá.

Vysvetlenie: Uvidíme niekoľko odrazov zápalkovej škatuľky, pretože svetlo od ceruzky sa niekoľkokrát odrazí od jedného a druhého zrkadla, až kým nedopadne do nášho oka (obr. 3).



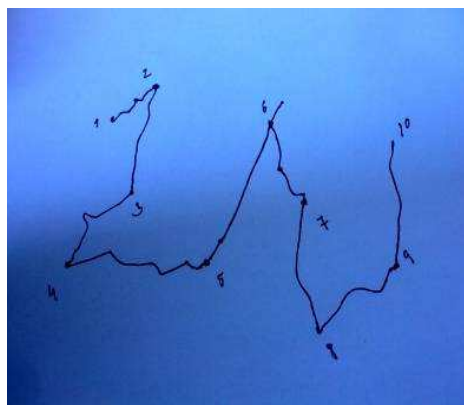
Obr. 3 Mnohonásobný obraz

2.4 KLAMLIVÉ ZRKADLO

Pomôcky: - zrkadlo
- papier
- ceruzka

Postup: Na papier nakreslíme jednotlivé čísla od 1 po 10. Na papieri ich rozmiestnime nerovnomerne – hocikde. Vezmeme zrkadlo a položíme ho ku koncu papiera. Snažíme sa pospájať čísla za radom, tak že sa nepozeralíme na pier, ale do zrkadla. Ide to ľahko? (obr. 4).

Vysvetlenie: Nejde tak rýchlo. Čiary, ktorými spájame čísla sú krivé a niekedy kreslíme aj opačným smerom. Zrkadlo vytvára obraz obrátený a preto pozeraním do zrkadla sa nám zdá, že ideme správne, ale vlastne ceruzkou kreslíme naopak.



Obr. 4 Klamlivé zrkadlo

2.5 AKO NÁJST SLEPÚ ŠKVRNU

Pomôcky: - kúsok papiera na ktorom je nakreslené krížik a asi 12 cm od neho guľička (obr. 5)

Postup: Papier pridržíme asi 38 cm od očí, zavrieme ľavé ako a pravé zaostríme na krížik. Papier začneme pomaly približovať k očiam, až kým nám nezmizne guľička. Papier približujeme ďalej, kým sa znova neobjaví.

Vysvetlenie: Guľičku neuvidíme preto, lebo sa dostane na slepú škvrnu. Je to miesto v našom oku, ktorá neobsahuje bunky citlivé na svetlo, teda nereaguje na žiadne svetlo na rozdiel od žltej škvrny, ktorá je citlivou oblasťou.



Obr. 5 Slepá škvrna

2.6 DÚHOVÉ KOLESO

Pomôcky: - biely tvrdý papier
- špicatú ceruzku
- kružidlo
- nožnice
- farebné fixky

Postup: Na výkres narysujeme kružidlom kruh a vystrihneme ho (Obr. 6). Kruh rozdelíme na rovnaké časti a vyfarbíme ich rôznymi farbami (červená, oranžová, žltá, zelená, modrá, indigová, fialová). Uprostred kruhu urobíme dierku, cez ktorú prevlečie ceruzku. Pomocou ceruzky kotúč roztočíme.

Vysvetlenie: Počas točenia už nebudeme vidieť rôzne farby, ale len bielu farbu. Naše oči už nestíhajú rozlišovať každú farbu, pretože sa kruh otáča príliš rýchlo a tak vidia len kombináciu ich farieb. A to je biela farba, pretože biele svetlo vznikne spojením farieb dúhy, ktorými sme kruh zafarbili (obr. 7).



Obr. 6 Dúhové koleso 1



Obr. 7 Dúhové koleso 2

2.7 POHÁR PLNÝ SLNKA A OBLOHY

Pomôcky: - sklenený pohár priehľadný

- voda
- mlieko
- baterka

Postup: Pohár naplníme vodou a pridáme doň pár kvapiek mlieka. Baterkou zasvietime do pára zhora. Vidíme, že voda je modrastá (obr. 8) Ak baterku nasmerujeme na stenu pohára a budeme sa pozerat' do svetla cez pohár, uvidíme svetloružovú farbu vody (obr. 9).

Vysvetlenie: Voda zakalená mliekom sa vo vode sa správa ako čiastočky vzduchu na oblohe, ktoré rozptyľujú rôzne farby svetla do rôznych smerov. To je dôvodom prečo je obloha niekedy modrá a niekedy červená. Keď lúče prechádzajú bokom pohára, modré svetlo je najrozptýlenejšie a najviac viditeľné. Ak zdroj svetla držíte za pohárom, svetlo sa rozptyľuje do rôznych strán. Uvidíme teda červenú farbu, ktorá sa až tak veľmi nerozptyľuje ako modrá. Podobné sa deje pri západe Slnka.



Obr. 8 Ako modrá obloha



Obr. 9 Ako červená obloha

2.8 AKO VYTVORIŤ DÚHU

Pomôcky: - pohár

- biely papier
- lepenka s tenkou štrbinou
- voda

Postup: Pohár naplníme vodou a postavíme ho na papier. Lepenku oprieme o pohár tak, aby štrbina bola vo zvislej polohe a oboje otočíme ku slnku (teda zasvietime zdrojom svetla).

Vysvetlenie: Na papieri uvidíme dúhu (obr. 10,11), pretože voda nám v tomto prípade funguje ako hranol, ktorý rozkladá slnečné svetlo na spektrum farieb dúhy.



Obr. 10 Dúha na papieri 1



Obr. 11 Dúha na papieri 2

2.9 MIEŠANIE DVOCH FARIEB

Pomôcky: - lepenka

- žltý a modrý papier
- špagát
- nožnice

Postup: Z lepenky vystrihneme koliesko. Na jednu stranu nalepíme žltý papier a na druhú stranu nalepíme modrý papier (obr.12,13). Na okraji kolieska urobíme oproti sebe dve malé dierky. Cez tieto dierky pretiahneme špagát a držíme ho napnutý. Otáčaním špagátika roztočíme i kruh. Akú farbu teraz vidíme?

Vysvetlenie: Uvidíme zelenú farbu. Otáčaním kruhu sa nám farby zlievajú – splývajú nám. Naše oko si vnem farby dokáže podržať ešte krátky čas, po tom čo už zmizol. Takto môžete skladat rôzne farby.



Obr. 12 Žltá strana



Obr. 13 Modrá strana

2.10 ROTUJÚCE FARBY

Pomôcky: - tvrdý papier

- hrubá čierna fixka alebo pastel
- nožnice
- ceruzka

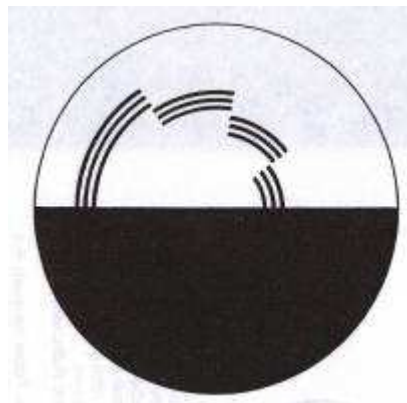
Postup: Na tvrdý papier nakreslíme ľubovoľne veľký kruh. Vystrihneme ho. Čiernou fixkou nakreslíme na papier tvary ako na obrázku (obr. 14,15). Kruh prepichnete v strede a pretiahneme cez neho ceruzku. Kruh roztočíme pomocou ceruzky.

Vysvetlenie: Pri roztočení kruhu už nebudeme vidieť čiernu a bielu farbu, ale postupne sa bude objavovať hnedá a modrá farba. Otáčaním kotúča do jednej strany sa na okraji objavuje hnedá farba. Pri otáčaní do druhej strany bude na okraji modrá farba. Ďalší obrázok znázorňuje inú variantu farieb, ktoré sa pri otáčaní budú objavovať. Tu by sa mala objavovať modrá, zelená a hnedá farba. Je to kotúč, ktorý predstavuje optickú ilúziu, ktorá z čiernej farby vytvára iné farby.



Obr. 14 Rotujúce farby 1

[1]



Obr. 15 Rotujúce farby 2

[1]

2.11 CHROMATOGRAFIA FARIEB

Pomôcky: - filtračný papier (pijavý papier)
- fixky rôznych farieb (od rôznych výrobcov)
- miska s vodou

Postup: Filtračný papier si rozdelíme na niekoľko malých kúskov (podľa toho koľko máme farieb). Na tieto kúsky nakreslíme fixkou nejaký útvar (napr. kruh). Filtračný papier ponoríme do vody tak, aby nám voda nezmáčala namaľovaný útvar. Papier bude vodu postupne nasakovať až sa dostane na namaľovanú škvrnu. Voda spôsobí to, že daná farba sa rozloží na jednotlivé farby, z ktorých bola vyrobená. (napr. zelená farba sa rozložila na žltú a modrú)

Vysvetlenie: Chromatografia je metóda na určenie jednotlivých zložiek vzorky (obr. 16). Ak voda vystúpi na farbu, tak molekuly farby sa naviažu na vodu. Ak sú tie molekuly silnejšie, farba vystúpi vyššie nad škvrnu, ak sú molekuly farby slabšie, tak farba klesne pod škvrnu.

Týmto pokusom sme chceli žiakom ukázať ako napríklad miešajú farby výrobcovia rôznych fixiek. A pomôže rozlíšiť atrament a fixky rôznej farby podľa toho, či sú zložené z jednej farby alebo viacerých.



Obr. 16 Chromatografia na papieri

2.12 VÝROBNÉ DIELNE

V rámci výrobných dielní si žiaci mohli vyrobiť dve jednoduché vedecké hračky a to filmové koleso (obr. 17) a periskop (obr. 19). Tieto hračky si mohli vyrobiť počas akcie Noc výskumníka v Košiciach ako aj na dňoch otvorených dverí UF SAV v Košiciach.

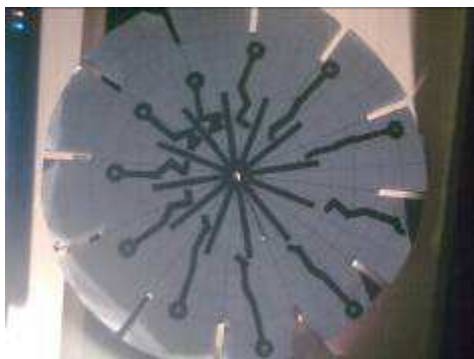
Filmové koleso

Pomôcky: - tvrdý papier

- predtlačený vzor kolesa
- nožnice
- lepidlo
- čierna fixka
- kancelárska spona

Postup: Predtlačený vzor (obr. 18) nalepíme na tvrdý papier. Vystrihneme koleso a zastrihneme diery podľa vyznačenia na kolese. Zozadu zafarbíme časť kolesa po obvode čiernou fixkou. Stred kolesa prepichnete a vložíme do diery kancelársku sponu. Ak už je koleso hotové postavíme sa pred zrkadlo, koleso chytíme za sponu a zatočíme koleso. Pritom sa pozeráme do zrkadla cez vystrihnuté diery. Vidíme, že vzor, ktorý je nakreslený na kolese sa pohybuje akoby sme premietali film.

Vysvetlenie: Na vzore nášho filmového kolesa sú nakreslení nejakí panáčikovia, ktorí preskakujú prekážku. Každý ďalší panáčik je nakreslený v inej polohe. Vzhľadom k tomu, že naše oči sú veľmi pomalý organ, tak pri otáčaní kolesa vidíme daný jav ako súvislý dej.



Obr. 18 Filmové koleso



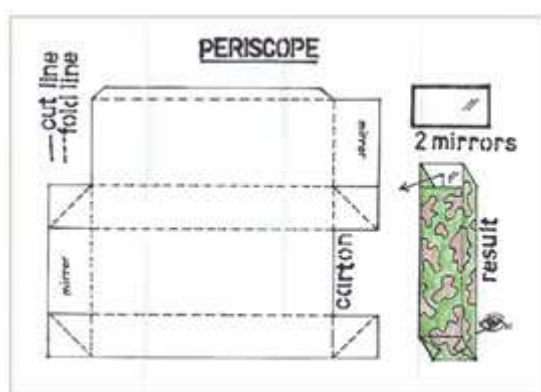
Obr. 17 Výroba kolesa

Periskop

- Pomôcky: - lepenka alebo tvrdý papier
- nožnice
 - dve malé zrkadlá (môže byť aj vystrihnuté z CD-čka)
 - lepiaca páska
 - lepidlo

Postup: Vopred vytlačenú šablónu periskopu (obr. 20) nalepíme na lepenku, vystrihneme podľa predlohy a poprehýname podľa zárezov. Do zárezov prilepíme zrkadlá, ktoré musia byť upevnené pod uhlom 45 stupňov.

Vysvetlenie: Svetlo sa šíri priamočiare, pokiaľ mu v tom nebráni nejaká prekážka. Vieme, že svetlo sa môže odrážať od zrkadiel. A preto vidíme cez periskop predmety, ktoré ináč nevidíme, pretože sú za nejakou prekážkou.



Obr. 20 Šablóna periskopu



Obr. 19 Výroba periskopu

<http://www.topspysecrets.com/how-to-build-a-periscope.html>

2.13 POKUSY S RGB MIXÉROM

RGB mixér je zariadenie, ktoré pracuje na základe aditívneho miešania farieb. Teda R – red (červená), G – green (zelená) a B – blue (modrá) farba. RGB mixér, ktorý sme použili pozostáva z riadiaceho panela (obr. 21) a z led lampy (obr. 22), ktorá pozostáva z červených, zelených a modrých lediek. Riadiaci panel nám pomocou tlačidiel umožňuje meniť intenzitu týchto troch farieb, ďalej frekvenciu svietenia, ako aj umožňuje nastaviť mixér tak, aby sa menili farby na základe zvuku, ktorý sníma led lampa a ešte mnoho iných funkcií.



Obr. 21 Riadiaci panel



Obr. 22 Led lampa

Overenie aditívneho miešania farieb

Pomôcky: - RGB mixér

Postup: RGB mixér zapojíme podľa návodu v príručke, teda pomocou kábla spojíme riadiaci panel s led lampou a obidva tieto zariadenia zapojíme do siete. Keďže miešanie farieb sa dá ovládať aj na led lampe, tak si ju nastavíme tak, aby sme to mohli ovládať pomocou panela. To urobíme takto: led lampa obsahuje desať malých spínačov. Pre ovládanie pomocou panela necháme všetky spínače v polohe OFF, okrem

jedného zo spínačov 1 - 9, ktorý, musí byť v polohe ON. Ktorý to je záleží podľa adresy k riadiacemu panelu. V našom prípade bude v polohe ON spínač číslo 1. Ak budeme mať všetko nastavené, môžeme sa pustiť do miešania farieb. Prvým polohovým tlačidlom na riadiacom paneli sa mení intenzita červenej farby, druhým polohovým tlačidlom sa mení intenzita zelenej farby a tretím tlačidlom sa mení intenzita modrej farby. Ostatné tlačidlá nás v tej úlohe nezaujímajú.

Vysvetlenie: Ako prvé overíme, či zmiešaním červenej a zelenej farby vznikne žltá farba. Prvé polohové tlačidlo dáme do maximálnej polohy rovnako ako aj druhé polohové tlačidlo. Teda miešame červenú a zelenú farbu. Výsledok, ktorý sa nám premietla na stene (najlepšie bielej stene a zatemnenej miestnosti) je naozaj žltá farba (obr. 23). Ďalej zmiešame červenú farbu s modrou, teda prvé a tretie polohové tlačidlo pôjdu do maximálnej polohy. Výsledkom je fialová farba (obr. 24). Potom zmiešame zelenú farbu s modrou, teda druhé a tretie polohové tlačidlo do maximálnej polohy. A výsledkom je naozaj tyrkysová modrá farba (obr. 25). No a na koniec zmiešame všetky tri farby, teda všetky tri polohové tlačidlá do maximálnej polohy. Podľa teórií by mala byť výsledkom biela farba. A naozaj aj biela farba sa nám premietla na stenu (obr. 26).



Obr. 23 Žltá farba



Obr. 24 Fialová farba



Obr. 25 Tyrkysová modrá farba



Obr. 26 Biela farba

Rozprávajme farebne

Táto úloha je podaná zábavnejšou formou. Najlepšie je túto úlohu uskutočniť na ľubovoľnej vyučovacej hodine. Vyššie sme spomínali, že mixér môžeme nastaviť tak, aby sa farby samostatne miešali podľa zvuku, ktorý je zachytávaný snímačom na led lampe. Teda bude sa meniť farba podľa toho ako rozpráva (vysvetľuje učivo) učiteľ/ka a rovnako sa bude meniť farba podľa toho ako odpovedajú žiaci, poprípade ako vyrušujú. Samozrejme zmena farby bude závisieť aj od intenzity rozprávania. Na konci si môžu žiaci povedať, že učiteľka rozpráva na ružovo, kričí trebárs na žltó, žiaci vyrušujú na bielo a tak ďalej.

Pomôcky: - RGB mixér

Postup: Na tento pokus nám úplne stačí len led lampa bez riadiaceho panela. Led lampu zapojíme do siete. V zadnej časti lampy nastavíme spínače tak, aby lampa reagovala na zvuk. A to urobíme tak, že spínač číslo 10 je v polohe ON a ostatné všetky spínače sú v polohe OFF. Ak to máme takto zapojené, tak môžeme začať rozprávať respektíve kričať.

Vysvetlenie: Led lampa obsahuje snímač (mikrofón), ktorý reaguje na rôzne zvuky ako rev, krik ale aj buchot napríklad buchot po stole. Teda podľa intenzity prichádzajúceho zvuku mieša mixér rôzne farby. Takéto miešanie farieb, teda podľa zvuku sa využíva na rôznych zábavách, diskotékach, kde sa menia farby reflektorov podľa prichádzajúceho zvuku jednotlivých piesni

Záver

Cieľom tejto práce bolo prezentovať žiakom a študentom fyzikálne javy, s ktorými sa bežne v živote stretávajú prostredníctvom jednoduchých experimentov na základe písanej teórie. Rovnako snahou bolo vzbudenie záujmu o fyziku, o prírodné vedy a nasmerovanie na ďalšie bádanie a objavovanie niečoho nového.

Témou diplomovej práce je fyzika svetla a jednoduché optické ilúzie. Práve táto téma patrí k tým, ktoré názorne ukážu žiakom a študentom ako priamo súvisí fyzika s javmi bežného života. V teoretickej časti sme sa sústredili na popis miešania farieb z historického aj fyzikálneho hľadiska, opísali sme dva základné spôsoby miešania farieb aditívny a subtraktívny. V ďalšej kapitole sme využijúc prevažne internetové zdroje opísali princíp väčšiny farebných prírodných efektov ktoré fascinujú ľudí už od nepamäti ako dúha, polárna žiara, Halové javy, ohybové javy. Túto časť diplomovej práce sme experimentálne vyskúšali počas súvislej pedagogickej praxe v tercii a v treťom ročníku gymnázia v Gelnici vo februári 2011. Táto prax potvrdila, že fyzikálna podstata farebných prírodných efektov nie je medzi študentmi známa a že fyzika popisujúca bežné javy života zaujme študentov viac ako abstraktné laboratórne pokusy.

Praktická časť obsahuje pásmo pokusov na svetlo a farbu, ktorých cieľom bolo sprostredkovať žiakom jednoduchšie pochopenie s touto témou spojených fyzikálnych javov. Tieto pokusy sú schopní žiaci samostatne zopakovať aj doma a tak aj vysvetliť niektoré javy rodičom. Výstupom pásma o svetle a farbe bol žiacky projekt siedmakov základnej školy na Trebišovskej ulici v Košiciach s ktorým vystúpili na žiackej vedeckej konferencii v novembri 2010 v Košiciach. Žiakmi pripravená prezentácia tvorí prílohu tejto diplomovej práce. Práca na vedeckom projekte motivovala žiakov k ďalšej práci na fyzikálnych projektoch.

Navrhnuté pásmo pokusov poslúžilo navyše ako zásobník pokusov pre našu účasť na veľkých popularizačných akciách ako napríklad Noc výskumníkov v septembri a Deň otvorených dverí UEF SAV v novembri 2010 v Košiciach.

Poslednou praktickou aplikáciou nami navrhnutého pásma pokusov je jeho zaradenie do metodickéj príručky kurzu fyziky pre malé deti Pastelková fyzika, kde tvorí samostatnú kapitolu Fyzika farieb.

Jednoduchosť pokusov a univerzálnosť ich použitia pre rôzne vekové skupiny súvisí s už viackrát spomenutým faktom, že deti, žiakov, študentov aj dospelých najviac zaujíma fyzika v okamihoch, keď sa dotýka ich bežného života. Aj z tohto dôvodu si myslíme, že toto navrhované pásmo jednoduchých experimentov je vhodné na bežné použitie v školách. Je spracované vo forme metodického materiálu pre ďalšie použitie učiteľmi. Predkladaná diplomová práca bola riešená ako súčasť projektu APVV LPP – 0270 – 09 Prírodné vedy pre každého.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Churchill, E.R. Kouzelná knížka optických iluzí. Praha: Portál, 2004. 128 s. ISBN 80-7178-842-2
- [2] Goethe, J. W. O přírode a umení. Bratislava: Pravda, 1982.
- [3] Kolektív. Takmer tisíc pokusov veselo i vážne. Bratislava: Perfekt, 2007. 262 s. ISBN 80-8046-334-4
- [4] Lorber, George C. – Nelsonová, Leslie W. Fyzikální pokusy pro děti. Praha: Portál, 1998. 224 s. ISBN 80-7178-181-9
- [5] Pleskotová, Petra. Svet barev. Praha: Albatros, 1987. 199 s.
- [6] Sherwoodová, E. A. – Williams, R.A. – Rockwell, R.E. Od bábovičiek k magnetum. Praha: Portál, 1996. 176 s. ISBN 80-7178-110-X
- [7] Vít'azková, Jaroslava. Jednoduché pokusy z pružnosti pre žiakov ZŠ a študentov SŠ: bakalárska práca. Košice: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 2009. 48s.
- [8] Ako vnímame farby. Dostupné na internete:
<<http://hockicko.uniza.sk/semestralky/prace/101/index.html>>.
- [9] Balog, Tomáš. Prečo je obloha modrá a prečo vyzerá západ Slnka ako vyzerá. In SmeBlog [online]. 2002, [cit. 2007-03-01]. Dostupné na internete:
<<http://balog.blog.sme.sk/c/84387/Preco-je-obloha-modra-a-preco-vyzera-zapad-Slnka-ako-vyzera.html>>.
- [10] Elektromagnetické žiarenie. [cit. 2011-03-14]. Dostupné na internete:
<http://sk.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_%C5%BEiarenie>.
- [11] Optické úkazy v atmosfére. [cit. 1999-2011]. Dostupné na internete:
<<http://ukazy.astro.cz/>>.
- [12] Polárna žiara. [cit. 2011-04-02]. Dostupné na internete:
<http://sk.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rna_%C5%BEiara>.
- [13] Poznámkový server. Dostupné na internete:
<<http://www.ivob.sk/poznamky/GDM1/Farba.pdf>>.
- [14] Rebrová, Kristína. Vnímanie a pomenovanie farieb a farebných kategórií: bakalárska práca. Bratislava: Univerzita Komenského v Bratislave, 2007. Dostupné

na internete: <<http://kik-re.freehostia.com/bc/>>.

[15] Tokárová, Daniela. Teória dúhy. [cit. 2001-02-09]. Dostupné na internete:

<<http://kekule.science.upjs.sk/fyzika/ucebnetexty/doplňkove/lucovaoptika/02.htm>>.

Príloha A

SVETLO VO FYZIKE



SLNKO – zdroj svetla

- svetlo je elektromagnetické vlnenie
- vo vákuu sa šíri rýchlosťou 300 000 km/s
- pre život na Zemi je svetlo zo Slnka nevyhnutné
- rastliny potrebujú Slnko pre fotosyntézu, vďaka tejto reakcii rastú
- aj zvieratá ho potrebujú, pretože vďaka Slnku získavajú energiu z potravy
- bez Slnka nemôžu byť ani rastliny, ani zvieratá, teda ani človek

ODRAZ A LOM

Aby sme pochopili určité optické javy, musíme vedieť, čo sa stane, ak dopadnú svetelné lúče na teleso.

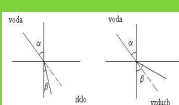
1. Odraz svetla

- nastáva pri dopade svetla na rovinné zrkadlo
- veľkosť uhla odrazu (?) sa rovná
- veľkosť uhla dopadu (α).



2. Lom svetla

- nastáva, ak svetelný lúč dopadne na rozhranie 2 optických prostredí
- lom ku kolmici (voda-sklo)
- lom od kolmice (voda-vzduch)



SVETLOVOD

Vo vnútri hranola sa svetlo viackrát odrazí



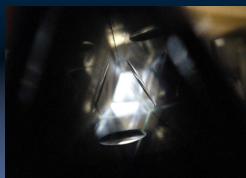
Laserový lúč sa ohýba v prúde vody



Svetielka z diód sa odrážajú v polarizačnom skle

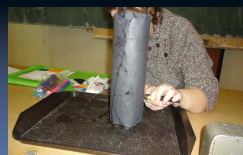


ODRAZ SVETLA V HRANOLE



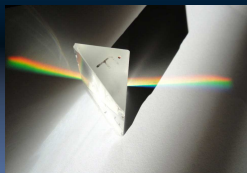
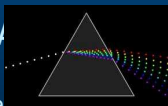
ODRAZ SVETLA

Svetlo sa vo vnútri prúdu vody odráža na optickom rozhraní voda-vzduch.



ROZKLAD SVETLA

nastane pri prechode svetla cez sklenený trojboký hranol, vzniká farebné spektrum.



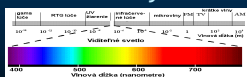
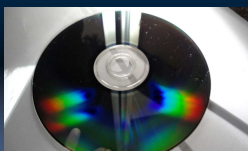
DÚHA

Slnecné lúče sa rozkladajú v kvapkách vody.



SPOJITÉ SPEKTRUM

Podobne sa vysvetľuje aj farebné spektrum, ktoré vznikne na povrchu CD, alebo bubliny.



SPEKTROMETRIA

- takto jednoducho sme zistili, z akých farieb sú zložené naše fixky



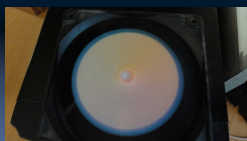
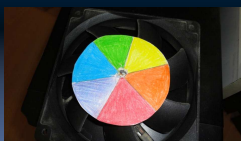
- zelená sa rozložila na žltú a tyrkysovú



SKLADANIE FARIEB

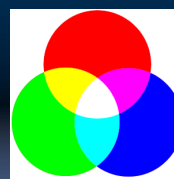


- zložením spektrálnych farieb rovnakej intenzity vzniká v oku biele svetlo
- preto po roztocení vidíme bielu farbu



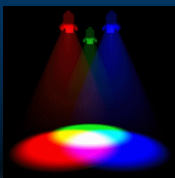
FARBY - ako ich vidíme

- Pri osvetlení bielym svetlom dopadajú na povrch každého predmetu tri farebné zložky svetla: **modrá**, **červená** a **zelená**.
- Niektoré materiály dopadajúce svetlo odrážajú, iné ho pohlcujú.
- Väčšinou však dochádza k odrazu len niektorých zložiek.
- Prečo majú telesá rôzne farby? Prečo je napríklad jablko červené?
- Jablko odráža iba **červené** svetlo, všetky ostatné zložky svetla pohlcuje.



RGB - MIXÉR

- R - ako red
- G - ako green
- B - ako blue
- Zložením týchto troch základných farieb dostaneme až 16 miliónov farieb



- prezentáciu Vás sprevádzali: Denisa, Filip, Mirka a Radka zo ZŠ Trebišovská 10 v Košiciach
- pokusy boli realizované v spolupráci s Dr.Zentkovou a študentkou Jarkou Vítazkovou, za čo im dakujeme
- zdroj : wikipédia.sk, google.sk
- Dakujeme za pozornosť.