

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

FYZIKÁLNÍ PRINCIPY SOUČASNÉ FOTOGRAFIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

*Bc. Veronika Macháčová
Učitelství fyziky pro základní školy
Učitelství technické výchovy pro základní školy
Léta studia (2012–2014)*

Vedoucí práce: *RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.*

Plzeň, 30. června 2014

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň, 30. června 2014

.....

Bc. Veronika Macháčová

Tímto bych chtěla velice poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu RNDr. Miroslavu Randovi, Ph.D. za velice důležité a zásadní rady, za celkovou pomoc a shovívavost při zpracování práce. Dále tímto také děkuji řediteli Základní školy Chotěšov panu Mgr. Františku Haladovi za umožnění realizace vědecké části této práce a taktéž děkuji panu Mgr. Pavlu Káčerikovi za přímou realizaci pracovních listů ve školním vyučování. V neposlední řadě taktéž děkuji své rodině a nejbližším přátelům za projevenou podporu a trpělivost.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vývojem fotografie v průběhu 20. století a nejmodernější fotografickou technikou na počátku 21. století.

V první části diplomové práce je podrobně popsán jak fyzikální, tak chemicko-technologický vývoj fotografie v průběhu 20. století. V práci jsou uvedeny taktéž specifické oblasti, na které měla fotografie veliký formativní vliv.

Druhá část práce se zabývá fyzikálními a technickými specifiky ve vývoji fotografie. V uvedených kapitolách je podrobně popsán vývoj fotografických filmů a vývoj elektronických snímacích čipů. V této kapitole jsou taktéž detailně popsány specifika fotoaparátů používaných v kosmu a vybrané speciální prvky v novodobém vývoji fotografie.

Ve třetí části jsou uvedeny vytvořené pracovní listy vycházející z teoretické části diplomové práce, které jsou následně prakticky vyzkoušeny ve školním vyučování.

ABSTRACT

The thesis deals with the development of photography in the course of 20th century and the latest photographic technology in the early of 21st of the century.

In the first part of the thesis is described in detail how physical so chemical and technological development of photography in the course of the 20th century. They are also given a specific area to which the great formative influence was photos.

The second part of thesis deals with the physical and technical characteristics in the development of photography. In these chapters is described in detail the development of photographic films and electronic sensing chips. In this chapter are also described in detail the specifics of the cameras used in the cosmos, and selected special elements in the modern development of photography.

In the third section are created worksheets based on the theoretical part of the thesis, which are subsequently practically tested in the school teaching.

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Historie fotografie ve 20. století.....	9
2.1	Ušlechtilé tisky.....	10
2.1.1	Olejetisk (Oil pigment process).....	11
2.1.2	Bromolejetisk (Bromoil process).....	13
2.1.3	Carbro metoda (Carbro print).....	14
2.2	Barevná fotografie.....	15
2.2.1	Stručná historie barevné fotografie.....	15
2.2.2	Barevná fotografie v 1. pol. 20. století.....	19
2.2.3	Digitální revoluce ve světě fotografie.....	24
3	Fyzikální a technická specifika ve vývoji fotografie.....	31
3.1	Vývoj fotografických filmů.....	31
3.1.1	Černobílý fotografický film.....	31
3.1.2	Barevný fotografický film.....	35
3.2	Vývoj elektronických snímacích čipů.....	41
3.2.1	CCD.....	41
3.2.2	CMOS.....	48
3.3	Specifika fotoaparátů používaných v kosmu.....	52
3.4	Některé speciální prvky v novodobém vývoji fotografie.....	57
4	Pracovní listy s úkoly pro žáky ZŠ.....	61
4.1	Pracovní list – Skládání barev (žákovská verze).....	62
4.2	Pracovní list – Skládání barev (učitelská verze).....	68
4.3	Pracovní list – Fotografování (žákovská verze).....	74
4.4	Pracovní list – Fotografování (učitelská verze).....	80
4.5	Pracovní list – měření pomocí CCD (žákovská verze).....	86
4.6	Pracovní list – měření pomocí CCD (učitelská verze).....	91
4.7	Vybrané ukázky vypracovaných úkolů.....	96
4.8	Fotografický záznam průběhu zpracování pracovních listů.....	106
4.9	Vybrané výsledky pracovního listu – fotografování.....	112
4.10	Průběh a evaluace.....	115
5	Závěr.....	116
	Obrazová příloha.....	118
	Seznam obrázků.....	122
	Jmenný rejstřík.....	124
	Seznam citací a zdrojů informací.....	125

1 Úvod

V současné době vlastní fotoaparát téměř každý člověk v civilizované společnosti a to díky neustálému vývoji a modernizaci v oblasti spotřební elektroniky. Z historického hlediska je fotografie stará téměř 200 let, ale nejpřekotnější vývoj probíhal právě během 20. století.

Na počátku 20. století vědci řešili problém týkající se vzniku barevné fotografie a na konci 20. století už člověk mohl díky digitální fotografii pořizovat téměř nekonečné množství fotografií o velmi vysoké kvalitě. Dalo by se říci, že fotografie se ujmula v téměř všech odvětvích lidského života a taktéž se podílela určitým vlivem na formování různých oblastí.

Výběr tématu diplomové práce se odvíjí od mého několikaletého zájmu, kterým je právě fotografování. V teoretické části práce se snažím zmapovat jak historický vývoj fotografie, tak specifické oblasti ve fotografii, přičemž v praktické části zpracovávám vybrané oblasti, které následně prakticky zkouším přímo v praxi s žáky základní školy z důvodu rozšíření fyzikálních a technických znalostí a dovedností v rámci popularizace přírodovědných a technických předmětů.

2 Historie fotografie ve 20. století

Počátkem 20. století tomu bylo již téměř 75 let od doby, kdy v roce 1826 francouzský experimentátor a vynálezce JOSEPH NICÉPHORE NIEPCE (1768–1833) pořídil první fotografii na světě, jež se dochovala až do dnešní doby (obr. č. 1). Během těchto téměř osmi desetiletí došlo k obrovskému pokroku a rozvoji v celém fotografickém odvětví. Jak od vývoje technických parametrů a specifík fotografických přístrojů, přes skleněné optické soustavy objektivů, tak k samotným záznamovým médiím a samozřejmě také k chemickým látkám pro záznam a vyvolání snímků používaných. V tomto období taktéž fotografie prodělala veliký vývoj od černobílých fotografií, přes fotografie ručně dobarvované čili kolorované, až k fotografiím zachycující věrné podoby fotografovaných barev čili k barevné fotografii.



Obr. č. 1: První fotografie na světě – pohled z NIEPCEHO okna ve francouzském městečku Gras na dvůr statku.^[1]

Neustále docházelo díky různým experimentům a objevům ke zkracování doby expozice (od původních několika hodin k několika sekundám), ke zlepšování ostroty pořízeného snímku, ke zmenšování parametrů fotografických přístrojů a také samozřejmě ke zrychlení, zjednodušení a zpřesnění vyvolávacího procesu. Fotografický přístroj a fotografie se velmi dobře dostaly do všeobecného podvědomí a staly se dozajista nedílnou součástí civilizované společnosti.

Na přelomu 19. a 20. století došlo k rozvoji nejen samotné fotografie, ale také k rozvoji oborů, které se z fotografování začaly postupně vyčleňovat. Mezi tato odvětví patřily např. *ušlechtilé tisky*. Proč tomu tak bylo, popsal J. KOLIŠ následovně: „*Koncem 19. století, kdy se fotografie natolik zjednodušila, že se stala snadnou zábavou davu fotoamatérů, snažili se někteří fotografové odlišit od „primitivních vzpomínkových obrázků“ jakýmsi zaměřením svých fotografií. Někdo úmyslně potlačoval ostrost tehdy už kvalitních objektivů použitím tzv. „měkkých objektivů“, pomocí teleobjektivů se dalo neostrosti dosáhnout fotografováním v mlze či využít velkého sloupce zaprášeného vzduchu. Jiní své fotografie úmyslně přímo rozostřovali, další záměrně rozechvěli během exponování*

negativu stativ nebo před objektiv dávali sklička se slabou vrstvou rozetřené vazelíny či s nějakými vrypky a rýhami, které tak např. svítící pouliční lucernu umělecky zobrazily jako neostrou hvězdičku, kolečko či křížek. A z toho důvodu se zhruba v posledním desetiletí 19. století ve fotografii začaly prosazovat tzv. ušlechtilé tisky. Jednalo se o techniky, které složitějším způsobem zasahovaly do pozitivního procesu a měnily tak konečnou podobu fotografie.“^[2]

2.1 Ušlechtilé tisky

Ušlechtilé tisky, ušlechtilé fotografické tisky nebo také chromované klichoviny¹ – tyto všechny názvy označují obdobný způsob získávání fotografií, při kterých je každá z fotografií při vyvolávacím procesu tak ovlivněna zásahem člověka, že není možné vytvořit dva naprosto totožné obrázky. Může se jednat o nestejný poměr složení chemických látek, tudíž výsledná podoba fotografie má odlišný tón barvy oproti předchozí jiné vyvolané fotografii. Může se jednat o úmyslné zkrácení či prodloužení času působení vyvolávací lázně, nebo se také může jednat o mechanický zásah do podoby fotografie – fotografové velmi často používali metody vrypů a oškrabů². První ušlechtilé tisky vznikly již ve 30. letech 19. století, ale zlatý věk těchto postupů nastal až na přelomu 19. a 20. století a to mělo za následek, že v období od přelomu století až do 30. let 20. století vznikla a velmi často byla používána rozsáhlá škála jednotlivých ušlechtilých tisků, které jsou od sebe rozlišovány podle mnoha hledisek. Tato hlediska mohou být např. „...barví-li se místa osvitnutá (tedy utvrzená), nebo neosvitnutá (neutvrzená) a zda se barvení provádí jen na povrchu nebo v celé vrstvě chromovaného koloidu. V některých případech (světlotisk) lze získané snímky na desce použít i jako tiskové matrice k vytváření kopií.“^[4]

Zde jsou uvedeny ty nejvýznamnější ušlechtilé tisky, které vznikly v období od 30. do 90. let 19. století, jsou to: kyanotypie, uhlotisk, platinotypie a gumotisk. Jelikož je tato kapitola koncipována do období vývoje fotografie ve 20. století, tak uvedené metody zde nebudou více rozebírány³.

Metody ušlechtilých tisků vzniklé buď na přelomu 19. a 20. století nebo ve 20. století jsou: olejotisk, bromolejotisk, carbrometoda a pinotypie. Tyto uvedené metody ušlechtilých tisků jsou důkladně popsány na několika následujících stranách.^{[4][5][6][7]}

¹ Pojem klichovina je odvozen od slovního spojení *kostní klich* (viz obrazová příloha). „*Kostní klich je historicky doložené lepidlo organického původu. Jeho největší rozmach byl ve středověku, ale pracujeme s ním do teď. Sloužil zejména pro lepení dřeva (zejména překližek) a papíru. V dnešních dobách nalézá využití zejména při opravách starého nábytku, hudebních nástrojů či v knihařství. Lepidlo se vyznačuje svou trvanlivostí, pevností a odolností. Dalším odvětvím, kde klichy využíváme je malířství, kde je používáme jako podklad pro zlacení. Kostní klich je vyroben z kostí jatečných zvířat obsahujících osein, během výroby se z oseinu uvolňuje glutin a kolagen. Kostí se následně zbaví zbytků šlach, svaloviny atd. Poté následuje proces drcení (frakce až 50 mm) přičemž vzniká tzv. kostní ořech, který je výchozí surovinou pro vznik tuhého kostního klichu. Kostní klich je mírně kyselý a obsahuje asi 1 % SO₂, vodu může obsahovat max. do výše 17 %.*“^[3]

² Oškrab – úmyslné mechanické působení nožem či jiným ostrým předmětem na vrstvu chromované želatiny/klichoviny, která se následně musí zviditelnit vhodně zvoleným zabarvením.^{[4][5]}

³ Uvedené ušlechtilé tisky je možné prostudovat na: <http://fototechniky.cz/>

2.1.1 Olejotisk (Oil pigment process)

Tento druh ušlechtilého fotografického tisku vynalezl G. E. H. RAWLINS roku 1904 a název je odvozen od poznatku, že barvení bylo prováděno olejovou barvou či tiskařskou černí, která je velmi mastná. Tato metoda se stala ve svém období nejpoužívanější a nejoblíbenější metodou ušlechtilých tisků ze všech metod ušlechtilých tisků v té době používaných, přičemž důvodem proč se tomu tak stalo, bylo, že tato metoda dovolovala autorovi fotografie nejrozsáhlejší zásah do podoby vznikající fotografie při vyvolávacím procesu. Autor mohl doslova tvořit fotografii během vyvolávání dle svých představ, jelikož měl nad tímto procesem okamžitou kontrolu – bylo možné vidět, co se právě na fotografii děje a ze zkušeností již fotograf věděl, jaké budou následovat na obrázku změny, čehož se právě využívalo.

Principiálně se vycházelo z vlastností chromované želatiny, což znamená, že základem této metody byl tzv. přenášeč papír, jenž na svém povrchu obsahoval určitou vrstvu želatiny. Aby se jednalo o chromovanou želatinu, tak se tento papír musel ještě následně zcitlivovat (sensibilovat) v roztoku destilované vody a dichromanu draselného⁴ ($K_2Cr_2O_7$). Zcitlivování papíru probíhalo tak, že fotograf vzal papír a speciálně upraveným štětcem nanášel roztok dichromanu draselného v souměrných tazích po celé ploše papíru, přičemž bylo důležité, aby celý proces senzibilace proběhl v co možná nejkratším čase. Následně se papír ihned začal vysoušet, což se provádělo velmi jednoduše nad lihovým kahanem. Protože tento způsob vysoušení způsoboval, že papír se vlivem tepleného působení „kroutil“ bylo nutné ho opět narovnat. Narovnávání bylo prováděno napínáním v kopírovacím rámu, kde byl papír umístěn pod negativem. Uvedený postup narovnávání musel samozřejmě být již prováděn v temné komoře, čímž se předešlo trvalému znehodnocení fotografického materiálu již připraveného pro exponování fotografie.^{[8][9][10]}



Obr. č. 2: Olejotisk – obrázek byl pořízen roku 1904 ROBERTEM DEMACHYM.^[12]

⁴ Dichroman draselný je v základním pevném skupenství typický svou oranžovo-červenou barvou (viz obrazová příloha), což je jeden z důvodů, proč se právě tato látka používala pro oranžovo-červené tónování fotografií.^[11] Ovšem nejdůležitějším důvodem, proč byla tato látka používána je, že „... dichroman draselný způsobuje citlivost želatiny na UV záření.“^[8]

Následné kopírování probíhalo již za denního světla. „*Jakmile byl negativ vykopírován, propral se papír ve studené vodě (již na plném denním světle), aby se chrom vyloučil. Na čistém papíru byl již patrný slabý reliéf obrázku, který ještě více vystoupil po vložení na 3–5 minut do vody teplé 30–35 °C. Po vyjmutí se kopie položila na mokrý savý papír a odstranily se z ní veškeré zbytky vody*⁵.“ Dále bylo důležité, aby se takto zpracovaný obrázek nechal přibližně tři⁶ dny sušit na tmavém a dobře větraném místě. Po uplynutí přibližně tří dnů se perfektně vysušený obrázek vzal a opět vložil na cca. 5 minut do obyčejné vody mající pokojovou teplotu, tudíž došlo opět k absorbování vody želatinou. Avšak nyní nedocházelo již k rovnoměrnému bobtnání. Málo osvětlená místa (na pohled světlá místa) byla utvrzena méně, tudíž docházelo k rychlejšímu absorbování vody a na pohled k viditelnějšímu bobtnání. Oproti tomu tmavší místa, která byla osvětlena intenzivněji, byla velmi dobře utvrzena a tím pádem docházelo k absorpci vody velmi pomalu. Díky nerovnoměrnému vsákávání docházelo ke vzniku nerovnoměrného reliéfu, čehož se následně využívalo právě při barvení. Proces samotného barvení obrázku byl taktéž velmi specifický. Obrázek musel být barven za mokra a to z toho důvodu, že vyvýšeniny na želatinovém reliéfu barvu odpuzovaly a vyhloubená místa barvu přitahovala. Pro nanášení barvy⁷ byl používán speciálně upravený štětec, nejčastěji šikmo seříznutý, a samotné nanášení vyžadovalo spoustu zkušeností a velkou míru zručnosti. Barvení muselo probíhat velmi rychle, avšak i velmi pečlivě, přičemž barva byla nanášena lehkými a trhavými pohyby na celý povrch želatinové vrstvy. Takto vyhotovený obrázek se musel za vlhka rychle napnout do rámu a nechat přibližně 3 dny schnout, přičemž při samotném procesu schnutí bylo nesmírně důležité, aby byla zajištěna maximální bezprašnost v prostoru, kde se schnoucí obrázek nacházel. Po uplynutí přibližně tří dnů mohl fotograf obrázek vyjmout z napínacího rámu a kopii retušovat, což se provádělo velmi ostrým nožem.^{[2][8][9][10][13][14][15]}

Poznávací znaky obrázků vytvořených metodou olejetisku jsou: „*Olejetisk dobře poznáme podle tahů a stop štětín štětce. Protože želatinový reliéf rychle schnul a namáčení barvy se muselo provádět rychle, nebývají olejetisky větší než 18 x 24 cm (větší obrazy neumožňovaly dokonalé propracování, protože reliéf při nanášení barvy rychle vysychal)*.“^[10]

Fakt, že olejetisk byl na počátku 20. století velmi oblíbenou technikou většiny fotografů, dokazuje i to, že roku 1911 zhotovil nejznámější český fotograf FRANTIŠEK DRTIKOL (1883–1961) dodnes velmi známé album obsahující 50 fotografií tehdejší Prahy s názvem *Z dvorů a dvorečků staré Prahy* (obr. č. 3).^{[2][16]}

⁵ Další metoda, která se k vysoušení používala, spočívala v položení papíru na rovnou pevnou podložku, poté se na papír položila jemná savá textilie, po které se rovnými tahy přejíždělo speciálním gumovým válečkem.^{[8][9][10][13]}

⁶ Doba sušení se různí podle autorů, někteří uvádějí dva dny, jiní zase dny čtyři. Nejdůležitější ovšem je, aby obrázek v této fázi byl absolutně vyschlý, což vyplývá z mnoha aspektů při sušení jako např. teplota a vlhkost prostoru, v němž se sušený obrázek nachází, kvalitní odvětrávání apod.^{[8][13][14][15]}

⁷ Pro barvení se používala nejhojněji tiskařská černá, nebo byly také používány speciálně vyráběné barvy pro olejetisk, které vyráběly dvě tehdejší společnosti v Paříži – firma Charbonell a firma Lorilleux.



Obr. č. 3: Olejotisk F. DRTIKOLA z alba *Z dvorů a dvorečků staré Prahy*.^[17]

2.1.2 Bromolejotisk (Bromoil process)

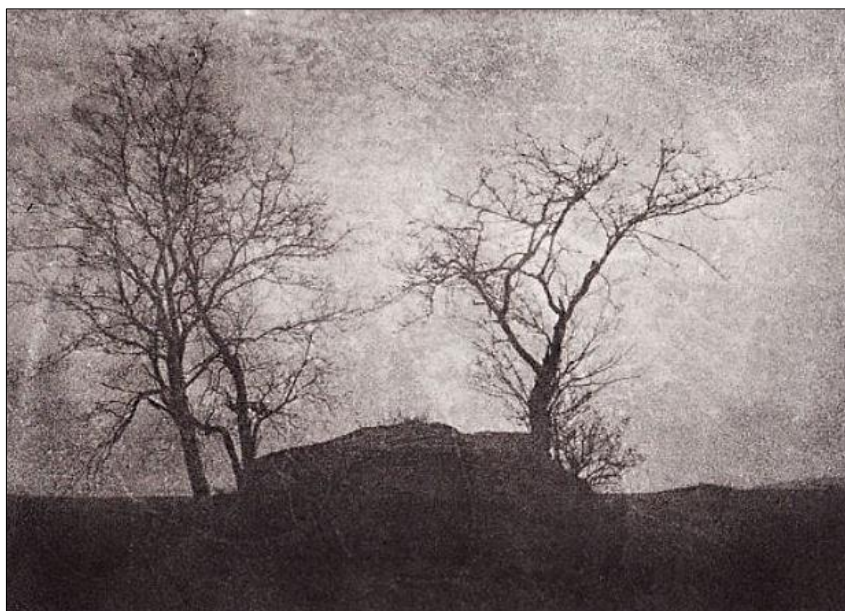
Tato metoda ušlechtilého tisku byla objevena v roce 1907 E. J. WALLEM a C. WELBERNEM PIPEREM. Na české území se dostala až o rok později (1908) a jedná se o metodu opět založenou na chromované želatině, jako tomu bylo u olejotisku.^{[18][19]} „*Proces je názvem, vzhledem i konečným postupem podobný olejotisku, ale jde o principiálně odlišnou techniku s jiným chemickým dějem.*“^[19] Postup tvorby bromolejotisku spočíval tedy v podobném postupu jako olejotisk, avšak odlišnost této metody spočívala v jiném chemickém utvrzení želatiny a vzniku nerovnoměrného reliéfu, čehož se dosahovalo tak, že obraz byl vybělován stříbrem a to za přítomnosti dichromanu draselného.^{[18][19]}

„*Bromolejotisk jest pozitivní postup fotografický, spočívající v nanášení olejové barvy na nabobtnalý reliéf želatinový, bílením z obrazu bromostříbrného vzniklý. Vlastností takového reliéfu je, že přijímá olejovou barvu na místech ztvrdlých (ve stínech). Tím dána jest možnost ručním nabarvováním dle vkusu a libosti více méně neodvisle od negativu a individuálně zpracovati obraz, čili bromolejotisk stává se uměleckou pozitivní technikou fotografickou.*“^[20] Z uvedeného výroku tedy plyne, že základem pro bromolejotisk byla již připravená kopie, která se nacházela na papíře nasyceném bromidem stříbrným. Tato zvětšenina se následně prala a sušila, jelikož bylo nutné ji zbavit stříbra a dále bylo zapotřebí utvrdit želatinu, což se provádělo v oxidačním roztoku. Bělení zvětšeniny se provádělo v roztoku složeného z vody, bromidu draselného a červené krevní soli⁸. Po vyprání v této lázni následovalo další praní, které se provádělo ve zředěné kyselině solné a to z toho důvodu, aby došlo k vybělení zažloutlého papíru. Úplně nakonec se papír pral ve vodném roztoku sirnatu draselného. Po absolvování praní v těchto všech roztocích, došlo

⁸ Červená krevní sůl je obecné pojmenování hexakynoželazitanu draselného $K_3[Fe(CN)_6]$. Jedná se o komplexní sloučeninu železa. Krystaly této látky mají rubínovou barvu, po rozemletí na prášek je látka zbarvená do oranžova (viz obrazová příloha).

na želatinové vrstvě opět ke vzniku nerovnoměrného reliéfu, který se následně barvil stejným principem jako olejotisk a to nanášením tiskařské černě speciálním štětcem krátkými, avšak rychlými tahy po celé ploše nabobtnalé želatiny. Zajímavou zvláštností u této metody bylo, že utvrzení želatiny nebylo způsobeno působením světla, jak se to běžně dělávalo, ale využívalo se chemické oxidace.^{[18][19][22]}

Bromolejotisk (obr. č. 4) je stejně jako olejotisk typický tím, že je možné na první pohled na obrázku rozeznat jednotlivé tahy štětcem, kterým byla nanášena barva.



Obr. č. 4: Bromolejotisk.^[22]

2.1.3 Carbro metoda (Carbro print)

Tato metoda je celkově brána jako nejjednodušší a zároveň nejmladší ze všech metod ušlechtilých tisků. Vznikla roku 1919, přičemž autor není do dnešní doby znám, a byla hojně využívána až do 30. let 20. století. S touto technikou je možné se také setkat v dobové odborné literatuře pod názvem *Nepřímý uhotisk*. Velkou oblibu si tato metoda získala také z toho důvodu, že byla oproti ostatním metodám vcelku finančně nenáročná, další výhodou byla velmi dobrá obrazová kvalita a stálost barev vůči působení dopadajících světelných paprsků (obr. č. 5).

Hlavním principem této metody bylo využití vybělování obrazu v chemické lázni, namísto působení přímých slunečních paprsků, jako tomu bylo u předchozích metod. Pro výsledný obraz bylo nutné negativ zkopírovat⁹ na papír nasycený bromostříbrnou vrstvou pokrytou neutvrzenou emulzí.^{[15][23][24]} „*Primární kopie či zvětšenina se přitiskla na papír s vrstvou chromované želatiny vybarvené pigmentem a vybělila se v oxidační lázni. Produkty vybělování utvrdily přijímací vrstvu s pigmentem úměrně množství stříbra v*

⁹ Často se při kopírování obrazu používala metoda zvětšování skrz optické zvětšovací čočky.

primárním obrazu. Přijímací vrstva se poté přenesla na definitivní podložku, ovšem obráceně, neutvrzeným povrchem navenek. “[23] Obraz bylo dále nutné zviditelnit, což se provádělo praním v teplé vodě, kde docházelo k odplavování neutvrzených pigmentových činitelů. A takto vzniklý primární obraz bylo možné následně použít pro vyhotovení až pěti dalších tisků. [23][24]



Obr. č. 5: Autoportrét R. C. MILLERA metodou carbro z roku 1940.^[25]

2.2 Barevná fotografie

Celé 20. století se neslo v duchu co možná nejvěrnějšího zachycení fotografovaného objektu, z toho důvodu odvětví barevné fotografie zaznamenalo absolutně největší rozmach v celém fotografickém oboru. Ať už se jednalo o samotný fyzikálně-chemický princip získávání barevného obrazu, či záznamová média (fotografické desky, papíry, fotografické filmy apod.), nebo dokonce fotografická zařízení, tak vývoj šel kupředu nezastavitelnými mílovými kroky.

2.2.1 Stručná historie barevné fotografie

Jelikož první pokusy zabývající se vznikem barevné fotografie sahají do století devatenáctého, tak zde bude uveden jen nástin nejzásadnějších milníků, kterými si barevná fotografie postupně prošla.

Ač byl objev fotografie, čili dlouhodobé zachycení stálého obrazu, považován za vynález století, tak i přesto fotořafové v 19. století měli tendence požadovat „něco více“. Tím „něčím více“ bylo myšleno zachycení úplného – věrného fotořafovaného obrazu tak, jak jej lidské oko může samo vidět, tzn. barevného obrazu. Proto začaly vznikat různé metody, jak docílit barev na fotořafii, přičemž postupem času došlo až k samotnému vzniku barevné fotořafie.

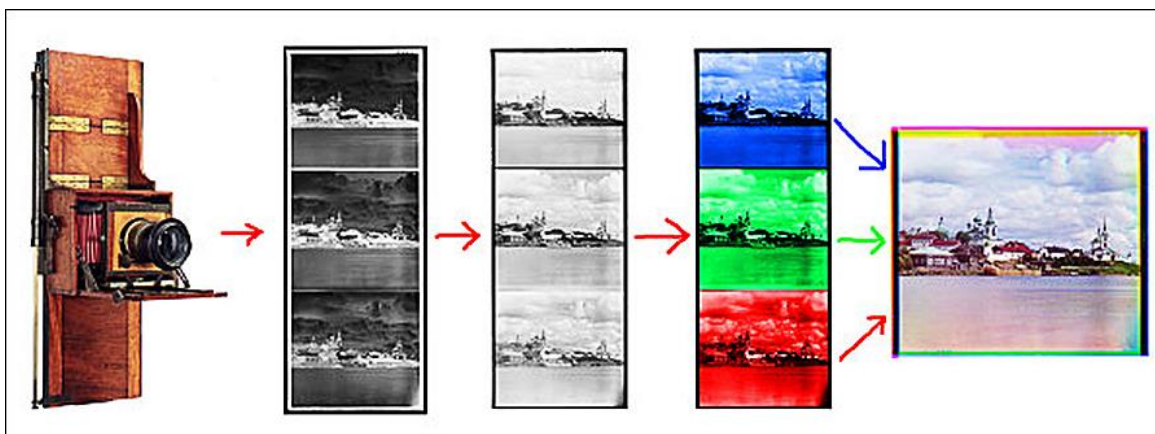
Za úplně první předchůdce barevné fotořafie lze považovat fotořafie, jež byly na závěr celého vyvolávacího procesu ručně dobarčovány, tento proces se dobově nazýval *kolorování fotořafii*. Za zakladatele této metody je dodnes považován JOHANN BAPTISTA ISENRING (1796–1860), který s barevným upravováním fotořafii začal již v roce 1840. První fotořafie, jež byly barevně upravovány, byly především fotořafie vytvořené metodou *daguerrotypie*. Na těchto snímcích byly zvláště zřetelné především zlaté šperky, rudé rty či výrazné módní doplňky (obr. č. 6). Kupříkladu pro zlaté zabarvení byla používána směs vaječného bílku s velmi jemným bronzovým práškem a rudé barvy se získávaly mícháním vaječného bílku s drceným oxidem železitým.



Obr. č. 6: Ručně kolorovaná fotořafie z roku 1846, autor WILHELM HORN.^[26]

Principiální základy barevné fotořafie byly postaveny na znalostech teorie barevného vidění, kterým se dopodrobna zabývali fyzikové THOMAS YOUNG (1773–1829) a HERMANN VON HELMHOLTZ (1821–1894). Jedná se o aditivní způsob, čili získávání barev za pomoci sčítání jednotlivých základních barev, kdy dochází ke sčítání jednotlivých složek a výsledné světlo je typické větší intenzitou. Tuto teorii předpokládal T. YOUNG, který

tvrdil, že barevné vidění je možné díky třem různým receptorům nacházející se uvnitř oka, které reagují na červenou, modrou a zelenou barvu. Tuto teorii následně rozvinul H. VON HELMHOLTZ a na základě uvedených znalostí roku 1861 provedl JAMES CLERK MAXWELL (1831–1879) pokus, který dal vzniknout úplně první barevné fotografii na světě, jež se dochovala až do dnešní doby (obr. č. 8). Princip fotografie spočíval ve vytvoření třech jednotlivých snímků barevné stuhy přes tři barevné filtry (červená, zelená, modrá), následně se tyto snímky vyvolaly a za pomoci třech projektorů byly promítány na pozadí, přičemž před každý projektor byl umístěn opět ten barevný filtr, který se použil při exponování fotografie. Z uvedeného postupu je tedy patrné, že se sice jedná o první barevnou fotografii na světě, ale jedná se o proces nepřímý, kdy jsou zapotřebí promítací zařízení a různobarevné filtry. Princip je analogicky znázorněn na obrázku č. 7.



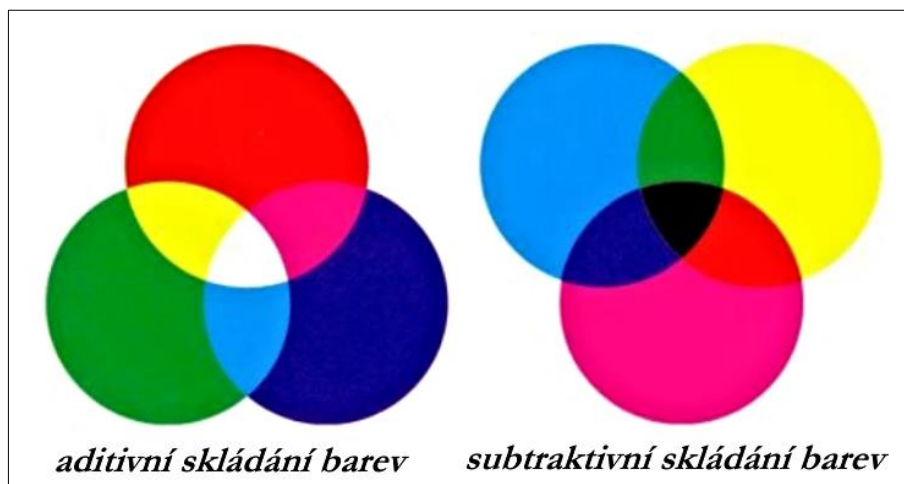
Obr. č. 7: Princip vzniku první barevné fotografie na světě.^[27]



Obr. č. 8: První barevná fotografie na světě, autor J. C. MAXWELL.^[28]

Další metodou, která se začala v barevné fotografii prosazovat, byla metoda, jež analogicky vycházela z Maxwellova principu, avšak zde byly použity jiné barvy a to žlutá, azurová, purpurová. Jedná se tedy o subtraktivní metodu míchání barev, kdy dochází průchodem skrz barevné prostředí k odečítání jednotlivých barev a výsledná barva je tedy

té vlnové délky, která po průchodu všech barevných prostředí zbyla. Rozdíl mezi aditivní a subtraktivní metodou je patrný z obrázku č. 9.



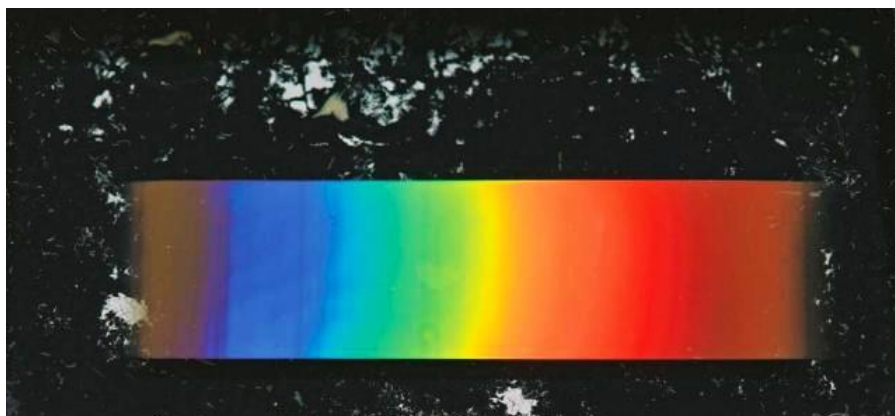
Obr. č. 9: Aditivní a subtraktivní metoda.^[33]

Subtraktivní metodu objevil a v roce 1868 si nechal patentovat francouzský fotograf LOUIS DUCOS DU HAURON (1837–1920). Tento způsob míchání barev se v současné době používá u téměř všech minilabů¹⁰, tiskáren a kopírovacích barevných zařízení.

Další velmi používanou metodou barevné fotografie byla v letech 1891 až 1914 tzv. *Lippmannova fotografie*. Metoda byla pojmenována po svém objeviteli GABRIELI JONASU LIPPMANNOVI (1845–1921). Jednalo se o úplně první přímou barevnou fotografickou metodu. Jelikož byl LIPPMANN velmi významným fyzikem a matematikem, který svého času přednášel na francouzské Sorbonně a zároveň se v jednom období také stal prezidentem velmi významné francouzské fotografické společnosti *Société française de photographie*, tak měl velmi blízko jak k samotné fotografii, tak ke znalostem týkajícím se vlnové povahy světla. Uvedenou fotografickou metodu založil právě na svých fyzikálních znalostech a na základě myšlenky o využití interference světla k barevnému záznamu, jež pocházela od W. ZENKERA z roku 1868. Přesný postup LIPPMANNOVY metody byl následující.^{[15][29][30][31][32]} „Pro tuto metodu jest zapotřebí zvláštních kaset na desku fotografickou, jejíž citlivá vrstva v této kasetě přilne k povrchu čisté rtuti, takže světlo obrázku dopadá vrstvou skla na citlivou emulsi a vrací se, jsouc odraženo od povrchu rtuti zpět do emulsi. Interferenční zjev v emulsi způsobí, že se vyvolaná a fixovaná emulsi promění v jemné kapičky stříbra, které při dopadu bílého světla barevný obraz reprodukují.“^[35] Zjednodušeně lze říci, že byla fotografie exponována přes sklo fotografické desky, přičemž fotografická emulze na této desce byla v rovnoměrném kontaktu s hladinou rtuti. Rtuť zde plnila funkci „zrcadla“, proto bylo nesmírně důležité, aby fotografická emulze byla co možná nejvíce v rovnoběžné rovině s hladinou rtuti. Přicházející světelné paprsky dopadající na hladinu rtuti se odrazily a dopadly na fotografickou emulzi skleněné desky. Právě při tomto uspořádání došlo ve světlocitlivé

¹⁰ Minilab je označení pro zařízení používané pro tisk fotografií (obrázek viz obrazová příloha).

emulzi ke vzniku stojatého vlnění, v jehož kmitnách došlo k expozici fotocitlivé vrstvy v důsledku vzniku interference¹¹. Díky viditelnému světlu o specifické vlnové délce pak na fotografické emulzi vznikl záznam typických rovnoběžných ploch, které od sebe byly pravidelně vzdáleny. Z toho důvodu poté při dopadu světla na takto vzniklý fotografický záznam docházelo k utlumení všech vlnových délek kromě té vlnové délky, které odpovídala vzdálenosti jednotlivých polopropustných vrstev, které vznikly mezi zmíněnými pravidelnými rovnoběžnými plochami. Z toho důvodu následně došlo k tomu, že z bílého polychromatického světla skládajícího se ze všech vlnových délek se odrážely přednostně ty vlnové délky světelných paprsků, které světelné paprsky měly v daném místě, když byla fotocitlivá vrstva exponována. Z uvedeného postupu tedy plyne, že černobílý fotografický obrázek při osvětlení, kdy světelné paprsky dopadaly pod specifickým úhlem, umožňovaly barevný vjem fotografie. Fotografie pořízené touto metodou dosahovaly velmi pestrých barevných odstínů (obr. 10). Velkou nevýhodou této fotografické metody však byl přímý kontakt fotografa s jedovatou rtuť a potřeba speciálních kazet pro skleněné desky opatřené fotografickou emulzí.^{[15][29][32]}



Obr. č. 10: LIPPMANNOVA fotografie barevného spektra, rok 1908.^[36]

2.2.2 Barevná fotografie v 1. pol. 20. století

Počátkem 20. století, kdy byly známy již principy vzniku barevné fotografie, se tímto odvětvím začalo zabývat velké množství fotografů a badatelů, čímž docházelo ke vzniku nových, přesnějších a úspěšnějších metod, jejichž výsledkem byly stále kvalitnější barevné fotografie. Roku 1903 např. francouzský badatel a vynálezce LÉON DIDIER (1881–1931) vynalezl metodu, jež byla odvozena od tzv. ušlechtilých tisků (viz výše) a nazval ji *Pinatypie*. Oproti klasickým metodám ušlechtilých tisků, kde výsledný obraz byl černobílé podstaty, obraz vytvořený pomocí pinatypie byl barevného rázu. Princip vzniku nepřímo vychází ze znalostí MAXWELLOVY a LIPPMANNOVY metody skládání barev. K výrobě barevné fotografie bylo zapotřebí dvou skleněných, perfektně vyleštěných a čistých desek, na které se nanese želatinová vrstva schopná absorbovat kapaliny.^{[37][38][39]} Zpracování jednotlivých barev bylo následující. „Na jednu z desek se nanese nejdříve červený extrakt ze stranově správného diapozitivu, který se osvítl a ponoří do roztoku s červeným

¹¹ Interference = skládání světlených paprsků.

azobarvivem¹². Na druhé desce se osvítlí stranově odpovídající modro-zelený extrakt a obraz kovových solí se zabarví odpovídajícím azobarvivem. Po vymytí a usušení červené desky se tato deska překryje druhou želatinovou vrstvou a ty se opět senzibilují v dichromanové lázni. Jakmile deska uschne, dají se přesně na sebe zakonzervovaný červený výtazek a již připravený modrý výtazek s želatinovou vrstvou. Pak se stranově správně prosvítí skrz modrý extrakt druhá želatinová vrstva červené a žluté vrstvy. Nakonec se obě desky oddělí a obraz z kovových solí v želatinové vrstvě se žlutým práškem, která je přidružená k červenému extraktu, zabarví žlutým azobarvivem. Přitom zůstává připravená deska s červeným obrazem. Po usušení desky (podobně jako při osvětlení žluté vrstvy) se svou želatinovou stranou přesně překryjí a pevně spojí. Vytvoří tak hotovou pinatypii, která se může použít k projekci jako tzv. velký diapozitiv.“^[39]

Jak již bylo zmíněno, tak pinatypie patří do skupiny ušlechtilých tisků, což znamená, že se jedná o obrázek, který sloužil k dalším reprodukcím zachyceného motivu. Přičemž pinatypie byla také velmi výjimečným tím, že se jednalo o přímý kopírovací proces typu pozitiv/pozitiv, což znamenalo, že se zde nepracovalo s tzv. mezinegativem, jako tomu bylo ve velké míře u černobílých metod ušlechtilých tisků.^{[37][38]}

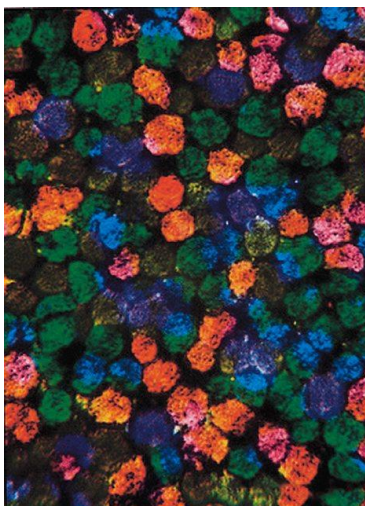


Obr. č. 11: Pinatypie, autor NICOLA PERSCHIED 1907.^[41]

12 „Azosloučeniny jsou chemické sloučeniny obsahující funkční skupinu $R-N=N-R'$, kde R a R' může být buď aryl nebo alkyl. Skupina $N=N$ se nazývá azoskupina, přestože se rodičovská sloučenina, $HNNH$, jmenuje diimid. Stabilnější deriváty obsahují dvě arylové skupiny. Název azo pochází ze slova azote, francouzského názvu dusíku odvozeného z řeckého a (ne) + zoe (žít).“^[40]

Na obrázku 11 z roku 1907 je jasně patrné, že pinotypie dosahovala velkých jak obrazových kvalit, tak i velkou různorodost barevných odstínů, což nemalým dílem přispělo k dalšímu pokroku ve vývoji barevné fotografie.

Dalším velice zásadním milníkem ve světě fotografie byl objev autochromu. Tento barevný fotografický proces byl vynalezen bratry AUGUSTEM LUMIÈREM (1862–1954) a LUISEM LUMIÈREM (1864–1948)¹³. Patentován byl roku 1903 a první zmínka o procesu byla uveřejněna L. LUMIÈREM 30. května 1904 ve francouzském vědeckém časopise *Le Nature*, avšak až roku 1907 byla zveřejněna přesná technologie postupu výroby barevných fotografických materiálů. Bratři Lumièrové navazovali principiálně na vědecké poznatky LOUISE ARTHURA DUCOSE DU HAURONA (1837–1920), který se vývojem barevných fotografických materiálů zabýval převážnou část svého života. Autochromový proces byl ve své době naprosto ojedinělý a z hlediska technologie výroby absolutně unikátní. Bratři LUMIÈROVÉ měli od počátku vývoje stanovený jasný a hlavní předpoklad, kterým bylo, aby proces barevné fotografie byl co možná nejjednodušší a tím i mnohem dostupnější širšímu spektru zájemců. Chtěli se především zbavit potřeby výroby třech samostatných barevných diapozitivů, které bylo nutné následně složitě skládat, což byly základní principy do té doby známých barevných fotografických metod. Tudiž jejich hlavní myšlenka spočívala ve vytvoření jediného záznamového materiálu, kde budou již od počátku obsaženy všechny tři základní barvy potřebné pro aditivní sklad barev, tudíž červená, zelená a modrá (dnes označováno RGB). A právě na základě těchto svých předpokladů vytvořili tzv. autochromovou desku. Jednalo se o záznamové médium vytvořené z co nejdokonaleji vyleštěné skleněné desky, na které byla nanášena chemická fotocitlivá vrstva vytvořená ze specifické směsi bromu a stříbra, na této fotocitlivé vrstvě byla dále nanášena velice tenká a jemná kaučuková vrstva a na ni byl následně nanášen mikroskopický škrobový rastr tvořený směsí zrníček o třech barvách, kterými v té době byly: cinobrově červená (téměř oranžová), dále žlutozelená a nakonec modrofialová barva (obr. č. 12).



Obr. č. 12: Mikrofotografie škrobového barevného rastru zrníček; zvětšeno 120x.^[43]

¹³ Bratři LUMIÈROVÉ – viz obrazová příloha.

Zrníčka používaná pro tvorbu barevného rastru byla speciálně vyráběna a upravována pro potřeby autochromu v továrně bratří LUMIÈRŮ *Société Lumière* ve francouzském Lyonu. Zrníčka byla získávána ze škrobu z obilovin, nikoli z bramborového škrobu, jak se původně předpokládalo, a to z jednoduchého důvodu, kterým byla potřebná velikost jednotlivých zrníček. Bylo důležité, aby velikost všech zrníček byla téměř stejná a průměr nepřesahoval hodnotu 0,015 mm, čehož se právě u zrníček z bramborového škrobu velice těžce dosahovalo. Princip samotného vzniku trojbarevného rastru byl jednoduchý. Vzal se určitý objem škrobového prášku, rozdělil se na tři stejné díly, každý díl byl obarven jednou z výše zmíněných anilínových barev, takto obarvená zrníčka se nechala uschnout a následně byla nanášena navanutím na kaučukovou vrstvu. Protože mezi zrníčky, i přes jejich velmi malý rozměr, docházelo k neúplnému vyplnění veškerého prostoru na kaučukové vrstvě, tak se ještě na trojbarevnou vrstvu nanášela navanutím vrstva velice jemného prášku tvořeného ze sazí, která mezery mezi barevnými zrníčky zcela vyplňovala. Po nanesení všech potřebných vrstev se následně autochromová deska lisovala a dále penetrovala speciálním lakem, aby při manipulaci nemohlo dojít k mechanickému poškození barevné vrstvy, ale především byl tento lak používán jako podkladová vrstva pod fotocitlivou bromostříbrnou vrstvu. Po nanesení fotocitlivé vrstvy se čekalo, dokud vše úplně nezaschlo, a na úplný závěr byla ještě deska překryta tenkým plátem leštěného skla. Takto vytvořený autochrom už byl zcela připraven pro fotografování.^{[15][42][44][45]} Postup expozice a vyvolávání autochromové fotografie byl následující. „*Při fotografování se deska založí do aparátu obráceně, tedy sklem nejbliž k objektivu. Při expozici světlo z objektivu nejdříve proniká barevnou mozaikou. Jednotlivá zrníčka propustí jen paprsky odpovídající barvy (fialovo-modrá zrníčka jen fialovo-modré paprsky, oranžovo-červená jen oranžovo-červené paprsky a zeleno-žlutá jen zeleno-žluté paprsky). Ostatní barvy se rozloží na odpovídající poměry těchto barev – například hnědá na kombinaci oranžovo-červené a zelené. Protože fotografická emulze nebyla citlivá rovnoměrně na všechny barvy, před objektiv se umisťoval žlutý filtr. Tam, kde světlo projde mozaikou na fotografickou emulzi, po pozitivním vyvolání zůstane emulze průhledná. Tam, kde světlo bylo pohlceno, po vyvolání emulze zčervená. Když je pak Autochrom prosvícen bílým světlem, světlo projde jenom tam, kde emulze nezčernala a Autochrom tak propustí jen paprsky přibližně stejných barev, jako při expozici. Malé barevné tečky při pozorování splýnou v barvy a díky barevné mozaice tak černobílá emulze složí původní barevný obraz.*“^[45]

Dalo by se říci, že autochromové desky vyvolaly revoluci v tehdejším světě fotografie. Princip expozice i samotné vyvolání barevného snímku bylo tak jednoduché a i v celku finančně dostupné, že se autochrom rázem dostal do širokého veřejného podvědomí, čehož samozřejmě začali využívat i jiné společnosti zabývající se výrobou fotografické techniky. To mělo za následek, že neuplynula dlouhá doba a začaly se na trhu objevovat různé modifikace barevných rastrů od jiných firem. Nejrychlejším konkurentem v oblasti barevných fotografických materiálů se již v roce 1909 stala francouzská firma *R. Guilleminot, Boespflug & Cie*, která prodávala svůj produkt pod názvem *Dufaycolor*. Největším konkurentem bratří LUMIÈRŮ se však o něco později stala společnost *Agfa*, která roku 1916 uvedla na trh desku s třibarevným rastroem zvanou *Agfa-Farbenplatten*. Tyto rastrové barevné fotografické materiály měly vcelku dlouhé působení ve světě fotografie

a to až do 30. let 20. století. V roce 1932 uvedla na trh německá společnost *Agfa* první z řady barevných fotografických filmů, které nesly název *Agfacolor*. Jednalo se o barevný fotografický materiál, který však nebyl velmi dobře zpracován, tudíž pořízený snímek nebyl dostatečně vyhovující a proto následovalo několik dalších pokusů o zlepšení barevného fotografického média. Tyto pokusy zdokonalily požadovaný fotografický materiál natolik, že roku 1935 společnost *Kodachrom* uvedla na trh fotografický film pod stejným názvem *Kodachrom*, který byl vyroben na základě výzkumu českého vědce KARLA SCHINZELA (1886–1951). Jednalo se o první vícevrstvý materiál založený na subtraktivním principu skládání barev.^{[15][47][48]} „*Tento vynález se stal po roce 1935 důležitým základem pro výrobu filmů nejen kodachrome, ale i agfacolor. V roce 1936 Schinzela firma Eastman Kodak pozvala na návštěvu továren do Rochesteru, New Yorku a později do Londýna. Po delších vyjednáváních společnost od Schinzela odkoupila za nízkou částku práva k 27 patentům, mj. i patent na barevné vyvíjení s postupnou spektrální expozicí, který byl později označen za převrat ve vývoji fotografie. Schinzel se poté vrátil v nevalné finanční situaci zpět do Opavy. Necelý rok po návratu se Kodak na Schinzela obrátil znovu, aby jej požádal o pomoc při zavádění masové výroby. Schinzel po krátkém váhání souhlasil a během několika měsíců intenzivní práce byly problémy vyřešeny. Poprvé byl kodachrome komerčně prodáván v roce 1935 jako 16 mm film. V roce 1936 byl dán k dispozici jako 8mm film a jako „slide film“ v obou formátech 35 mm a 828. Kodachrome se nakonec vyráběl v široké škále filmových formátů, včetně 120 a 4x5 a v ISO / ASA hodnotách od 8 do 200.*“^[46] Tento princip získávání barevných fotografií, kdy všechny barevné složky jsou uloženy na fotografickém filmu v mikroskopických a po sobě jdoucích vrstvách, a pro vyvolání je zapotřebí pouze jedna jediná vývojka, byl natolik průlomový, že se s drobnými úpravami zachoval až do roku 2009, kdy společnost Kodak ukončila jeho téměř sedm dekad trvající výrobu.^{[15][47]}

Protože v oblasti fotografických filmů bylo dosaženo na tehdejší dobu maximálního výsledku, tak se fotografický průmysl začal zabývat samotnou fotografickou technikou. Po 2. světové válce si postupně vědci uvědomovali, že je důležité techniku přiblížit a co nejvíce fotografický proces ulehčit samotným uživatelům. Bylo nutné uzpůsobit jak funkčnost a rozměry přístrojů, tak i samotný proces získání fotografie. Proto se začaly na trhu objevovat fotoaparáty o menších rozměrech, s menší vahou a s rostoucí úrovní automatického expozičního procesu. Postupně se také začal k přístrojům automaticky zabudovávat vestavěný blesk a to aniž by se tak dělo na úkor zmenšujících se rozměrů. Na základě těchto všeobecných požadavků kladených na fotografické přístroje roku 1948 společnost *Polaroid* uvedla na trh fotoaparát pod stejnojmenným názvem *Polaroid* a jednalo se o přístroj pro okamžitou neboli tzv. instantní fotografii. Jednalo se o speciální fotografický přístroj se samovyvolávacím filmem. Tento vynález umožňoval získat fotografii bez jakéhokoliv laboratorního zpracování a to za pouhých několik desítek sekund po exponování snímku. Zapotřebí byl speciálně vyráběný fotoaparát (obr. 13) a speciální fotografický film. Princip získání fotografie spočíval v již samotném uspořádání jednotlivých fází fotografického a vyvolávacího procesu, přičemž vše se dělo v samotném těle fotoaparátu. Při exponování světlo dopadalo na fotocitlivou vrstvu, po exponování došlo ke kontaktu s pozitivním materiálem, na který se obraz přenesl díky chemickému

procesu zprostředkovanému difuzí. Následně se exponovaný materiál prolisoval mezi válečky, které protlačily z pouzdra speciální chemickou pastu a tato pasta se rozetřela mezi negativním a pozitivním materiálem. U prvotních typů těchto instantních fotoaparátů docházelo k vyvolávání uvnitř samotného přístroje, což ovšem znemožňovalo další fotografování. Novější přístroje byly řešeny už tak, že vyvolání probíhalo mimo přístroj, a bezprostředně po pořízení snímku bylo možné pořídít snímek další. [49][50][51][52][53][54]



Obr. č. 13: Fotoaparát Polaroid. [55]

2.2.3 Digitální revoluce ve světě fotografie

Na přelomu 50. a 60. let 20. století začal být brán veliký důraz na měření světla dopadajícího skrz objektiv na fotocitlivý materiál. Došlo také k velkému rozšíření zrcadlovek a to zejména u společností *Hasselblad*, *Leica* a *Nikon*. V oblasti objektivů se začaly ve větší míře uplatňovat zoomové objektivy a teleobjektivy. Ovšem dalším zásadním milníkem, který byl zasazen do průběhu vývoje fotografie, byl rok 1957. V tomto roce došlo ke vzniku úplně prvního digitálního snímku vytvořeného na počítači (obr. 14). Autorem byl RUSSELL KIRSCH (1929–dodnes) a vytvořil jej na americkém *Národním institutu pro standardy a technologie*.

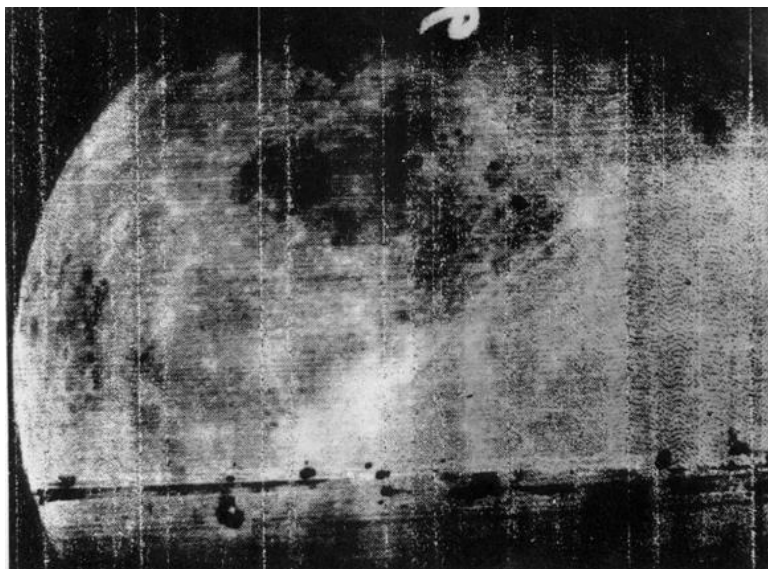


Obr. č. 14: První digitální fotografie na světě. [56]

R. KIRSCH si na jaře roku 1957 položil otázku: *Co by se stalo, kdyby se počítač mohl podívat na obrázek?* Touto otázkou doslova odstartoval revoluci v oblasti informačních technologií. Následně se začal velice důkladně zabývat možností vzniku obrázků pomocí počítačů a se svými kolegy z *Národního institutu pro standardy a technologie* začal pracovat na principu, který by umožnil vytvořit obrázek na počítači. Následně vymysleli princip bubnového¹⁴ rotačního skeneru a napsali program, který umožňoval skenováním vytvořit obraz v počítači. Úplně prvním naskenovaným obrázkem na světě byl obrázek KIRSCHOVA tříměsíčního syna WALDENA KIRSCHÉ (1957–dodnes) (obr. 14). Tento digitální snímek měl rozlišení 176 x 176 pixelů¹⁵, přičemž původní fotografie měla rozměr 5 x 5 cm. Tato fotografie vstoupila do dějin jako první digitální fotografie na světě a byla tak významná, že v roce 2003 dokonce získala ocenění, když byla zařazena *Světovou fotografickou asociací* mezi sto nejvýznamnějších fotografií, které změnily svět.^{[58][59][60]}

Po tomto průlomovém objevu bylo naprosto jasné, kterým směrem se bude vyvíjet další výzkum a vývoj ve světě fotografie, z toho důvodu od roku 1957 už nedošlo k téměř žádným významným změnám ve vývoji fotografických filmů a to až do dnešní doby (květen 2014).

Zdigitalizování pořízené fotografie se následně začalo uplatňovat jak ve vědě, tak ve výzkumu. O dva roky později, přesněji 7. října 1959 pořídila sovětská vesmírná sonda Luna 3 fotografie odvrácené strany povrchu Měsíce (obr. 15).



Obr. č. 15: Fotografie odvrácené strany Měsíce.^[62]

¹⁴ Princip bubnového rotačního skeneru je následující: „Předloha je nalepena na rotujícím válci a je snímána paprskem. Pro sejmnutí obrázku postačí jedna fotodioda, která snímá jeden bod. Nejprve se přečte jeden „sloupec“ (tj. jedna otáčka bubnu), pak se fotodioda posune o jeden sloupec vedle, až je postupně sejmut celý povrch bubnu. Nevýhodou bubnového scanneru je vysoká cena, a proto jsou využívány zejména pro snímání velmi velkých předloh, případně tam, kde je potřeba velice vysoká kvalita výsledku (např. z předlohy – diapositivu je potřeba vytisknout plakát rozměru A2). Tato technologie je zároveň nejstarší.“^[61] Nákres základního rotačního bubnu skeneru viz obrazová příloha.

¹⁵ „Pixel je nejmenší jednotka (je bezrozměrná) digitální rastrové (bitmapové) grafiky. Představuje jeden svítící bod na monitoru, resp. jeden bod obrázku zadáný svou barvou, např. ve formátu RGB či CMYK. Body na obrazovce tvoří čtvercovou síť a každý pixel je možné jednoznačně identifikovat podle jeho souřadnic.“^[57]

Tyto fotografie byly na palubě chemicky vyvolány, následně naskenovány a radiovým signálem odeslány na Zem. Pro tento celý proces od vyvolání až po odeslání fotografie v radiovém signálu, bylo speciálně vyvinuto zařízení nazývané fototelegrafní box (obr. 16). Tímto způsobem byly tedy získány úplně první fotografie odvrácené strany Měsíce a i přes to, že fotografie byly velmi nekvalitní, tak se díky nim podařilo vytvořit první mapu měsíčního povrchu z odvrácené strany, která následně sloužila jako hlavní podklad dalším výzkumům a pozorováním.^{[64][65][66]}



Obr. č. 16: Fototelegrafický box z vesmírné sondy Luna 3.^[63]

Další výzkumy týkající se digitalizace fotografie na sebe nenechaly dlouho čekat. V roce 1961 americký vesmírný inženýr EUGENE F. LALLY (1934–dodnes) uveřejnil technologický popis, jak vytvořit fotografii za pomoci speciální mozaiky fotosenzorů. Dalším průlomovým rokem byl rok 1969, v tomto roce se staly z hlediska fotografie dvě velice důležité události: 21. července se fotografovali astronauti NEIL ARMSTRONG (1930–2012) a EDWIN ALDRIN (1930–dodnes) na povrchu Měsíce speciálně upraveným fotoaparátlem Hasselblad 500EL a druhou průlomovou událostí byl objev CCD čipu W. BOYLEM (1924–2011) a G. E. SMITHEM (1930–dodnes) v Bellových laboratořích v New Jersey (USA), díky kterému byla definitivně odstartována revoluce ve světě digitální fotografie¹⁶.^{[67][68]} Dá se v podstatě říci, že od roku 1969 až do současnosti (2014) se veškeré společnosti zabývající se vývojem a výrobou fotoaparátů zaměřili na vývoj zejména v oblasti digitální fotografie a především v oblasti snímacích čipů, přičemž šlo

¹⁶ Vývoj a využití CCD čipu v digitální fotografii bude detailně popsán v kapitole *Vývoj elektronických snímacích čipů*.

o neustálé zlepšování parametrů snímacích čipů, zlepšování kvality pořizovaných fotografií a rozšiřování kapacit paměťových médií. Postupně se stalo samozřejmostí, že fotoaparáty byly při výrobě vybavovány automatickým zaostřováním v podobě ultrazvukového měření expozice a samotným srdcem každého fotoaparátu se stal mikroprocesor. Od roku 1975, kdy BRYCE E. BAYER (1929–2012) vytvořil speciální mozaikový filtr složený z CCD sensorů, který se později pojmenoval Bayerův filtr, se postupně digitální fotografie začala dostávat do širokého spektra vědních oborů a později i mimo vědu k obyčejným lidem.

V roce 1981 společnost Sony vytvořila a uvedla na trh speciální fotoaparát pod názvem *Mavica* (obr. 17), který byl vybaven ojedinělým magnetickým systémem zaznamenávání obrazu. Tento fotoaparát pracoval na podobném principu magnetického záznamu, který byl do té doby používán pro magnetický záznam zvuku v magnetofonu, avšak zde bylo využíváno právě CCD čipu. Záznamovým materiálem byla plastická páska opatřená feromagnetickou vrstvou, která byla uložena ve speciální čtvercové kazetě o pevně daných rozměrech 60 x 56 x 3 mm.^{[54][70]}



Obr. č. 17: Fotoaparát Mavica.^[69]

Princip tvorby samotného obrazu byl následující. „*Obraz vytvořený objektivem se však nepromítá na film, nýbrž na optoelektronický převáděč v pevné fázi. Převáděč o rozměrech 10,1 x 12,1 mm obsahuje matici fototranzistorů s posunem náboje a rozkládá obraz horizontálně na 570, vertikálně na 470 bodů, celkem tedy asi na 280 tisíc obrazových elementů. Při záznamu se informace o osvětlení těchto elementů postupně čtou a za pomoci dalších elektronických obvodů zaznamenávají miniaturní magnetickou hlavou na záznamový materiál. Mavica nemá žádnou závěrku, nýbrž v závislosti na osvětlení scény, která se měří vnitřním systémem (přes objektiv), se automaticky řídí rychlost čtení. Rozsah těchto rychlostí odpovídá dobám osvětlení od 1/60 do 1/2000 s. Zrcadlo je nepohyblivé (polopropustné), takže převáděč je vlastně trvale osvětlen. K záznamu statického obrazu je uvnitř kamery uložen záznamový materiál v podobně magnetického kotoučku. Při práci s přístrojem se postupuje v zásadě stejně jako při obyčejném fotografování. Snímat je*

možno při denním i umělém světle; podání barev lze elektronicky korigovat podle přání. Přístroj si na vloženém Mavipaku¹⁷ sám vyhledá prázdnou stopu; tyto stopy mají tvar velmi úzkých (0,1 mm včetně mezer) soustředěných mezikruží a na každou se zaznamená jeden snímek. Při snímání kotouček rychle rotuje; tak je možno i exponovat snímky v rychlém sledu (10 snímků rychlostí 60 obr./s). Snímky lze jednotlivě mazat, nebo je možno smazat najednou i celý Mavipak. Na smazané stopy lze zaznamenat další snímky. Mavipak je možno kdykoliv z přístroje vyjmout, aniž se záznamy znehodnotí.^[54] Princip vzniku fotografie za pomoci magnetického záznamu uváděného pod názvem *Mavica*, byl vyráběn s různými modifikacemi a zlepšovacemi prvky až do roku 2003. V tomto roce byla výroba fotoaparátů zastavena a již nikdy neobnovena.

Od roku 1983 se začalo také hojně využívat CCD čipů v astronomických dalekohledech. V roce 1985 byla na trh uvedena úplně první zrcadlovka se samozaostřovacím systémem pod názvem *Minolta 7000*. O rok později, tedy v roce 1986 zaznamenala americká společnost *Kodak* veliký úspěch v oblasti rozšiřování parametrů snímačů, přičemž vyrobili snímač s rozlišením 1 Mpx (megapixel). Tento snímač se v té době stal snímačem s doposud největším rozlišením na světě. O pět let později, v roce 1990 společnost *Kodak* přišla s další velice zajímavou novinkou, kterou bylo tzv. *Photo CD*.^[71] „*Photo CD je formát, který vyvinula jako projekt firma Kodak. Jeho principem je, že nasnímáme fotografie pomocí normálního fotoaparátu na fotografický film a ten doneseme do speciální fotosběrny. V ní film vyvolají a fotografická data překopírují na CD. Na fotografie se pak můžeme dívat pomocí speciálního přehrávače, do něhož CD s fotografiemi vložíme. Fotografie jsou zobrazovány na klasickém televizoru, který je k přehrávači připojen. Výhodou této technologie je trvanlivost, kvalita a odolnost, která je mnohem delší než u normálních fotografií. Nevýhodou je její vysoká cena a to, že vytisknout kvalitní obrázek, který by vypadal jako skutečná fotografie, je obtížné a drahé. Protože se na CD vejde asi 100 obrázků a klasický film má 36 snímků, vyvinula firma Kodak způsob, kterým lze přidávat data na disk později! Tím je umožněno sestavovat disk po částech. Každá část má svou vlastní tabulku a části jsou uloženy na disku jedna za druhou. Mírnou nevýhodou tohoto systému je to, že staré jednotky přečtou jen první skupinu obrázků. Obrázky jsou uloženy na disku v několika velikostech. Tyto velikosti udává tabulka uvedená níže (tab. 1).*“^[72]

Název	Velikost	Typické použití
Základ/16	192*128 pixelů (1/16 obrazovky)	Miniatury a přehledy obrázků
Základ/4	184*256 pixelů (1/4 obrazovky)	Ilustrace na obrazovce
Základ	768*512 pixelů (celá obrazovka)	Prohlížení na TV obrazovce
Základ 41	536*1024 pixelů (televize s velkým rozlišením)	Tisk obrázků
Základ 16	3072*2048 pixelů	Fotografická retuš diapozitivů

Tab. č. 1: Tabulka velikostí obrázků uložených na Photo CD.^[72]

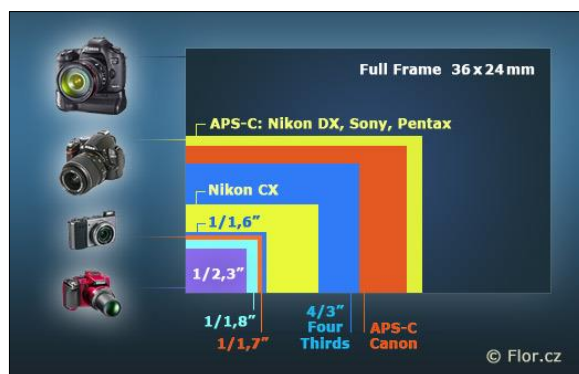
¹⁷ Mavipak – pojmenování záznamového úložného média.

Roku 1996 přichází *Eastman Kodak* s další inovací, kterou je zavedení APS (Advance Photo System) systému. „Tato nová odnož kinofilmu (šířka filmu 24 mm) se poprvé objevila v 90. letech. Byla myšlena jako mezistupeň mezi klasickou fotografií (negativ pozitiv) a digitální fotografií. Je třeba předeslat, že se v České republice příliš neujala, protože novinka znamená úplně nové vybavení pro uživatele a navíc u nás není na odpovídající úrovni vybavení minilaby pro zpracování. Vývoj APS byl mimo jiné podmíněn inovací barevných vrstev negativních filmů, která umožnila zvýšení hranové ostrosti zobrazení. Tak je možné docílit kvalitního zobrazení na formát 9 x 13 cm, i přesto, že rozměr obrazového okénka APS filmu je menší než u kinofilmu (16,7 x 30,2 mm proti 24 x 36 mm). Systém APS nabízí zajímavé vymoženosti. Film je ve speciální kazetě (obr. 18), ve které zůstává i po vyvolání, což je výhoda pro archivaci – snižuje se nebezpečí poškození. Z kamery je možno vyjmát film i částečně exponovaný, protože při založení kazety kamera najede automaticky na první neexponované políčko. Navíc dokud je film vysunut z kazety, nelze otevřít kryt přístroje. Formát snímku je možno volit již před expozicí (panorama, normal, wide), stejně jako počet kopií. Podmínky exponování snímku je možno zaznamenat na magnetickou vrstvu filmu a tím zajistit přesnou reprodukovatelnost výsledku při zpracování v minilabu. Lze předvolit tištění data i času a údaje o expozici snímku na zadní stranu fotografie.“^[73]



Obr. č. 18: Kazeta APS filmu.^[74]

Jak bylo zmíněno výše, tak tento APS systém klasické fotografie byl pouze mezistupněm pro využití v digitální fotografii. V současné době APS systém označuje rozměr snímače umístěného v těle digitálních zrcadlovek, přičemž každý výrobce si pro tento rozměr určil své vlastní parametry a pojmenoval vlastním názvem, takže je možné se setkat s těmito názvy: Canon APS-C; Canon EF-S; Nikon DX; Pentax DA; Sigma DC; Tamron Di II. atd. Porovnání velikostí jednotlivých snímacích čipů je znázorněno na obrázku 19.



Obr. č. 19: Porovnání velikostí snímacích čipů.^[76]

V následujících letech docházelo k neustálému vývoji a zlepšování specifických parametrů fotoaparátů a to zejména v oblasti zvyšování počtu použitých pixelů na jednotlivých snímačích, zvyšování kapacity paměťových médií, samozřejmě zvyšování přesnosti a rychlosti automatického ostření, ale i samotného automatického režimu při fotografování. V listopadu roku 2000 byl fotoaparát úplně prvně zabudován do mobilního telefonu (obr. 20), učinila tak japonská společnost *Sharp* v typu telefonu J-SH04. Fotoaparát byl vybaven tzpú CMOS o velikosti 0,11 Mpx. Na obrázku 21 je možné porovnat kvalitu fotografie pořízené fotoaparátem zabudovaným v mobilním telefonu (obrázek vlevo) a digitální kamerou (obrázek vpravo) pořízenými v roce 2001.^{[75][77]}



Obr. č. 20: První mobilní telefon na světě se zabudovaným fotoaparátem.^[78]



Obr. č. 21: Porovnání fotografií.^[79]

3 Fyzikální a technická specifika ve vývoji fotografie

3.1 Vývoj fotografických filmů

Z hlediska vývoje používaných fotografických filmů je možné filmy rozdělit do dvou základních skupin. První skupinou jsou černobílé fotografické filmy a druhou skupinou jsou barevné fotografické filmy. Následně budou jednotlivé kategorie důkladně rozebrány.

3.1.1 Černobílý fotografický film

U této skupiny materiálů je možné se setkat s různými principy vzniku černobílé fotografie, přičemž veškeré principy ve vývoji fotografických filmů byly založeny na principu černání halogenidů stříbra při vystavení elektromagnetickému záření a jejich neustálému vylepšování. Existují základní materiály, kterými jsou: negativní materiály, inverzní materiály a speciální materiály.

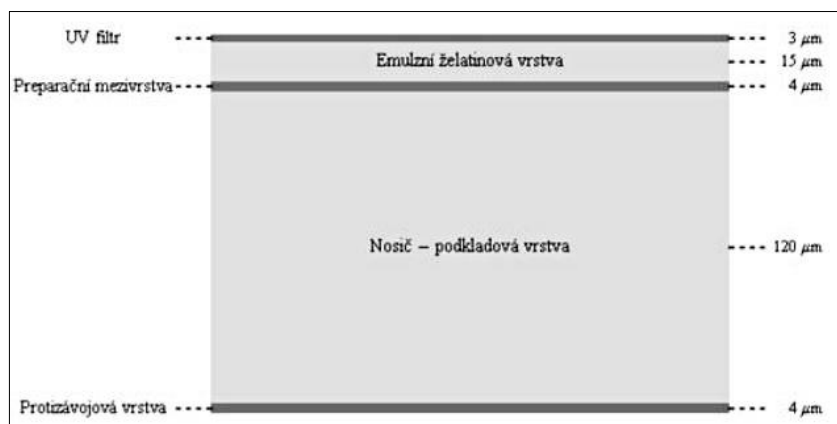
Negativní materiály jsou materiály, kde je používána světlocitlivá směs bromidu stříbrného s jodidem stříbrným (obsah max. 10 %) a to z toho důvodu, že tato směs je schopna zajistit vysoké hodnoty světlocitlivé vrstvy. Výsledkem fotoexpozice a následného vyvolání filmu je negativní snímek (obr. 22), který musí být převeden do pozitivní podoby. Při pohledu na takovýto snímek je typické, že původní nejsvětlejší fotografovaná místa jsou na negativu ta nejtmavší a fotografovaná nejtmavší místa jsou na negativu nejsvětlejší.



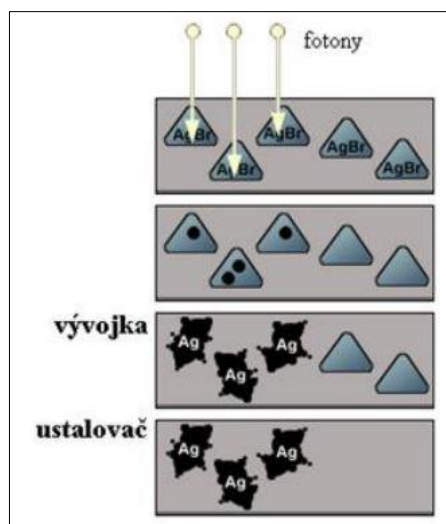
Obr. č. 22: Černobílý negativ.^[80]

Černobílý fotografický film se skládá z několika mikrovrstev. Základní vrstvou je tzv. protizávojová vrstva, někdy také nazývaná jako anihilační vrstva. Hlavní funkcí této vrstvy je zabraňování vzniku nežádoucích odrazů světla a to z toho důvodu, že by se vytvořily několikanásobné obrazy jednoho záběru ve fotocitlivé vrstvě, což by se jevilo jako rozmazání. Někdy je tato anihilační vrstva nahrazována tzv. REMJET vrstvou, což je

speciální neželatinová vrstva, která obsahuje černě zbarvené pigmenty a má za úkol chránit před elektrostatickým nabíjením filmu, čímž by došlo k exponování filmu vlivem vzniklého elektrostatického pole. Tato REMJET vrstva má také ochrannou funkci, zejména proti mechanickému poškození filmu. Další vrstvou fotografického filmu je tzv. podkladová vrstva, tato vrstva je nejsilnější vrstvou fotografického filmu a zároveň slouží jako podkladová báze pod emulzní želatinovou vrstvou obsahující směs halogenidů stříbra reagujících na světlo. Jako nejhornější část fotografického černobílého filmu je použit mikro UV filtr a to z toho důvodu, aby nemohlo na světločlivou vrstvu dopadat UV záření, které by způsobilo exponování filmu. Proces vyvolání černobílého filmu je popsán následovně.^{[81][82]} „*Krystal AgBr je tvořen záporně nabitými ionty bromu a kladně nabitými ionty stříbra. Když na krystal dopadne světlo, elektrony jsou odtrženy od atomů bromu, protože dopadající světlo jim předá svojí energii. Elektrony odtržené od atomů bromu jsou přitaženy k atomům stříbra a vzniká kovové stříbro. To se pod mikroskopem projevuje jako drobné černé tečky na jednotlivých krystalech. Počet atomů stříbra, které tímto způsobem vznikají, závisí na intenzitě světla dopadajícího na film a na době trvání osvětlení (expozice). Tímto způsobem je na filmu vytvořen latentní obraz (skrytý obraz). Aby se stal latentní obraz viditelným pro lidské oko, je třeba počet atomů stříbra mnohonásobně zvýšit tak, že film ponoříme v naprosté tmě do vývojky. Ta obsahuje látky, které jsou schopné rozeznat krystaly obsahující stopy kovového stříbra. Tyto látky obsažené v roztoku vývojky naplní krystaly se stopou kovového stříbra elektrony, čímž se všechny ionty stříbra v krystalu přemění na viditelné kovové stříbro. Krystaly bez stříbrných iontů zůstávají vývojkou nedotčeny. Ve vývojce se rozpouštějí také ty vrstvy filmu, které nejsou bezpodmínečně nutné pro zaznamenání obrazu na film (protizávojová vrstva, REMJET, ...). Poté se zbývající krystaly AgBr vymyjí působením chemického ustalovače. Po tomto zpracování se stává film necitlivým na světlo a zůstává tak stabilní po velmi dlouhou dobu. Film je nutné vkládat do vývojky v naprosté tmě!!! Uvedeným způsobem se získá film se zachyceným negativním obrazem, na kterém tmavé oblasti odpovídají světlým oblastem fotografovaného objektu. Pozitiv se z filmu získá tak, že se negativ promítne na papír potažený tenkou vrstvou fotografické emulze a ten se zpracuje ve vývojce a ustalovači stejně jako film.*“^[81] Schematické znázornění jednotlivých vrstev na negativním černobílém filmu je znázorněno na obrázku 23. Princip vzniku obrazu je znázorněn na obrázku 24.

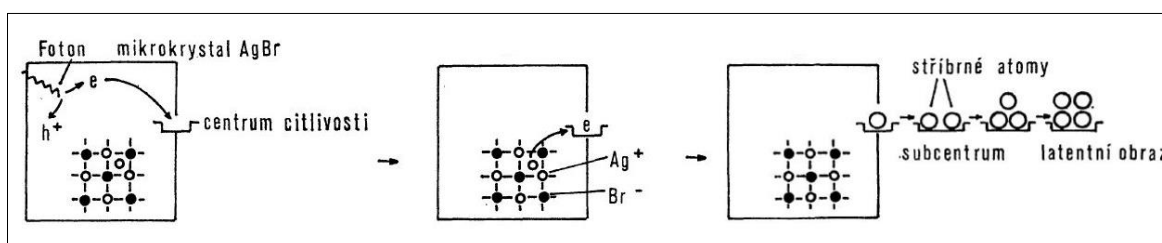


Obr. č. 23: Uspořádání jednotlivých vrstev černobílého filmu.^[81]



Obr. č. 24: Princip vzniku obrazu na černobílém filmu.^[81]

Princip vzniku samotného latentního obrazu byl popsán různými chemicky-fyzikálními teoriemi, přičemž nejvýznamnější a dodnes obecně uznávaná je teorie fyziků R. W. GURNEYHO a N. F. MOTTA, kteří vycházeli ze znalostí jednotlivých krystalových struktur. Pohltí-li AgBr foton mající energii 2,6 eV, pak dochází k odtržení a vzniku fotoelektronu a elektronové díry. Tento fotoelektron však nemá dostatečnou energii na vykonání výstupní práce pro opuštění z materiálu, tudíž se následně začne volně pohybovat skrz materiál. Fotoelektron se následně zachytí v elektronové pasti. Tento fotoelektron je však schopen rekombinovat s dalším pohyblivým iontem v materiálu, kterým je iont stříbra nacházející se v intersticiální mřížkové poloze a to za vzniku atomu stříbra. Následným opakováním tohoto postupu za vzniku fotoelektronu rekombinujícího s iontem stříbra za vzniku atomu stříbra v materiálu dochází ke vzniku právě latentního obrazu. Schematické znázornění tohoto principu je na obrázku č. 25.^{[83][84]}



Obr. č. 25: Princip tvorby latentního obrazu. Foton (vlevo) uvolní fotoelektron, přičemž dojde ke vzniku elektronové díry. Elektron je následně zachycen v tzv. centru citlivosti (uprostřed). A nakonec (vpravo) se spojí s iontem stříbra, čímž dojde ke vzniku atomu stříbra a následného latentního obrazu.^[83]

Inverzní černobílé materiály nebo také diapositivы, jsou materiály, které po expozici a vyvolání poskytují již přímý pozitivní obraz. Černobílé inverzní filmy jsou vyráběny na průhledné podložce, která následně slouží k prosvěcování a promítání obrazu

na stínítko. Z hlediska spektrální sensibilace¹⁸ se volí sensibilace panchromatická, což znamená sensibilaci na celé viditelné spektrum lidského zraku.

Speciální černobílé fotografické materiály jsou materiály, které jsou záměrně sensibilovány pro oblasti elektromagnetického spektra, které je mimo oblast běžného viditelného spektra pro lidské oko. Pro oblasti infračerveného spektra se používají tzv. infrachromatické fotomateriály a jsou sensibilací optickým procesem upraveny pro oblasti elektromagnetického spektra o vlnových délkách delších více jak 700 nm, přičemž optickou sensibilací je možné dosáhnout citlivosti fotomateriálů i na vlnové délky o hodnotách přibližně 1500 nm. Ovšem velikou nevýhodou takto upravených fotografických materiálů je samotná životnost, která se pohybuje v řádech několika dní. Hlavním důvodem použití optických sensibilčních soustav je odstranění viditelného spektra z fotografovaného spektra. V současné době jsou velmi hojně využívány sensibilční infračervené soustavy v podobě IR filtrů (obr. 26) propouštějící vlnové délky infračerveného elektromagnetického spektra. Typická fotografie pořízená za pomoci IR filtru je na obrázku 27. Pro fotografování v ultrafialové oblasti je používám fotografický materiál bez optické sensibilace a to z toho důvodu, že halogenidy stříbra jsou v této oblasti spektra citlivé již přirozeně. Pokud jsou fotomateriály používány pro exponování vlnových délek kratších než 300 nm, tak samotná citlivost halogenidů stříbra již nestačí a je nutné přidávat do citlivé vrstvy fosforeskující látky reagující na UV záření.^{[81][82][87]}



Obr. č. 26: Infračervený moderní filtr.^[85]

¹⁸ Sensibilace – zcitlivování; rozšíření citlivosti.



Obr. č. 27: Efekt infračerveného filtru p5i praktickém použití.^[86]

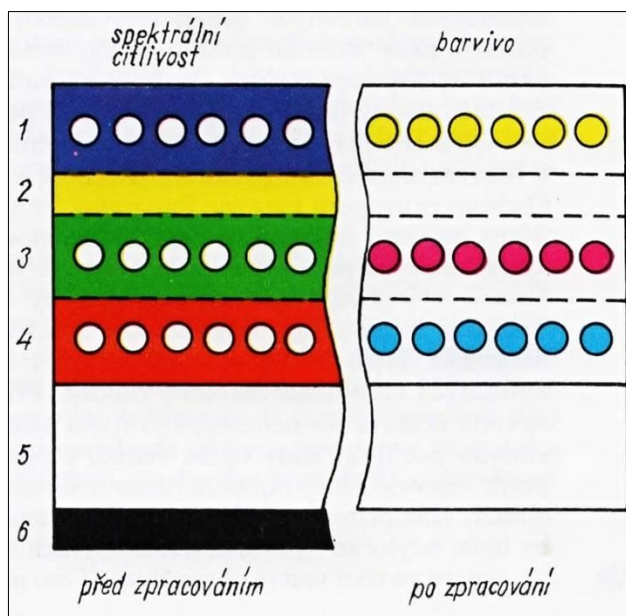
3.1.2 Barevný fotografický film

U této skupiny fotografických materiálů je možné se setkat s různými druhy principů, které jsou však založeny na jednotném principu barevného třívrstvého materiálu, kterými jsou: inverzní materiály, negativní materiály a pozitivní materiály.

Základy barevného fotografického filmu ve 20. století položili bratři AUGUST a LOUISE LUMIÈROVÉ ve svém autochromovém procesu v roce 1904 (důkladně popsáno výše). Roku 1910 R. FISCHER objevil, že pokud bude vyvolávat vyvolávací látkou p-fenylendyamin, pak bude docházet ke vzniku oxidačních látek a tyto oxidační látky v kombinaci se specifickými bezbarvými organickými látkami budou vytvářet trvalá barviva. Tento proces se stal základním pilířem pro téměř veškeré barevné fotomateriály v 20. století. Na zmíněném principu byla také založena metoda fotografického filmu složeného ze tří základních barevných vrstev, přičemž se mluví o třívrstvých fotografických materiálech.

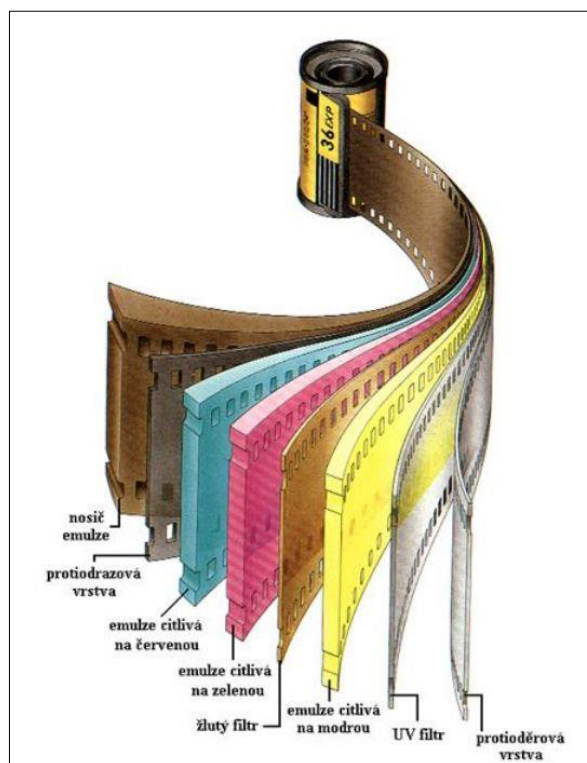
Třívrstvé barevné fotografické materiály využívají pro získání širokého spektra barev principu subtraktivního míchání (obr. 9) založeného na míchání třech základních barev. Každá z těchto tří základních fotocitlivých vrstev je citlivá na jednu barvu viditelného spektra a zároveň má svou vlastní barvotvornou složku. Ve směru dopadajícího elektromagnetického záření jsou jednotlivé vrstvy seřazeny následovně: první je vrstva citlivá na vlnovou délku modrého světla a dochází v ní při zpracování ke vzniku žlutého barviva, další citlivou vrstvou je vrstva citlivá na oblast vlnových délek zeleného světla a při zpracování v ní dochází ke vzniku purpurového barviva a třetí citlivou vrstvou je vrstva citlivá na vlnové délky červeného světla, přičemž při zpracování v ní dochází ke vzniku azurového barviva. Jelikož první světlocitlivá vrstva není schopna veškeré dopadající modré světlo absorbovat, tak z toho důvodu se mezi první a druhou světlocitlivou vrstvou zařazuje ještě speciální žlutá filtrační vrstva nebo použití žlutého barviva, které je poté přímo součástí první světlocitlivé vrstvy, která je z toho důvodu poté o něco silnější, než ostatní světlocitlivé vrstvy (uvedený princip přeměny barevných složek je znázorněn na obrázku 28). Takovéto složení třívrstvých materiálů je naprosto totožné

jako pro negativní, tak inverzní barevné materiály. Pozitivní barevné fotomateriály se liší pouze v uspořádání jednotlivých světlocitlivých vrstev a také v citlivosti na dopadající elektromagnetické záření.^{[87][88][89]}



Obr. č. 28: Uspořádání světlocitlivých vrstev a vznik barev po zpracování.^[89]

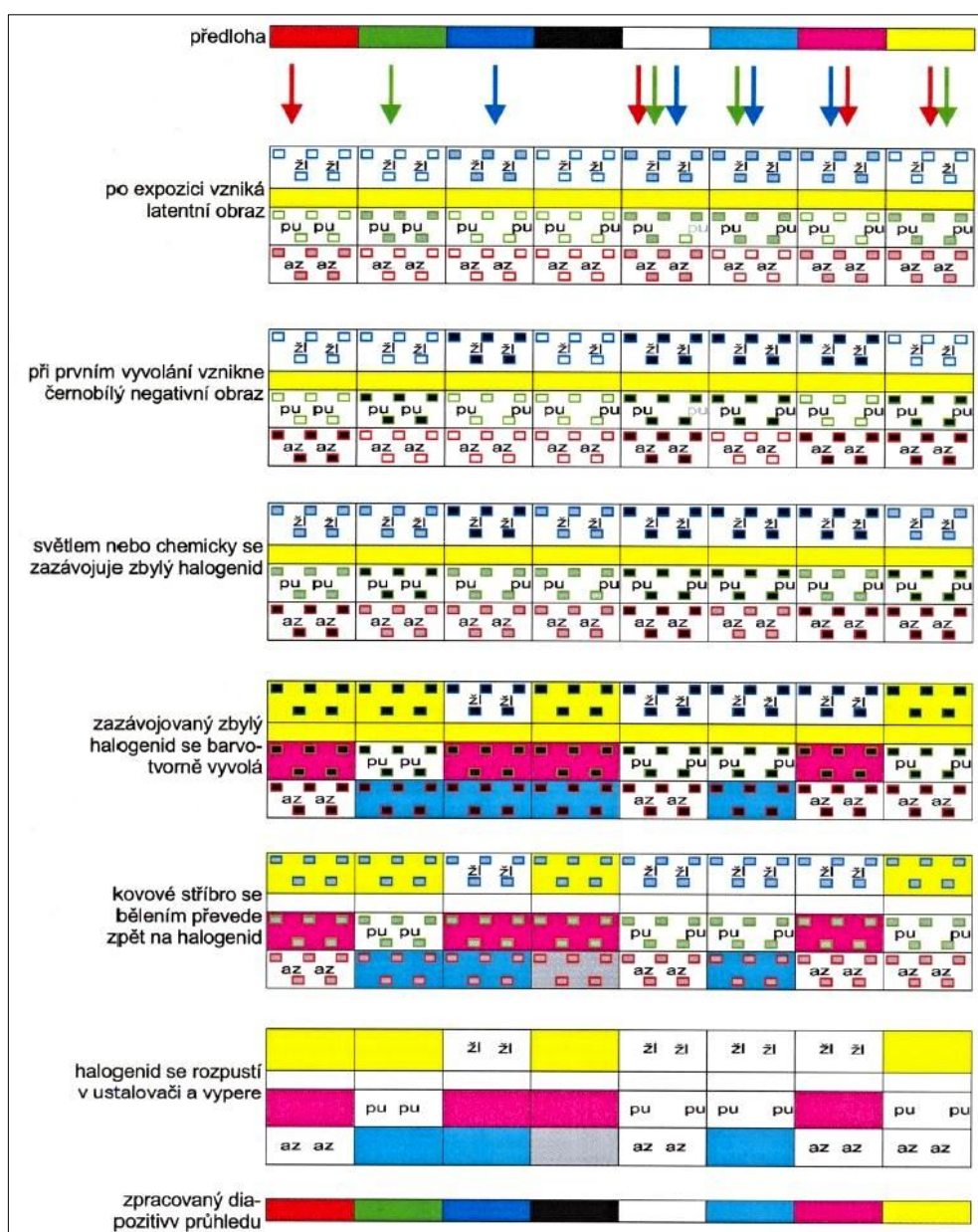
Samotné složení fotografického filmu a uspořádání veškerých jednotlivých vrstev je znázorněno na obrázku 29.



Obr. č. 29: Jednotlivé vrstvy barevného fotografického filmu.

Barevné inverzní filmy

Výsledkem barevných inverzních filmů je už samotný pozitivní obraz. Je však velice důležité použít správné materiály k tomu určené, aby bylo docíleno kvalitního požadovaného obrazu. Z historického hlediska se nejprve používaly inverzní materiály a to takové, které neobsahovaly žádné barevné světlocitlivé látky. Tyto barevné světlocitlivé látky byly obsaženy až ve vývojce a samotný fotomateriál se musel následně třikrát vyvolávat, přičemž pokaždé s jinou barvotvornou složkou a nakonec na sebe skládat (obr. 7). Protože byl tento postup velice zdlouhavý a náročný, tak se od něj upustilo a přešlo se k materiálům, které obsahují všechny tři barevné složky. Princip vzniku barevného obrazu na inverzním fotografickém filmu je znázorněn na obrázku 30 a popsán následovně.



Obr. č. 30: Schematický princip vzniku obrazu na inverzním barevném fotografickém filmu.^[91]

Exponovaný inverzní fotografický materiál je vyvolán v k tomu určené černobílé vývojce, přičemž dochází k tomu, že osvětlené halogenidy stříbra se redukuje na atomy stříbra a při tomto procesu dochází k oxidování samotné vývojky. Během tohoto procesu ještě žádné barvivo nevzniká, jelikož vývojka žádné látky způsobující tvorbu barevných složek neobsahuje. Takto zpracovaný fotomateriál se následně vloží do speciální barvotvorné vývojky, kde už dochází ke vzniku jednotlivých barevných elementů v jednotlivých světlocitlivých barevných vrstvách (viz výše). Po tomto procesu je na první pohled fotografický film zcela černý a to z toho důvodu, že obsahuje velké množství stříbra, které se vyvolalo během působení obou vývojek. Z toho důvodu je nutné ještě film podrobit tzv. vybělovacímu procesu, který vybělí atomy stříbra a v želatinové vrstvě zůstanou pouze patřičné barevné vrstvy, které už tvoří samotnou barevnou fotografii. Následně je nutné ještě samotnou fotografii vyprat v ustalovacím roztoku, aby byly zastaveny veškeré chemické reakce. Samotné ustalování se provádí roztokem thiosíranu sodného a je nutné, aby tento proces byl dostatečně dlouhý. Na úplný závěr bylo ještě doporučováno fotografii vyprat v stabilizační lázni tvořené roztokem formaldehydu a to z toho důvodu, že tím docházelo ke stabilizování světlých ploch na povrchu fotografie. Přes veškerou složitost během zpracování byl tento typ fotografického filmu během 20. století velice oblíben a používán. Nejčastěji se používal pro formáty filmů 8 mm a 16 mm.

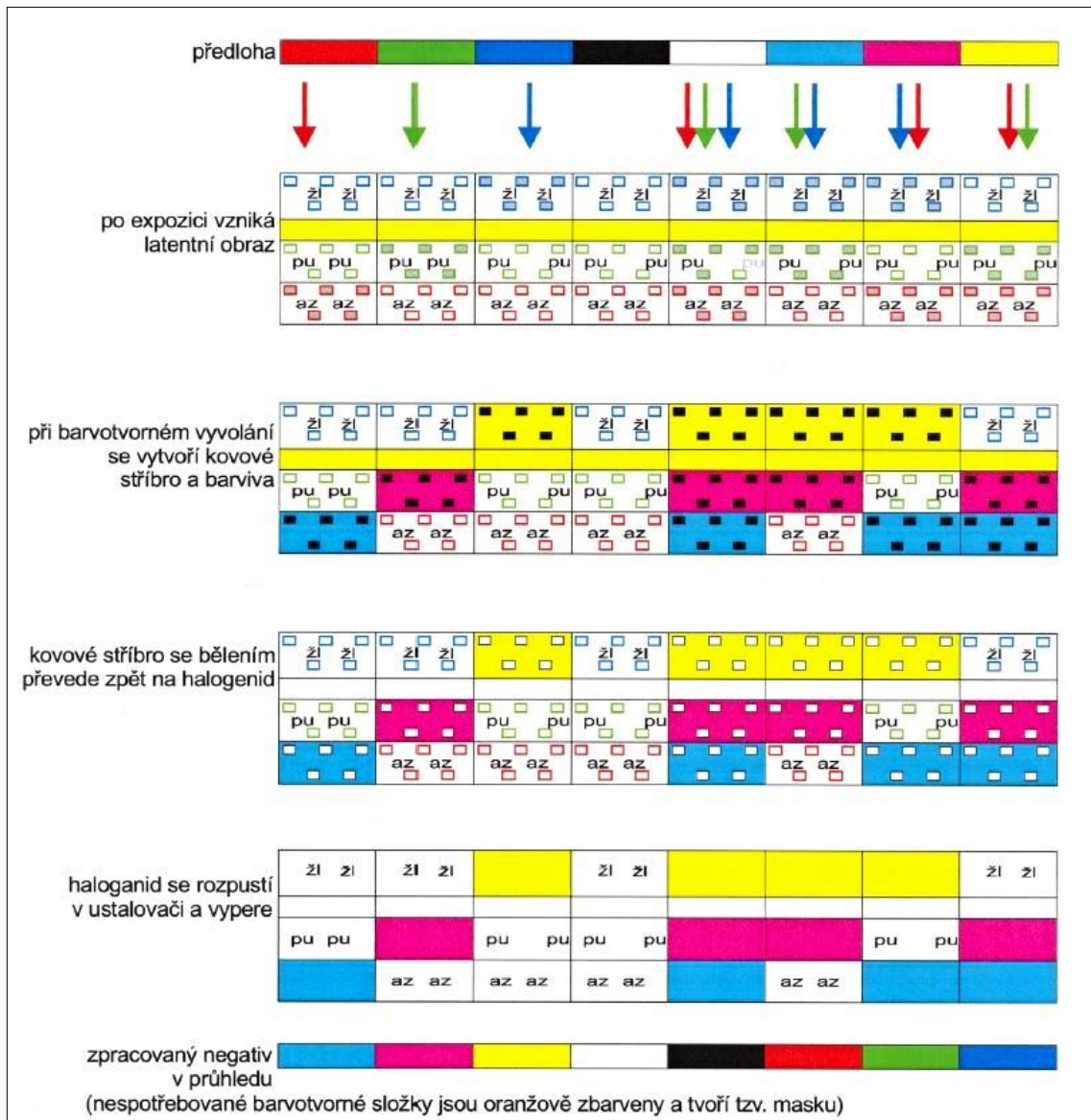
[82][87][88][89][90]

Barevné negativní filmy

Systém negativního barevného fotografického filmu se rozvinul až mnohem později než inverzní systém a to z velice jednoduchého důvodu: technika tohoto postupu je mnohem složitější a časově náročnější. Výhodou negativního materiálu oproti inverznímu materiálu je však to, že není tak náročný na přesnost při expozici, je možné z negativu vytvořit zcela libovolný počet zvětšenin nebo kopií a chyby, které vzniknou během expozice, je možné upravovat během procesu kopírování. Barevný negativní fotomateriál je opět složen ze tří základních fotocitlivých vrstev, které jsou uspořádány stejně jako u inverzního procesu. Zásadní rozdíl je však v tom, že film je vyvolán v barvotvorné vývojce ihned po prvním osvětlení, přičemž doplňkové barvy C, M, Y¹⁹ vznikají přímo na exponovaných místech. Dále musí film projít procesem vybělení a ustálení jako u inverzního procesu. Protože se jedná o negativní materiál, tak je ještě na závěr nutné provést expozici na fotografický papír, přičemž na fotografickém papíře dojde ke vzniku barevného pozitivního snímku. [82][89][91] Přesný postup vzniku negativního barevného záznamu je uveden na obrázku 31 a popsán následovně. „Proces lze podrobně vysvětlit například na první citlivé vrstvě. *Vyfotografováním scény jsou první vrstvou absorbovány paprsky z modré oblasti spektra. Ty způsobí, že během vyvolání v barvotvorné vývojce se na těchto místech vytvoří žluté barvivo. Po vybělení kovového stříbra z těchto osvětlených míst a ustálení je negativní obraz v první vrstvě tvořen žlutým barvivem. Při expozici pozitivního materiálu přes tento negativ – první vrstva negativu propouští žlutou oblast spektra, která je absorbována vrstvami citlivými k červené a zelené oblasti spektra (žlutá barva vzniká aditivním*

¹⁹ C – cyan – azurová barva; M – magenta – purpurová; Y – yellow – žlutá

smíšením zeleného a červeného světla). Po vyvolání a ustálení vznikne na osvětlených místech purpurové a azurové barvivo, které subtraktivním mícháním vytváří modrou barvu pozitivního obrazu.^{«[91]}

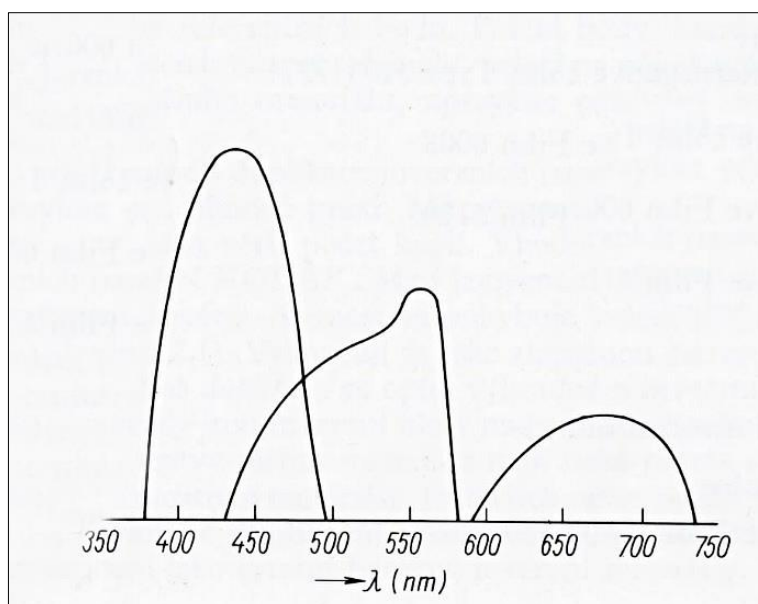


Obr. č. 31: Schematický princip vzniku obrazu na negativním barevném fotografickém filmu.^[91]

Barevné pozitivní materiály

Barevné pozitivní fotografické materiály jsou nejmladší z jednotlivých barevných fotomateriálů. Jsou charakteristické už tím, že průběh jednotlivých spektrálních citlivostí není rozložen do celého viditelného spektra, ale je typický pouze pro některé vlnové délky, přičemž u inverzních barevných i negativních barevných materiálů je sensibilace rozložena do celého viditelného spektra. Na obrázku 32 je znázorněno rozložení jednotlivých spektrálních citlivostí vrstev pozitivního barevného fotografického materiálu *Gevacolor Positive Type 9.54* z roku 1967. Protože byla snaha dosáhnout, co možná nejdokonalejší

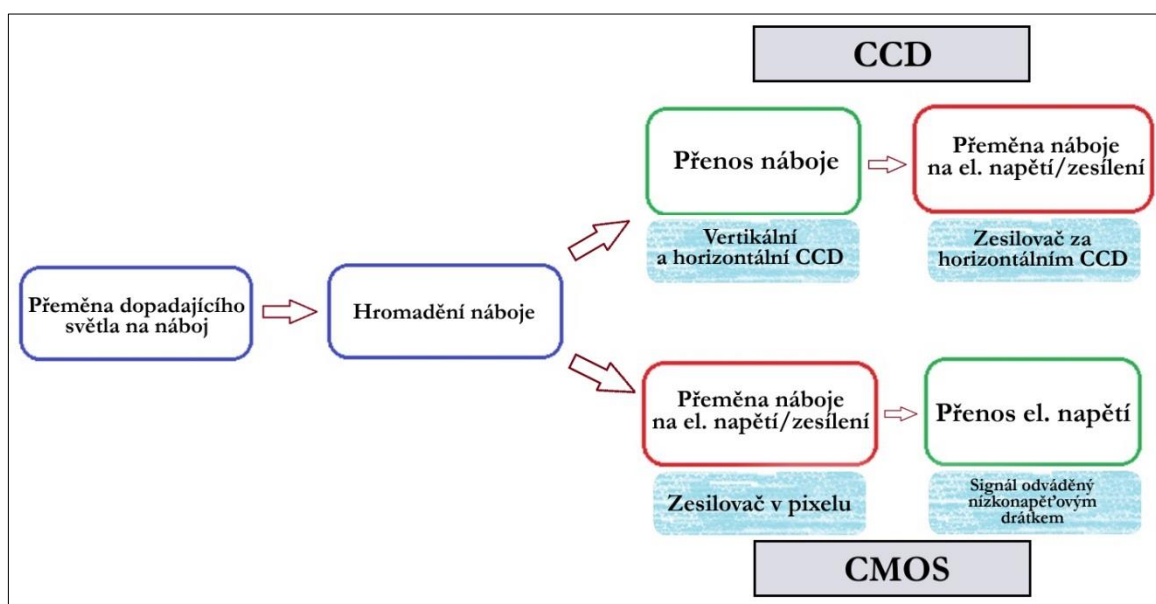
reprodukce obrazu, tak se měnilo jak uspořádání jednotlivých fotocitlivých vrstev, tak i samotné složení těchto vrstev. Prvotní pozitivní barevné fotomateriály měly ve všech třech světlocitlivých vrstvách obsažen bromid stříbrný a jednotlivé vrstvy byly uspořádány jako u inverzních materiálů. Protože pořízená fotografie nedosahovala požadovaných kvalit, tak se při následných kvalitativních rozbořech zjistilo, že zásadní vliv na ostrost a celkové obrazové uspořádání má purpurový záznam v prostřední vrstvě a následně byly určeny poměry podílejících se barvotvorných složek na celkové výsledné kvalitě fotografie. Purpurová barva se na výsledné kvalitě podílela z 60 %, azurová z 30 % a žlutá pouze z 10 %, proto bylo vcelku logické, že je zcela nevýhodné, aby byla nejostřeji vykopírovaná právě žlutá barva, která se na skladbě obrazu podílí nejméně, přičemž nejdůležitější purpurová vrstva je velice ovlivněna rozptylem dopadajícího světla. Toto zjištění mělo za následek přeuspořádání jednotlivých fotocitlivých vrstev za účelem zvýšení kvality fotomateriálu. Jako první byla tedy umístěna vrstva citlivá na vlnové délky odpovídající zelenému světlu s purpurovou barvotvornou složkou, dále fotocitlivá vrstva odpovídající vlnovým délkám červené barvy s azurovou barvotvornou složkou a nejspodněji, čili nejbliže k podkladu, byla umístěna citlivá vrstva reagující na vlnové délky modrého světla se žlutou barvotvornou složkou. Vyvolávací proces byl složen ze čtyř základních částí: vývojka – přerušovací lázeň – bělicí ustalovač – stabilizační lázeň.
 [82][88][89][91][92]



Obr. č. 32: Rozložení jednotlivých spektrálních citlivostí vrstev pozitivního barevného fotografického materiálu *Gevacolor Positive Type 9.54* z roku 1967.^[89]

3.2 Vývoj elektronických snímacích čipů

Ve světě digitální fotografie se používají základní dva druhy snímacích elektronických čipů, které jsou následně ještě podle historického vývoje, jednotlivých specifikací a kvality děleny do dalších podkategorií. První ze dvou základních elektronických snímacích čipů je označován zkratkou CCD a druhý zkratkou CMOS. Jednotlivé principy funkčnosti obou čipů jsou si poměrně dosti podobné. Oba dva čipy mají za úkol převést dopadající elektromagnetické záření do specifického toku elektronů, přičemž hlavním rozdílem mezi čipy je právě ve způsobu vyčítání konečného elektrického náboje. Schematicky je rozdíl mezi zmíněnými čipy znázorněn na obrázku 33.

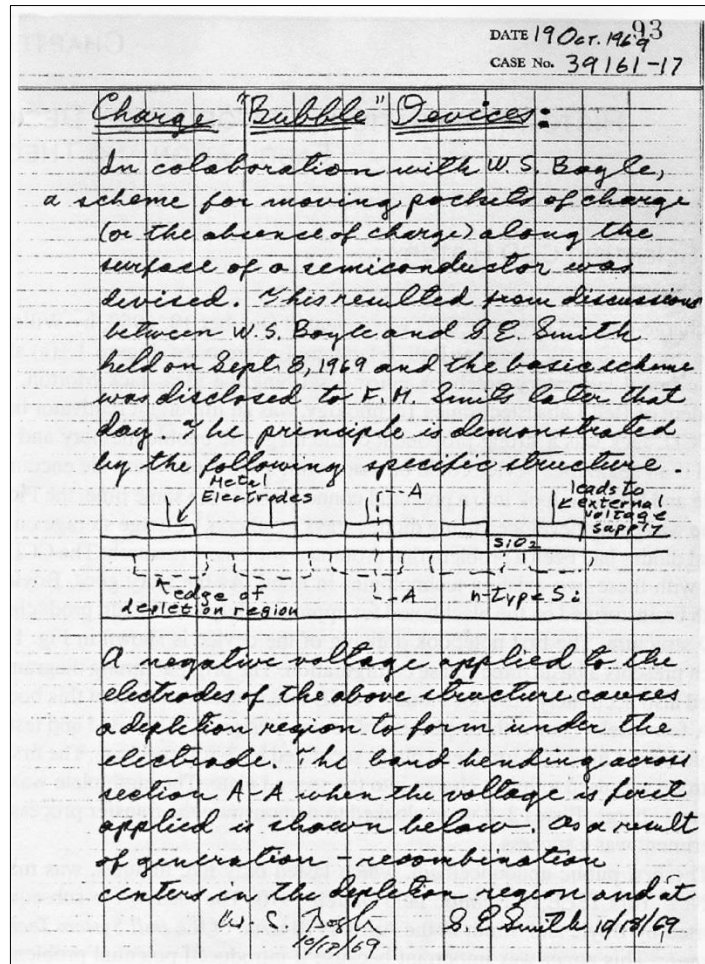


Obr. č. 33: Rozdíl funkce CCD a CMOS čipu.^[autor]

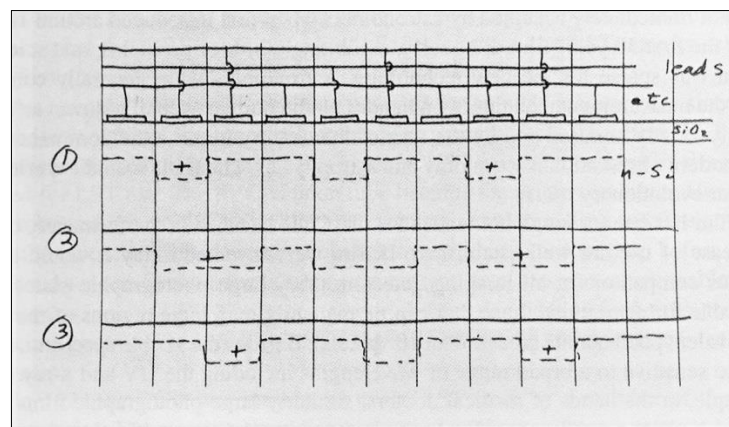
3.2.1 CCD

Historie elektronických snímacích čipů se začala psát koncem 70. let 20. století v Bellových laboratořích (*AT&T Bell Laboratories a Bell Telephone Laboratories*, dnes již jen *Bell Labs*) v americkém New Jersey. Dne 19. října 1969 *WILLARD STERLING BOYLE* (1924–2011) a *GEORGE ELWOOD SMITH* (1930–dodnes) objevili na základě svého bádání princip čipu, který pojmenovali zkratkou CCD (z angl. *charge coupled device*, což v překladu znamená *zařízení s vázanými náboji*) a v roce 2009 za tento objev byli oceněni Nobelovou cenou. Na obrázku 34 je zaznamenán originál náčrtu popisu principu samotné funkce CCD prvku. Historické zmínky uvádí, že *BOYLE* se *SMITHEM* během pouhé hodiny a půl usilovného přemýšlení, navrhování a kreslení obrázků na tabuli, vymysleli přímou strukturu CCD, přičemž první načrtnutá struktura na papíře je zachycena na obrázku 35, kde jsou načrtnuty základní tři fáze procesu. Protože se vynález jevil od počátku jako poměrně zásadní, tak už po několika týdnech byl tento tří fázový prvek opravdu zkonstruován a začal být testován. Vyroben byl z jednoduché řady devíti 100 μ m křemíkových čtvercových plátek, přičemž každý plátek byl od následujícího oddělen mezerou o šířce 3 μ m. Elektroda *g* (gate) na prvním plátku byla použita pro injektování

(vstříknutí) náboje do následujícího plátku a elektroda na devátém plátku byla použita pro detekci konečného náboje. Plátky dva až osm byly použity pro samotný proces přenosu náboje. Tyto plátky jsou v dnešní době známy pod názvem pixely. Ihned při prvotním testování bylo z výsledků zcela patrné, že tento princip funguje přesně podle předpokladů a BOYLE se SMITHEM si moc dobře uvědomili, že jejich vynález je zcela zásadním milníkem pro další vývoj nejen fotografie, ale i dalších zobrazovacích zařízení.^{[93][94][95]}

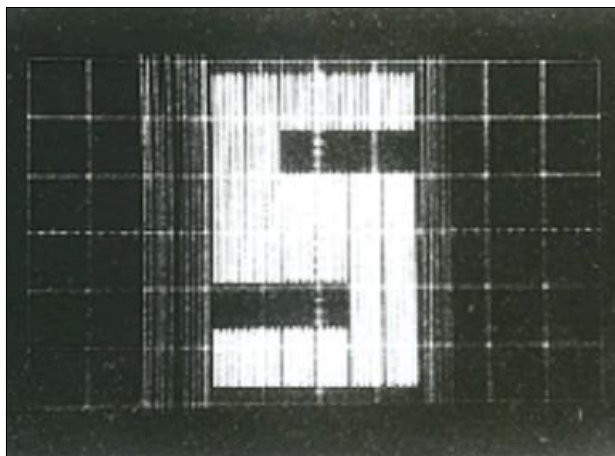


Obr. č. 34: Prvotní popis principu funkce CCD.^[95]



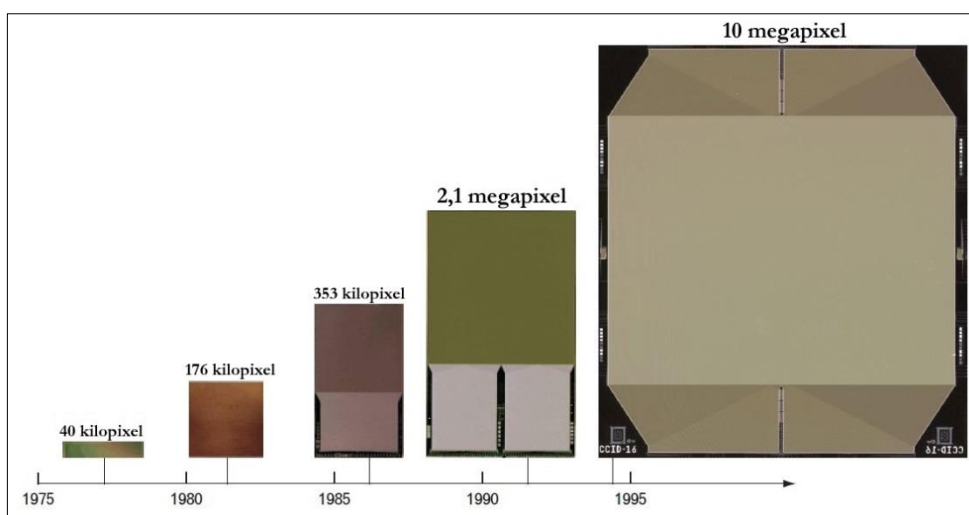
Obr. č. 35: Náčrt struktury CCD.^[95]

První uveřejnění objevu CCD prvku proběhlo na vědecké konferenci v americkém Seattlu v červnu roku 1970. Zpráva kompletně fyzikálně a technologicky popisovala 8 bitový CCD prvek s integrovanými vstupními a výstupními diodami používanými k injektování a čtení náboje. Protože si vědci z celého světa uvědomovali jak je tento objev průlomový, tak již počátkem roku 1972 představila japonská společnost *Sony* CCD čip, který obsahoval 8 x 8 pixelů, měl tedy rozlišení 64 pixelů (obr. 36).



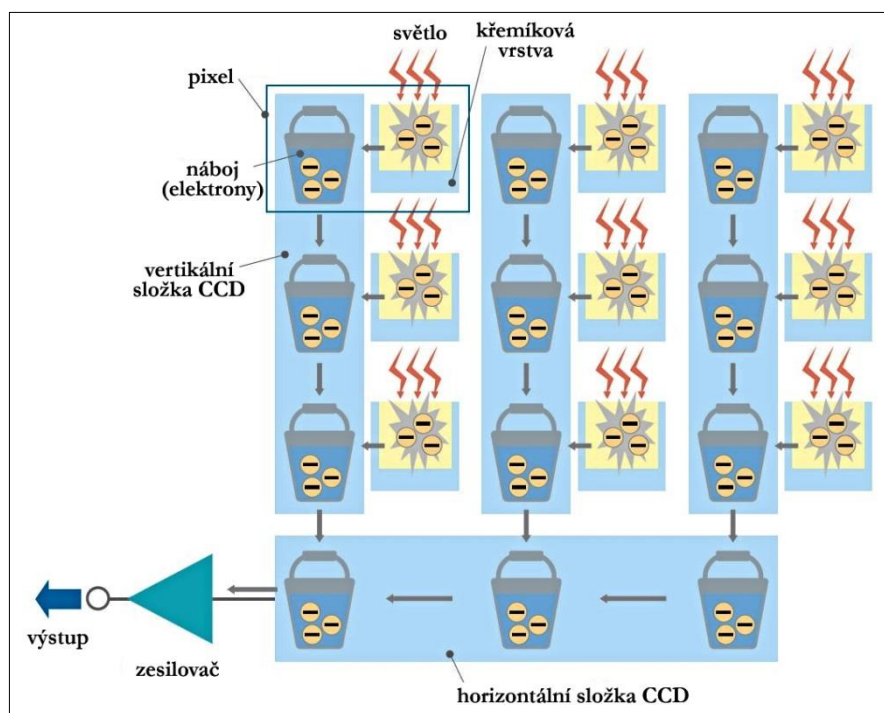
Obr. č. 36: CCD čip společnosti Sony z roku 1972.^[96]

Na podzim téhož roku byl ale *BOYLEM* a *SMITHEM* představen CCD čip, který obsahoval 100 x 100 pixelů, což znamenalo nesrovnatelně kvalitnější pořízený záznam oproti společnosti Sony. Těmito dvěma souvisejícími objevy byl odstartován „souboj“ společností, který ve své podstatě trvá až do dnešní doby. Veškeré společnosti zabývající se fotografickou technikou a digitálními fotoaparáty, se neustále předbíhají v co možná největším možném počtu pixelů na CCD snímači. Na obrázku 37 je znázorněn růst počtu pixelů v závislosti na čase.



Obr. č. 37: Porovnání rozlišení snímačů v čase.^[97]

Obecný princip funkce CCD čipu je následující. Jednotlivé křemíkové plátky jsou uloženy nad kovovou elektrodou, která je od okolního prostředí izolována vrstvou oxidu křemičitého (SiO_2). Samotné snímání obrazu se skládá ze dvou základních fází, které se opakují 25krát za sekundu. V první fázi dochází k dopadu elektromagnetického záření na atomy křemíku. V důsledku fotoelektrického jevu dochází k vyražení záporně nabitých elektronů, které putují na kladně nabitou elektrodu, která je umístěna pod každým pixelem. Pokud dopadá na snímač více světla, pak dochází k tvorbě obrazu, kde jasné oblasti odpovídají pixelům, ze kterých bylo vyraženo více elektronů, než z ostatních pixelů. Ve druhé fázi dochází ke čtení vzniklého obrazu po jednotlivých pixelech a dochází ke vzniku napěťového signálu. Samotné „čtení“ probíhá tím způsobem, že kladný náboj se pohybuje v těsné blízkosti podél jednotlivých elektrod a nahromaděné elektrony jsou přesunovány z jednoho pixelu na druhý a skrz elektrody jsou elektrony posunovány až ke konečné sběrnici na konci snímače (obr. 38), kde dochází k tvorbě signálu v závislosti na osvětlení. Čím více byly pixely osvětleny, tím více bylo vyraženo elektronů z jednotlivých pixelů a tím je větší hodnota signálu ve formě elektrického napětí ze snímače vychází.



Obr. č. 38: Princip funkce CCD.^[94]

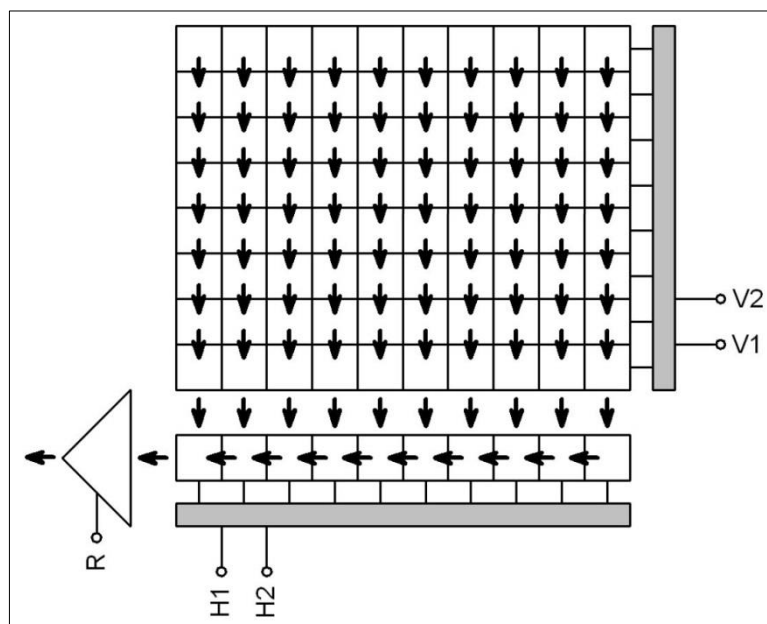
Od samotného objevu snímacího čipu až do dnešní doby došlo v této oblasti k rozsáhlému vývoji a z toho důvodu je možné se setkat s různými druhy CCD čipů. Podle konstrukčního uspořádání se CCD čipy dělí na řádkové (lineární) a plošné (maticové). Řádkové CCD čipy jsou používány pro čtení jednorozměrného obrazu. Typickým příkladem lineárního CCD čipu je zařízení používané pro čtení čárových kódů. Jednotlivé snímací buňky jsou uspořádány v jedné až třech v řadách, což znamená, že nedojde k pokrytí celého snímku. Snímač zaznamenává údaje postupně po řádcích, což znamená, že sejme údaje z jednoho řádku, tyto údaje uloží a až poté přejde na řádek další, z toho důvodu samotný obraz vzniká postupně řádek po řádku. Plošné CCD čipy mají oproti

lineárním tu výhodou, že ke snímání obrázku nedochází po jednotlivých řádcích, ale najednou v celé ploše daného čipu.

Protože je plošný čip pro praxi mnohem vhodnější než řádkovací, tak během posledních několika desetiletí došlo k vývoji několika druhů plošných CCD čipů, které se od sebe svým fyzikálním principem vcelku liší.^{[94][97][98][99]}

Fullframe snímač (FF CCD):

„U senzoru Full frame CCD je optimálně využita plocha čipu, téměř celý povrch pokrývají světlocitlivé elementy. Používají se MOS kapacitory umístěné ve vertikálních CCD posuvných registrech. Během osvětlení se v jednotlivých MOS kapacitorech generuje náboj, který přímo úměrný intenzitě a době osvětlení a nepřímoúměrný vlnové délce dopadajícího záření. Po ukončení expozice a během vyčítání náboje se musí zamezit dopadu záření na snímač mechanickou popř. elektronickou závěrkou, jinak dochází k negativnímu ovlivnění obrazu. K náboji generovanému během expozice by se přičetl doplňkový náboj generovaný během vyčítání (tzv. smear efekt). Při vyčítání se náboj ve vertikálních registrech posune o jednu řadu světlocitlivých elementů dolů. Spodní řada se tedy posune do horizontálního registru a nejvyšší řada zůstává bez náboje. Nyní zůstává vertikální registr v klidu a na řídicí elektrody horizontálního registru se přivádí sled impulsů posouvající náboje směrem k nábojovému detektoru. Po vyčtení horizontálního registru se celý postup opakuje, dokud není vyčten náboj z celé plochy čipu. Jelikož je téměř dokonale využita plocha čipu, je možno dosáhnout velmi vysokého rozlišení a v těchto případech by doba vyčítání velmi dlouhá. U takových to snímačů se plocha čipu rozděluje do čtyř částí. Každá část má svůj vlastní horizontální registr a vertikální registry se ovládají nezávislými sledy napětí.“^[98] Uvedený popis je znázorněn na obrázku 39.



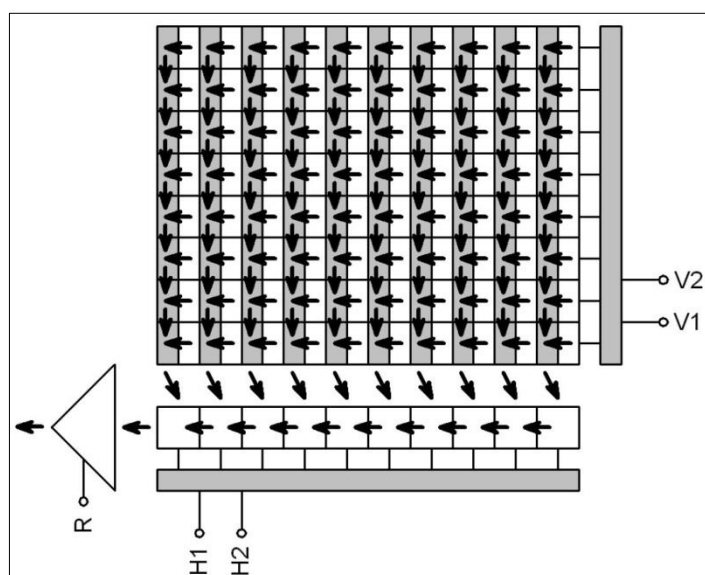
Obr. č. 39: Princip fullframe CCD senzoru.^[100]

Frame transfer snímač (FT CCD):

Tento snímač vznikl z historického hlediska následně po FF CCD a to z toho důvodu, že se tento princip vzniku fotografie jevil jako mnohem vhodnější pro získání kvalitnějšího obrazového záznamu. Svou konstrukcí FT CCD vychází z FF CCD a pro záchyt náboje jsou taktéž používány MOS kapacitory, jako je tomu u FF CCD. Hlavní rozdíl mezi snímači spočívá ve vyčítání náboje, které neprobíhá už ve vrstvě citlivé na dopadající elektromagnetické záření, ale náboj je v tomto snímači vyčítán v dolní zakryté části registru.^{[99][100]} „Doba, po kterou může být náboj získaný při expozici ovlivněn doplňkovou expozicí, se snižuje na dobu potřebnou k převedení náboje z aktivní části CCD do krytého vertikálního registru. Velikost „smear“ efektu je tak podstatně menší. Přesun náboje do horizontálního registru v kryté části je pak stejný jako u FF CCD. Po jeho vyprázdnění se do něj může rovnou přesunout nově generovaný náboj z fotocitlivé části. Při pohledu na FT CCD je typická zakrytá část vertikálního registru.“^[98]

Interline transfer snímač (IT CCD):

IT CCD je další druh plošného snímacího čipu, který byl v průběhu historického vývoje vyroben. Tento snímač principiálně vychází z FT CCD čipu a taktéž velmi podobně pracuje, rozdílem je však, že zacloněná plocha je střídavě prokládána s aktivní citlivou plochou.^{[98][99]} „Každý lichý sloupec akumuluje světlo, sudé sloupce jsou překryty neprůhlednou vrstvou. Jakmile expozice skončí, liché sloupce jsou velice rychle přesunuty do sudých sloupců. Ty jsou pak postupně posouvány do horizontálního registru a digitalizovány.“^[99] V jednotlivých prokladech jsou umístěny fotodiody s PN přechodem. Jako krycí neprůhledná vrstva je nejčastěji používána hliníková vrstva. Velkou nevýhodou tohoto čipu bohužel je, že nedochází k využití celé snímací plochy z důvodu krytí části plochy vertikálními registry. Princip snímače je znázorněn na obrázku 40.^{[98][99]}

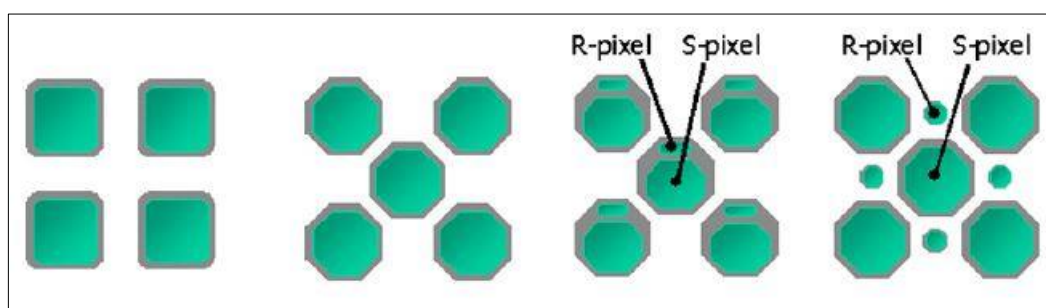


Obr. č. 40: Princip interline transfer CCD.^[101]

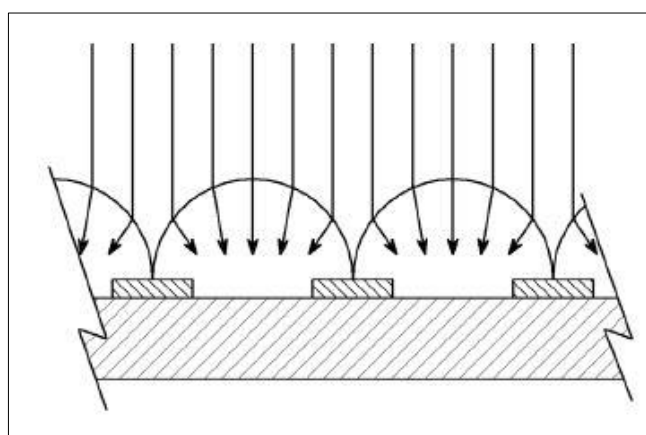
Super CCD:

Roku 1999 představila japonská společnost *Fujifilm* elektronický snímací prvek s označením Super CCD. Jedná se o snímač, kde jednotlivé světlocitlivé prvky už nemají tvar čtverce, ale jsou formovány do tvaru osmiúhelníku (obr. č. 41). Dle výrobce dochází k velmi vhodnému dopočítávání pixelů a osmiúhelníkový tvar prvků vykazuje při stejném množství výraznější citlivost samotného snímače. Výrobce také vychází z poznatků, že lidské oko je mnohem citlivější na vnímání horizontálních a vertikálních os, než os diagonálních. Z toho důvodu je také samotná struktura Super CCD oproti starším verzím čipů pootočená o 45 stupňů. Dalším prvkem, který výrazně zvyšuje kvalitu pořízeného snímku, jsou speciální mikročočky (obr. č. 42), kterými je opatřen každý pixel.^{[97][98][99]}

„Čtvrtá generace CCD senzorů je ve dvou variantách – Super CCD HR a Super CCD SR. Super CCD SR (Super Dynamic Range, neboli super široký dynamický rozsah čidla) má v jedné buňce dva druhy fotodiód. Větší z nich jsou primární a menší sekundární, které jsou nastaveny na nižší citlivost. Výsledný snímek přitom vzniká složením dílčích, současně exponovaných obrazů z těchto fotodiód. Použitý způsob by měl zajistit vyváženou expozici i v náročných situacích s velkými rozdíly intenzity osvětlení v jednotlivých částech kompozice.“^[103]



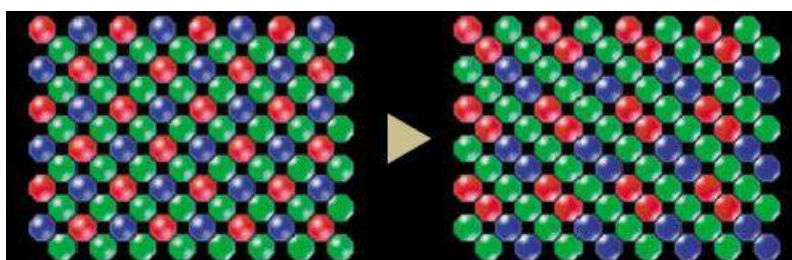
Obr. č. 41: Tvary pixelů.^[103]



Obr. č. 42: Mikročočky na jednotlivých pixelech.^[102]

Super CCD EXR:

V září roku 2008 opět společnost *Fujifilm* uvedla na trh nový typ snímače s označením Super CCD EXR. V tomto snímači dochází ke kombinaci výhod předchozího snímače s označením Super CCD a SR snímačů na jednom jediném čipu. Další inovací je naprosto odlišné uspořádání barevných filtrů. Na obrázku 43 je v levé části uvedeno běžné uspořádání barevného filtru, v levé části obrázku je znázorněno nové přeuspořádání barev, které je typické právě pro snímač EXR. Ihned při prvním pohledu na obrázek je patrné, že zelených filtrů je u EXR dvojnásobně více, oproti tomu jsou dále v diagonálním směru vždy dva barevné filtry uspořádány stejně. Toto uspořádání vede ke zcela zásadnímu snížení hodnot šumu a zvýšení dynamického rozsahu snímače.^{[98][99][103][104]}



Obr. č. 43: Přeuspořádání barevných filtrů u Super CCD EXR.^[103]

3.2.2 CMOS

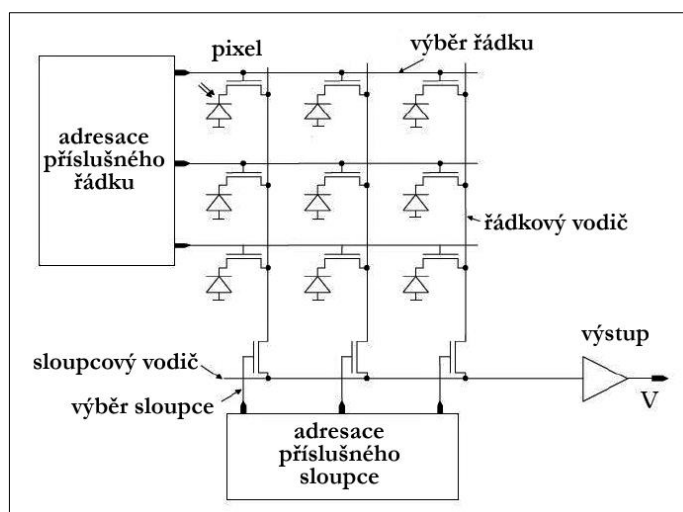
Z historického hlediska jsou CMOS (z angl. *Complimentary metal-oxide semiconductor*, přeloženo *doplňující se kov-oxid-polovodič*) čipy o několik let starší než CCD prvky a samotná myšlenka principu funkčnosti je starší o celých šest let. V roce 1963 FRANK WANLASS (1933–2010) vymyslel a navrhnul princip funkce a samotnou konstrukci CMOS snímače. První integrované obvody dle jeho návrhů vznikly již roku 1968. I přesto, že byl CMOS vyvinut dříve než CCD, tak se dostal do pozadí na dlouhých téměř 30 let, což bylo způsobeno zejména velice nekvalitním pořizovaným záznamem a samotnou přítomností CCD čipu, kdy se téměř veškerý výzkum zaměřil pouze na zdokonalování CCD. CMOS prvky se začaly prodírat do popředí až kolem roku 1999, kdy byly již na takové úrovni, že mohly být pomalu instalovány do digitálních fotoaparátů. Od roku 1999 CMOS snímače prošly přímo překotným vývojem a dnes jsou hojně využívány v digitálních fotoaparátech různých parametrů a cenových skupin.

Princip vzniku obrazového záznamu pomocí CMOS snímače je velmi podobný principu vzniku obrazového záznamu na CCD. Plocha CMOS prvku je taktéž pokryta světlocitlivými buňkami, kterými jsou nejčastěji fotodiody, v nichž dochází po dopadu elektromagnetického záření ke vzniku fotoelektrického jevu, kdy vzniká dvojice elektron – díra, přičemž množství těchto dvojic se opět odvíjí od intenzity dopadajícího záření. Čím více světla na jednotlivé prvky dopadne, tím je generován větší počet párů elektron – díra. Základním rozdílem mezi snímači CCD a CMOS je způsob vyčítání konečného náboje. U CCD je využíván princip posuvného registru, ale u CMOS jsou jednotlivé buňky

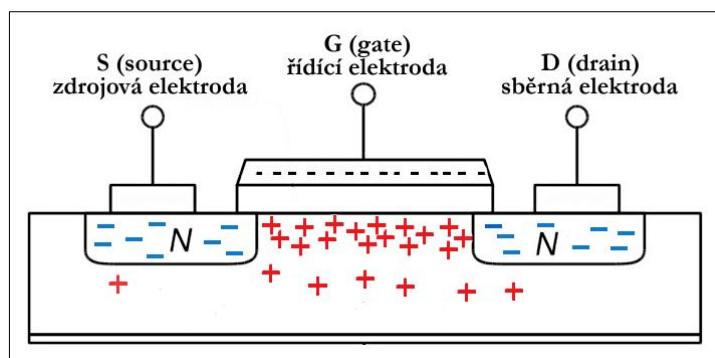
adresovány přímo.^{[98][103][105][106][107]} „K výběru buňky dojde tak, že řídicí obvod aktivuje příslušný řádek a jednotlivé tranzistory v každé buňce připojí příslušný pixel na sloupcové čtecí vodiče. U CMOS snímačů tak můžeme dostat na výstup námi zvolenou oblast a nemusí se vyčítat celá plocha čipu.“^[98] Během vývoj CMOS čipů došlo ke vzniku dvou základních CMOS prvků, které se od sebe liší konstrukčním uspořádáním jednotlivých fotocitlivých buněk. Jedná se o snímače PPS CMOS a APS CMOS.

PPS CMOS (pasive pixel sensor):

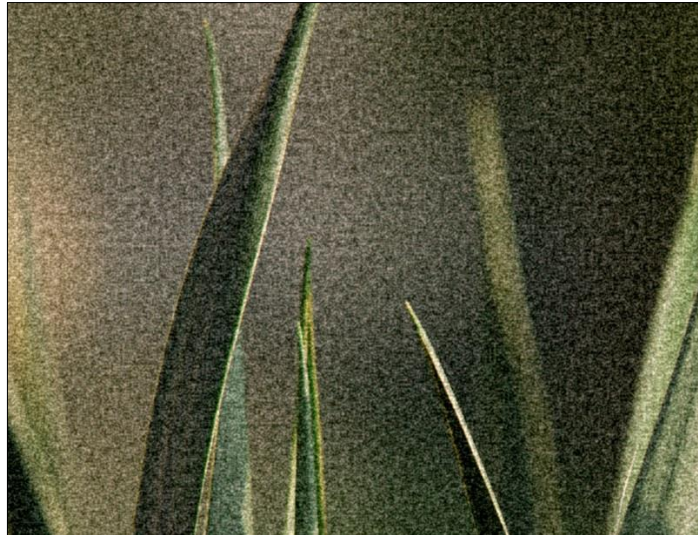
Tento druh CMOS snímače je historicky nejstarší. Princip funkce (obr. č. 44) je takový, že každý světlocitlivý bod (pixel) na ploše senzoru je složen z fotodiody a tranzistoru typu MOS (unipolární tranzistor s vodivým kanálem a izolovaným hradlem obr. č. 45). Tento tranzistor připojuje pixel pomocí sloupcového vodiče na výstup, a protože každý pixel obsahuje jeden tranzistor, tak se dosahuje velkých rozlišení pořízeného záznamu, což je ovšem zároveň jeho nevýhodou a v tom ohledu, že dochází ke vzniku značného elektronického šumu na pořízeném snímku. Tento elektronický šum má podobu jemného tzv. rozpixelování, které je pro lidský zrak poměrně nepříjemné a proto také velice nežádoucí (obr. č. 46).^{[98][105][106][107]}



Obr. č. 44: Princip funkce PPS CMOS.^[98]



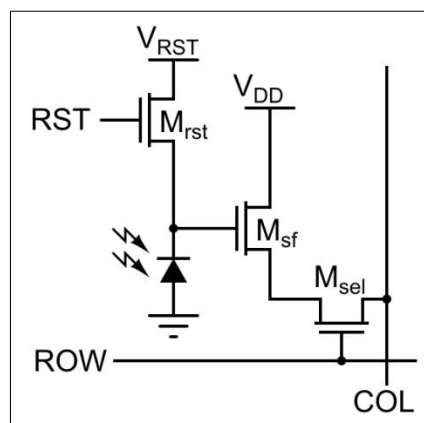
Obr. č. 45: Schematické znázornění tranzistoru typu MOS.^[108]



Obr. č. 46: Rozpixelování obrázku. ^[autor]

APS CMOS (active pixel sensor):

APS CMOS je obrazový snímač, který vznikl v důsledku odstranění nežádoucího šumu u PPS CMOS. APS snímač je opět tvořen integrovaným obvodem, který se skládá z jednotlivých pixelů, přičemž každý pixel obsahuje fotodiodu, tři MOS tranzistory a zesilovač.



Obr. č. 47: Struktura aktivního pixelu APS CMOS. ^[109]

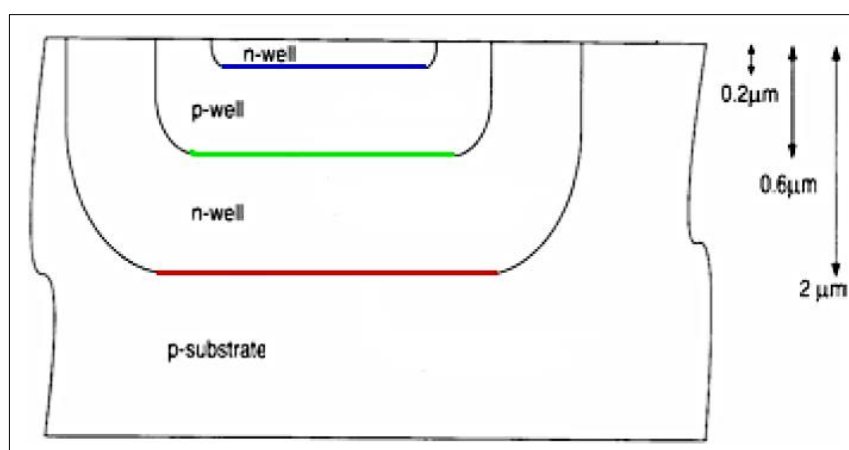
„Po sepnutí tranzistoru T1 se fotodiody připojí na napájecí napětí V_{DD} a odvede se tak potenciální náboj (diody se resetuje). Dopadem světla na fotodiodu se generuje náboj, který se integruje na parazitní kapacitě fotodiody (kapacita záporně polarizovaného PN přechodu) a kapacitě čtecího tranzistoru (T2). V zapojení se projevují i další kapacity jako např. kapacita vodičů, kapacita tranzistoru T1 ale jejich velikost je v porovnání s kapacitou diody zanedbatelná. Napětí na emitoru tranzistoru T2 je lineárně závislé na intenzitě dopadajícího záření a době akumulace a můžeme ho popsat vztahem 1.0

$$U = U_{DD} - U_{T1} - \frac{1}{C} \int_{t=0}^t i dt, \quad (1.0)$$

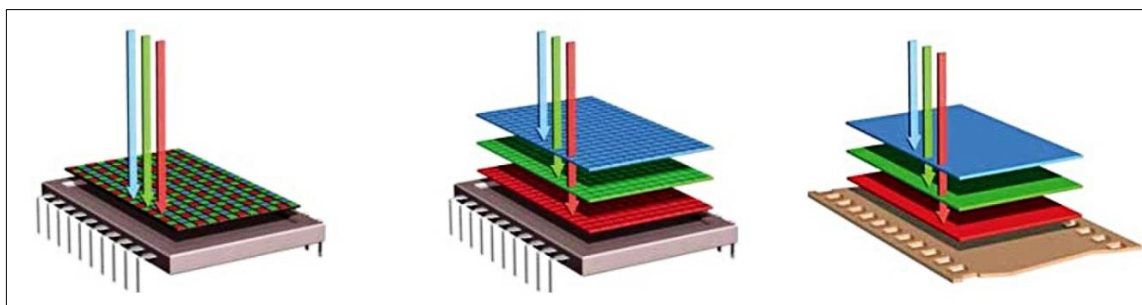
kde U_{DD} je napájecí napětí, U_{T1} je úbytek napětí na tranzistoru $T1$, C je součet kapacit na kterých se akumuluje náboj a i je proud generovaný fotodiodou. Tranzistor $T2$ zde pracuje jako emitorový sledovač, odděluje tak fotodiodu od zbytku výstupního obvodu, k němuž se po sepnutí tranzistoru $T3$ pixel připojí. Tímto řešením se odstraňují problémy se šumem u PPS.^[98]

CMOS Foveon:

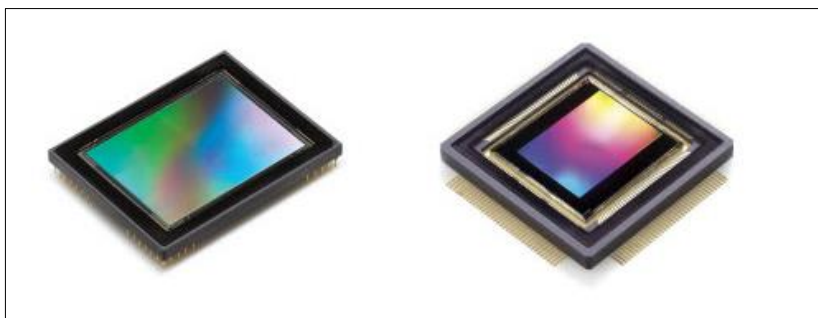
V roce 2002 společnost *Foveon* vyrobila a uvedla na trh snímač s označením CMOS Foveon X3 (v roce 2008 patent odkoupila společnost *Sigma*). Tento druh snímače dokáže na rozdíl od všech předchozích jak CCD, tak CMOS prvků používaných v digitálních fotoaparátech, zaznamenat zcela úplnou barevnou složku dopadajícího elektromagnetického záření a to jednotlivě pro úplně každý pixel na celém snímači. Princip je založen na specifickém pronikání různých vlnových délek do křemíkové vrstvy, jelikož každé světlo o různé vlnové délce proniká do jiné hloubky. Foveon X3 se tedy na rozdíl od svých předchůdců skládá ze tří pixelových vrstev, jež jsou umístěny v křemíku, a každá jednotlivá vrstva obsahuje světlocitlivé buňky zachycující specifickou vlnovou délku daného světla. Nejvýše uložená vrstva je citlivá pro vlnové délky oblasti modrého světla, střední vrstva zachycuje vlnové délky zeleného světla a spodní vrstva zachycuje vlnové délky z oblasti červeného světla, což znamená, že pro úplně každý obrazový bod je získávána informace ve všech barevných složkách RGB. Z toho důvodu jsou v každém pixelu umístěny tři PN přechody, které jsou od sebe specificky vzdáleny (obr. č. 48). Princip Foveonu tedy analogicky vychází ze záznamu barevného snímku na fotografický film. Porovnání jednotlivých principů záznamu je znázorněno na obrázku 49. Na levé straně je znázorněna tvorba barevného obrazu pomocí CCD, uprostřed je tvorba obrazu pomocí CMOS FOVEON a v pravé části obrázku je znázorněn princip záznamu barevného obrazu na fotografický barevný film.^{[98][103][110][111]}



Obr. č. 48: Schematické znázornění PN přechodů v pixelu snímače CMOS Foveon X3.^[103]



Obr. č. 49: Principy získání barevného snímku různými snímacími prvky.^[112]



Obr. č. 50: Ukázka jednotlivých snímačů. V levé části CCD čip, v pravé části CMOS čip.^[113]

3.3 Specifika fotoaparátů používaných v kosmu

První fotoaparát, který vyletěl s lidskou posádkou roku 1960 do vesmíru, byl japonský přístroj *Minolta-Autoset*, který zaznamenával snímky na 35mm svitkový film. Byl to první a zároveň poslední fotoaparát této značky, který byl při letech do vesmíru použit. Během samotného letu na palubě lodi Mercury MA-8 bylo zjištěno několik závad a překážek ve funkčnosti, tudíž si vesmírní inženýři následně začali uvědomovat, že pokud má být fotoaparát používán v kosmu, kde panují v jistém směru extrémní podmínky (velice nízké teploty a velice vysoké teploty), pak je zapotřebí, aby i fotoaparát byl pro let do vesmíru speciálně upraven. Následně započaly experimenty s dalšími přístroji od jiných společností, jako např. fotoaparát *Leica M-2*, fotoaparát *Contarex* (byl použit během letu Gemini 4) či fotoaparát *Wide-Lux* (použit během letu Gemini 5), avšak ani jeden z těchto přístrojů nesplňoval přepokládané očekávání, proto se NASA výhradně zaměřila na švédskou společnost Hasselblad.

První přístroje, které společnost Hasselblad dodala, nenesly nijak zvlášť podstatné mechanické či technologické úpravy. Prvním dodaným fotoaparátem, který byl používán při dalších letech Mercury a Gemini, byl *Hasselblad SWC*. tento fotoaparát byl vybaven širokoúhlým 38mm objektivem vyrobeným společností Carl Zeiss (úhel záběru 90°). První zásadní úpravy z důvodu využití fotoaparátu v kosmu byly provedeny až na přístroji označeném *Hasselblad 500C*. Jednalo se o klasický „pozemský“ fotoaparát s rámečkovým hledáčkem, kde byl vyvinut poloautomatický posuv filmu. Dalším vylepšením bylo, že na klasický film bylo možné zaznamenat až 70 snímků. Následnými dalšími úpravami bylo možné na jeden svitkový 70mm film zaznamenat až 200 fotografií. I přesto bylo však od tohoto typu fotoaparátu taktéž upuštěno, jelikož byl pro astronauty nevhodný z hlediska

obsluhy ve vesmírném prostoru. Proto byl vyvinut fotoaparát označený *Hasselblad EC* (Electric Camera). Tento fotoaparát (obr. č. 51) byl výhodný současně z několika důvodů, jelikož na něm došlo k mnoha úpravám, kterými byly např. původní vinylový kryt byl nahrazen hliníkovou slitinou; bylo odstraněno zrcadlo a pomocná mechanická uzávěrka; do fotoaparátu byl vyroben taktéž zcela nový uzávěrkový systém a dalším prvkem úprav fotoaparátu bylo nové mechanické uzpůsobení zásobníku na svitkový film. V části těla fotoaparátu, kde se nacházela baterie, byl kryt vhodně ergonomicky upraven tak, že bylo nainstalováno velké tlačítko pro snadnější vyjmutí baterie. A protože se jedná o poloautomatický fotoaparát, tak této úpravy bylo docíleno nahrazením ručního posuvu filmu posuvem díky elektromotoru, jenž byl napájen dvěma nikl-kadmiovými články.



Obr. č. 51: Hasselblad EC.^[114]

Jelikož bylo z přístroje odebráno reflexní zrcadlo, tak se z fotoaparátu stal tzv. non-reflexní fotoaparát, což znamená, že zaostřování během focení probíhá naprostým odhadem, kdy je zabudována do zadní části hledáčku speciální skleněná destička s vyrytou specifickou mřížkou, kde jsou křížky v naprosto přesně dané vzdálenosti od sebe (obr. č. 52), přičemž posunutí od této přesné vzdálenosti je přípustné v toleranci do 0,002 mm. Tato mřížka se současně promítne (obr. č. 53) při expozici snímku na fotografický film, kde následně slouží k určení přesné vzdálenosti a výšky jednotlivých objektů od fotoaparátu. Princip ostření za pomoci mřížky byl ve své podstatě na tehdejší dobu velice geniální, avšak i samotné zabudování mřížky přineslo jeden závažný problém, kterým bylo odvádění vzniklé statické elektřiny. Během posuvu filmu docházelo na povrchu pásu ke kumulaci elektrického náboje a vzniku statické elektřiny, která se v běžných případech odváděla speciálními vodícími kolejničkami, cívkami zásobníku nebo vlhkostí ovzduší. U

Hasselbladu 500EL je však film veden skleněnými lištami na destičce s mřížkou a protože sklo není schopné nahromaděný elektrický náboj odvést, tak mohlo dojít k tomu, že náboj na skleněné destičce by byl tak veliký, že by mezi destičkou a filmem přeskočila jiskra, která v prostředí čistého kyslíku představuje velké nebezpečí. Z toho důvodu byla skleněná destička na straně převrácené od filmu potažena velmi tenkou vodivou vrstvou spojenou s kovovým tělem fotoaparátu za pomoci dvou vodivých vláken.



Obr. č. 52: Speciální mřížka na fotoaparátu Hasselblad EC.^[114]



Obr. č. 53: Fotografie obsahující měřicí křížky (z povrchu Měsíce).^[115]

Dalším přístrojem, který byl vyvinut pro pořizování fotografií ve vesmíru, byl *Hasselblad HEDC* (Hasselblad electric data camera). Tento fotoaparát byl prvním fotoaparátem, který byl použit pro fotografování na povrchu Měsíce. Byl vybaven širokoúhlým objektivem a byla opět použita mřížková skleněná měřicí destička pro zaostřování. NASA také rozhodla, že by bylo vhodné vnější část fotoaparátu pokrýt slabou vrstvou stříbra z důvodu odrazu světelného a tepelného záření, které dopadá na povrch Měsíce, jelikož teploty jsou na Měsíci při dopadu slunečního záření mnohonásobně vyšší, než na Zemi. HEDC fotoaparáty byly použity během mise Apollo 11, přičemž bylo použito 13 fotoaparátů a pouze jeden jediný se vrátil zpět na Zem, jelikož vedení NASA rozhodlo raději vzít geologické vzorky z povrchu Měsíce, než samotné fotoaparáty. Zároveň bylo také nutné zjistit, proč během pořizování snímků pomalu začalo docházet k zasekávání a drhnutí fotoaparátů a bylo více než žádoucí přijít důkladnou analýzou na důvod tohoto selhávání. Jediný HEDC z původních třinácti, který se vrátil na Zem, tedy putoval na podrobnou expertízu, kde bylo zjištěno, že jemný měsíční prach se během výstupů na povrch Měsíce dostal do těla fotoaparátu a této závadě bude nutné pro příště předejít za pomoci speciálních těsnění.

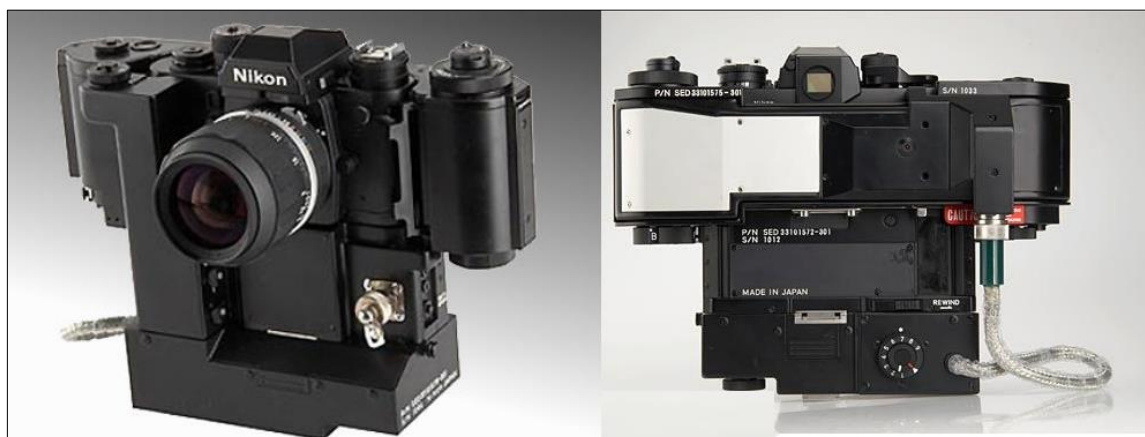
V roce 1971 se mezi fotoaparáty firmy Hasselblad dostaly i jiné fotoaparáty, jako např.: fotoaparáty společnosti Nikon, které si svou pozici nejběžněji používaných fotoaparátů v kosmu drží až do dnešní doby. Tyto fotoaparáty bylo taktéž nutné speciálně upravit pro fungování v kosmu, kde je zejména vzduchoprázdno, minimální gravitace, intenzivnější světelné záření, zároveň přítomnost kosmického záření a v neposlední řadě muselo být upraveno i samotné tělo fotoaparátu z důvodu vhodnější manipulace s velkými a tlustými rukavicemi, které astronauti používají. První fotoaparát značky Nikon, který se dostal do vesmíru, byl *Nikon Photomic FTn* na palubě Apolla 15, který až tak zásadními změnami neprošel, ale ihned další z řady fotoaparátů byl *Nikon F* (obr. č. 54), který prošel radikální proměnou v mnoha směrech.



Obr. č. 54: Nikon F.^[116]

Po vývoji *Nikonu F* následoval *Nikon F2*, který prodělal taktéž nepatrné změny, které však nebyly až tak zásadní. Zásadní provedené změny jsou charakteristické pro fotoaparát z roku 1981 *Nikon F3* (obr. č. 55), který byl v dané době také nazýván jako Big Camera

(z angl. *velký fotoaparát*). Tento fotoaparát byl již plně vybaven motorovým pohonem. Další důležitou úpravou bylo použití speciálního tenčího a delšího fotografického filmu. Celkové konstrukční uspořádání bylo vyrobeno z titanové slitiny, bylo robustnější a ergonomicky vhodnější pro použití astronauty v kosmu. Přičemž tyto dvě úpravy byly jedinými úpravami, které byly na fotoaparátu provedeny a oproti všem předchozím fotoaparátům, tak na F3 došlo k nejmenšímu počtu modifikací. Zároveň byly fotoaparáty značky Nikon v roce 1981 označeny jako oficiální fotoaparáty používané společností NASA v kosmu.



Obr. č. 55: Nikon F3.^[117]

V roce 1989 byl vyroben typ označovaný jako *Nikon F4*, který byl jen velice nepatrně konstrukčně odlišný od typu F3. Významným milníkem byl však rok 1991, kdy byl model F4 modifikován od použití fotografického filmu na použití digitálního obrazového snímače typu CCD. Tato úprava odstartovala revoluci mezi fotoaparáty používanými v kosmu. Samotná úprava spočívala v odstranění mechaniky s celuloidovým fotografickým filmem, která byla nahrazena obrazovým snímačem typu CCD o rozměrech 1024 x 1024 obrazových pixelů, měl tedy rozlišení 1 Mpix. Tento snímač byl speciálně vyvinut společností Ford Aerospace a měl rozměry 15 x 15 mm. Jako záznamové médium byly použity vyjímatelné IDE disky o úložné kapacitě 40 snímků. Dalším významným krokem, který se zavedením CCD prvků do fotoaparátu souvisel, bylo posílání pořízených snímků formou elektromagnetického signálu do řídicího centra NASA. Veškeré potřebné komponenty pro pořízení digitálního snímku a odeslání na Zem jsou zaznamenány na obr. č. 56.

S příchodem digitální fotografie už téměř nedocházelo k žádným zásadním úpravám fotoaparátů používaných v kosmu. Dalo by se říci, že jeden z mála parametrů, které se neustále vyvíjely a vyvíjí až do současnosti, jsou parametry týkající se obrazového snímače a to z hlediska počtu pixelů, tedy rozlišení. Dnes jsou v kosmu běžně používány fotoaparáty mající rozlišení např. 60 Mpix a více. Na obr. č. 57 je zobrazen astronom DON PETTIT (1955–dodnes) se svou výbavou fotoaparátů na mezinárodní vesmírné stanici ISS.^{[114][120][121][122][123][124][125][126][127][128][129][130]}



Obr. č. 56: Digitální Nikon F4.^[118]



Obr. č. 57: D. PETTIT se svými fotoaparáty na ISS.^[119]

3.4 Některé speciální prvky v novodobém vývoji fotografie

Od objevu nejmodernějších typů snímačů CCD a CMOS v prvním desetiletí 21. století, došlo do nynější doby (květen 2014) k nepatrné stagnaci vývoje fotografie a fotografické techniky. Jedinou výjimkou, která rozšířila fotografickou techniku, je fotoaparát pojmenovaný Lytro.

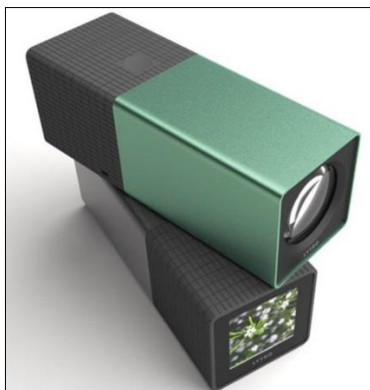
Lytro

Princip pořizování snímků, který využívá Lytro fotoaparát, je znám již více než 100 let. Roku 1902 si princip pořizování trojdimenzionálních obrázků nechal patentovat FREDERICK IVES (1856–1937) pod názvem *Parallax Stereogram Camera*. V dnešní době je IVESŮV princip zobrazování využíván u 3D televizorů, které je možné sledovat bez použití brýlí (autostereoskopické monitory). Principem IVESOVY metody je založen na použití speciální mřížky při fotografování obrazu a následného vytvoření inverzní mřížky pro interpretaci výsledného obrazu. IVES byl sice velmi dobrý vědec a badatel, avšak nedokázal svůj objev kvalitně interpretovat a prodat, této příležitosti se ujmul GABRIEL LIPPMAN, který vycházel z IVESOVA výzkumu a roku 1908 představil veřejnosti tzv. integrální fotografii²⁰. Princip integrální fotografie spočívá ve využití speciální mikroválcové optiky (Lenticular Lens), která je umístěna před fotocitlivým materiálem, na které dopadá tzv. světelné pole, které je možné zobrazovat za pomoci právě použité mikroválcové optiky. Fotografie pořízená tímto způsobem zachycuje nejen intenzitu dopadajícího světla, ale zejména i směr šíření světelných paprsků, přičemž důsledkem je tvorba trojdimenzionálního vjemu.

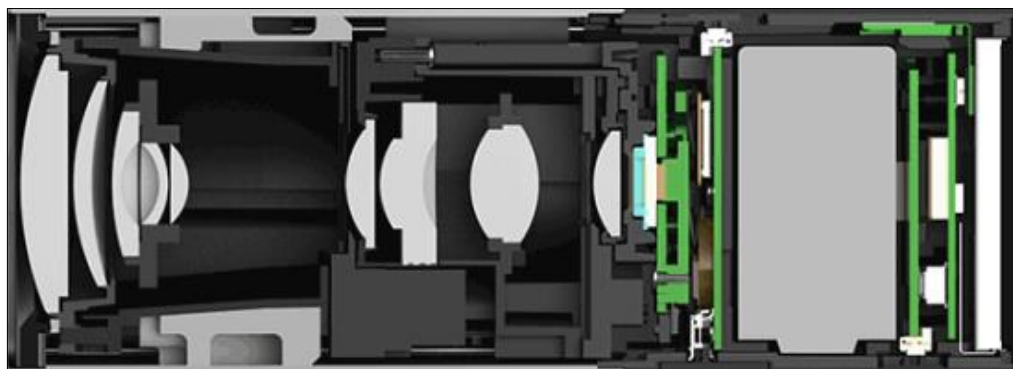
Lytro fotoaparát byl vymyšlen korejským vědcem REN NGEM pracujícím na Stanfordově univerzitě. Princip fotoaparátu vycházel z LIPPMANOVY integrální metody, přičemž R. NGEM popsal princip funkce digitální 3D fotografie roce 2006 a v roce 2011 byl tento přístroj uveden do prodeje. Jedná se o plenoptický digitální fotoaparát, což je fotoaparát, jehož základní princip funkčnosti je založen na zachycení trojrozměrného obrazu, který uživateli umožňuje měnit rovinu zaostření až dodatečně po pořízení snímku ve svém počítači. Hlavním rozdílem oproti klasickým fotoaparátům, které pořizují dvourozměrný záznam a informace o prostorovém uspořádání se z obrazového záznamu téměř vytrácejí, u Lytro fotoaparátu se v obrazovém záznamu ukládají informace nejen o poloze a intenzitě elektromagnetického záření, jako je tomu u běžných digitálních fotoaparátů, ale je navíc zaznamenáván také směr, odkud světelný paprsek přichází a jak se prostorem šíří. Záznam bodu, od kterého se světelný paprsek šíří, je umožněn díky specifickému uspořádání speciálních mikročoček umístěných před elektronickým snímačem typu CMOS, přičemž každá mikročočka má vymezenou určitou část, kterou před snímačem zaujímá, např. 300 pixelů. Díky této schopnosti není nutné zaostřovat pomocí objektivu před pořízením snímku, což je ve své podstatě výhoda, která umožňuje pořizovat snímky rychleji po sobě, oproti současným fotoaparátům, jelikož nemusí být objekt neustále mechanicky přeastřován a nemusí být měněna rovina zaostření. Průlomovou vlastností tohoto fotoaparátu je tedy měnit rovinu ostrosti (zaostření) až po jeho samotném pořízení. Další nespornou výhodou Lytro fotoaparátu je velká světelná citlivost, která umožňuje fotografovat i za zhoršených světelných podmínek a to bez použití blesku. Samotné přeastřování snímku se provádí v příslušných programech *Lytro Desktop* či *Lytro Mobile*, které jsou s přístrojem současně dodávány. Lytro se od ostatních fotoaparátů liší také již na první pohled a to přímo svou konstrukcí (obr. č. 58). Jedná se o 12 cm dlouhý hranol

²⁰ Za integrální fotografii a celkový přínos v oblasti fotografie se G. LIPPMAN stal laureátem Nobelovy ceny.

čtvercového průřezu o délce strany cca. 5 cm. Z jedné strany je umístěn LCD display a na druhém konci je objektiv fotoaparátu. Konstrukční uspořádání optických členů je znázorněno na obrázku č. 59.

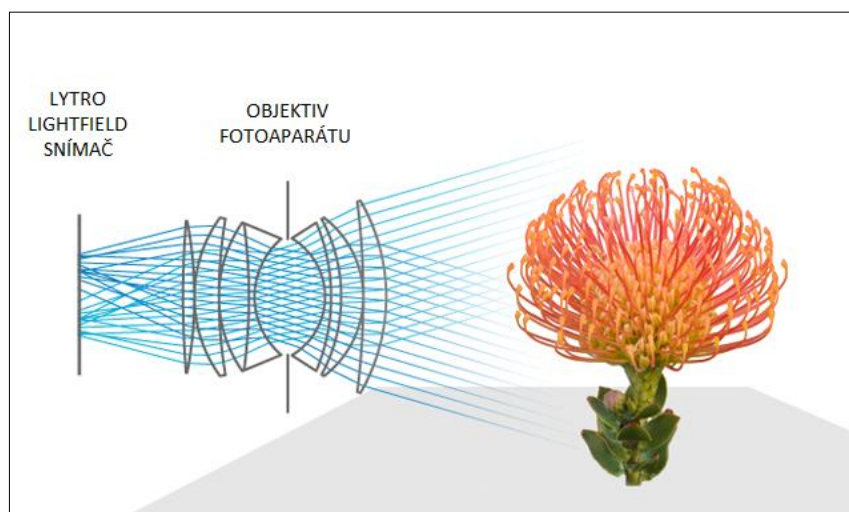


Obr. č. 58: Fotoaparát Lytro.^[114]

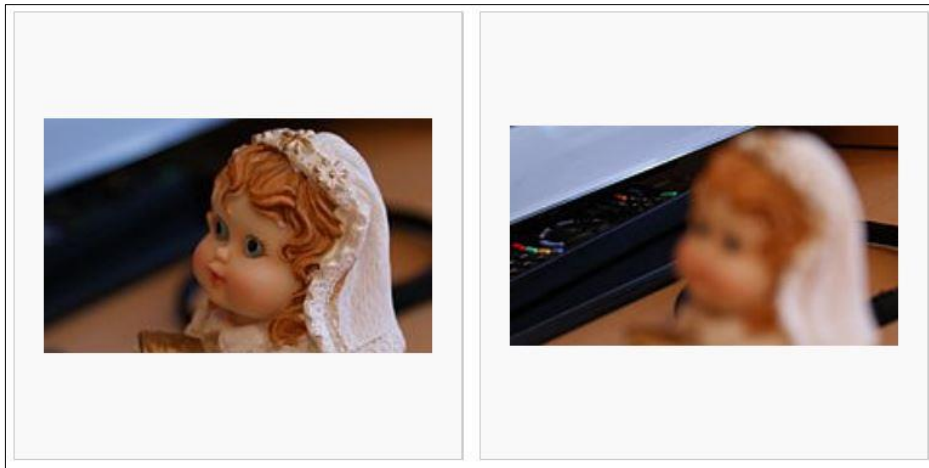


Obr. č. 59: Uspořádání optických členů v Lytro fotoaparátu.^[114]

Princip tříprostorového zobrazení za pomoci Lytro fotoaparátu znázorněn obrázku 60. Ukázka změny zaostřovací roviny je znázorněna na obrázku 61.^{[131][132][133][134][135][136]}



Obr. č. 60: Princip prostorového zobrazení Lytro fotoaparátu.^[115]



Obr. č. 61: Použití různých zaostřovacích rovin.^[116]

4 Pracovní listy s úkoly pro žáky ZŠ

Tato kapitola obsahuje tři pracovní listy, jež jsou koncipovány tak, aby je bylo možné využít ve školním vyučování pro rozvoj a zvýšení zájmu o přírodovědné a technické obory. Pracovní listy jsou vypracovány na základě teoretických poznatků vycházejících z mé diplomové práce (viz výše) a jsou určeny zejména pro žáky 8. a 9. tříd základních škol. Žákům nižších ročníků nejsou pracovní listy doporučovány vzhledem k složitější povaze samotného textu a úkolům k vypracování, kde je nutný předpoklad již určitých nabytých znalostí a zkušeností ohledně práce s odborným textem a badatelskou metodou osvojenou během praktických úloh ve školním vyučování. Pracovní listy vždy obsahují název; úkoly ke zpracování; teoretický (zjednodušený) výklad daného fyzikálního jevu; podrobný popis pokusů; interpretaci provedených pokusů a zjištěných výsledků a doplňující tematické otázky. Každý pracovní list je vyhotoven ve verzi pro žáky a ve verzi pro pedagogy.

Pracovní listy byly prakticky vyzkoušeny třemi žákovskými skupinami na Základní škole Chotěšov. Po prvním vypracování jsem na základě zjištěných faktů materiály upravila do vhodnější formy a již upravené použila pro další dvě žákovské skupiny. Úpravy se týkaly především časového průběhu a celkové délky zpracování jednotlivých pracovních listů. Níže uvedené pracovní listy jsou vhodné pro vyučovací jednotku o délce 2 x 45 min.

Pro následné použití ve výuce a optimální výsledek zpracování pracovních listů je vhodné dodržet následující doporučení:

- Vytisknout pracovní listy ve verzi pro žáky a pro pedagoga v dostatečném množství.
- Důkladně připravit jednotlivé pokusy – zajistit veškeré pomůcky a předem ověřit funkčnost pomůcek. U pokusu s dírkovou komorou je žádoucí dírkovou komoru připravit předem (konstrukce a výroba dírkové komory je pro žáky velice časově náročná a je zbytečné takto plýtvat časem).
- Vysvětlit žákům průběh zpracování pracovních listů a celkovou organizaci průběhu vyučovacích hodin.
- Žáky předem obecně seznámit s jednotlivými tematickými celky a pokusy, aby se mohli na vyučování předem připravit.
- Žáky vhodně motivovat.
- Na začátku zpracování pokusů podrobně pracovní listy s žáky projít a dovysvětlit problematiku, pokud je zapotřebí.

4.1 Pracovní list – Skládání barev (žakovská verze)

a) Úkol

Proveď rozklad a složení barev za pomoci RGB filtrů, CMY filtrů, optického hranolu a počítačového větráčku.

b) Výklad

Lidské oko obsahuje tři druhy barvocitlivých čípků (receptory), přičemž každý z uvedených tří druhů reaguje na jinou barvu světla. Jeden druh reaguje na světlo červené, druhý druh na světlo zelené a třetí druh na světlo modré. Pro lidské oko je důležité, že vnímá světlo v určitém omezeném rozsahu vlnových délek od 380 do 760 nm (čtyři nanometry). Pokud původní bílé světlo, které se skládá ze všech vlnových délek od 380 do 760 nm, rozložíme na jednotlivé barvy, pak každá barva má svou specifickou vlnovou délku (tabulka 1) a světla o jedné vlnové délce označujeme jako jednobarevná.

Barva světla	červená	oranžová	žlutá	zelená	modrá	fialová
Vlnová délka [nm]	760 - 650	640 - 590	580 - 550	530 - 490	480 - 460	450 - 380

Tabulka 1: Vlnové délky jednotlivých barev.

Lidské oko tedy využívá k barevnému vidění tzv. RGB metodu, což je skládání světla červeného, zeleného a modrého, přičemž dochází k součtu jednotlivých barev. Oproti tomu je také využíváno principu barevného zobrazování, kdy se jednotlivé barvy od sebe odečítají, tento princip se označuje CMY, kde základními barvami jsou azurová, purpurová a žlutá.

Bílé světlo lze rozložit na jednotlivé vlnové délky (tedy jednotlivé barvy) za pomoci jednoduchých pokusů. Protože je možné světlo rozkládat na jednotlivé barvy, tak je možné i jednotlivé barvy skládat do vícebarevného bílého světla za pomoci jednoduchých pokusů.

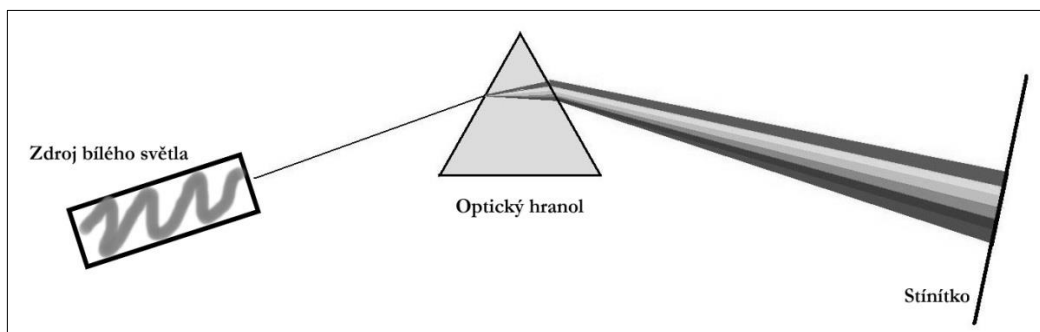
Pokus č. 1 – Rozklad bílého světla optickým hranolem

Teorie: Tímto pokusem je možné dokázat, že běžné bílé denní světlo se skládá z jednotlivých jednobarevných světél a to za pomoci optického hranolu, kde při průchodu z prostředí opticky řidšího (vzduch) do prostředí opticky hustšího (skleněný hranol) dochází podle optických zákonů k lomu světla, přičemž každé jednobarevné světlo se láme pod jiným úhlem, dále dochází k dalšímu lomu světla při průchodu z prostředí opticky hustšího do prostředí opticky řidšího, čímž se jednotlivé vlnové délky od sebe oddělí a z optického hranolu následně vycházejí již jednotlivá jednobarevná světla o různých barvách.

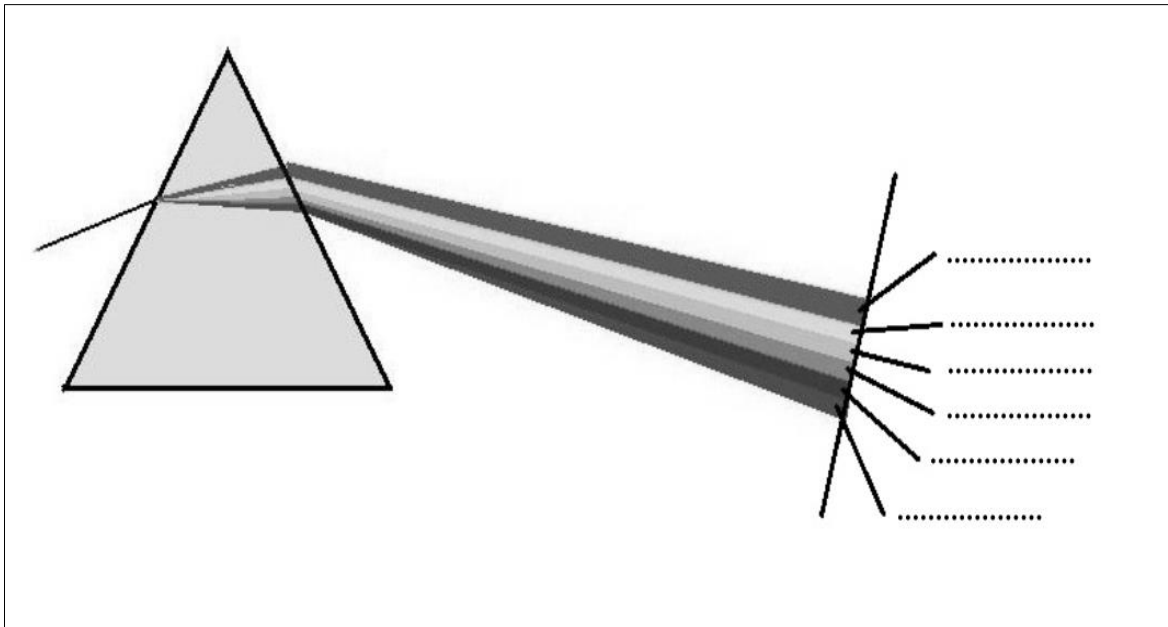
Potřeby: Zdroj bílého světla; optický hranol; magnetická tabule; bílé stínítko; zatemněná místnost.

Pracovní postup:

1. V zatemněné místnosti sestav pokus podle obr. č. 1.
2. Před zapnutím si nech soustavu zkontrolovat vyučujícím.
3. Do obr. č. 2 zaznamenej jednotlivé barvy ve správném pořadí podle toho, jak se po průchodu optickým hranolem rozdělily a jak se jeví na bílém stínítku.



Obr. č. 1: Uspořádání pokusu na rozklad bílého světla.



Obr. č. 2 – Doplnění jednotlivých barev po rozkladu bílého světla.

Zpracování pokusu: Aby byl pokus úspěšný a bylo možné na stínítku spatřit jednotlivé barvy, tak je nutné, aby byla místnost co nejvíce zatemněna. Dále je velice důležité zvolit vhodný směr a úhel, pod kterým bude dopadat bílé světlo ze zdroje na optický hranol. Pokud by byl úhel zvolen nevhodně, pak bude docházet k odrazu paprsků v hranolu v jiném směru, než je umístěno bílé stínítko.

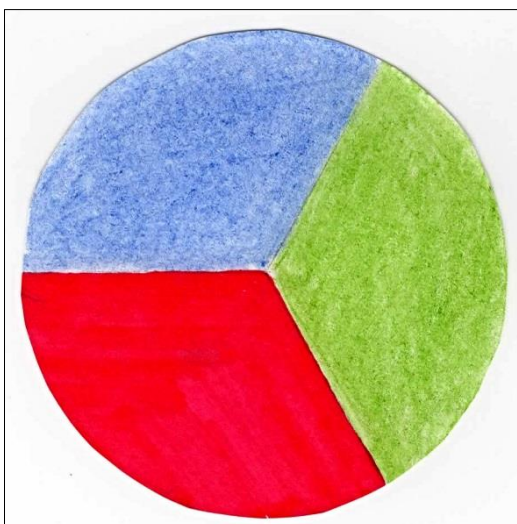
Pokus č. 2 – Vznik bílé barvy složením jednotlivých RGB barev.

Teorie: Metoda RGB vychází ze skládání světla červeného (R – z anglického „red“), světla zeleného (G – z anglického „green“) a světla modrého (B – z anglického „blue“), přičemž na tyto jednotlivé barvy jsou citlivé tři druhy barvocitlivých čípků v lidském oku. Každý ze třech druhů čípků je citlivý vždy jen na jednu z uvedených tří barev. Různé barvy a jejich odstíny vznikají právě skládáním uvedených tří barev, a to v různém poměru. Pokud jsou si poměry všech tří barev zcela rovné, pak dochází ke vzniku světla bílého.

Potřeby: Bílá čtvrtka; barevné pastelky (červená, modrá, zelená); kružítko; nůžky; oboustranná lepicí páska; počítačový větráček s USB napájením a manuální regulací otáček; počítač (popř. 5V zdroj stejnosměrného napětí s USB konektorem na výstupu).

Pracovní postup:

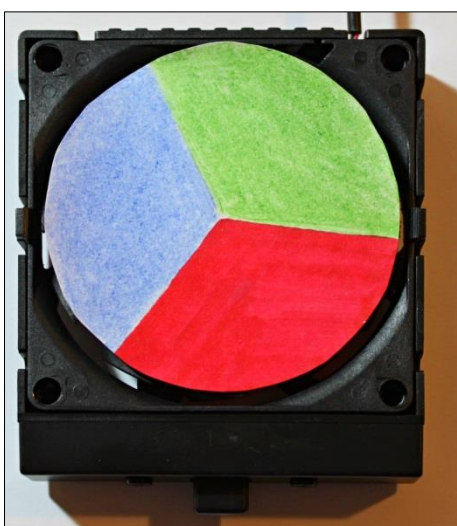
1. Na čtvrtku narýsuj kružnici o průměru 7,5 cm.
2. Kružnici pomocí kružítko rozděl na tři stejně velké výseče.
3. Každou z výsečí vybarvi jinou barvou (výseč červená, výseč modrá, výseč zelená), jak je znázorněno na obr. č. 3.
4. Takto vybarvenou kružnici vystřihni.
5. Ujisti se, že počítačový větráček NENÍ zapojen v USB portu počítače a tudíž se netočí.
6. Vystřihni čtvereček 5 x 5 mm z oboustranné lepicí pásky a nalep jej do středové části točivého kotouče větráčku, jak je znázorněno na obr. č. 4.
7. Vystřiženou kružnici s barevnými výsečemi OPATRNĚ přilep k lepicí pásce na větráčku tak, aby byla co nejvíce vystředěna (obr. č. 5).
8. Regulaci otáček u větráčku nastav na nejnižší hodnotu (viz obr. č. 6) a poté zapoj USB větráček do USB portu počítače. Větráček se ihned začne točit. Pozoruj, jak se jeví barvy na kružnici.
9. Regulaci otáček nastav plynule na maximální hodnotu a pozoruj, jak se jeví barvy na kružnici.
10. Výsledky svého pozorování zapiš do tabulky 2.



Obr. č. 3: Výseče



Obr. č. 4: Lepicí páska ve středu větráčku



Obr. č. 5: Nalepená kružnice na větráčku



Obr. č. 6: Regulace otáček

Zpracování pokusu: Během pokusu je velice důležité, aby byl pokus zpracováván podle stanoveného pracovního postupu a žádné body nebyly přeskakovány či dokonce vynechány. Při upevňování lepicí pásky a samotné kruhové výseče je důležité, aby byla výseč upevňována opatrně, jelikož může nesprávnou manipulací dojít ke zničení větráčku. Při zapojení větráčku do počítače se kruh začne točit, ale protože jsou nastaveny nejnižší otáčky, tak je stále možné identifikovat jednotlivé barvy. S postupným zvyšováním otáček je identifikace složitější a při maximální hodnotě otáček se kruh jeví jako bílý. Tento jev je způsobem nedokonalostí lidského zraku a samotného lidského mozku, který už nedokáže zpracovat velice rychle točící se kotouček a nedokáže odlišit jednotlivé barvy, tudíž následně dojde ke smíchání těchto barev a vzniku bílé barvy.

Záznam o průběhu pokusu skládání RGB barev:

	Vyber možnost:	Jaké barvy pozoruješ?
Dokážeš při pohledu na točící se kotouček rozlišit jednotlivé barvy, když je rychlost otáčení nastavena na MINIMÁLNÍ hodnotu?	ANO / NE	
Dokážeš při pohledu na točící se kotouček rozlišit jednotlivé barvy, když je rychlost otáčení nastavena na MAXIMÁLNÍ hodnotu?	ANO / NE	

Tabulka 2

Pokus č. 3 – Míchání barev pomocí RGB filtrů

Teorie: Jednotlivá barevná světla (červená, zelená, modrá) se při překrytí vzájemně sčítají a vzniklé světlo má větší intenzitu, než původní jednobarevná světla, přičemž při vzájemném prolínání dochází ke vzniku dalších barev.

Potřeby: 3 zdroje světla o stejné intenzitě osvětlení; černé stínítko; průhledné RGB filtry; zatemněná místnost.

Pracovní postup:

1. Zatemni místnost.
2. Jednotlivé filtry uchop za průhledné okraje a barevných částí se NEDOTÝKEJ!
3. Před každý z jednotlivých zdrojů světla umísti jeden barevný filtr a takto vzniklé barevné světlo orientuj tak, aby dopadalo na černé stínítko.
4. Na černém stínítku vzájemně prolínej jednotlivá barevná světla, zjisti výslednou barvu a výsledky pozorování napiš do tabulky 3.
5. Po skončení pokusů filtry vrať zpět do obálky a vypni světelné zdroje.

Zpracování pokusu: Skládání barev pomocí RGB filtrů

Polož na sebe tyto barvy:	Jakou výslednou barvu pozoruješ?
Modrá + zelená	
Modrá + červená	
Červená + zelená	
Červená + zelená + modrá	

Tabulka 3

Pokus č. 4 – Míchání barev pomocí CMY filtrů

Teorie: Jednotlivé barvy (žlutá, azurová, purpurová) se při překrytí vzájemně odečítají a vzniklé světlo má nižší intenzitu, než původní jednobarevná světla, přičemž při vzájemném prolínání dochází ke vzniku dalších barev. Zkratka CMY pochází z prvních písmen jednotlivých barev v anglickém názvosloví: C – cyan – azurová; M – magenta – purpurová; Y – yellow – žlutá. Míchání barev postupem CMY je přesný opak procesu RGB míchání barev.

Potřeby: Bílá podložka (papír); průhledné CMY filtry.

Pracovní postup:

1. Jednotlivé filtry uchop za průhledné okraje a barevných částí se NEDOTÝKEJ!
2. Vezmi jednotlivé filtry se žlutým, azurovým a purpurovým kruhem a postupně je podle tabulky 4 pokládej na bílou podložku barvami přes sebe a do tabulky zapisuj, jakou výslednou barvu pozoruješ.
3. Po skončení pokusů filtry vrať zpět do obálky.

Zpracování pokusu: Skládání barev pomocí CMY filtrů

Polož na sebe tyto barvy:	Jakou výslednou barvu pozoruješ?
Azurová + žlutá	
Azurová + purpurová	
Purpurová + žlutá	
Purpurová + žlutá + azurová	

Tabulka 4

Bonus: Složení barevné fotografie

Teorie: CMY způsobu míchání barev se používá v mnohých grafických odvětvích, přičemž mezi ně patří i samotný tisk papírových fotografií. Výsledná barevná fotografie je tvořena složkami CMY a k tomu navíc ještě černou složkou, přičemž veškeré barvy jsou na samotném snímku jednotlivě zastoupeny a tento systém se označuje CMYK.

Úkol: Tvrzení uvedené v teorii ověř složením fotografie z jednotlivých barevných složek.

Potřeby: CMYK filtry jedné totožné fotografie; bílá podložka (papír).

Pracovní postup:

1. Jednotlivé filtry uchop za průhledné okraje a barevných částí se NEDOTÝKEJ!
2. Na bílou podložku postupně skládej barevné snímky správně vůči sobě orientované v následujícím pořadí: černý – purpurový – azurový – žlutý.
3. Všechny snímky musí být vůči sobě velice pečlivě vycentrovány (musí se zcela přesně překrývat), aby vznikl požadovaný barevný snímek.
4. Po skončení snímky ulož zpět do obálky.

c) Závěr

1. Povedly se ti úspěšně provést všechny pokusy? ANO – NE

Pokud ne, uveď pokus, který se nezdařil:

.....

2. Kde se můžeš běžně setkat rozkladem bílého světla na jednotlivé barvy? Uveď příklady:

.....

.....

3. Zdravé lidské oko má tři druhy barevných čípků a každý z nich reaguje na jednu barvu (červená, zelená, modrá), proto využíváme systém RGB míchání barev. Kdyby ovšem lidské oko obsahovalo čtyři druhy čípků reagující na různé barvy, z kolika barev bychom poté museli vytvářet obraz?

.....

4. Které moderní technologie využívají zobrazování pomocí systému RGB? Najdi na internetu nebo v učebnici, uveď příklady:

.....

5. Které moderní technologie využívají zobrazování pomocí systému CMYK? Najdi na internetu nebo v učebnici, uveď příklady:

.....

4.2 Pracovní list – Skládání barev (učitelská verze)

a) Úkol

Proveď rozklad a složení barev za pomoci RGB filtrů, CMY filtrů, optického hranolu a počítačového větráčku.

b) Výklad

Lidské oko obsahuje tři druhy barvocitlivých čípků (receptory), přičemž každý z uvedených tří druhů reaguje na jinou barvu světla. Jeden druh reaguje na světlo červené, druhý druh na světlo zelené a třetí druh na světlo modré. Pro lidské oko je důležité, že vnímá světlo v určitém omezeném rozsahu vlnových délek od 380 do 760 nm (čtyři nanometry). Pokud původní bílé světlo, které se skládá ze všech vlnových délek od 380 do 760 nm, rozložíme na jednotlivé barvy, pak každá barva má svou specifickou vlnovou délku (tabulka 1) a světla o jedné vlnové délce označujeme jako jednobarevná.

Barva světla	červená	oranžová	žlutá	zelená	modrá	fialová
Vlnová délka [nm]	760 - 650	640 - 590	580 - 550	530 - 490	480 - 460	450 - 380

Tabulka 1: Vlnové délky jednotlivých barev.

Lidské oko tedy využívá k barevnému vidění tzv. RGB metodu, což je skládání světla červeného, zeleného a modrého, přičemž dochází k součtu jednotlivých barev. Oproti tomu je také využíváno principu barevného zobrazování, kdy se jednotlivé barvy od sebe odečítají, tento princip se označuje CMY, kde základními barvami jsou azurová, purpurová a žlutá.

Bílé světlo lze rozložit na jednotlivé vlnové délky (tedy jednotlivé barvy) za pomoci jednoduchých pokusů. Protože je možné světlo rozkládat na jednotlivé barvy, tak je možné i jednotlivé barvy skládat do vícebarevného bílého světla za pomoci jednoduchých pokusů.

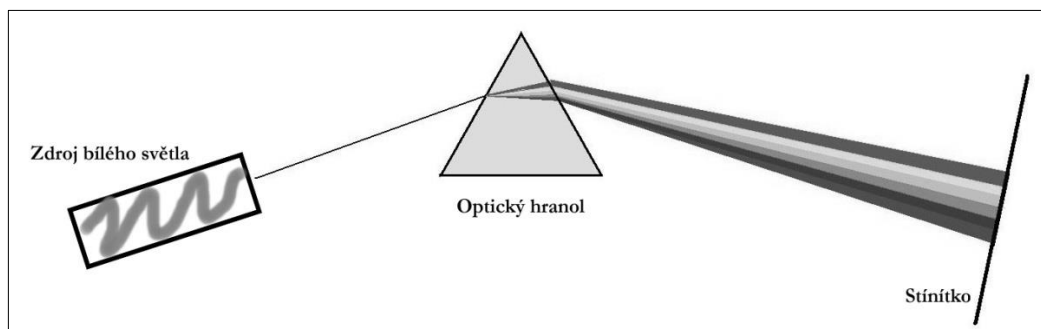
Pokus č. 1 – Rozklad bílého světla optickým hranolem

Teorie: Tímto pokusem je možné dokázat, že běžné bílé denní světlo se skládá z jednotlivých jednobarevných světél a to za pomoci optického hranolu, kde při průchodu z prostředí opticky řidšího (vzduch) do prostředí opticky hustšího (skleněný hranol) dochází podle optických zákonů k lomu světla, přičemž každé jednobarevné světlo se láme pod jiným úhlem, dále dochází k dalšímu lomu světla při průchodu z prostředí opticky hustšího do prostředí opticky řidšího, čímž se jednotlivé vlnové délky od sebe oddělí a z optického hranolu následně vycházejí již jednotlivá jednobarevná světla o různých barvách.

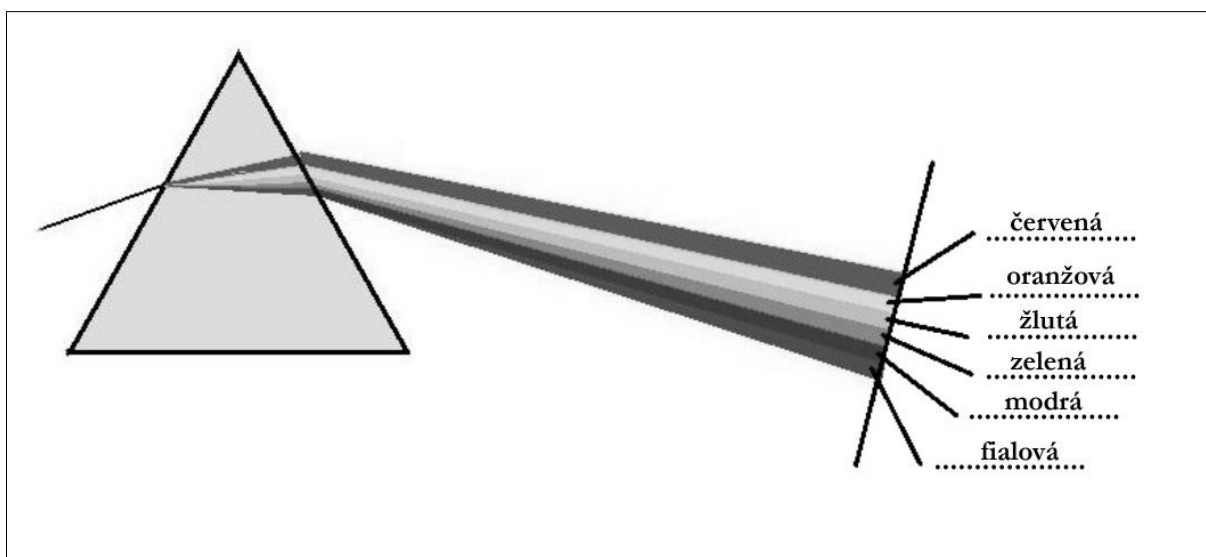
Potřeby: Zdroj bílého světla; optický hranol; magnetická tabule; bílé stínítko; zatemněná místnost.

Pracovní postup:

1. V zatemněné místnosti sestav pokus podle obr. č. 1.
2. Před zapnutím si nech soustavu zkontrolovat vyučujícím.
3. Do obr. č. 2 zaznamenej jednotlivé barvy ve správném pořadí podle toho, jak se po průchodu optickým hranolem rozdělily a jak se jeví na bílém stínítku.



Obr. č. 1: Uspořádání pokusu na rozklad bílého světla.



Obr. č. 2 – Doplnění jednotlivých barev po rozkladu bílého světla.

Zpracování pokusu: Aby byl pokus úspěšný a bylo možné na stínítku spatřit jednotlivé barvy, tak je nutné, aby byla místnost co nejvíce zatemněna. Dále je velice důležité zvolit vhodný směr a úhel, pod kterým bude dopadat bílé světlo ze zdroje na optický hranol. Pokud by byl úhel zvolen nevhodně, pak bude docházet k odrazu paprsků v hranolu v jiném směru, než je umístěno bílé stínítko.

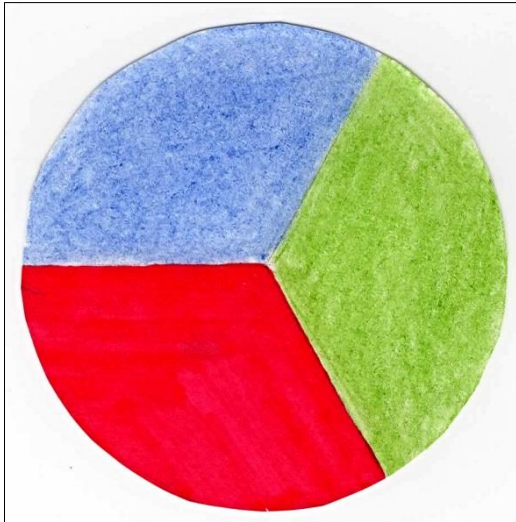
Pokus č. 2 – Vznik bílé barvy složením jednotlivých RGB barev.

Teorie: Metoda RGB vychází ze skládání světla červeného (R – z anglického „red“), světla zeleného (G – z anglického „green“) a světla modrého (B – z anglického „blue“), přičemž na tyto jednotlivé barvy jsou citlivé tři druhy barvocitlivých čípků v lidském oku. Každý ze třech druhů čípků je citlivý vždy jen na jednu z uvedených tří barev. Různé barvy a jejich odstíny vznikají právě skládáním uvedených tří barev, a to v různém poměru. Pokud jsou si poměry všech tří barev zcela rovné, pak dochází ke vzniku světla bílého.

Potřeby: Bílá čtvrtka; barevné pastelky (červená, modrá, zelená); kružítko; nůžky; oboustranná lepicí páska; počítačový větráček s USB napájením a manuální regulací otáček; počítač (popř. 5V zdroj stejnosměrného napětí s USB konektorem na výstupu).

Pracovní postup:

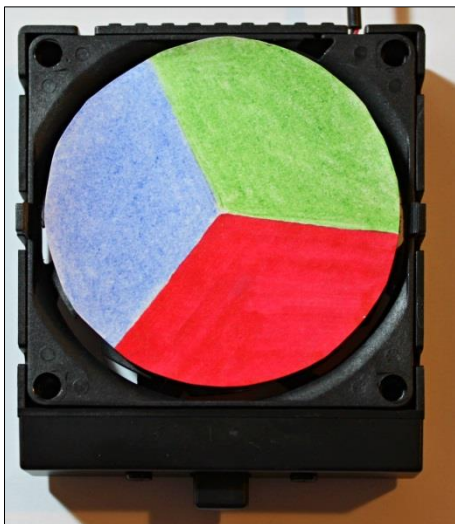
1. Na čtvrtku narýsuj kružnici o průměru 7,5 cm.
2. Kružnici pomocí kružítko rozděl na tři stejně velké výseče.
3. Každou z výsečí vybarvi jinou barvou (výseč červená, výseč modrá, výseč zelená), jak je znázorněno na obr. č. 3.
4. Takto vybarvenou kružnici vystříhni.
5. Ujisti se, že počítačový větráček NENÍ zapojen v USB portu počítače a tudíž se netočí.
6. Vystříhni čtvereček 5 x 5 mm z oboustranné lepicí pásky a nalep jej do středové části točivého kotouče větráčku, jak je znázorněno na obr. č. 4.
7. Vystříženou kružnici s barevnými výsečemi OPATRNĚ přilep k lepicí pásce na větráčku tak, aby byla co nejvíce vystředěna (obr. č. 5).
8. Regulaci otáček u větráčku nastav na nejnižší hodnotu (viz obr. č. 6) a poté zapoj USB větráček do USB portu počítače. Větráček se ihned začne točit. Pozoruj, jak se jeví barvy na kružnici.
9. Regulaci otáček nastav plynule na maximální hodnotu a pozoruj, jak se jeví barvy na kružnici.
10. Výsledky svého pozorování zapiš do tabulky 2.



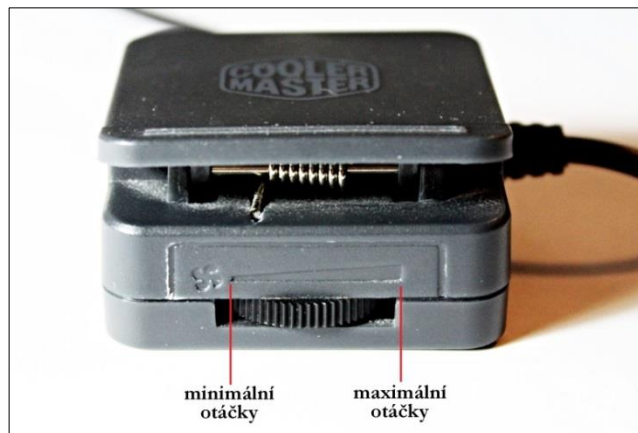
Obr. č. 3: Výseče



Obr. č. 4: Lepicí páska ve středu větráčku



Obr. č. 5: Nalepená kružnice na větráčku



Obr. č. 6: Regulace otáček

Zpracování pokusu: Během pokusu je velice důležité, aby byl pokus zpracováván podle stanoveného pracovního postupu a žádné body nebyly přeskakovány či dokonce vynechány. Při upevňování lepicí pásky a samotné kruhové výseče je důležité, aby byla výseč upevňována opatrně, jelikož může nesprávnou manipulací dojít ke zničení větráčku. Při zapojení větráčku do počítače se kruh začne točit, ale protože jsou nastaveny nejnižší otáčky, tak je stále možné identifikovat jednotlivé barvy. S postupným zvyšováním otáček je identifikace složitější a při maximální hodnotě otáček se kruh jeví jako bílý. Tento jev je způsobem nedokonalostí lidského zraku a samotného lidského mozku, který už nedokáže zpracovat velice rychle točící se kotouček a nedokáže odlišit jednotlivé barvy, tudíž následně dojde ke smíchání těchto barev a vzniku bílé barvy.

Záznam o průběhu pokusu skládání RGB barev:

	Vyber možnost:	Jaké barvy pozoruješ?
Dokážeš při pohledu na točící se kotouček rozlišit jednotlivé barvy, když je rychlost otáčení nastavena na MINIMÁLNÍ hodnotu?	<u>ANO</u> / NE	Zelená, růžová, fialová, oranžová, žlutá, šedá
Dokážeš při pohledu na točící se kotouček rozlišit jednotlivé barvy, když je rychlost otáčení nastavena na MAXIMÁLNÍ hodnotu?	ANO / <u>NE</u>	Bílá

Tabulka 2

Pokus č. 3 – Míchání barev pomocí RGB filtrů

Teorie: Jednotlivá barevná světla (červená, zelená, modrá) se při překrytí vzájemně sčítají a vzniklé světlo má větší intenzitu, než původní jednobarevná světla, přičemž při vzájemném prolínání dochází ke vzniku dalších barev.

Potřeby: 3 zdroje světla o stejné intenzitě osvětlení; černé stínítko; průhledné RGB filtry; zatemněná místnost.

Pracovní postup:

1. Zatemni místnost.
2. Jednotlivé filtry uchoť za průhledné okraje a barevných částí se NEDOTÝKEJ!
3. Před každý z jednotlivých zdrojů světla umísti jeden barevný filtr a takto vzniklé barevné světlo orientuj tak, aby dopadalo na černé stínítko.
4. Na černém stínítku vzájemně prolínej jednotlivá barevná světla, zjisti výslednou barvu a výsledky pozorování napiš do tabulky 3.
5. Po skončení pokusů filtry vrať zpět do obálky a vypni světelné zdroje.

Zpracování pokusu: Skládání barev pomocí RGB filtrů

Polož na sebe tyto barvy:	Jakou výslednou barvu pozoruješ?
Modrá + zelená	Azurová
Modrá + červená	Fialová
Červená + zelená	Žlutá
Červená + zelená + modrá	Bílá

Tabulka 3

Pokus č. 4 – Míchání barev pomocí CMY filtrů

Teorie: Jednotlivé barvy (žlutá, azurová, purpurová) se při překrytí vzájemně odečítají a vzniklé světlo má nižší intenzitu, než původní jednobarevná světla, přičemž při vzájemném prolínání dochází ke vzniku dalších barev. Zkratka CMY pochází z prvních písmen jednotlivých barev v anglickém názvosloví: C – cyan – azurová; M – magenta – purpurová; Y – yellow – žlutá. Míchání barev postupem CMY je přesný opak procesu RGB míchání barev.

Potřeby: Bílá podložka (papír); průhledné CMY filtry.

Pracovní postup:

1. Jednotlivé filtry uchop za průhledné okraje a barevných částí se **NEDOTÝKEJ!**
2. Vezmi jednotlivé filtry se žlutým, azurovým a purpurovým kruhem a postupně je podle tabulky 4 pokládej na bílou podložku barvami přes sebe a do tabulky zapisuj, jakou výslednou barvu pozoruješ.
3. Po skončení pokusů filtry vrať zpět do obálky.

Zpracování pokusu: Skládání barev pomocí CMY filtrů

Polož na sebe tyto barvy:	Jakou výslednou barvu pozoruješ?
Azurová + žlutá	Zelená
Azurová + purpurová	Modrá
Purpurová + žlutá	Červená
Purpurová + žlutá + azurová	Černá

Tabulka 4

Bonus: Složení barevné fotografie

Teorie: CMY způsobu míchání barev se používá v mnohých grafických odvětvích, přičemž mezi ně patří i samotný tisk papírových fotografií. Výsledná barevná fotografie je tvořena složkami CMY a k tomu navíc ještě černou složkou, přičemž veškeré barvy jsou na samotném snímku jednotlivě zastoupeny a tento systém se označuje CMYK.

Úkol: Tvrzení uvedené v teorii ověř složením fotografie z jednotlivých barevných složek.

Potřeby: CMYK filtry jedné totožné fotografie; bílá podložka (papír).

Pracovní postup:

1. Jednotlivé filtry uchop za průhledné okraje a barevných částí se **NEDOTÝKEJ!**
2. Na bílou podložku postupně skládej barevné snímky správně vůči sobě orientované v následujícím pořadí: černý – purpurový – azurový – žlutý.
3. Všechny snímky musí být vůči sobě velice pečlivě vycentrovány (musí se zcela přesně překrývat), aby vznikl požadovaný barevný snímek.
4. Po skončení snímky ulož zpět do obálky.

c) Závěr

1. Povedly se ti úspěšně provést všechny pokusy? ANO – NE

Pokud ne, uveď pokus, který se nezdařil:

.....

2. Kde se můžeš běžně setkat rozkladem bílého světla na jednotlivé barvy? Uveď příklady:

Duha; broušená sklenička; olejová vrstva; CD

3. Zdravé lidské oko má tři druhy barevných čípků a každý z uvedených druhů reaguje na jednu barvu (červená, zelená, modrá), proto využíváme systém RGB míchání barev. Kdyby ovšem lidské oko obsahovalo čtyři druhy čípků reagující na různé barvy, z kolika barev bychom poté museli vytvářet obraz?

Ze čtyř základních barev.

4. Které moderní technologie využívají zobrazování pomocí systému RGB? Najdi na internetu nebo v učebnici, uveď příklady:

Zobrazovací zařízení – televize, monitory, projektory, světelné tabule. Kamery, fotoaparáty.

5. Které moderní technologie využívají zobrazování pomocí systému CMYK? Najdi na internetu nebo v učebnici, uveď příklady:

Tisková zařízení, kopírovací zařízení.

4.3 Pracovní list – Fotografování (žákovská verze)

a) Úkol

Vytvoř pozitiv fotografie jak chemickou cestou, tak za pomoci počítače. Fotografuj dírkovou komorou a vytvoř fotografickou multiexpozici.

b) Výklad

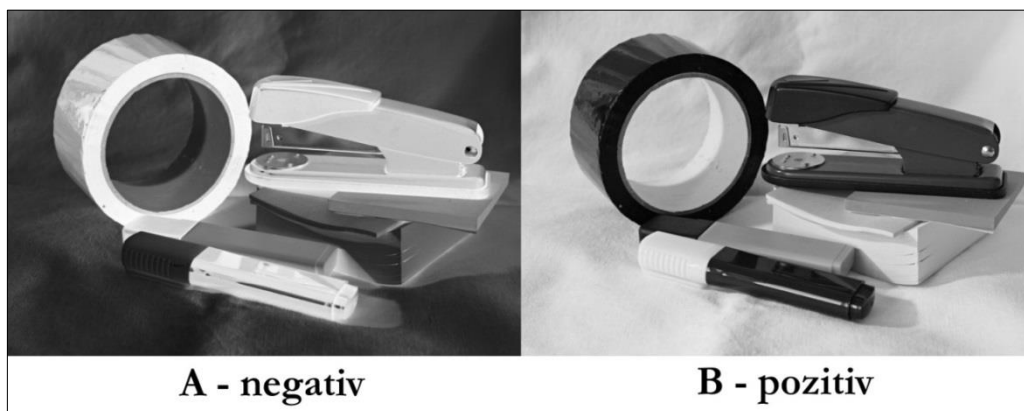
Fotografie je v dnešní době nedílnou součástí každodenního života a téměř každý člověk vlastní fotoaparát, mobilní telefon s fotoaparátem či jiné technické zařízení umožňující trvale zachytit obraz. Princip fotografování se v průběhu historie velice měnil. Od samotného objevu fotografie v 20. letech 19. století do 60. let 20. století se fotografie pořizovala výhradně chemickou cestou. Od objevu digitálního zobrazování v 60. letech 20. století se vývoj fotografie začal ubírat zejména digitální cestou a v několika posledních desetiletích získala digitální fotografie vedoucí postavení na pomyslném fotografickém žebříčku.

Historické fotografické techniky využívaly k zaznamenání obrazu velice jednoduchou chemickou reakci, která spočívala v černání různých halogenidů stříbra při osvětlení. Pokud se halogenid stříbra osvětlí, pak dojde k jeho zčernání, přičemž čím více světla na něj dopadá, tím více zčerná a čím méně světlo dopadá, tím méně zčerná.

Digitální fotografie je vytvářena za pomoci elektronických mikročipů a elektronických obvodů uložených uvnitř fotoaparátu.

Pokus č. 1 – Vznik pozitivu z negativu chemickým způsobem

Teorie: Tento pokus demonstruje historickou metodu získávání černobílého obrazu za pomoci chemických sloučenin a světla. Při dopadu světelných paprsků dochází k černání halogenidů stříbra, a to v závislosti na osvětlení. Čím více je halogenid stříbra osvětlen, tím více zčerná a čím méně je osvětlen, tím méně zčerná. To má za následek, že na filmu se vytvoří obraz, kde jsou světlá místa vykreslena tmavě a tmavá místa jsou vykreslena světle – tomuto záznamu říkáme negativ (obr. č. 1a). Aby bylo možné získat obraz, který běžně vidíme, tedy bílá místa jsou vykreslena bíle a černá černě, pak je nutné vytvořit inverzní (opačnou) podobu daného snímku, které říkáme pozitiv (obr. č. 1b). Toho chemickou cestou docílíme tak, že skrz negativní fotografický film prosvítíme světlo na fotografický papír. Černé barvy nedovolí světlu procházet tak dobře jako světlé odstíny a dojde ke vzniku pozitivu. Následně se musí fotografie chemicky vyvolat, což se provádí podle přesně stanoveného procesu. Papír se vloží do fotografické vývojky, kde dojde ke vzniku obrazu díky specifické chemické reakci, následně je nutné tuto reakci zastavit, aby obraz zcela nezčernal, proto se papír vkládá do fotografického ustalovače a nakonec je nutné ještě snímek vyprat v destilované vodě, aby se smyly veškeré nepotřebné chemikálie.



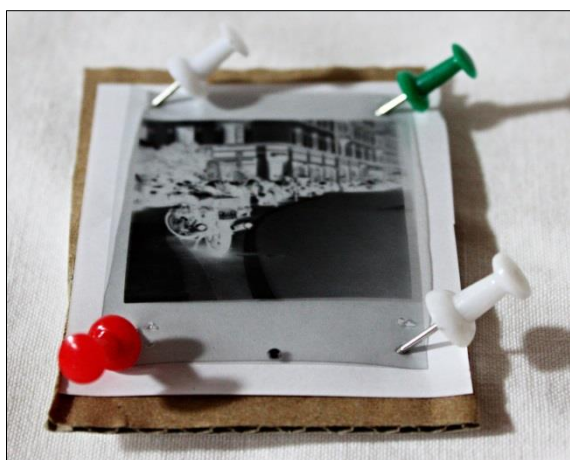
Obr. č. 1: Fotografický negativ a pozitiv

Potřeby: Fotografický negativ 5 x 5 cm; fotografický papír (Fomaspeed N312, ČB normal matný); stolní lampa s žárovkou o výkonu 50 W; fotografická vývojka (Fomatol LQN ČB neutral); fotografický ustalovač (Fomafix universal rapid fixer); destilovaná voda; 3 fotografické misky; lampa s červenou žárovkou; pinzeta; kartonový papír 7 x 7 cm; 4 špendlíky; nůžky; ochranné rukavice; ochranný oděv.

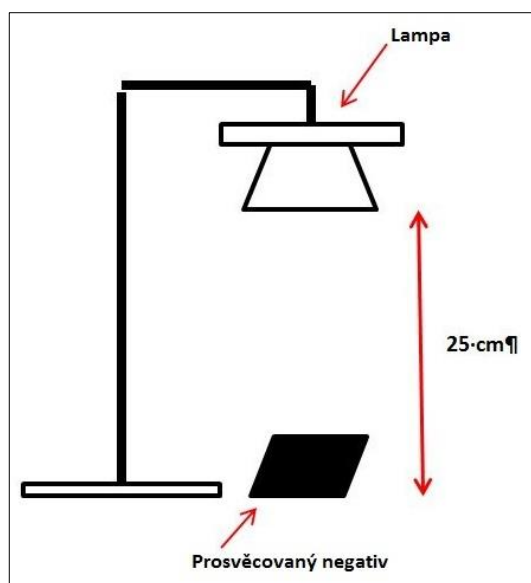
Pracovní postup:

POZOR – při práci s chemickými roztoky je nutné dodržovat bezpečnostní opatření! Pokud dojde k zasažení očí, je nutné oči ihned vypláchnout vodou a neprodleně vyhledat lékařskou pomoc! Při práci používej ochranný oděv a ochranné rukavice!!!

1. Do jednotlivých fotografických misek si připrav roztoky dle návodu na obalech (pro uvedené materiály platí: miska s vývojkou → 1 díl fotografické vývojky + 7 dílů destilované vody; miska s ustalovačem → 1 díl fotografického ustalovače + 5 dílů destilované vody; miska s destilovanou vodou).
2. Zcela zatemni místnost (temnou komoru), aby dovnitř nepronikalo žádné denní světlo a rozsviť lampu s červenou žárovkou.
3. Připrav si chemické roztoky na vhodný pevný povrch.
4. Vyjmi jeden kus fotografického papíru z krycí fólie a vystřihni čtverec o rozměrech 7 x 7 cm.
5. Vystřižený papír polož na kartonový čtverec tak, aby lesklá strana fotografického papíru byla navrch.
6. Na fotografický papír přilož fotografický negativ a za pomoci špendlíků pevně připevni, aby fotografický film co nejvíce přiléhá na fotografický papír (obr. č. 2). Při práci s negativem snímek ber za nezabarvené průhledné okraje.
7. Kolmo nad fotografický film do vzdálenosti přibližně 25 cm umísti zhasnutou lampu s běžnou žárovkou (obr. č. 3).
8. Lampu rozsviť na dobu max. 1 sekundy a ihned vypni.
9. Vyjmi fotografický papír, uchop jej pinzetou za roh, vlož do fotografické vývojky a lehce s ním v roztoku pohybuj. Papír musí být v roztoku zcela ponořen.
10. Po vykreslení obrazu papír ihned vlož do ustalovače a přibližně 15 sekund s ním opatrně v roztoku pohybuj.
11. Snímek vlož do destilované vody a opět s ním přibližně 15 sekund pohybuj.
12. Snímek dej sušit tak, aby z něj mohla zbylá voda vhodně odtékat.



Obr. č. 2: Připevnění negativu



Obr. č. 3: Sestavení pokusu

Zpracování pokusu: Aby byl pokus úspěšný, je nutné zcela zamezit přístup světelným paprskům do místnosti, pevně přichytit negativní film na fotografický papír, osvětlovat snímek velice krátkou dobu (nesmí přesáhnout 1 sekundu) a nakonec dávat veliký pozor při vyvolávání v chemických roztocích, aby nedošlo k přílišnému zčernání pořízeného snímku.

Pokus č. 2 – Vznik pozitivu z negativu za pomoci počítače

Teorie: Tento pokus demonstruje moderní metodu získávání obrazu za pomoci počítačové techniky. Tato moderní metoda analogicky vychází z historické metody, kde se uplatňuje získání pozitivního obrazu z negativního snímku převedením do inverzních barev, přičemž celý proces převodu barev se vytváří v počítači v grafickém programu.

Potřeby: Počítač; počítačový program pro úpravu fotografií (Zoner Photo Studio 13 – freeware); scanner; negativní fotografický snímek; flash disk.

Pracovní postup:

1. Vlož negativní snímek do scanneru a scanner zavři. Snímek vlož co nejpřesněji do levého horního rohu scanneru. Při práci s negativem snímek ber za nezabarvené průhledné okraje.
2. Do USB portu vsuň flash disk.
3. Zmáčkni zelené tlačítko Scan Start → Scan na paměťovou kartu (OK) → Formát JPEG; Dokument fotografie → Scan Start. Počkej, dokud se scanování neukončí.
4. Flash disk vyjmi z USB portu scanneru a vsuň jej do USB portu počítače → Otevřít složku a soubory.
5. Nascanovaný snímek zkopíruj do složky SCAN na ploše.
6. Snímek přejmenuj tvým příjmením.
7. Otevři program Zoner Photo Studio 13 na ploše monitoru.
8. Postupuj následovně: Vytvořit nový Editor → Soubor → Otevřít → Plocha → SCAN → tvá nascanovaná fotografie → otevřít.
9. Vyber možnost Oříznout → obtáhni obrys fotografie → zmáčkni pravé tlačítko myši a volbu Použít.
10. Vyber možnost Efekty → Negativ.
11. Snímek ulož na Plochu do složky Pozitiv. Snímek pojmenuj svým příjmením.

Zpracování pokusu: při pokusu je velice nutné dodržovat jednotlivé body pracovního postupu. Při problémech s programem zavolej vyučujícího.

Pokus č. 3 – Fotografování nápisu pomocí dírkové komory

Teorie: Dírková komora je nejjednodušší fotografické zařízení, které je tvořeno krabičkou, ve které je uložený fotografický papír a krabička je opatřena velice malou dírkou, která slouží jako objektiv. Princip fotografování je založen na principu camery obscury, kdy světlo obrazu prochází dírkou do krabičky, promítá se na protilehlou stranu od dírkou a zaznamenává se na fotografický papír citlivý na světlo. Následně se papír vyvolává totožným chemickým postupem, který je uveden u pokusu č. 1.

Pomůcky: Černá čtvrtka formátu A3; nůžky; pravítko; tužka; černá lepicí páska; špendlík; fotografický papír (Fomaspeed N312, ČB normal matný); fotografická vývojka (Fomatol LQN ČB neutral); fotografický ustalovač (Fomafix universal rapid fixer); destilovaná voda; 3 fotografické misky; lampa s červenou žárovkou; pinzeta; velký nápis na papíře formátu A4; bílá plocha; průhledná lepicí páska; stopky; ochranné rukavice; ochranný oděv.

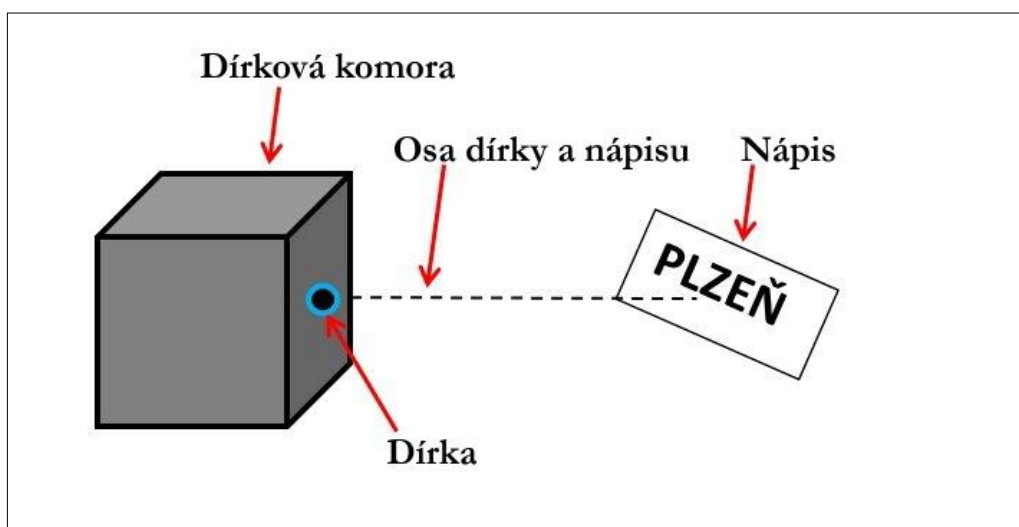
Pracovní postup:

POZOR – při práci s chemickými roztoky je nutné dodržovat bezpečnostní opatření! Pokud dojde k zasažení očí, je nutné oči ihned vypláchnout vodou a neprodleně vyhledat lékařskou pomoc! Při práci používejte ochranný oděv a ochranné rukavice!!!

1. Vytvoř z černé čtvrtky krychli o rozměrech 8 x 8 x 8 cm (šířka x výška hloubka), přičemž jedna strana musí být odklopná. Hrany krychle pečlivě přelep několika vrstvami černé lepicí pásky, aby byly eliminovány nežádoucí sluneční paprsky.
2. Na protější straně, vůči této odklopné straně, vytvoř do středu stěny špendlíkem malou dírkou. Na tuto dírkou vytvoř provizorní přiklápěcí kryt z černého papíru.

3. Do jednotlivých fotografických misek si připrav roztoky dle návodu na obalech (pro uvedené materiály platí: miska s vývojkou → 1 díl fotografické vývojky + 7 dílů destilované vody; miska s ustalovačem → 1 díl fotografického ustalovače + 5 dílů destilované vody; miska s destilovanou vodou).
4. Zcela zatemni místnost (temnou komoru), aby dovnitř nepronikalo žádné denní světlo a rozsviť lampu s červenou žárovkou.
5. Připrav si chemické roztoky na vhodný pevný povrch.
6. Vyjmi jeden kus fotografického papíru z krycí fólie a vystříhni čtverec o rozměrech 8 x 8 cm. Tento čtverec vlož do dírkové komory tak, aby lesklá strana fotografického papíru byla proti dírce, která je v protější stěně dírkové komory.
7. Přiklop díрку krytem.
8. V místnosti s dostatečným osvětlením upevni dírkovou komoru tak, aby se nemohla pohnout.
9. Před dírkovou komoru, do vzdálenosti přibližně 50 cm, umísti nápis do přibližné roviny s dírkou na stěně dírkové komory (obr. č. 4) a připevni jej, aby se nemohl pohybovat.
10. Velice opatrně odkryj krytku z dírky tak, aby nedošlo k pohybu dírkové komory.
11. Podle intenzity osvětlení nech dírkovou komoru fotografovat. Při velkém osvětlení po dobu přibližně 2 minut. Při nižší intenzitě osvětlení po dobu přibližně 3,5 minut.
12. Po uplynutí stanoveného času opatrně zakryj díрку a dírkovou komoru přenes do temné komory.
13. V temné komoře (při červeném světle) vyndej fotografický papír z dírkové komory, uchop jej pinzetou za roh, vlož do fotografické vývojky a lehce s ním v roztoku pohybu. Papír musí být v roztoku zcela ponořen.
14. Po vykreslení obrazu papír ihned vlož do ustalovače a přibližně 15 sekund s ním opatrně v roztoku pohybu.
15. Snímek vlož do destilované vody a opět s ním přibližně 15 sekund pohybu.
16. Snímek dej sušit tak, aby z něj mohla zbylá voda vhodně odtékat.
17. Suchý snímek převed' na počítači do inverzní pozitivní podoby podle stejného postupu jako je v úkolu č. 2.
18. Popiš, jak vypadá vyfotografovaný nápis do tabulky 1.

Zpracování pokusu: Aby byl pokus úspěšný, je nutné vyrobit kvalitní dírkovou komoru, dále při samotné expozici nesmí dojít k žádnému pohybu dírkové komory a nakonec je nutné dávat veliký pozor při vyvolávání v chemických roztocích, aby nedošlo k přílišnému zčernání pořízeného snímku.



Obr. č. 4: Sestavení pokusu.

Výsledek fotografování nápisu pomocí dírkové komory:

Popiš výsledek fotografování nápisu:	
--------------------------------------	--

Tabulka 1

Pokus č. 4 – Fotografická multiexpozice

Teorie: Fotografická multiexpozice je druh fotografie, která zachycuje více pořízených snímků v jednom jediném snímku. Tento druh fotografie je typický pro fotografie z oblasti zejména extrémních sportů jako např. Freestyle motokros, snowboarding, skoky do vody apod.

Pomůcky: Digitální zrcadlovka (Canon EOS 500D); stativ; počítač; počítačový program pro úpravu fotografií (Zoner Photo Studio 13 – freeware).

Pracovní postup:

1. Fotoaparát připevni na stativ, nasměřuj do míst, kde se bude pohybovat fotografovaný objekt a pevně utáhni všechny tři šrouby pro utažení, aby se fotoaparát nemohl pohybovat.
2. Na fotoaparátu zvol variantu scény „P“ a fotoaparát zapni přepínačem na variantu ON (obr. 5).
3. Objektiv nastav na hodnotu 18 mm (přímo na objektivu).
4. Do vzdálenosti přibližně 4 metry od fotoaparátu umísti fotografovaný objekt. Na objekt zaostří namáčknutím spouště do zaostřovací polohy. Po zaostření spoušť pusť a přepni na objektivu volbu na MF (manual focus – ruční ostření).
5. Objekt vyfotografuj. Během fotografování fotoaparátem ani objektivem nesmíš pohnout!
6. Objekt přemísti na jiné místo v záběru tak, aby nemohlo dojít k překrytí snímků na výsledné fotografii a opět objekt vyfotografuj.
7. Objekt vyfotografuj přibližně 3 až 5krát.
8. Vyjmi paměťovou kartu z fotoaparátu, vlož jej do počítače a zapni program Zoner Photo Studio 13.
9. Zkopíruj uložené fotografie na Plochu do složky MULTIEXPOZICE a složku pojmenuj svým příjmením.
10. Pro vytvoření multiexpozice postupuj následovně: klikni na Vytvořit → Skládání multiexpozic → Odstranit pohybující se objekty → vyber v liště nabídky složku se svým příjmením → v levém horním rohu zaškrtni fotografie, které chceš vybrat pro vytvoření multiexpozice → Další → zaškrtni možnost Zarovnat obrázky → Další → zaškrtni možnost Duplikovat objekty → Další → Uložit → Plocha → Mutliexpozice → složka s tvým příjmením → ulož pod názvem Final.



Obr. č. 5: Nastavení fotoaparátu.

Zpracování pokusu: Během fotografování nesmí dojít k překrývání objektů na jednotlivých snímcích a samotná scéna se nesmí měnit (ostatní nehybné objekty).

c) Závěr

1. Povedly se ti úspěšně provést všechny pokusy? ANO – NE
2. V kterém roce vznikla úplně první klasická černobílá fotografie a dochovala se do dnešní doby? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

.....

3. V kterém roce vznikla úplně první klasická barevná fotografie a dochovala se do dnešní doby? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

.....

4. V kterém roce vznikla úplně první digitální fotografie? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

.....

5. Zjisti, jak se nazývají dva základní elektronické mikročipy používané ve fotoaparátech, které umožňují vznik digitální fotografie.

.....

6. Zjisti, zda je možné za pomoci dírkové komory vytvářet i barevné fotografie a svou odpověď zdůvodni.

.....
.....
.....

7. Načrtni obrázek a vysvětli, proč se při fotografování pomocí dírkové komory nápis vyfotografoval převráceně.

.....
.....
.....

8. Je možné dírkovou komorou vytvářet fotografie o velkých rozměrech např. 50 x 50 cm? Odpověď zdůvodni.

.....

4.4 Pracovní list – Fotografování (učitelská verze)

a) Úkol

Vytvoř pozitiv fotografie jak chemickou cestou, tak za pomoci počítače. Fotografuj dírkovou komorou a vytvoř fotografickou multiexpozici.

b) Výklad

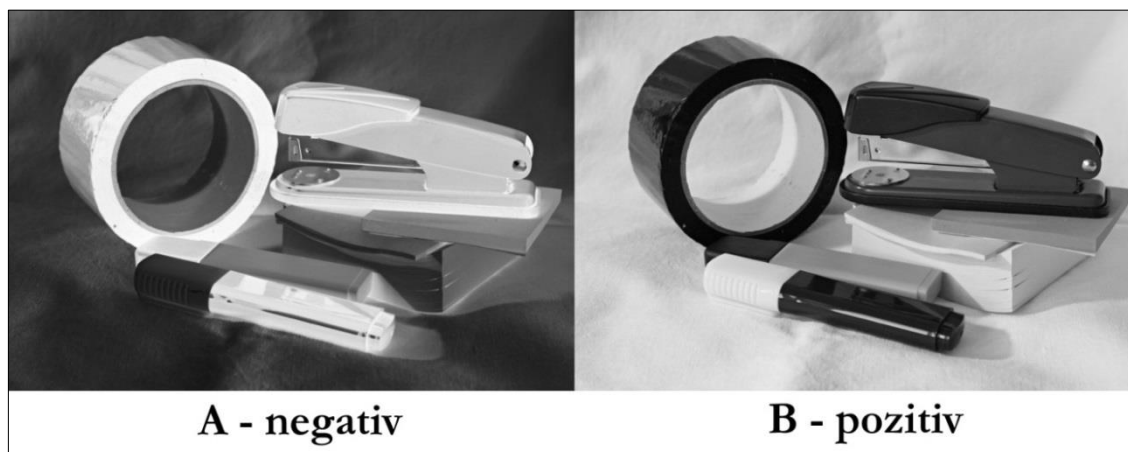
Fotografie je v dnešní době nedílnou součástí každodenního života a téměř každý člověk vlastní fotoaparát, mobilní telefon s fotoaparátem či jiné technické zařízení umožňující trvale zachytit obraz. Princip fotografování se v průběhu historie velice měnil. Od samotného objevu fotografie v 20. letech 19. století do 60. let 20. století se fotografie pořizovala výhradně chemickou cestou. Od objevu digitálního zobrazování v 60. letech 20. století se vývoj fotografie začal ubírat zejména digitální cestou a v několika posledních desetiletích získala digitální fotografie vedoucí postavení na pomyslném fotografickém žebříčku.

Historické fotografické techniky využívaly k zaznamenání obrazu velice jednoduchou chemickou reakci, která spočívala v černání různých halogenidů stříbra při osvětlení. Pokud se halogenid stříbra osvětlí, pak dojde k jeho zčernání, přičemž čím více světla na něj dopadá, tím více zčerná a čím méně světlo dopadá, tím méně zčerná.

Digitální fotografie je vytvářena za pomoci elektronických mikročipů a elektronických obvodů uložených uvnitř fotoaparátu.

Pokus č. 1 – Vznik pozitivu z negativu chemickým způsobem

Teorie: Tento pokus demonstruje historickou metodu získávání černobílého obrazu za pomoci chemických sloučenin a světla. Při dopadu světelných paprsků dochází k černání halogenidů stříbra a to v závislosti na osvětlení. Čím více je halogenid stříbra osvětlen, tím více zčerná a čím méně je osvětlen, tím méně zčerná. To má za následek, že na filmu se vytvoří obraz, kde jsou světlá místa vykreslena tmavě a tmavá místa jsou vykreslena světle – tomuto záznamu říkáme negativ (obr. č. 1a). Aby bylo možné získat obraz, který běžně vidíme, tedy bílá místa jsou vykreslena bíle a černá černě, pak je nutné vytvořit inverzní (opačnou) podobu daného snímku, které říkáme pozitiv (obr. č. 1b). Toho chemickou cestou docílíme tak, že skrz negativní fotografický film prosvítíme světlo na fotografický papír. Černé barvy nedovolí světlu procházet tak dobře jako světlé odstíny a dojde ke vzniku pozitivu. Následně se musí fotografie chemicky vyvolat, což se provádí podle přesně stanoveného procesu. Papír se vloží do fotografické vývojky, kde dojde ke vzniku obrazu díky specifické chemické reakci, následně je nutné tuto reakci zastavit, aby obraz zcela nezčernal, proto se papír vkládá do fotografického ustalovače a nakonec je nutné ještě snímek vyprat v destilované vodě, aby se smyly veškeré nepotřebné chemikálie.



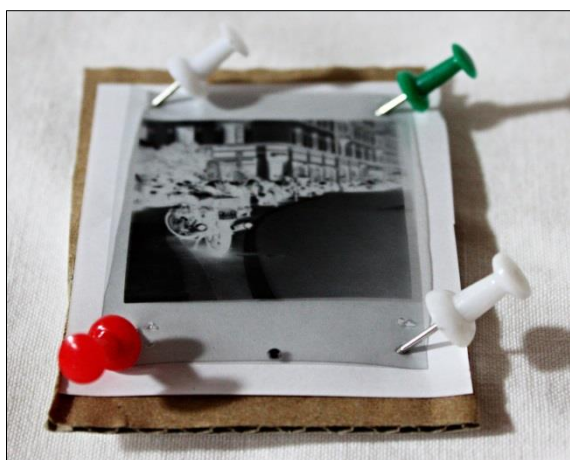
Obr. č. 1: Fotografický negativ a pozitiv

Potřeby: Fotografický negativ 5 x 5 cm; fotografický papír (Fomaspeed N312, ČB normal matný); stolní lampa s žárovkou o výkonu 50 W; fotografická vývojka (Fomatol LQN ČB neutral); fotografický ustalovač (Fomafix universal rapid fixer); destilovaná voda; 3 fotografické misky; lampa s červenou žárovkou; pinzeta; kartonový papír 7 x 7 cm; 4 špendlíky; nůžky; ochranné rukavice; ochranný oděv.

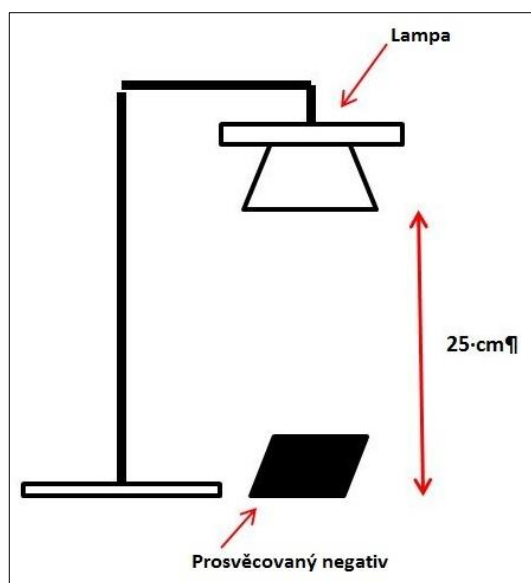
Pracovní postup:

POZOR – při práci s chemickými roztoky je nutné dodržovat bezpečnostní opatření! Pokud dojde k zasažení očí, je nutné oči ihned vypláchnout vodou a neprodleně vyhledat lékařskou pomoc! Při práci používej ochranný oděv a ochranné rukavice!!!

1. Do jednotlivých fotografických misek si připrav roztoky dle návodu na obalech (pro uvedené materiály platí: miska s vývojkou → 1 díl fotografické vývojky + 7 dílů destilované vody; miska s ustalovačem → 1 díl fotografického ustalovače + 5 dílů destilované vody; miska s destilovanou vodou).
2. Zcela zatemni místnost (temnou komoru), aby dovnitř nepronikalo žádné denní světlo a rozsviť lampu s červenou žárovkou.
3. Připrav si chemické roztoky na vhodný pevný povrch.
4. Vyjmi jeden kus fotografického papíru z krycí fólie a vystřižni čtverec o rozměrech 7 x 7 cm.
5. Vystřižený papír polož na kartonový čtverec tak, aby lesklá strana fotografického papíru byla navrch.
6. Na fotografický papír přilož fotografický negativ a za pomoci špendlíků pevně připevni, aby fotografický film co nejvíce přiléhá na fotografický papír (obr. č. 2). Při práci s negativem snímek ber za nezabarvené průhledné okraje.
7. Kolmo nad fotografický film do vzdálenosti přibližně 25 cm umísti zhasnutou lampu s běžnou žárovkou (obr. č. 3).
8. Lampu rozsviť na dobu max. 1 sekundy a ihned vypni.
9. Vyjmi fotografický papír, uchop jej pinzetou za roh, vlož do fotografické vývojky a lehce s ním v roztoku pohybuj. Papír musí být v roztoku zcela ponořen.
10. Po vykreslení obrazu papír ihned vlož do ustalovače a přibližně 15 sekund s ním opatrně v roztoku pohybuj.
11. Snímek vlož do destilované vody a opět s ním přibližně 15 sekund pohybuj.
12. Snímek dej sušit tak, aby z něj mohla zbylá voda vhodně odtékat.



Obr. č. 2: Připevnění negativu



Obr. č. 3: Sestavení pokusu

Zpracování pokusu: Aby byl pokus úspěšný, je nutné zcela zamezit přístup světelným paprskům do místnosti, pevně přichytit negativní film na fotografický papír, osvětlovat snímek velice krátkou dobu (nesmí přesáhnout 1 sekundu) a nakonec dávat veliký pozor při vyvolávání v chemických roztocích, aby nedošlo k přílišnému zčernání pořízeného snímku.

Pokus č. 2 – Vznik pozitivu z negativu za pomoci počítače

Teorie: Tento pokus demonstruje moderní metodu získávání obrazu za pomoci počítačové techniky. Tato moderní metoda analogicky vychází z historické metody, kde se uplatňuje získání pozitivního obrazu z negativního snímku převedením do inverzních barev, přičemž celý proces převodu barev se vytváří v počítači v grafickém programu.

Potřeby: Počítač; počítačový program pro úpravu fotografií (Zoner Photo Studio 13 – freeware); scanner; negativní fotografický snímek; flash disk.

Pracovní postup:

1. Vlož negativní snímek do scanneru a scanner zavři. Snímek vlož co nejpřesněji do levého horního rohu scanneru. Při práci s negativem snímek ber za nezabarvené průhledné okraje.
2. Do USB portu vsuň flash disk.
3. Zmáčkni zelené tlačítko Scan Start → Scan na paměťovou kartu (OK) → Formát JPEG; Dokument fotografie → Scan Start. Počkej, dokud se scanování neukončí.
4. Flash disk vyjmi z USB portu scanneru a vsuň jej do USB portu počítače → Otevřít složku a soubory.
5. Nascanovaný snímek zkopíruj do složky SCAN na ploše.
6. Snímek přejmenuj tvým příjmením.
7. Otevři program Zoner Photo Studio 13 na ploše monitoru.
8. Postupuj následovně: Vytvořit nový Editor → Soubor → Otevřít → Plocha → SCAN → tvá nascanovaná fotografie → otevřít.
9. Vyber možnost Oříznout → obtáhni obrys fotografie → zmáčkni pravé tlačítko myši a volbu Použít.
10. Vyber možnost Efekty → Negativ.
11. Snímek ulož na Plochu do složky Pozitiv. Snímek pojmenuj svým příjmením.

Zpracování pokusu: při pokusu je velice nutné dodržovat jednotlivé body pracovního postupu. Při problémech s programem zavolej vyučujícího.

Pokus č. 3 – Fotografování nápisu pomocí dírkové komory

Teorie: Dírková komora je nejjednodušší fotografické zařízení, které je tvořeno krabičkou, ve které je uložený fotografický papír a krabička je opatřena velice malou dírkou, která slouží jako objektiv. Princip fotografování je založen na principu camery obscury, kdy světlo obrazu prochází dírkou do krabičky, promítá se na protilehlou stranu od dírkou a zaznamenává se na fotografický papír citlivý na světlo. Následně se papír vyvolává totožným chemickým postupem, který je uveden u pokusu č. 1.

Pomůcky: Černá čtvrtka formátu A3; nůžky; pravítko; tužka; černá lepicí páska; špendlík; fotografický papír (Fomaspeed N312, ČB normal matný); fotografická vývojka (Fomatol LQN ČB neutral); fotografický ustalovač (Fomafix universal rapid fixer); destilovaná voda; 3 fotografické misky; lampa s červenou žárovkou; pinzeta; velký nápis na papíře formátu A4; bílá plocha; průhledná lepicí páska; stopky; ochranné rukavice; ochranný oděv.

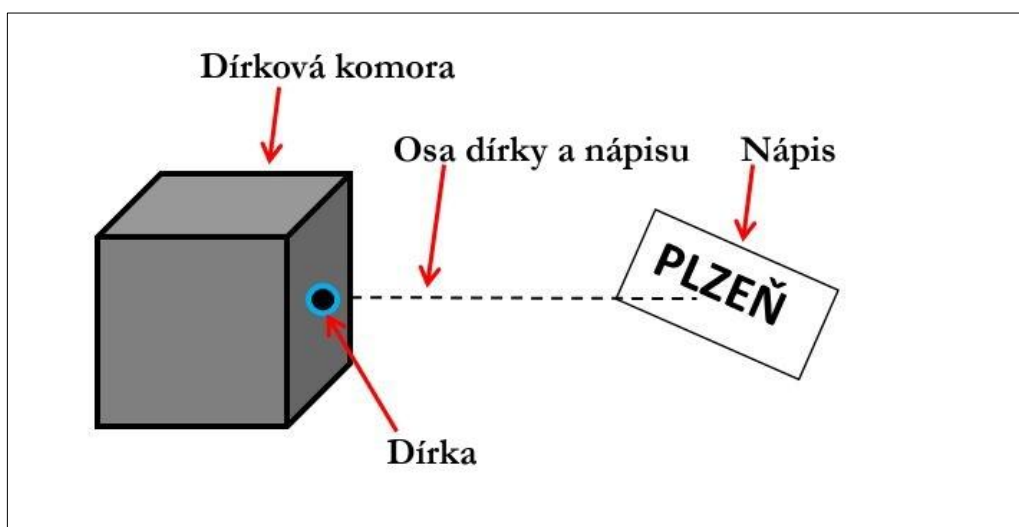
Pracovní postup:

POZOR – při práci s chemickými roztoky je nutné dodržovat bezpečnostní opatření! Pokud dojde k zasažení očí, je nutné oči ihned vypláchnout vodou a neprodleně vyhledat lékařskou pomoc! Při práci používejte ochranný oděv a ochranné rukavice!!!

1. Vytvoř z černé čtvrtky krychli o rozměrech 8 x 8 x 8 cm (šířka x výška hloubka), přičemž jedna strana musí být odklopná. Hrany krychle pečlivě přelep několika vrstvami černé lepicí pásky, aby byly eliminovány nežádoucí sluneční paprsky.
2. Na protější straně, vůči této odklopné straně, vytvoř do středu stěny špendlíkem malou dírkou. Na tuto dírkou vytvoř provizorní přiklápěcí kryt z černého papíru.

3. Do jednotlivých fotografických misek si připrav roztoky dle návodu na obalech (pro uvedené materiály platí: miska s vývojkou → 1 díl fotografické vývojky + 7 dílů destilované vody; miska s ustalovačem → 1 díl fotografického ustalovače + 5 dílů destilované vody; miska s destilovanou vodou).
4. Zcela zatemni místnost (temnou komoru), aby dovnitř nepronikalo žádné denní světlo a rozsviť lampu s červenou žárovkou.
5. Připrav si chemické roztoky na vhodný pevný povrch.
6. Vyjmi jeden kus fotografického papíru z krycí fólie a vystříhni čtverec o rozměrech 8 x 8 cm. Tento čtverec vlož do dírkové komory tak, aby lesklá strana fotografického papíru byla proti díрке, která je v protější stěně dírkové komory.
7. Přiklop díрку krytem.
8. V místnosti s dostatečným osvětlením upevni dírkovou komoru tak, aby se nemohla pohnout.
9. Před dírkovou komoru, do vzdálenosti přibližně 50 cm, umísti nápis do přibližné roviny s dírkou na stěně dírkové komory (obr. č. 4) a připevni jej, aby se nemohl pohybovat.
10. Velice opatrně odkryj krytku z dírky tak, aby nedošlo k pohybu dírkové komory.
11. Podle intenzity osvětlení nech dírkovou komoru fotografovat. Při velkém osvětlení po dobu přibližně 2 minut. Při nižší intenzitě osvětlení po dobu přibližně 3,5 minut.
12. Po uplynutí stanoveného času opatrně zakryj díрку a dírkovou komoru přenes do temné komory.
13. V temné komoře (při červeném světle) vyndej fotografický papír z dírkové komory, uchop jej pinzetou za roh, vlož do fotografické vývojky a lehce s ním v roztoku pohybu. Papír musí být v roztoku zcela ponořen.
14. Po vykreslení obrazu papír ihned vlož do ustalovače a přibližně 15 sekund s ním opatrně v roztoku pohybu.
15. Snímek vlož do destilované vody a opět s ním přibližně 15 sekund pohybu.
16. Snímek dej sušit tak, aby z něj mohla zbylá voda vhodně odtékat.
17. Suchý snímek převed' na počítači do inverzní pozitivní podoby podle stejného postupu jako je v úkolu č. 2.
18. Popiš, jak vypadá vyfotografovaný nápis do tabulky 1.

Zpracování pokusu: Aby byl pokus úspěšný, je nutné vyrobit kvalitní dírkovou komoru, dále při samotné expozici nesmí dojít k žádnému pohybu dírkové komory a nakonec je nutné dávat veliký pozor při vyvolávání v chemických roztocích, aby nedošlo k přílišnému zčernání pořízeného snímku.



Obr. č. 4: Sestavení pokusu.

Výsledek fotografování nápisu pomocí dírkové komory:

Popiš výsledek fotografování nápisu:	Nápis je stranově (ale i výškově) převrácen – jeví se zrcadlově.
--------------------------------------	---

Tabulka 1

Pokus č. 4 – Fotografická multiexpozice

Teorie: Fotografická multiexpozice je druh fotografie, která zachycuje více pořízených snímků v jednom jediném snímku. Tento druh fotografie je typický pro fotografie z oblasti zejména extrémních sportů jako např. Freestyle motokros, snowboarding, skoky do vody apod.

Pomůcky: Digitální zrcadlovka (Canon EOS 500D); stativ; počítač; počítačový program pro úpravu fotografií (Zoner Photo Studio 13 – freeware).

Pracovní postup:

1. Fotoaparát připevni na stativ, nasměruj do míst, kde se bude pohybovat fotografovaný objekt a pevně utáhni všechny tři šrouby pro utažení, aby se fotoaparát nemohl pohybovat.
2. Na fotoaparátu zvol variantu scény „P“ a fotoaparát zapni přepínačem na variantu ON (obr. 5).
3. Objektiv nastav na hodnotu 18 mm (přímo na objektivu).
4. Do vzdálenosti přibližně 4 metry od fotoaparátu umísti fotografovaný objekt. Na objekt zaostří namáčknutím spouště do zaostřovací polohy. Po zaostření spoušť pusť a přepni na objektivu volbu na MF (manual focus – ruční ostření).
5. Objekt vyfotografuj. Během fotografování fotoaparátem ani objektivem nesmíš pohnout!
6. Objekt přemísti na jiné místo v záběru tak, aby nemohlo dojít k překrytí snímků na výsledné fotografii a opět objekt vyfotografuj.
7. Objekt vyfotografuj přibližně 3 až 5krát.
8. Vyjmi paměťovou kartu z fotoaparátu, vlož jej do počítače a zapni program Zoner Photo Studio 13.
9. Zkopíruj uložené fotografie na Plochu do složky MULTIEXPOZICE a složku pojmenuj svým příjmením.
10. Pro vytvoření multiexpozice postupuj následovně: klikni na Vytvořit → Skládání multiexpozic → Odstranit pohybující se objekty → vyber v liště nabídky složku se svým příjmením → v levém horním rohu zaškrtni fotografie, které chceš vybrat pro vytvoření multiexpozice → Další → zaškrtni možnost Zarovnat obrázky → Další → zaškrtni možnost Duplikovat objekty → Další → Uložit → Plocha → Mutliexpozice → složka s tvým příjmením → ulož pod názvem Final.



Obr. č. 5: Nastavení fotoaparátu.

Zpracování pokusu: Během fotografování nesmí dojít k překrývání objektů na jednotlivých snímcích a samotná scéna se nesmí měnit (ostatní nehybné objekty).

c) Závěr

1. Povedly se ti úspěšně provést všechny pokusy? ANO – NE

2. V kterém roce vznikla úplně první klasická černobílá fotografie a dochovala se do dnešní doby? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

1827

3. V kterém roce vznikla úplně první klasická barevná fotografie a dochovala se do dnešní doby? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

1861

4. V kterém roce vznikla úplně první digitální fotografie? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

1957

5. Zjisti, jak se nazývají dva základní elektronické mikročipy používané ve fotoaparátech, které umožňují vznik digitální fotografie.

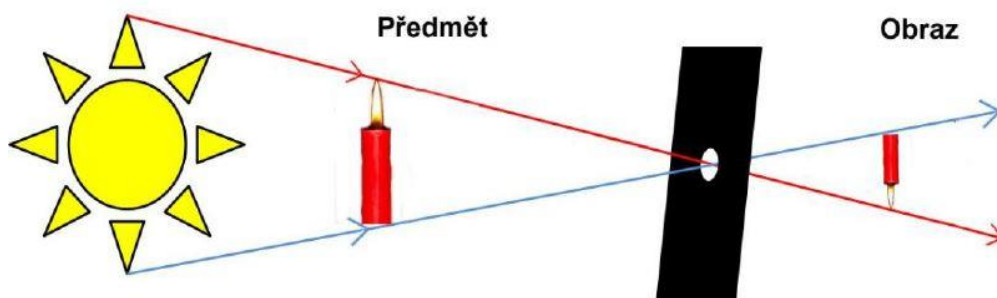
CCD a CMOS

6. Zjisti, zda je možné za pomoci dírkové komory vytvářet i barevné fotografie a svou odpověď zdůvodni.

Za pomoci dírkové komory není možné pořizovat barevné fotografie, jelikož barevný fotografický papír neexistuje.

7. Načrtni obrázek a vysvětli, proč se při fotografování pomocí dírkové komory nápis vyfotografoval převráceně.

Zde je vhodné volit mnohem jednodušší obrázek pro náčrt např. svíčku – studentům může prostorové uspořádání způsobovat problémy.



8. Je možné dírkovou komorou vytvářet fotografie o velkých rozměrech např. 50 x 50 cm? Odpověď zdůvodni.

Ano, je to možné – záleží pouze na velikosti dostupného fotografického papíru uloženého v dírkové komoře.

4.5 Pracovní list – měření pomocí CCD (žákovská verze)

a) Úkol

Změř závislost elektrického napětí na osvětlení a elektrického proudu na osvětlení mikročipu CCD.

b) Výklad

CCD čip je elektronická součástka, která se používá v digitálních přístrojích pro snímání obrazu. Používá se např. v digitálních fotoaparátech, videokamerách, faxech, čtečkách čárového kódu a také v astronomických dalekohledech. Součástka pracuje na principu fotoelektrického jevu. Tento fyzikální jev spočívá v tom, že foton dopadne na povrch součástky, kde dokáže z materiálu vyrazit elektron, který následně dopadá na elektrodu a dochází k celkovému zvýšení vodivosti elektrického obvodu. Z uvedeného principu jasně plyne závislost, že čím více je CCD čip osvětlen, tím větší elektrické napětí na něm vzniká.

Pokus č. 1 – Změř závislost elektrického napětí na osvětlení

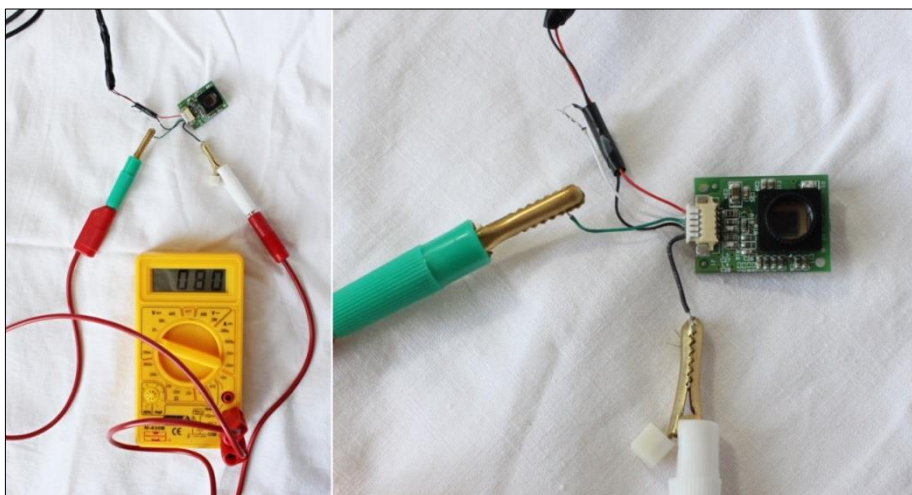
Teorie: CCD čip využívá ke zvýšení elektrické vodivosti fotoelektrický jev, který spočívá v tom, že při dopadu fotonu na povrch součástky, dojde k vyražení elektronu ze součástky a tento elektron dopadne na elektrodu, čímž dojde ke zvýšení elektrické vodivosti. Z uvedeného principu jasně plyne závislost, že čím více je CCD čip osvětlen, tím větší elektrické napětí na něm vzniká.

Potřeby: CCD čip; luxmetr; voltmetr; regulovatelný zdroj světla; vodiče; krokosvorky.

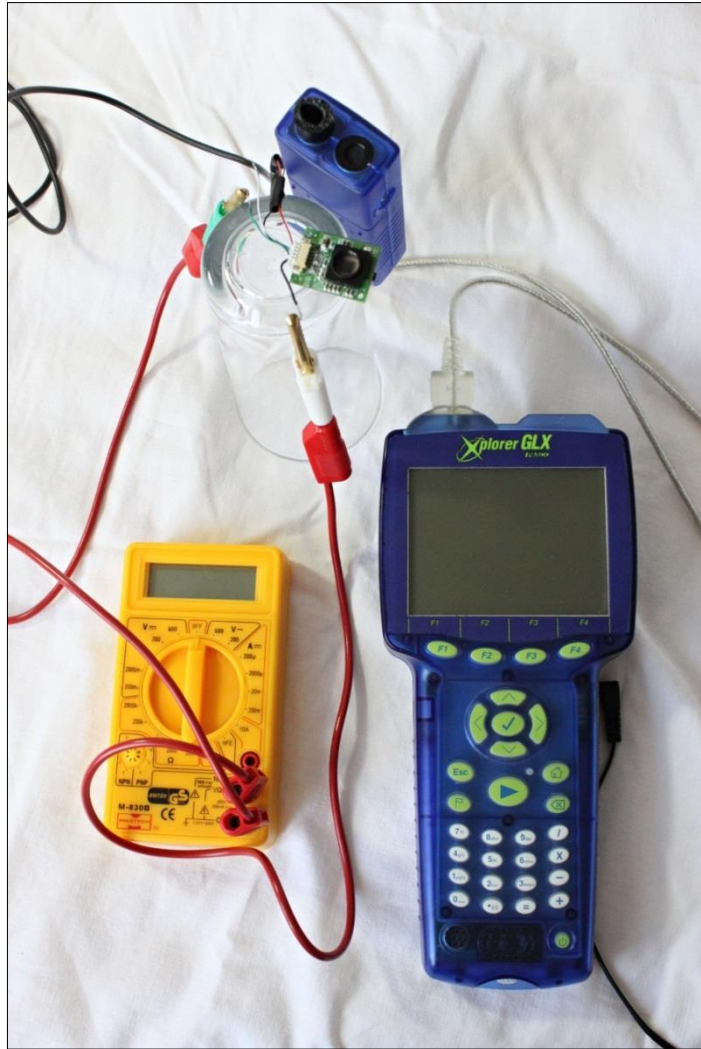
Pracovní postup:

1. Na CCD čip připoj voltmetr dle obrázku č. 1.
2. Zapni luxmetr a nastav jej na měření intenzity osvětlení. Start → Digits → OK → F2 → Intensity light (lx).
3. Čidlo luxmetru umísti vedle CCD čipu tak, aby do obou čidel dopadalo stejné osvětlení (obr. č. 2).
4. Rozsah voltmetru nastav na 2000 mV.
5. Zapni zdroj světla a nastav na nejnižší hodnotu osvětlení. Naměřené hodnoty zapiš do tabulky 1.
6. Postupně zvyšuj hodnotu osvětlení a vždy zaznamenej naměřené údaje do tabulky 1.
7. Naměřené hodnoty zaznamenej do grafu 1.

Zpracování pokusu: Při měření požadovaných hodnot je důležité, aby obě čidla byla nasměrována souhlasně ke zdroji světla, aby do obou snímačů dopadala stejná hodnota osvětlení. Při zvyšování intenzity osvětlení je vhodné zvyšovat hodnoty od nejmenších po největší.



Obr. č. 1: Sestavení pokusu.

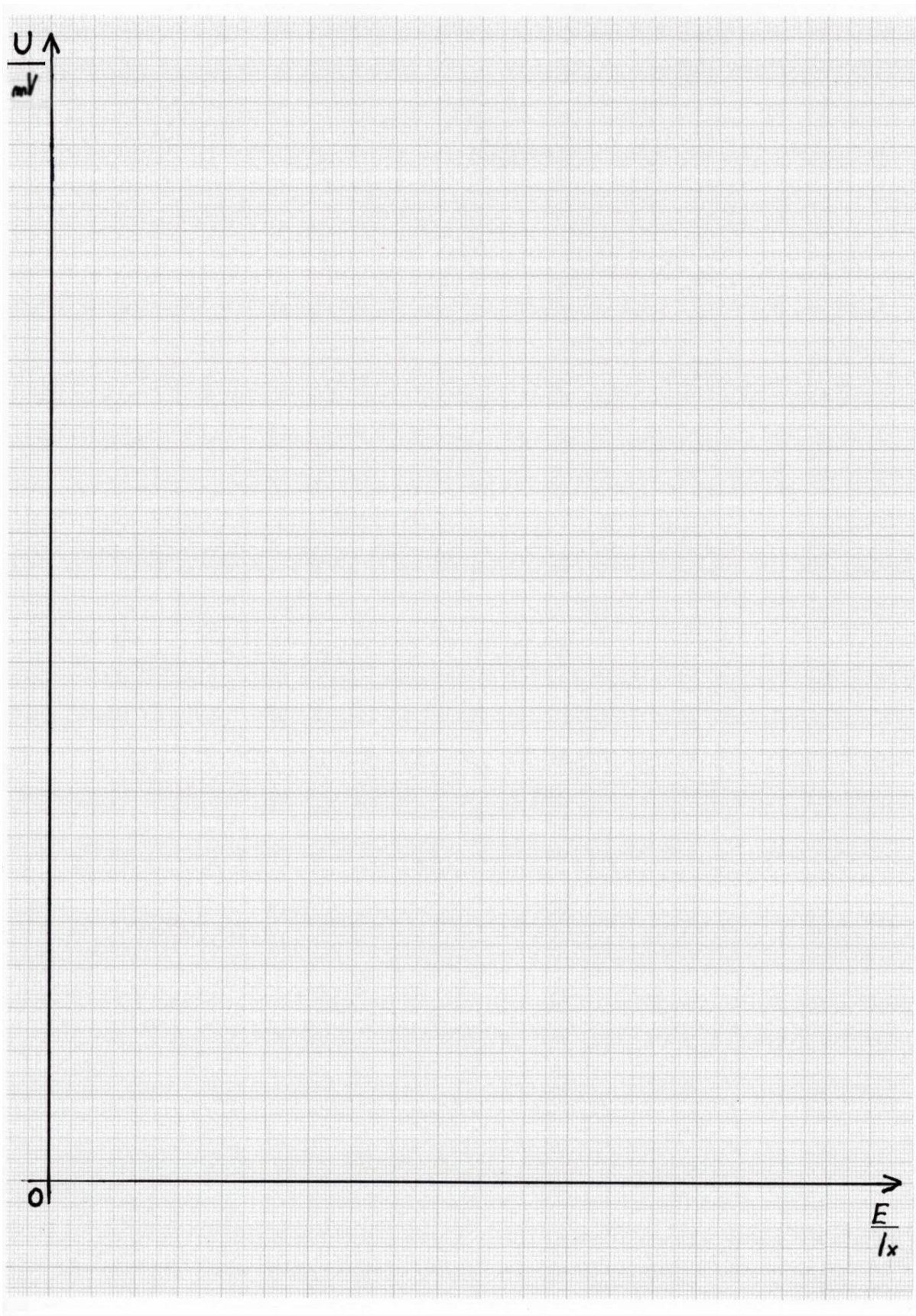


Obr. č. 2: Sestavení pokusu.

Naměřené hodnoty – závislost elektrického napětí na osvětlení:

Elektrické napětí [mV]	Intenzita osvětlení [lx]

Tabulka 1



Graf 1: Závislost elektrického napětí na osvětlení

Pokus č. 2 – Změř závislost elektrického proudu na osvětlení

Teorie: Čím více je CCD čip osvětlen, tím menší hodnotu elektrického proudu k tvorbě snímku spotřebovává a čím méně je CCD osvětlen, tím větší hodnotu elektrického proudu spotřebovává, což se také může projevat jako zahřívání čipu CCD.

Potřeby: CCD čip; luxmetr; ampérmetr; regulovatelný zdroj světla; vodiče; krokosvorky.

Pracovní postup:

1. Na CCD čip připoj ampérmetr dle obrázku č. 1.
2. Zapni luxmetr a nastav jej na měření intenzity osvětlení. Start → Digits → OK → F2 → Intensity light (lx).
3. Čidlo luxmetru umísti vedle CCD čipu tak, aby do obou čidel dopadalo stejné osvětlení (obr. č. 2).
4. Rozsah ampérmetru nastav na 200 mA.
5. USB CCD čipu zapoj do USB počítače.
6. Zakryj CCD čip a pozoruj hodnoty na displeji ampérmetru. Pozorování popiš do tabulky 2.
7. Nech dopadat světlo na CCD čip a pozoruj hodnoty na displeji ampérmetru. Pozorování popiš do tabulky 2.

Naměřené hodnoty závislosti elektrického proudu na osvětlení:

Co se děje s hodnotou elektrického proudu při zakrytí CCD čipu:	
Co se děje s hodnotou elektrického proudu při dopadu světla na CCD čip:	

Tabulka 2

c) Závěr

1. V kterém roce byl CCD čip objeven? Zjisti za pomoci internetu či dostupné literatury.

.....

2. Dostal za objev CCD čipu někdo Nobelovu cenu? Zjisti za pomoci internetu či dostupné literatury.

.....

3. Kdo fyzikálně vysvětlil princip fotoelektrického jevu a byl za to nějak oceněn? Zjisti za pomoci internetu či dostupné literatury.

.....

4. Jaká závislost v měření elektrického napětí v závislosti na osvětlení ti v grafu vyšla a čím je křivka ovlivněna?

.....

.....

.....

6. Jakou zkratkou je označován druhý nejpoužívanější mikročip v zobrazovacích zařízeních? Zjisti za pomoci internetu či dostupné literatury.

.....

7. Když o digitálním fotoaparátu říkáme, že má rozlišení v megapixelech má to nějaký vztah k mikročipu, který obsahuje?

.....

.....

.....

.....

8. Pokud máš mobilní telefon s fotoaparátem, zjisti, jaké rozlišení fotoaparát na tvém mobilním telefonu má. Napiš typ mobilního telefonu a rozlišení fotoaparátu v MPix. Zjisti za pomoci internetu.

.....

.....

4.6 Pracovní list – měření pomocí CCD (učitelská verze)

a) Úkol

Změř závislost elektrického napětí na osvětlení a elektrického proudu na osvětlení mikročipu CCD.

b) Výklad

CCD čip je elektronická součástka, která se používá v digitálních přístrojích pro snímání obrazu. Používá se např. v digitálních fotoaparátech, videokamerách, faxech, čtečkách čárového kódu a také v astronomických dalekohledech. Součástka pracuje na principu fotoelektrického jevu. Tento fyzikální jev spočívá v tom, že foton dopadne na povrch součástky, kde dokáže z materiálu vyrazit elektron, který následně dopadá na elektrodu a dochází k celkovému zvýšení vodivosti elektrického obvodu. Z uvedeného principu jasně plyne závislost, že čím více je CCD čip osvětlen, tím větší elektrické napětí na něm vzniká.

Pokus č. 1 – Změř závislost elektrického napětí na osvětlení

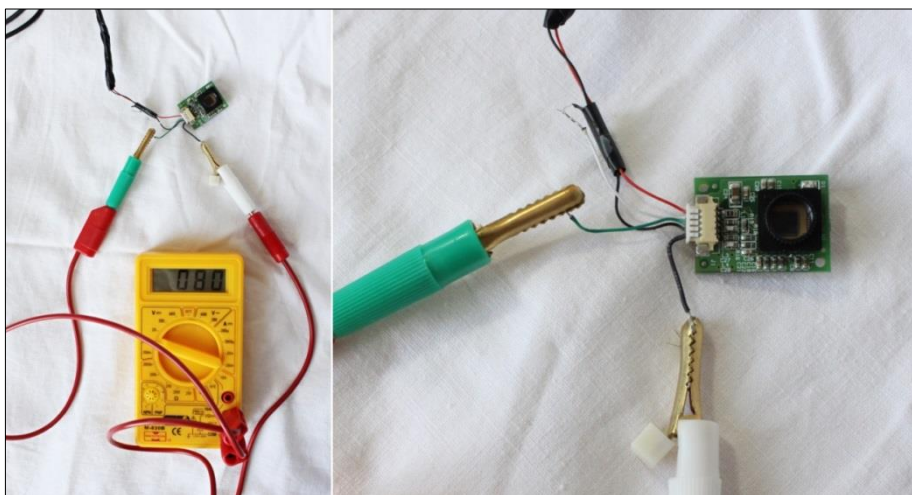
Teorie: CCD čip využívá ke zvýšení elektrické vodivosti fotoelektrický jev, který spočívá v tom, že při dopadu fotonu na povrch součástky, dojde k vyražení elektronu ze součástky a tento elektron dopadne na elektrodu, čímž dojde ke zvýšení elektrické vodivosti. Z uvedeného principu jasně plyne závislost, že čím více je CCD čip osvětlen, tím větší elektrické napětí na něm vzniká.

Potřeby: CCD čip; luxmetr; voltmetr; regulovatelný zdroj světla; vodiče; krokosvorky.

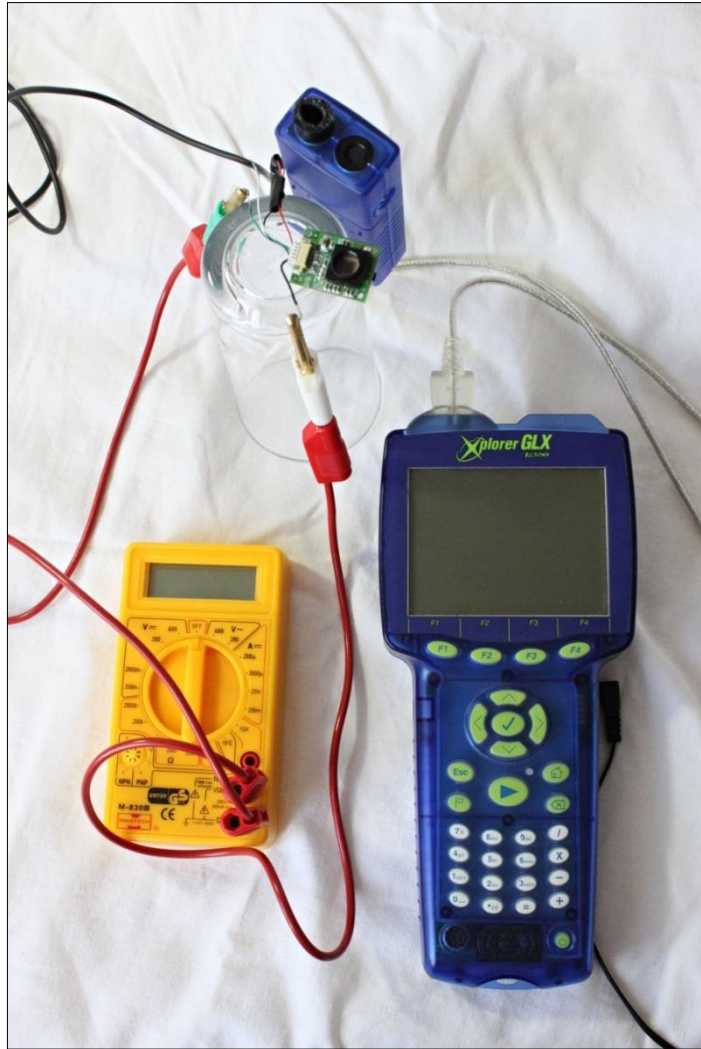
Pracovní postup:

1. Na CCD čip připoj voltmetr dle obrázku č. 1.
2. Zapni luxmetr a nastav jej na měření intenzity osvětlení. Start → Digits → OK → F2 → Intensity light (lx).
3. Čidlo luxmetru umísti vedle CCD čipu tak, aby do obou čidel dopadalo stejné osvětlení (obr. č. 2).
4. Rozsah voltmetru nastav na 2000 mV.
5. Zapni zdroj světla a nastav na nejnižší hodnotu osvětlení. Naměřené hodnoty zapiš do tabulky 1.
6. Postupně zvyšuj hodnotu osvětlení a vždy zaznamenej naměřené údaje do tabulky 1.
7. Naměřené hodnoty zaznamenej do grafu 1.

Zpracování pokusu: Při měření požadovaných hodnot je důležité, aby obě čidla byla nasměrována souhlasně ke zdroji světla, aby do obou snímačů dopadala stejná hodnota osvětlení. Při zvyšování intenzity osvětlení je vhodné zvyšovat hodnoty od nejmenších po největší.



Obr. č. 1: Sestavení pokusu.

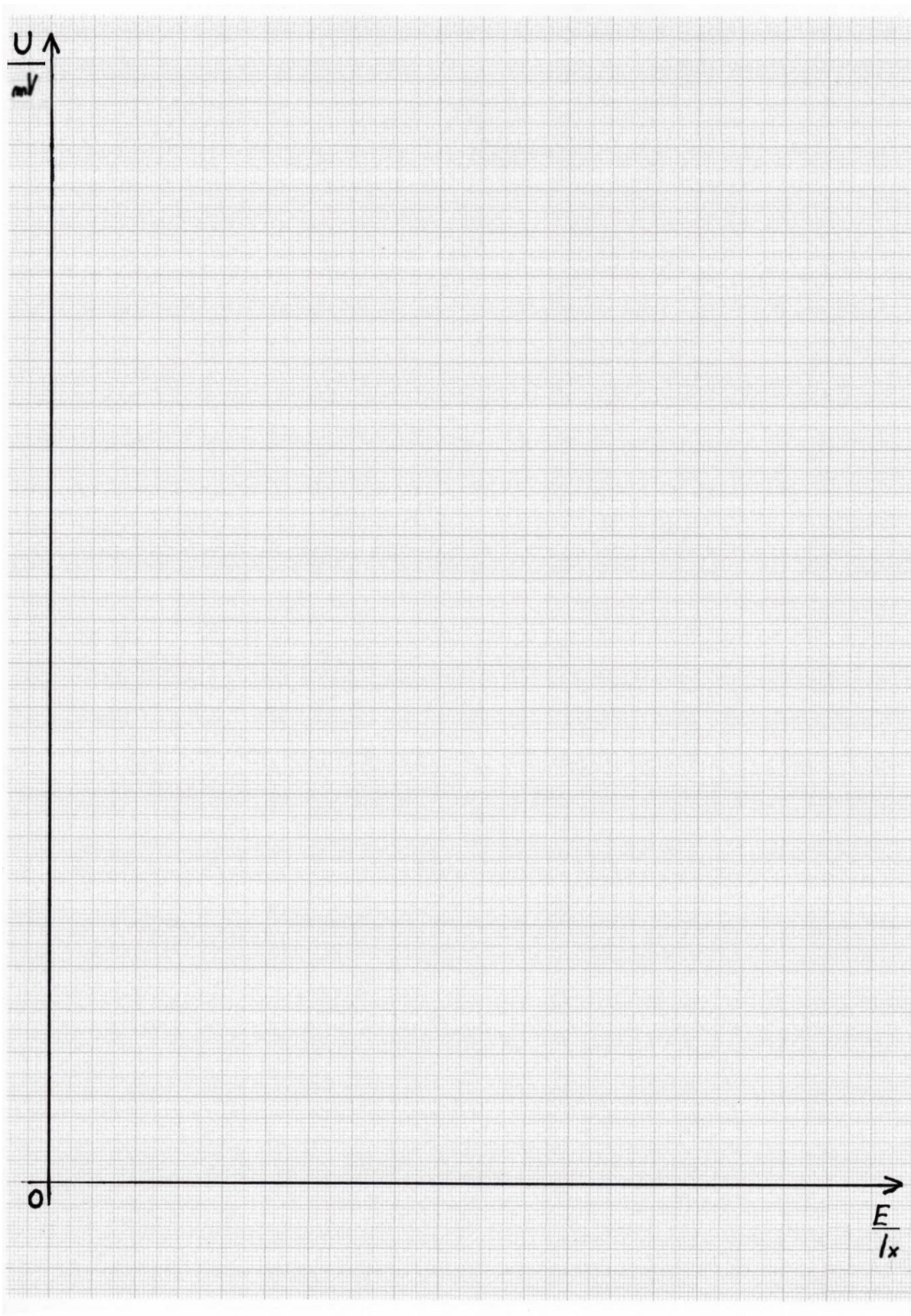


Obr. č. 2: Sestavení pokusu.

Naměřené hodnoty – závislost elektrického napětí na osvětlení (**DOPLNIT NAMĚŘENÉ HODNOTY**):

Elektrické napětí [mV]	Intenzita osvětlení [lx]

Tabulka 1



Graf 1: Závislost elektrického napětí na osvětlení
(DO GRAFU VYNÉST NAMĚŘENÉ HODNOTY)

Pokus č. 2 – Změř závislost elektrického proudu na osvětlení

Teorie: Čím více je CCD čip osvětlen, tím menší hodnotu elektrického proudu k tvorbě snímku spotřebovává a čím méně je CCD osvětlen, tím větší hodnotu elektrického proudu spotřebovává, což se také může projevat jako zahřívání čipu CCD.

Potřeby: CCD čip; luxmetr; ampérmetr; regulovatelný zdroj světla; vodiče; krokosvorky.

Pracovní postup:

1. Na CCD čip připoj ampérmetr dle obrázku č. 1.
2. Zapni luxmetr a nastav jej na měření intenzity osvětlení. Start → Digits → OK → F2 → Intensity light (lx).
3. Čidlo luxmetru umísti vedle CCD čipu tak, aby do obou čidel dopadalo stejné osvětlení (obr. č. 2).
4. Rozsah ampérmetru nastav na 200 mA.
5. USB CCD čipu zapoj do USB počítače.
6. Zakryj CCD čip a pozoruj hodnoty na displeji ampérmetru. Pozorování popiš do tabulky 2.
7. Nech dopadat světlo na CCD čip a pozoruj hodnoty na displeji ampérmetru. Pozorování popiš do tabulky 2.

Naměřené hodnoty závislosti elektrického proudu na osvětlení:

Co se děje s hodnotou elektrického proudu při zakrytí CCD čipu:	Hodnota elektrického proudu postupně narůstá. (Zdůvodnění v teoretickém výkladu)
Co se děje s hodnotou elektrického proudu při dopadu světla na CCD čip:	Hodnota elektrického proudu klesá k nule. (Zdůvodnění v teoretickém výkladu)

Tabulka 2

c) Závěr

1. V kterém roce byl CCD čip objeven? Zjisti za pomoci internetu či dostupné literatury.

1969

2. Dostal za objev CCD čipu někdo Nobelovu cenu? Zjisti za pomoci internetu či dostupné literatury.

Ano – Nobelovu cenu za objev CCD obdrželi v roce 2009 Willard Boyle a George Smith

3. Kdo fyzikálně vysvětlil princip fotoelektrického jevu a byl za to nějak oceněn? Zjisti za pomoci internetu či dostupné literatury.

Fotoelektrický jev vysvětlil Albert Einstein a za tento přínos mu byla udělena Nobelova cena.

4. Jaká závislost v měření elektrického napětí v závislosti na osvětlení ti v grafu vyšla a čím je křivka ovlivněna?

Závislost elektrického napětí na osvětlení je lineární. Odchytky jsou způsobeny chybami měření – nepřesné odečítání naměřených hodnot; různá intenzita dopadajícího světla na luxmetr a CCD prvek.

6. Jakou zkratkou je označován druhý nejpoužívanější mikročip v zobrazovacích zařízeních? Zjisti za pomoci internetu či dostupné literatury.

CMOS

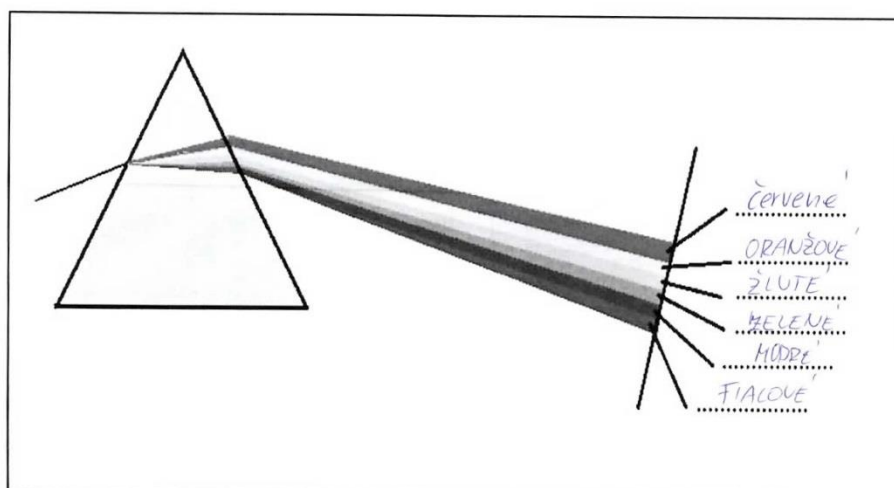
7. Když o digitálním fotoaparátu říkáme, že má rozlišení v megapixelech má to nějaký vztah k mikročipu, který obsahuje?

Pixely jsou jednotlivé mikrobuňky (prvky) umístěny na snímáči. Číslo udávané v Mpix je počet prvků na daném snímáči, tzn. má-li snímáč rozlišení 3 Mpix, pak je na jeho povrchu 3 miliony pixelů (mikrobuněk).

8. Pokud máš mobilní telefon s fotoaparátem, zjisti, jaké rozlišení fotoaparát na tvém mobilním telefonu má. Napiš typ mobilního telefonu a rozlišení fotoaparátu v MPix. Zjisti za pomoci internetu.

Např. Nokia Xpress Music 3,2 Mpix.

4.7 Vybrané ukázky vypracovaných úkolů



Obr. č. 2 – Doplnění jednotlivých barev po rozkladu bílého světla.

Zpracování pokusu: Aby byl pokus úspěšný a bylo možné na stínítku spatřit jednotlivé barvy, tak je nutné, aby byla místnost co nejvíce zatemněna. Dále je velice důležité zvolit vhodný směr a úhel, pod kterým bude dopadat bílé světlo ze zdroje na optický hranol. Pokud by byl úhel zvolen nevhodně, pak bude docházet k odrazu paprsků v hranolu v jiném směru, než je umístěno bílé stínítko.

Pokus č. 2 – Vznik bílého světla složením jednotlivých RGB barev.

Teorie: Metoda RGB vychází ze skládání světla červeného (R – z anglického „red“), světla zeleného (G – z anglického „green“) a světla modrého (B – z anglického „blue“), přičemž tyto tři druhy barev jsou barvy, na které jsou citlivé tři barevné čípky v lidském oku. Každý čípek je citlivý vždy jen na jednu z uvedených tří barev. Různé barvy a jejich odstíny vznikají právě skládáním uvedených tří barev, a to v různém poměru. Pokud jsou si poměry všech tří barev zcela rovny, pak dochází ke vzniku světla bílého.

Potřeby: Bílá čtverka; barevné pastelky (červená, modrá, zelená); kružítko; nůžky; oboustranná lepicí páska; počítačový větráček s regulací otáček; počítač.

Pracovní postup:

1. Na čtverku narýsuj kružnici o průměru 7,5 cm.
2. Kružnici pomocí kružítko rozděl na tři stejně velké výseče.
3. Každou z výsečí vybarvi jinou barvou (výseč červená, výseč modrá, výseč zelená), jak je znázorněno na obr. č. 3.
4. Takto vybarvenou kružnici vystříhni.
5. Ujistí se, že počítačový větráček NENÍ zapojen v USB portu počítače a tudíž se netočí.
6. Vystříhni čtvereček 5 x 5 mm z oboustranné lepicí pásky a nalep jej do středové části točivého kotouče větráčku, jak je znázorněno na obr. č. 4.
7. Vystříženou kružnici s barevnými výsečemi OPATRNĚ přilep k lepicí pásce na větráčku tak, aby byla co nejvíce vystředěna (obr. č. 5).
8. Regulaci otáček u větráčku nastav na nejnižší hodnotu (viz obr. č. 6) a poté zapoj USB větráček do USB portu počítače. Větráček se ihned začne točit. Pozoruj, jak se jeví barvy na kružnici.

Záznam o průběhu pokusu skládání RGB barev:

	Vyber možnost:	Jaké barvy pozoruješ?
Dokážeš při pohledu na točící se kotouček rozlišit jednotlivé barvy, když je rychlost otáčení nastavena na MINIMÁLNÍ hodnotu?	ANO / NE	ORANŽOVÁ RUŽOVÁ
Dokážeš při pohledu na točící se kotouček rozlišit jednotlivé barvy, když je rychlost otáčení nastavena na MAXIMÁLNÍ hodnotu?	ANO / NE	BÍLÁ

Tabulka 2

Pokus č. 3 – Míchání barev pomocí RGB filtrů

Teorie: Jednotlivé barvy (červená, zelená, modrá) se při překrytí vzájemně sčítají a vzniklé světlo má větší intenzitu, než původní jednobarevná světla, přičemž při vzájemném prolínání dochází ke vzniku dalších barev.

Potřeby: Meotar; bílé stínítko; průhledné RGB filtry; zatemněná místnost.

Pracovní postup:

1. Zatemni místnost.
2. Meotar orientuj a uzpůsob tak, aby světlo, které z něj vychází, dopadalo na bílé stínítko (bílá zeď, bílá tabule apod.)
3. Jednotlivé filtry uchop za průhledné okraje a barevných částí se **NEDOTÝKEJ!**
4. Vezmi jednotlivé filtry s červeným, zeleným a modrým kruhem a postupně je podle tabulky 3 pokládej na osvětlenou plochu meotaru barvami přes sebe a do tabulky zapisuj, jakou výslednou barvu pozoruješ.
5. Po skončení pokusů filtry vrať zpět do obálky a vypni meotar.

Zpracování pokusu: Skládání barev pomocí RGB filtrů

Polož na sebe tyto barvy:	Jakou výslednou barvu pozoruješ?
Modrá + zelená	AZUROVÁ
Modrá + červená	FIALOVÁ
Červená + zelená	ŽLUTÁ
Červená + zelená + modrá	BÍLÁ

Tabulka 3

Pokus č. 4 – Míchání barev pomocí CMY filtrů

Teorie: Jednotlivé barvy (žlutá, azurová, purpurová) se při překrytí vzájemně odečítají a vzniklé světlo má nižší intenzitu, než původní jednobarevná světla, přičemž při vzájemném prolínání dochází ke vzniku dalších barev. Zkratka CMY pochází z prvních písmen jednotlivých barev v anglickém názvosloví: C – cyan – azurová; M – magenta – purpurová; Y – yellow – žlutá. Míchání barev postupem CMY je přesný opak procesu RGB míchání barev.

Potřeby: Bílá podložka (papír); průhledné CMY filtry.

Pracovní postup:

1. Jednotlivé filtry uchop za průhledné okraje a barevných částí se NEDOTÝKEJ!
2. Vezmi jednotlivé filtry se žlutým, azurovým a purpurovým kruhem a postupně je podle **tabulky 4** pokládej na bílou podložku barvami přes sebe a do tabulky zapisuj, jakou výslednou barvu pozoruješ.
3. Po skončení pokusů filtry vrať zpět do obálky.

Zpracování pokusu: Skládání barev pomocí CMY filtrů

Polož na sebe tyto barvy:	Jakou výslednou barvu pozoruješ?
Azurová + žlutá	ZELENA'
Azurová + purpurová	MODRA'
Purpurová + žlutá	ČERVENA'
Purpurová + žlutá + azurová	ČERNA'

Tabulka 4

Bonus: Složení barevné fotografie

Teorie: CMY způsobu míchání barev se používá v mnohých grafických odvětvích, přičemž mezi ně patří i samotný tisk papírových fotografií. Výsledná barevná fotografie je tvořena složkami CMY a k tomu navíc ještě černou složkou, přičemž veškeré barvy jsou na samotném snímku jednotlivě zastoupeny a tento systém se označuje CMYK.

Úkol: Tvzení uvedené v teorii ověř složením fotografie z jednotlivých barevných složek.

Potřeby: CMYK filtry jedné totožné fotografie; bílá podložka (papír).

Pracovní postup:

1. Jednotlivé filtry uchop za průhledné okraje a barevných částí se NEDOTÝKEJ!
2. Na bílou podložku postupně skládej barevné snímky správně vůči sobě orientované v následujícím pořadí: černý – purpurový – azurový – žlutý.
3. Všechny snímky musí být vůči sobě velice pečlivě vycentrovány (musí se zcela přesně překrývat), aby vznikl požadovaný barevný snímek.
4. Po skončení snímky ulož zpět do obálky.

c) Závěr

1. Povedly se ti úspěšně provést všechny pokusy? ANO – NE

Pokud ne, uveď pokus, který se nezdařil:

.....

2. Kde se můžeš běžně setkat rozkladem bílého světla na jednotlivé barvy? Uveď příklady:

..... DUHA, CD, SKLENÍČKA

.....

3. Zdravé lidské oko má tři barevné čípký a každý z nich reaguje na jednu barvu (červená, zelená, modrá), proto využíváme systém RGB míchání barev. Kdyby ovšem lidské oko obsahovalo čtyři čípký reagující na různé barvy, z kolika barev bychom poté museli vytvářet obraz?

..... 4

4. Které moderní technologie využívají zobrazování pomocí systému RGB? Najdi na internetu nebo v učebnici, uveď příklady:

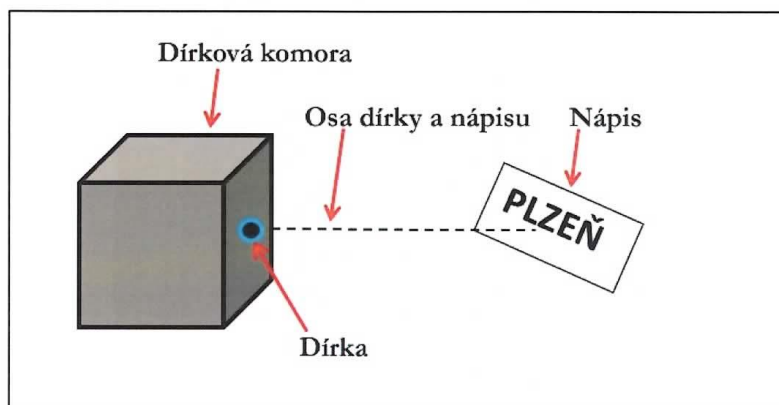
..... TELEVIZORE, MONITORY, SVĚTELNA, TABULE

5. Které moderní technologie využívají zobrazování pomocí systému CMYK? Najdi na internetu nebo v učebnici, uveď příklady:

..... TISKARNA, KOPÍRKA

5. Připrav si chemické roztoky na vhodný pevný povrch.
6. Vyjmi jeden kus fotografického papíru z krycí fólie a vystřihni čtverec o rozměrech 8 x 8 cm. Tento čtverec vlož do dírkové komory tak, aby lesklá strana fotografického papíru byla proti dírce, která je v protější stěně dírkové komory.
7. Přiklop díрку krytem.
8. V místnosti s dostatečným osvětlením upevni dírkovou komoru tak, aby se nemohla pohnout.
9. Před dírkovou komoru, do vzdálenosti přibližně 50 cm, umístí nápis do přibližné roviny s dírkou na stěně dírkové komory (obr. č. 4) a připevni jej, aby se nemohl pohybovat.
10. Velice opatrně odkryj krytku z dírky tak, aby nedošlo k pohybu dírkové komory.
11. Podle intenzity osvětlení nech dírkovou komoru fotografovat. Při velkém osvětlení po dobu přibližně 2 minut. Při nižší intenzitě osvětlení po dobu přibližně 3,5 minut.
12. Po uplynutí stanoveného času opatrně zakryj díрку a dírkovou komoru přenes do temné komory.
13. V temné komoře (při červeném světle) vyndej fotografický papír z dírkové komory, uchop jej pinzetou za roh, vlož do fotografické vývojky a lehce s ním v roztoku pohybuj. Papír musí být v roztoku zcela ponořen.
14. Po vykreslení obrazu papír ihned vlož do ustalovače a přibližně 15 sekund s ním opatrně v roztoku pohybuj.
15. Snímek vlož do destilované vody a opět s ním přibližně 15 sekund pohybuj.
16. Snímek dej sušit tak, aby z něj mohla zbylá voda vhodně odtékat.
17. Suchý snímek převeď na počítači do inverzní pozitivní podoby podle stejného postupu jako je v úkolu č. 2.
18. Popiš, jak vypadá vyfotografovaný nápis do tabulky 1.

Zpracování pokusu: Aby byl pokus úspěšný, je nutné vyrobit kvalitní dírkovou komoru, dále při samotné expozici nesmí dojít k žádnému pohybu dírkové komory a nakonec je nutné dávat veliký pozor při vyvolávání v chemických roztocích, aby nedošlo k přílišnému zčernání pořízeného snímku.



Obr. č. 4: Sestavení pokusu.

Výsledek fotografování nápisu pomocí dírkové komory:

Popiš výsledek fotografování nápisu:	
--------------------------------------	--

Tabulka 1

c) Závěr

1. Povedly se ti úspěšně provést všechny pokusy? ANO - NE

2. V kterém roce vznikla úplně první klasická černobílá fotografie a dochovala se do dnešní doby? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

1824

3. V kterém roce vznikla úplně první klasická barevná fotografie a dochovala se do dnešní doby? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

1861

4. V kterém roce vznikla úplně první digitální fotografie? Najdi na internetu nebo v dostupné literatuře.

1957

5. Zjisti, jak se nazývají dva základní elektronické mikročipy používané ve fotoaparátech, které umožňují vznik digitální fotografie.

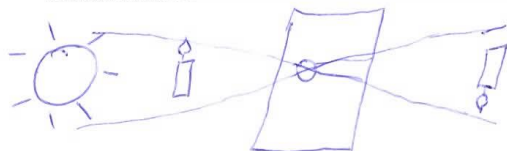
CCD, CMOS

6. Zjisti, zda je možné za pomoci dírkové komory vytvářet i barevné fotografie a svou odpověď zdůvodni.

NENÍ - NEEXISTUJE BAREVNÝ FOTOPAPÍR

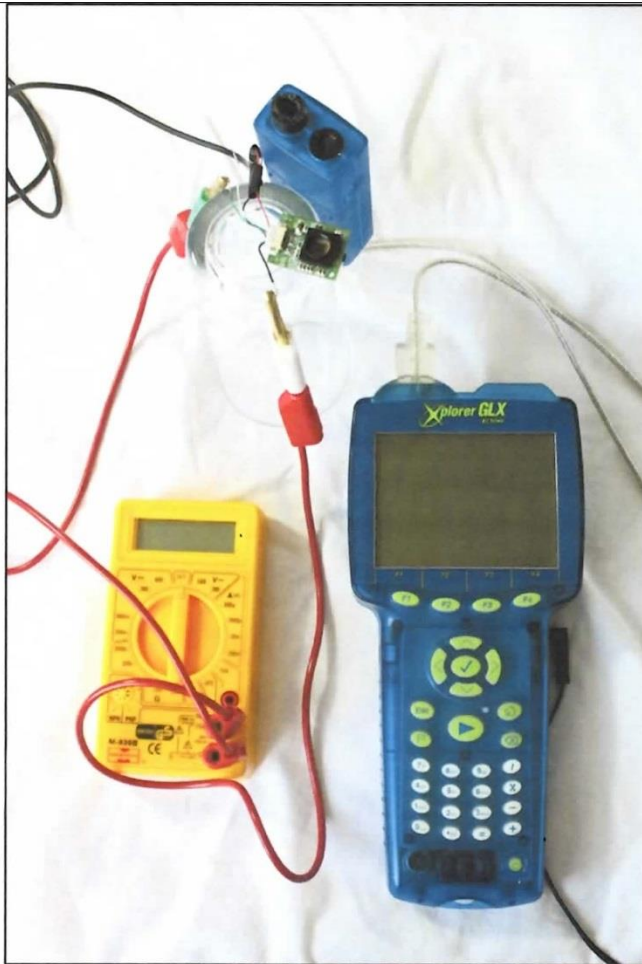
7. Načrtni obrázek a vysvětli, proč se při fotografování pomocí dírkové komory nápis vyfotil převráceně.

Paralely se šíří přímočaře a podle dírký se obraz převrátí.



8. Je možné dírkovou komorou vytvářet fotografie o velkých rozměrech např. 50 x 50 cm? Odpověď zdůvodni.

ANO - jen musí být velký fotopapír

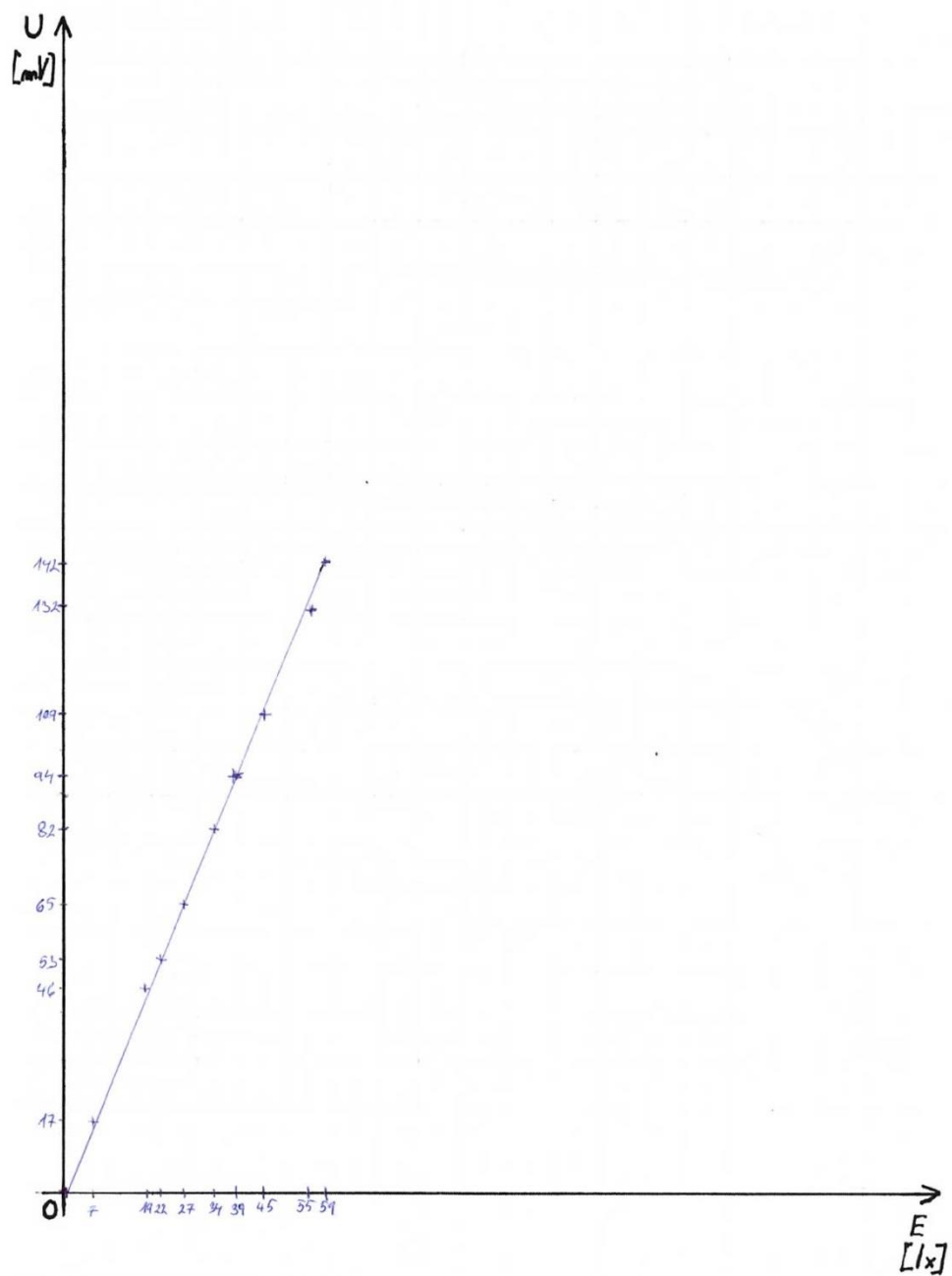


Obr. č. 2: Sestavení pokusu.

Naměřené hodnoty – závislost elektrického napětí na osvětlení:

Elektrické napětí [mV]	Intenzita osvětlení [lx]
0	0
76,9	7
45,8	14
53	22
65	27
82	34
94	25 34
109,5	45
132,6	55
142,2	59

Tabulka 1



Graf 1: Závislost elektrického napětí na osvětlení

Pokus č. 2 – Změř závislost elektrického proudu na osvětlení

Teorie: Čím více je CCD čip osvětlen, tím menší hodnotu elektrického proudu k tvorbě snímku spotřebovává a čím méně je CCD osvětlen, tím větší hodnotu elektrického proudu spotřebovává, což se také může projevat jako zahřívání čipu CCD.

Potřeby: CCD čip; luxmetr; ampermetr; regulovatelný zdroj světla; vodiče; krokosvorky.

Pracovní postup:

1. Na CCD čip připoj ampermetr dle obrázku č. 1.
2. Zapni luxmetr a nastav jej na měření intenzity osvětlení. Start → Digits → OK → F2 → Intensity light (lx).
3. Čidlo luxmetru umístí vedle CCD čipu tak, aby do obou čidel dopadalo stejné osvětlení (obr. č. 2).
4. Rozsah ampermetru nastav na 200 mA.
5. USB CCD čipu zapoj do USB počítače.
6. Zakryj CCD čip a pozoruj hodnoty na displeji ampermetru. Pozorování popiš do tabulky 2.
7. Nechej dopadat světlo na CCD čip a pozoruj hodnoty na displeji ampermetru. Pozorování popiš do tabulky 2.

Naměřené hodnoty závislosti elektrického proudu na osvětlení:

Co se děje s hodnotou elektrického proudu při zakrytí CCD čipu:	<i>skále roste</i>
Co se děje s hodnotou elektrického proudu při dopadu světla na CCD čip:	<i>klesá na nulu</i>

Tabulka 2

c) Závěr

1. V kterém roce byl CCD čip objeven? Zjistí za pomoci internetu či dostupné literatury.

..... 1969

2. Dostal za objev CCD čipu někdo Nobelovu cenu? Zjistí za pomoci internetu či dostupné literatury.

..... Boyle, Smith

3. Kdo fyzikálně vysvětlil princip fotoelektrického jevu a byl za to nějak oceněn? Zjistí za pomoci internetu či dostupné literatury.

..... Einstein

4. Jaká závislost v měření elektrického napětí v závislosti na osvětlení ti v grafu vyšla a čím je křivka ovlivněna?

..... lineární (vlastně díky nepřesnosti měření)

6. Jakou zkratkou je označován druhý nejpoužívanější mikročip v zobrazovacích zařízeních? Zjistí za pomoci internetu či dostupné literatury.

..... CMOS

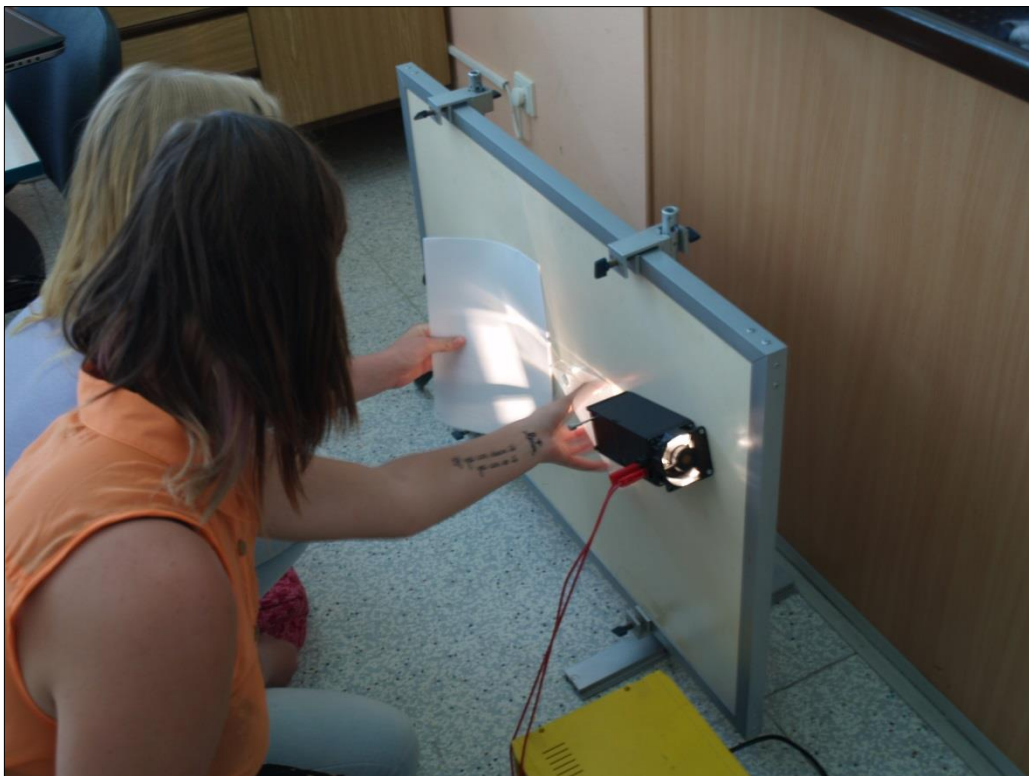
7. Když o digitálním fotoaparátu říkáme, že má rozlišení v megapixelech má to nějaký vztah k mikročipu, který obsahuje?

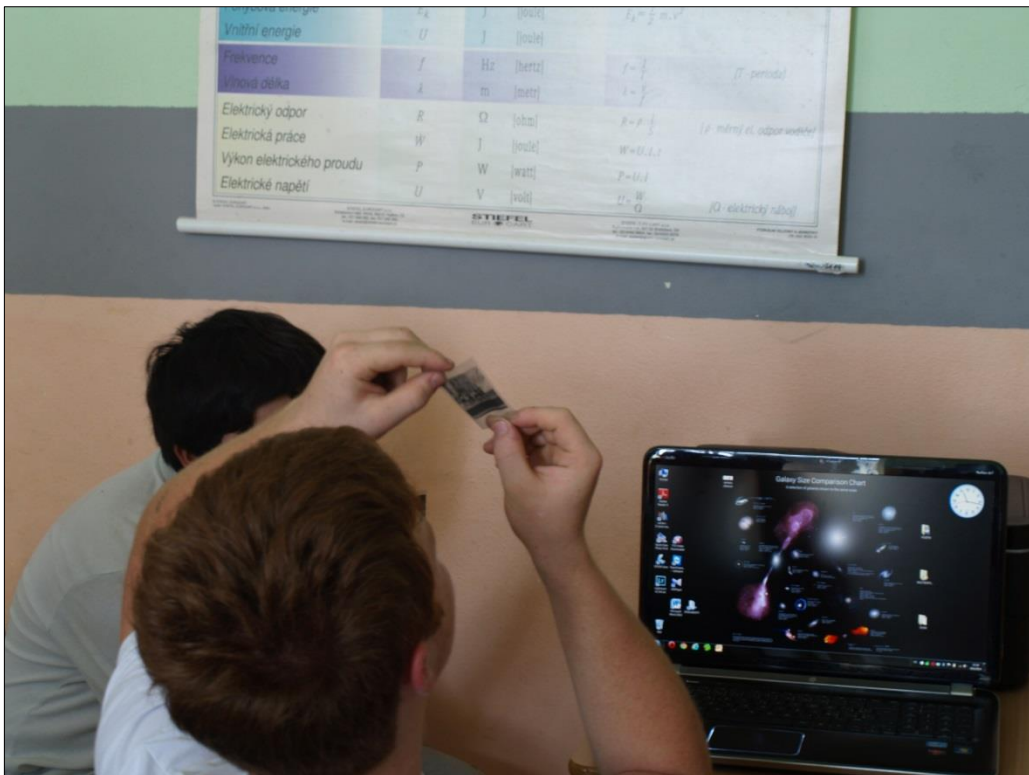
..... V množství pixelů na plochu

8. Pokud máš mobilní telefon s fotoaparátem, zjistí, jaké rozlišení fotoaparát na tvém mobilním telefonu má. Napiš typ mobilního telefonu a rozlišení fotoaparátu v MPix. Zjistí za pomoci internetu.

..... 5 MPix - Nexus

4.8 Fotografický záznam průběhu zpracování pracovních listů

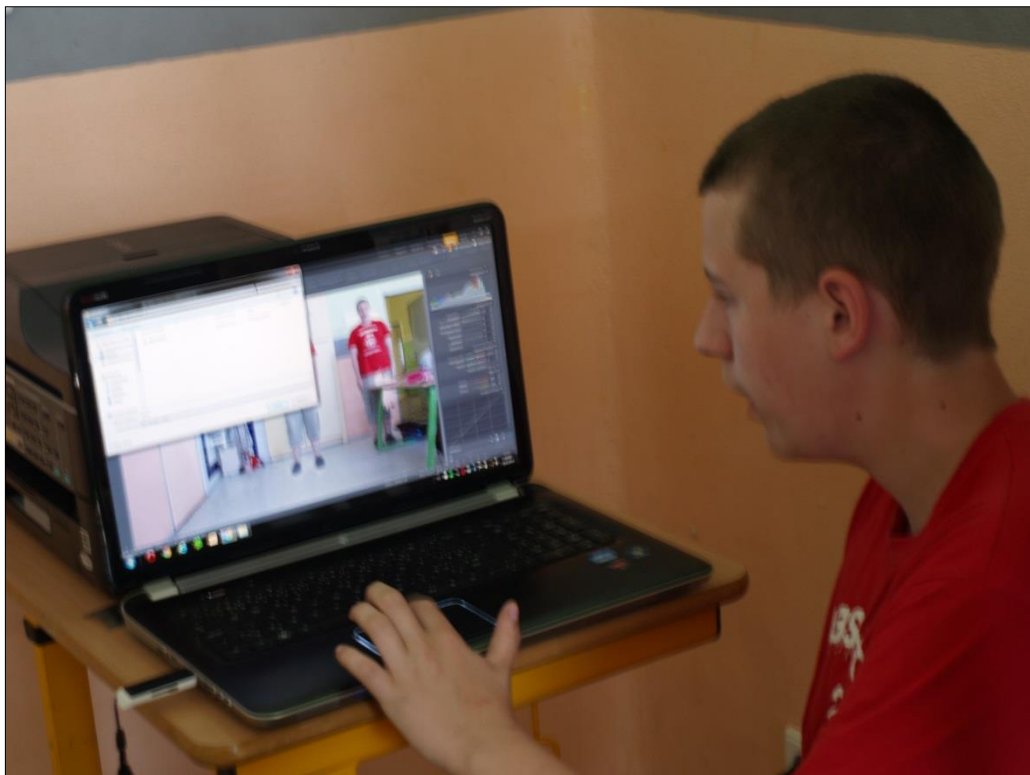








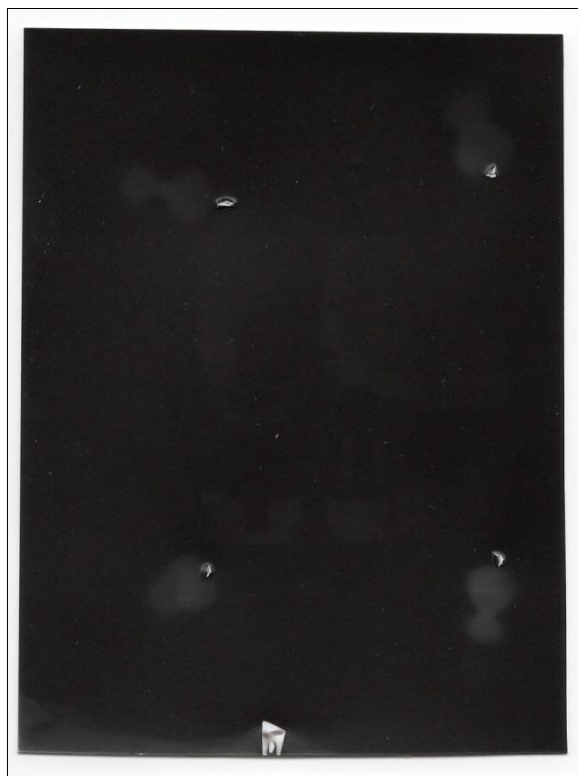




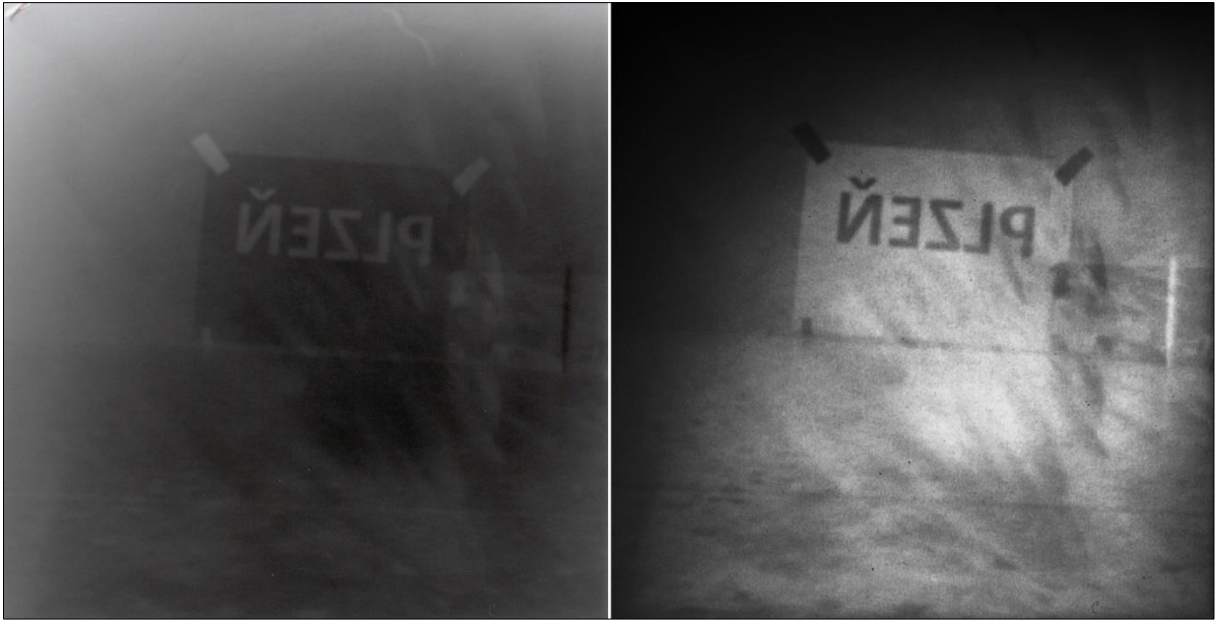
4.9 Vybrané výsledky pracovního listu – fotografování



Výsledek prosvětlování negativu.



Výsledek prosvětlování negativu – přesvětlen fotografický papír.



Negativ/pozitiv vyfotografovaný pomocí dírkové komory.



Vytvořená multiexpozice.



Negativ/pozitiv vyfotografovaný pomocí dírkové komory.



Digitálně převedený negativ na pozitiv.

4.10 Průběh a evaluace

Jak již bylo uvedeno výše, pracovní listy byly prakticky vyzkoušeny žáky 9. ročníku ZŠ Chotěšov. Na počátku jsem studenty obecně seznámila s průběhem následujícího vyučování, rozdělila je do skupin a usadila dle typu pracovního listu k příslušným pomůckám. Studenti měli za úkol projít si a pročíst samostatně celý pracovní list. Následně jsem ještě s každou skupinou pracovní list osobně prošla a dovysvětlila nejasnosti ohledně zpracování pokusů. Dále jsem názorně ukázala, jak budou žáci dle pracovního návodu s pomůckami pracovat. Při práci studentů jsem mezi jednotlivými skupinami procházela a nepatrně napomáhala s vypracováním, nebo jsem odpovídala na případné dotazy, přičemž žáci vesměs pracovali téměř bez mojí pomoci. Pracovní listy žáky velmi zaujaly, především pracovní list týkající se fotografování a práce v temné komoře. Byli nadšeni, když mohli pozorovat, jak jim obraz vzniká přímo „pod rukama“, jak mohou vytvořit fotografii bez digitálního fotoaparátu a jak jednoduše lze vytvořit chemickou cestou pozitivní snímek z negativního.

Během samotného zpracovávání pracovních listů jsem byla velice překvapena projevenou aktivitou žáků, jelikož žáci pokusy zpracovávali opravdu svědomitě a projevovali zvýšený zájem o danou problematiku formou živé diskuse mezi sebou samými, či snahou o co nejpřesnější získání požadovaných výsledků.

Na základě osobních velice pozitivních dojmů z průběhu vypracování vřele doporučuji použít pracovní listy i v následujícím vyučování pro zpestření výuky a z důvodu zvýšení zájmu o přírodovědné a technické obory.

5 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo seznámit se s vývojem fotografie v průběhu 20. století. V rámci práce bylo nutné hledat v historických pramenech jak českých, tak cizojazyčných. Bylo nutné dané materiály důkladně prostudovat, poznatky seskupit, chronologicky seřadit a následně srozumitelně zmíněné metody a postupy zprostředkovat. V práci jsem se zabývala jak fyzikálními, tak chemicko-technologickými principy vývoje fotografie jednak z obecného hlediska a následně také v rámci vybraných specifických oblastí (viz jednotlivé kapitoly).

Důležitou částí diplomové práce bylo samotné nashromáždění poměrně značného množství materiálů popisující vývoj fotografie během 20. století. V rámci těchto příprav jsem navštívila expozici *Historické fotografické techniky* v Národním technickém muzeu v Praze. K získání potřebných informačních zdrojů jsem také navštívila Městskou knihovnu v Sokolově, Krajskou knihovnu v Karlových Varech, Studijní a vědeckou knihovnu Plzeňského kraje, Univerzitní knihovnu ZČU v Plzni, Studijní a vědeckou knihovnu v Hradci Králové. Starší publikace, jež nejsou k dostání v knihovnách či archívech, jsem pro svou práci získávala na internetu, či za poplatek v naskanované podobě u sběratelů historických knih. Ohledně požadovaných informací týkajících se specifík používaných fotoaparátů v kosmu jsem elektronickou poštou komunikovala s odborníkem Ing. Jindřichem Krásou ze společnosti CSO (Czech Space Office – Česká kosmická kancelář), který se zabývá v rámci České republiky vesmírnou navigací a telekomunikací.

V první kapitole je důkladně popsán vývoj fotografie během 20. století. Jsou zde také uvedeny principy jednotlivých metod, příčiny vzniku uvedených metod a historické vlivy, které působily na vývoj fotografie daného směru. V druhé kapitole je popsán fyzikální a technologický vývoj určitých speciálních prvků během 20. století a současně jsou zde také podrobně popsány nejmodernější fotografické prvky, které jsou běžně dostupné široké veřejnosti na počátku 21. století. Tyto hlavní dvě kapitoly jsou pro srozumitelnost a názornost doplněny dobovými fotografiemi, názornými schematickými fotografiemi a obrázky.

Poslední třetí kapitola je stěžejní částí této diplomové práce. Jsou zde uvedeny tři pracovní listy, přičemž každý pracovní list je vypracován na určité fyzikální téma. Jednotlivá témata přímo vycházejí z diplomové práce. Pracovní listy jsou zpracovány výhradně mou osobou, taktéž nákup a výroba pomůcek potřebných pro fyzikální pokusy. Pomůcky: elektrický zdroj, světelný zdroj, magnetická tabule bílá a optický hranol byly zapůjčeny ze školních pomůcek Katedry matematiky, fyziky a technické výchovy Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni.

Tato diplomová práce je koncipována pouze do období 20. století a do počátku 21. století, jelikož historický vývoj od prvopočátků fotografie do 20. století je důkladně popsán

v mnou vypracované bakalářské práci. Tato diplomová práce tedy volně navazuje na mou bakalářskou práci.

Diplomová práce mi byla velkým přínosem nejen z hlediska objasnění fyzikálních, chemických či technologických způsobů zpracování fotografie, ale zároveň jsem si z velké části doplnila široké spektrum informací, které mi následně posloužily jako cenné podkladové materiály pro tvorbu pracovních listů. Samotnou práci a pracovní listy je možné využít ve školním vyučování jako teoretický a také praktický zdroj informací. Věřím, že tato práce nebyla prospěšná pouze mé osobě, ale bude zároveň i užitečným aspektem těm jedincům, kteří mají zájem o prohloubení svých znalostí z hlediska fotografie, či pedagogům, kteří budou mít zájem oživit školní vyučování vypracováním zmíněných pracovních listů.

Obrazová příloha



Kostní klič – odkazováno ze str. 10.^[136]



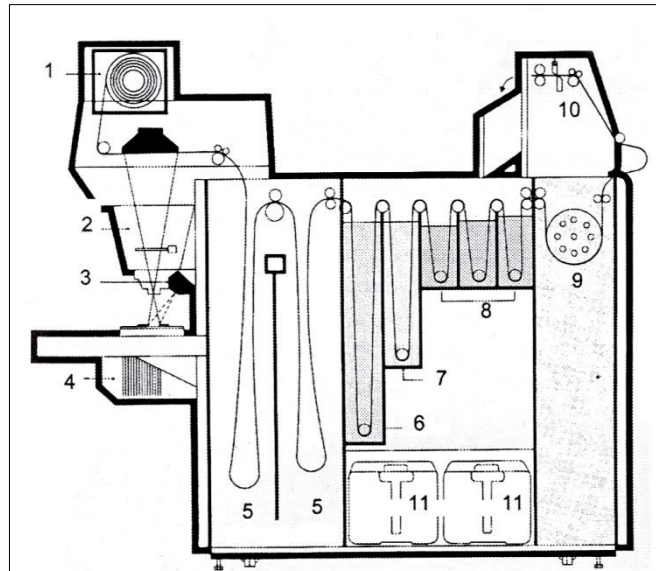
Dichroman draselný – odkazováno ze str. 11.^[137]



Červená krevní sůl – odkazováno ze str. 13.^[21]

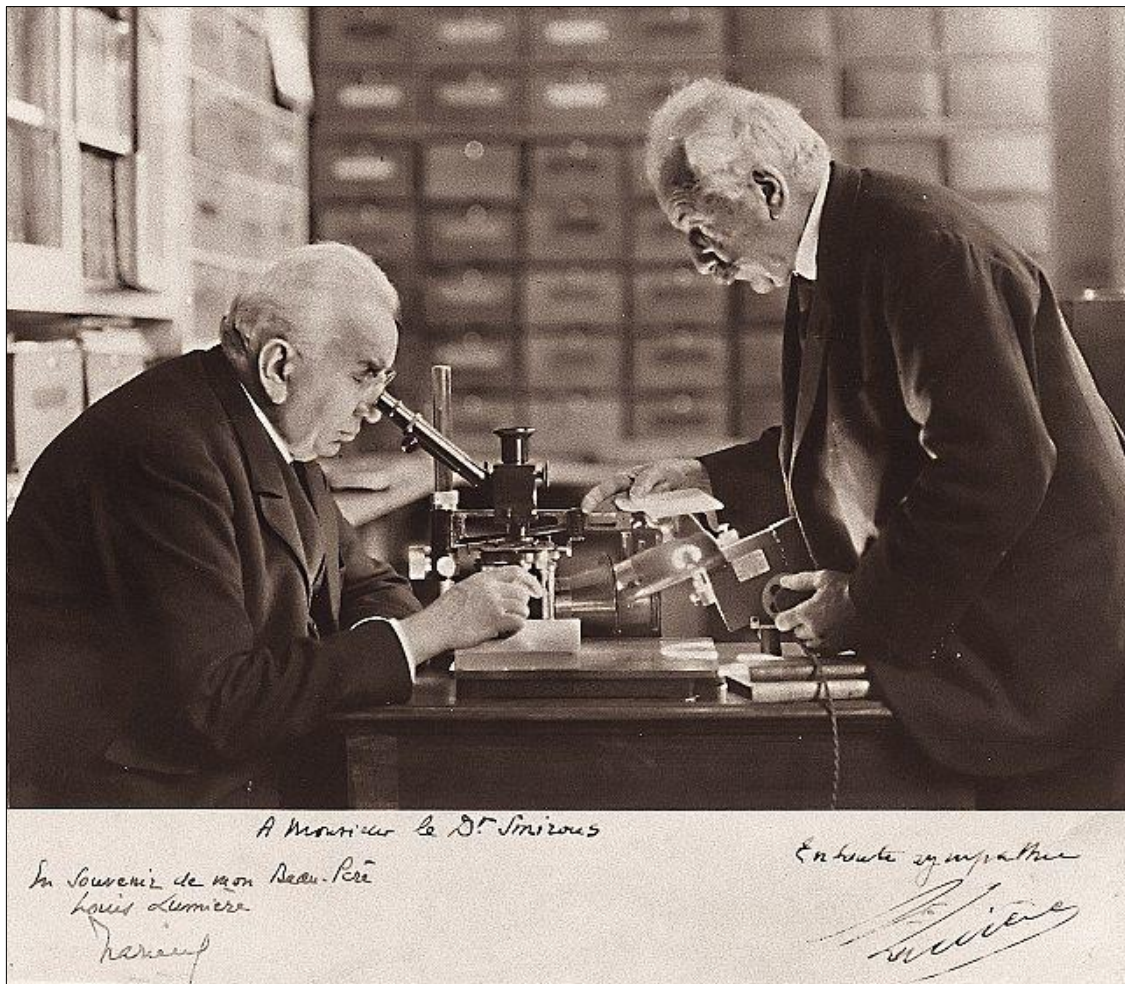


Minilab – odkazováno ze str. 18.^[34]

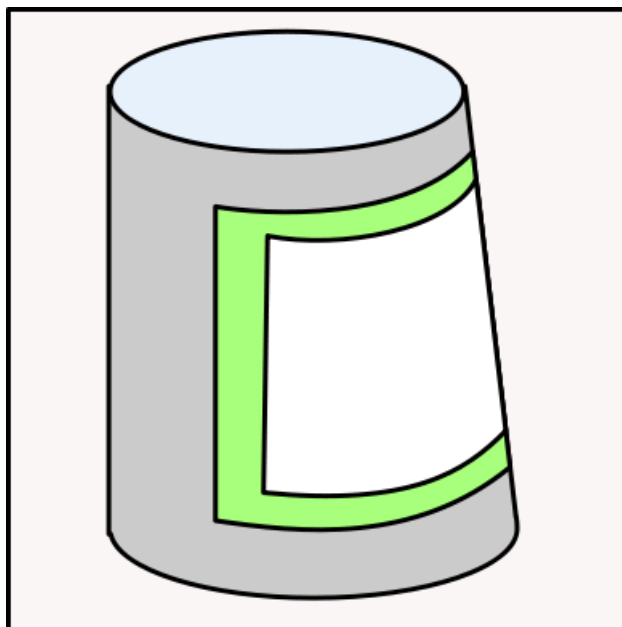


Příklad konstrukce pozitivního stroje minilabu. 1 kazeta s papírem, 2 kopírovací sekce, 3 skener, 4 zdroj světla, 5 zásobník exponovaného papíru, 6 vývojka, 7 bělicí ustalovač, 8 superstabilizátor, 9 sušárna, 10 řezačka, 11 odpadní tanky.

Schéma minilabu – odkazováno ze str. 18.^[82]



Bratři LUMIÉROVÉ – odkazováno ze str. 21.^[138]



Bubnový rotační scanner – odkazováno ze str. 25.^[139]

Seznam obrázků

Obr. č. 1: První fotografie na světě – pohled z NIEPCEHO okna ve francouzském městečku Gras na dvůr statku. ^[1]	9
Obr. č. 2: Olejotisk – obrázek byl pořízen roku 1904 ROBERTEM DEMACHYEM. ^[12]	11
Obr. č. 3: Olejotisk F. DRTIKOLA z alba <i>Z dvorů a dvorečků staré Prahy</i> . ^[17]	13
Obr. č. 4: Bromolejotisk. ^[22]	14
Obr. č. 5: Autoportrét R. C. MILLERA metodou carbro z roku 1940. ^[25]	15
Obr. č. 6: Ručně kolorovaná fotografie z roku 1846, autor WILHELM HORN. ^[26]	16
Obr. č. 7: Princip vzniku první barevné fotografie na světě. ^[27]	17
Obr. č. 8: První barevná fotografie na světě, autor J. C. MAXWELL. ^[28]	17
Obr. č. 9: Aditivní a subtraktivní metoda. ^[33]	18
Obr. č. 10: LIPPMANNOVA fotografie barevného spektra, rok 1908. ^[36]	19
Obr. č. 11: Pinotypie, autor NICOLA PERSCHIED 1907. ^[41]	20
Obr. č. 12: Mikrofotografie škrabového barevného rastru zrníček; zvětšeno 120x. ^[43]	21
Obr. č. 13: Fotoaparát Polaroid. ^[55]	24
Obr. č. 14: První digitální fotografie na světě. ^[56]	24
Obr. č. 15: Fotografie odvrácené strany Měsíce. ^[62]	25
Obr. č. 16: Fototelegrafický box z vesmírné sondy Luna 3. ^[63]	26
Obr. č. 17: Fotoaparát Mavica. ^[69]	27
Obr. č. 18: Kazeta APS filmu. ^[74]	29
Obr. č. 19: Porovnání velikostí snímacích čipů. ^[76]	30
Obr. č. 20: První mobilní telefon na světě se zabudovaným fotoaparátem. ^[78]	30
Obr. č. 21: Porovnání fotografií. ^[79]	30
Obr. č. 22: Černobílý negativ. ^[80]	31
Obr. č. 23: Uspořádání jednotlivých vrstev černobílého filmu. ^[81]	32
Obr. č. 24: Princip vzniku obrazu na černobílém filmu. ^[81]	33
Obr. č. 25: Princip tvorby latentního obrazu. Foton (vlevo) uvolní fotoelektron, přičemž dojde ke vzniku elektronové díry. Elektron je následně zachycen v tzv. centru citlivosti (uprostřed). A nakonec (vpravo) se spojí s iontem stříbra, čímž dojde ke vzniku atomu stříbra a následného latentního obrazu. ^[83]	33
Obr. č. 26: Infračervený moderní filtr. ^[85]	34
Obr. č. 27: Efekt infračerveného filtru pš1 praktickém použití. ^[86]	35
Obr. č. 28: Uspořádání světlocitlivých vrstev a vznik barev po zpracování. ^[89]	36
Obr. č. 29: Jednotlivé vrstvy barevného fotografického filmu.	36
Obr. č. 30: Schematický princip vzniku obrazu na inverzním barevném fotografickém filmu. ^[91]	37
Obr. č. 31: Schematický princip vzniku obrazu na negativním barevném fotografickém filmu. ^[91]	39
Obr. č. 32: Rozložení jednotlivých spektrálních citlivostí vrstev pozitivního barevného fotografického materiálu <i>Gevacolor Positive Type 9.54</i> z roku 1967. ^[89]	40
Obr. č. 33: Rozdíl funkce CCD a CMOS čipu. ^[autor]	41
Obr. č. 34: Prvotní popis principu funkce CCD. ^[95]	42
Obr. č. 35: Náčrt struktury CCD. ^[95]	42
Obr. č. 36: CCD čip společnosti Sony z roku 1972. ^[96]	43
Obr. č. 37: Porovnání rozlišení snímačů v čase. ^[97]	43
Obr. č. 38: Princip funkce CCD. ^[94]	44
Obr. č. 39: Princip fullframe CCD senzoru. ^[100]	45
Obr. č. 40: Princip interline transfer CCD. ^[101]	46
Obr. č. 41: Tvary pixelů. ^[103]	47
Obr. č. 42: Mikroočky na jednotlivých pixelech. ^[102]	47
Obr. č. 43: Přeuspořádání barevných filtrů u Super CCD EXR. ^[103]	48
Obr. č. 44: Princip funkce PPS CMOS. ^[98]	49
Obr. č. 45: Schematické znázornění tranzistoru typu MOS. ^[108]	49
Obr. č. 46: Rozpixelování obrázku. ^[autor]	50
Obr. č. 47: Struktura aktivního pixelu APS CMOS. ^[109]	50
Obr. č. 48: Schematické znázornění PN přechodů v pixelu snímače CMOS Foveon X3. ^[103]	51
Obr. č. 49: Principy získání barevného snímku různými snímacími prvky. ^[112]	52
Obr. č. 50: Ukázka jednotlivých snímačů. V levé části CCD čip, v pravé části CMOS čip. ^[113]	52
Obr. č. 51: Hasselblad EC. ^[114]	53
Obr. č. 52: Speciální mřížka na fotoaparátu Hasselblad EC. ^[114]	54
Obr. č. 53: Fotografie obsahující měřicí křížky (z povrchu Měsíce). ^[115]	54
Obr. č. 54: Nikon F. ^[116]	55

Obr. č. 55: Nikon F3. ^[117]	56
Obr. č. 56: Digitální Nikon F4. ^[118]	57
Obr. č. 57: D. PETIT se svými fotoaparáty na ISS. ^[119]	57
Obr. č. 58: Fotoaparát Lytro. ^[114]	59
Obr. č. 59: Uspořádání optických členů v Lytro fotoaparátu. ^[114]	59
Obr. č. 60: Princip prostorového zobrazení Lytro fotoaparátu. ^[115]	59
Obr. č. 61: Použití různých zaostřovacích rovin. ^[116]	60
Výsledek prosvětlování negativu.	112
Výsledek prosvětlování negativu – přesvětlen fotografický papír.	112
Negativ/pozitiv vyfotografovaný pomocí dírkové komory.	113
Vytvořená multiexpozice.	113
Negativ/pozitiv vyfotografovaný pomocí dírkové komory.	114
Digitálně převedený negativ na pozitiv.	114
Kostní kliš – odkazováno ze str. 10. ^[136]	118
Dichroman draselný – odkazováno ze str. 11. ^[137]	118
Červená krevní sůl – odkazováno ze str. 13. ^[21]	119
Minilab – odkazováno ze str. 18. ^[34]	119
Schéma minilabu – odkazováno ze str. 18. ^[82]	120
Bratři LUMIÈROVÉ – odkazováno ze str. 21. ^[138]	120
Bubnový rotační scanner – odkazováno ze str. 25. ^[139]	121

Jmenný rejstřík

ALDRIN E.	26
ARMSTRONG N.	26
BAYER B.	27
BOYLE W.	26, 41, 42, 43
DEMACHY R.	11
DIDIER L.	19
DRTIKOL F.	12
FISCHER R.	36
GUERNEY R. W.	33
HAURON L. D. D.	18, 21
HORN W.	16
ISENRING J. H.	16
IVES F.	52
KIRSCH R.	24, 25
KIRSCH W.	24, 25
KOLIŠ J.	9
LALLY E. F.	26
LIPPMANN G. J.	18, 19, 52, 53
LUMIÈR A.	21, 22, 36, 120
LUMIÈR L.	21, 22, 36, 120
MAXWELL J. C.	17, 19
MILLER R. C.	15
MOTT N. F.	33
NGEM R.	52
NIEPCE J. N.	9
PERSCHEID N.	20
PETTIT D.	56, 57
RAWLINS G. E. K.	11
SCHINZEL K.	23
SMITH G. E.	26, 41, 42, 43
WALL E. J.	13
WANLASS F.	48
WELBERN P. C.	13
YOUNG T.	16, 33
ZENKER W.	18

Seznam citací a zdrojů informací

1. Hlaváč, L. *Dejiny fotografie*. 1. vyd. Martin: Vydavatelství Osveta, 1987. 544s. ISBN 70 – 020 – 87. Kapitola 2.1, Niepce: Heliografia, s. 21–25.
2. Dostupné z: http://www.kolis.cz/go_sekceclanku.php?id_clanku=1253035628
3. Dostupné z: <http://drakkaria.cz/living-history/drogerie/kostni-klih-100-g.html/>
4. Scheufler, P. *Historické fotografické techniky*. 1. vyd. Praha: IPOS ARTAMA, 1993. 62 s. ISBN – 80 – 7068 – 075 – X. Kapitola: Chromované klišoviny, s. 40 – 42.
5. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Ušlechtilý_tisk
6. Dostupné z: <http://www.vesmir.cz/files/file/fid/61/aid/2153>
7. Dostupné z: <http://fototechniky.cz/>
8. Dostupné z: http://fototechniky.cz/historicke_fotograficke_procesy/olejotisk-olejotlac-oilprint-rawlins-oil/
9. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Olejotisk>
10. Scheufler, P. *Historické fotografické techniky*. 1. vyd. Praha: IPOS ARTAMA, 1993. 62 s. ISBN – 80 – 7068 – 075 – X. Kapitola: Olejotisk, s. 46 – 47.
11. Dostupné z: <http://www.velebil.net/clanky/pestovani-krystalu/images/chroman-draselny.jpg>
12. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Demachy_-_Behind_the_Scenes.jpg
13. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/360749/ff_b/uslechtile_historicke_tisky_adlerova_nikola.pdf
14. Dostupné z: http://www.kramsky.com/olejotisk/blog/co_je_to_olejotisk#TOC-U-lechtil-tisky
15. Kolektiv autorů, *Technické základy fotografie*. 1. vyd. Ostrava: CICERO, 2002. 208 s. ISBN – 80 – 02 – 01492 – 8. Kapitola 2: Vývoj technik a materiálů záznamu obrazu, s. 18 – 28.
16. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/František_Drtikol
17. Dostupné z: <http://www.antikvariat.eu/fotos/pohl1b.jpg>
18. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bromolejotisk>
19. Scheufler, P. *Historické fotografické techniky*. 1. vyd. Praha: IPOS ARTAMA, 1993. 62 s. ISBN – 80 – 7068 – 075 – X. Kapitola: Bromolejotisk, s. 47 – 48.
20. Cibulka, J. *Nástin bromolejotisku*. 2. vyd. Hradec Králové: Nakladatelství Jaroslav Oma, 1927. 47 s. Kapitola: Úvod, s. 5 – 7.
21. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Červená_krevní_sůl.png
22. Dostupné z: http://fototechniky.cz/historicke_fotograficke_procesy/bromolej/
23. Scheufler, P. *Historické fotografické techniky*. 1. vyd. Praha: IPOS ARTAMA, 1993. 62 s. ISBN – 80 – 7068 – 075 – X. Kapitola: Carbro, s. 49.
24. Dostupné z: http://notesonphotographs.org/index.php?title=Carbro_Print
25. Dostupné z: http://www.photoicon.com/online_features_gallery/38/1
26. Skopec, R. *Dějiny fotografie v obrazech od nejstarších dob k dnešku*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Orbis, 1963. 504 s. ISBN 11 – 042 – 63. Část pátá: Barevná fotografie, s. 465 – 481.
27. Dostupné z: <http://timelineofphotography.files.wordpress.com/2010/12/triple.jpg>
28. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7f/Tartan_Ribbon.jpg
29. Tausk, P. *Dějiny fotografie*. 1. vyd. Praha: SPN, 1980. 155 s. ISBN 17 – 332 – 79. Kapitola 28: Začátky a vývoj barevné fotografie až do první světové války, s. 139 – 142.
30. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/549-subtraktivni-odcitaci-miseni-barev>
31. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/547-aditivni-souctove-miseni-barev>
32. Baatz, W. *Fotografie*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2004. 192 s. ISBN 80 – 251 – 0210 – 6. Kapitola: Předchůdci moderní fotografie, s. 58 – 83.
33. Dostupné z: http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/prif/ps09/9045979/web/img/adit_subtrak_barvy.jpg
34. Dostupné z: http://img.diytrade.com/cdimg/916828/9005291/0/1242201381/digital_minilab_D-Lab_1812.jpg
35. Bouček, J. *Praktická fotografie*. 3. vyd. Brno: Knihkárny polygrafie v Brně, 1935. 244 s. Kapitola: Barevná fotografie, s. 211 – 228.
36. Dostupné z: http://click.si.edu/images/upload/Images/pn_891_Image_283.jpg
37. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Pinatypie>
38. Dostupné z: <http://fototechniky.cz/knihovnicka/knihovna-cfa/jan-srp-pinatypie/>
39. Srp, J. *Pinatypie*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství B. Kočí, 1924. 35 s. Kapitola: Pinatypie trojbarevná, s. 16 – 24.
40. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Azosloučenina>
41. Dostupné z: <http://photoseed.com/collection/single/portrt-nach-pinatypie-aufnahme/>
42. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Arthur_Ducos_du_Hauron
43. Dostupné z: <http://sechtl-vosecek.ucw.cz/images/autochromy/big/Autochrom3.jpg>
44. Bufka, V. *O fotografii v barvách pomocí desky autochromové*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Weinfurter, 1910. 75 s. Kapitola: Úvod, s. 8–23.
45. Dostupné z: <http://sechtl-vosecek.ucw.cz/expozice10/tabule-autochrom.html>

46. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kodachrome>
47. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Agfacolor>
48. Dostupné z: http://users.aber.ac.uk/cpw/Site_2/Agfacolor_Neu.html
49. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotografický_film
50. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Instantní_film
51. Dostupné z: http://www.fch.vutbr.cz/home/vesely-m/PREDNES/19_2004.PDF
52. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Instantní_fotoaparát
53. Dostupné z: <http://www.polaroid.com/polaroid-classic>
54. Tomášek, Z. *Fotografické přístroje*. 3. vyd. Červený Kostelec: Nakladatelství Merkur, 1985. 251 s. 51–538–85. Kapitola: Zvláštní fotografické přístroje, s. 196–221.
55. Dostupné z: http://www.analoguekaki.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/07/polaroid_supercolor_600.jpeg
56. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Scanner#mediaviewer/Soubor:NBSFirstScanImage.jpg>
57. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Pixel>
58. Dostupné z: <http://oneslidephotography.com/records-of-firsts-in-the-world-of-photography/>
59. Dostupné z: http://www.nist.gov/public_affairs/techbeat/tb2007_0524.htm#image
60. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Image_scanner
61. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Scanner#Bubnov.C3.A9_.28drum.29
62. Dostupné z: http://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/hires/lu3_26.gif
63. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Luna_3#mediaviewer/Soubor:Luna-3_phototelegraph_system_at_Tsiolkovsky_State_Museum_of_the_History_of_Cosmonautics.jpg
64. Dostupné z: <http://www.zarya.info/Diaries/Luna/Luna03.php>
65. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Luna_3
66. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1959-008A>
67. Dostupné z: http://wikibin.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=35704
68. Dostupné z: <http://www.mir.com.my/rb/photography/hardwares/moon/1.htm>
69. Dostupné z: <http://fotogl.com/attachment.php?s=c54f26422f34020971e9560f37f933df&attachmentid=185&d=1389388323>
70. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Sony_Mavica
71. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Photo_CD
72. Dostupné z: <http://www.umel.feec.vutbr.cz/~adamek/komp/data/25.htm>
73. Dostupné z: <http://pcworld.cz/archiv/fotografie-na-prelomu-tisicileti-klasika-aps-nebo-digital-15374>
74. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:IX240_Indicators.jpg
75. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/APS-C>
76. Dostupné z: <http://blog.flor.cz/wp-content/uploads/velikost-senzoru.jpg>
77. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Camera_phone
78. Dostupné z: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Sharp_J-SH04_CP%2B_2011.jpg
79. Dostupné z: <http://gadgetizor.com/sharp-j-sh04-worlds-first-ever-phone-with-integrated-camera-pictures-2001/5482/>
80. Dostupné z: <http://www.dr5.com/graphics/neg.jpg>
81. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/511-cernobily-film>
82. Kolektiv autorů, *Technické základy fotografie*. 1. vyd. Ostrava: CICERO, 2002. 208 s. ISBN – 80 – 02 – 01492 – 8. Kapitola 4: Fotografické materiály, s. 113 – 138.
83. Dostupné z: http://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/139174/PokrokyMFA_36-1991-3_3.pdf
84. Dostupné z: http://www.fch.vutbr.cz/home/vesely-m/PREDNES/05_2004.PDF
85. Dostupné z: <http://fotograficke-filtry.cz/sites/fotograficke-filtry.cz/files/IR.jpg?1311767295>
86. Dostupné z: <http://www.fotoskoda.cz/images-old/multi/filtry/obr/IR%20V.jpg>
87. Dohnal, M. *Fyzikální základy reprodukce obrazu*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, FCHT, 2002. 165 s. ISBN 80 – 7194 – 567 – 6.
88. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/512-barevny-film>
89. Šmok, J. *Barevná fotografie*. 2. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1978. 280 s. ISBN 04 – 603 – 78. Kapitola: Vznik barevného fotografického snímku, s. 32 – 46.
90. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Reversal_film
91. Veselý, M. *Fotografické procesy: praktikum*. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 2005. 116 s. ISBN 80 – 214 – 2867 – 8.
92. Dostupné z: <http://journal.smpte.org/content/77/1/29.abstract>
93. Dostupné z: <http://www.practicalphotographytips.com/history-of-digital-photography.html#axzz34duXWV4b>
94. Dostupné z: http://www.vodtech.eng.br/Baixar/Catalogos%20Diversos%20part%201/part%201/CCD_CMOS_WhitePaper.pdf

95. Janesick, J. R.; *Scientific Charge-Coupled Devices*. 2. vyd. Washington: SPIE – The International Society for Optical Engineering, 2001. 906 s. TK7871.99.C45.J362000.621.36⁷ – dc21.
96. Dostupné z: <http://www.sony.net/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/2-11.html>
97. Dostupné z: http://www.ll.mit.edu/publications/journal/pdf/vol16_no2/16_2_09Burke.pdf
98. Hadraba, T., *Optoelektronické snímače na bázi CCD a CMOS*. Plzeň, 2008. Diplomová práce. ZČU v Plzni, Fakulta elektrotechnická, Katedra technologií a měření.
99. Dostupné z: <http://www.gxccd.com/art?id=303&lang=405>
100. Dostupné z: <http://www.gxccd.com/image?id=463>
101. Dostupné z: <http://www.gxccd.com/image?id=467>
102. Dostupné z: <http://www.gxccd.com/image?id=468>
103. *Fotografické procesy a techniky*. Pardubice 2009. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická.
104. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Super_CCD
105. Dostupné z: <http://www.computerhistory.org/semiconductor/timeline/1963-CMOS.html>
106. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/CMOS?oldid=132910144>
107. Holst, G. C., *CCD Arrays cameras and displays*. 2. vyd. Washington: SPIE – The International Society for Optical Engineering, 1998. 378 s. ISBN 0 – 8194 – 2853 – 1.
108. Dostupné z: <http://volga.eng.yale.edu/uploads/Main/MOSFET-accumulation.png>
109. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Active_pixel_sensor#mediaviewer/File:Aps_pd_pixel_schematic.svg
110. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Foveon_X3
111. Dostupné z: <http://www.foveon.com/article.php?a=67>
112. Dostupné z: http://www.foveon.com/files/X3_Film_Color.jpg
113. Dostupné z: <http://www.teledynedalsa.com/imaging/knowledge-center/appnotes/ccd-vs-cmos/>
114. Dostupné z: <http://www.clubhasselblad.com/hasselblad-and-nasa>
115. Dostupné z: <http://www.eyescoffee.com/collectcamera/hasselblad500cm/index.php>
116. Dostupné z: <http://apshotnum.free.fr/nouveautes/Nikon%20cameras%20and%20NASA.html>
117. Dostupné z: http://www.mir.com.my/rb/photography/hardwares/classics/nikonf3ver2/variations/Nikon_F3_NASA_250/
118. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Nikon_NASA_F4#mediaviewer/File:Nikon_F4_ESC_NASA.jpg
119. Dostupné z: <http://cameras.reviewed.com/features/from-apollo-to-the-iss-a-short-history-of-nikons-nasa-cameras>
120. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Hasselblad>
121. Dostupné z: <http://www.mir.com.my/rb/photography/hardwares/moon/index.htm>
122. Dostupné z: <http://www.hasselbladusa.com/about-hasselblad/hasselblad-in-space/space-cameras.aspx>
123. Dostupné z: <http://apshotnum.free.fr/nouveautes/Nikon%20cameras%20and%20NASA.html>
124. Dostupné z: <http://clanky.katalogfotoaparatu.cz/1654-hasselblad-predstavil-svuj-mesicni-fotoapar/>
125. Dostupné z: http://mek.kosmo.cz/pil_lety/usa/apollo/lka.htm
126. Dostupné z: <http://blog.gerardprins.com/blog2.php/2010/08/30/nikon-and-nasa-almost-40-years-together-in-space>
127. Dostupné z: <http://imaging.nikon.com/library/microsite/spacemovie/>
128. Dostupné z: <http://imaging.nikon.com/history/legendary/rhnc12ti-e/>
129. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Nikon_NASA_F4
130. Dostupné z: <http://petapixel.com/2013/08/03/want-to-own-your-own-nasa-hasselblad-moon-camera/>
131. Dostupné z: <http://www.digineff.cz/clanek/recenze/lytro>
132. Dostupné z: <http://www.fototrade.cz/cz/lytro/>
133. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Lytro>
134. Dostupné z: <https://www.lytro.com/#lytro-illum-introducing>
135. Dostupné z: <http://tech.ihned.cz/c1-62111600-lytro-illum-fotografie-svetelne-pole-rayfield>
136. Dostupné z: <http://drakkaria.cz/living-history/drogerie/kostni-klih-100-g.html/>
137. Dostupné z: <http://www.google.com/search?q=dichroman+draseln%C3%BD&sourceid=opera&ie=utf-8&oe=utf-8&channel=suggest>
138. Dostupné z: <http://sechtl-vosecek.ucw.cz/images/autochromy/big/lumieri-naceduli.jpg>
139. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Scanner#mediaviewer/Soubor:Imagint_scanners_types_2.svg