OBSAH

Historie technologie fotografie 4
Podstata světla 6
Vlnové vlastnosti světla 14
Paprsková optika 24
Zobrazení zrcadly 30
Zobrazení čočkami 36
Zvláštní případy zobrazení čočkami 38
Geometrický stín 44
Průchod světla hranolem 50
Fotometrické veličiny 56
Kvalita světla 62
Kvalita světla pro fotografy 68
Chromatičnost 72
Barevné prostory 76
Zábleskové zařízení 78
Chod dvoulamelové závěrky, HSS 76
Lidské oko 90
Dalekohledy 94
Konstrukce fotoaparátu 102
Velký formát 102
Střední formát 106
Kinofilm 114
Kinofilm digitální 122
Obrazové formáty 130
Crop faktor 133
Digitální šum 136
Konstrukce závěrky, clony 138
Rozptylový kroužek 139
Clonová čísla 141
Hloubka ostrosti, bokeh 142
Exponometrie 150
Expoziční trojúhelník, EV, měření expozice 150
Expoziční režimy 155
Histogram, kompenzace expozice 158
Bitová hloubka, rozlišení obrazu 162
Konstrukce objektivů 166
Vady objektivů 169
Základní konstrukce 172
Zaostřování 182
Perspektivní zkreslení 185
Film a vyvolávací procesy 188
Negativní proces 190
Pozitivní proces 194
Film vs. digitál 198
Senzitometrie 200
Skenování 202

Stručná historie vývoje fotografie

11. - 16. stol. - různé způsoby používání camery obscury

1725 - Němec Johann Heinrich Schulze (1687 - 1744) objevil citlivost sloučenin stříbra na světlo

1816 - 22 - Francouz Joseph Nicéphore Neipce (1765 - 1833) objevil citlivost na světlo u asfaltových vrstev nanesených na různých podložkách: neosvětlená místa se smývala směsí levandulového oleje a petroleje

1826 - Niepce pořídil na cínové desce s vrstvou asfaltu během asi osmihodinové expozice nejstarší dochovanou fotografii - Pohled z okna na dvůr (dnes v Gersheimove sbírce na Texaské univerzite v Austinu, USA)

1827 - Francouz Louis Jacques Mandé Daguerre (1787 - 1851) využil jako citlivé vrstvy pro zachycení obrazu jodidu stříbrného, ale obraz zatím nedovedl ustálit

1829 - Niepce a Daguerre uzavřeli smlouvu o spolupráci na vynálezu fotografie

1835 - Angličan William Henry Fox Talbot (1800 - 77) fotografoval na papíře s citlivou vrstvou chloridu stříbrného a získal tak negativy, které mohl použít ke kopírováni pozitivu

1835 - 37 - Daguerre vypracoval postup zachycení obrazu vykresleného camerou obscurou na měděných deskách potažených vrstvou jodidu stříbrného, který vyvolal rtuťovými parami a ustaloval roztokem kuchynské soli

7. ledna 1839 - veřejné vyhlášení vynálezu daguerrotypie ve fr. akademii věd

19. srpna 1839 - předání vynálezu veřejnosti na slavnostním zasedání fr. akademie věd

1839 - Francouz Hippolyte Bayard (1801 - 87) vynalezl přímou fotografii na citlivý papír

1841 - Talbot získal patent na kalotypii (později přejmenovanou na talbotypii), která umožňovala vyrobit z papírového negativu libovolné množství pozitivů

1840 - výpočet prvního tříčočkového světelného objektivu 85 mm, 1 : 3.4 (slovenský rodák Josef Maxmilian Petzval, 1807 - 91)

1841 - zahájení výroby objektivu podle Petzvalových výpočtů (vídeňská firma Voigtländer)

1847 - vynález skleněného negativu s citlivou albuminovou vrstvou (Francouz Claude Félix Abel Niepce de Saint - Victor, (1805 - 70))

1850 - vynález pozitivních albuminových papírů

1851 - vynález mokrého kolódiového procesu (Angličan Frederick Scott Archer, 1813 - 57)

1853 - výroba prvního stereoskopického fotoaparátu (návrh roku 1849 Skot Sir David Brewster (1781 - 1868))

1855 - 61 - objevení základních principů aditivního postupu barevné fotografie (Angličan Sir James Clerk - Maxwell, 1831 - 79)

1856 - vynález suché kolódiové desky

1861 - vynález štěrbinové závěrky (angličan William England)

1868 - 69 - objev základních principů substraktivního způsobu barevné fotografie (Francouzi Louis Ducos du Hauron (1837 - 1920, a Charles Cros. 1842 - 88)

1871 - vynalezen způsob výroby suchých desek s bromidem stříbrným rozptýleným v želatině - podstatné zkrácení doby osvitu negativu (Angličan Richard Leach Maddox, 1816 - 1902)

1873 - objevení tzv. senzibilizace, možnosti zcitlivění fotografických vrstev k určitým barvám prostřednictvím přidání adekvátního barviva (Němec Hermann Wilhelm Vogel, 1854 - 98)

1887 - vynález fotografického filmu na celuloidové podložce (American Hanibal Goodwin, 1822 - 1900)

1887 - vyroba prvních fotografických přístrojů zn. Kodak na film (USA)

1890 - Rodenstock začíná vyrábět objektivy pro fotoaparáty.

1902 - zahájení výroby objektivů Tessar

1906 - uvedení prvních panchromatických negativních desek, citlivých na celé viditelné spektrum (firma Wratten a Wainwright, Velká Británie)

1907 - zahájení výroby barevných autochromních desek zn. Autochrome Lumiere (Francie)

1917 - vznik firmy Nikon

1925 - začátek výroby prvních kinofilmových přítrojů zn. Leica v Německu - prototyp zkonstruoval Němec Oskar Barnack (1879 - 1936) v letech 1912 - 14

1928 - Carl Zeiss uvedl na trh první objektiv s antireflexní vrstvou

1929 - výroba prvních dvouokých zrcadlovek zn. Rolleiflex na svitkový film (firma Franke a Heidecke, Německo)

1934 - vznik firmy Canon (SLR)

1935 - uvedení prvních subtraktivních barevných inverzních filmů zn. Kodachrome, vynalezených Leopoldem Godowským (1900-83), Leopoldem Mannesem (1899 - 1964) a výzkumnou laboratoří firmy Kodak (USA)

1936 - zavedení značky Canon na trhu fotoaparátů

1936 - v Drážďanech byla zkonstruována první kinofilmová zrcadlovka Kine-Exakta

1937 - vypracování barevného postupu negativ - pozitiv něm. firmou Agfa (masová výroba až v 50. letech)

1942 - zahájení výroby barevného negativního filmu Kodacolor (USA)

1947 - vypracování systému okamžité fotografie Polaroid - Land (Ameridan Edwin Land, *1909)

1947 - Mamiya začala vyrábět fotoaparáty

1948 - objev základních principů holografie (angl. fyzik mad. püvodu Dennis Gabor. * 1900; praktické využití až v 60. Ietech)

1959 - uvedení prvních transfokátorů, objektivů s proměnlivou ohniskovou délkou (firma Voigtländer, NSR)

1959 - Minolta představila první jednooký zrcadlový fotoaparát s vestavěným bleskem

1960 - prototyp jap. zcadlovky Asahi Pentax Spotmatic s měřením světla za objektivem

1963 - zahájení výroby malých přistrojů zn. Kodak - Instamatic s rychlým zakládáním filmu (USA) - první přístroje Polaroid na okamžitou barevnou fotografii (USA)

1969 - uvedení kinofolmových zrcadlovek Praktica LIC s vestavěným expozimetrem Cds. měřícím intenzitu světla prošlého objektivem při plně otevřené cloně (firma Pentacon, NDR)

1975 - vznik první digitální fotografie

1980 - uvedení filmu Agfapan Vario XI. a Ilford XPI400, jejich zpracovaný negativ neobsahuje stříbro (NSR, Velká Británie)

1981 - představení systému videofotografic Sony - Mavica (Japonsko) (USA) - uvedení fotografického přístroje Kodak Disc, používajícího negativy umístěné na plochých discích

1986 - Nikon představil svůj první systém autofokusu

1990 - první verze Adobe Photoshop

2006 - firma Sony vstupuje do digitální sféry

2007 - Apple představil iPhone - revoluce v mobilní fotografii

2020 - Umělá inteligence - zásah do algoritmického zpracování fotografie

SVĚTLO JAKO ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

Fyzikové se dlouho přeli o to, zda je světlo spíše vlnění nebo proud částic. Dnes víme, že je to jakási zvláštní kombinace obojího, kterou lze správně popsat jen pomocí zákonů kvantové fyziky.

S principem světla jako elektromagnetického vlnění přišel skotský fyzik **James Clerk Maxwell**, (1831 – 1879). Tuto teorii potvrdil až po jeho smrti Heinrich Hertz. Kromě toho za svého života položil fyzikální základy barevné fotografie - promítl na plátno současně tři černobílé snímky barevné řádové stuhy přes červený, zelený a modrý filtr, které byly předtím exponovány přes filtry stejných barev. Prokázal tak princip aditivního míchání barev.

Výsledkem teorie elektromagnetického pole je poznatek, že **světlo je elektromagnetické vlnění**.

Nepotřebuje látkové prostředí, šíří se i ve vakuu.

Kromě rychlosti má každé vlnění i svoji **vlnovou délku** – vzdálenost dvou nejbližších bodů postupného periodického vlnění, které kmitají ve fázi. Značí se λ – lambda.

Rychlost světla ve vakuu

Světlo má svojí rychlost, kterou se šíří do prostoru. Ta je závislá na materiálu, ve kterém má snahu se rozšířit. Ve vakuu, kde šíření nic nebrání, má rychlost (c)

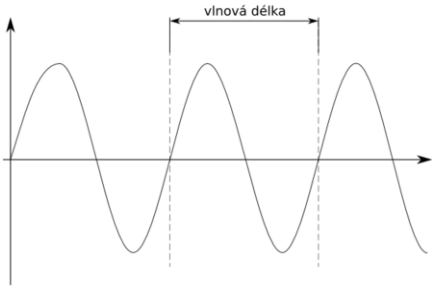
c= 300 000 km/s = 3.10^8 m/s

Je to nejvyšší rychlost, které lze dosáhnout. V látkovém prostředí je rychlost vždy menší: ve vodě 225 000 km/s, ve skle 150 000 km/s.

Optické prostředí	Rychlost světla
Vakuum	300 000
Vzduch	téměř 300 000
Led	229 000
Voda	225 000
Sklo	200 000
Diamant	124 000

Vlnová délka

Vlnová délka je nepřímo úměrná frekvenci vlnění:



$$\lambda = c/f$$

Λ – vlnová délka, **c** – rychlost světla, **f** – frekvence

Poněvadž rychlost světla se v látkách mění, mění se i jeho vlnová délka λ = c/f, kde f je frekvence světelného vlnění. Jestliže tedy světlo přechází např. ze vzduchu do skla, má ve skle kratší vlnovou délku. Avšak frekvence světla se přitom nemění. Nemění se ani barva světla, která je frekvencí určena.

Pro představu: Světlo z Měsíce k nám putuje necelou sekundu. Pokud by někdo vypnul Slunce, na Zemi to zjistíme až za 8 minut a 19 sekund. A když nám meziplanetární sonda pošle snímek Jupiterovy atmosféry, musíme na něj čekat téměř tři čtvrtě hodiny.

Světelný rok (LY – light year)

Světelný rok není časová míra, jak se někdy chybně uvádí, ale je to míra délková. Vzdálenost, kterou světlo urazí za jeden rok.

10 biliónů kilometrů = 10.10^{15} m

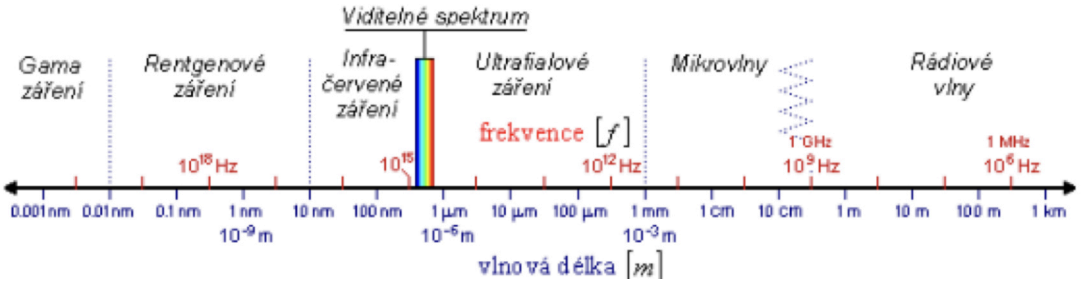
Textař známé písně napsal, že na slečnu čekal celý světelný rok. Z textu vyplývá, že v hodině fyziky nedával příliš pozor.

SPEKTRUM ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN

Světlo je elektromagnetické vlnění, které má ve vakuu vlnovou délku v nanometrech:

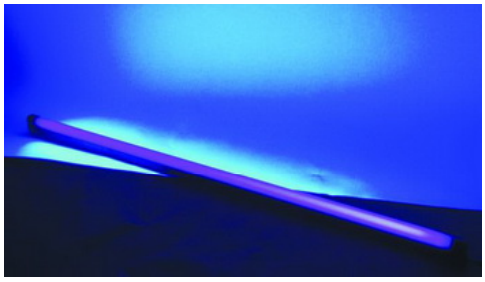
390 – 770 nm

Odpovídající frekvence jsou: $7{,}7.10^{14}$ – $3{,}8.10^{14}$ Hz



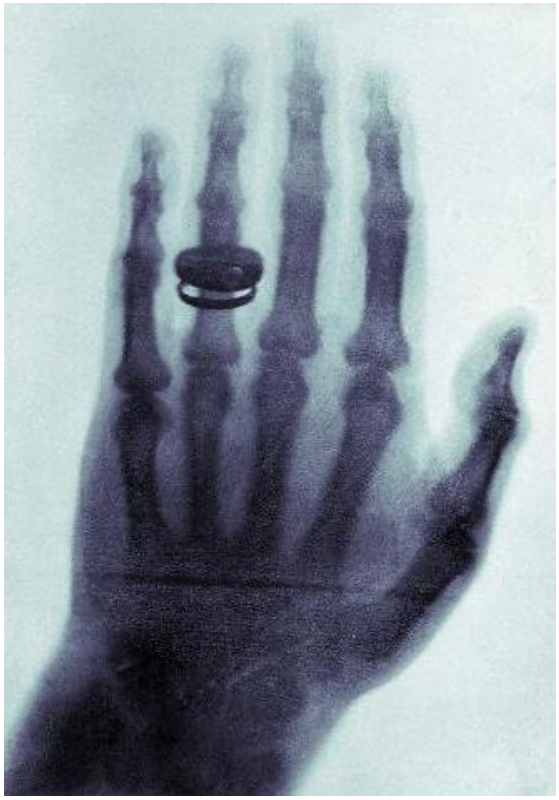
Viditelné spektrum je na rozdíl od ostatních vlnových délek poměrně úzké.

Těsně nad ním, s delší vlnovou dálkou **100 – 400 nm** je známé ultrafialové (UV) záření (znáte z různých párty - světélkující bílé předměty, nebo z krimi filmů - zářící tělesné tekutiny, nebo z přístrojů vytvrzující některé druhy epoxidových lepidel, desinfekční světla). UV záření je pro člověka ve vyšších dávkách škodlivé, ovšem bez něho by se nám v kůži netvořil vitamin D.

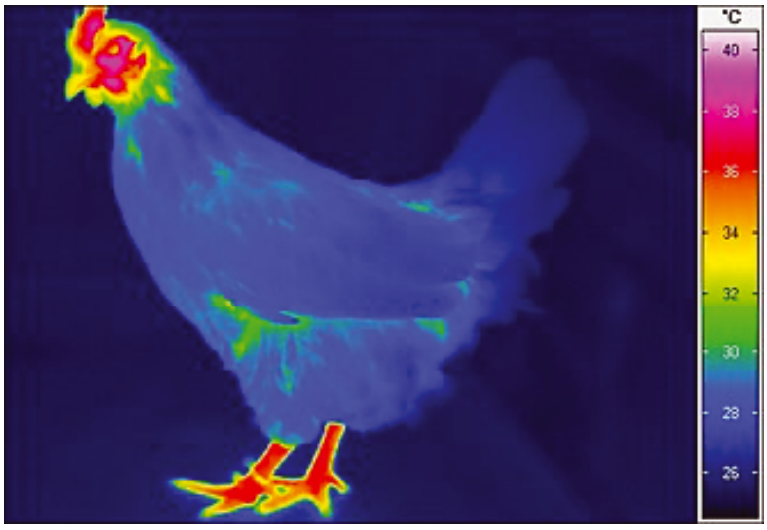


S ještě delší vlnovou délkou (a **frekvencí 300 MHz až 300 Ghz**) pozorujeme mikrovlnné záření.
Využívají se nejen k ohřevu potravin, ale i k vysoušení knih, obrábění materiálů, přenosu informací, radiolokaci, restaurování umělecký děl, navigaci a v mnoha dalších odvětvích.
Rádiové vlny jsou na konci spektra s nejdelší vlnovou délkou (až kilometry). Slouží k přenosům signálu (rádiové vysílání, radar). Od viditelného spektra na opačnou stranu se setkáváme s **infračerveným zářením** (teplo) s vlnovou délkou 760 nm – 1 mm. Nejčastěji se s ním setkáme jako s tepelným zářením, ovšem používá se i na přenos informací (IR ovladače).

Rentgenové záření (Wilhelm Conrad Röntgen, německý vědec) je záření s vlnovou délkou 10 nanometrů až 1 pikometr. Využívá se k zobrazovacím metodám v lékařství, restaurátorství, materiálovém inženýrství (detekce vad svárů apod.)



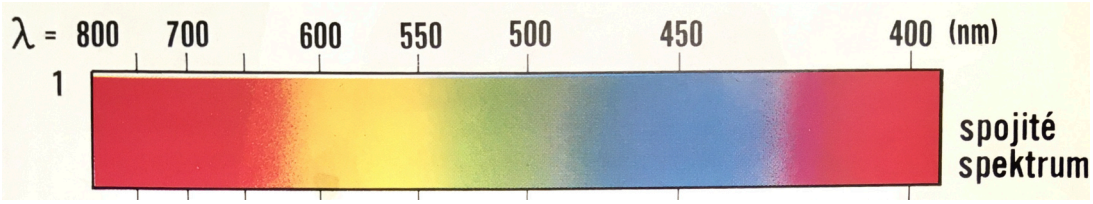
Ruka s prsteny – jeden z prvních rentgenových snímků Wilhelma Röntgena, na které je ruka jeho ženy (snímek byl pořízen náhodou- prostě strčila ruku, kam neměla). Pořídil ji 22. prosince 1895 a prezentoval profesoru Ludwigu Zehnderovi z Institutu Fyziky na Freiburské univerzitě 1. ledna 1896



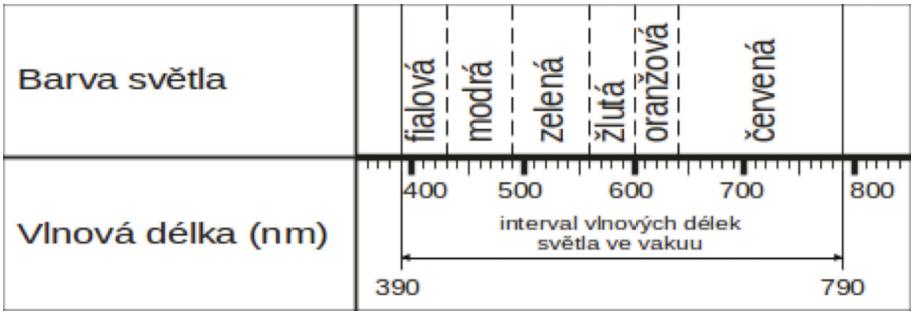
Infračervený snímek slepice v nepravých barvách spolu s teplotní škálou

VIDITELNÉ SPEKTRUM

Světlo v naší atmosféře vnímáme jako bílé. Je to světlo složené z barevných světel všech vlnových délek - jedná se o tzv. **spojité spektrum**.
Barva světla se mění podle vlnové délky:



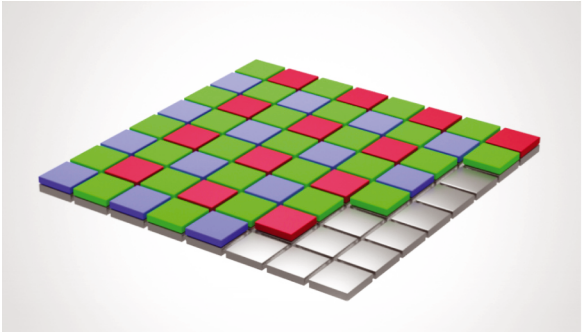
Světlo v rozmezí 390–770 nm vyvolává u člověka zrakový vjem, který charakterizujeme jako **barvu světla**.
Nejkratší vlnové délce odpovídá barva fialová a nejdelší barva červená.
Světlo ze zdrojů, které běžně používáme k osvětlování (žárovky, zářivky nebo i Slunce), ovšem nevnímáme jako barevné, ale označujeme ho jako bílé světlo. .



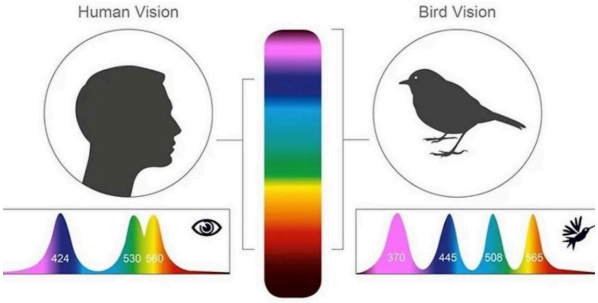
Barva předmětů

Barva předmětů je daná fyzikálními vlastnostmi materiálů, odrazem části spektra a pohlcením zbytku. Např. červený svetr odráží červenou část spektra, zbytek pohlcuje. Odražená část putuje do našeho oka, kde ho náš mozek vyhodnotí jako červenou barvu. Barva tedy závisí na zdroji – jeho barevném spektru. Bílý papír totiž není bílý. Má takovou barvu, jaké barevné spektrum na něj dopadá.
Pro zamyšlení: Byl by náš svět stejně barevný v jiné galaxii? Může být náš svět např. úplně šedivý a barvy světa závisí pouze na fyzikálních vlastnostech materiálů?

Na jednotlivé barvy je oko různě citlivé. Nejcitlivější je na světlo žlutozelené barvy o vlnové délce okolo 550 nm, která je přibližně uprostřed spektra. Z toho důvodu je v čipu fotoaparátu dvakrát více buněk citlivých na zelenou část spektra. (Více v kapitole o lidském oku a konstrukci kinofilmu.)

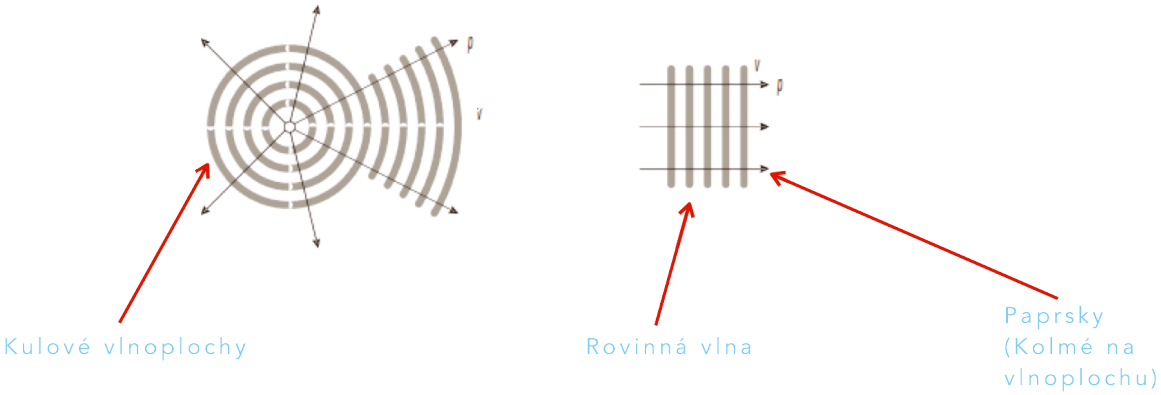


Jak se dozvíme v dalších kapitolách, lidské oko není citlivé na celé spektrum viditelného záření stejně. Ostatní živočichové ale mají jiné vnímání než lidé.



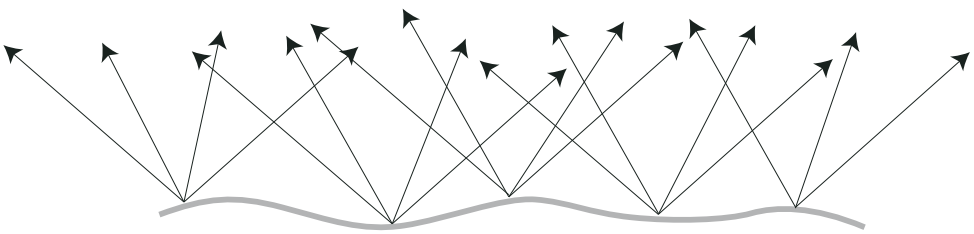
Ideální zdroj světla

Ze zdroje světla, umístěného v opticky homogenním izotropním prostředí, se světlo šíří všemi směry stejně.
V blízkosti ideálního zdroje (pouhý bod v prostoru) se světlo šíří v tzv. kulových vlnoplochách. Jedná se o zakřivené plochy, symetrické kolem svého zdroje.
Ve vzdálenosti, které můžeme považovat za nekonečnou, např. vzdálenost Země – Slunce, je průměr kulové vlnoplochy tak velký (nekonečný), že můžeme považovat vlnoplochu za rovinnou.



Skutečné zdroje světla

Obvykle je nemůžeme považovat za bodové zdroje, protože světlo vychází současně z mnoha bodů, např. z vlákna žárovky.
Šíření světla ze zdroje si zjednodušeně představujeme tak, že z každého bodu vycházejí všemi směry paprsky, které se navzájem protínají. Přitom se však neovlivňují a postupují prostředím nezávisle jeden na druhém. Tento poznatek, potvrzený zkušeností, nazýváme **princip nezávislosti chodu světelných paprsků**.
Na přímočarém šíření světla a na nezávislosti chodu světelných paprsků je založena **paprsková optika**, která se uplatňuje při popisu optického zobrazení. Je přitom zanedbávána vlnová povaha světelného záření.



Šíření světla

Šíření světla ovlivňují vlastnosti prostředí, kterým světlo prochází:

- čirým sklem světlo prochází téměř beze změny
- barevným sklem projde jen světlo určitých vlnových délek. Nastává absorpce (pohlcování) světla, viz. barva předmětů
- matné sklo nepravidelně mění směr šíření světla. Nastává rozptyl světla;
- zrcadlem, což je např. sklo pokryté vrstvou kovu, světlo neprochází, ale jen se od povrchu zrcadla odráží a nastává odraz světla

Tyto jednoduché příklady ukazují různé vlastnosti látek, které z hlediska šíření světla označujeme jako optická prostředí.

Optické prostředí

- **průhledné** – nedochází v něm k rozptylu světla
- **průsvitné** – světlo prostředím prochází, ale zčásti se v něm rozptyluje
- **neprůhledné** – světlo se v něm silně pohlcuje nebo se na povrchu odráží

Jestliže rychlost šíření světla v optickém prostředí nezávisí na směru, nazýváme toto prostředí **opticky izotropní**. Např. sklo.
Když rychlost světla na směru šíření závisí, je **prostředí anizotropní**.
Anizotropní jsou některé krystaly, např. krystal křemene.

Proč se to učíme?

- Abychom pochopili, co je to světlo. Fotografie je malba světlem, je to náš nástroj, bez kterého nemůžeme pracovat.
- Abychom pochopili, jak vznikají barvy - náš další nástroj pro kompozici obrazu.
- Abychom pochopili, co je to zdroj světla, jak se chová a jak ho můžeme upravit pro naše záměry.
- Abychom pochopili konstrukci fotopřístroje - našeho základního nástroje.

VLNOVÁ OPTIKA

Jak už jsme si sdělili v první kapitole: fyzikové se dlouho přeli o to, zda je světlo spíše vlnění nebo proud částic.

Dnes víme, že je to jakási zvláštní kombinace obojího, kterou lze správně popsat jen pomocí zákonů kvantové fyziky.

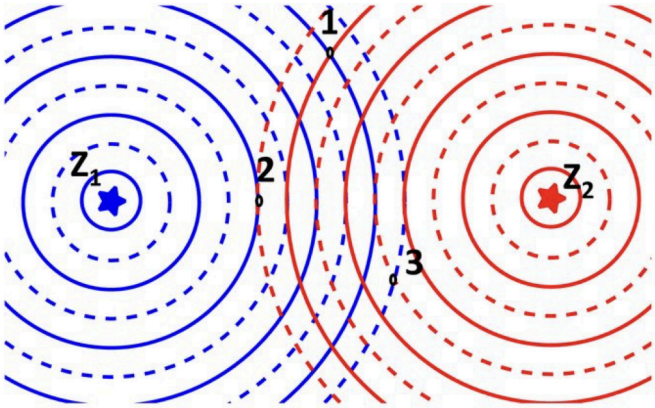
Vlnová optika se zabývá jevy, které nelze vysvětlit či popsat pomocí paprskové optiky.

Dokazuje se **interferencí** - skládáním vlnění z více zdrojů.

INTERFERENCE

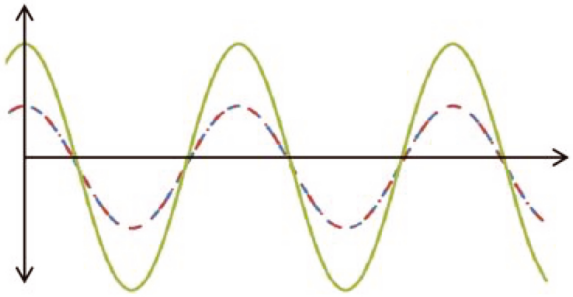
Interference vzniká tak, že vlnění, která přicházejí od různých zdrojů, se v ploše sčítají (a odčítají). Takže vznikají místa s dvojnásobnou a nulovou amplitudou.

Nejlépe je skládání vidět na vodní hladině - mechanické vlnění. Stejně se chovají i jiné druhy vlnění, tedy i viditelná část spektra – světlo.

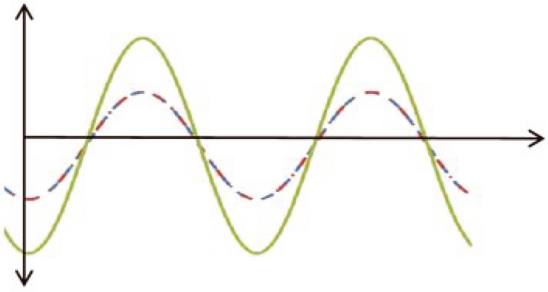


Bod 1: Setkávají se zde dva vrcholy ⇒ vznikne vrchol s dvojnásobnou výškou.
Bod 2: Setkává se zde vrchol od zdroje Z_1 a prohlubeň od zdroje Z_2⇒ vznikne místo s nulovou výchylkou.
Bod 3: Setkávají se zde dvě prohlubně ⇒ vznikne místo s dvojnásobnou hloubkou.

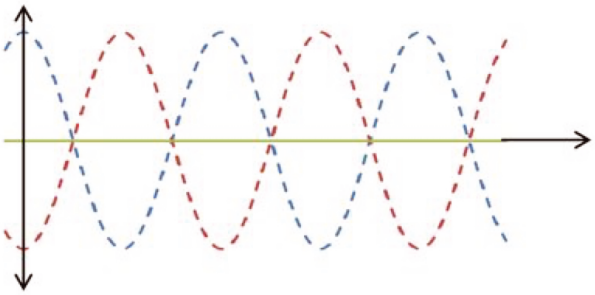
Minima a maxima se pravidelně střídají.



Minima vznikají odečítáním amlitud, maxima jejich sčítáním.

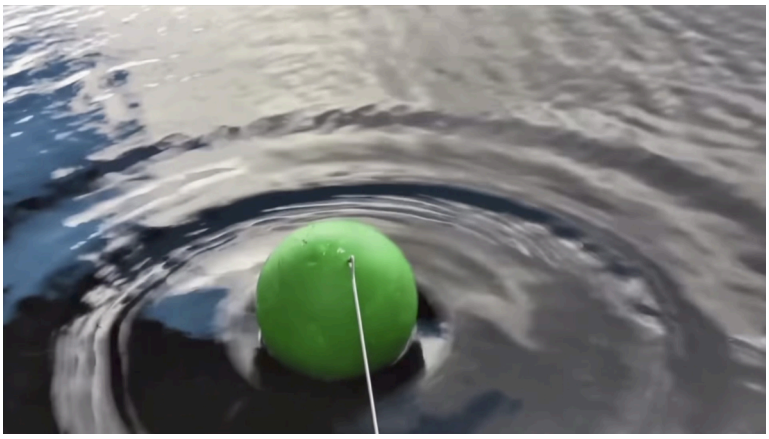


Na obrázku je znázorněno odečtení, výchylka je tedy nulová.



Inteference na vodní hladině

Pokus, který si může každý vyzkoušet, spočívá ve vzniku dvou stejných zdrojů vlnění - vln na hladině - např. pomocí míčků.

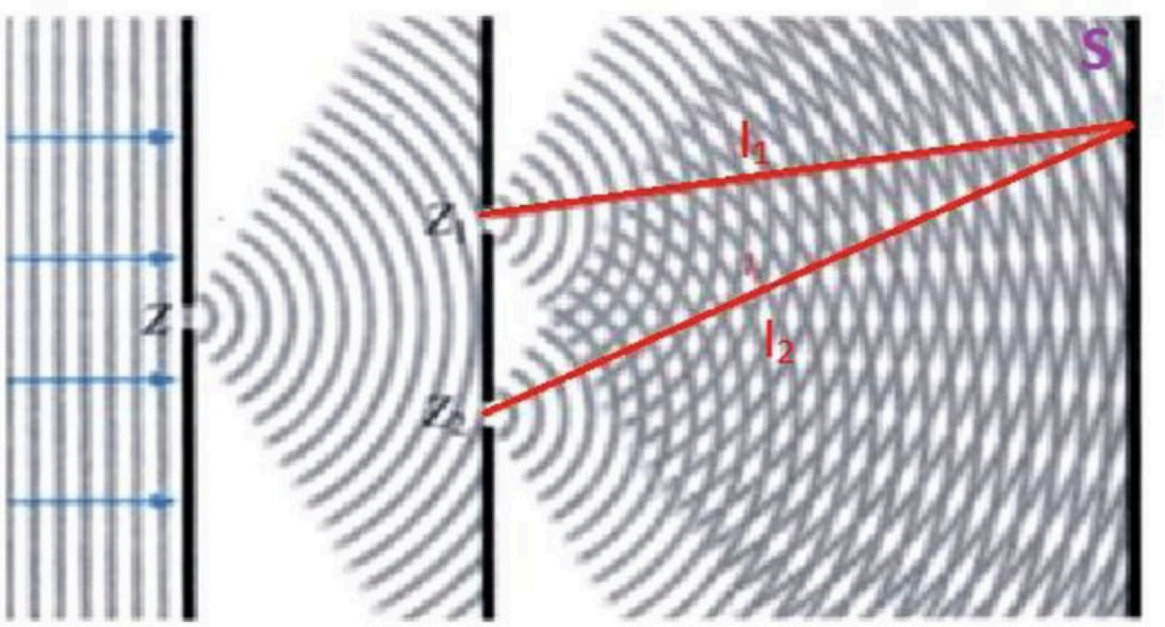


Pomocí dvou míčků vytvoříme dva stejné zdroje vlnění:

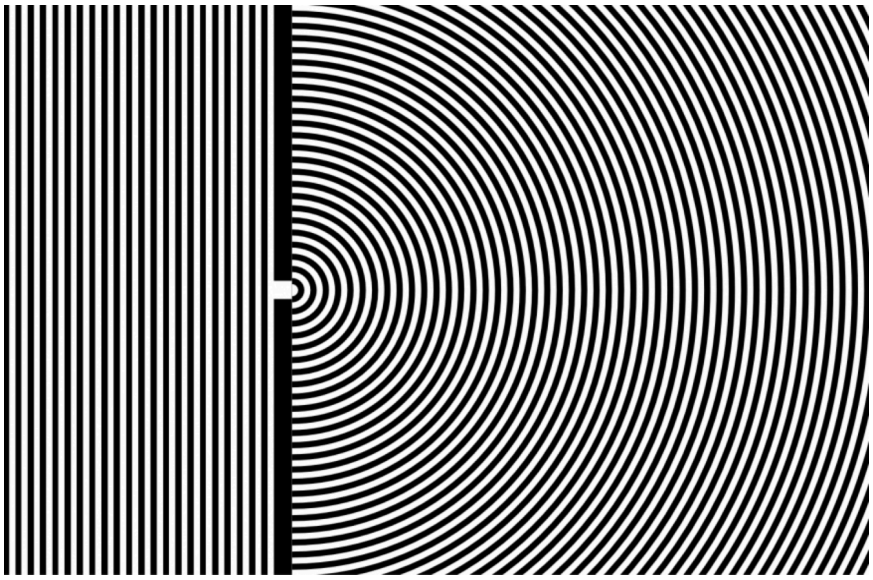
Na hladině můžeme pozorovat místa, kde se vlnění ze dvou zdrojů začnou sčítat a vytvářet vyšší vlnu a místa, kde se vlnění začnou odečítat a vytvářet rovnou hladinu.

Dvojštěrbinový experiment

Interference je jev, který potvrzuje vlnovou podstatu fyzikálního jevu.
K jeho objasnění přispěl anglický fyzik Thomas Young (1773–1829):
Do zatemnělé místnosti přicházelo sluneční světlo úzkou štěrbinou.
Svazkem světelných paprsků osvětlil Young dvojici štěrbin, mezi kterými bylo několik mm.
Na stěně vznikají interferenční pruhy, neboť povaha světla je vlnová.

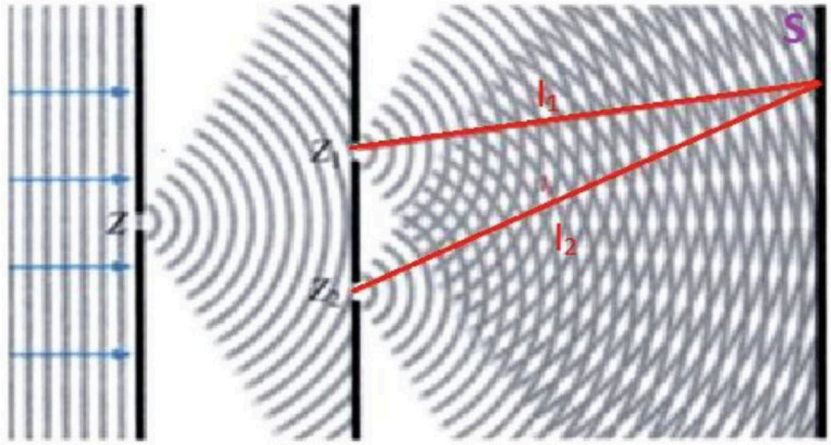


Kdyby povaha světla byla proud částic, viděli bychom tento průběh světla:

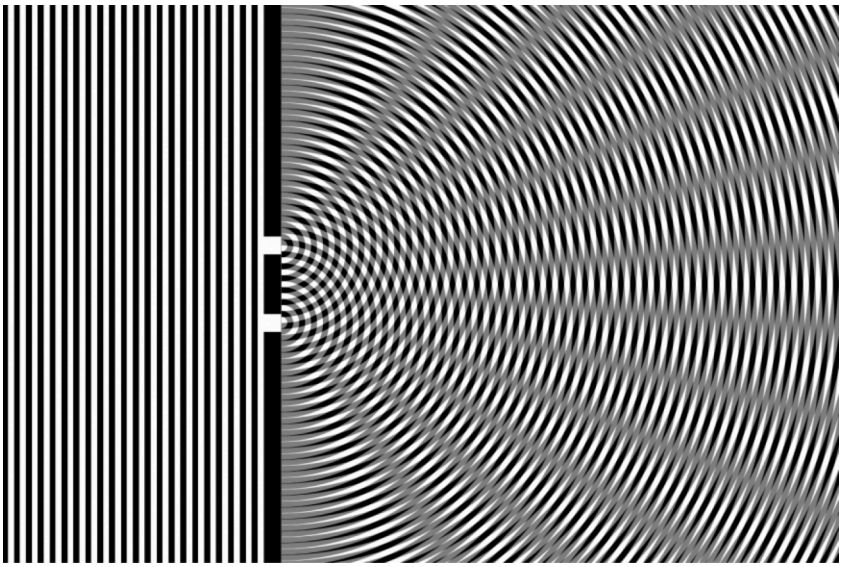


Huygensův princip

Podle tzv. Huygensova principu se každý bod, kam vlnění dospěje, sám stává zdrojem dalšího vlnění.
V praxi tento jev můžeme pozorovat např. při svícení dálkovými světly do mlhy. Jemné částečky vody se stávají samotnými zdroji světla, které září zpět proti nám.
Hyugensův princip může též za vytváření světelné glorioly kolem zdrojů světla za vlhkého počasí - pouliční světla, Měsíc, apod.

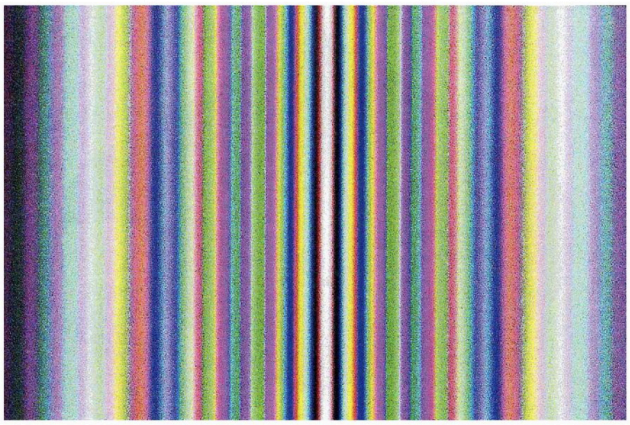


K interferenci dochází proto, že do jednoho bodu (S) přichází světlo z těchto dvou sekundárních zdrojů. Tam se jeho vlny sčítají.



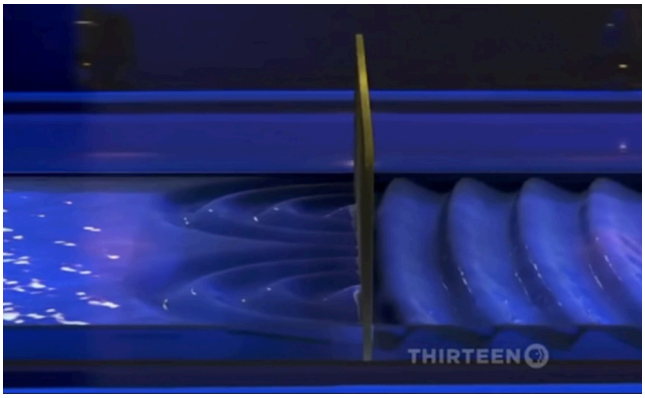
Jsou-li tedy otvory dva (tzn. dva zdroje vlnění za překážkou), vlny se od obou za překážkou skládají. Šedá místa zde odpovídají tomu, že se vlny vzájemně vyruší (a tedy temnotě), bílá a černá místa pak odpovídají zesílení vln (a tedy světlu). Na stínítku pak vzniknou světlé a tmavé skvrny.

V tomto případu dochází zároveň k rozkladu světla na jednotlivé části spektra.

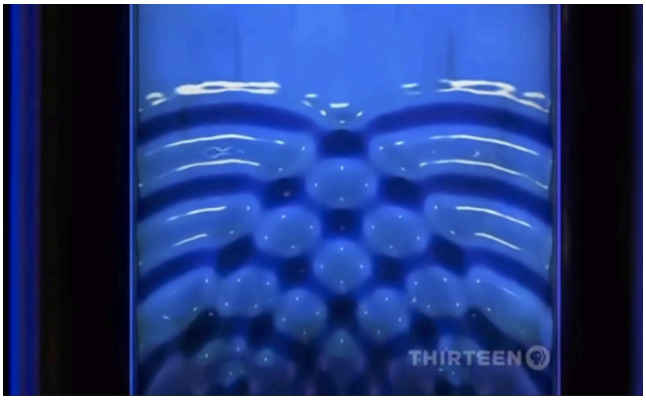


Difrakce

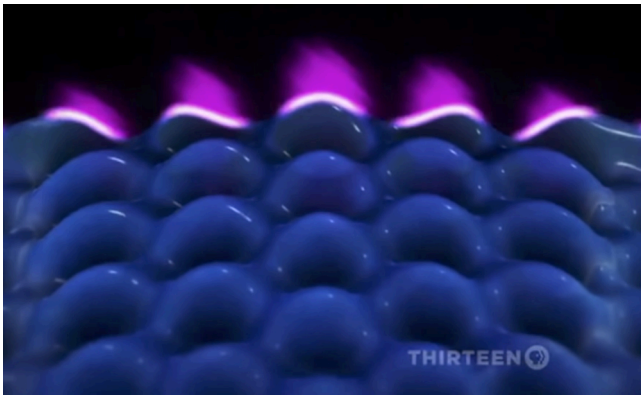
Je jev, při kterém dochází k lomu světla (nebo jiného vlnění) na hraně překážky. V podstatě jsme si ho již popsali v předchozím odstavci.



V případě, že světlo nemá na cestě překážky, se výsledná vlna dál šíří pouze v původním směru, protože v ostatních směrech se vlny od mnoha sekundárních zdrojů vzájemně vyruší. Pokud ale na cestě nějaké překážky jsou, může vlna zcela změnit směr. A to je podstatou difrakce.



Představme si otvor v neprůhledné překážce, na který dopadá vlna. Místa v otvoru, kam vlna dospěla, se stávají zdroji vln, které se od nich šíří na všechny strany.

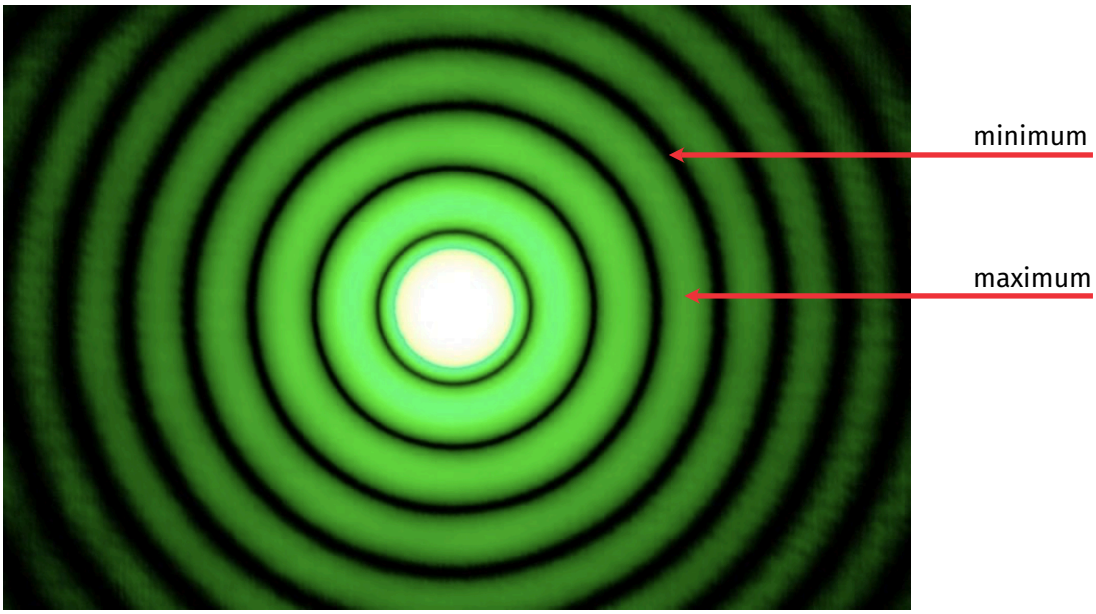


Za otvorem se proto světlo rozběhne do širokého úhlu a pokud o kus dál umístíme stínítko (například bílou stěnu), objeví se na ní skvrna mnohem větší, než je otvor.

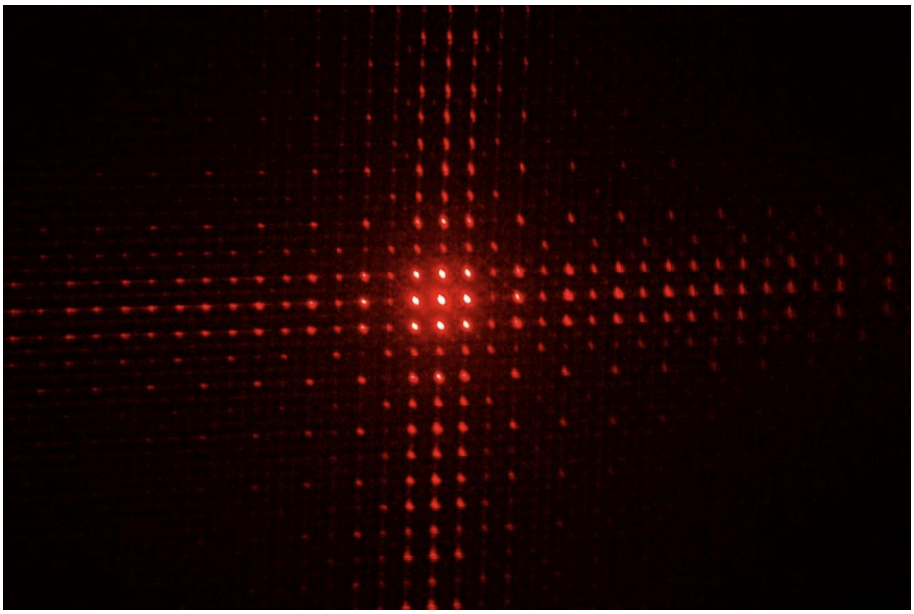
Další příklady

Skvrna na stěně za překážkou s malým otvorem osvětleným laserovým paprskem je mnohem větší než samotný otvor, protože světlo se díky Huygensovu principu odchyluje z přímého směru.

Zároveň pozorujeme interferenční maxima a minima.

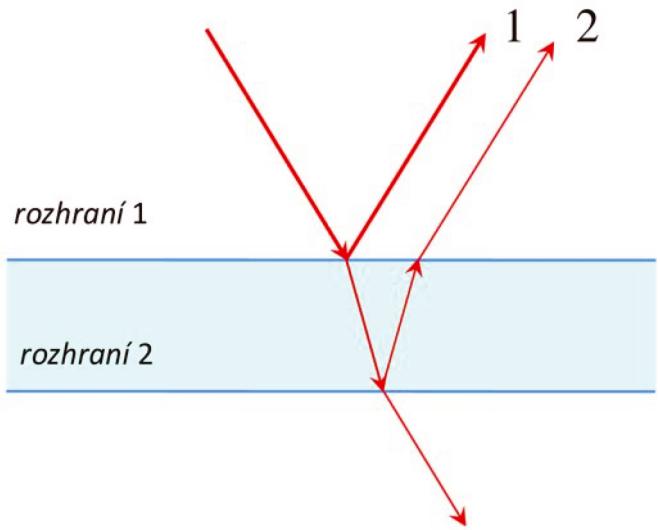


Obrazec na stínítku při svícení laserem přes jemné plátno. Podobný jev uvidíme při pohledu přes kapesník na pouliční lampu.



INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ

Při dopadu světla na tenkou vrstvu materiálu nastává odraz světla na horním a dolním rozhraní vrstvy s okolním prostředím a může dojít ke skládání téhož světla po dvou odrazech. Pokud je materiál přesně rovný, rozložený paprsek 1 a 2 se odráží paralelně.



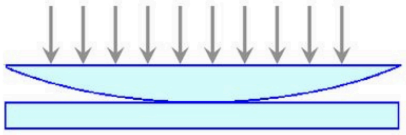
Paprsky 1 a 2 pocházejí ze stejného zdroje - mají stejnou frekvenci a stálý fázový rozdíl.
Posvítíme-li na tenkou vrstvu nebo optickou mřížku bílým světlem, které obsahuje všechny viditelné barvy, výsledkem budou barevné skvrny – světlo různých barev se odchýlí o rozdílné úhly. Tento jev se využívá například v mřížkových spektrometrech ke studiu chemického složení vzdálených hvězd. V běžném životě jej můžeme pozorovat jako krásnou hru barev na CD nebo DVD, což jsou vlastně také jakési difrakční mřížky díky velmi tenké spirálovité drážce, v níž jsou zapsána data.

NEWTONOVY KROUŽKY

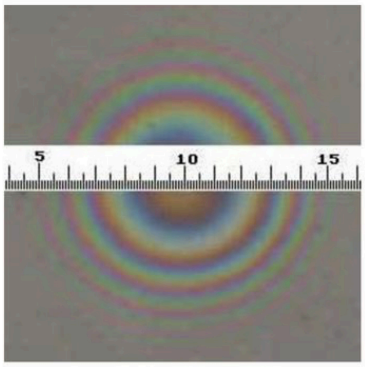
Newtonovy kroužky jsou interferenční jev, který vzniká mezi dvěma plochami, které nejsou ideálně rovné. Tento jev je velmi nepříjemný při zvětšování nebo scanování filmu, lze ovšem využít v měření ploch.

Použití interference světla:

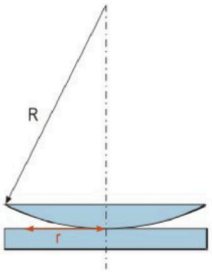
1. měření vlnové délky světla (*Newtonova skla*),

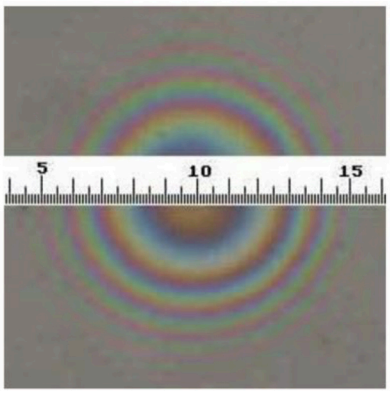


Na skleněnou desku položíme ploskovypuklou čočku s velkým poloměrem křivosti. Mezi nimi je vzduchová mezera s proměnlivou tloušťkou. Svítíme na čočku bílým světlem a vzniká interference.



Obrazci říkáme **Newtonovy kroužky**.

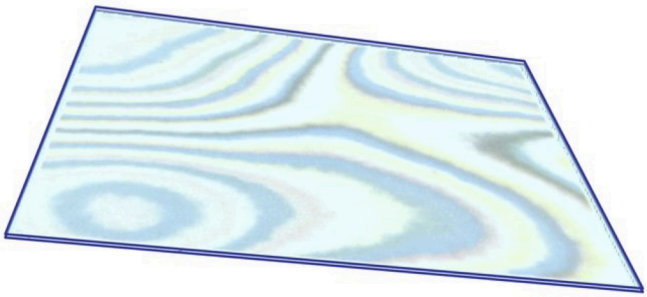




Pokud změříme poloměr kroužku určíte barvy, můžeme vypočítat její vlnovou délku a frekvenci.

2. kontrola rovinných a kulových ploch

Na kontrolované těleso přiložíme přesně vyrobený kalibr.



Na vzduchové vrstvě mezi nimi vznikne interferenční obraz.
Podle rozložení proužků usuzujeme odchylku tvaru.
Menší počet a širší obrazce znamená, že výrobek je přesnější.

Např. při kontrole vybroušených čoček.

Proč se to učíme?

- Abychom pochopili jev, který ovlivňuje kvalitu objektivů. U skleněných čoček se odráží min. 5% dopadajícího světla. To není velké číslo, nicméně u objektivu složeného z 12 částí projde pouze 54% světla ($0{,}95^{12}=0{,}54$). To znamená prodloužení expoziční doby na dvojnásobek - jedno EV ztráta. Tomu lze zabránit tím, že se vnější plocha čoček potáhne tenkou vrstvou, na které dojde k interferenci. Tloušťka vrstvy je optimalizována tak, aby zeslabila odraz střední části spektra (zelená a žlutá), na kterou je lidské oko nejcitlivější - objektivy vypadají zepředu modrofialově. Nanesením inteferenční vrstvy na všechny čočky v objektivu dosáhneme zlepšení jeho světelnosti o jedno clonové číslo.
- Abychom věděli, proč se při zvětšování a skenování filmů objevují na fotografiích soustředné obrazce.

ÚVOD DO PAPRSKOVÉ OPTIKY

Paprsková optika zanedbává vlnovou podstatu světelného záření. Je založena na přímočarém šíření světla v homogenním prostředí, nezávislosti světelných paprsků a na zákonech odrazu a lomu.

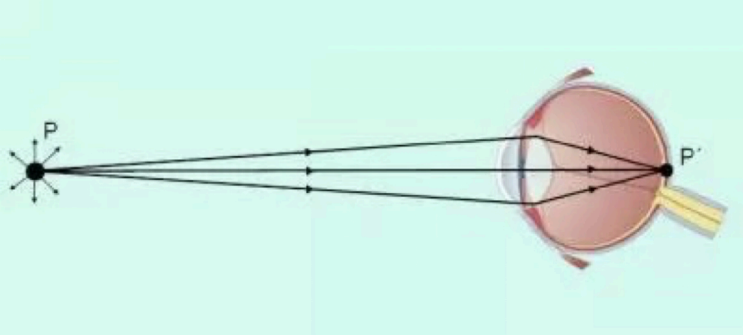
Zobrazování optickými soustavami - – optické zákony

Funkce všech přístrojů (fotografický, mikroskop, dalekohled, kamera...) je založena na jednoduchých principech paprskové optiky (**optické zákony**):

1. přímočaré šíření světla - ve vakuu nebo v homogenním izotropním prostředí se světlo šíří přímočaře ve tvaru světelných paprsků.
2. Zákon odrazu (viz. další kapitola)
3. Zákon lomu (viz. další kapitola)
4. Nezávislost chodu světelných paprsků – lze v této souvislosti chápat dvojím způsobem. Jednak to znamená, že když se setkají dva paprsky, vzájemně se neovlivní, a jednak lze obrátit i jejich směr.

Optická soustava

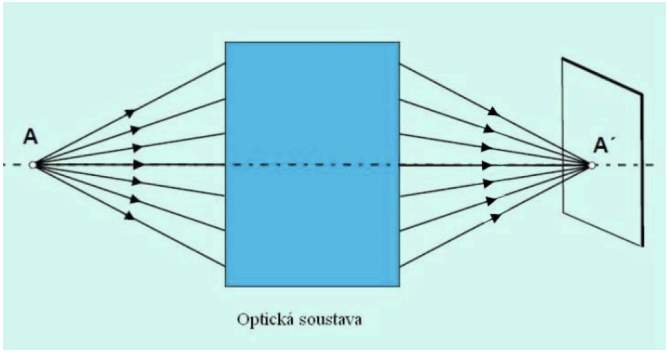
je uspořádání optického prostředí, které mění směr chodu paprsků. Postup, kterým získáváme optické obrazy bodů (předmětů), nazýváme optické zobrazení.



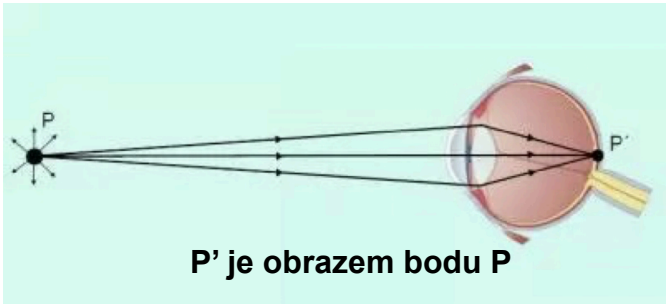
Dva základní případy průchodu paprsků

1. sbíhavý svazek – vytváří skutečný obraz

Paprsky se v místě obrazu skutečně protínají a vytváří skutečný obraz. V tomto místě je maximální hustota světelné energie.

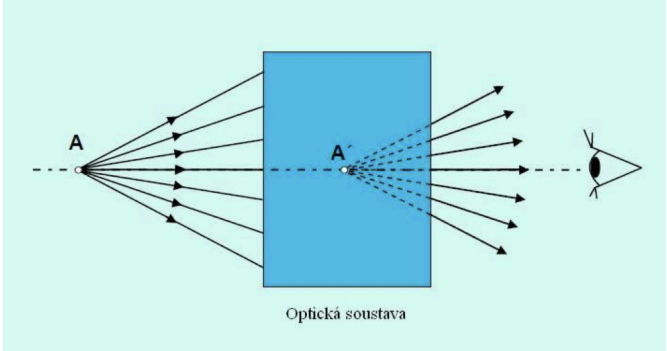


V lidském oku tedy vzniká skutečný, převrácený obraz. V mozku se nám převrací do vzpřímené, stranově správné polohy. Viz zobrazování naším vlastním okem:



2. rozbíhavý svazek – vytváří zdánlivý obraz

Světelné paprsky se po průchodu soustavou rozbíhají, v prostoru se neprotínají a skutečný obraz nevzniká. Obraz lze ale pozorovat okem, jelikož oční čočka mění rozbíhavý svazek na sbíhavý. Pozorovatel pak vidí obraz v bodě A´, tedy v místě, odkud paprsky po průchodu soustavou zdánlivě vycházejí. V tomto případě vzniká **zdánlivý** (neskutečný, virtuální) **obraz**, který nelze zachytit na stínítku. V daném bodě se tedy paprsky neprotínají a neprochází jím světelná energie.



Další vlastnosti obrazu

1. obraz přímý (vzpřímený) - předmět i obraz jsou orientovány stejně

2. obraz převrácený - jsou orientovány opačně - zobrazení spojnou čočkou

3. příčný rozměr obrazu (ve směru kolmém na optickou soustavu) - obraz zvětšený, stejně velký, zmenšený

Skutečný a převrácený obraz okna vytvořený lupou na listu papíru.

Zdánlivý a přímý obraz vytvořený zrcadlem.

ZNAMÉNKOVÁ KONVENCE

Pro zakreslení jednotlivých paprsků, které jsou nutné pro konstrukci obrazu, používáme tzv. **znaménkovou konvenci**.

Při konstrukci zobrazení vždy začínáme optickou osou, dále zobrazovacím prvkem (soustavou), zakreslením předmětu a hlavních paprsků nutných pro konstrukci obrazu.

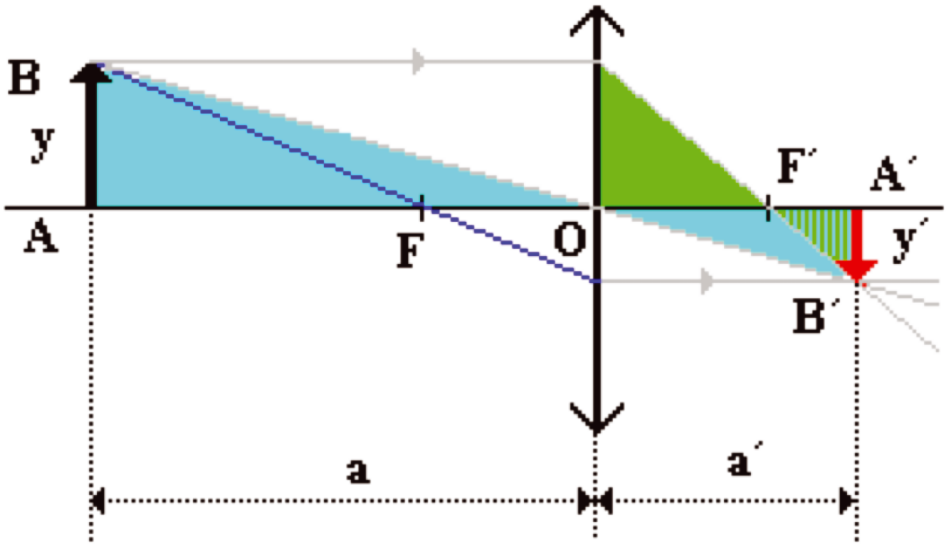
Znaménková konvence:

1) Světlo se šíří zleva doprava.

2) Vzdálenosti se měří od optického prvku (čočky, zrcadla).

3) Vzdálenost od optického prvku vlevo je záporná, vpravo je kladná.

4) Výšky nad optickou osou jsou kladné, pod osou záporné.

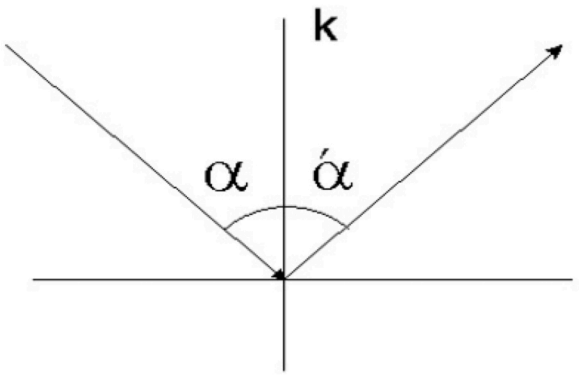


Proč se to učíme?

- Pochopení zobrazení optickými soustavami nám dává nahlédnout, jak vzniká obraz ve fotoaparátu a jak vzniká v našem oku.
- V dalších kapitolách se budeme zabývat od jednoduchých zrcadel, čoček, po konstrukci objektivů.

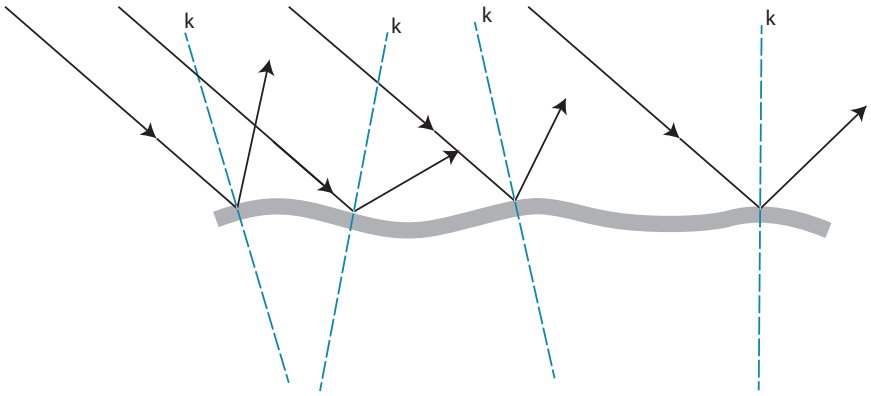
Odraz světla

Odraz světla: Světelný paprsek dopadá na rozhraní prostředí pod úhlem dopadu alfa, který se měří mezi paprskem a kolmicí. Ta je vztyčena v bodě střetu paprsku a rozhraní.
Platí: Velikost úhlu odrazu α´ se rovná velikosti úhlu dopadu α.
Odražený paprsek leží v téže rovině.



α = α´

Proč se nejdříve uvažuje kolmice k povrchu?
Protože povrch není nikdy ideálně rovný. Např. hladina vody se vlní. V každém bodu, kam dopadá paprsek, bude jeho úhel odrazu jiný. Proto např. hladinu rybníka nevidíme (až na výjimky, kdy je úplné bezvětří) jako zrcadlo, ale odraz okolí se bude vlnit.

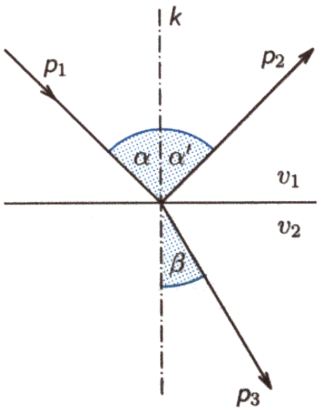


Lom světla:

Při přechodu světla z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího, se rychlost šíření paprsků zpomaluje. (v_1 - rychlost světla ve vnějším prostředí, v_2 - rychlost světla v materálu). Na přechodu mezi prostředími nastává lom světla ke kolmici (beta<alfa) a při přechodu světla z opticky hustšího prostředí do prostředí opticky řidšího nastává lom světla od kolmice (alfa<beta).

Platí:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha'} = \frac{v_1}{v_2}$$



Pro stanovení charakteristiky optického prostředí byl použit poměr mezi rychlostí světla ve vakuu a rychlostí světla v materiálu – tzv. **index lomu**.

$$\text{index lomu} = \frac{\text{rychlost ve vakuu}}{\text{rychlost v materiálu}}$$

$$n = \frac{c}{v}$$

Kompletní vztah mezi úhly paprsků, jejich rychlostí a indexy lomu stanovuje tzv. **Snellův zákon**.

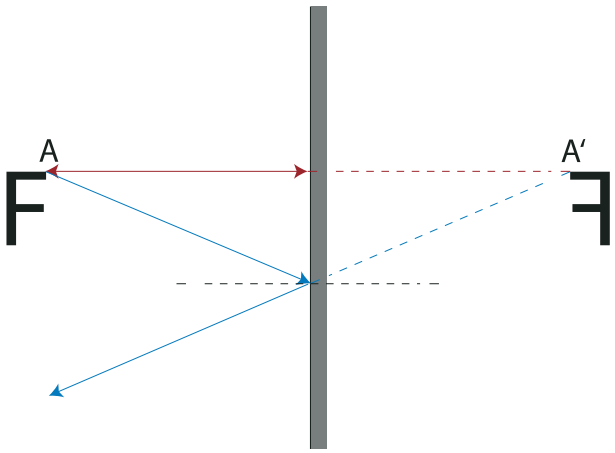
Z něho vyplývá, že úhel lomu je přímo úměrný rychlostem a napřímo úměrný indexům lomu obou prostředí.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

ZOBRAZENÍ ROVINNÝM ZRCADLEM

Zrcadlo je tenká rovinná deska, na kterou je napařená tenká kovová vrstva. V přírodě může být zcadlem např. vodní hladina.
Obecně je dělíme na rovinná, vypuklá (konvexní) a dutá (konkávní).
Jestliže světelný paprsek dopadá na rozhraní dvou prostředí s odlišnými optickými vlastnostmi, světlo se na rozhraní částečně odrazí a částečně se láme do druhého prostředí.

Při konstrukci obrazu na rovinném zrcadle nejdříve zkonstruujeme rovinu zrcadla a předmět (písmeno F v levé části).
Základní paprsek (červený) je kolmý na rovinu zrcadla, promítá se zdánlivě za jeho rovinu.
Úsečka A-A' je dvojnásobek vzdálenosti předmětu od zrcadla.
Pomocné paprsky (modré) se ve skutečnosti odráží od roviny pod totožným úhlem jako dopadají na rozhraní. Pro konstrukci obrazu je musíme protáhnout za rovinu zrcadla, kde se protnou v jednom bodě se základním paprskem.



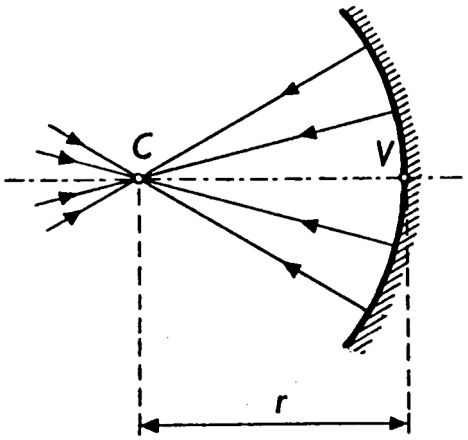
Obraz má tyto vlastnosti:

1. obraz je zdánlivý
2. vzdálenost A předmětu od zrcadla je stejná jako vzdálenost A' obrazu od zrcadla
3. obraz je stranově převrácený
4. obraz je vzpřímený (přímý)

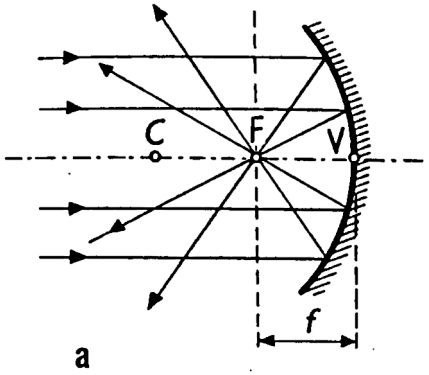
ZOBRAZENÍ DUTÝM (KONKÁVNÍM) ZRCADLEM

Při optickém zobrazení používáme **tři základní paprsky:**

1. procházející středem křivosti zrcadla - po odrazu má opačný směr než dopadající (i v ose soustavy).

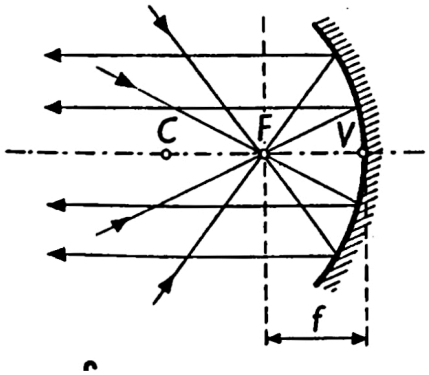


2. rovnoběžný s optickou osou - na zrcadlo dopadá podurčitým úhlem, podle zákona odrazu mění svůj směr a optickou osu protíná v bodě F. Je patrné, že vzdálenost |FV| je r/2.
Do bodu F míří všechny paprsky rovnoběžné s optickou osou (jdoucí z nekonečna)
Bod F nazýváme ohnisko kulového zrcadla.
Vzdálenost F od vrcholu zrcadla je **ohnisková vzdálenost**.



f=|FV|=r/2

3. prochází ohniskem a po odrazu je rovnoběžný s optickou osou – podle záměnnosti chodu paprsků.



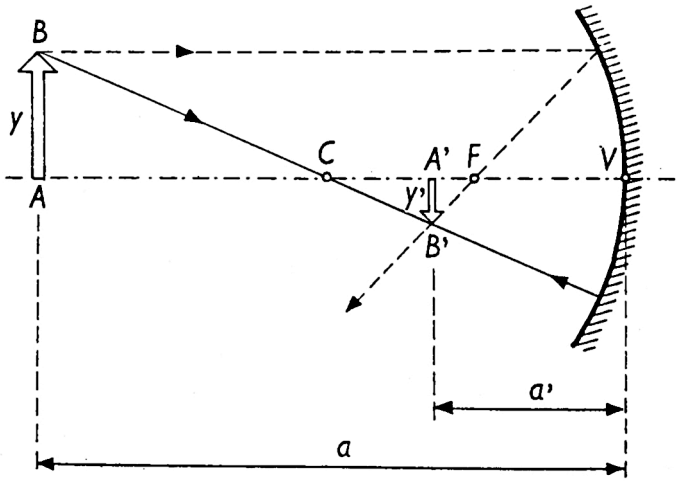
ZOBRAZENÍ DUTÝM (KONKÁVNÍM) ZRCADLEM

Polohu zobrazení předmětu (v předmětové vzdálenosti) najdeme pomocí dvou význačných paprsků:

1. jdoucí paralelně s optickou osou, lomí se do ohniska

2. jdoucí z bodu předmětu do středu křivosti

V místě protnutí paprsků se vytváří obraz, jeho vzdálenost od zrcadla (a') je tzv. **obrazová vzdálenost**.

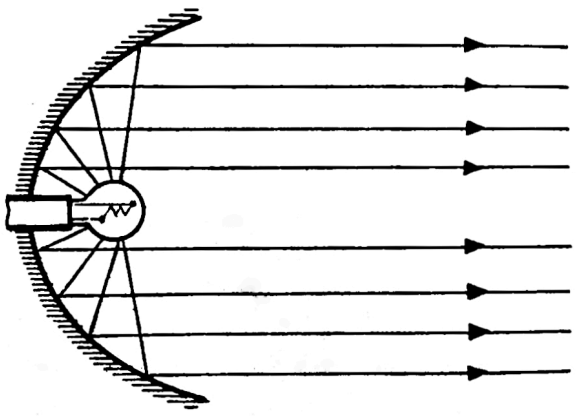


Obraz má tyto vlastnosti:

1. skutečný
2. převrácený
3. zmenšený

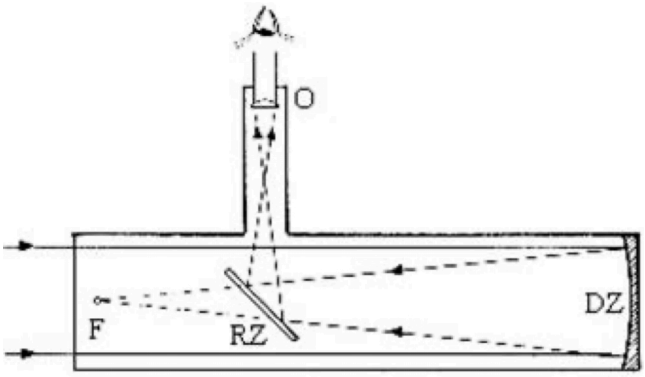
Využití konkávního zrcadla ve světlometu

Vlákno žárovky je umístěno v ohnisku zrcadla, takže paprsky odcházejí paralelně do nekonečna.



Astronomický Newtonův teleskop

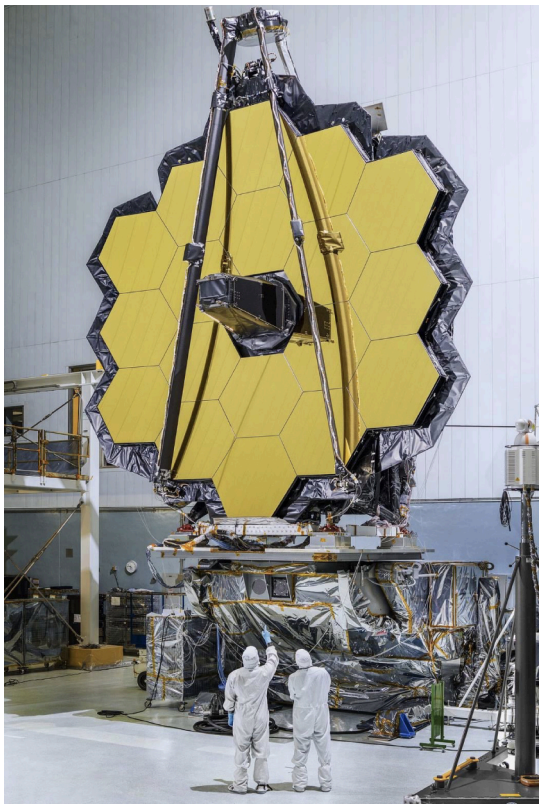
Paprsky světla jdoucí z hvězdy (nekonečna) jsou soustředěny konkávním zrcadlem DZ. V cestě stojí rovinné zrcadlo RZ, přes které můžeme obraz pozorovat okulárem O v mnohonásobném zvětšení.



Astronomický Webbův teleskop

Webbův teleskop je založen na principu složeného konkávního zrcadla. Na rozdíl od svého předchůdce Hubblea je schopen snímat vesmír v rozšířeném spektru o infra oblast.

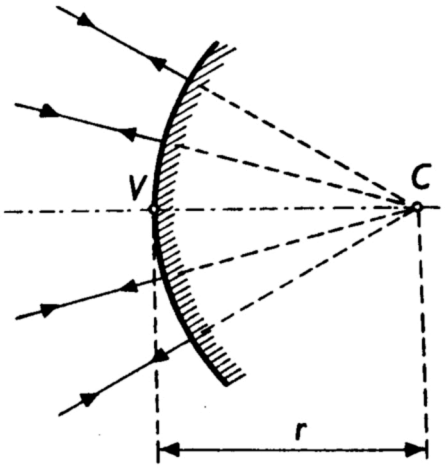
Dalekohledům bude věnována samostatná kapitola.



ZOBRAZENÍ VYPUKLÝM (KONVEXNÍM) ZRCADLEM

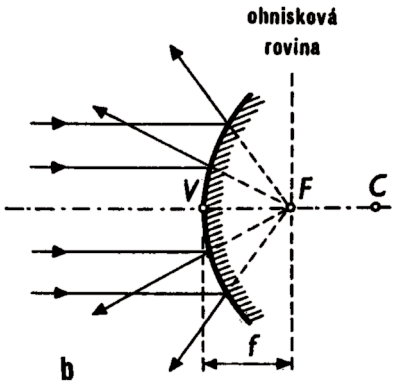
Při optickém zobrazení používáme tři základní paprsky:

1. procházející středem křivosti zrcadla - po odrazu má opačný směr než dopadající



2. paprsky rovnoběžné s optickou osou (jdoucí z nekonečna) se odráží od zrcadla, jakoby vycházely z jeho ohniska.

3. A naopak: **paprsky, které jdou do zdánlivého ohniska**, odcházejí rovnoběžně s osou soustavy.



Obraz má tyto vlastnosti:

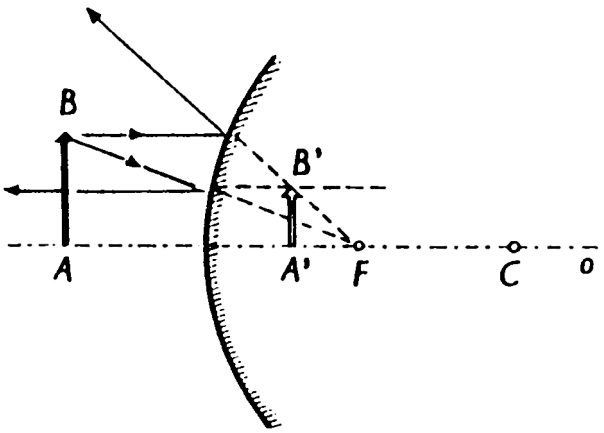
1. zdánlivý
2. vzpřímený
3. zmenšený

Polohu zobrazení předmětu (v předmětové vzdálenosti **a**) najdeme opět pomocí dvou význačných paprsků:

1. Jdoucí paralelně s optickou osou, lomí se do zdánlivého ohniska

2. Jdoucí z bodu předmětu do zdánlivého ohniska se lomí do směru paralelního s osou soustavy.

V místě protnutí paprsků se vytváří zdánlivý zmenšený obraz.



Použití vypuklého (konvexního) zrcadla

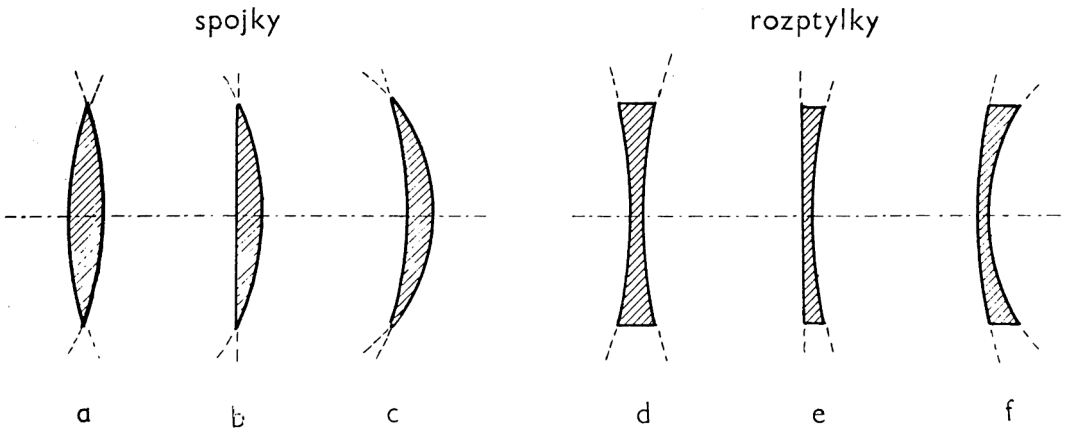
Vypuklé kulové zrcadlo se využívá především v dopravě. Zpětná a boční zrcátka u automobilů vytváří zmenšený a přímý obraz, jejich výhodou je ale velké zorné pole. V silničním provozu se využívají vypuklá zrcadla pro zobrazení nepřehledného nebo zastíněného prostoru především na křižovatkách. Dále se s ním můžeme setkat v obchodech jako prostředek security.

ZOBRAZENÍ ČOČKAMI

Čočka je v nejjednodušším případě konstrukce dvou kulových ploch ze skla.

Její tzv. hustota optického prostředí (index lomu) je vyšší než hustota vzduchu: **n2>n1.**

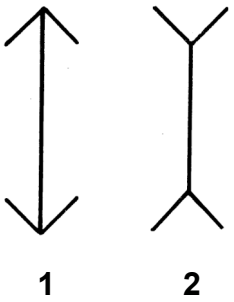
Podle konstrukce a zobrazení se dělí na: **spojné čočky a rozptylné čočky**:



Konstrukci mohou mít: dvojvypuklou, ploskovypuklou, dutovypuklou, dvojdutou, ploskodutou nebo vypuklodutou.

Při schématickém zobrazení používáme pouze symboly:

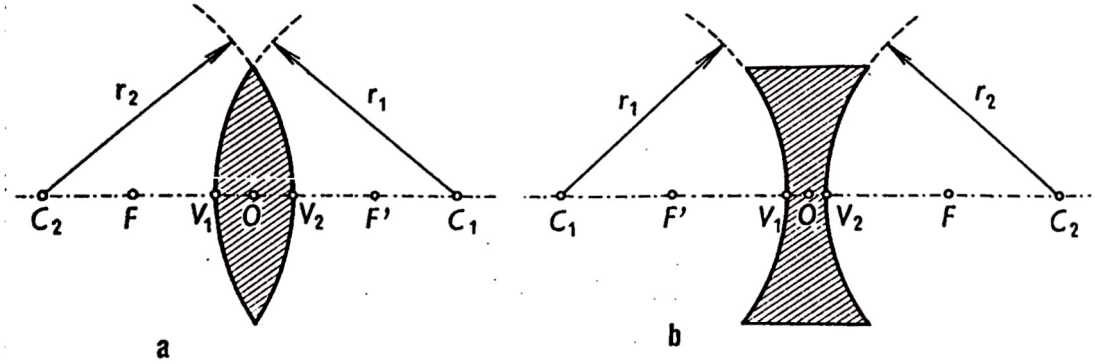
1. **Spojná čočka**
2. **Rozptylná čočka**



Pro jednoduchost zobrazení uvažujeme nekonečně tenkou čočku. Proto vzdálenosti V1 a V2 splývají. Ve skutečnosti je zobrazování složitější, ale to se dozvíme v dalších kapitolách o vadách čoček.

Prostor, ze kterého světlo vstupuje, je **prostor předmětový - levá strana**.

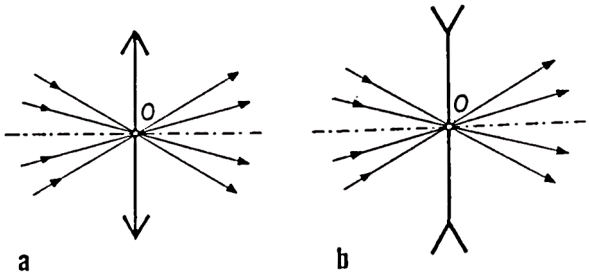
Prostor, do kterého světlo vystupuje, je **prostor obrazový - pravá strana**.



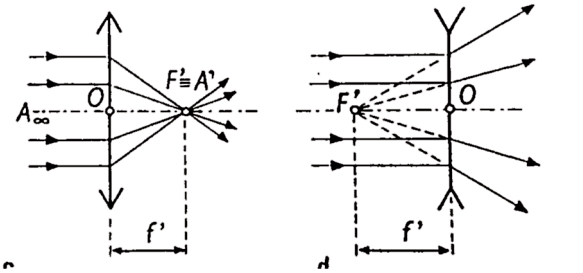
Vlastnosti čoček

Tyto principy průchodu paprsků je dobré se dobře naučit. Pak bude další látka mnohem snadnější.

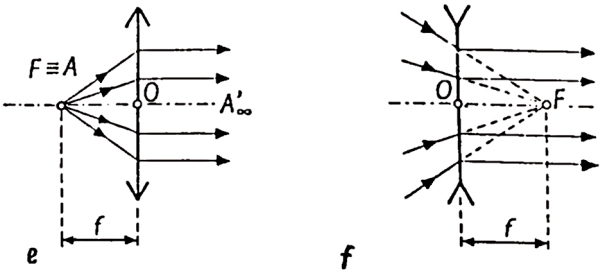
1. Paprsky, které prochází středem čočky, nemění svůj směr.



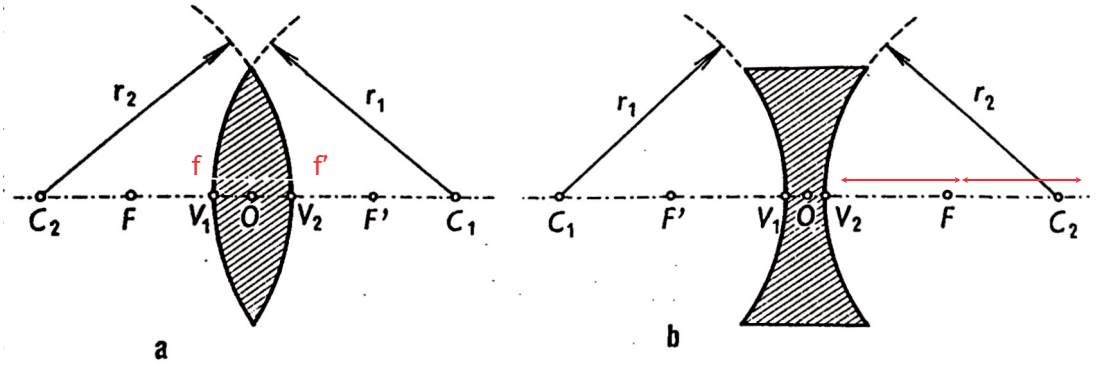
2. Paprsky, které jsou v předmětové rovině rovnoběžné s optickou osou, se u spojné čočky lámou do ohniska F'.
U rozptylné čočky se lámou od optické osy tak, jako kdyby vycházely z ohniska F.



3. Paprsky, které prochází (u rozptylek míří do ohniska F') v předmětové rovině ohniskem F, vychází rovnoběžně v obrazové rovině rovnoběžně s optickou osou.



FO je předmětová ohnisková vzdálenost, **OF'** je obrazová ohnisková vzdálenost.
U prostředí, kde za i před souměrnou čočkou je stejné prostředí, jsou vzdálenosti **f** stejné.
Hodnota f závisí na indexu lomu čočky a okolního prostředí a pooloměrech křivosti optických ploch.

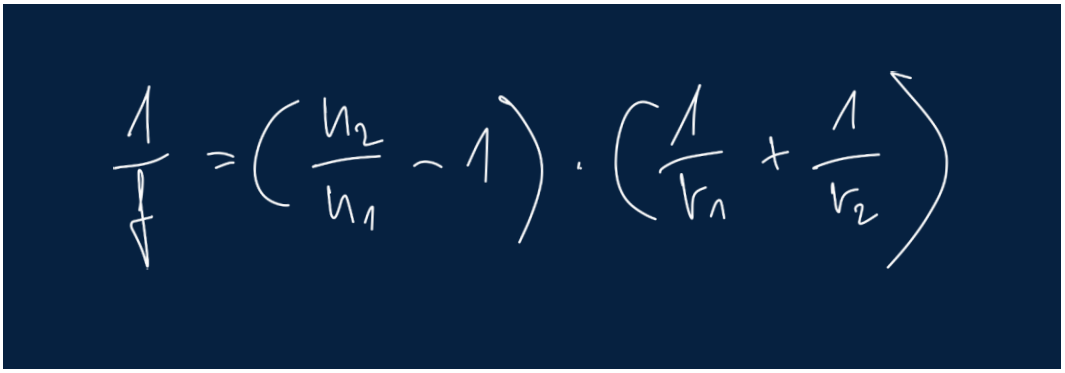


Vlastnosti čoček

Matematické vyjádření předchozího odstavce:

Převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti (**optická mohutnost** v dioptriích - viz. dále) je závislá na poměru indexů lomu čočky a okolního prostředí n_1 a n_2 a poloměrů optických ploch r_1 a r_2.

Z této rovnice vyplývá, že je přímá úměra mezi optickou mohutností a poměrem indexů lomu a hodnot poloměrů křivosti.

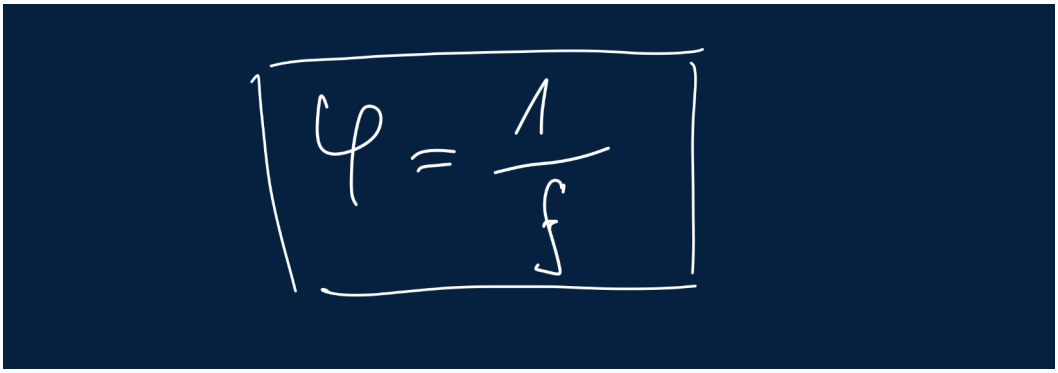


Znaménková konvence

U čoček je znaménková konvence doplněna: vypuklé plochy mají poloměr křivosti kladný, duté plochy záporný.

Optická mohutnost Φ (fí)

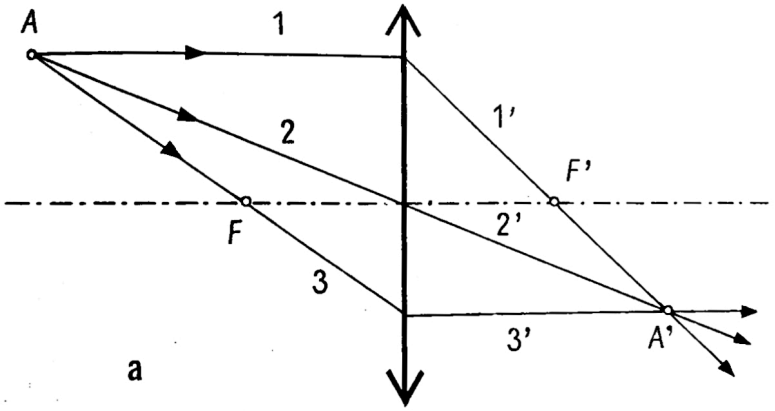
je charakteristická vlastnost, která je daná vztahem - (m^{-1})



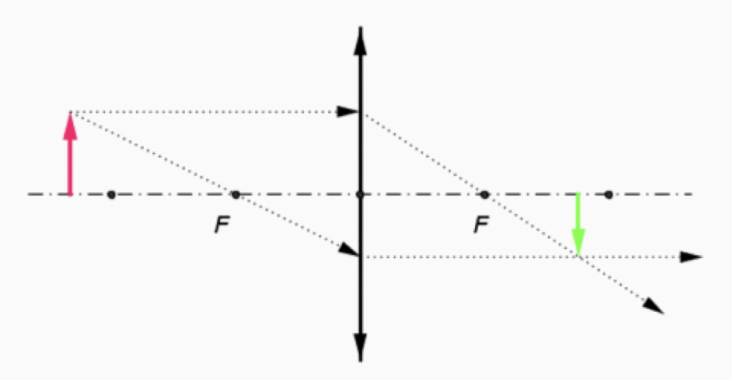
Pro označení optické mohutnosti se používá jednotka dioptrie D a je to převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti.
Optickou mohutnost **1D** má čočka s ohniskovou vzdáleností **1m**. (3D má 33 cm, 4D má 25 cm apod.).
U spojek je to hodnota kladná, u rozptylek záporná.

Zobrazení spojkou

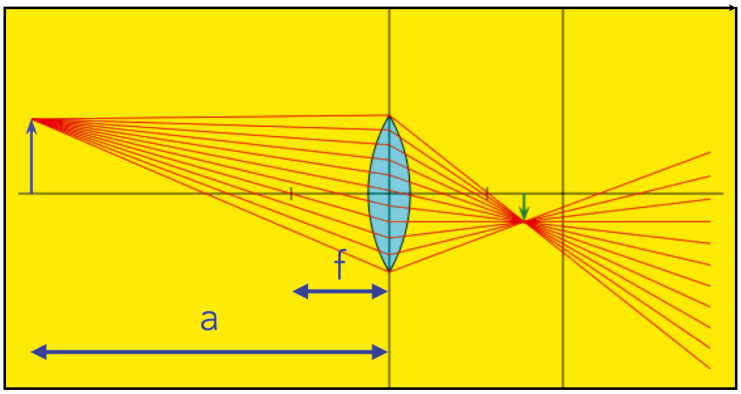
Stejně jako u zrcadel konstruujeme obraz pomocí tří význačných paprsků:
1. Jdoucí paralelně s optickou osou - lomí se do ohniska
2. Jdoucí optickým středem čočky - jen prochází
3. Procházející předmětovým ohniskem - lomí se do paralelního směru s opt. osou v obrazové rovině



Vlastnosti obrazu: obraz je skutečný, převrácený, v obrazové rovině zmenšený.

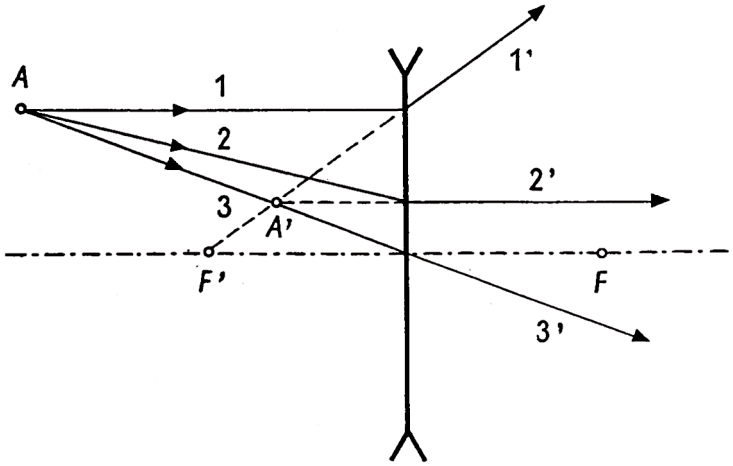


Zobrazení sítě paprsků: Pro konstrukci uvažujeme jen v rámci krajních paprsků, ve skutečnosti bychom takto mohli zkonstruovat každý zobrazovací bod soustavy. Bylo by jich nekonečně mnoho.

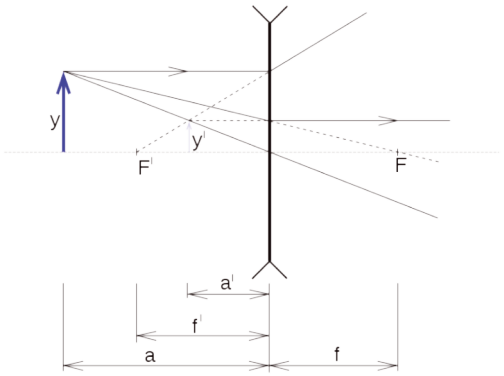


Zobrazení rozptylkou

Stejně jako u zrcadel konstruujeme obraz pomocí tří význačných paprsků:
1. Jdoucí paralelně s optickou osou - lomí se od osy tak, jako by vycházel z předmětového ohniska
2. Směřující do obrazového ohniska - lomí se do paralelního směru s opt. osou v obrazové rovině
3. Jdoucí optickým středem čočky - jen prochází



Vlastnosti obrazu: Obraz je zdánlivý, v předmětové rovině.



Zobrazovací rovnice čočky

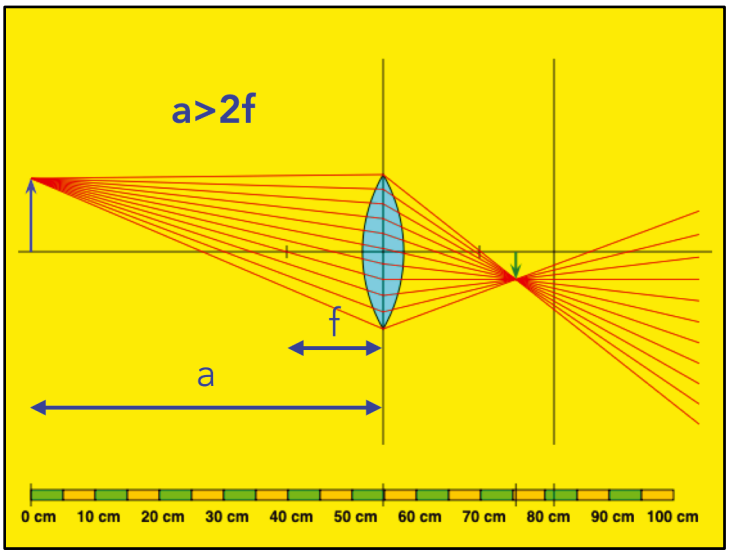
Vztah mezi předmětovou a obrazovou vzdáleností a ohniskovou vzdáleností se jmenuje **zobrazovací rovnice čočky**.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

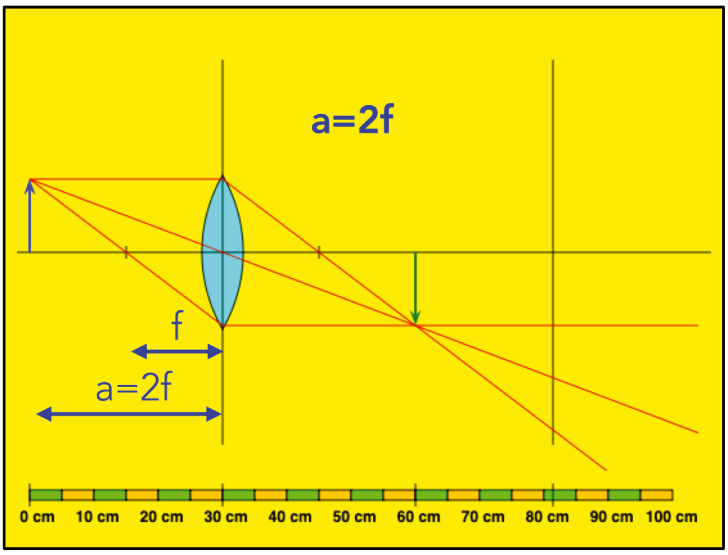
Různé příklady zobrazení spojkou

První případ už známe a není na něm nic zvláštního. Předmět je v nekonečnu. Pro nás to znamená, že je vzdálen více, než je dvojnásobek ohniskové vzdálenosti a>2f.

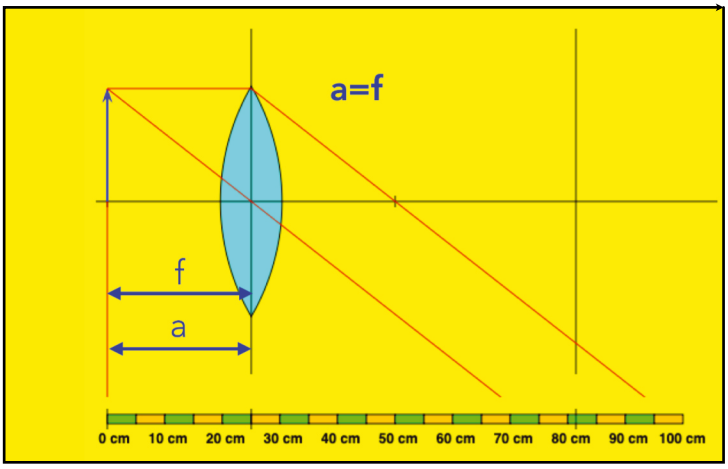
1. Objekt v nekonečnu (a>2f)
Obraz je skutečný, převrácený, v obrazové rovině zmenšený. To platí v případě, že objekt je v objektové rovině nekonečně vzdálen.



2. Objekt ve dvojnásobku ohniska (a=2f)
Obraz je skutečný, převrácený, v obrazové rovině stejně veliký. Takto fungují makroobjektivy se zobrazením 1:1.

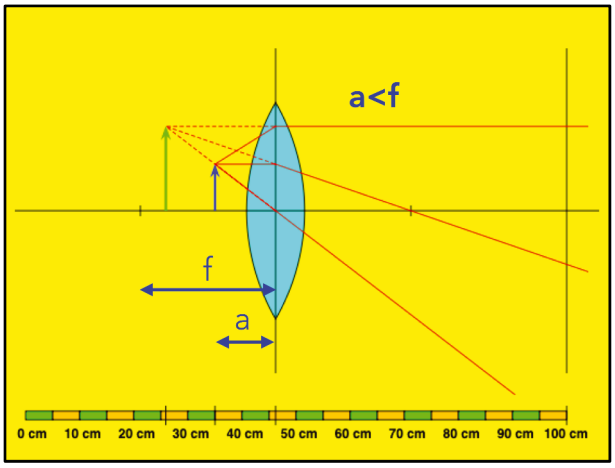


3. Objekt je v předmětovém ohnisku (a=f)
Obraz je nekonečně zvětšen.
Pozorovatelný obraz se nevytvoří.



4. Objekt je mezi ohniskem a středem čočky a<f

Obraz je zdánlivý, přímý, zvětšený.



Aplikaci pro vyzkoušení různých případů zobrazení najdete zde:
https://www.walter-fendt.de/html5/phcz/imageconverginglens_cz.htm

Proč se to učíme?

- Abychom pochopili, kde se bere obraz v našem fotoaparátu.
- Abychom pochopili, jak fungují složitější optické soustavy. Např. objektivy a dalekohledy.

GEOMETRICKÝ STÍN

Již jsme si jinými slovy popsali, co to je difrakce:

Přímočaré šíření světla je ovlivněno překážkami, na které světlo při svém šíření dopadá.

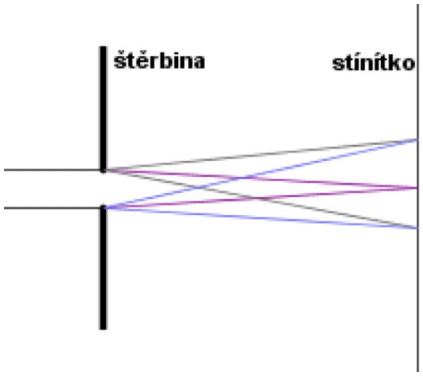
Za takovými překážkami nevzniká jen stín, ale za určitých okolností, daných vlnovou délkou vlnění a rozměry překážky, může vlnění proniknout zčásti i za překážku.

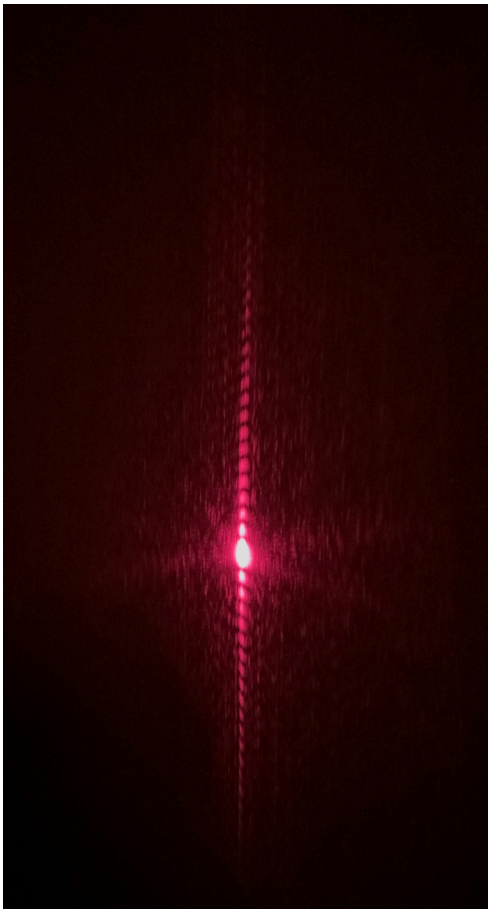
Na obrázku je ohyb světla vzniklý na velmi úzké štěrbině.

Jsou patrné světlé a tmavé proužky různé šířky, které tvoří charakteristický ohybový (difrakční) obrazec.

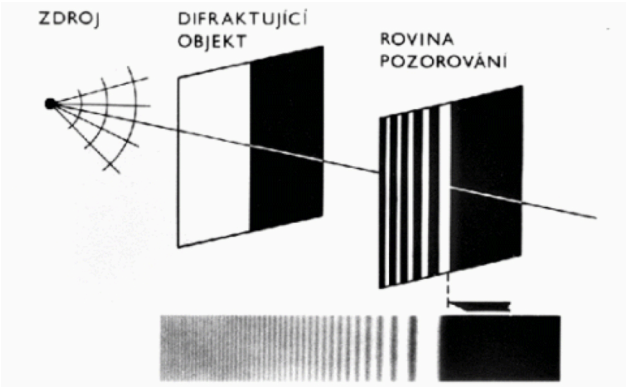
Je to výsledek interference světelných vlnění, která do daného místa stínítka přicházejí z různých bodů vlnoplochy světla šířícího se za překážku.

Jinými slovy: každá hrana vytváří nový zdroj světla, ze kterého se světlo šíří za překážku. Na stínítku se pak maxima sčítají a minima odčítají.



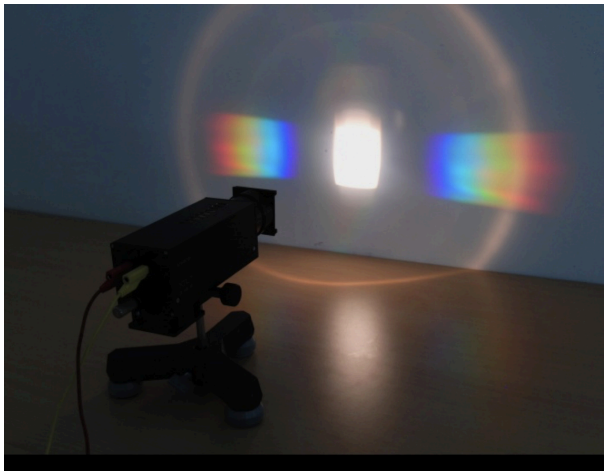


Ohyb světla



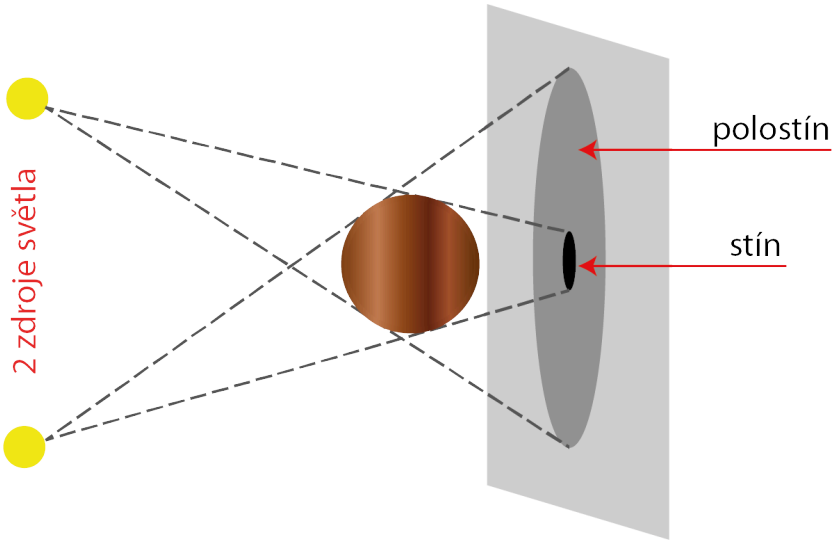
Vzhledem k vlnové délce světla jsou ohybové jevy výrazné při ohybu na překážkách malých rozměrů, nebo když je pozorujeme v dostatečné vzdálenosti za překážkou. Příkladem může být ohyb světla na drátku, úzké štěrbině, malém otvoru, na hraně apod. Při ohybu na tenkém drátku dostaneme střední proužek tmavý (geometrický stín), který však bude mít uprostřed jasný pás. Okolo středního proužku se střídají tmavé a světlé proužky. Použijeme–li místo monochromatického světla světlo bílé, proužky budou barevné.

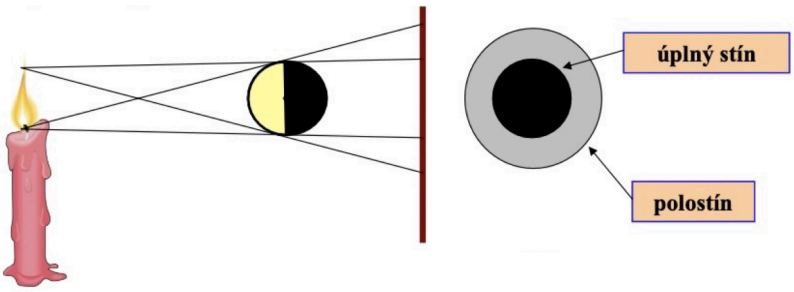
Poprvé se o difrakci zmínil Leonardo da Vinci. První přesnější pozorování difrakce světla na tyčince a mřížce provedl kolem roku 1660 Francesco Maria Grimaldi, učitel matematiky na jezuitské koleji v Bologni. Od něj pochází název difrakce.

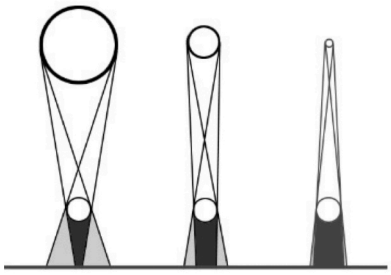


Geometrický stín

Vzniká u překážek daleko větších, než je vlnová délka světla.
V atelieru se setkáme se symetrickým polostínem, jestliže použijeme dva stejné zdroje světla, což ve fotografii nepovažujeme za žádoucí. V naší Sluneční soustavě máme jen jedno Slunce, takže vytváří jeden hlavní zdroj světla. Všechna ostatní (i reflexní zdroje) jsou doplňková.
Poměr velikosti stínu a polostínu záleží na poměrech velikostí překážky a zdroje světla.

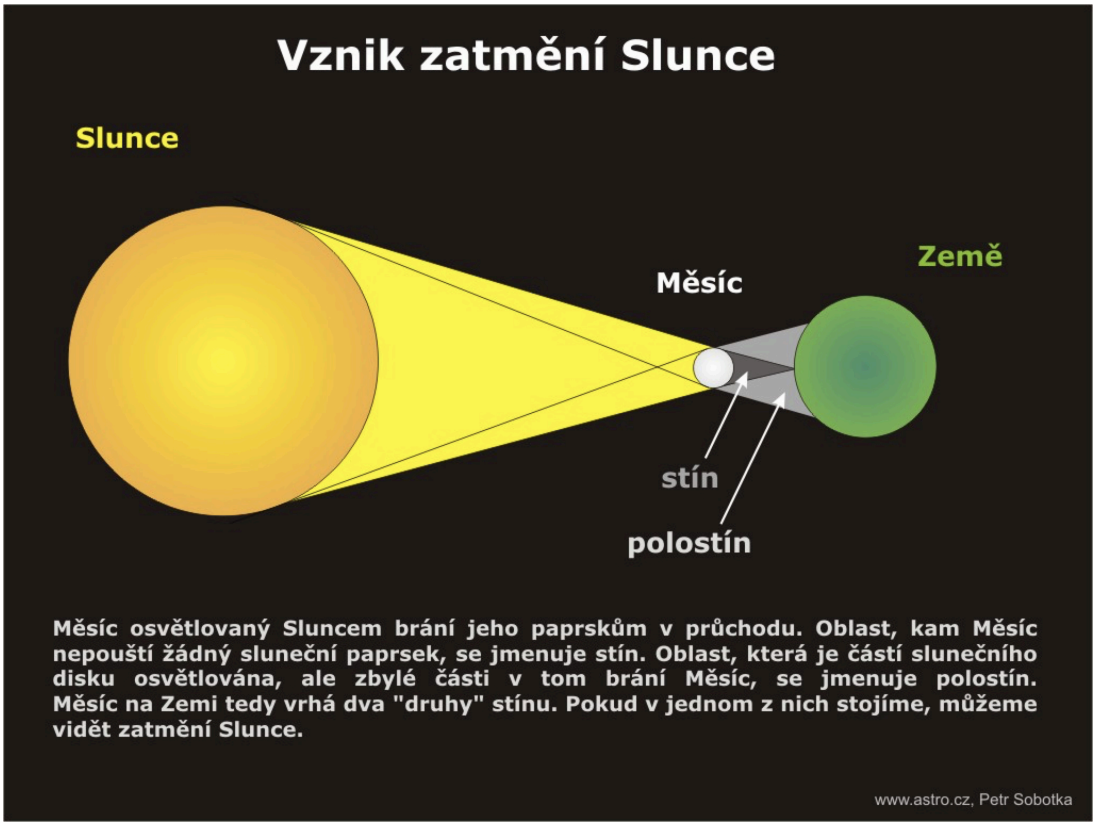


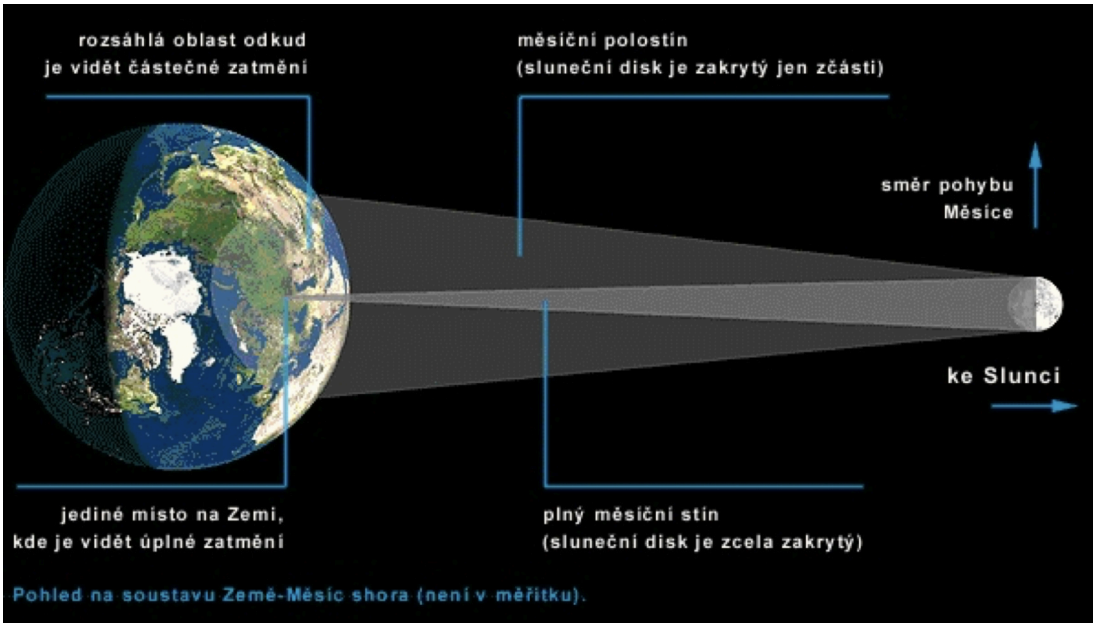




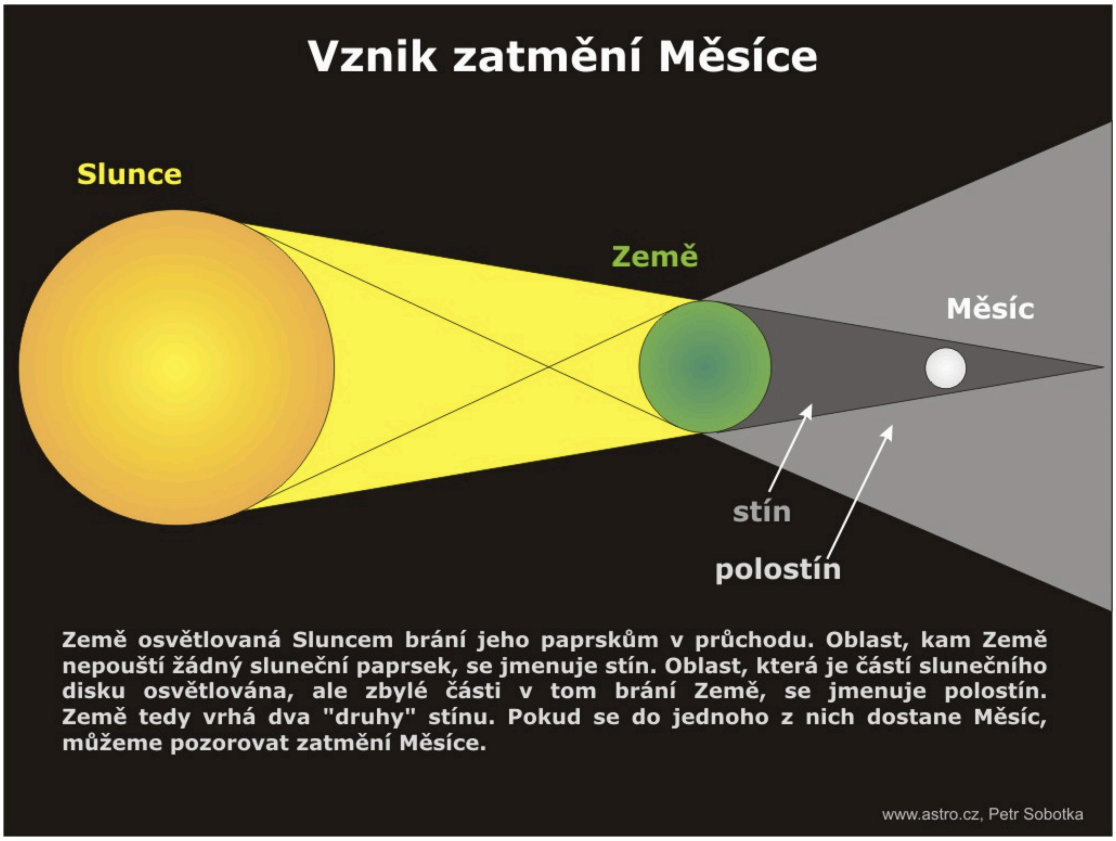
GEOMETRICKÝ STÍN

Nejznámější příklad geometrického stínu je **zatmění Slunce**:





Zatmění Měsíce:



Geometrický stín

Zatmění Měsíce:

Mohlo by se zdát, že v úplném zatmění bude Měsíc tmavý. Ve skutečnosti má červenou barvu, protože červená část spektra se na hraně láme nejvíce a zasahuje do úplného stínu.

Zatmění Slunce v infračerveném spektru:

Geometrický stín - zvláštní případy rozkladu

Všichni známe jev, který vzniká při západu Slunce. Spojité spektrum se rozkládá na jednotlivé části difrakcí o atmosféru. Pozorujeme posun ve chromatičnosti: více se uplatňuje červená složka, která se láme do atmosféry, zatímco modrá září do prostoru vesmíru.
Při západu Slunce může vzácně vzniknout takový rozklad světla, kdy je nejvíce pozorována zelená složka spektra.
Tuto fotografii pořídili čeští astronomové během několika sekund v Chile a stala se fotografií měsíce v reportu NASA.

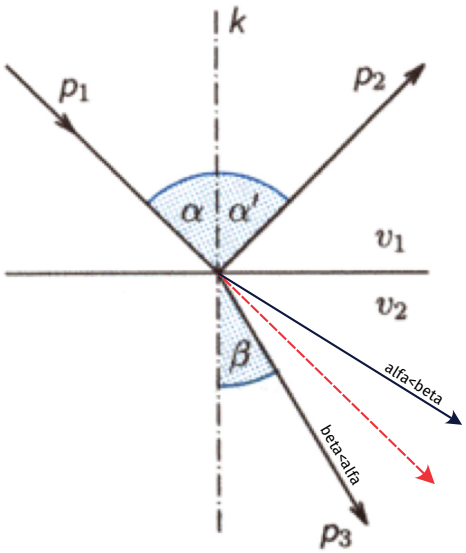
Proč se to učíme?

- Protože postavení planet a základní znalost astronomie patří k základnímu vzdělání.
- Protože světlo používáme ke své práci. Vnímání a vytváření stínů tvaruje předměty, které fotografujeme, vytváří charakter portrétů apod.
- Protože difrakce významně ovlivňuje kvalitu obrazu. Znovu se s ní setkáme v kapitole *Vady objektivů*.
- Protože difrakce ovlivňuje nastavení ideální bílé ve fotografii.

PRŮCHOD SVĚTLA HRANOLEM

Optický hranol je čiré sklo zbroušené do tvaru rovnostranného trojúhelníku.
Trochu opakování: při dopadu světla na rozhraní dvou různých optických hustot se monochromatické světlo láme. Jestliže je optická hustota n_1 menší než n_2, láme se ke kolmici (to už známe).

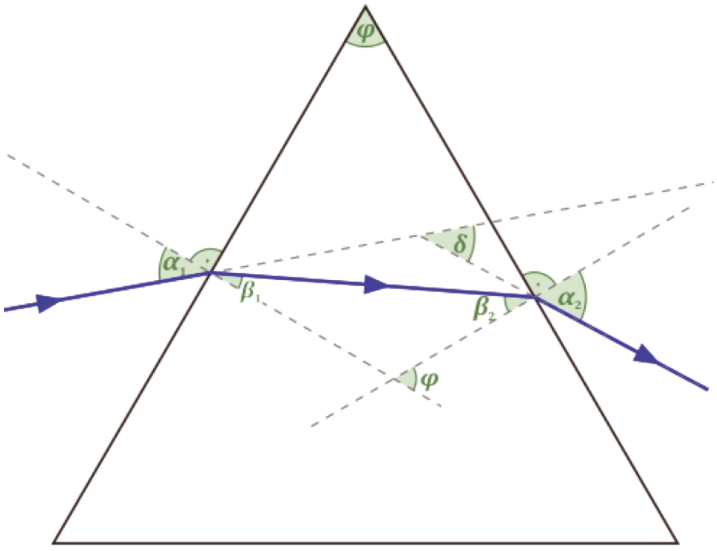
Popisuje to tzv. **Snellova rovnice:**



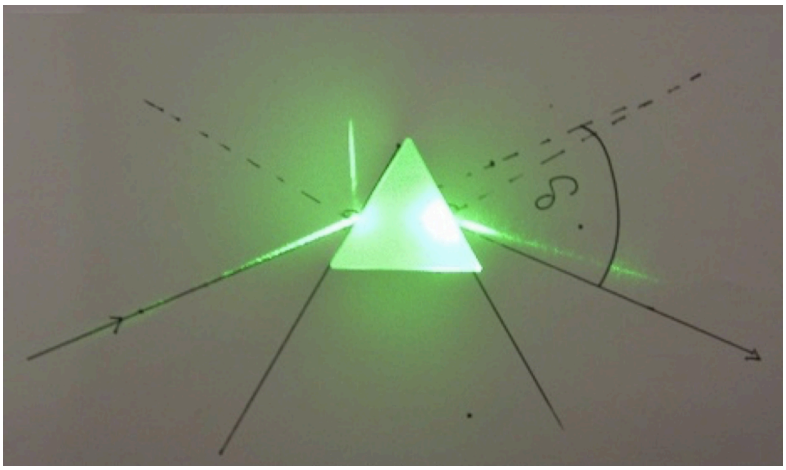
Lom světla: Při přechodu světla z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího nastává lom světla ke kolmici (beta<alfa). Při přechodu světla z opticky hustšího prostředí do prostředí opticky řidšího nastává lom světla od kolmice (alfa<beta).

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

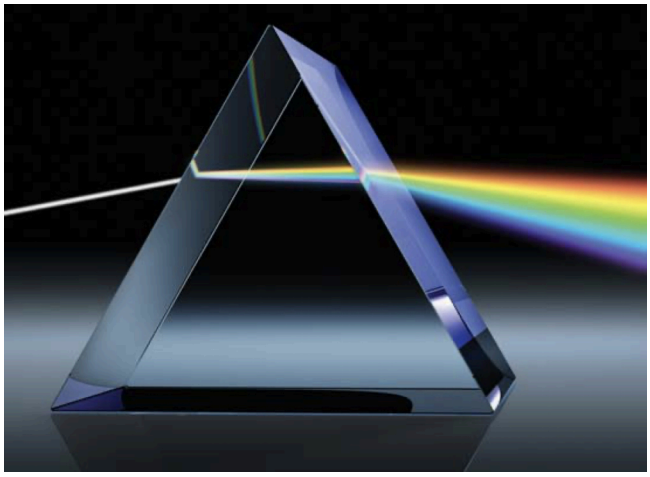
Při průchodu optickým hranolem z prostředí s indexem lomu n_1 (v_1) do prostředí n_2 (v_2) a zpět do prvního prostředí dochází ke dvojitému zlomení.

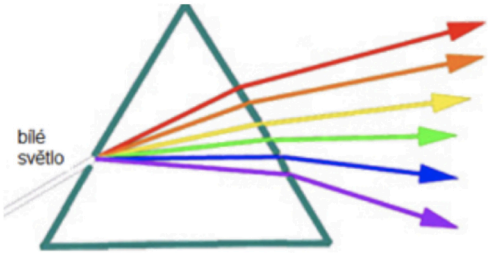


Optický hranol odchyluje paprsky dopadajícího světla od svého původního směru o úhel **δ (delta)**, který nazýváme **deviace**.

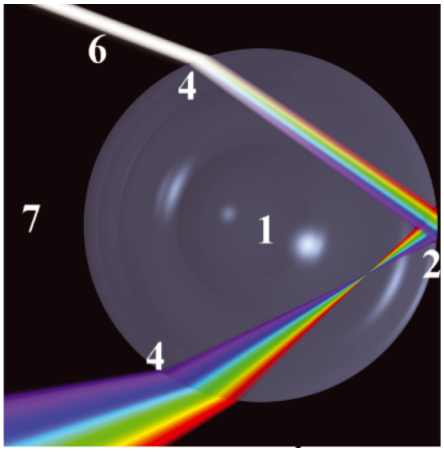


Při průchodu paprsku zdroje se spojitým spektrem se každá vlnová délka (barva) láme pod jiným úhlem a rozkládá spojité spektrum na jednotlivé složky. Při dvojím průchodu se úhly mezi barvami zvětšují.

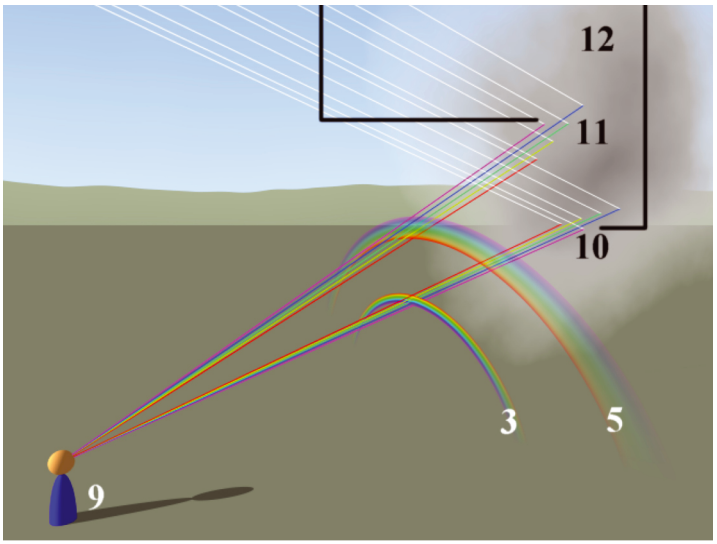




Příkladem nám může být všem známá duha. Jestliže dojdete na její konec, najdete tam buď poklad, jak praví pověst, nebo jedničku z technologie. Je to stejně pravděpodobné :-)

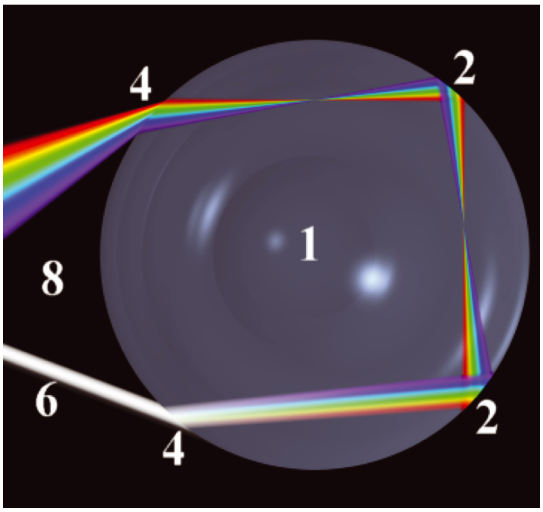


Mnemotechnická pomůcka pro pořadí barev je: **Č**ermáková **O**známila, **Ž**e **Z**ítra **M**áme **F**yziku

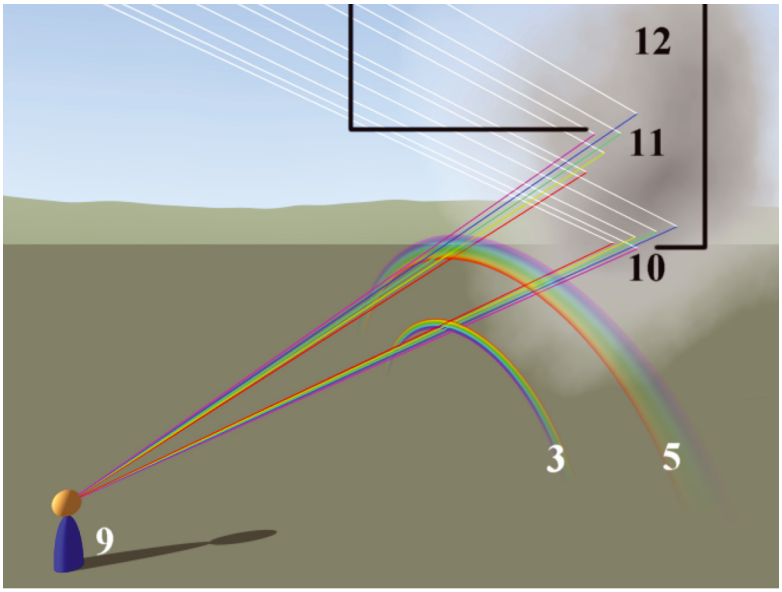


Někdy můžeme pozorovat i tzv. **sekundární duhu**, která vzniká dvojitým odrazem v kapce. Proto má **opačné pořadí barev**.

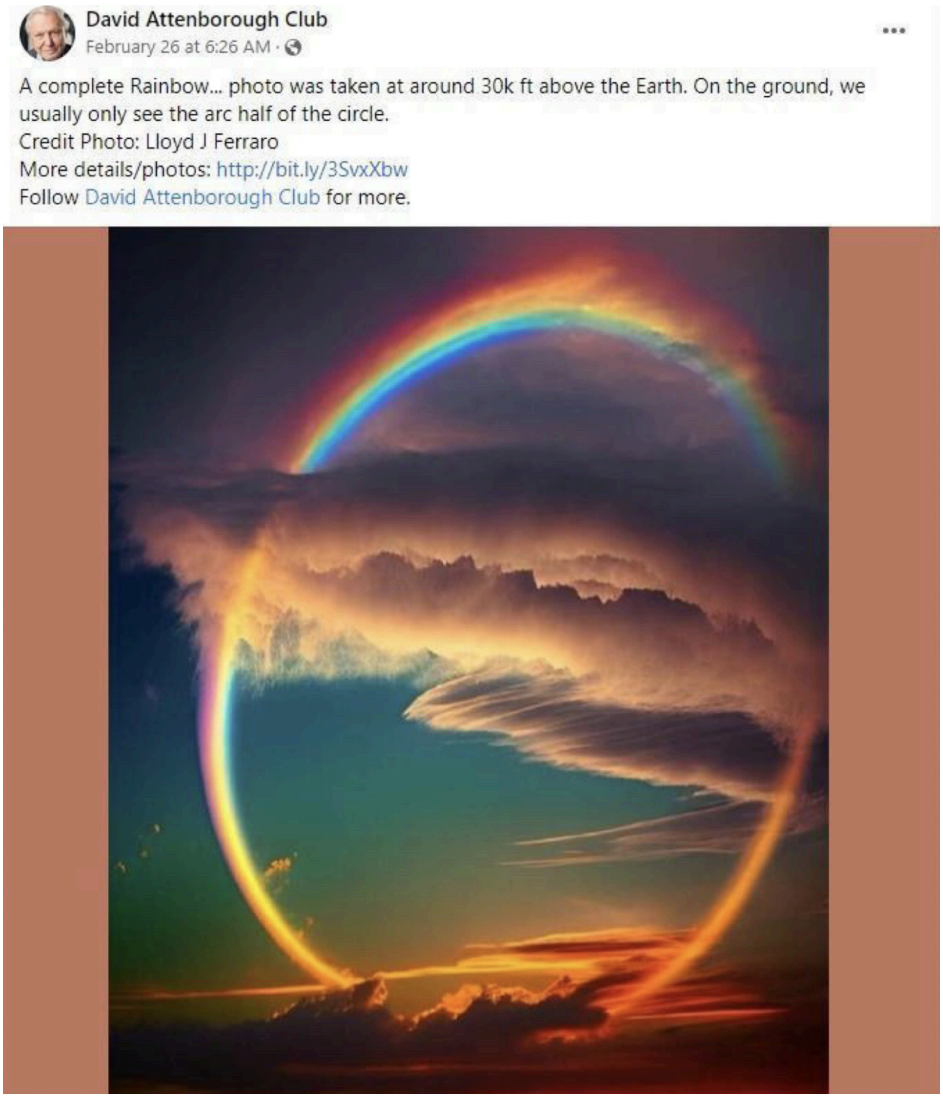
Všimněte si jednoho odrazu navíc. Ten je zmíněnou příčinou opačného pořadí.



Sekundární duha je výš než primární (cca 51° nad obzorem).



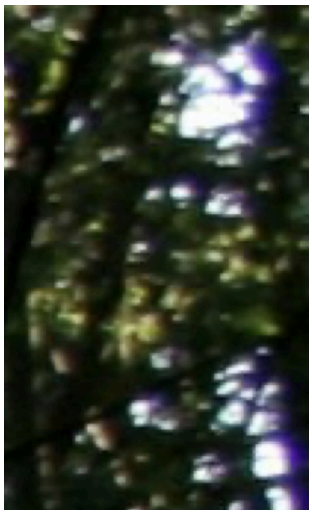
Kompletní duha: Z velké výšky nad zemí můžeme vzácně pozorovat duhu, která nekončí horizontem.

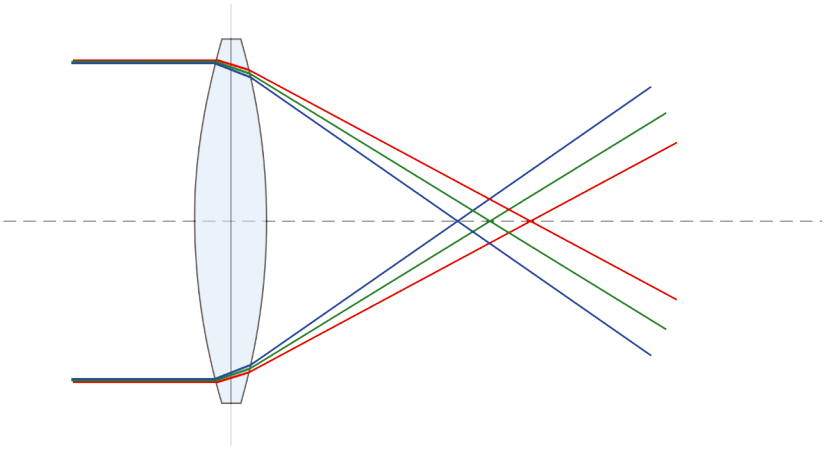


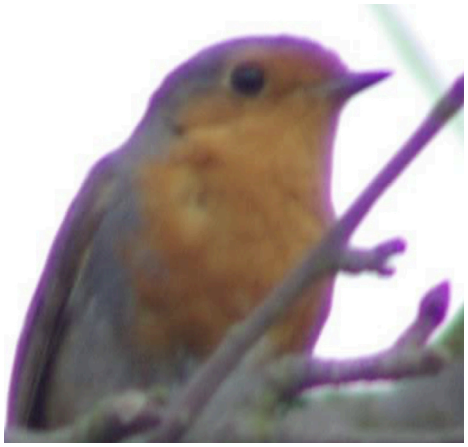
Proč se to učíme?

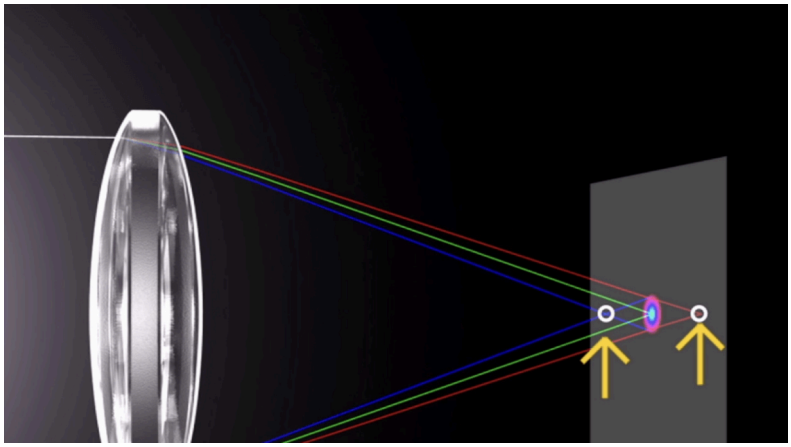
- Protože k rozkladu světla dochází i na čočkách objektivu.

  Tento jev se jmenuje **chromatická aberace** a projevuje se barevným lemováním na kontrastních hranách snímku. Více se dozvíme v kapitole o vadách objektivu.









FOTOMETRICKÉ VELIČINY

slouží ke stanovení:

1. **svítivosti zdroje** (vzájemné porovnání zdrojů světla)
2. **stanovení množství energie** vyslané zdrojem
3. **míru osvětlení** plochy nebo objektu

Subjektivní vnímání oka:

1. Oko není detektor energie - vlnové délky vnímá různě - nejlépe vnímá žlutozelenou (550nm)

2. UV záření má hodně energie, ale není vidět

Pro objektivní měření jsou dvě sady jednotek:

1. **Radiometrické** - množství energie, které se přenese zářením (není shodné s energií světelnou)

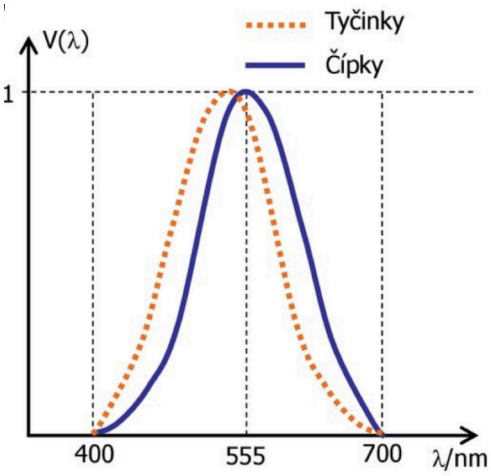
2. **Fotometrické** - záření, které je vnímáno lidským zrakem. Zároveň nekvantifikuje celkové množství vyzářené energie.

Spektrální citlivost lidského oka

Lidské oko nevnímá elektromagnetické záření různých vlnových délek se stejnou účinností.

Jednak je jeho citlivost omezena na velmi úzký interval vlnových délek 400–700 nm a ani tyto vlnové délky nejsou okem vnímány všechny stejně.

Závislost citlivosti lidského oka na vlnové délce světla vystihuje tzv. poměrná světelná účinnost monochromatického záření V (lambda).



Čípky se podílejí na vzniku zrakového vjemu při vyšších ozářeních sítnice lidského oka (tzv. denní vidění), tyčinky jsou citlivější a přebírají jejich úlohu při nízkých hodnotách ozáření (noční vidění).

Vlnová délka pro maximum čípkové citlivosti je takřka totožná s vlnovou délkou dominantní monochromatické složky ve slunečním záření, což lze považovat za důsledek evoluce lidského oka.

Za šera, kdy tyčinky přebírají světločivou funkci od čípků, je k dispozici (pomineme-li umělá svítidla) především sluneční světlo rozptýlené v zemské atmosféře. Je však dobře známo, že se právě světlo kratších vlnových délek rozptyluje nejvíce (viz např. modrá barva oblohy za dne). Proto můžeme na modrý posuv spektrální citlivosti tyčinek nahlížet též jako na zákonitou evoluční adaptaci.

Pro **bodový zdroj** zavádíme následující **fotometrické veličiny**:

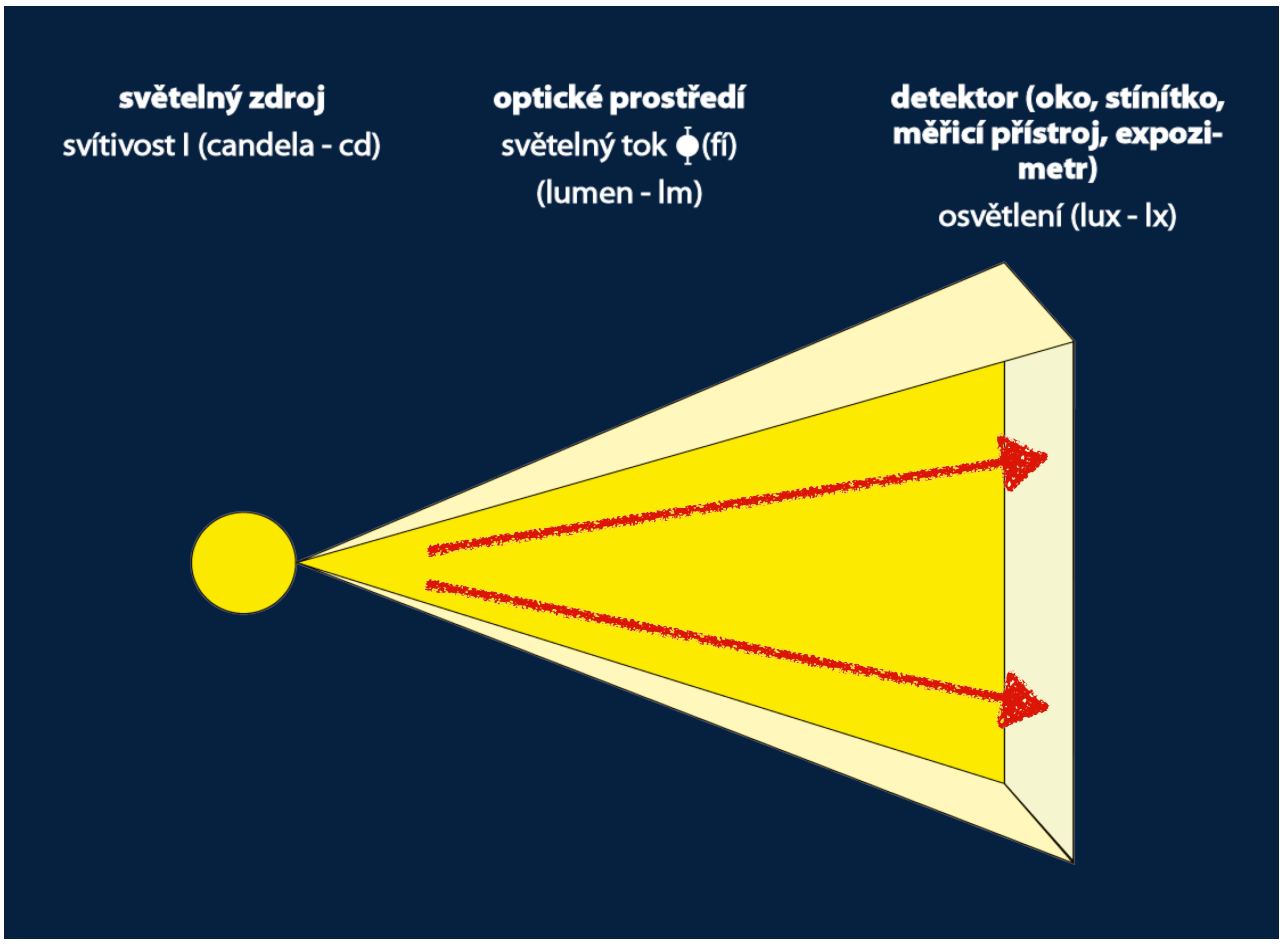
Na straně zdroje:

Svítivost I - vyjadřuje vlastnost zdroje světla

Světelný tok Φ(fí) - vztahuje se k přenosu světla prostorem

Na straně ozařovaného tělesa:

Osvětlení E_0 - určuje účinky světla při jeho dopadu na povrch tělesa

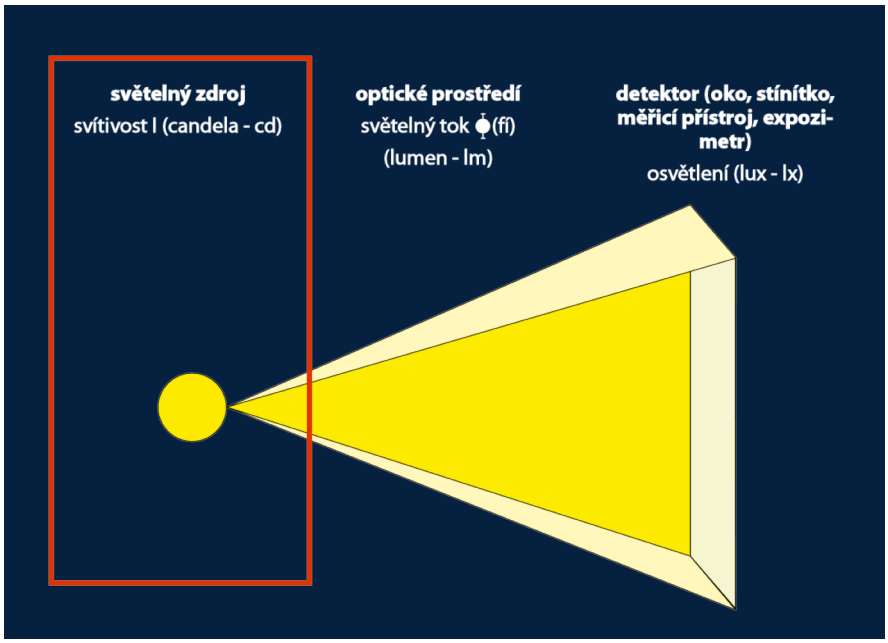


FOTOMETRICKÉ VELIČINY

SVÍTIVOST je v soustavě SI základní fyzikální veličinou.

Její jednotkou je **kandela (cd)**, která je v soustavě SI jednotkou základní.

Svítivost jedné kandely si můžeme představit jako svítivost jedné svíčky (odtud i název jednotky). Vyzáření určitého množství energie do úzkého paprsku má jiné důsledky, než když stejnou energii vyzáříme do celého prostoru.



Vyzařuje-li bodový všesměrový zdroj světelný tok Φ do prostorového úhlu o velikosti Ω, pak veličina **I** se nazývá **svítivost zdroje** (**candela - cd**).

$$I = \frac{\Delta \Phi}{\Delta \Omega}$$

SVĚTELNÝ TOK

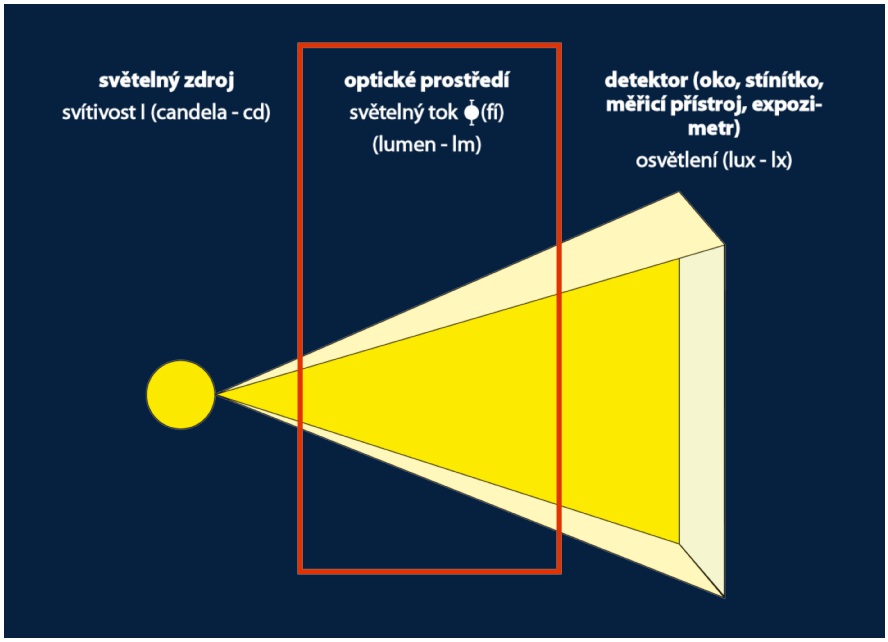
Kolik energie se vyzáří celkem (do všech směrů kam svítíme)?

Je-li **Es** světelná energie, která projde danou plochou v okolí zdroje za dobu **t**, světelný tok Φ(fí) definujeme vztahem:

$$\Phi = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Jednotkou není Watt, jak by se předpokládalo, ale tzv. **lumen (lm)**.

V lumenech se vyjadřuje např. výkon projektorů (typická velikost 2200 lumenů).



OSVĚTLENÍ

Paprsek světla se se vzdalováním od zdroje rozšiřuje a plocha ve větší vzdálenosti je méně osvětlená než plocha přímo u zdroje).

Dopadá-li světelný tok na těleso, je jeho povrch osvětlen. Tuto vlastnost tělesa charakterizuje veličina osvětlení **E (jednotka lux, lx).** Je definována vztahem, kde Φ je světelný tok světla dopadajícího rovnoměrně na plochu osvětleného tělesa obsahu S této plochy.

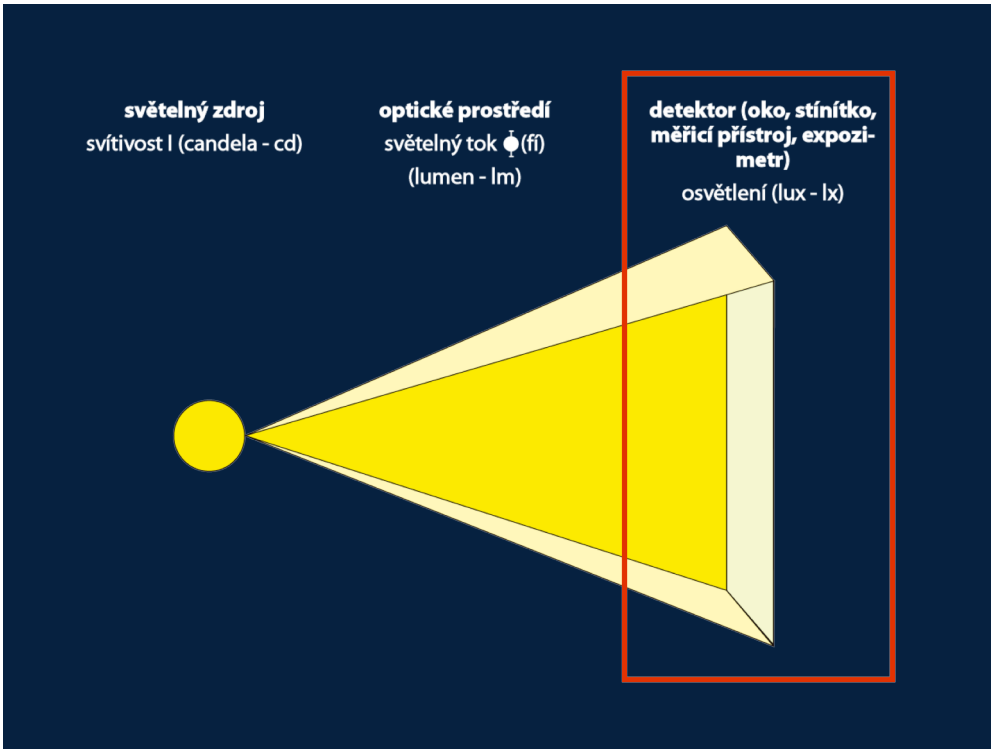
$$E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta S}$$

Plocha má osvětlení jednoho luxu, dopadá-li na ni rovnoměrně světelný tok 1 lm na 1 m2 plochy.

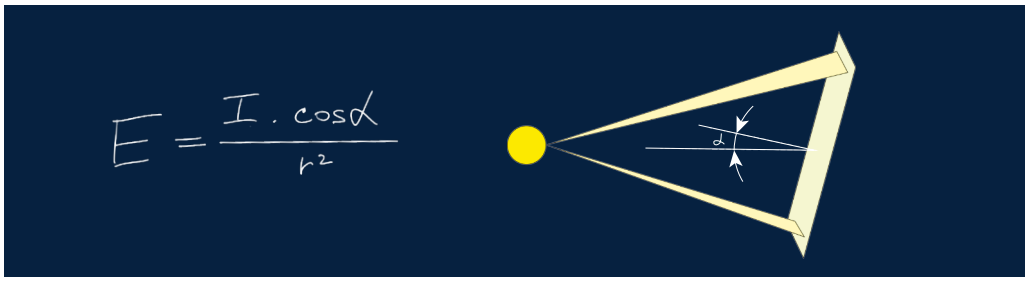
Osvětlení za některých situací:

- hranice tmy: 2 nlx (začátek reakce tyčinek)
- osvětlení chodeb: 100 lx
- doporučená hodnota pro čtení: 500 lx
- doporučená hodnota pro jemné mechanické operace: 3 – 10 tis. lx
- přímé sluneční osvětlení v poledne v zimě: 10 tis. lx
- přímé sluneční osvětlení v poledne v létě: 100 tis. lx

FOTOMETRICKÉ VELIČINY



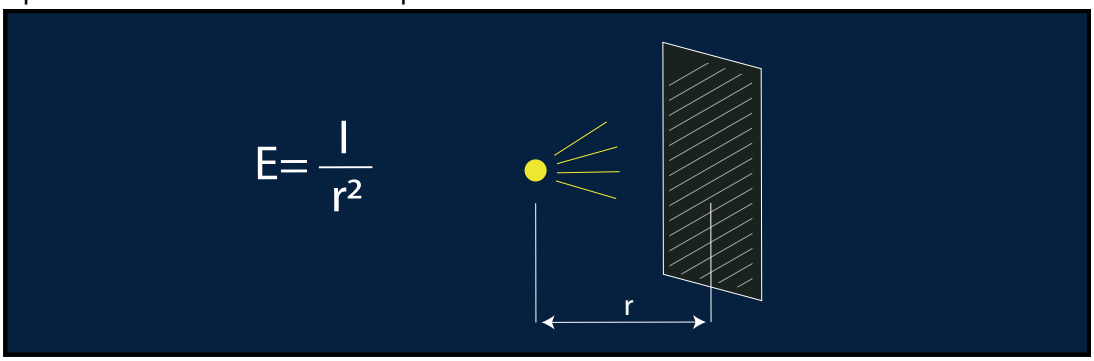
Osvětlení E dané plochy závisí na svítivosti zdroje **I**, na její vzdálenosti **r** od světelného zdroje a **na úhlu α (alfa)** dopadu světla na tuto plochu:



Z toho vyplývá, že osvětlení se zmenšuje se čtvercem vzdálenosti - to je důležité např. při rovnoměrném nasvícení reprodukce, nebo nastavení největší účinnosti solárních panelů.

Jak je to s tím čtvercem vdálenosti?

Z předešlého vzorce si vezmeme pouze :

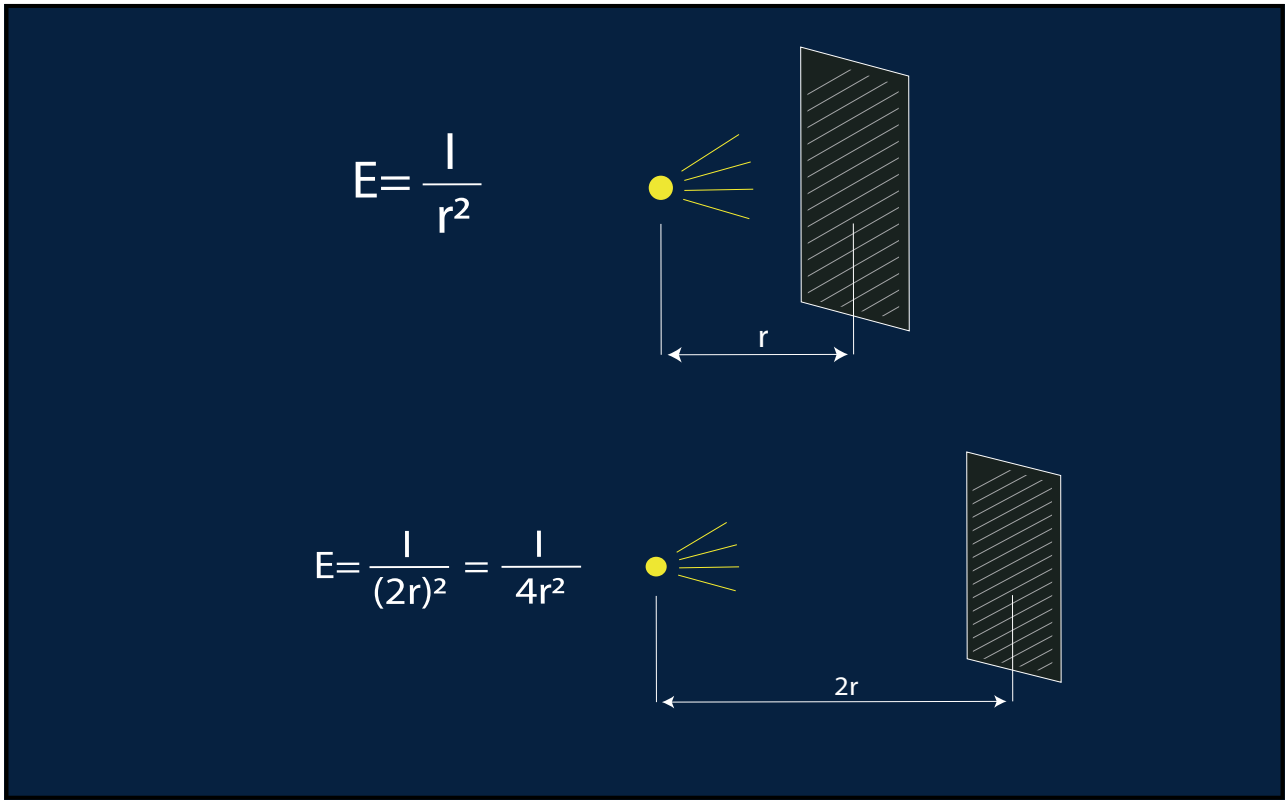


Pro jednoduchost předpokládáme , že paprsek dopadne kolmo na stínítko (objekt) ze vzdálenosti **r**.

Všimněte si, že ve zlomku je **r** umocněno druhou mocninou. Znamená to, že se osvícení stínítka zmenšuje násobně.

Příklad:

Jestliže zvětším **vzdálenost stínítka dvakrát** (2r), tak se jeho osvětlení nezmenší dvakrát, ale hned **čtyřikrát**. Tzn., že na osvíceném stínítku zaznamenáme pokles expozice o 1EV.



Proč se to učíme?

- Protože pro správné zvládání nasvícení předmětů musíme pochopit, že čím budeme mít zdroj světla blíž, tím větší bude strmost nasvícení. Tzn. že např. na ploše fotopozadí budeme mít velký rozdíl EV od jednoho konce k druhému. Jestliže budeme chtít mít pozadí nasvícené rovnoměrněji, musí být zdroj světla ve větší vzdálenosti. Z uvedených vzorců si optimální vzdálenost můžeme vypočítat.
- Pokud si budeme pořizovat vlastní světla, musíme se vyznat v jejich výkonech. U klasických žárovek a halogenů se udává výkon ve Wattech, u studiových záblesků ve Wattsekundách, u LED osvětlení v lumenech.

KVALITA SVĚTLA

Kvalita světla a jeho povaha je závislá na:

Světelných zdrojích světla

V naší Sluneční soustavě můžeme rozdělit zdroje světla na:

- vlastní - v jejich struktuře dochází ke vzniku světla - Slunce, žárovka, plamen

- nevlastní - samy světlo nevytvářejí, ale pouze odráží a rozptylují dopadající světlo

Měsíc, mraky, všechny osvětlené předměty apod.

Tyto zdroje lze dále rozlišovat jako:

reflektory – odražeče, neprůhledné, pro dané záření

refraktory – "ohýbače" / "lamače", čiré,

stínítka / matnice, poloprůhledné difuzéry.

Zdroje světla

A) PŘÍRODNÍ ZDROJE:

Kosmická tělesa:

Primární zdroje – Slunce, hvězdy: skutečně světlo vytvářejí

*Sekundární zdroj*e – Měsíc: Pouze odráží světlo z jiných zdrojů, samy nesvítí

Chemické reakce – oheň (prudká oxidace materiálu za působení kyslíku)

Biologické zdroje:

Primární zdroje – luminiscence: světlušky, různí mořští živočichové, houby

Sekundární zdroje – odrazy očí viditelné ve tmě nebo při záblesku: efekt očí nebo iridescence i obecně

Elektrické výboje – elektrický proud v plynech (oblouk, výboj, blesk)

Tektonické jevy – žhnoucí láva

PŘÍRODNÍ ZDROJE:

můžeme je rozdělit podle principu jejich vzniku:

- vznikají jako teplotní záření - žárovky
- jako elektrický výboj v plynech a parách kovů (zářivky, výbojky)
- luminiscence - podstatou je návrat excitovaných elektronů na základní hladiny a s tím spojené vyzařování přebytečné energie ve formě fotonů - diody, stínítka na obrazovkách.

Stejný princip - viz. obr. Chemické zdroje světla.

Hlavní parametry:

- životnost světelného zdroje (udávaná v hodinách)
- hodnota světelného toku a jeho spektrální složení
- svítivost a její prostorové rozložení
- jas
- teplota chromatičnosti Tc
- index podání barev Ra.

U umělých světelných zdrojů, jejichž činnost závisí na elektrické energii (pak také příkon, napětí, proud) a především **měrný výkon**, což je podíl vyzařovaného světelného toku a příkonu (vyjadřuje se tedy v lm/W). Měrný výkon charakterizuje efektivnost přeměny energie elektrické na světelnou.

B) TEPLOTNÍ ZDROJE SVĚTLA :

Teplotní zdroje, tzv. **Inkandescentní**.

Inkandescence je vyzařování světla způsobeného tepelným buzením. V těchto zdrojích vzniká světlo jako jedna ze složek elektromagnetického záření vyvolaného vysokou teplotou povrchu nějakého tělesa.

Patří sem oheň (svíčka, lampa), v němž září:

- rozžhavené částice (nejčastěji uhlíku), hoření je prudká oxidace materiálu

- slabě i žhavé plyny.

Elektroinkandescence vzniká průchodem elektrického proudu pevnou vodivou látkou s vysokou teplotou tání např. platina, wolfram atd. Pevná látka se rozžhaví na požadovanou teplotu, při které dochází k emisi viditelného záření.
Na tomto principu pracují klasické žárovky s wolframovým vláknem:
V žárovkách svítí rozžhavené wolframové (u prvních žárovek uhlíkové) vlákno.

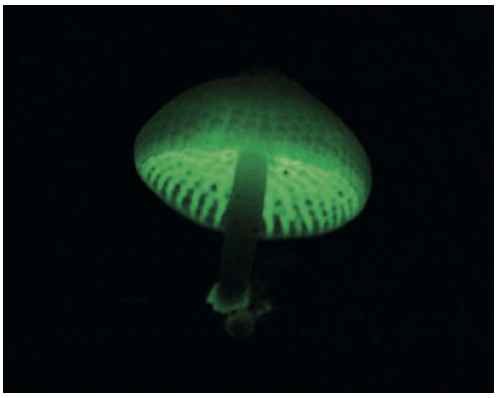
Společnou vlastností teplotních zdrojů je:

- velmi nízká účinnost přeměny jiného druhu energie na světlo (žárovka 5%)
- velký podíl energie vyzářené v podobě tepla (hlavní část)
- spojité rozložení světla ve spektru podle fyzikální křivky teplotního zářiče
- subjektivně příjemné vnímání světla lidským okem
- závislost barvy světla na teplotě zářiče
- závislost účinnosti zdroje na teplotě zářiče

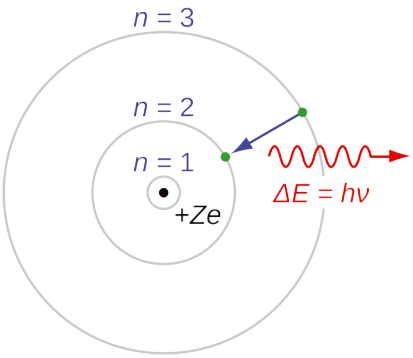
C) CHEMICKÉ ZDROJE SVĚTLA:

Jsou založeny na luminiscenci. Obvykle se s nimi lze setkat ve formě trubic sloužících pro nouzové osvětlení nebo u bezpečnostních trubic, na párty apod.

V přírodě se s nimi můžeme setkat u korýšů, hub, tlejícího dřeva apod. Potom mluvíme o tzv. **bioluminiscenci**.

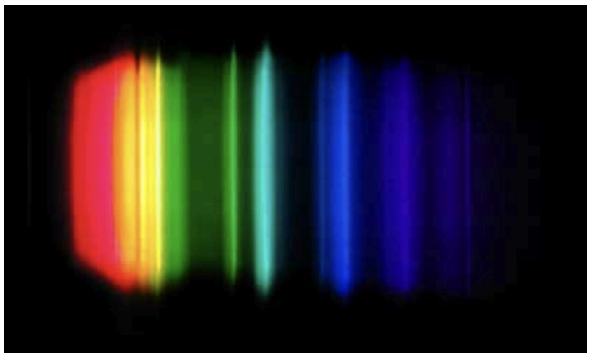


D) ELEKTRICKÉ ZDROJE SVĚTLA S NESPOJITÝM SPEKTREM:



Obvykle jde o **proud fotonů** jednotlivě vyzářených při návratu elektronů z nestabilních poloh ve vyšších hladinách do stabilní polohy v nižší hladině v elektronovém obalu nějakého atomu.

Protože energie uvolňovaná vracejícími se elektrony je kvantovaná velikostí „skoku“ mezi hladinami, mají i energie fotonů nespojitý průběh, rozdělený do tzv. emisních **spektrálních čar nebo pásů**.



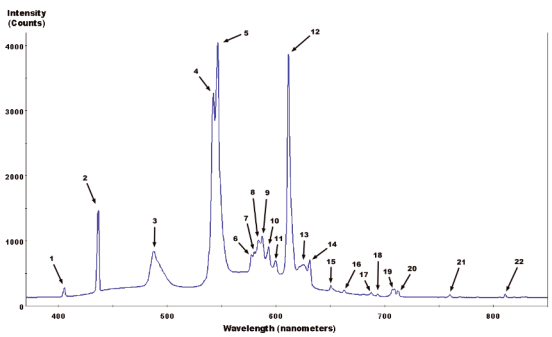
Vybuzeného stavu atomů s elektrony dočasně na vyšších hladinách, než jsou obvykle, se dosahuje procesem zvaným **excitace**. K excitaci dochází různými způsoby, například vysokou teplotou, silným elektrickým polem, nárazem částic nebo atomů s vysokou energií apod.

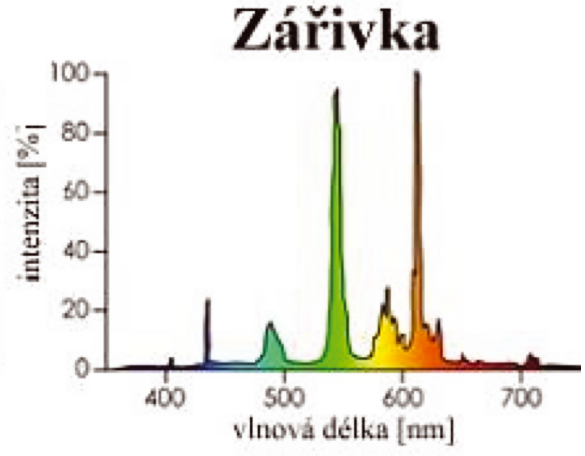
Ke zdrojům světla s nespojitým spektrem patří i lasery.

Barva světla popsaných zdrojů obvykle nebývá bílá. Podle polohy svítivých částí spektra má zdroj výraznou převažující barvu. Např. neonka, zvaná tak podle plynové náplně neonu (Ne) nebo podle barvy výboje doutnavka, svítí červeně.

Rtuťové výbojky a zářivky svítí převážně v neviditelné ultrafialové části spektra a pro získání viditelného světla je třeba použít optickou transformaci pomocí vrstvy luminoforu na vnitřní straně baňky či trubice.

Nízkotlaké sodíkové výbojky svítí převážně na žlutooranžových sodíkových (Na) čarách spektra.





Barva světla

Zdroj světla obvykle nevyzařuje rovnoměrně na všech vlnových délkách vnímaných lidským okem. Oko pak vnímá světlo ze zdroje ne jako bílé, ale barevné.

Nejvýrazněji se zbarvení uplatňuje u zdrojů s nespojitým spektrem.

Při vnímání barvy světla se projevují dvě protichůdné schopnosti:

- **pozvolná adaptace oka** - mozek se s jinou barvou světla vypořádá tak, že posune vnímání odstínů, aby se barva jevila jako bílá - viz. adaptace na zabarvená skla brýlí.
- **schopnost správného vnímání a rozlišování barevných odstínů** - důležité pro řadu lidských činností - grafik, fotograf, doprava apod.

Při osvětlení monochromatickým světlem nelze vůbec rozlišit barevné odstíny. V takovém případě oko rozlišuje pouze jasy a člověk pozná, který předmět je světlejší a který je tmavší, nikoliv jakou barvu který má.

Subjektivně je takové osvětlení nepříjemné a způsobuje zvýšenou únavu očí. Příkladem je osvětlení některými typy barevných výbojek pro technické účely.

Podobně působí při vnímání i světlo červené lampy ve fotokomoře, které ale není čistě monochromatické.

Monochromatické světlo má i své příznivé účinky. Umožňuje lidskému oku rozlišit jemnější detaily tvaru a jasu předmětů, protože při tomto druhu světla se neuplatňuje tzv. chromatická vada oční čočky, která jinak zhoršuje ostrost vidění.

Čistě monochromatické světlo vyzařuje laser.

Proč se to učíme?

- Protože kvalita a barva světla zásadně ovlivňuje kvalitu obrazu. Ten se, jako fotografové, snažíme co nejvěrněji zachytit nebo kreativně využít.
- Rozdílnou povahu zdrojů světla je třeba znát pro jejich správné využití, korekci apod.
- Jak ovlivňuje kvalita světla fotografickou práci se dozvíme v následující kapitole.

KVALITA SVĚTLA PRO FOTOGRAFY

I zdroje světla, které nám pomáhají s fotografií (tím, že nasvětlují scénu), můžeme rozdělit na **přírodní a umělé**.

1. Přírodní

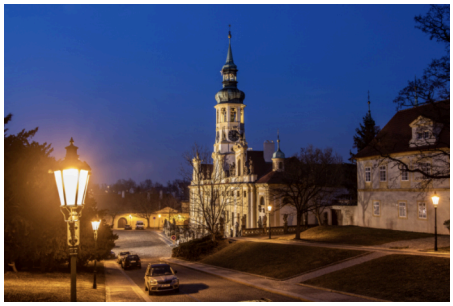
Přírodní zdroje mají jednu zásadní vlastnost: nemůžeme ovlivnit jejich intenzitu, směr, barvu apod. Nachází se na scéně bez fotografova přičinění

- Slunce - můžeme považovat za bodový zdroj světla, nekonečně vzdálený
- odraz Slunce - Měsíc
- hvězdy
- luminiscence živočichů a rostlin - mořští tvorové, houby, tlející dřevo
- blesk za bouřky

V této skupině můžeme i uvažovat:

- pouliční osvětlení
- osvětlení budov a památek

Toto osvětlení se považuje za základní, nemůžeme je přímo ovlivnit.



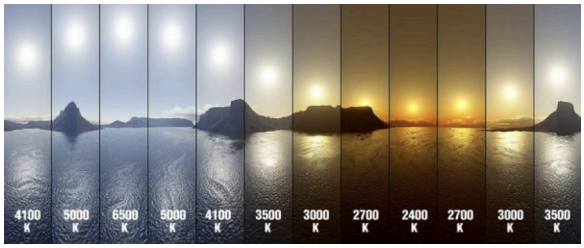
VLASTNOSTI PŘIROZENÉHO ZDROJE SVĚTLA:

INTENZITA (svítivost)- měřitelná, I - jednotka candela /cd/, nebo EV

BARVA (teplota chromatičnosti)- ovlivněná zdrojem záření, jeho spektrálním složením - jednotka Kelvin (K).

Barva světla ovlivňuje jak celkové barevné podání scény, tak ovlivňuje barevné podání předmětů - sčítání barev.

Teplota chromatičnosti se kompenzuje nastavením vyvážení bílé (digitál) nebo korekčními filtry (analog), nebo použitím správného materiálu (např. T filmy pro umělé světlo).



SMĚR - Umístěním světelného zdroje vůči fotografované scéně určujete polohu stínů. Stíny jsou důležité pro získání představy 3D objektu, který je reprodukován 2D fotografií.

Čím ostřejší úhel k reprodukovanému předmětu bude mít zdroj světla, tím dostaneme delší a výraznější stíny.

Viz deklinace slunce. **Deklinace** je v podstatě úhel, který svírá sluneční paprsek dopadající na Zem a úsečka mezi objektem a horizontem (výška slunce nad horizontem).

Pro fotografování architektury je deklinace zásadní, neboť arch. objektem se nedá pohnout, Sluncem také ne. Jediné, čeho můžeme využít je čas. V něm se mění postavení Slunce k Zemi. A to jak v denní, tak i roční době. Např. severní stěny objektů můžeme nejlépe fotografovat v ranních a večerních hodinách kolem Slunovratu (19. června). V zimě je východ Slunce posunut tak daleko na jih, že severně položené objekty vůbec neosvítí.

Mezi fotografy památek v Praze kdysi koloval kalendář s ideálními časy a roční dobou pro každý významný objekt.

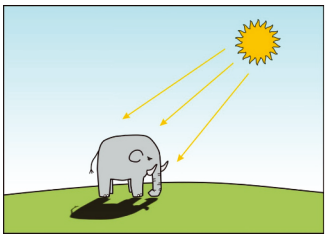
VLIV NA SMĚR SVĚTLA A BAREVNOST

ZIMA

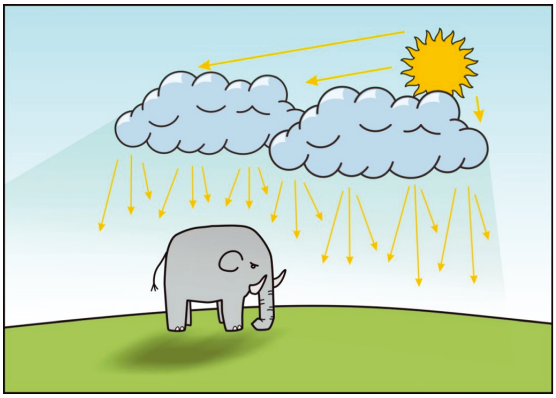
Hodina	Azimut (st.)	Deklinace (st.)	Teplota (K)
9	138	6	1800
10	151	11	3500
11	164	15	4400
12	179	16	5000
13	193	15	5000
14	207	12	4400
15	219	7	3500
16	231	0	1800

Další významný činitel kvality světla je kontrast. Ten je určen tím, zda je světlo přímo od zdroje (mezi zdrojem a objektem není žádná překážka) nebo rozptýlené.

PŘÍMÉ - mezi zdrojem a předmětem nedochází k žádnému odrazu, lomu nebo rozptýlení. Takové světlo vyrábí ostré a temné stíny, kontrastní scénu. Vhodné pro architekturu. Díky stínům jsou výraznější struktury. Např. pleť vyjeví všechny své nedostatky.



NEPŘÍMÉ - mezi zdrojem a předmětem se nachází překážka, která mění charakter světla. Nejpřirozenější překážkou je oblak.
Stíny jsou potom měkké, vhodné např. pro portréty. Jen pozor na správné nastavení bílé - modrá obloha je také odrazná plocha.



2. Umělé

Umělé zdroje světla jsou vyrobené člověkem. Z toho vyplývá, že můžeme měnit jejich vlastnosti. Podle doby trvání osvětlení je můžeme rozdělit na **stálé a zábleskové**.

STÁLÉ- světelný tok je vyzařován vlastním zdrojem světla:

- žárovkové - poměrně malá účinnost, vysoká teplota, chromatičnost kolem 2500 K, barva je závislá na výkonu, napětí apod.

- halogenové - obdobné jako žárovka trubice je plněna vzácným plynem pro vyšší účinnost

- LED - luminiscenční zdroj - různé chromatičnosti, vetšinou nespojité spektrum.

Reflektory s LED svítidlem se vyrábí i ve verzi, která obsahuje LEDky v RGB složení, takže poměrem výkonů jednotlivých složek R-G-B můžeme ovlivňovat barevnost zdroje, i celkový světelný výkon.

- DAYLIGHT - úsporná žárovka, nemůže se používat stmívač (ovlivňovat výkon), teplota většinou 5500 K.

POROVNÁNÍ:

Výhody:

- cena

- máme možnost porovnávat světelné výkony a barevnosti, kombinace s ostatními světly. Zdroj světla je zároveň zdrojem pro expozici, na rozdíl od zábleskových zařízení.

Nevýhody:

- malá účinnost a velký tepelný výkon u žárovek

- LED - nespojité spektrum, relativně malý světelný výkon - malé EV

ZÁBLESKOVÉ

viz. zvláštní kapitola o zábleskových zařízeních str. 78.

Modifikace (proměna) zdrojů světla

Přírodě i umělému záblesku můžeme pomoci difuzérem - průsvitnou tkaninou, která světlo změkčí.

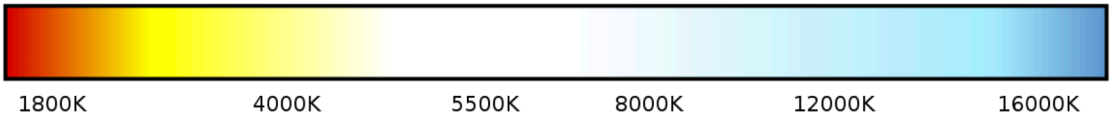
Dále využíváme odrazné desky (i různých barev) pro změkčení stínů nebo jako druhého zdroje světla.

BAREVNÁ TEPLOTA (CHROMATIČNOST)

Barevná teplota je fyzikální veličina, která charakterizuje světlo se spektrem podobným tepelným zářičům.

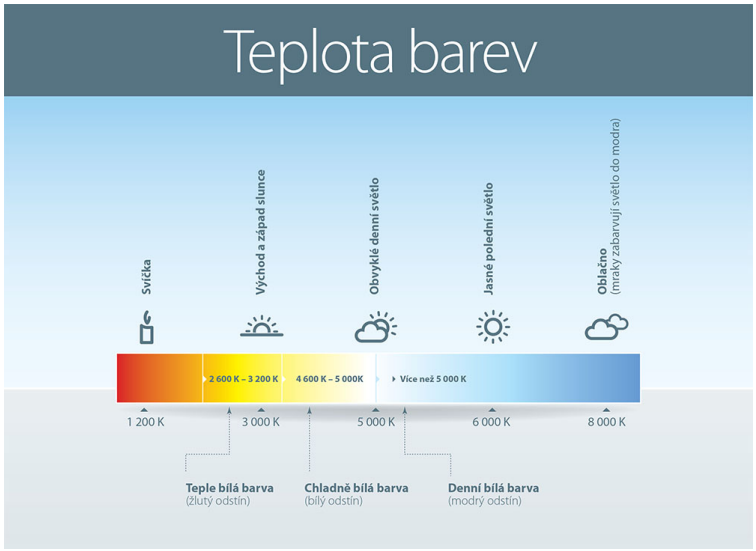
Světlo určité barevné teploty má barvu tepelného záření vydávané černým tělesem, zahřátým na tuto teplotu. Vzbuzuje v lidském oku stejný barevný vjem jako daný zářič.

Značení T, jednotka K (Kelvin)



Tato veličina je vhodná pro charakterizaci pouze takového záření, které vykazuje stejný barevný vjem jako složené tepelné záření (sálání).

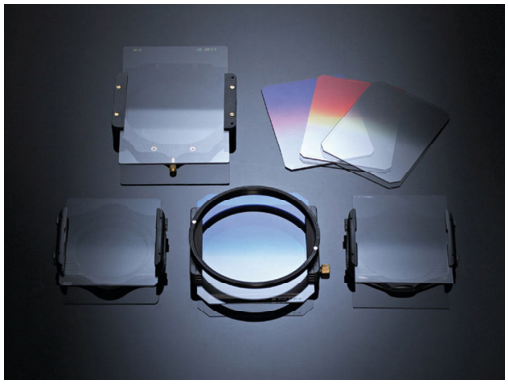
Jeví se ve výsledku jako červené, žluté, bílé či modré (nelze např. použít pro zelené či fialové světlo – tepelné záření s maximem o vlnové délce zeleného světla se díky složení se zářením okolních vlnových délek jeví jako bílé.



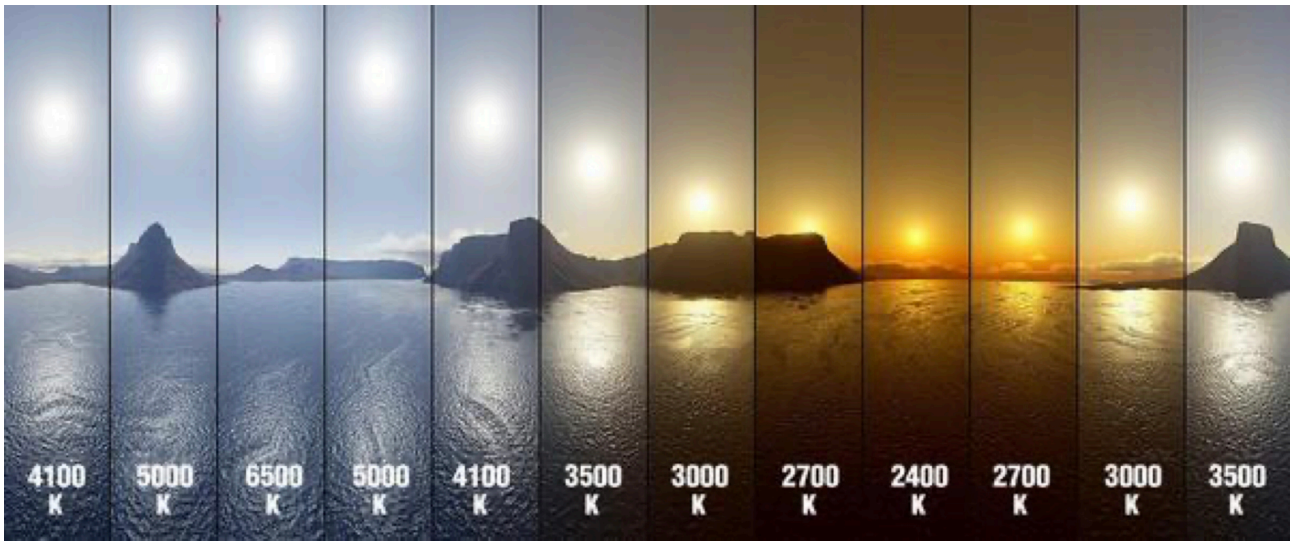
Zrak člověka má schopnost barevnou teplotu subjektivně přizpůsobovat světelným podmínkám – bílý papír vnímá jako bílý, i když je vlivem osvětlení zabarvený. Fotoaparáty a kamery se naproti tomu musí na barevnou teplotu nastavovat – vyvažovat. Lidské oko dokáže takto adaptovat i obraz silně ovlivněný barevným světlem – v lidském mozku existuje oblast, jakási paměť pro barvy, která si pamatuje, jakou barvu by rámcově měly mít věci, s kterými daný jedinec přichází do styku (obloha, vegetace, lidská pokožka, ...).

Moderní digitální fotoaparáty jsou též zpravidla schopny vyvážení bílé odhadnout automaticky, ale v některých situacích je výhodné prostředí napevno nastavit – často se tak dá předejít například oranžovému zabarvení snímků pořízených v žárovkovém osvětlení nebo naopak modrému nádechu u fotek při zatažené obloze.

Filmový materiál je naproti tomu většinou kalibrován na denní světlo, a barevné tónování se upravuje buď speciálními filtry našroubovanými na objektivu (popř. na zasunuté do systému Cokin), gelovými filtry vkládanými na svítidla a nebo dodatečně při vyvolávání v laboratoři.



Slunce je viděno ze Země jako červené jen při svém východu a západu, tedy když je nízko nad obzorem a sluneční světlo na Zemi dorazí až poté, co vykonalo dlouhou (delší) cestu nižšími a hustšími vrstvami atmosféry. Molekuly vzduchu více rozptylují kratší vlnové délky světla (modré světlo), takže to se k pozorovateli dostane už zčervenalé. Právě díky rozptýlenému (nepřímému) světlu se obloha jeví jako modrá. Obsahuje-li ovšem atmosféra velké množství vodních par, dojde k absorpci i vlnových délek odpovídajících modré barvě a dešťové mraky se pak na obloze jeví, jako že mají šedou až černou barvu.



Teplota chromatičnosti slunce během dne

Nastavení správné chromatičnosti

Barvy na snímku by se měly shodovat s barvami scény, jak ji vidí lidské oko.

Máme tři možnosti, jak přístroj nastavit:

1) Automaticky
2) Přednastavené zdroje světla
3) Manuálně

1. **Automatické**
   Automatické nastavení chromatičnosti, neboli nastavení bílé (WB - whitebalance) najdeme většinou pod zkratkou AWB, nebo pod položkou AUTO v menu Vyvážení bílé. Pokud zvolíme tuto možnost, firmware fotoaparátu sám určí z většinových odstínů scény správné nastavení.

2. **Podle přednastavených zdrojů**
   Pokud známe barevnost zdroje světla nebo se rozhodneme pro ten, co většinově nasvěcuje scénu, můžeme použít přednastavené hodnoty. Povahu zdroje napovídají kryptogramy.

Zleva: **Slunce** (bílé světlo za jasného dne), **fotografování ve stínu** (velký podíl modré složky), **zatažená obloha** (světlo lehce modré), **žárovka** (světlo výrazně žluté), **zářivka** (světlo s výraznou zelenou složkou), **blesk** (jako denní světlo, jen trochu studenější).

3. Manuálně

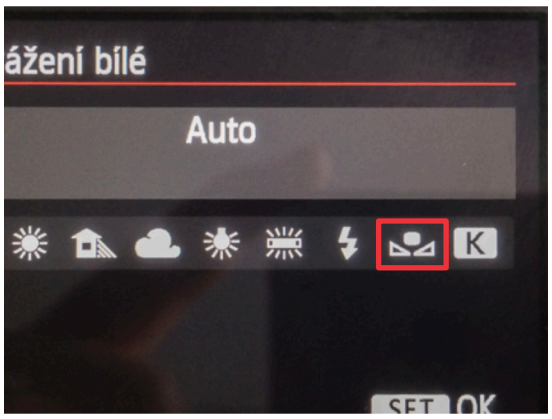
Pokud nám nevyhovují přednastavené hodnoty, nebo chceme nastavit chromatičnost přesněji, máme k dispozici další dva nástroje:

A) Přesně v Kelvinech

Většina zdrojů určených k fotografování mají přesně nastavenou barevnou teplotu. Např. studiové blesky 5000 – 5500K, fotografické žárovky 3200K, žárovky s modrým filtrem 5000K. Toho můžeme využít a nastavit přesně hodnotu v Kelvinech.
Toto nastavení můžete použít v případě, že chcete snímek barevně posunout, např. do teplejších tónů.

B) Měřením bílé plochy (ze snímku)

Pro nejpřesnější nastavení potřebujeme čistou bílou plochu, kterou vyfotíme (Canon) a určíme v podmenu, že tato plocha představuje ideální bílou, nebo na ni namíříme část hledáčku (Nikon, kamery apod.).



Barevné prostory

Co je barevný prostor?

Barevný prostor je rozsah barev, který je schopen snímač fotoaparátu, kamery nebo třeba skeneru schopen zaznamenat. Ale používá se i u zobrazovacích zařízení – monitoru, displeje – a také u reprodukčních strojů, hlavně tiskáren.

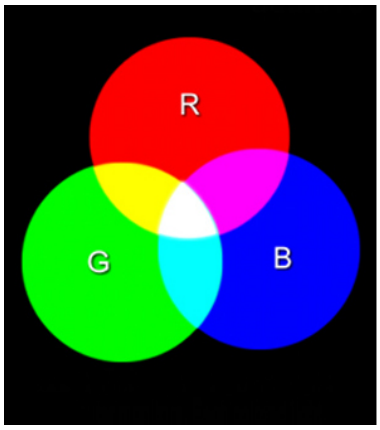
Existuje několik barevných prostorů – RGB, CMYK, HSL, LAB i jiné. Nejznámější barevný model je **RGB** používaný v digitální fotografii a **CMYK** používaný v barevném tisku.

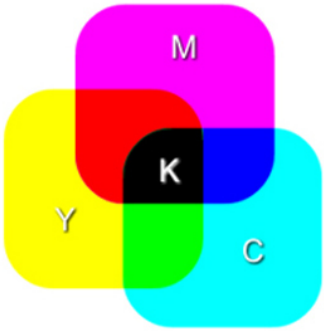
Rozdíl mezi RGB a CMYK

RGB a CMYK jsou barevné škály, kde každé z písmen označuje jednu barvu:

RGB – Red, Green, Blue – červená, zelená a modrá barva.

CMYK – Cyan, Magenta, Yellow, Key (Black) – azurová (tyrkysová), purpurová, žlutá a černá.





RGB

Funguje na **aditivním způsobu míchání barev.** To je takzvaná sčítací metoda míchání barev, při které se barvy k sobě přidávají.

Používá se všude tam, kde barvy vyzařují, svítí a kde není třeba k zobrazení obrazu vnější, například denní světlo – barevné monitory, televizory, projektory, scannery, displeje, ale také snímače digitálních fotoaparátů a kamer.

Výchozím stavem je černá.

Když se všechny tři barvy smíchají, rozsvítí, vznikne bílá.

Pokud vidíme všechny tři barvy ve stejném množství, vidíme bílé světlo. Čím více je světla, tím je jasnější a naopak - méně je šedivá. Pokud jednotlivé složky nejsou stejné, vidíme barvu.

Každý obrazový bod, který tvoří obrazovku, je ve skutečnosti trojice barevných proužků uspořádaných těsně vedle sebe.

Digitální fotoaparát a jeho čip funguje na stejném principu.

Ve skutečnosti je svět kolem nás RGB. Věci se ale mění, jestliže je chceme vytisknout.

CMY a CMYK

Funguje na subtraktivním způsobu míchání barev. Označuje takzvané **rozdílové (substraktivní) míchání barev**, kdy se postupným barvením ubírá část původní barvy – barvy se od sebe odečítají.

Používá se tam, kde se pro zobrazení barev používá odražené světlo, například v tiskárnách fotografií. Tiskárna v různém poměru barev jednotlivé složky barev v režimu CMY namíchá pro tisk.

Výchozím stavem je bílá, např. bílý papír.

Když se všechny tři základní barvy smíchají, vznikne černá. Aby se však zbytečně neplýtvalo barevnými tonery, používá se čtvrtá složka – černá. Některé pokročilejší tiskárny disponují i dodatkovými barvami pro lepší podání např. pleťových tónů, odstínů zelené apod.

Převod mezi barevnými prostory

Snímač digitálního fotoaparátu zaznamenává scénu do barevného modelu RGB. Fotografii na počítači, na monitoru, upravujete rovněž v RGB. Ale tisk už probíhá v barevném režimu CMYK.

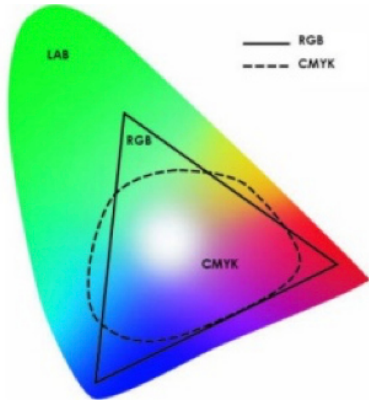
Problém je v tom, že barevný prostor CMYK má menší rozsah barev (gamut) než RGB, navíc každý výrobce barvy má svůj specifický odstín, který se při tisku (a míchání) projeví.

To znamená, že některé barvy, které vidíte na monitoru, nejsou na CMYKové tiskárně tisknutelné. To platí hlavně u sytě červené, modré a zelené barvy, jak vidíte na obrázku.

ICC a gamut

Pro správnou interpretaci RGB barvy pro tiskové CMYK musíme mít v podstatě předpis, jak barvy dobře smíchat, aby zařízení vědělo, jak je použít. Proto existuje takzvaný **ICC profil**. Existují jak pro monitor, tak pro tiskárnu, skener i fotoaparát. Ideální je, když pro výstupní zařízení máte tento profil (malý souor) k dispozici a můžete před tiskem vaši fotografii zkonvertovat přímo do ICC profilu tiskárny.

Porovnáte-li dvě různá zařízení, kde jedno bude mít zářivější inkousty, tak to bude schopné přenést na papír o mnoho víc odstínů barev. Rozsah těchto barev, které můžete reprodukovat, se nazývá gamut.



Pracovní prostory

Adobe RGB: je vhodný pro ty, kteří budou zpracovávat a tisknout soubory na tiskárně. Vyznačuje se širokým gamutem. Ovšem ne každý monitor je schopen tento gamut zobrazit. (Např. Výrobce EIZO takové monitory vyrábí).

sRGB: neboli standard RGB - je vhodný použít tam kde výstup se bude zobrazovat na běžných kancelářských monitorech průměrného uživatele, nebo pro zpracování fotografií v komerčních minilabech. Jeho gamut je ořezaný, menší než AdobeRGB.

CMYK: Pro kontrolu nad převodem do CMYKového profilu využijte nabídky Adobe Photoshop: Obraz-Režim-Převést do profilu. V horní části se ukáže, z jakých barev je RGB vytvořen. V cílovém prostoru vyberete požadovaný CMYKový profil (ideálně importovaný od vašeho zařízení).

Většina obrázků má mnoho barev, které se do gamutu zařízení prostě nevejdou. Volby v roletové nabídce **Reprodukce** určují, co se s takovými odstíny má stát.

Perceptuální: V podstatě všechny barvy (vč. Tisknutelných) posune tak, aby se vešly do gamutu tiskárny.

Sytost: Tato volba vezme nejvíce syté barvy obrázku a zajistí, že budou nejsytějšími v tisku. Obrázek bude vypadat hezky, ale neberou se v úvahu rozdíly v jasu, tónu a sytosti barvy. Ideální je pro komerční grafiku, grafy apod., kde má být vysoká sytost a živost.

Realitvní a Absolutní kolorimetrická: obě volby posouvají do tisknutelného gamutu jen ty, které jsou ve CMYKu netisknutelné. Relativní ponechává bílou v RGB i ve CMYKu. Rozdíl je tedy v bělosti papíru.

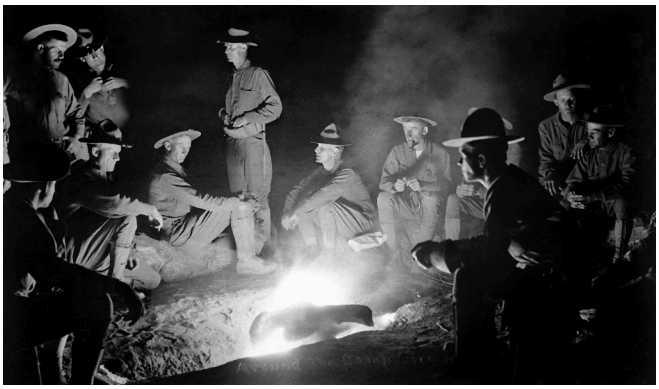
ZÁBLESKOVÁ ZAŘÍZENÍ

Zábleskové zařízení jsou zdroje světla, která dokáží vyzářit velký světelný výkon během velmi krátké doby.

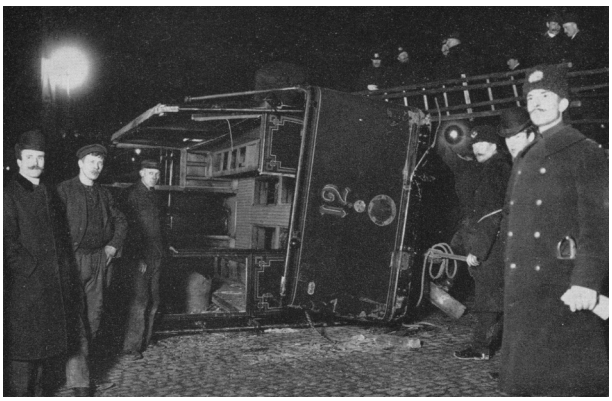
Jako první člověk na světě prováděl pokusy s fotografickým bleskem William Fox Talbot v červenci 1850. Použil k tomu nejspíše statickou elektřinu, nashromážděnou v leydenských lahvích. Jako fotografovaný objekt mu sloužila stránka novin Times, připevněná na rychle se otáčejícím kole, ale podle svých představ neuspěl. O svém pokusu řekl:

Je v našich silách zachytit obraz pohybujícího se objektu, pokud budeme schopni osvítit jej náhlým elektrickým výbojem.

Nejstarším „bleskem“ byl ručně zapalovaný hořčíkový prášek. Později byly hořčíkové náplně umisťovány do skleněných baněk a zapalovány elektrickým kontaktem napojeným na závěrku. Baňky se daly použít jen jednou a po záblesku byly tak horké, že s nimi nešlo manipulovat. Oproti původní malé explozi ale stále představovaly významný pokrok. S umělým osvětlením pro noční snímky experimentoval William Bell (1830–1910), scénu osvětloval zapálením hořčíkového drátu.



Valentin Wolfenstein: fotografie pořízená s bleskem ve švédském divadle, 1894



Axel Malmström: fotografie nehody tramvaje, pravděpodobně první venkovní fotografie s bleskem ve Švédsku, Slussen (1905)

Dnešní blesky jsou většinou elektronicky řízené xenonové výbojky – proud o vysokém napětí při průchodu plynem vytvoří elektrický oblouk generující světelný záblesk.

Z hlediska použití je můžeme rozdělit na dvě skupiny:

- systémový blesk

- studiový blesk

Systémový blesk

Systémové blesky můžeme rozdělit na:

INTERNÍ - jsou přímo na těle fotoaparátu

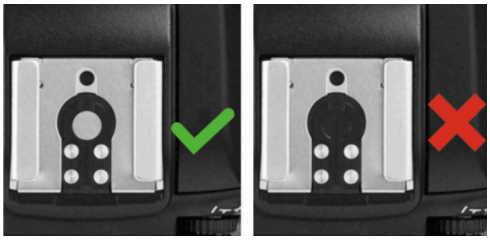
Výhodou je jejich skladnost - nezabírají žádný prostor navíc

Nevýhodou je, že jsou umístěny blízko optické osy, takže osvětlují předměty přímo zepředu, nejdou příliš usměrnit, jejich výkon je slabý.

EXTERNÍ - jsou větší, vzdálené od opt. osy, jdou vyklápět, směrovat, používají filtry, rozptylky.

Externí systémový blesk je propojen s tělem fotoaparátu pomocí tzv. sáněk, které najdete v horní části fotoaparátu, u zrcadlovek nad hranolem.

Ty jsou opatřeny kontakty pro komunikaci. Prostřední kontakt slouží pro odpálení blesku, malé kontakty kolem něj pro měření síly záblesku.



TTL - Through the lens

Pokud je systémový blesk kompatibilní s výrobcem fotoaparátu, probíhá měření záblesku tzv. **TTL - Through the lens**, což znamená **skrz objektiv**.
- zohledňuje se zaostřovací bod,
- měří se vzdálenost zaostřeného objektu (vzdálenost popředí),
- na základě toho se nastavuje zoom hlavy blesku a celkový výkon.

Měří se tedy přesné množství světla procházející na senzor fotoaparátu. Moderní fotoaparáty k tomuto měřeni přidávají ještě něco navíc a to kratičký předzáblesk

Měření síly blesku s funkcí TTL probíhá na zrcadlovkách následovně:
S fotoaparátem v ruce zaostříte na modelku, zmáčknete spoušť do poloviny (změří se expozice scény) bez použití blesku, domáčknete spoušť.
V tu chvíli se ale stane několik podstatných věcí:
Vestavěný / externí blesk vyšle velice krátký a slabý „předzáblesk“, opět se měřícím senzorem změří expozice scény (použije se maticové měření expozice se zohledněním zaostřeného místa), zohlední se nastavení kompenzace zábleskové expozice.

Celé to ale nekončí, protože se následně vše „přepočítá“ (nyní je zbytečné zabíhat do podrobností), sklopí se zrcátko, otevře se závěrka, dojde k hlavnímu záblesku podle předchozího měření expozice a výpočtů, následuje už jen vyfotografování a uložení samotného snímku na paměťovou kartu.

Nejlépe provedený záblesk je ten, který na fotografii není znát.

Jak na to?

Pokud budeme svítit TTL bleskem na plnou automatiku, potom většinou máme tmavé pozadí, přesvětlené popředí.

Expozice snímku bude vyrovnanější, když exponujeme podle expozimetru, někdy trochu pod, a ttl blesk necháme přisvítit scénu. Dosáhneme lehkého přisvětlení, lesk v očích.

Ideální je, když blesk můžeme sundat z těla. Propojíme ho buď kabelem, který umí TTL, nebo obyčejným koaxiálním (X-kontakt). Potom ale musíme přejít do manuálního nastavení.

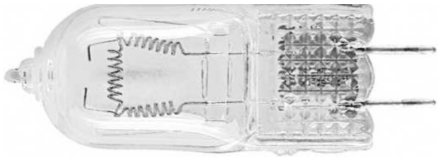
Leckterá těla zrcadlovek mají přímo na sobě konektor X, nebo existuje i redukce do sáněk.

Další možností TTL blesku mimo tělo je speciální **zařízení pro makrofotografii**.

Tam jsou hlavy blesku umístěny v blízkosti vstupní čočky objektivu. Lze s nimi manipulovat, řídit jejich výkon, i nezávisle.

Studiové blesky

Jsou to blesky, které jsou odděleny od těla fotoaparátu, disponují velkým výkonem, mají tzv. pilotní světlo. Mohou být napájeny ze sítě, ale i z baterie.



Hlavní části blesku jsou:
pilotní světlo, výbojka, tělo s baterií kondenzátorů, elektronika, výměnný reflektor.

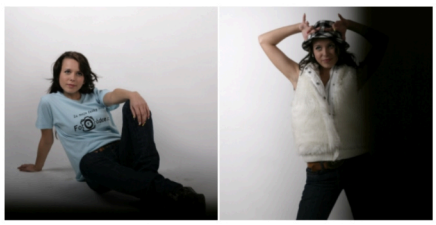
Pilotní světlo - je vytvářeno pomocí pilotní halogenové žárovky, která slouží k vizualizaci budoucího záblesku. Její výkon lze většinou měnit spolu s výkonem blesku.

Proto žárovka simuluje relativní výkon blesku, což je výhodné, jestliže svítíme více zařízeními.

Výbojka - slouží k okamžitému vyzáření světelného výkonu - záblesku. Ten trvá velmi krátce - 1/1000s.

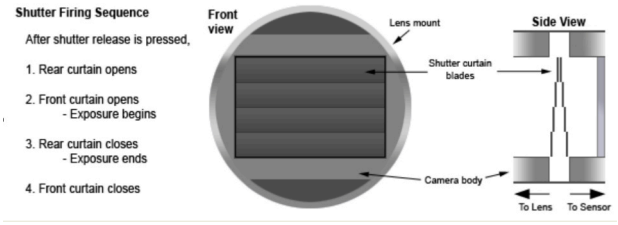
SYNCHRONIZACE - pro propojení s fotoaparátem se používá synchronizační kabel nebo rádiové propojení (vysílač impulzu na těle, přijímač na blesk). Není to výsada studiových blesků, toto propojení je možné i u studiových, navíc s TTL měřením. Synchronizace může probíhat i světelným impulzem z jiného blesku (i malého externího - bez předzáblesku!).

Synchronizační čas - pro správně nasvícený čip (film) je potřeba, aby závěrka fotoaparátu byla v okamžiku odpálení výbojky zcela otevřena. Jinak dojde k zastínění média lamelou. To zajišťuje synchročas (x-sync), který je u každého typu závěrky a výrobce jiný.

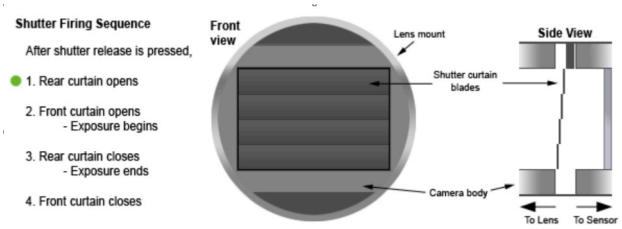


Příklad správné synchronizace (vlevo)
a nesprávné - zakrytí čipu lamelou závěrky.

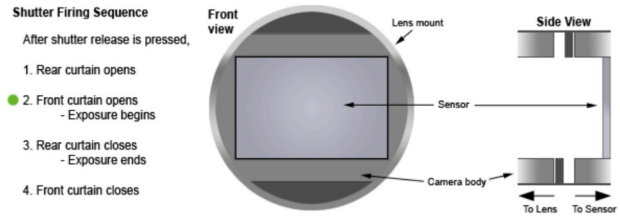
CHOD DVOULAMELOVÉ ZÁVĚRKY



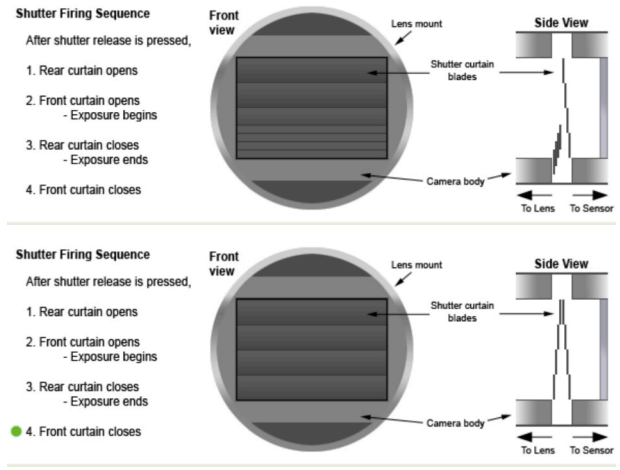
V počáteční fázi jsou obě lamely závěrky zavřené.



V okamžiku expozice se zadní lamela začne skládat do prostoru těla (nahoru), aby nebránila průchodu světla. Z pohledu objektu je závěrka stále zavřená.



V další fázi se začne skládat i přední lamela směrem dolů, tím se postupně odkrývá čip a nastává vlastní expozice.

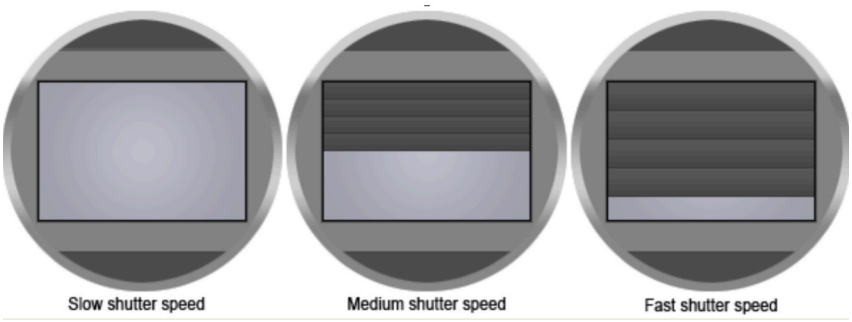


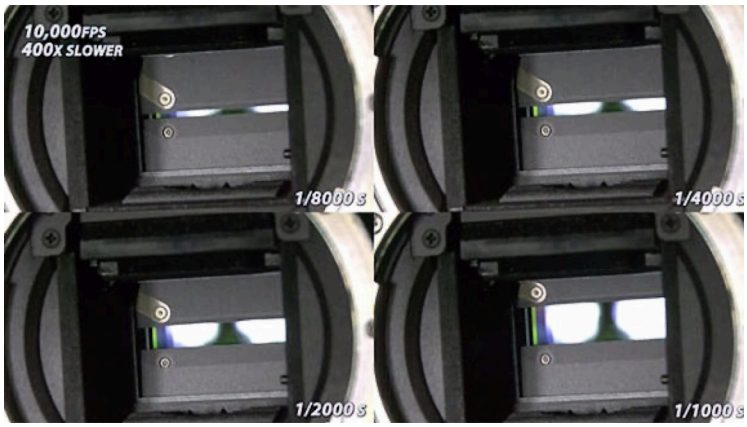
Pro ukončení expozice se čip zakrývá. Jako první jde zadní lamela, potom přední.

Odkaz pro zhlédnutí animace:

https://digital-photography-school.com/photography-1016-shutter/

Velikost štěrbiny, která se tvoří mezi první a druhou lamelou je ovšem závislá na rychlosti závěrky:

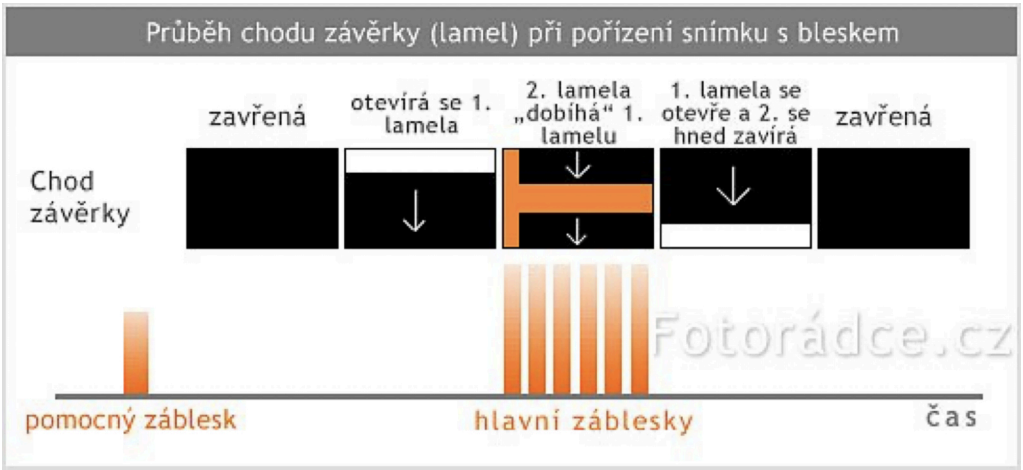




VYSOKORYCHLOSTNÍ SYNCHRONIZACE - moderní blesky umí spolupracovat se závěrkou, proto některé umožňují tzv. **HSS (High Speed Sync)**.

Tato funkce (zjednodušeně řečeno) prodlouží záblesk dostatečně dlouho na to, aby se osvítila celá plocha snímače.

Funguje to tak, že systémový blesk vyprodukuje ve vysoké frekvenci celou řadu záblesků. Jedná se o tak rychlý sled, že je okem od sebe nelze odlišit. Člověk tudíž nepozná, že byla použita vysokorychlostní synchronizace - záblesk vypadá jako jeden. Řada záblesků trvá tak dlouho, než postupující štěrbina závěrky osvětlí celý čip .



CHOD DVOULAMELOVÉ ZÁVĚRKY

Nevýhoda vysokorychlostní synchronizace - ztráta výkonu blesku. Jelikož blesk musí ve vysoké frekvenci emitovat hned několik záblesků (místo jednoho), musí si do nich rozložit i kondenzovanou energii.

V klasickém režimu se v kondenzátoru blesku nahromadí energie, která je poté najednou vydána do jediného záblesku. Pokud se ale tato energie musí rozdělit do více záblesků, tak je logické, že tyto záblesky budou slabší (a jelikož se jejich efekt nesčítá, je i celkový výkon blesku menší).

Dlouhý synchročas - Pokud zvolíme synchročas delší, t.j. takový, který v kombinaci se clonou a ISO dává expoziční parametry podobné jako při fotografování bez blesku, musíme počítat s tím, že se přirozené světlo začne promítat do expozice.

A to jak světlo denní, tak světlo pilotní!

Je-li blesk hlavním zdrojem světla, tak na času závěrky prakticky nezáleží. Toto tvrzení platí, pokud fotografujeme ve tmě atelieru při vypnutých pilotních světlech. V tomto případě je expozice závislá pouze na cloně, ISO a výkonu blesku. Čas na expozici nemá vliv (do max. synchročasu).

Parametry blesků

Směrné číslo - Tento parametr se uvádí především u systémových blesků, kde většinou při přímém nasvícení není mezi bleskem a objektem žádná rozptylka, odrazka apod.

Udává výkon externího blesku - **na jakou vzdálenost je blesk schopen osvítit předměty pro správnou expozici clonou f/1.**

Matematicky vyjádřeno: **směrné číslo = clona x vzdálenost.**

Směrné číslo by mělo být doplněno údajem použité citlivosti, zpravidla se jedná o 100 ISO.

Běžné sm. č. je kolem 20–30.

Výkon ve wattsekundách - Tento parametr se uvádí především u studiových blesků.

Wattsekunda říká, jak silná žárovka by byla ekvivalentní záblesku při expozici po dobu 1 vteřiny. Jinými slovy - nastavíte-li na zábleskovém zařízení 100 Ws, odpovídá to 100 W žárovce při expozici časem 1 vteřina. Běžné výkony jsou 300–1200 Ws. (600 Ws je přibližně 98 sm. č.)

Barevná teplota - teplota chromatičnosti světla, které blesk emituje. Obvykle je to 5500 Kelvinů. Pro změnu barevné teploty lze použít korekčních filtrů.

Doba nabíjení - doba od posledního odpálení blesku, za kterou je blesk znovu schopen akce. Podle konstrukce může blesk dávat najevo, že není připraven - pohasnutím pilotní žárovky, akustickým signálem apod.

Doba záblesku - doba, po kterou u blesku dochází k emitování světla. Ta bývá většinou kolem 1/1000 sekundy. Pro „zmražení“ pohybu potřebujeme co nejkratší čas.

Vysokorychlostní synchronizace (High-Speed Sync, HSS) – blesk s HSS je schopen místo jednoho záblesku vypálit sérii menších záblesků (o stejném úhrnném světelném výkonu) po celou dobu expozice. Význam to má u fotoaparátů se štěrbinovou závěrkou zkonstruovanou ze dvou vertikálních lamel, které od určitého času (zvaném x-Sync) pohybují současně a neumožňují exponování celé plochy filmu nebo čipu v jeden okamžik.

Měření expozice

Flashmetrem většinou měříme dopadající světlo skrz bílou polokouli (nasbírá záblesk ze všech směrů) přímo na fotografovaném objektu. Přístroj je namířen do objektivu.

Druhá možnost je měřit světlo odražené (bez polokoule) ideálně od šedé tabulky, kterou přiložíme na fotografovaný objekt.
Více o měření expozice najdete v kapitole o exponometrii.

Modifikace světla z blesků

Samotný studiový záblesk není vybaven žádnými nástavci, kterými bychom mohli světlo směrovat. Proto musíme přikoupit příslušenství. Uchycení na blesk je závislé na výrobci, většinou bajonetové. Např.:

Reflektor

Základní širokoúhlý reflektor pro odrážení světla do prostoru. Jeho tvar ovlivňuje vyzařovací úhel.

Komínkový reflektor

Zúží paprsek světla na bodové osvícení.

Klapky

Zastiňují pparazitní světlo do boku, vytvoří i užší proužek.

Softboxy

Vytvářejí měkké nasvícení a mají různý tvar podle potřeby svícení. Většinou mají dvojitý rozptyl. Vyrábí se jako obdélníky, čtverce, oktagony, nebo úzké (stripy).

Synchronizace na lamely závěrky

Některé kombinace těla fotoaparátu a záblesku (systémového i pokročilejšího studiového) umožňují nastavit, kdy se při synchronizaci spustí záblesk. Máme dvě možnosti:

1. **ihned po odkrytí 1. lamely - slow**
2. **těsně před zavřením druhé lamely - rear**

Toto nastavení využijeme při fotografování pohybu. Během otevřené závěrky se předmět stále pohybuje a my jeho pohyb “zmrazíme” zábeskem. Záleží ovšem na intenzitě zbytkového světla, jak se do expozice „propíše”.

V případě nastavení **synchronizace na 1. lamelu** se po otevření závěrky exponuje zábleskem, poté běží synchronizační čas, během kterého působí zbytkové světlo.

To se projeví jako pohybová neostrost, ale proti smyslu pohybu - je před ním.

V případě nastavení **synchronizace na 2. lamelu** se po otevření závěrky exponuje zbytkovým světlem, expozice zábleskem přijde těsně před jejím zavřením.

To se projeví opět jako pohybová neostrost, ale ve smyslu pohybu - je za ním.

Proč se to učíme?

- Protože při fotografování v atelieru budou záblesky náš denní chléb. Proto je musíme poznat do detailu, je to náš pracovní nástroj.
- Při dobrém pochopení, jak záblesk funguje, můžeme určovat atmosféru snímku, např. v exterieru.
- Chod Slunce je pro nás zásadní v krajinářské a urbanistické fotografii.
- Charakter osvětlení musí vždy odpovídat záměru fotografie.

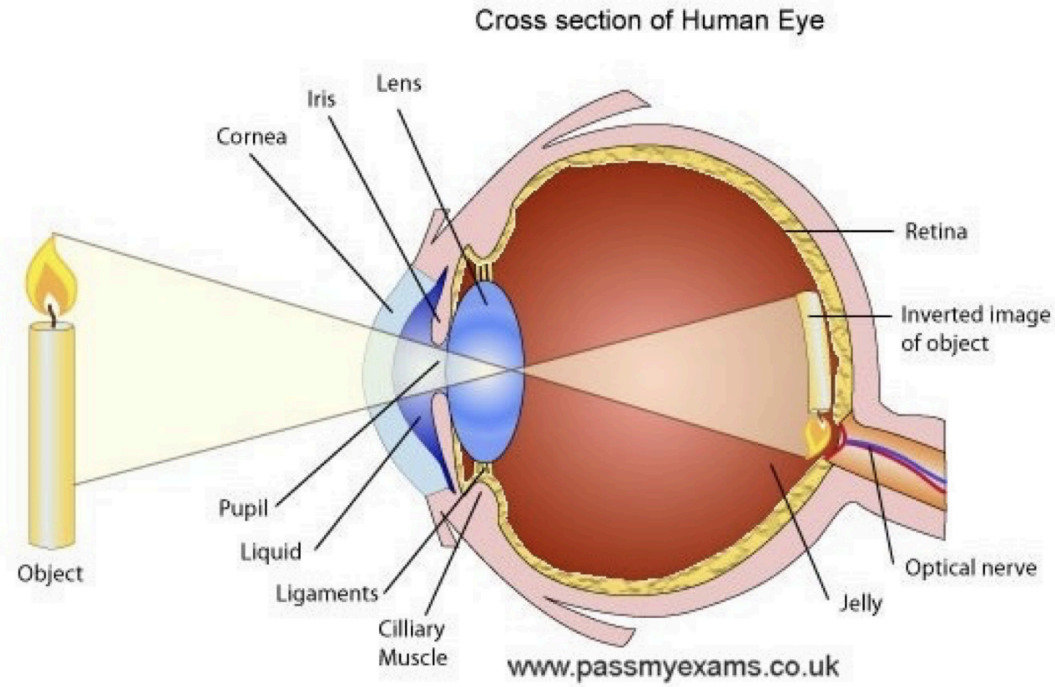
Lidské oko

Je z anatomického pohledu párový smyslový orgán, jeden z nejdůležitějších, neboť zajišťuje naši orientaci v prostoru, poznává a identifikuje. Je schopno zaregistrovat až deset milionů informací za sekundu. Je přímo propojen s mozkem, který vyhodnocuje získané vjemy a dále na ně reaguje. Např. vytvářením hormonů v amygdale (základní reakce strnutí, úprk).

Z fyzikálního pohledu je oko optickou soustavou, která přenáší obraz k dalšímu zpracování. Soustava se skládá ze dvou čoček, z nichž jedna je schopna měnit svoji optickou mohutnost. Obraz je vytvářen v prostoru záznamového zařízení, které přenáší obraz k dalšímu zpracování.

Stavba oka

Oko je kulovitý orgán vyplněný tekutinou - **sklivcem**. V přední části je nejprve umístěna **rohovka** (cornea), která odděluje vnitřní prostředí oka (s indexem lomu 1.37) od vnějšího prostředí (s indexem lomu 1 – vzduch).



Za rohovkou následuje **duhovka (iris)**.

Jak už název napovídá, jedná se o svaly ovládanou clonu, která mění expozici oka - ovlivňuje množství světelného toku. Její průměr nemůžeme vědomě ovlivnit, stahuje ji hladké svalstvo.

Je pozorovatelná při přechodu z tmavého prostředí do světlého nebo naopak.
Pokus: zacloňte si oči rukou, chvíli počkejte, poté rychle odkryjte. Kolega pozoruje pohyb duhovky - svírá se kolem osy oka.

Její stav se využívá se v záchranářství - zjišťování základních funkcí - svitem baterky do oka.

Za clonou najdeme vlastní **čočku (lens)**.

Ta může měnit svoji optickou mohutnost. Svaly, na kterých čočka visí (ciliární aparát), mají schopnost měnit zakřivení přední a zadní strany čočky. Tzn. že jakmile se svaly kolem čočky semknou, dochází k většímu vyklenutí - větší optické mohutnosti.

Při přeostřování - změně optické mohutnosti - dochází k tzv. akomodaci.

Index lomu čočky je 1,42

Oko je vyplněno **sklivcem (jelly)**, který má **index lomu 1,34** (zmenšuje konstrukční hloubku oka) a vlhkost prostor uvnitř orgánu.

Na druhém konci oka je **sítnice (retina)**. Na tu se promítá obraz vytvořený spojnou soustavou oka, je zaznamenáván čípky a tyčinkami, převáděn na nervový signál, jehož zpracování probíhá v mozku.

Tam je potřeba kromě vyhodnocení (co vlastně vidíme) i obraz převrátit stranově a výškově.

Čípky na sítnici zajišťují denní vidění, jsou nejcitlivější na vlnovou délku kolem 550 nm (zelená, zelenožlutá), mají barevné vidění. Mají schopnost rychlé adaptace (do 1 min.).

Tyčinky zajišťují noční vidění - vnímají pouze jas. Delší adaptace (40 - 60 min.).

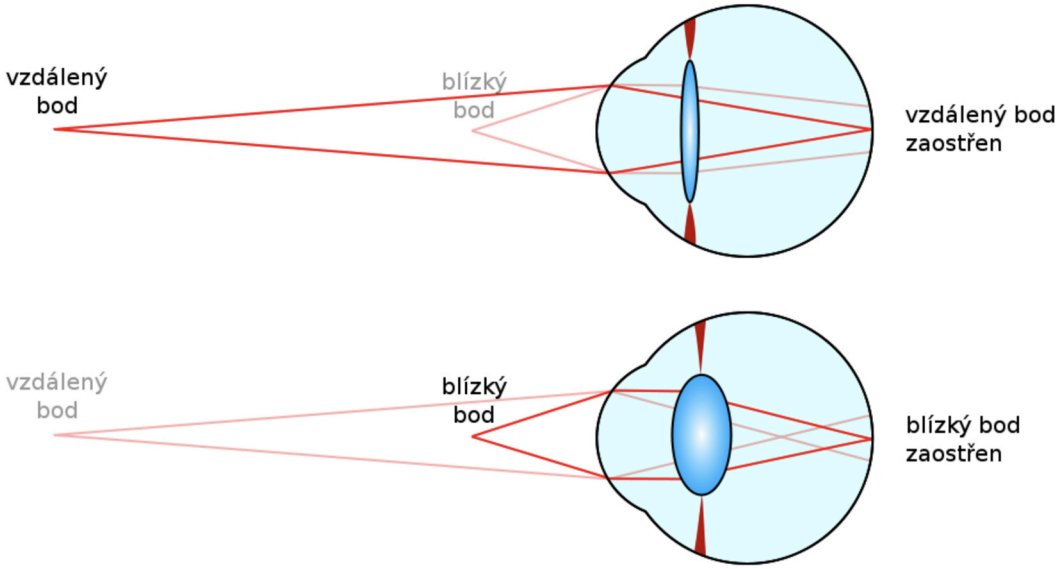
Optická mohutnost celé soustavy (neakomodovaného oka) je **59 D (dioptrií)**.

Při přechodu do tmy se oko adaptuje, zapojují se nejdříve tyčinky, které jsou na periferii sítnice, tzn. vzdálenější od optické osy. Proto se ve tmě vyplatí zaměřit zrak poněkud mimo objekt zájmu.

43 D připadá rohovce, 16 - 20 D čočce.

Akomodace

Při přeostření na nekonečno (větší vzdálenost než pět metrů) se svaly povolí a čočka je plošší. Při přeostření na blízko (blízký bod - viz. dále) se svaly smrští a čočku vyklenou.



Blízký bod - je nejbližší bod, který oko vidí zaostřený. Stářím klesá elasticita čočky, blízký bod se vzdaluje.

U dítěte je asi 7 cm, v dospělosti 25 cm. Kolem 70. roku života se akomodace zcela vytrácí.

Daleký bod - je nejvzdálenější bod bez akomodace, u zdravého oka je v nekonečnu (dále než pět metrů).

Oční vady

Úhel, který svírají okrajové paprsky vstupující do oka středem čočky se nazývá **zorný úhel**.

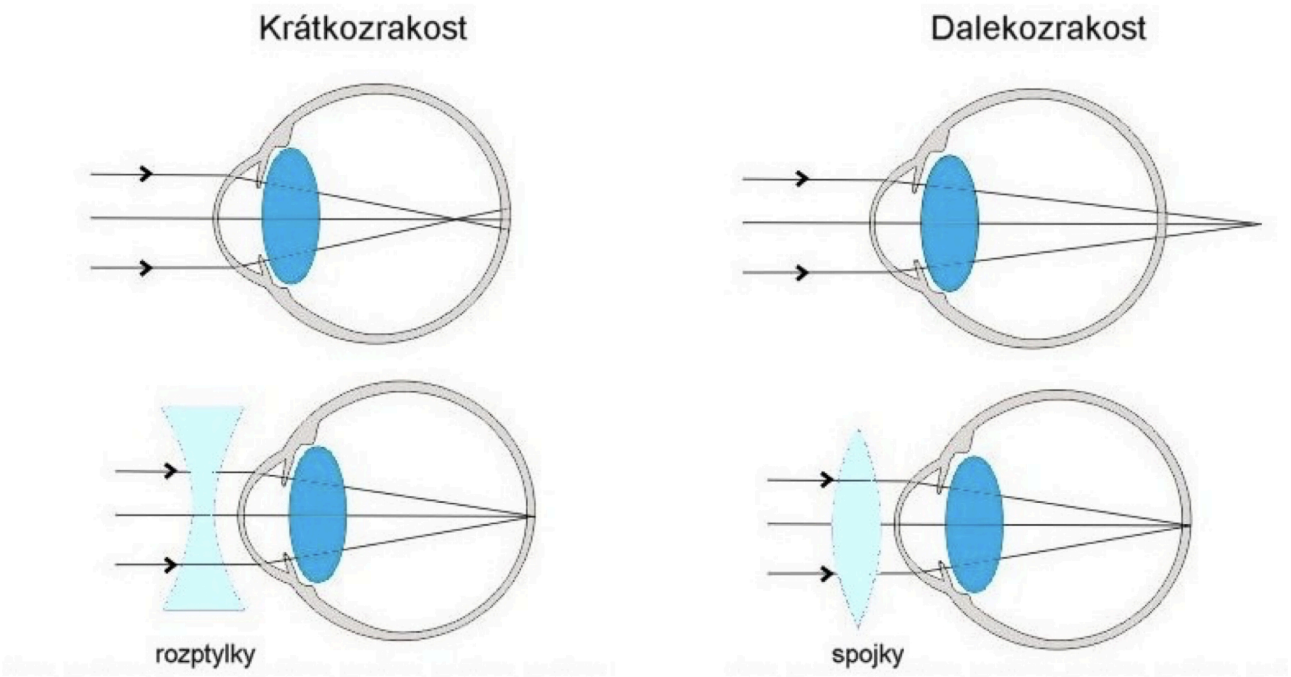
Lidské oko je schopné rozlišit dva body pod zorným úhlem větším než 1˚.
Pro lepší představu to znamená, že oko je z konvenční zrakové vzdálenosti schopné rozlišit předmět o rozměru asi 0,1 mm.

Při ztrátě schopnosti akomodace není oko schopno zaostřit na sítnici.

Podle typu vady rozlišujeme:

Krátkozrakost - oko zaostřuje blízký bod před sítnici (má kratší ohniskovou vzdálenost), špatně vidíme na dálku, proto je nutná korekce rozptylkou - prodlouží ohniskovou vzdálenost.

Dalekozrakost - oko zaostřuje blízký bod za sítnici (dlouhá ohnisková vzdálenost), špatně vidíme na blízko. Je nutná korekce spojkou - zkrátí ohniskovou vzdálenost.



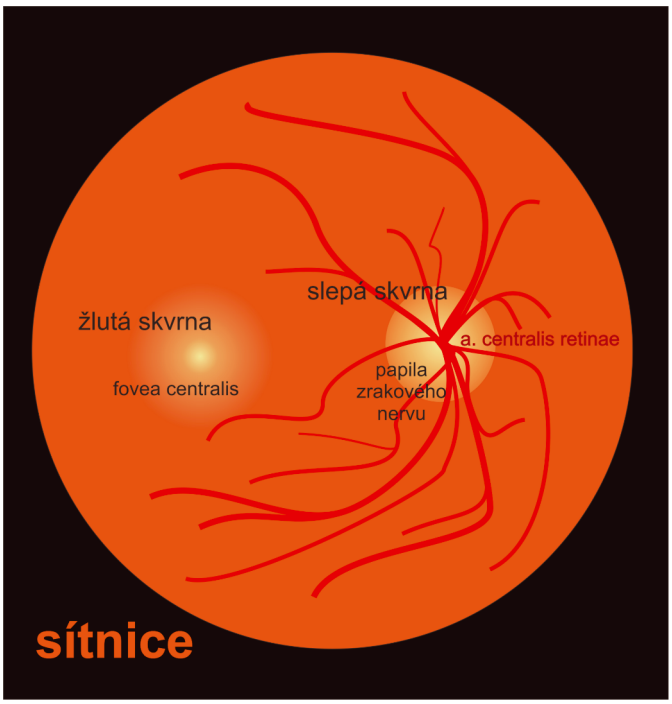
Skvrny na sítnici

Při pohledu na sítnici může váš lékař pozorovat dva stěžejní body:
žlutou skvrnu a slepou skvrnu.

Žlutá skvrna je nejcitlivější část sítnice.

Slepá skvrna je místo, kde zrakový nerv opouští prostor oka. Zde nejsou ani čípky, ani tyčinky.

Pokus: Vezměte bílý papír, ve vzdálenosti 13 cm na něj nakreslete tečku a křížek.
Dejte před oči, zaostřete na nekonečno a vzdalujte papír od očí. V jednom okamžiku se jeden z bodů ztratí - dostal se svým zobrazením do slepé skvrny.



PRINCIPY A DRUHY DALEKOHLEDŮ

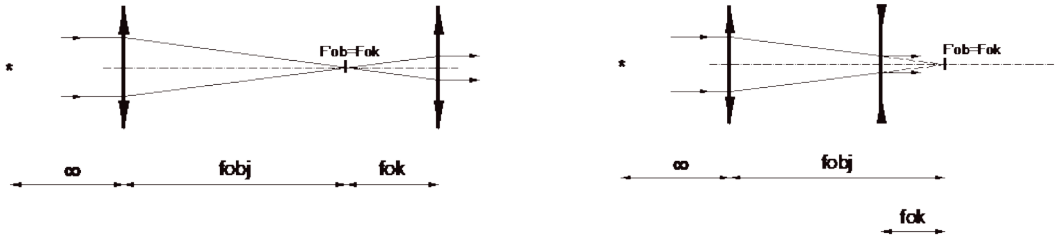
Dalekohled

Je optický přístroj určený k pozorování vzdálených předmětů. Okem pozorujeme vzdálené předměty pod malým zorným úhlem, navíc naše zornice je velmi malá, proto je i malý světelný tok, který je příčinou malého počtu podrobností.

Podle konstrukce je můžeme rozdělit na:
- **refraktory** (jsou založeny na zobrazování čočkami)
- **reflektory** (princip zrcadel)

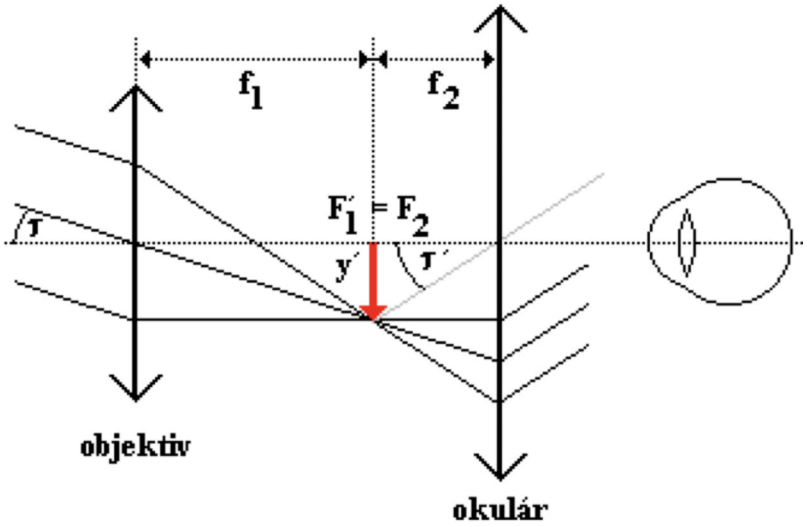
REFRAKTORY

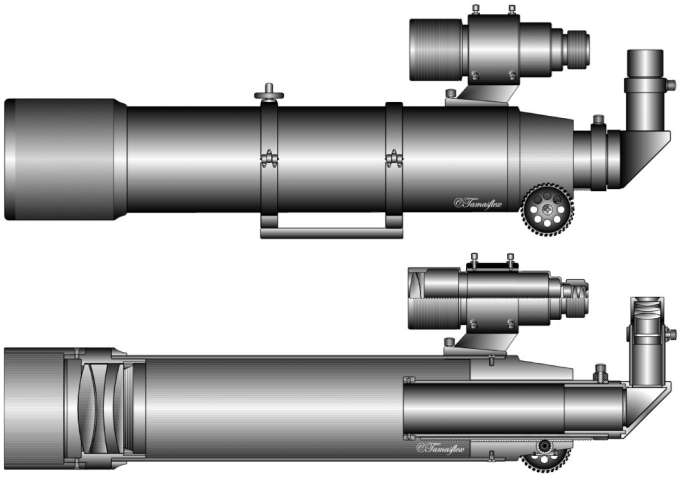
Jsou postaveny na principu dvojice objektivu a okuláru.
Objektivem přijímá světlo od vzdáleného objektu a vytváří jeho obraz na principu spojné čočky. Tento obraz pozorujeme okulárem.



Keplerův hvězdářský dalekohled

Vzdálené paprsky, které do dalekohledu přichází téměř rovnoběžně s optickou osou, vytváří objektiv obraz v rovině F'1.
Tento obraz pozorujeme okulárem, jehož předmětové ohnisko F2 je shodné s obrazovým ohniskem objektivu. Pozorujeme je tedy jako lupou (spojnou čočkou). Obraz je potom převrácený, což u astronomického pozorování není na závadu.
Délka tohoto dalekohledu je značná, neboť konstrukce musí počítat s tím, že obě ohniskové vzdálenosti se sčítají. Lze ji zkrátit např. hranolem, jak to známe u loveckých dalekohledů, tzv. triedrů.



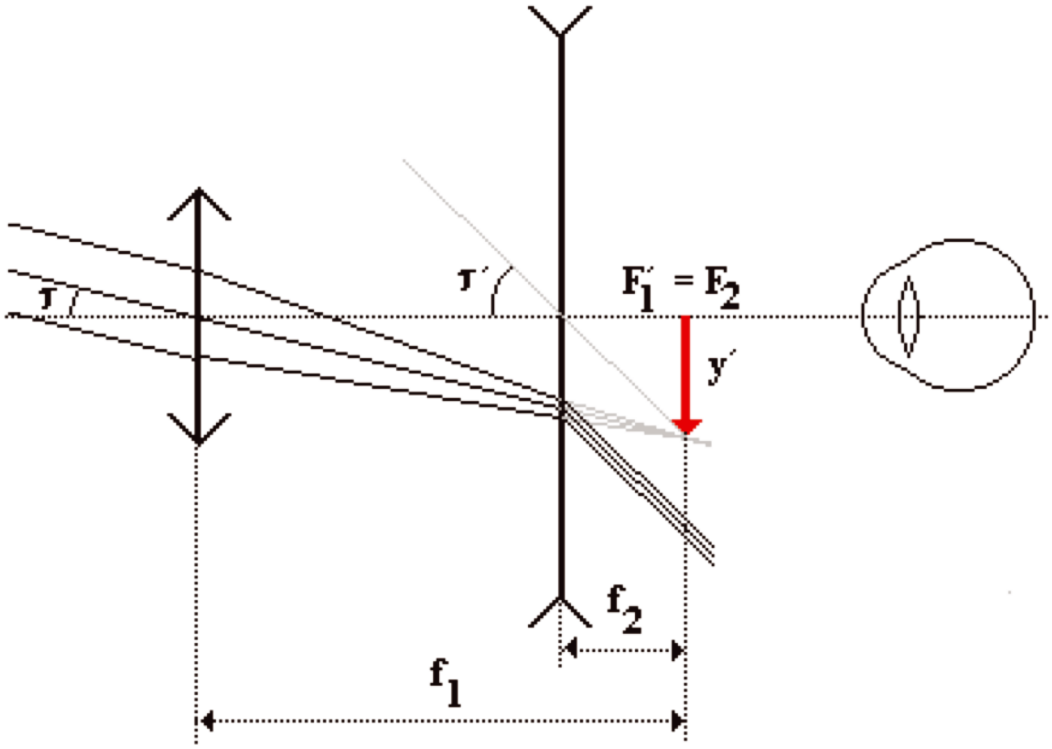


V této konstrukci je Keplerův dalekohled opatřen zrcadlem před okulárem, které převrací obraz výškově, nikoli však stranově.

Galileův (holandský) dalekohled

Vzdálené paprsky, které do dalekohledu přichází téměř rovnoběžně s optickou osou, vytváří obraz v rovině F'1. Obrazové ohnisko objektivu splývá s obrazovým ohniskem okuláru, který je tvořen rozptylnou čočkou. Tato konstrukce dalekohledu se někdy nazývá “pozemská”. Na rozdíl od Keplerovy konstrukce pozorujeme obraz vzpřímený a stranově správně.

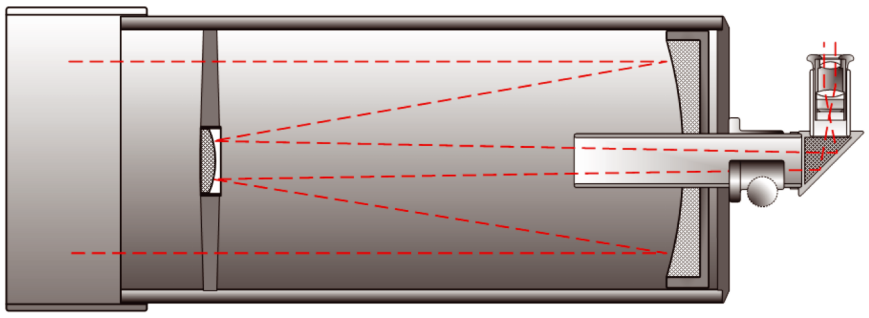
Délka tohoto dalekohledu je menší než Keplerův, protože zde se **ohniskové vzdálenosti odečítají**. Proto tuto konstrukci najdeme např. v divadelních kukátkách.



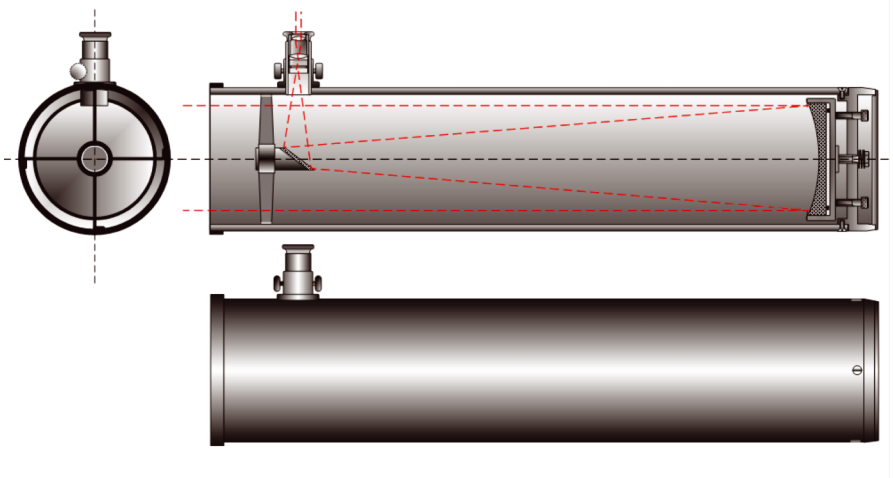
Reflektory

Jsou postaveny na principu zobrazování dutými zrcadly.
Na začátku chybí objektiv, rovnoběžné paprsky směřují do tubusu, na jehož konci je konkávní zrcadlo. Obraz vytvořený tímto zrcadlem pozorujeme okulárem.
Hlavní výhody reflektorů jsou nepřítomnost barevné vady, snazší výroba velkých zrcadel a výhodnější uspořádání tubusu.

Cassegrainův dalekohled (sochař, 1672) - před obrazovou rovinou je vypouklé zrcadlo, které vytváří obraz, který pozorujeme okulárem (v této verzi přes rovinné zrcadlo.



Newtonův dalekohled (fyzik, 1668) má před ohniskem vnořeno rovinné zrcadlo, které vynáší obraz mimo tělo dalekohledu.



Astronomický dalekohled

Čím je větší průměr zrcadla, tím je větší světelnost dalekohledu.

U velikých průměrů se nahrazuje kulovité (nebo parabolické) zrcadlo větším počtem rovinných zrcadel.

U Habbleova nebo Webbova teleskopu je to i z důvodu dopravy do vesmíru.

Obraz pozorovaný velkým teleskopem je rušen tepelným vlněním, světelným smogem apod.

Proto se pozorovací stanice staví ve vysokých horách nebo na ostrovech, kde není tak velké proudění vzduchu.

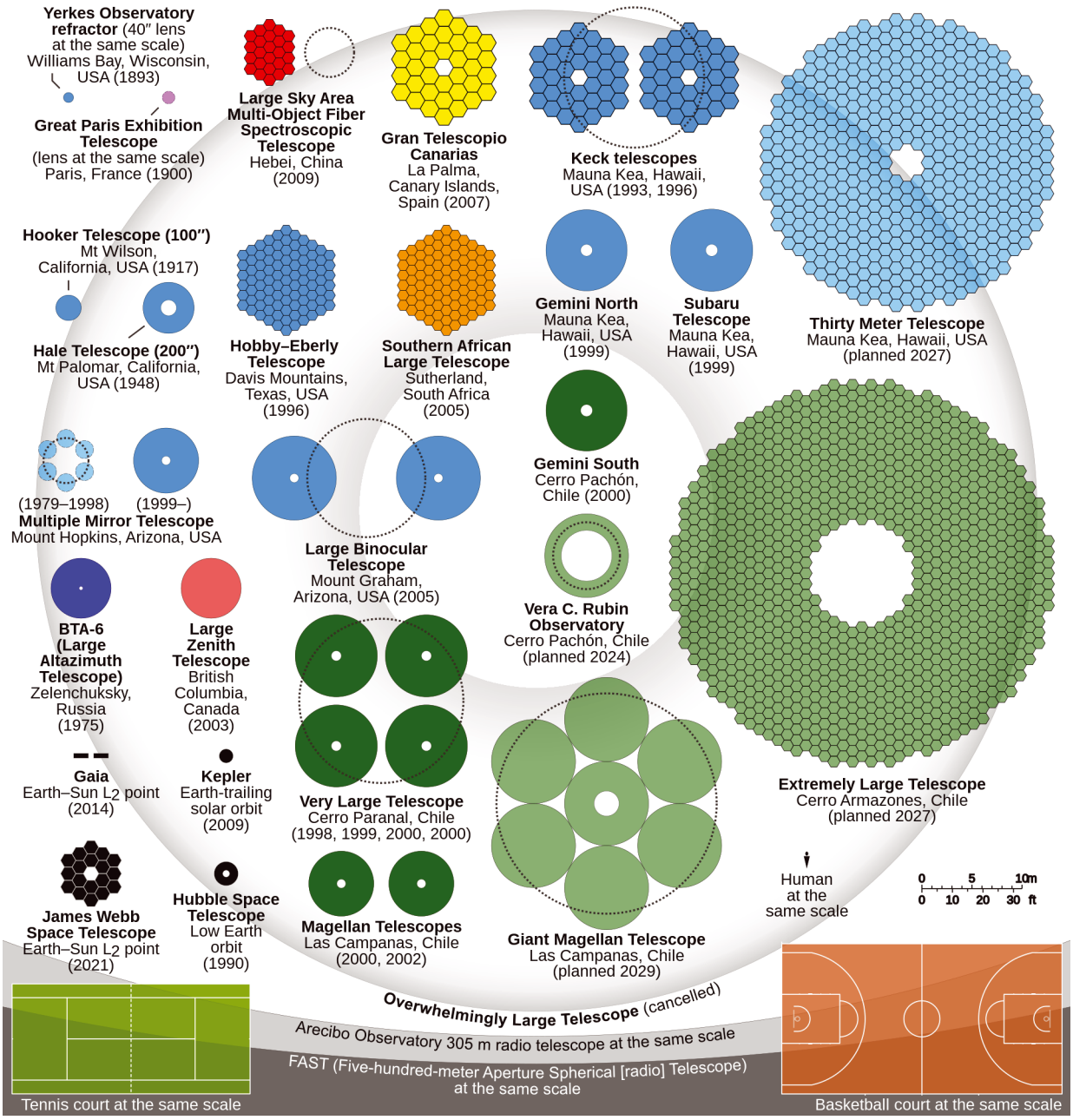
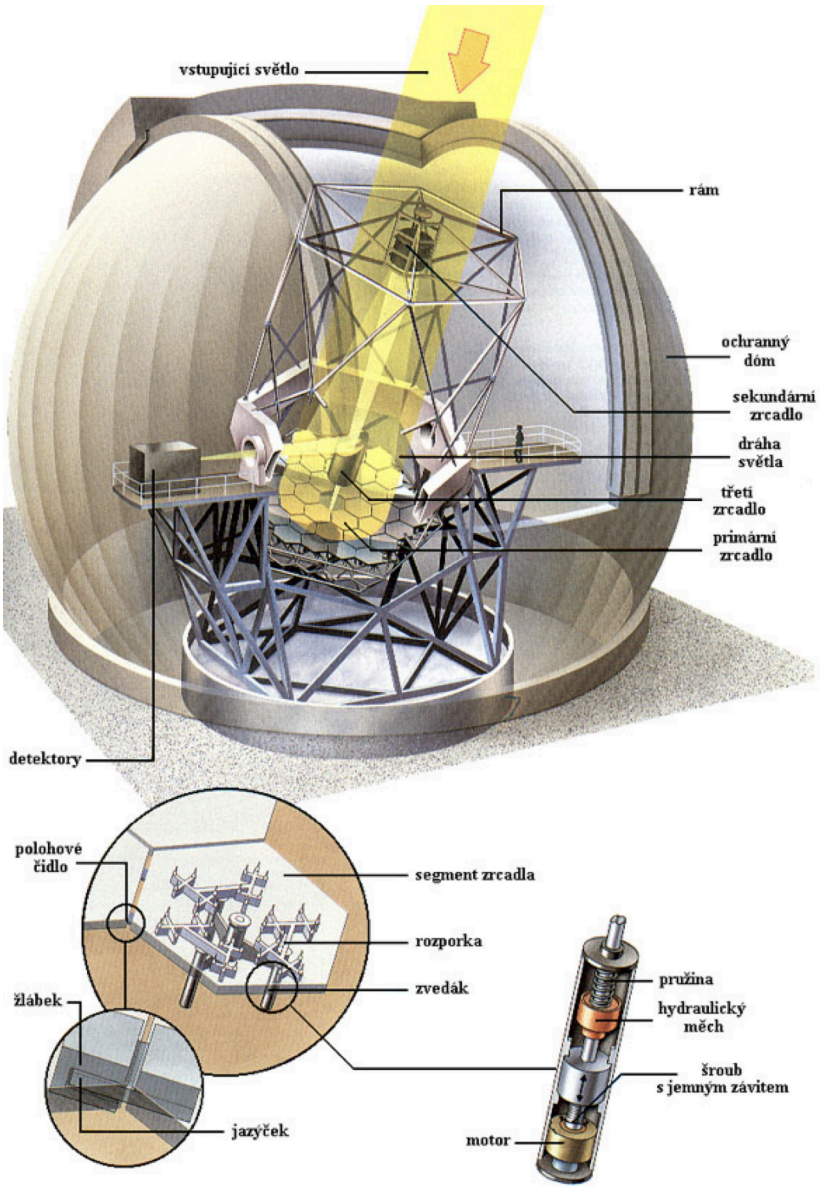


Schéma observatoře

Observatoř má otočnou vrchní část celé budovy.
Je schopna se otáčet v závislosti na otáčení Země nebo pohybu planet. Tím je schopna mít objekt stále v ideální pozici a pořizovat časosběrné snímky.

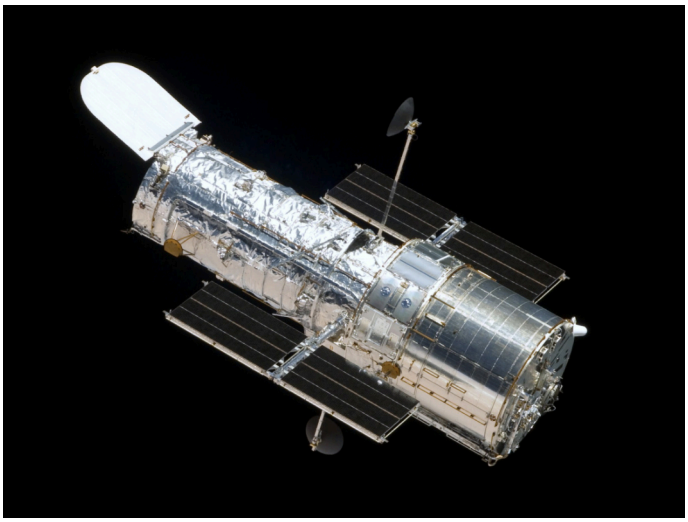


Vesmírný teleskop

HUBBLEŮV TELESKOP je dalekohled, který na oběžnou dráhu Země do výše 600 kilometrů vynesl v roce 1990 při letu STS-31 americký raketoplán Discovery.

POŘAD ČT ZDE: https://edu.ceskatelevize.cz/video/8002-hubbleuv-dalekohled

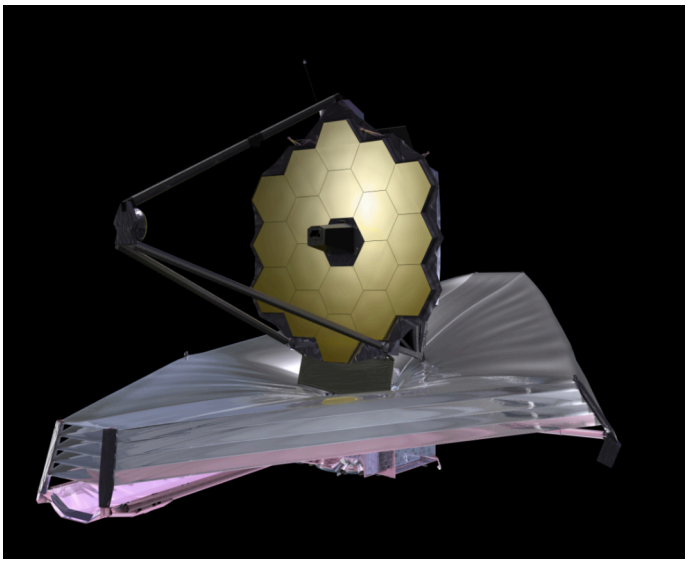
YOUTUBE ZDE: https://youtu.be/qqcwSYyDYr4



WEBBŮV TELESKOP (JAMES WEBB)

Byl vypuštěn 25. prosince 2021 raketou Ariane 5 při letu VA256. Je navržen tak, aby poskytoval lepší rozlišení a citlivost v infračerveném spektru než Hubbleův dalekohled a zobrazoval objekty až 100x slabší, než nejslabší objekty detekovatelné Hubbleovým dalekohledem.

Primární zrcadlo JWST, optický prvek dalekohledu, se skládá z 18 šestiúhelníkových zrcadlových segmentů, vyrobených z pozlaceného beryllia, které dohromady vytvářejí zrcadlo o průměru 6,5 metru.
Aby mohl dalekohled pozorovat slabé signály v infračerveném oboru bez rušení jinými zdroji tepla, musí mít teplotu nižší 50 K (−223 °C), proto je umístěn ve vesmíru poblíž libračního centra soustavy Slunce-Země L2, což je bod ve vesmíru vzdálený asi 1,5 milionu kilometrů od Země, kde ho jeho pětivrstvá sluneční clona ve tvaru deltoidu může ochránit před současným zahříváním Slunce, Země a Měsíce.



Jednotka sluneční clony

simulace Webbova teleskopu

Srovnání Hubbleova a Webbova teleskopu

Dokument o teleskopech zde: https://www.youtube.com/watch?v=Mh5CpoSolho

Proč se to učíme?

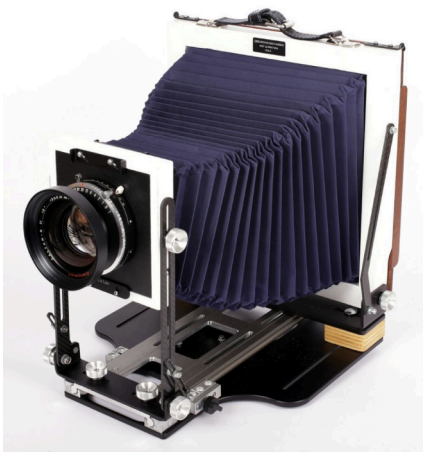
- V dalších kapitolách se budeme zabývat konstrukcí objektivů. Principy jsou podobné. Ať už u refraktorů, nebo reflektorů.
- Základní poznání světa je důležité, i když se dotýká našeho oboru trochu méně.
- Jeden z oborů fotografie je i astrofotografie.

KONSTRUKCE VELKÉHO FORMÁTU

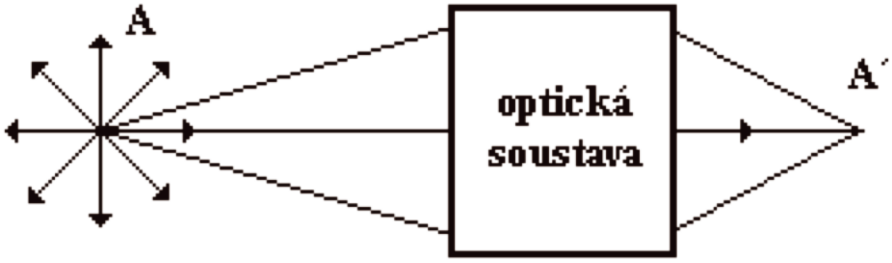
Konstrukce fotoaparátu se liší podle formátu, typu záznamového media, provedení těla apod.

Základem každého fotoaparátu je objektiv, zatemnělá konstrukce a místo pro záznamové médium. Jeho velikost je od formátu 9x12 cm, přes 13x18, 4“x 5“, 8”x 10” a větší.

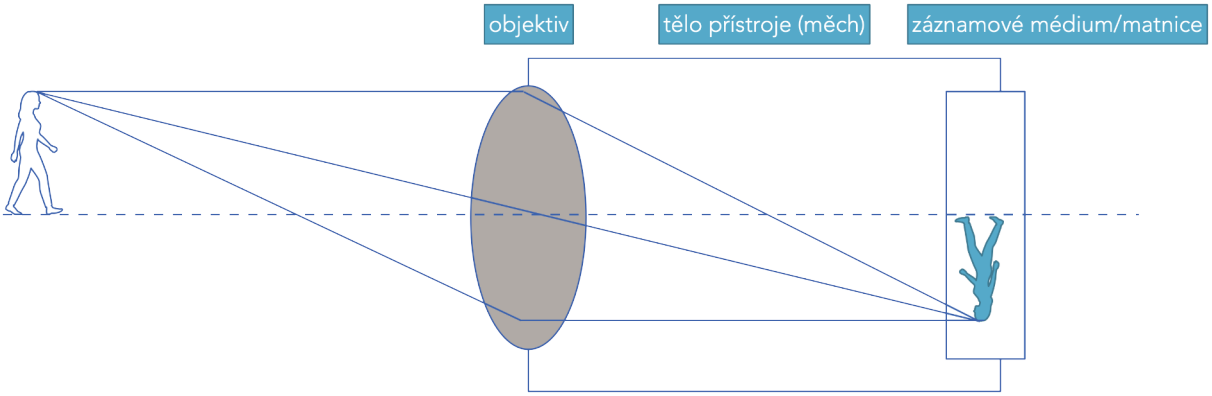
Základem bývala dřevěná konstrukce, dnes pracujeme i s kompozitními materiály. Proto došlo k výraznému odlehčení.



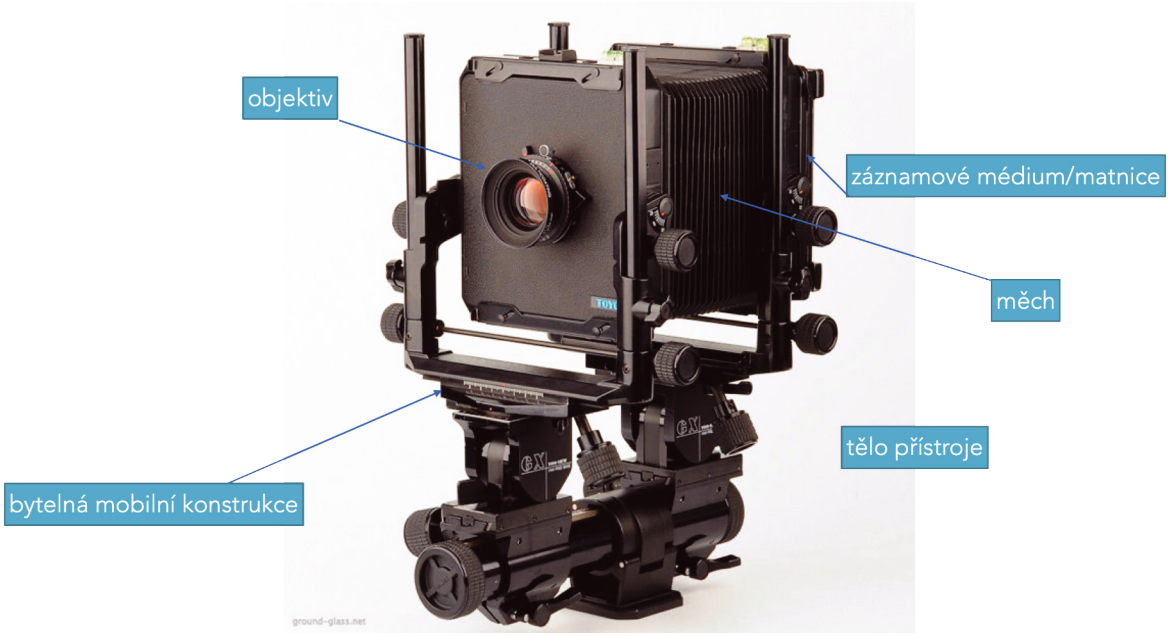
Základem každého fotoaparátu je objektiv, zatemnělá konstrukce komory (měchu) a místo pro záznamové médium (film). V principu se jedná o princip zobrazení spojnou čočkou (optickou soustavou) na stínítko.



Měch je složená tkanina, která umožňuje posun standard s objektivem i s matnici - ostření, restituce linií, proostření (tilt, shift).



Objektiv je výměnný, většinou pevně přichycený na destičce. Provedení od firmy Toyo.



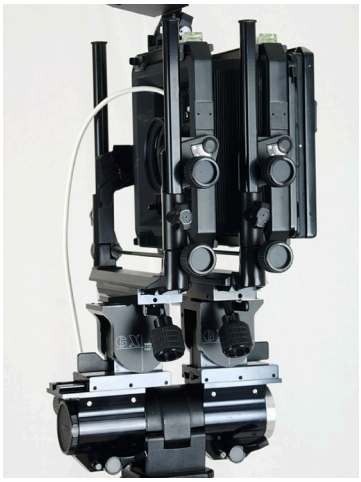
Kromě evidentní výhody velkého zobrazovacího pole a média, je velký formát proslulý variabilitou celé konstrukce. V moderním pojetí lze nahrazovat zadní kazetu s planfilmem (kazety s jedním políčkem filmu o velkém formátu) digitální stěnou.

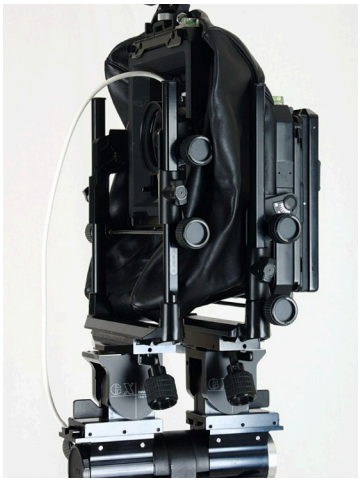
Obě tzv. **standarty** (přední a zadní stěny - s objektivem a filmem) se mohou vůči sobě pohybovat ve všech směrech. Posouvání stěn po tyči (většinou ozubená tyč, tzv. kardan) zajišťuje ostření - výtah měchu.

Ohnisková vzdálenost objektivů samozřejmě neodpovídá kinofilmu. Je potřeba použít takový, který pokryje zobrazovacím polem celý prostor snímku. Např. 210 mm objektiv při formátu filmu 13x18cm odpovídá základnímu 50mm objektivu na kinofilmu.
Při stanovení expozice, která je výhradně manuální, je potřeba počítat s výtahem měchu. I zde platí, že světla ubývá se čtvercem vzdálenosti. Proto když disponujeme objektivem 210mm a při fotografování ostříme do blízké vzdálenosti, musíme prodloužit expozici. Např. pokud je výtah 420mm, prodloužíme expozici o 1EV.

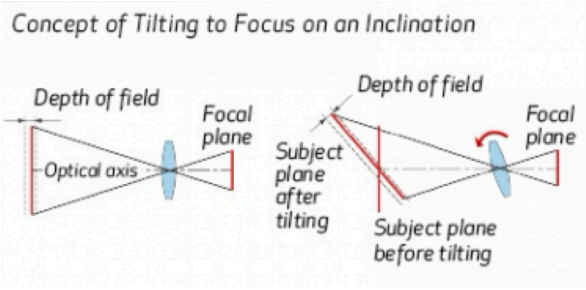
Jsou světlotěsné, opatřené krycím plechem, který je nutné před expozicí vyjmout.
V našich zeměpisných šířkách se ujaly velikosti planfilmů v centimetrech: např. měchový přístroj Magnola má rozměr 13x18 cm, jiné 18x24 cm. Běžnější je ovšem udávat rozměr v palcích. Např. 4x5”, 8x10”, 5x7” apod.

Příklad provedení kardanu s měchem.





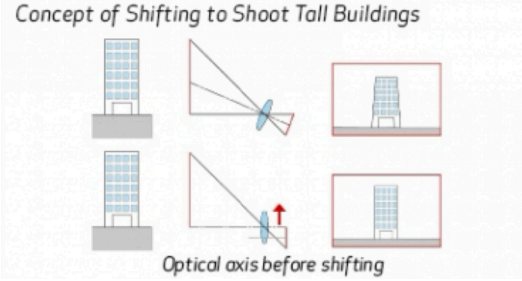
Objektivy jsou uchyceny na zvláštní destičce, přímo obsahují závěrku.

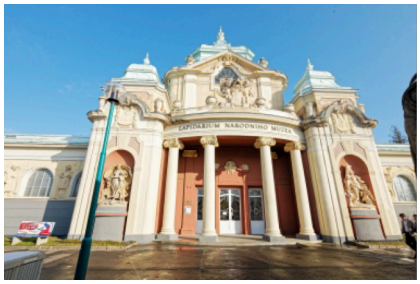


Nakloněním přední nebo zadní standarty proostřujeme snímek v jiném úhlu než souběžně s osou, jak je zvykem. **Tzv. tilt**. Hloubka ostrosti tedy není větší, jen je její osa nakloněná.

Příklad opačného náklonu: malá hloubka ostrosti ve směru osy snímání.

Shift je posun konstrukce oproti optické ose. Tím se dosáhne restituce linií při snímání svislých útvarů, např. architektury. Fotoaparát se tedy nenaklápí vzhůru, ale přední standarta se vysouvá nahoru. Vykreslovací pole objektivu musí být mnohem větší než pole snímku. Standarty lze většinou vyklápět i vysouvat všemi směry.





Ukázka restituce linií - rozdíl mezi běžným focením a vysunutím přední standarty vzhůru.

Moderní klasika: Linhof

Digitální provedení - Sinar.

Místo standardní verze s kazetami je možné si pořídit verzi, kde je místo filmu digitální stěna.

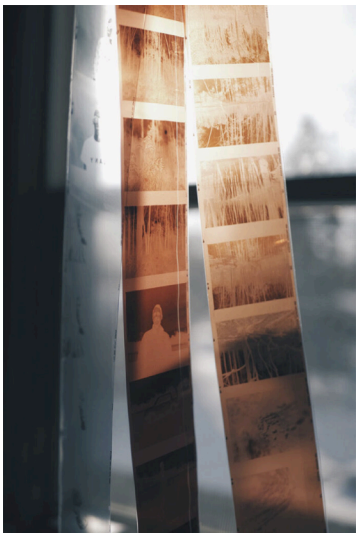
Na velikosti záleží. Fotoaparát pro kolodiový proces.

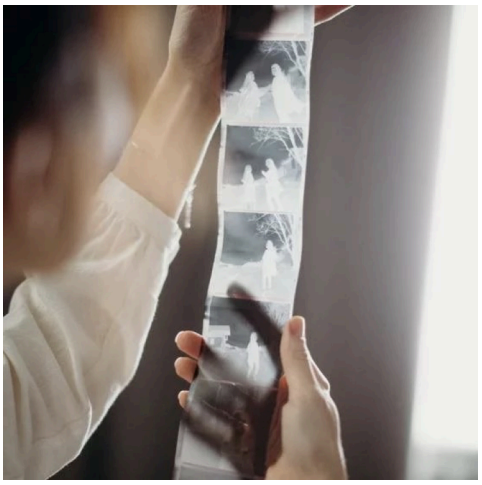
KONSTRUKCE STŘEDNÍHO FORMÁTU

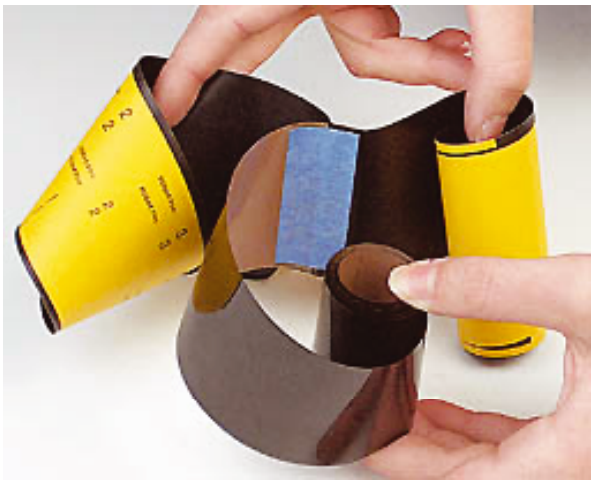
Střední formát je obecné označení pro fotoaparáty, které fotografují na rozměr filmu, jehož jeden rozměr je 6 cm. Tento formát je používaný v tzv. svitkovém filmu. Setkáte se i s označením 120.

Svitkový film je navinut na cívce spolu s krycím papírem, který zajišťuje jak světlotěsnost, tak transport filmu. Mezi nejčastější poměry stran pak patří 6x4,5, 6x6, 6x7 a 6x9.

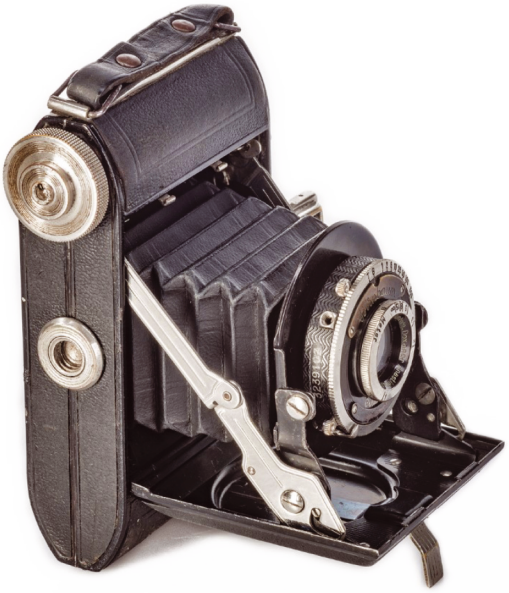
Ten je dán konstrukcí fotoaparátu - vykreslovacím polem objektivu, velikostí komory.







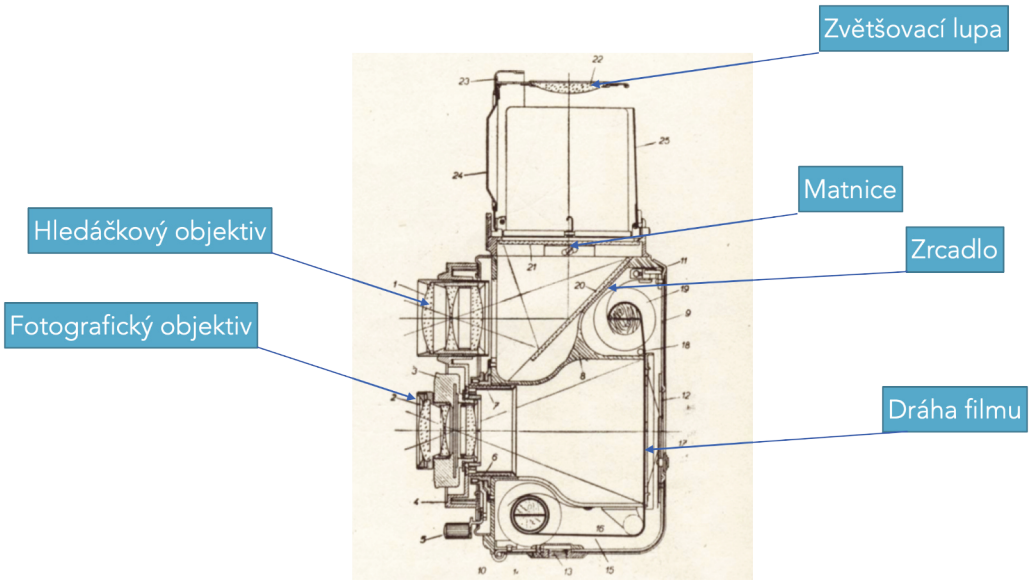
Konstrukce fotoaparátu **Filmax 6x9 cm**. V prodeji byl do roku 1945. Výsuvný měch zaručil kompaktnost při transportu a správnou obrazovou vzdálenost. Disponoval pouze průhledovým hledáčkem umístěným na těle, jeho konstrukce je prostá - dva obdélníky.



Dvouoká zrcadlovka - Rolleiflex, Flexareta, Ljubitel.

Dvouoká zrcadlovka disponuje dvěma objektivy - jeden zprostředkuje náhled na matnici (hledáčkový), druhý vytváří vlastní obraz exponovaný na film (fotografický).

Přes zrcadlo pozorujeme obraz vzpřímený, ale stranově převrácený.



Profesionální přístroj **Mamiya RB67**. Má výměnné objektivy, pozorování obrazu probíhá přes zrcadlo, které se před expozicí zvedne.

Kromě toho je svitkový film umístěn ve výměnné kazetě - formát 6x7 cm. Světlotěsnost je zajištěna planžetou, kterou je potřeba před expozicí vyjmout.

Mamiya je kompletně rozebiratelná a modifikovatelná.

Mamiya RZ 67 - s motorovým posunem, s měřicí technikou.

Mamiya Press - formát 6x9 cm, s průhledovým hledáčkem. Jak už název napovídá: byla určena pro akční fotografie. Kombinuje kompaktní tělo a střední formát. Byla k dispozici i s motorovým převíjením filmu.

Mamiya 645 - formát 6x4,5 cm, opatřena hranolem - obraz je stranově a výškově správně. V hranolu je TTL měření.

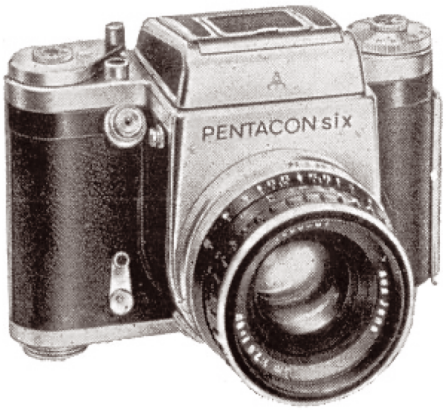
Hasselblad 501 - legenda. Švédská firma, která se dohodla na spolupráci s Kodakem - formát 6x6 cm. Vyráběl se od r. 1957 do r. 2003. Snímek z Měsíce (1969 - Apollo 11) byl pořízen právě tímto přístrojem. Objektiv dodala firma Carl Zeiss Jena z Německa, čočky do něj se brousily v Meoptě Praha. Na Měsíci zůstalo celkem 12 kusů „Hasselblad Data Camera“, které dodnes leží v Moři klidu. Apollo mělo za úkol dovézt na Zem 25 kg kamenů, posádka tedy musela stejnou váhu zanechat na povrchu.

Výměnné kazety lze zaměnit za digitální zadní stěny. Ovšem jejich čip je malý (35x35 mm), z toho plyne velký crop-faktor.

Svého času stála stěna s rozlišením 20 Mpx jeden milion korun.

Konstrukce moderního Hasselbladu s rozlišením 400 Mpx. Tohoto rozlišení se dosahuje posunutím čipu při expozici a složením několika obrazů do sebe.

PENTACON Six - Východoněmecký fotoaparát formátu 6x6, 6x4,5 cm.Fotoaparát byl vyráběn jako systémový - existovala k němu řada výměnných objektivů, samotný fotoaparát bylo možno vybavit hledáčkem s pentagonálními hranoly s/bez expozimetru (v základní verzi byl vybaven jen světlíkem). Stejným bajonetem byly vybaveny i ruské fotoaparáty Kijev, s nimiž bylo možno zaměnit objektivy i část dalšího vybavení. Dnes jsou k dostání v bazarech a může to být vstupní fotoaparát do světa středního formátu.



Polaroid

Mezi středoformátové (a další) přístroje můžeme zařadit i přístroje na instantní fotografii. Instantní film, neboli okamžitý film je fotografický film vyvinutý společností Polaroid Corporation v pozdních čtyřicátých letech 20. století. Poskytuje fotografie během několika sekund nebo minut od pořízení obrázku, s použitím fotografického přístroje navrženého speciálně pro tento účel. V instantním filmu jsou emulze a zpracovávající chemické látky spojeny v obsažené obálce nebo na samotném fotografickém papíru. Expozice, vyvolání i kopie na speciální papír se odehrávají uvnitř těla fotoaparátu. Polaroid, vůdčí výrobce tohoto typu filmu, používá běžnou emulzi halogenidů stříbra. Po expozici a vytvoření negativního obrazu je negativ stlačen s fotografickým papírem a chemickými reaktanty při vysouvání z přístroje pomocí válečků. Závojové činidlo přenese negativní obraz do fotografického papíru, čímž vytvoří jeho pozitivní obtisk.

Vlajková loď Polaroid SLR 680.

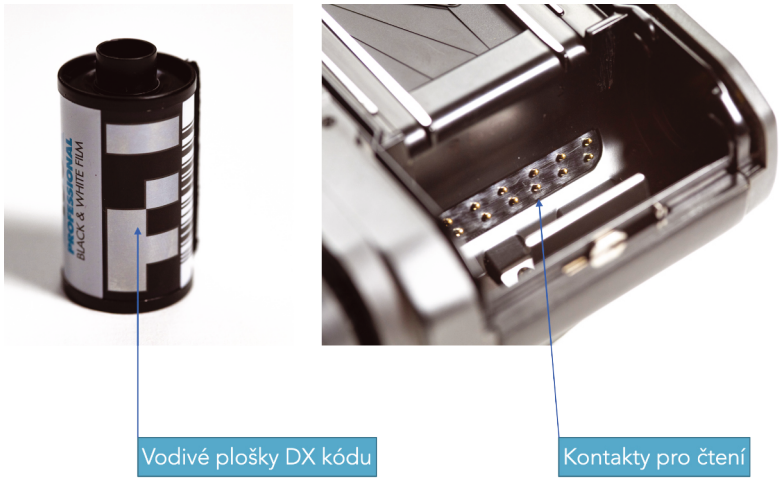
Kromě fotoaprátů na instatní film se vyráběly i kazety určené pro střední a velký formát. Buď se používaly na okamžitý náhled kompozice a expozice scény, nebo na svébytný fotografický styl. Jedním z umělců, kteří používali instatní film na velký formát byla americká fotografka Elsa Dorfman.

Elsa Dorfman a její velkoformátová fotografická kamera Polaroid 20x24 palců.

KONSTRUKCE KINOFILMU

Kinofilm je perforovaný film o šířce **35 mm** na plastové podložce. Perforace slouží k přesnému posouvání filmu. Většinou je uchován v kazetě, navinut na cívce.

V současnosti jsou kazety s filmem opatřeny DX kódem. Ten je čitelný pro elektroniku fotoaparátu. Automaticky se tím nastavuje citlivost ASA a délka filmu.



Kromě filmů v kazetách je možné zakoupit i filmy v tzv. metráži. V krabici je 10 – 30 m filmu, navíjí se do univerzálních kazet, které je možné použít opakovaně. Mohou obsahovat i DX kód.

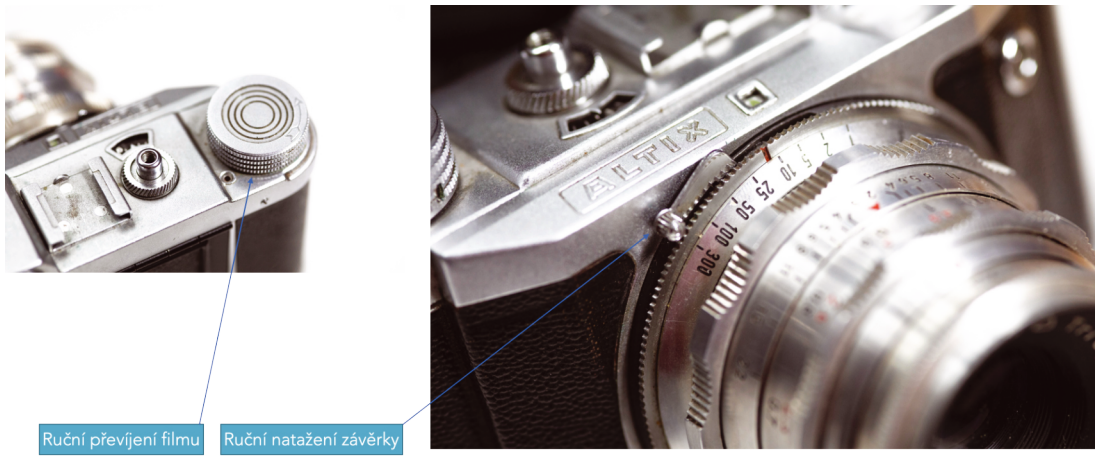
Leica

Německý optický inženýr **Oskar Barnack** (1879–1936) v roce 1913 sestavil prototyp kinofilmového fotoaparátu Leica, původně konstruovaném pro filmaře. Jako nosič obrazu používal klasický filmový materiál (proto kinofilm).
Ve filmových kamerách byl orientován na výšku a poskytoval obrazové pole 18x24mm, Barnack jej ale umístil horizontálně, aby dosáhl dodnes užívaného standardu 24x36mm.
Fotoaparát byl představen až v roce 1925 na jarním Lipském veletrhu a poté uveden na trh pod vedením šéfa firmy optika Ernsta Leitze. **Leica=Leitz+camera**.
Původně používané Tessary určené pro kinematografii nevyhovovaly, neboť vykrývaly dobře právě jen 18x24mm. Roku 25 přichází Max Berek s prvním Elmaxem, objektivem 50mm ohniska přepracovaným z Cookova tripletu, schopným dostatečné rozlišovací schopnosti.
Průhledový hledáček ovšem trpí tzv. paralaxou. Je konstruován tak, že osa hledáčku je mimo osu objektivu. Tzn. že při bližších vzdálenostech vytváří jinou kompozici obrazu. V dalším vývoji se hledáčky umisťovaly na dálkoměr, kdy se sklápěly podle naměřené vzdálenosti.

Od dob přístroje Leica šel vývoj rapidně kupředu. První přístroje byly hledáčkové, trpící paralaxou a nemožností přesného zaostření. Vzdálenost se musela odhadovat a nastavovat na objektivu. Objektivy byly napevno součástí těla.

Plně mechanický přístroj Altix, r. 1956 v NDR:

KONSTRUKCE KINOFILMU

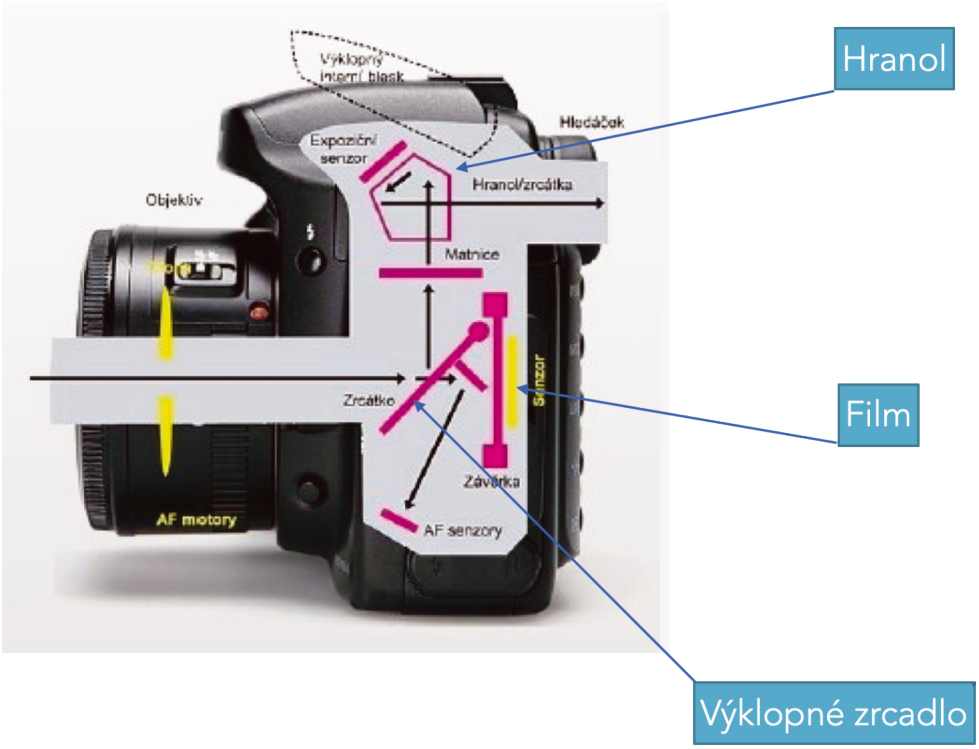


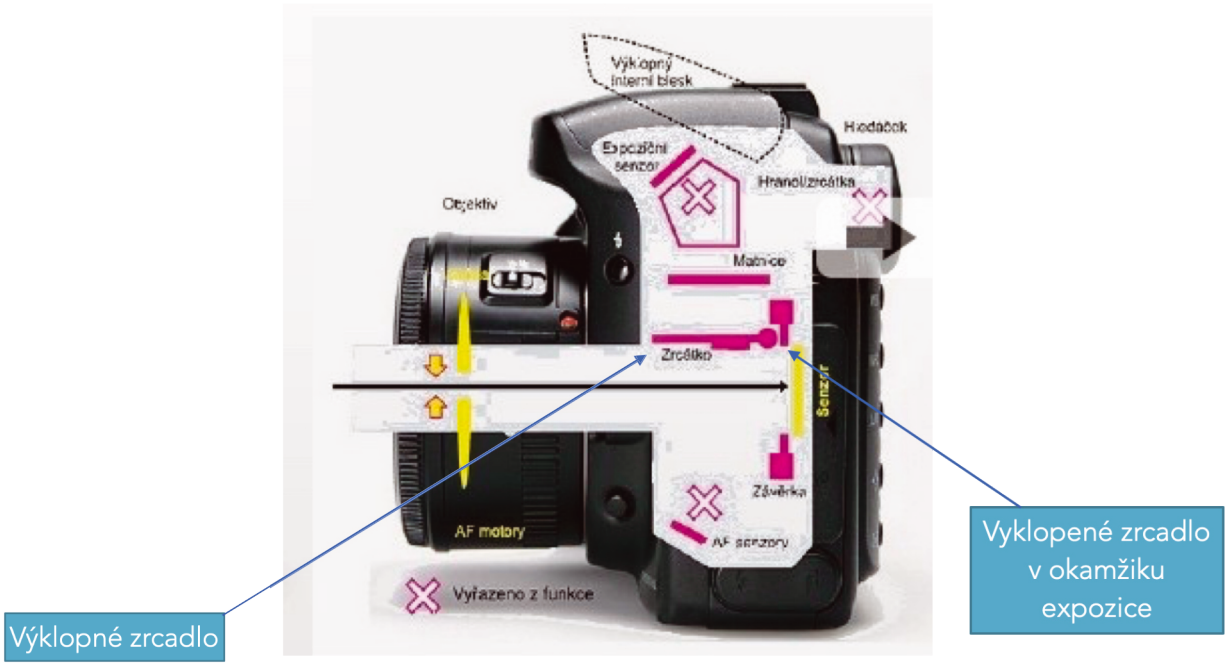
Postupně se jednoduchá konstrukce stávala složitější, hlavně s konstrukcí průhledového přístroje - oko pozoruje obraz skrz objektiv, kterým fotografujeme.

To umožňuje výklopné zrcadlo a převracecí hranol (prizmatický hledáček).

Těsně před okamžikem kýžené expozice se stane několik mechanických procesů:

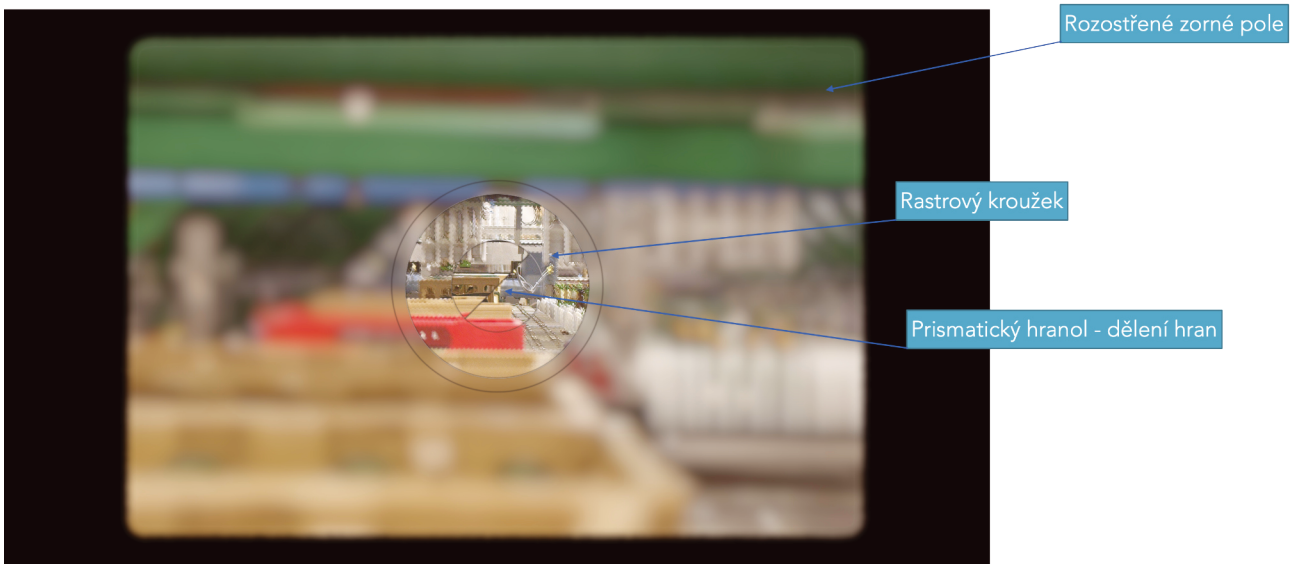
1. stáhne se kroužek clony v objektivu, který do té doby nebyl v pracovní pozici (Konstrukci clony probereme v další kapitole).
2. zrcadlo se vyklopí vzhůru a tím zakryje průhled do hranolu v horní části fotoaparátu Zároveň se uvolní místo pro průchod světla směrem k závěrce a filmu (čipu)
3. otevře se závěrka a proběhne expozice
4. po expozici vše proběhne v opačném pořadí





Pohled do hledáčku fotoaparátu s mechanickým zaostřováním. Přesné zaostřování bylo možné třemi způsoby:

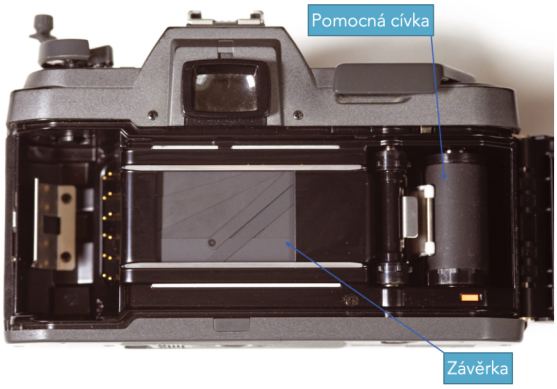
1. přímo v poli hledáčku – podle ostrosti obrazu
2. rastrovým kroužkem – neostré části se „vlní“
3. prismatickým hranolem – nejlépe je použitelný na ostrých hranách – nezaostřená hrana se láme, není plynulá



Přístroj Pentax P30T. Vyráběl se v Japonsku od r. 1985.

Disponuje výměnnými objektivy, expoziční automatikou, hledáčkem s hranolem, mechanickým zaostřováním a posunem filmu. V hledáčku jsou vidět expoziční parametry.

Ostří se podle matnice a zaostřovacího klínu (prismatického hranolu).



Převíjecí klička filmu:

Nikon FM2 - od r. 1977.

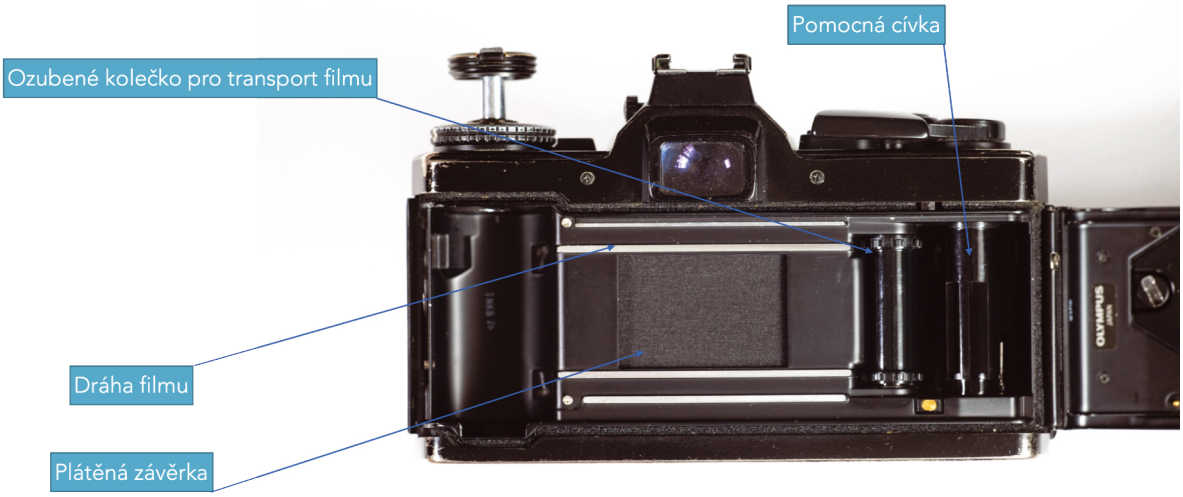
Čistě manuální přístroj - legendárně nezničitelný. Vydrží teplotní rozdíly –40 °C do +50 °C, prach, písek. Duralové tělo, odlehčená titanová závěrka.

Nikon FM2 je opatřený vertikální štěrbinovou závěrkou a díky tomu umožnuje velkou variabilitu při nastavování času: od 1 do 1/4000 sekundy společně se synchronizací blesku do 1/250 sekundy, a to bez použití baterie.

Olympus OM-4Ti

Částečně manuální - 1/60s funguje i bez baterií, titanové tělo, expozice plně manuální i poloautomatická.
Díky měření expozice, odrazem od roviny filmu, umí měnit čas expozice i během otevřené závěrky.
Umožňuje spotové měření – oměření dynamického rozsahu scény a zprůměrování.

Pohled na plátěnou závěrku a transport filmu:



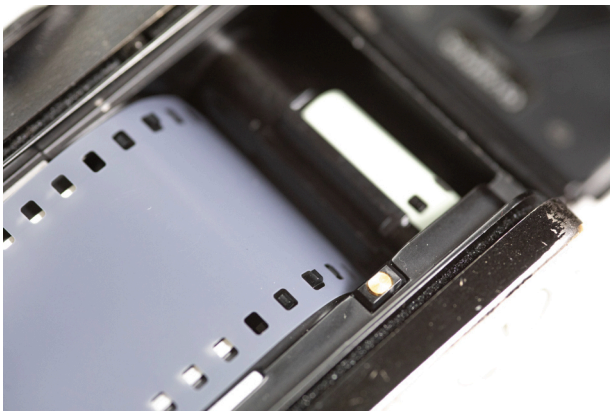
Přítlačná deska na zadních dvířkách.

Verze s datovou stěnou - umí zapisovat expoziční údaje, číslo snímku apod. přímo do políčka filmu.

Příprava na motorový posun filmu:

Správné založení filmu - navinutí do převíjecí cívky.

Zpět se film převine po expozici kličkou.



Canon EF-M

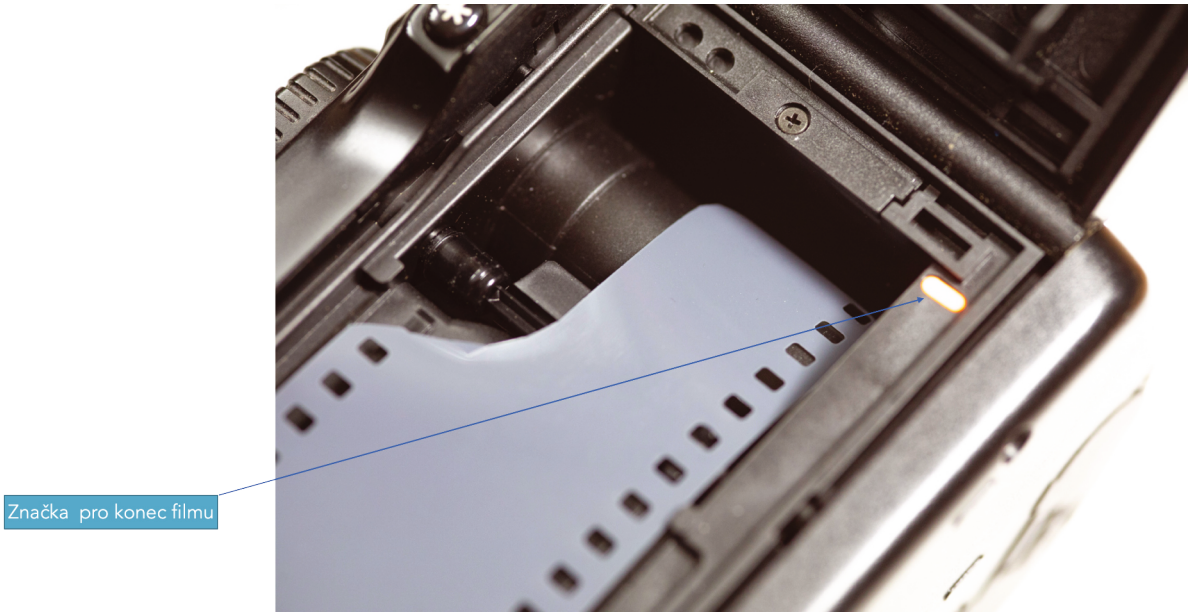
Levný „vstupní“ fotoaparát do systému EOS.

Disponuje jak manuální expozicí, tak plným automatem. Plastové tělo s motorovým posunem.

Zavádění filmu u Canonu probíhá obráceně, tzn. že se vyvine na pomocnou cívku, po expozici se přesouvá zpět do kazety.

Výhoda tohoto řešení je v tom, že při náhodném otevření dvířek nedojde k osvětlení exponovaného filmu.

Aby motorový posun filmu byl schopen uchytit film, je zapotřebí dodržet maximální výtah po značku.



Bajonety pro uchycení objektivu.
Každý výrobce má svůj vlastní systém.
V současnosti: Canon EOS, Nikon F
Jedno mají společné: mechanické řešení pro uchycení objektivu, elektrické kontakty pro komunikaci s objektivem - přenos clony, autofokus, stabilizace obrazu apod.

Konverzní kroužky.

Existují redukce mezi jednotlivými značkami, nebo mezi značkou a závitem M42 - starší univerzální objektivy.

Podle konstrukce mohou být prosté mechanické převodníky, nebo obsahují i optický člen (speedboostery). Ty jsou schopny dokonce měnit světelnost objektivu o -1 EV.

Konstrukce bezzrcadlového fotoaparátu

Systém bezzrcadlovek částečně vychází z klasické DSLR. Jde o tělo a výměnný objektiv. Ve fotoaparátu ale chybí šachta na zrcátko i zrcátko samotné a světlo, které prochází objektivem pak dopadá rovnou na snímač. Tím pádem nemůže být bezzrcadlovka vybavena optickým hledáčkem a nelze se dívat v reálném čase skrz objektiv na fotografovanou scénu. U menších přístrojů hledáček nahrazuje zadní displej, na němž je aktivován permanentní živý náhled Live View. Většina bezzrcadlovek je ale vybavena také hledáčkem. Ten ale nemá optickou konstrukci jako u zrcadlovek ale je to hledáček elektronický. Je to tedy v podstatě druhý displej, který je menší a je zasazen do hledáčkové šachty.

Nic z těchto konstrukčních změn ale nemá vliv na samotnou obrazovou kvalitu. Jde v podstatě jen o kosmetické prvky a princip clony, času expozice a citlivosti je zde stejný. O výslednou kvalitu se, stejně jako u DSLR, stará obrazový snímač, procesor a samozřejmě také použitý objektiv.

Systém bezzrcadlovek s sebou v počátcích přinesl především to, že se fotoaparáty výrazně zmenšily a samozřejmě se snížila i jejich hmotnost. Později přišlo mnoho dalších výhod, které vycházely ze samotné konstrukce a v tu chvíli začal zrcadlovkám trochu docházet dech.

Hlavní výhody bezzrcadlovek

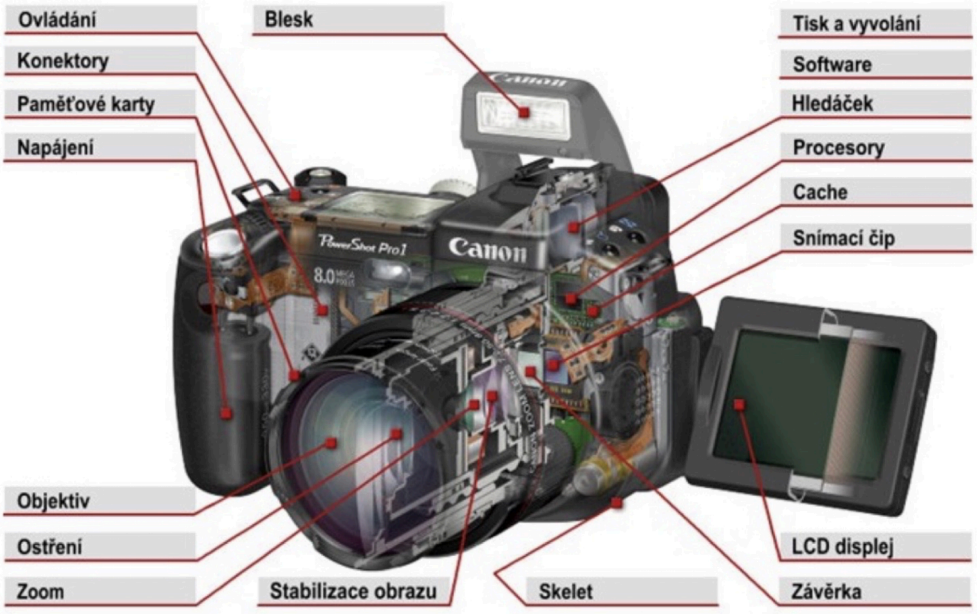
- reálný náhled expozice a barevného podání fotografie přímo v hledáčku ještě před vyfocením snímku
- možnost prohlížet v hledáčku celé menu a nastavovat fotoaparát
- možnost kontroly vyfotografovaného záběru přímo v hledáčku
- odpadá problém s použitím objektivů třetích stran tzv. back-focus / front-focus
- více ostřících bodů, které pokrývají téměř celou plochu snímače
- pokročilý systém ostření s automatickou detekcí postav, očí lidí i zvířat a dopravních prostředků
- menší prostor mezi zadním optickým členem fotoaparátu a snímačem
- nový bajonet a nové objektivy, které mají mnohem lepší optické vlastnosti
- elektronická závěrka s kratšími časy expozice, tichým režimem snímání a neomezenou životností
- menší rozměry těla fotoaparátu a nižší hmotnost
- extrémně rychlé sekvenční snímání
- pokročilé množnosti nahrávání videa

Nevýhody:

- autofokus bývá (zatím) pomalejší
- sortiment objektivů je zatím omezen
- elektronika podstatně více vybíjí baterie, na vině je i elekronický hledáček
- někomu může vadit pohled do hledáčku, který je v podstatě malý displej, chybí mu komponování na matnici

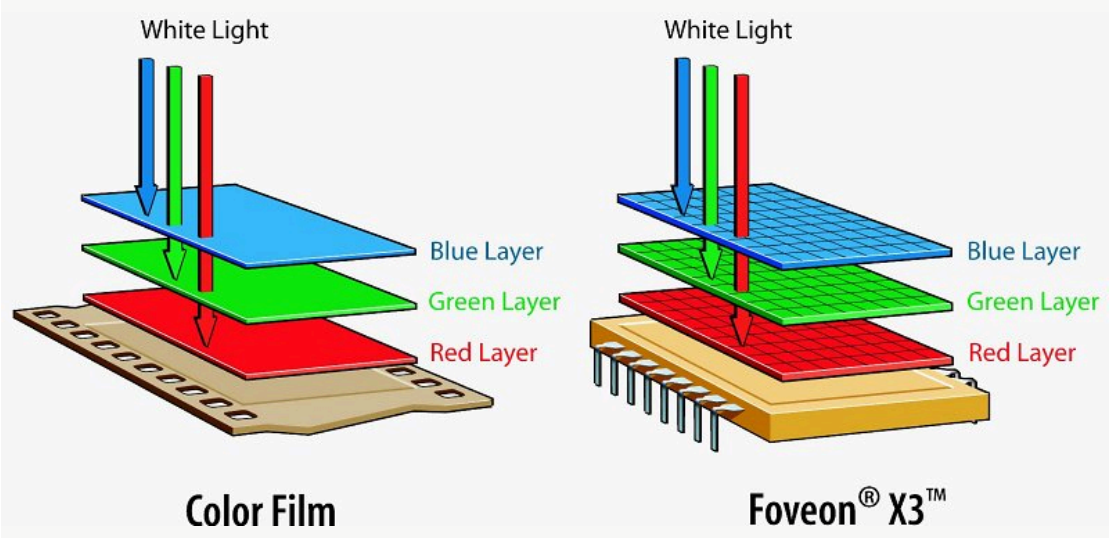
Digitální záznam obrazu

Digitální fotoaparáty vycházejí z principu klasického fotoaparátu na film. Rozdíl je ve snímacím prvku. U klasického fotoaparátu světlo dopadá na světlocitlivý film. U digitálního fotoaparátu světlo dopadá na polovodičový čip (křemíková destička se světlocitlivou polovodičovou vrstvou).



Jako první se snímacím čipem přišla firma Foveon v roce 2002. Logicky šla v konstrukci cestou, která kopíruje technologii barevného filmu. Princip je založen na skutečnosti, že různé vlnové délky světla pronikají do rozdílných křemíkových vrstev – tedy do různé hloubky. Tento čip se tedy skládá ze tří vrstev pixelů umístěných v křemíku. Každá vrstva světlocitlivých buněk zachycuje jinou barevnou složku světla podle toho, do jaké vrstvy proniká.

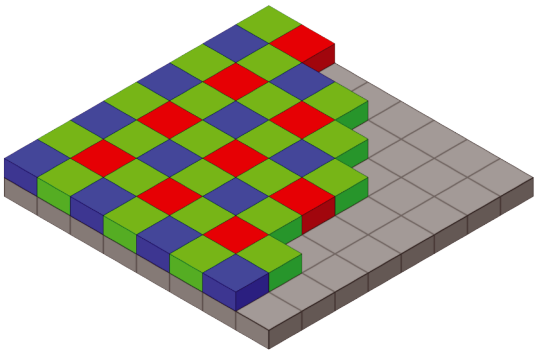
Ačkoli v současné době je tento typ snímání takzvaně passé, objevují se zprávy, že firma Sigma neustále vyvíjí je fullframe verzi.



To, co snímá obraz za objektivem digitálního fotoaparátu v současné době, se jmenuje **CCD, nebo CMOS čip**.

Rozdíl mezi oběma technologiemi je ve výrobě i sběru dat ze světlocitlivých buněk.

Před nimi je umístěna tzv. **Bayerova maska**.



Je pojmenovaná po svém tvůrci, Bryci E. Bayerovi z firmy Eastman Kodak, který ji patentoval v roce 1976. Ta filtruje dopadající světlo tak, aby každá buňka zaznamenala jednu složku z RGB.

Zelenocitlivých buněk je dvakrát tolik než ostatních, neboť lidské oko je nejcitlivější na tuto oblast.

Výsledná barva jedné buňky se dopočítává z údajů buněk sousedících. Buňky mohou nabývat hodnot 0–255.

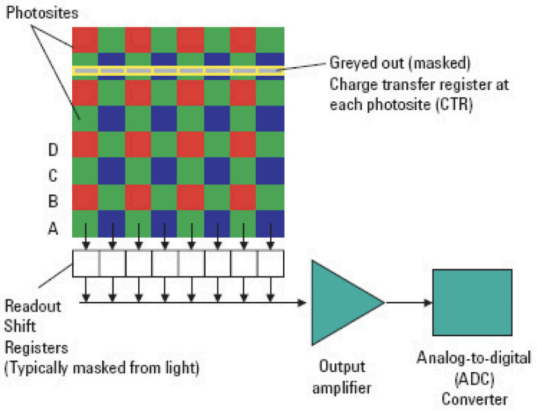
Můžete se setkat s pojmem RGBG filtr - červená-zelená-modrá-zelená.

CCD ČIP je výrobně jednodušší (již v roce 1969!), řádky buněk jsou napojeny na sběrnici, která postupně zaznamenává jednotlivé hodnoty celých řádek.

Po nasnímání řádku A se řádek B posune na jeho místo, opět se načte atd. do nasnímání celého čipu. Toto lineární zpracování signálu je zdlouhavé, překáží kontinuálnímu snímání, neboť neustále zaplňuje mezipaměť.

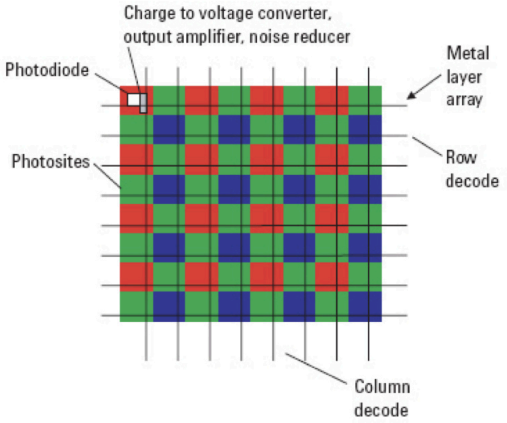
Signál z jednotlivých buněk je příliš slabý, proto je nutné jej dále zesílit. I zesílený je stále analogový, takže za ním následuje analogo-digitální převodník, po kterém se signál zpracovává již digitálně.

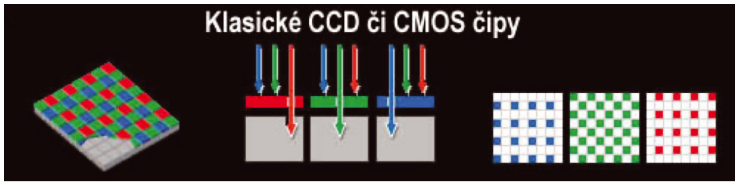
CCD má při nízkém napětí (malé ISO) obstojnou kvalitu, ovšem se zvyšující se citlivostí narůstá šum na fotografii geometrickou řadou.

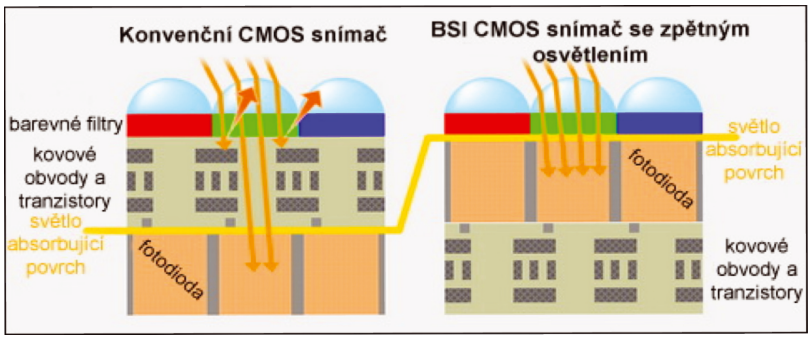


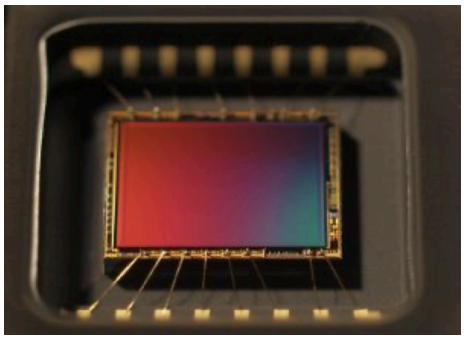
CMOS ČIP je na první pohled podobný, ale snímání signálu probíhá na celém čipu najednou. Každá buňka je napojena rovnou na sběrnici. Je tedy konstrukčně složitější, ale současné technologie jej dokáží vyrobit podstatně jednodušeji než CCD.

CMOS je napájený řádově menším napětím, takže i při vyšších citlivostech má mnohem menší šum. Každá buňka je opatřena malou čočkou pro lepší využití světla. Modernější BSI CMOS snímače mají obrácenou vrstvu s fotodiodami a ostaními součástkami. Tím se ještě zlepšila využitelnost světla - citlivost čipu. V řadě za snímačem následuje opět zesilovač a AD převodník.

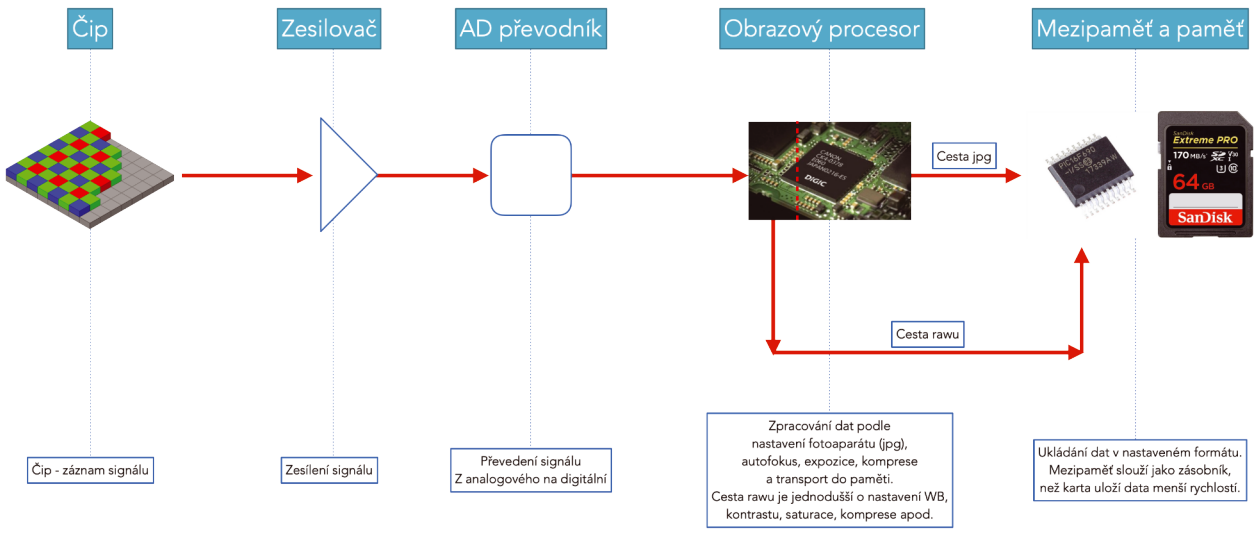








Cesta signálu z čipu je tedy:
1. zesilovač - Aby se signál dal dobře zpracovat a nepodléhal rušení, je potřeba zesílit.
2. AD převodník - Dále se signál již zpracovává digitálně. Zde probíhá převod na binární soustavu.
3. obrazový procesor - „Mozek“ celého fotoaprátu. Má na starosti kromě řízení chodu fotoaparátu i zpracování obrazu. Pokud fotografujeme do formátu jpg, je zpracován podle nastavených parametrů - expozice, nastavení bílé, barevné profily, komprese ukládání, doostření apod. Pokud fotografujeme do formátu raw, je předchozí krok vynechán a proběhne pouze uložení holých surových dat.
4. vyrovnávací paměť a ukládací karta - Vyrovnávací paměť slouží jako „buffer“, tj. dočasné úložiště, kam se soubor uloží velkou rychlostí a uvolní systém pro další snímání. Zápis na karty totiž může probíhat různými rychlostmi podle dané karty. To by destabilizovalo a zpomalilo systém.



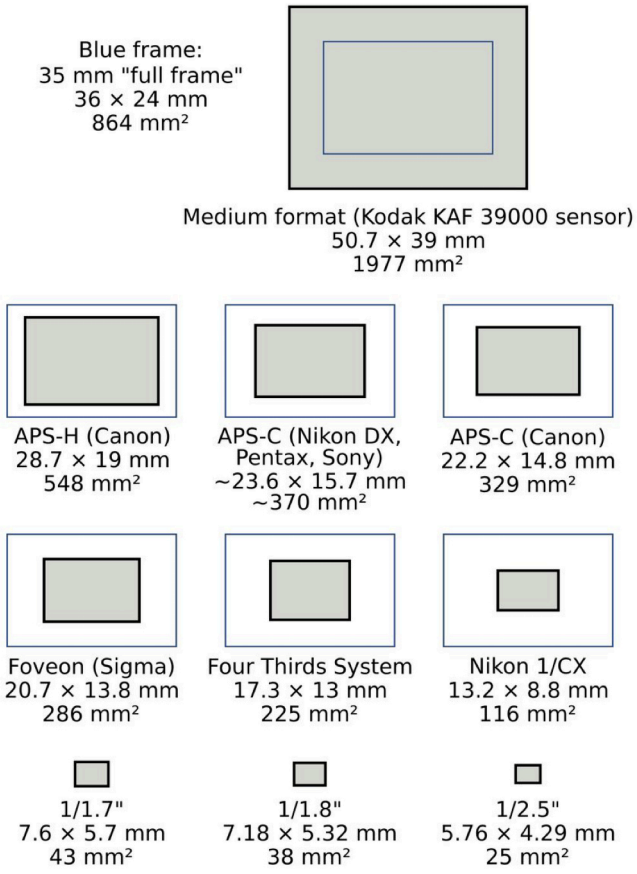
Snímač má tři základní parametry:

1/ Rozlišení - počet buněk ve sloupci x počet buněk v řádce = rozlišení v milonech pixelů

2/ Velikost - fyzická velikost snímače - APS-C (cropfaktor), fullframe, středoformát

3/ Citlivost - vyjadřuje s pomocí ISO čísla (ekvivalent ASA - citlivosti filmu), ve skutečnosti je to hodnota napětí na čipu a následného zesílení signálu.

Sensor Name	Medium Format	Full Frame	APS-H	APS-C	4/3	1"	1/1.63"	1/2.3"	1/3.2"
Sensor Size	53.7 x 40.2mm	36 x 23.9mm	27.9x18.6mm	23.6x15.8mm	17.3x13mm	13.2x8.8mm	8.38x5.59mm	6.16x4.62mm	4.54x3.42mm
Sensor Area	21.59 cm²	8.6 cm²	5.19 cm²	3.73 cm²	2.25 cm²	1.16 cm²	0.47 cm²	0.28 cm²	0.15 cm²
Crop Factor	0.64	1.0	1.29	1.52	2.0	2.7	4.3	5.62	7.61
Image									
Example									



Úložiště a paměťové karty

Po zpracování signálu a exportu snímku do mezipaměti následuje jeho uložení na úložiště, nejčastěji paměťovou kartu. Ta se nachází v paměťovém slotu fotoaparátu.

Pro přenos dat do fotoaparátu máme několik cest:

1. Kartu vložíme do čtečky a zkopírujeme soubory.
2. Fotoaparát propojíme s počítačem kabelem. Zde můžeme využít automatického kopírování přímo operačním systémem, nebo specifickým software, např. EOS utility, Adobe Lightroom apod.
3. Přímý přenos přes wifi - přes příslušnou aplikaci výrobce, nebo třetích stran do počítače nebo tabletu apod.

Typy paměťových karet

Nejčastějšími typy jsou karty SD, CF (Compact Flash) a v poslední době i Cfast (zvláštní rozhraní s velkou rychlostí). Některé fotoaparáty podporují současný, nebo kontinuální zápis na dvě karty.

SD karta

1/ Zámek paměťové karty
2/ Maximální rychlost čtení v megabajtech za sekundu (MB/s)
3/ Kapacita paměťové karty - jako u pevného disku.
4/ Typ paměťové karty
5/ Minimální rychlost zápisu pro video
6/ Typ podporovaného standardu - UHS-II karty jsou oproti jedničkovým výrazně rychlejší a hodí se i pro rychlé sekvence v RAW a natáčení videí s vysokým bitrate.
7/ Rychlostní třída karty - Class 10 znamená rychlost zápisu alespoň 10 MB/s.
8/ Minimální rychlost zápisu – starší standard

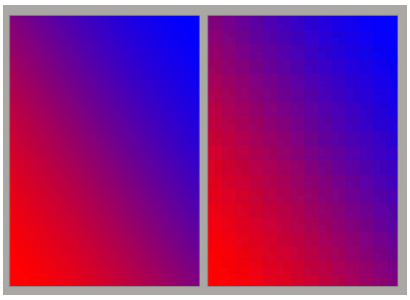
redukce z micro SD na SD

SD karta

Obrazové formáty

Obrazových formátů existuje celá řada. Jedná se o formáty pro rastrovou i vektorovou grafiku. Digitální fotografie je však ukládána pouze do několika standardních formátů. Nejpoužívanější jsou formáty JPEG a RAW, nebo TIFF. Některé digitální fotoaparáty ukládají pouze do formátu JPEG, sofistikovanější přístroje umožňují i RAW, případně ukládají fotografie na kartu do obou formátů zároveň.

JPG

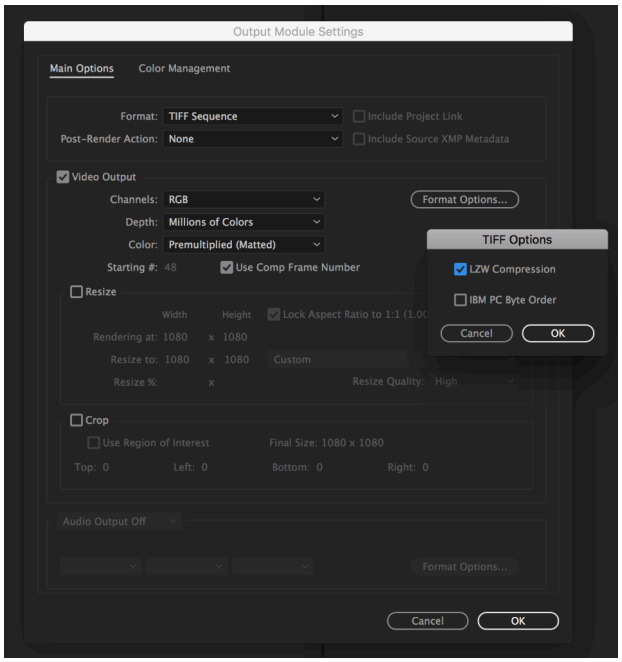


Tento formát byl navržen skupinou (Joint Photographic Experts Group) a využívá ztrátovou kompresi pro ukládání dat. Je vhodný pro komprimaci fotografií. Fotografie mají bitovou hloubku 24 bitů (8 bitů na kanál). Při ukládání fotografií můžeme nastavit úroveň komprese. Pozor tedy na opětovné otevírání a ukládání souborů s kompresí, neboť vždy při uložení probíhá komprese již jednou komprimovaného obrázku. Při ukládání algoritmus část informace ztratí. Toto se projeví nejdříve na kontrastních hranách a v polotónech, kde vznikají nežádoucí kompresní artefakty.
Platí úměra: čím větší komprese při ukládání, tím menší soubor, zároveň menší kvalita. Pro opakované úpravy je vhodnější formát TIFF, nebo PSD.

TIFF

Formát TIFF tvoří neoficiální standard pro ukládání snímků určených pro tisk. TIFF je složitější formát oproti jiným formátům pro ukládání rastrové grafiky. Tento formát vytvořila v roce 1986 společnost Aldus.

TIFF soubor může také obsahovat vektorově umístěný Clipping path (osnovu, která ořízne či orámuje hlavní obraz). Schopnost ukládat obrazová data v bezztrátovém formátu dělá z TIFF souborů užitečnou metodu pro archivaci obrázků.



Jeho nevýhodou je větší datový objem, ale podstatnou výhodou je možnost ukládat průhledné plochy a vektorové masky.

TIFF podporuje několik různých kompresních bezztrátových formátů. Nejpoužívanější je LZW nebo ZIP. Tuto kompresi můžeme nastavit při exportu souboru. Na rozdíl od jpg může být TIFF i 16 bitový.

RAW

Jak jsme si nastínili u cesty signálu z čipu, jedná se o surová data přímo ze snímacího čipu. Fotografie jsou mnohem větší než u formátu JPEG. Na rozdíl od formátu JPEG, který má 8 bitů na 1 kanál, tak RAW obsahuje 12 – 16 bitů. RAW postupně vytlačil z digitálních fotoaparátů formát TIFF. Fotografie je nutné zpracovat v konverzním programu.

Předností formátu RAW je, že není tak citlivý na přeexpozice a podporuje značnou úpravu, vč. nastavení barevné teploty, expozice, barevného podání. Každý výrobce digitálních fotoaparátů (zejména digitálních zrcadlovek) implementuje jiný formát RAW souborů, a pak má formát RAW pro různé výrobce fotoaparátů také různou příponu. (např. Canon označuje svoje RAW soubory příponami *.crw a *.cr2). Pro zpracování formátu RAW pak každý výrobce dodává k fotoaparátu také vlastní RAW editor, nebo je možné použít editor třetích stran (Photoshop Camera Raw, Adobe Lightroom, Capture One apod.)

PSD

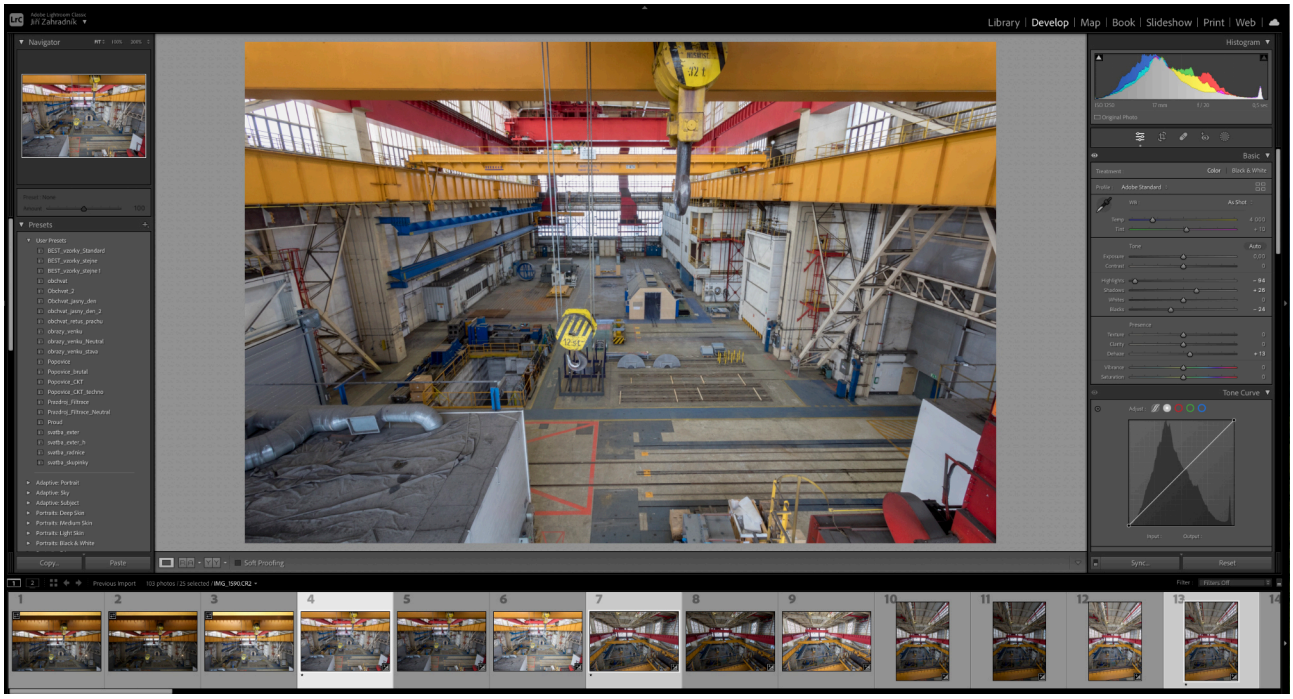
(Photoshop document) je formát, který používá program Adobe Photoshop, týká se tedy postprocesu. Podporuje ukládání obrázků ve vrstvách, s vektorovými i bitmapovými maskami, vrstvami úprav apod.

Většinou je obsahově větší, ukládá se bez komprese. Je vhodný pro ukládání aktuálních rozpracovaných témat a archivaci verzí zpracování.

PDF

(Portable Document Format) je vhodný formát pro výměnu dat s komerčním tiskem a to nezávisle na softwaru i hardwaru, na kterém byly pořízeny. Obsahuje kromě obrázků i písma, vektorovou grafiku apod. Lze též zaheslovat pro tisk, prohlížení, editaci.

Adobe Lightroom:



Ostatní příslušenství a zálohování

Pro zálohování „v terénu" se občas hodí mít záložní karty. Nikdy nevíte, co se může stát. Zrovna tak je dobré mít záložní baterie, zvlášť při nízkých teplotách. Kapacita baterie totiž při nich rapidně klesá.

Při delších výjezdech se vyplatí mít např. powerbanku a příslušnou nabíječku, nebo adaptér do auta.

Zálohování vlastních souborů je vhodné provádět jak na lokální disk počítače, tak ještě na nějaké jiné umístění. Např. cloudovou službu, nebo externí disk, který není stále připojen k počítači.

Při fotografování kritickými časy ze stativu je dobré používat externí spoušť, která v kombinaci s funkcí předsklopení zrcátka eliminuje možnost rozhýbání snímku. Též může sloužit k expozici, když jste od fotoaparátu více vzdáleni.

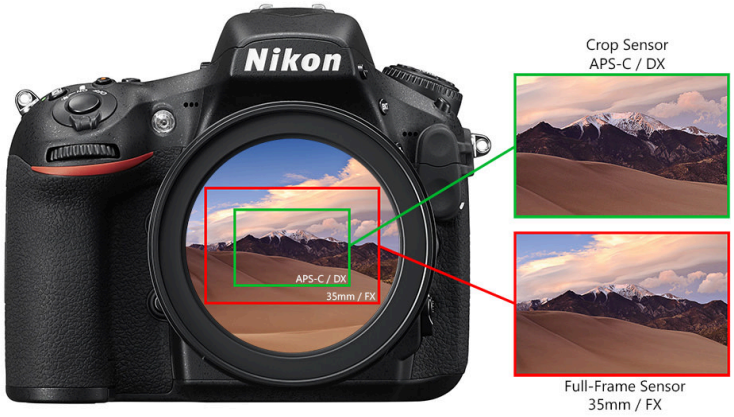
Vyrábí se ve dvou verzích - kabelová a bezdrátová. Spoušť může nahradit i příslušná aplikace v telefonu, tabletu apod.

čtečka karet

Crop faktor

Anglické slovo crop se v této souvislosti překládá jako **ořez**. Crop faktor podává informaci o tom, kolikrát je snímač konkrétního fotoaparátu menší než snímač Full Frame. Proč zrovna Full Frame? Protože formát 24×36 mm vychází z velikosti políčka kinofilmu a je dlouhodobým standardem. Tento faktor umožní srovnávat objektivy bez ohledu na velikost snímače a tak si dokážeme představit úhel záběru, který konkrétní objektiv poskytuje.
Konstrukce objektivu je taková, že políčko kinofilmu se právě vejde do vykresleného kruhového pole objektivem. V případě, že použijeme snímač, který je menší, ořezáváme tento obraz.

Poměr mezi velikostmi obou snímačů je onen koeficient (crop faktor), který musíme použít pro přepočtení ohniskové vzdálenosti objektivu.

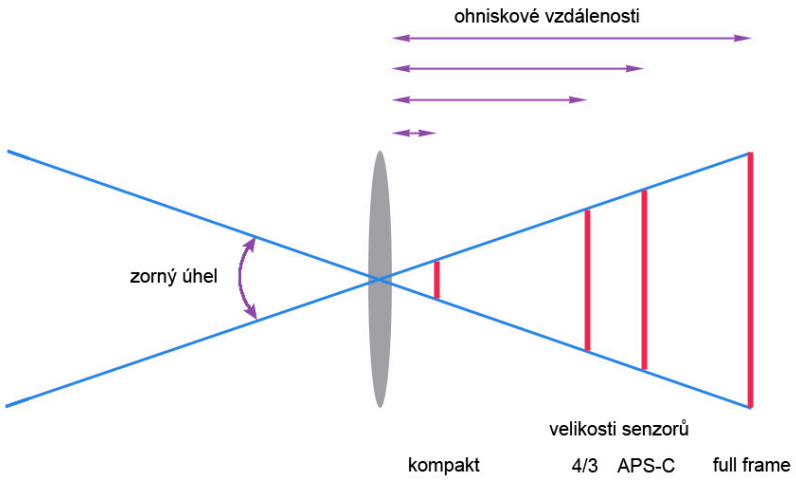


Např.: použijeme základní objektiv 50mm. Na fullframe těle bude cropfaktor roven jedné a nic se pro nás nemění. Jestliže použijeme ten samý objektiv a tělo s menším čipem APS-C s cropfaktorem 1,5, bude obraz oříznutý a přepočítaná (ekvivalentní) ohnisková vzdálenost je 75 mm.

Crop faktor nám tedy pomáhá zjistit ohniskovou vzdálenost, jakou by měl objektiv se stejným zorným úhlem na fotoaparátu s Full Frame snímačem.

Pozor, použitím čipu s cropfaktorem se mění ohnisková vzdálenost objektivu pouze zdánlivě. Perspektiva (zorný úhel) zobrazení zůstává stejná, mění se pouze výřez.

Velikost snímače má zásadní vliv na hloubku ostrosti, byť nepřímý. Platí pravidlo, že čím delší je ohnisková vzdálenost objektivu, tím nižší je hloubka ostrosti a naopak.



Co to znamená v praxi? U malých snímačů (např. u telefonů) je reálná ohnisková vzdálenost bez přepočtu samozřejmě kratička, což způsobuje, že vše je ostré (což může být i výhoda), ale nedovolí vám pracovat s hloubkou ostrosti (nebo jen při focení z opravdu velké blízkosti). V souvislosti s naším tématem platí: Čím je crop faktor vyšší (neboli čím menší je snímač), tím je větší hloubka ostrosti. Další okolnost, která ovlivní hloubku ostrosti je odstup od fotografované scény a clona, ale to už nesouvisí s probíraným tématem.

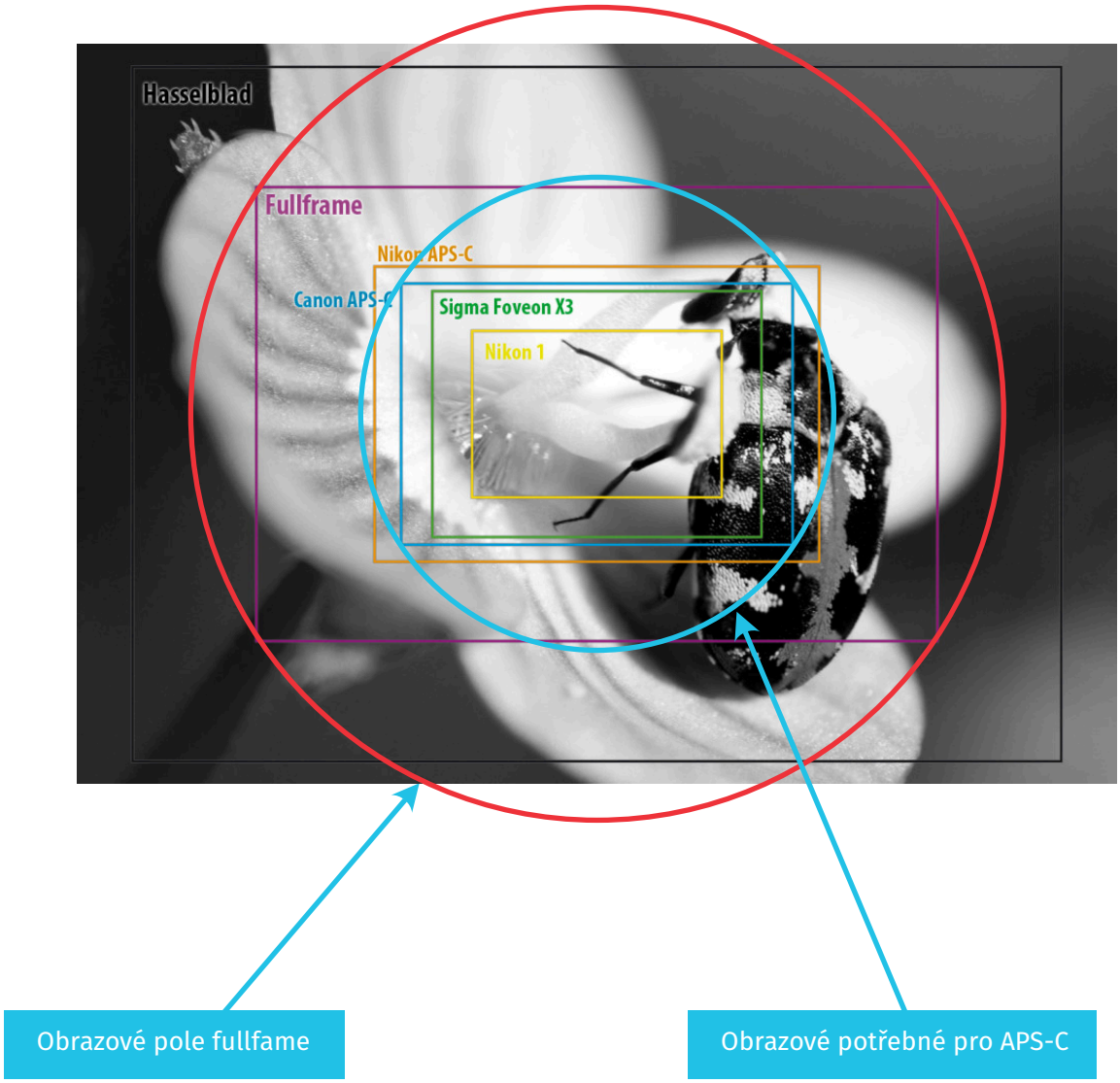
TYP SNÍMAČE	CROP FAKTOR
1/2,7″	6,44
1/2,5″	6,02
1/2,3″	5,58
1/2″	5,41
1/1,8″	4,84
2/3″	3,93
1″	2,7
4/3″	2
APS-C CANON	1,6
APS-C	1,5
FULL FRAME	1

Pro plnohodnotné využití malé hloubky ostrosti se tedy nejlépe hodí fotoaparáty s FF snímačem. Při použití dostatečně světelných objektivů si s hloubkou ostrosti bez problému vyhrajete i s fotoaparáty s formátem snímače APS-C nebo Micro 4/3.

Existují také objektivy vyvinuté a určené speciálně pro menší snímače, např. APS-C. Canon je označuje písmenem S, Nikon DX. Zatímco na FF (Full Frame) fotoaparáty Canon objektivy Canon určené pro menší snímač vůbec nenasadíte, např. na FF fotoaparáty Nikon nebo Sony ano. V takovém případě je pak z FF snímače snímána pouze plocha odpovídající menšímu APS-C snímači.

Objektivy konstruované pro větší snímač můžete použít i na menším snímači, i když jeho vykreslovací pole vlastně nevyužijete. V jistých případech ale tato varianta může dávat smysl – objektivy pro Full Frame fotoaparáty většinou díky premiové optice poskytují lepší obraz a při jejich použití s APS-C snímačem používáte pouze výřez prostřední části obrazu, která bývá zpravidla nejostřejší a s nejméně optickými vadami, které se často objevují především v krajích a rozích záběru.

Tato kombinace dává smysl také, pokud v současnosti používáte APS-C fotoaparát, ale někdy v budoucnu plánujete přechod na Full Frame. V takovém případě budete mít ve chvíli přechodu veškeré objektivy plně kompatibilní a bude vám stačit „pouze“ prohodit těla fotoaparátů.

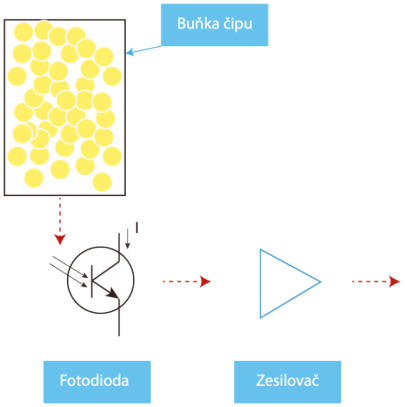


Digitální šum

Můžete si všimnout (viz kapitola Exponometrie), že s narůstající citlivostí ISO a s delší expozicí narůstá šum ve fotografii. Projevuje se jako nerovnoměrně rozprostřené pixely jiné tonality, než je charakter snímku.

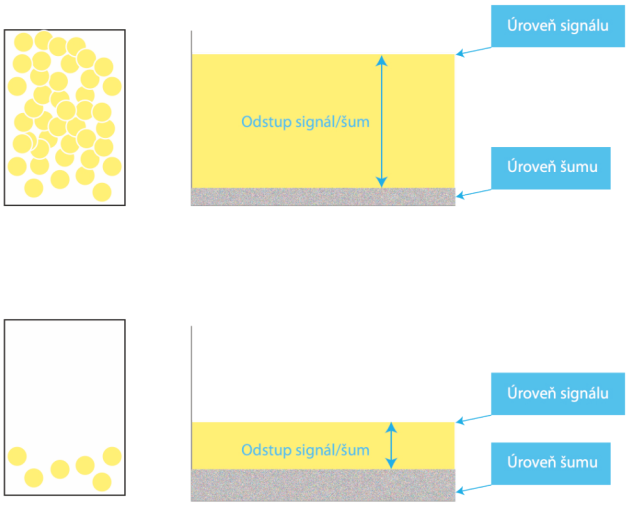
Jak vzniká?

Každá světlocitlivá buňka na snímacím senzoru (čipu) digitálního fotoaparátu je schopna na fotodiodě zachytit určité množství fotonů. Buňku čipu si můžeme představit jako nádobku, která zachycuje fotony. Ty vybudí ve fotodiodě, která je přímo součástí každé buňky, proud elektronů, který je dále zesilován zesilovačem. Tento proud elektronů nazýváme signálem. Má změřitelnou hodnotu ve Voltech (V). V tmavých částech snímku je tato hodnota (počet fotonů) menší, ve světlých větší (dopadne více světla).



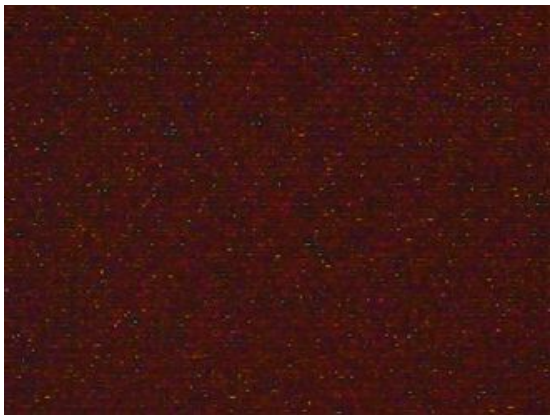
Protože je vlastní čip elektronická součástka (polovodič - krystalová mřížka), je v něm přítomen i během doby, kdy neexponujeme, základní šum. Ten je způsoben náhodnou fluktuací náboje zejména vlivem tepelných kmitů. Tento základní tepelný šum se sčítá se signálem, který vybudily dopadající fotony. Jak už název napovídá, tento základní šum je závislý na teplotě. Ta se může zvyšovat jak pobytem fotoaparátu v teplém prostředí, tak při dlouhých expozicích (astronomické fotoaparáty jsou vybaveny aktivním chlazením) a při exponování vyššími hodnotami ISO.

Při vyšších hodnotách ISO (základní - nominální hodnota je většinou 100) dochází nutně k většímu zesílení signálu. Vlastní čip je totiž pořád stejně citlivý, jen přijal menší množství fotonů. Při zesilování signálu dochází k zahřívání součástek i čipu. Platí přímá úměra mezi hodnotou zesíleného signálu a množstvím proudu, který prochází zesilovačem. Tím se zvětšuje teplota - hodnota základního šumu.



Pokud např. šum tvoří zhruba 10 elektronů v každé buňce a po osvícení se vybudí 1000 elektronů, bude průměrná relativní úroveň šumu 10/1000 = 1 %, v případě tmavého snímku s pouze 100 vybuzenými elektrony však bude relativní šum 10/100 = 10 %, což se projeví jako více viditelný šum. Dá se tedy říci, že šum se obecně a výrazněji projevuje ve stínech než ve světlech. Poměru úrovně šumu a skutečného signálu se říká SNR (Signal to Noise Ratio).

Šum také roste s klesajícím rozměrem buňky na čipu. Z toho plyne kvalitnější obraz na fullframe čipu. Kresba samozřejmě závisí kromě na čipu a citlivosti hlavně na objektivu a celkovém zpracování obrazu. Také platí, že s rostoucí citlivostí obvykle klesá dynamický rozsah čipu.



Kromě temného šumu se na odchylkách podílí i tzv. horké pixely (hot pixels), které vznikají při vybuzení elektronů z buňky vlivem dopadu energetické částice na čip, či tepelných pohybů při delší expozicích a dojde u nich k úplné saturaci jednotlivých pixelů. Další šum vzniká při vyčítání CCD čipu, který se nazývá vyčítací nebo čtecí šum, šum vzniklý při zesílení na danou hodnotu ISO ekvivalentu v zesilovači a nakonec je tu šum vzniklý při konverzi analogových dat do AD převodníku.

Na velikost šumu má v zásadě vliv i kvalita vlastního zpracování snímku pomocí algoritmů s protišumovými filtry a redukcí šumu a komprese snímku do JPEG formátu. Aby bylo možné rozlišit nějaký signál, měl by být vyšší než šum, tedy nad tzv. úrovní šumu, šumovou hladinou.

Upravený fotoaparát s chlazením pro astrofotografii

Kamera Blackmagic s chladicími větráčky

Proč se to učíme?

- Abychom věděli, co způsobují dlouhé expozice a používání vysoké hodnoty ISO
- Abychom věděli při výběru fotoaparátu, jak se chovají různě veliké čipy.

KONSTRUKCE ZÁVĚRKY A CLONY

Clona je optická část objektivu, která reguluje množství světelného toku.

Poprvé použil clonu Noël Marie Paymal Lerebours v roce 1855. Jednalo se o otočnou clonu se třemi různými otvory, které se nastavovaly na přední straně objektivu. Lamelovou clonu snad vynalezl francouzský vynálezce a průkopník fotografie Nicéphore Niépce.

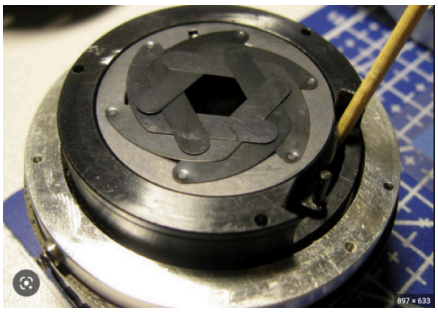
Velikost clony se udává pomocí clonového čísla:

$$F = f/d'$$

Kde **F je clonové číslo**, **f ohnisková vzdálenost** objektivu a **d průměr otvoru** clony.

Clonové číslo odpovídající maximálnímu možnému otevření clony se označuje jako **světelnost objektivu**. Máme-li tudíž objektiv s ohniskovou vzdáleností 40 mm a světelností značenou jako f/4 či 1:4, je maximální průměr otevřené clony 10 mm, což odpovídá clonovému číslu 4.

Konstrukčně je clona mezikruží z černěného plechu. Moderní clona je tzv. irisová - lamelová. Jde o lamely, které se svírají kolem optické osy. Díky konstrukci lamel je otvor stále kruhový.



Rozptylový kroužek

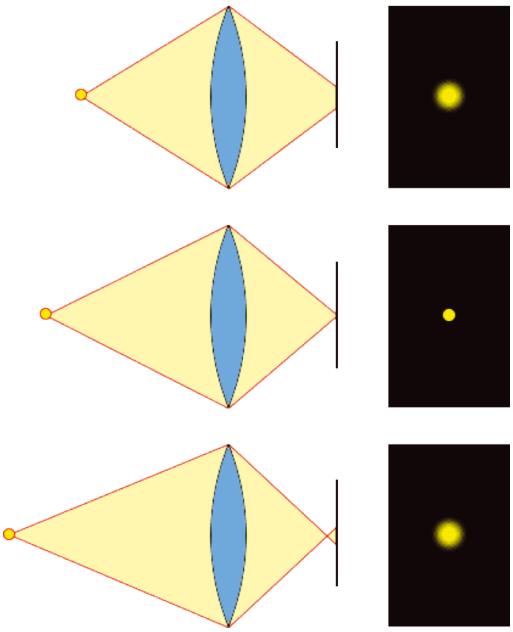
Že clona slouží pro korekci množství světelného toku, sekundárně pro korekci hloubky ostrosti, již víme.

Jak stanovíme, že je snímek správně ostrý? Jedná se spíše o subjektivní jev. Podle stavu zraku porovatele. Nicméně existuje celospolečenský úzus, který představuje tzv. **rozptylový kroužek**.

Rozptylový kroužek je tedy pojem, kterým se stanovuje minimální ostrost snímku.

Jestliže máme zdroj světla jako nepatrný bod, správně zaostřený obraz vytvoří na fotografii (resp. na senzoru fotoaparátu) také nepatrný světelný bod. Pokud není perfektně zaostřen, zobrazí se na senzoru fotoaparátu menší či větší kruh. Průměr tohoto kruhu značí velikost rozostření obrazu. **Právě tomuto kruhu se říká rozptylový kroužek, angl. Circle of Confusion (CoC)**.

Na obrázku vidíte vlevo malý světelný zdroj, na který se ostří. Ten se nachází na třech různých místech (různě vzdálený od senzoru fotoaparátu). V prvním případě je v přední mezní poloze hloubky ostrosti. Ve druhém případě se nachází přesně v rovině zaostření (zobrazuje se tedy ideálně jako bod). Ve třetím případě se pak objekt nachází na zadní mezi hloubky ostrosti. V prvním a třetím případě se tento objekt zobrazuje jako limitní (ještě přípustný) rozptylový kroužek. Kdyby se tento objekt nacházel blíže/dále, byl by ještě více rozmazaný.



Zdravý člověk nedokáže rozeznat při běžné pozorovací („čtecí“) vzdálenosti objekty menší než přibližně 0,25 mm. **Rozptylový kroužek proto na výsledné tištěné fotografii nesmí přesáhnout 0,25 mm**. Kdyby přesáhl, jevil by se obraz jako rozmazaný.

Kdybychom měli senzor fotoaparátu veliký jako list papíru (A4), nemusíme cokoliv přepočítávat. Tato velikost je dána historicky. Přesně se jedná o 8 × 12 palců, což přibližně odpovídá oné velikosti A4. Rozptylový kroužek na senzoru by v tomto případě odpovídal hodnotě 0,25 mm. Senzory fotoaparátů jsou ovšem mnohem menší. Proto se při přepočtu obraz ze senzoru zvětšuje na uvedenou velikost A4. Kolikrát je senzor fotoaparátu menší než A4, tolikrát se obraz zvětšuje. Při přepočtu se o stejnou hodnotu zmenšuje i rozptylový kroužek. Velikost rozptylového kroužku se proto mění s velikostí senzoru. Čím menší senzor, tím menší bude i rozptylový kroužek.

Rozptylový kroužek úzce souvisí s hyperfokální vzdáleností. Učili jste se o ní v prvním ročníku. Pokud jí chcete určit, potřebujete správně určit velikost rozptylového kroužku.

Chcete-li vypočítat přesnou hodnotu rozptylového kroužku pro váš fotoaparát, zde je postup. Zjistěte si přesnou velikost senzoru fotoaparátu. Na základě rozměrů vypočítejte úhlopříčku senzoru. Vydělte velikost úhlopříčky A4 listu hodnotou úhlopříčky senzoru. Výsledkem vydělte číslo 0,25. Vyjde vám velikost rozptylového kroužku u vašeho fotoaparátu. Máte-li například kompakt, půjde o dost malé číslo.

Zkrátka velikost rozptylového kroužku je přímo úměrná velikosti záznamových médií.

Zajímavá aplikace pro její vypočtení je zde: https://www.dofmaster.com/dofjs.html

Existuje i mobilní verze DOFMaster

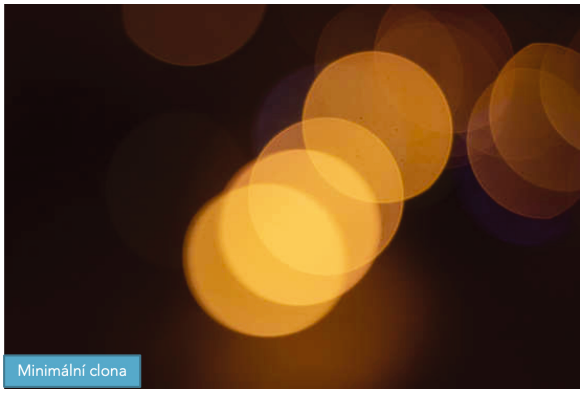
VELIKOST SENZORU	ROZPTYLOVÝ KROUŽEK
A4 (hypoteticky)	0,25 mm
Full-frame	~ 0,03 mm
APS-C	~ 0,02 mm
4/3 systémy	~ 0,015 mm
1/2,5"	~ 0,005 mm

Velikost senzoru a odpovídající hodnota rozptylového kroužku

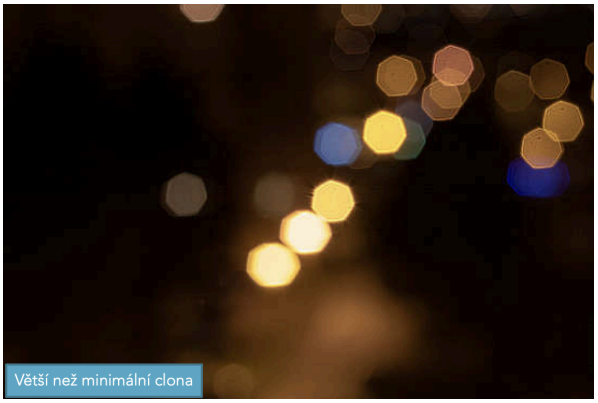
Pro vizuální kontrolu hloubky ostrosti slouží tlačítko (většinou v blízkosti objektivu) nebo přímo na něm. Po jeho zmáčknutí se clona zavře na nastavenou hodnotu a scéna se proostří.

Bokeh

Bokeh je optický jev, který se mění jak s konstrukcí objektivu, tak s tvarem clony (počtu lamel) a velikostí jejího otvoru. Při otevřené cloně se světla v neostré části snímku jeví jako rozmazané kroužky, víceúhelníky, nebo hvězdičky.



Minimální clona



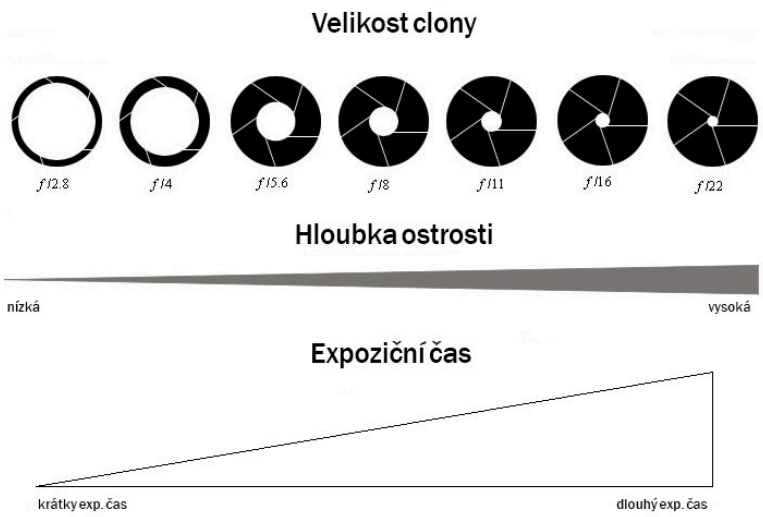
Větší než minimální clona

Maximální clona

Clonová čísla

Jak víme z předešlé kapitoly: jednotlivé lamely clony se svírají kolem podélné osy objektivu, tím zmenšují vstupní průměr objektivu a regulují množství světelného toku. Zároveň mění tzv. **hloubku ostrosti** - přímo ovlivňuje jaká část snímku (v podélné ose) bude ostrá. Ostrost - viz. *rozptylový kroužek*.

Aby bylo možné přesně stanovit hodnotu použité clony, používají se tzv. **clonová čísla**. Ta nejsou stanovena náhodně, jak by se mohlo na první pohled zdát, ale jsou v ucelené **clonové řadě**.



Při posunutí clony o jedno clonové číslo (EV - viz kapitola Exponometrie) bude procházet objektivem dvojnásobné (poloviční) množství světla. Při odvození clonové řady musíme vycházet z předpokladu, že na záznamové médium dopadne dvojnásobek světelného toku, jestliže se plocha otvoru clony zvětší dvakrát. Plocha otvoru je závislá na jejím průměru podle známého vzorce:

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

π - 3,14 - Ludolfovo číslo, r - poloměr otvoru, d - průměr otvoru

Pokud porovnáme otvor s jedním clonovým číslem a prvním menším clonovým číslem (s dvojnásobnou plochou):

$$\frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot 2 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$

Vyplyne z toho, že při z**většení plochy** o jedno clonové číslo se zvětší **průměr otvoru** jen násobkem odmocniny ze dvou, t.j. 1,41.

$$d_1 = \sqrt{2} \cdot d_2$$

Naše clonová řada jsou tedy čísla, která jsou násobkem této odmocniny:

1 – 1,4 – 2 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 – 16 – 22 – 32 – 64

Malá pomůcka: při učení si můžete zapamatovat jen dvě čísla: 1 a 1,4. Ostatní následující čísla jsou dvojnásobky těchto dvou: 1, 2, 4... a 1,4, 2,8, 5,6. Výjimka je u čísla 11.

Hloubka ostrosti

Je to jednoduše řečeno rozdíl vzdáleností nejvzdálenějšího a nejbližšího předmětu, které se na fotografii jeví lidskému oku ještě jako ostré - viz. Rozptylový kroužek.

Hloubku ostrosti ovlivňuje:

Clonové číslo: Čím je použito menší clonové číslo (větší otvor), tím je hloubka ostrosti menší a naopak.

Ohnisková vzdálenost: Čím je použita větší ohnisková vzdálenost objektivu, tím je hloubka ostrosti menší (takže rybí oko má hloubku ostrosti téměř nekonečnou, zatímco teleobjektiv velmi malou).

Vzdálenost - čím blíž je fotografovaný objekt, tím je hloubka ostrosti menší. Takže pokud fotíme dva sloupy ze vzdálenosti půl kilometru, oba sloupy budou ostré, i když jsou od sebe sto metrů. Naopak pokud fotíme makro, jeden květ bude ostrý a druhý už rozmazaný, i když jsou od sebe jen jeden centimetr.

Použití:

1. prodloužení (zkrácení) expozice
2. oddělení fotografovaného objektu od pozadí
3. ostrá kresba v celém snímku - vhodné pro krajinářskou fotografii
4. dosažení prostorového vjemu

Příklad proostření snímku s různými clonovými čísly:

Hyperfokální vzdálenost

Tento pojem má dvě definice:

1. Vzdálenost, od které se směrem do nekonečna bude jevit na snímku vše přijatelně ostré při zaostření na nekonečno.
2. Vzdálenost, na kterou když se zaostří, bude na fotografii vše přijatelně ostré od poloviny této vzdálenosti do nekonečna.

Hyperfokální vzdálenost **závisí na několika faktorech** a to na:

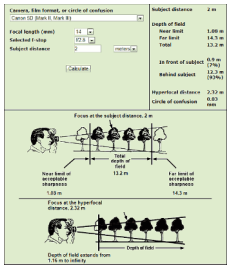
- ohniskové vzdálenosti objektivu
- použité cloně objektivu
- velikosti senzoru fotoaparátu
- přijatelné velikosti rozptylového kroužku

Abyste zjistili hodnotu hyperfokální vzdálenosti, můžete využít vzoreček.

$$\text{Hyperfokální vzdálenost [mm]} = f^2 / (F \times c)$$

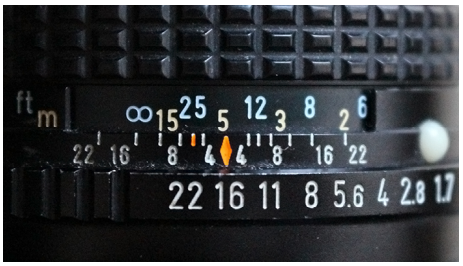
f: ohnisková vzdálenost objektivu [mm] (skutečná, nikoliv přepočítaná), **F**: zvolené clonové číslo, **c**: rozptylový kroužek [mm]

Pro výpočet můžete použít též webovou nebo mobilní aplikaci www.dofmaster.com



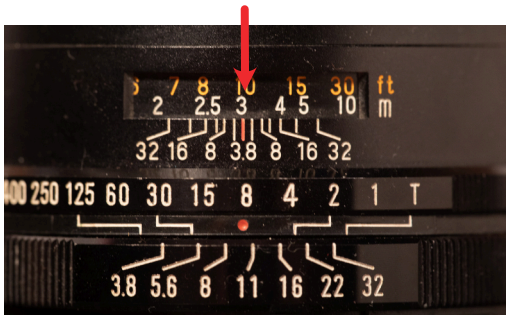
Proostřování snímku není na objektivu lineární - v blízkých vzdálenostech musíte objektiv vysouvat více, než na přeostření stejné vzdálenosti v (téměř) nekonečnu.

Některé objektivy mají v blízkosti stupnice zaostření i stupnici s clonovými čísly, které napovídají, jaká bude hloubka ostrosti.

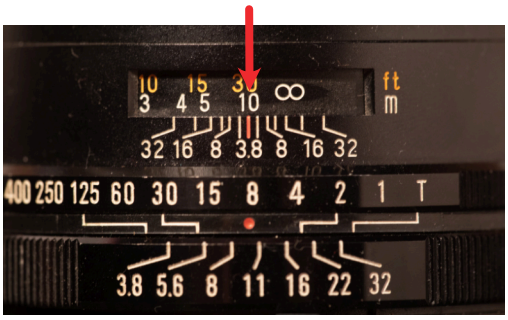


V praxi této stupnice můžeme využít pro stanovení správné clony a správné nastavení hyperfokální vzdálenosti.

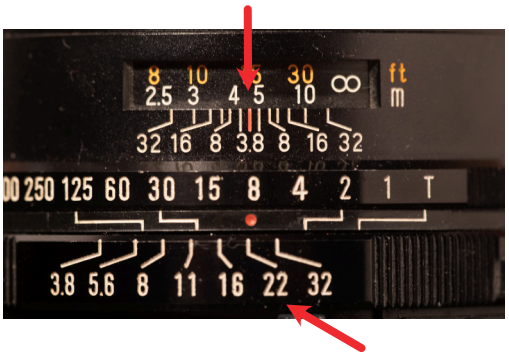
1) Zaostříme nejbližší bod, který chceme mít ostrý (3m)



2) Zaostříme nejvzdálenější bod (10m)



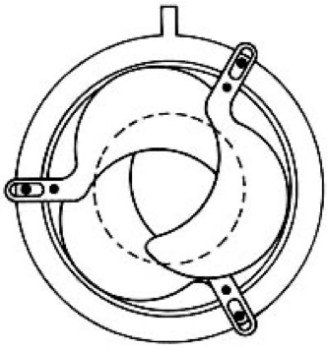
3) Přeostříme na vzdálenost, která je přesně mezi změřenými body (4,5 m) - to je **hyperfokální vzdálenost**. Ze stupnice zjistíme, která clona je schopna pokrýt danou vzdálenost (22).



Může se stát, že ani maximální clonou nejsme schopni pokrýt požadovanou hloubku ostrosti. Potom musíme změnit jeden z parametrů. Např. vzdálenost od objektu, použitý objektiv apod.

ZÁVĚRKA

Závěrka je konstrukčně zařízení, které cloní, nebo umožňuje vstup světla na světlocitlivý materiál (čip). V čase koloidových snímků stačil na expozici klobouček, který se sňal, neboť pohyb pro jeho sundání se při dlouhých expozičních časech neprojevil.

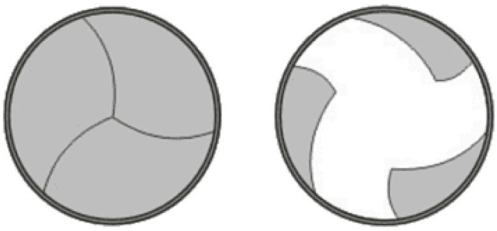


Dnes je můžeme rozdělit podle typu na:

1/ JEDNODUCHÉ CENTRÁLNÍ - Historické, nepřesné - v podstatě je to jen otvor, který se mihne v objektivu. Většinou uměly jen 1/30 s.

2/ CENTRÁLNÍ S NATAHOVÁNÍM - V podstatě hodinový strojek, který otevře lamely závěrky na nastavený čas. Před expozicí se musí ve strojku natáhnout pero. Je umístěna v objektivu poblíž clony.

Přístroje s centrálními závěrkami dosahují nejkratších časů max. kolem 1/750 sekundy (obvykle 1/500 s). Její velkou výhodou (ve srovnání se štěrbinovými závěrkami) jsou kratší synchronizační časy s blesky. Další výhodou je absence zkreslení pohybem (fotografování rychle se pohybujících objektů bez panningu). Nevýhodou je naopak relativně malý rozsah expozičních časů.



Dnes je najdete v objektivech pro velké a střední formáty.

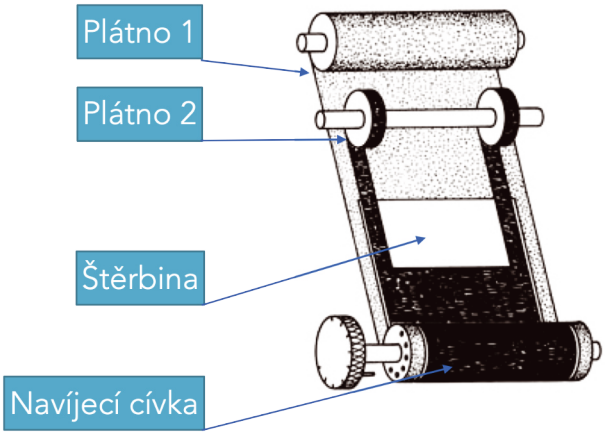
3/ ŠTĚRBINOVÁ ZÁVĚRKA je umístěna velmi těsně před rovinou filmu nebo CCD, tedy mezi objektiv a stínítko tak, aby chránila film nebo CCD před světlem a prachem při výměně objektivů fotoaparátu. Závěrka je tedy umístěna téměř v ohniskové rovině objektivu.

Podle konstrukce je můžeme rozdělit na horizontální a vertikální.

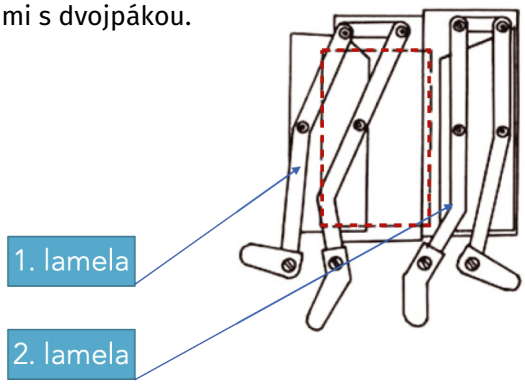
A) Horizontální jsou takové, které se pohybují po delší straně obrazového pole. Jedná se o starší typ konstrukce.

Nejdříve se závěrky vyráběly ze dvou roliček plátna s otvory. Po expozici se obě roličky začaly přesouvat na druhou cívku, ovšem každá jinak rychle. Z toho vznikla štěrbina, která exponovala postupně celé políčko filmu.

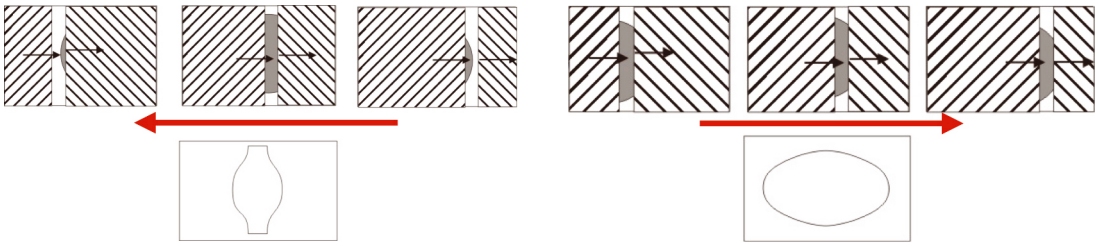
U fotoaparátu Kijev (středoformát se štěrbinovou závěrkou) byla závěrka kovová roletka.



Později bylo plátno nahrazeno planžetami s dvojpákou.



Nevýhody: Horizontální závěrky umožňují synchronizaci blesku jen při poměrně dlouhých časech - přibližně 1/30 a nabízejí zpravidla jen doby expozice do 1/1000 s. V praxi mají menší životnost a jsou citlivé na změnu teploty. Při fotografování pohybujících se objektů v rovině pohybu závěrky způsobují protažení nebo zkrácení obrazu.



B) Vertikální jsou takové, které se pohybují po kratší straně obrazového pole. Tento typ konstrukce najdete v moderních zrcadlovkách.

V současnosti jsou tvořeny výhradně kovovými lamelami s možností synchronizace blesku při časech 1/250 s a jejich nejkratší doba expozice je v současné době přibližně 1/12000 s. Na rozdíl od horizontálních závěrek mají delší životnost, ale při extrémně nízkých teplotách mohou být méně přesné.

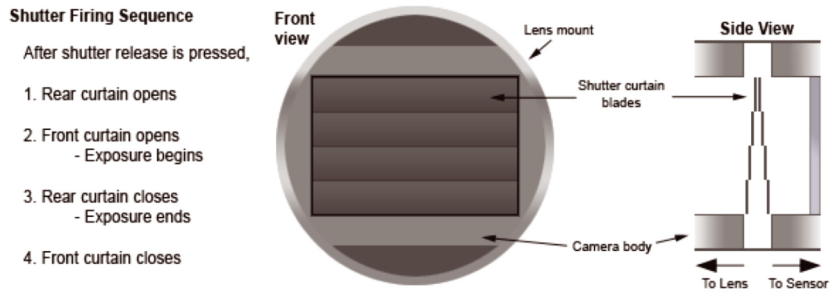
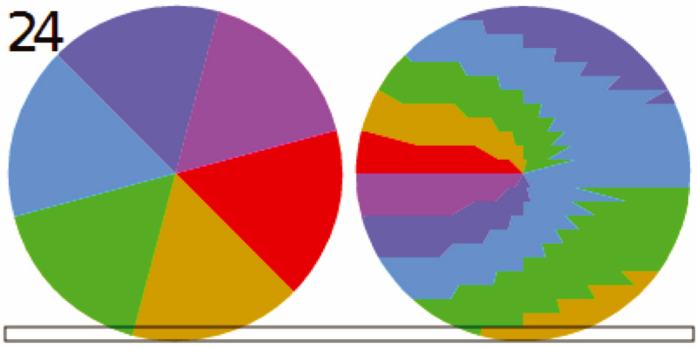
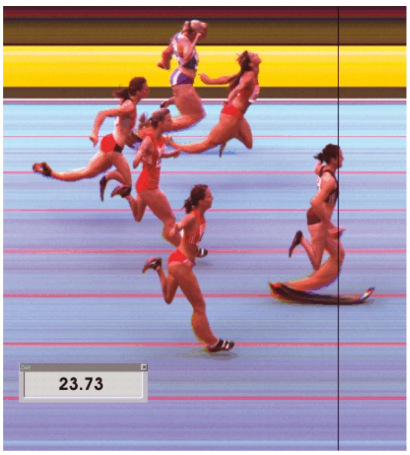


Fig 1.6.1: Shutter Firing Sequence

Nevýhody: Při rotačním pohybu, nebo při pohybu vertikálním (v ose pohybu závěrky) vzniká deformace obrazu, tzv. **Rolling shutter**.



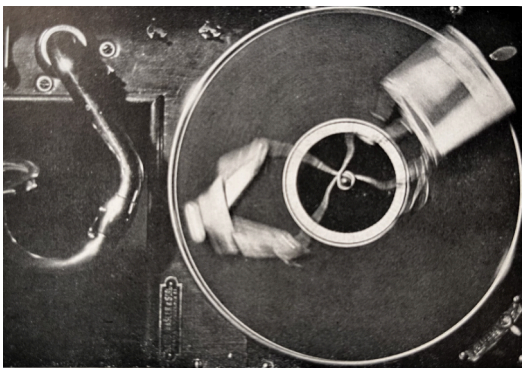
Zkreslení při pohybu předmětu



Zkreslení při pohybu fotoaparátu

Závěrka je konstrukčně umístěna téměř v rovině zaostření. Proto se nedoporučuje ji dlouho osvětlovat prudkým sluncem skrz objektiv. Soustředěné paprsky v ní spolehlivě vypálí díru.

Jak můžeme zjistit, že závěrka pracuje tak, jak má psáno? Ideálně na pohybujícím se předmětu. Nejlepší recept je umístit svítící bod na gramofon, který má jasně dané otáčky a shora vyfotit. Podle úhlu natočení (délky čáry) a otáček gramofonu vypočteme přesný čas, po který byla otevřena.

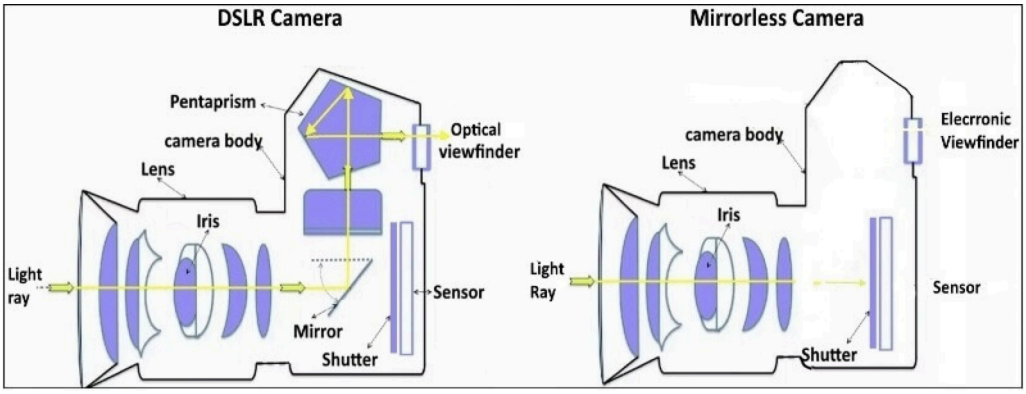


Podobného principu se v historii využívalo k měření rychlosti automobilů.

Míra rozmazání snímku pohybem (ujetá vzdálenost) v kombinaci s časem závěrky umožnila vypočítat, zda jelo auto povolenou rychlostí.

Elektronická závěrka

V současné době je k nalezení v tzv. bezzrcadlovkách, mobilech apod.



Expozice zde probíhá elektronicky, obraz pozorujeme na malém displeji (tzv. EVF hledáček). Její výhoda je v bezhlučnosti (fotografování v divadlech), v nezkreslenosti obrazu (viz. výše - obraz se tvoří najednou na celém čipu) a nedochází k mechanickému chvění.

Spolu se stabilizací obrazu (čipovou nebo objektivovou) dochází k tomu, že můžeme používat výrazně delší časy z ruky, než jsme zvyklí.

Klasická rovnice pro udržitelnost času je **převrácená ohnisková vzdálenost objektivu se rovná max. času**. Např. 50 mm objektiv při fullframe zrcadlovce udržíme celkem spolehlivě při 1/50s. U APS-C senzorů musíme přepočítat podle crop-faktoru.

V některých konstrukcích se setkáváme s kombinací štěrbinové a elektronické závěrky.

Její použití závisí na exp. časech, nebo na volbě fotografa. Někdy se můžete u kompaktů setkat se systémem, kdy „přední lamela“ je elektronická a expozici určuje druhá lamela štěrbiny.

Životnost závěrky není neomezená.
U amatérských přístrojů je většinou nastavena na cca 50 tisíc expozic.
Profesionální přístroje zvládnou 200 – 300 tisíc.

Jak to poznám?

1) Při naklonění fotoaparátu nejde pořídit snímek
2) Může docházet k výrazné přeexpozici - lamely zadrhávají
3) Fotoaparát vykazuje chybový kód

Proč se to učíme?

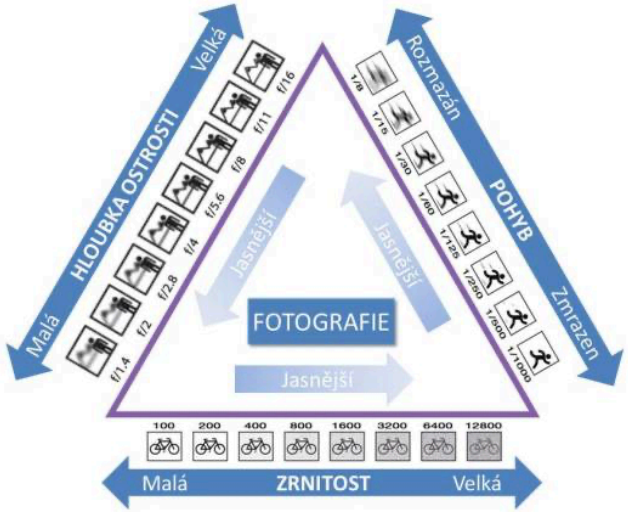
- Fotoaparát je naším základním nástrojem. Proto je důležité pochopit, jak funguje.
- Měli bychom ho znát dokonale, protože v praxi nebývá mnoho času na dodatečné studování. Čas pro správný záběr může trvat jen okamžik. Ten můžeme propásnout, když nebudeme svůj fotoaparát dobře znát.
- Velikost záznamového média znatelně ovlivňuje kvalitu snímku. Za větší kvalitu ovšem platíme menší pohotovostí a naopak.

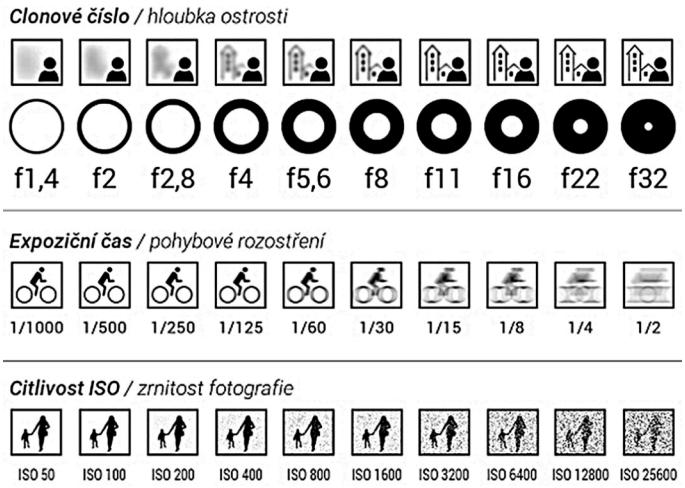
Expoziční trojúhelník

Expozice ve fotografii je česky osvit. V praxi je to proces vystavení světlocitlivého (fotosenzitivního) prvku (obrazového snímače, fotografického filmu) fotoaparátu působení světelných paprsků vyzařovaných fotografovanou scénou.

Epozičními parametry potom korigujeme toto působení:

1. **clonou** - (viz. kapitola Konstrukce fotoaparátu) - čím větší clonové číslo, tím menší otvor v objektivu, tím méně procházejícího světla, světelného toku. Již známe clonové řady a vliv clony na hloubku ostrosti.
2. **expozičním časem** - rychlosti závěrky - čím kratší čas pro expozici, tím méně světla se bude podílet na exponování, ale dojde ke „zmražení" pohybu. Řada časů se mění po násobcích dvou, pouze u 1/125 je výjimka.
3. **citlivostí materiálu** (napětí na čipu, zesílením signálu) - ISO - čím větší ISO, tím větší citlivost, ale větší šum. Měníme, pokud k omezenému množství světla na scéně nejste schopni docílit požadované expozice. Nastavením vyšší hodnoty ISO nedojde k většímu přísunu světla na snímač, ale dojde k vynásobení množství světla, které na snímač dopadlo. Vzhledem k rostoucímu šumu při rostoucím ISO se snažíme o co nejnižší hodnotu. Samozřejmě podle fotografované scény. Řada hodnot ISO jsou opět násobky dvou. Ve svých fotoaparátech většinou můžete celý násobek rozdělit na třetiny.





Expoziční stupeň -EV

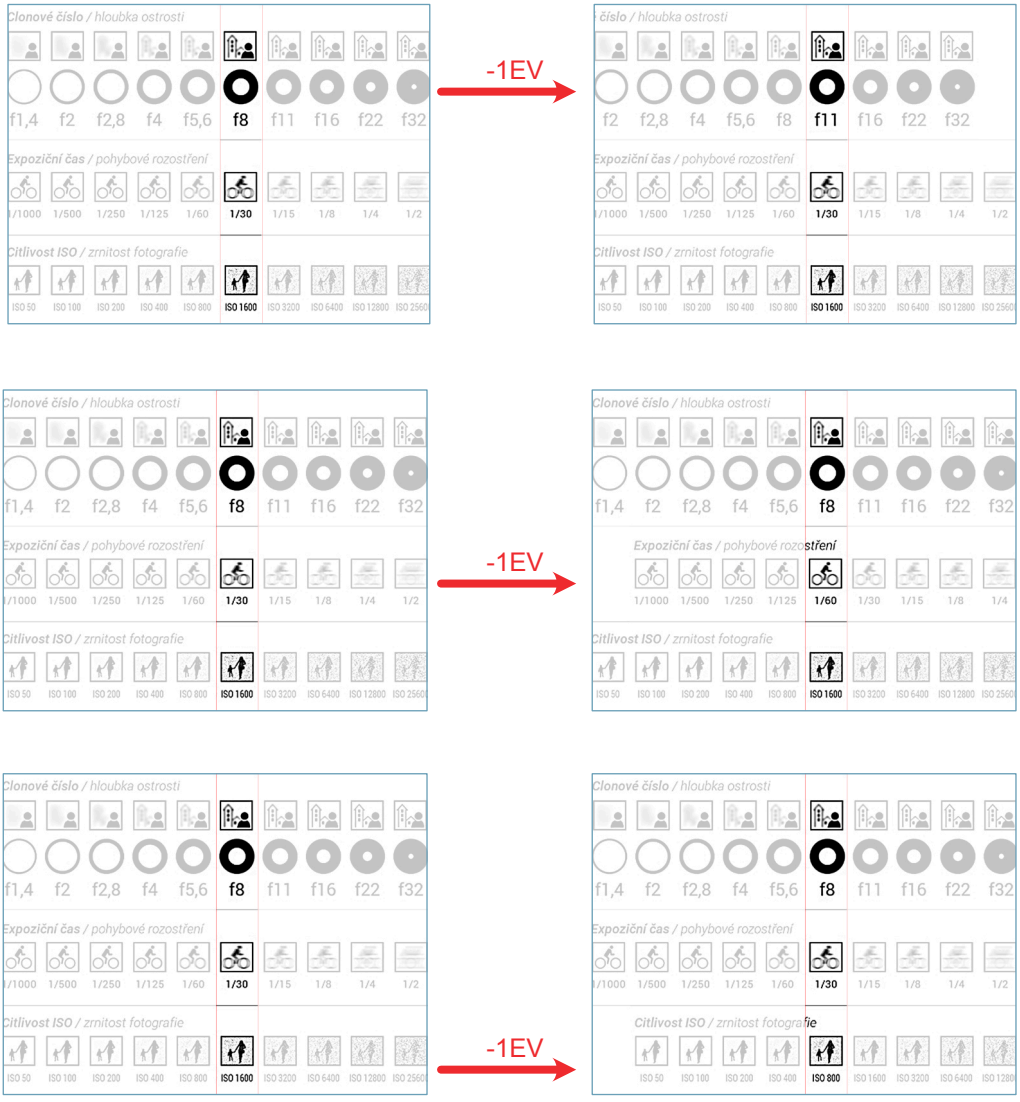
EV je ve fotografické praxi velmi často používaná veličina. Používáme ji nejčastěji v souvislosti s kompenzací expozice, naleznete ji však i u specifikací digitálních zrcadlovek, kde se v hodnotách EV udává právě například rozsah autofokusu.

EV, neboli expoziční hodnota (z angl. **Exposure Value**) je absolutní veličina poukazující na **množství osvětlení, ve kterém fotografujeme**.

Z historických dohod vyplývá, že hodnotě 0EV odpovídá takové množství světla, při kterém budeme šedou tabulku správně exponovat při expozici 1 s, cloně f1 a citlivosti ISO 100.

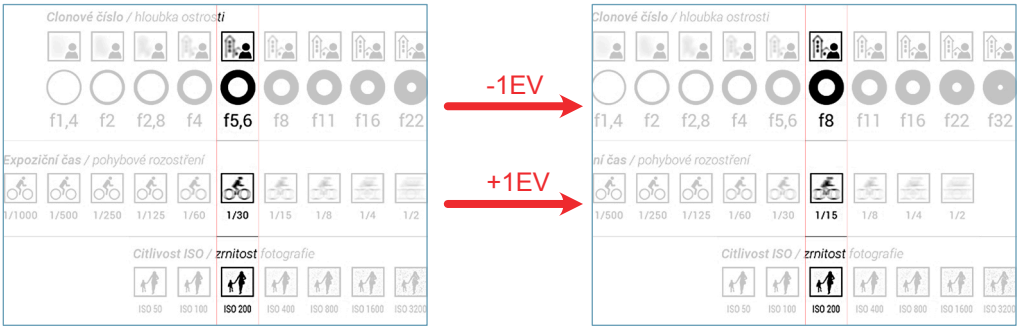
Závislost EV na osvětlení není lineární, ale logaritmická. Měří se na záporné logaritmické stupnici o základu dvě – **zvýšení o 1 EV tedy odpovídá polovině propuštěného světla** a naopak.

V praxi to znamená, že změna clony o jeden stupeň, nebo změna času závěrky o dvojnásobek, znamená dvojnásobnou změnu osvětlení čipu/filmu. Zrovna tak změna ISO o dvojnásobnou hodnotu posune expozici o 1EV.

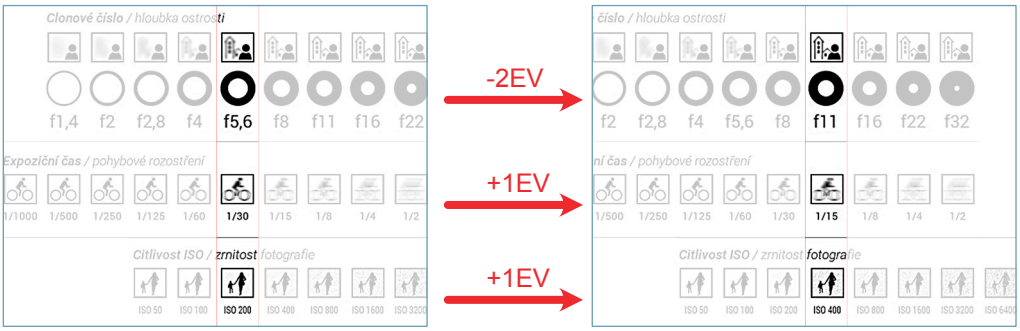


Kombinace expozičních parametrů

Tyto posuny lze vzájemně kombinovat a kompenzovat. Např.: jestliže zvětším clonový stupeň z hodnoty 5,6 na 8 a zároveň prodloužím čas závěrky z 1/60 na 1/30, změna expozice bude 0EV.



Jestliže zvětším clonu o dva stupně (expozice -2 EV), prodloužím čas na dvojnásobek (+1 EV) a zvětším citlivost čipu o 1 EV, je opět výsledek 0EV.



Toto přepočítávání expozice (kombinace) není samoúčelné. Umožňuje nám měnit expoziční parametry (např. hloubku ostrosti) bez vlivu na výslednou expozici - světlost snímku.

Hodnoty EV při 100 ISO

čas \ clona	1.0	1,4	2.0	2,8	4.0	5,6	8.0	11	16	22
1 sec	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/4	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1/8	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1/16	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1/30	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1/60	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1/125	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1/250	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1/500	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Měření expozice - expozimetry

Náš moderní fotoaparát obsahuje elektroniku, která je schopna změřit množství dopadajícího světla do objektivu a stanovit kombinaci všech tří expozičních parametrů. A to buď automaticky, poloautomaticky, nebo s naším přispěním - manuálně.

Tuto elektroniku můžeme vlastnit i spolu s přístrojem, který umožňuje stanovit expozici nezávisle.

Máme tedy **dva druhy expozimetrů - externí a interní**

1. **externí**

Externí expozimetr měří jak odražené světlo od objektu, tak dopadající, což vede principielně k přesnějším výsledkům. Expozimetry této skupiny se hodí také jako záložní přístroje na cestách, kde v případě poruchy nebo výpadku zdroje mohou nahradit expozimetr ve fotoaparátu (samozřejmě jen u mechanických fotoaparátů).

Flashmetr (dnes již většinou v kombinaci s expozimetrem) zvolíme tehdy, počítáme-li i s měřením zábleskového osvětlení. V dnešní době jsou již součástí dražších typů expozimetrů (resp. bodových expozimetrů). U bodových expozimetrů se měří světlo záblesku odražené od předmětu, u ostatních expozimetrů se mohou měřit oba druhy osvětlení. Většina zábleskových expozimetrů umožňuje dálkové odpálení záblesku synchrokabelem. Můžeme také jednoduše bezdrátově aktivovat záblesk pomocí dálkového ovladače.

Spotmetr je expozimetr pro měření odraženého světla v úzkém úhlu. Pravý bodový expozimetr má měřící úhel 1°, o spotmetru se dá hovořit do úhlu cca 5°. Pokud nelze změřit místo odpovídající střední šedé (18% odraznost), je třeba provést větší množství měření a výsledek zprůměrovat - viz. dynamický rozsah scény.

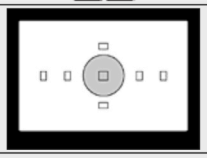
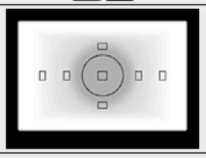
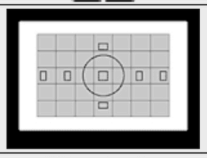
Expozimetr pro měření odraženého světla - důležitým parametrem je jeho měřící úhel. Běžné expozimetry mají poměrně velký úhel měření (cca 30 - 40°), dražší přístroje obsahují hledáček pro přesné zaměření přístroje a mají více nebo méně selektivní úhel měření (cca 5 - 15°), případně lze dokoupit selektivní nástavec dodávaný jako příslušenství.

Měření dopadajícího světla je obvykle uskutečňováno dvěma způsoby - pomocí rozptylné ploché destičky nebo polokoule (kaloty). Jde o difuzory rovnoměrně integrující dopadající světlo z prostoru. Plochá destička se používá hlavně u snímání plošných předloh (reprodukcí), kde slouží ke zjištění rovnoměrnosti osvětlení v jednotlivých částech fotografovaného předmětu. Kalota se používá u trojrozměrných předmětů - je schopna zachytit světlo z celého poloprostoru (180°). Hlavní výhodou a důvodem přesnosti měření dopadajícího světla je to, že měření není ovlivňováno různou odrazností barevných odstínů fotografovaného objektu. Některé modely umožňují měření přímo v EV.

Měření expozice - expozimetry

2. interní

Většina moderních fotoaparátů (zrcadlovek i kompaktů) má několik režimů měření expozice. Liší se v podstatě pouze plochou, kterou z celkové scény berou v úvahu pro změření expozice na střední šedou.

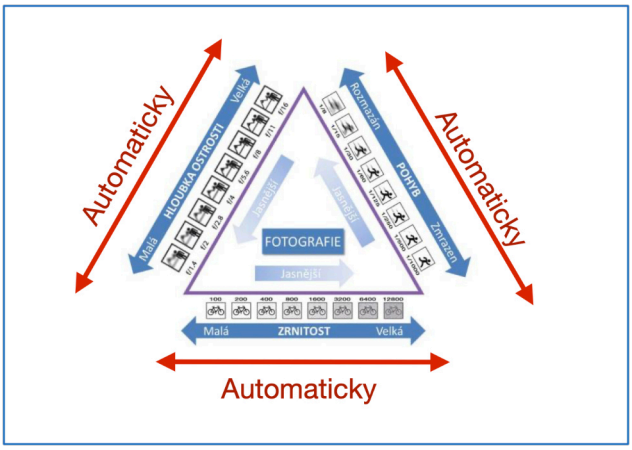
Název podle fy Canon	Částečné (Partial)	Celoplošné se zdůrazněným středem (Center-weighted Average)	Poměrové (Evaluative)
Další používané názvy	Bodové (Spot)	-	Zónové, maticové (Multi-zone, Multi-segment, Matrix)
Symbol podle Canonu			
Měřící charakteristika			
Význam	Expozici měří na velmi malé ploše (Canon kolem 9%, některé jiné fotoaparáty jen cca 1% až 3.5%) ve středu hledáčku. V podstatě bodové měření, které zjistí jas v jednom konkrétním místě scény.	Měří na celé ploše hledáčku, upřednostňuje však ve významu střed (typicky 75%) a okraje snímku bere do úvahy pouze z cca 25%.	Expozice se vypočítá na základě jednotlivých údajů z obdélníkových segmentů scény. Do úvahy se berou další faktory jako poloha zaostřovacího bodu, velikost a vzdálenost objektu, kontrast scény, barva a bůhví co ještě. Segmentů je obvykle od 3 do 35.
Použití	Při velkých rozdílech v jasu scény (protisvětlo), při úvahách nad kontrastem scény, při makrofotografii.	Je-li hlavní objekt ve středu hledáčku a pokrývá-li jeho velkou plochu.	Běžné použití.
Výhody	Přesné.	Jednoduché a celkem spolehlivé, dobře se provádějí kompenzace EV.	Jednoduché - fotoaparát si vše rozhodne sám.
Nevýhody	Problematické pro běžné a "bezmyšlenkovité" použití. Vyžaduje úvahy o kontrastu scény.	Nebezpečí přeexponování okolí hlavního objektu (např. nebe, voda atp.)	Nikdo neví jak to přesně funguje a proto se špatně dělají kompenzační úvahy.

Interní expozimetry jsou kalibrovány na scény, které mají rovnoměrné rozložení jasů v celém snímku. Tento ideální případ se vyskytne v relativně malém počtu případů, proto je vhodné znát prostředky kompenzace expozice - viz. následující kapitoly.

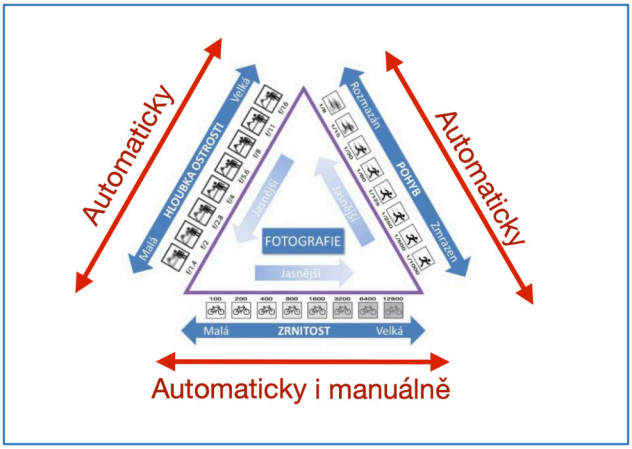
EXPOZIČNÍ REŽIMY

Na fotoaparátech moderní konstrukce najdeme vetšinou (kromě plného manuálního nastavení) i tzv. poloautomatické režimy.

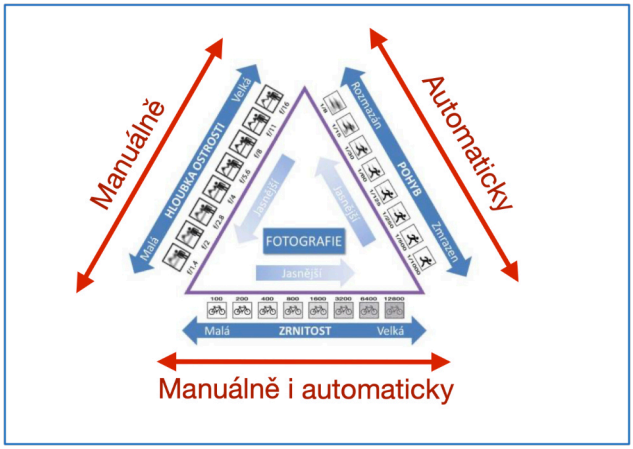
1. Základní, plně automatický režim najdeme většinou zobrazený jako zelený program (AUTO), apod. V tomto nastavení fotoaparát sám nastavuje všechny parametry pro expozici. V případě, že přístroj disponuje vestavěným bleskem, sám určí hladinu EV a použije záblesk pro dosvětlení scény.



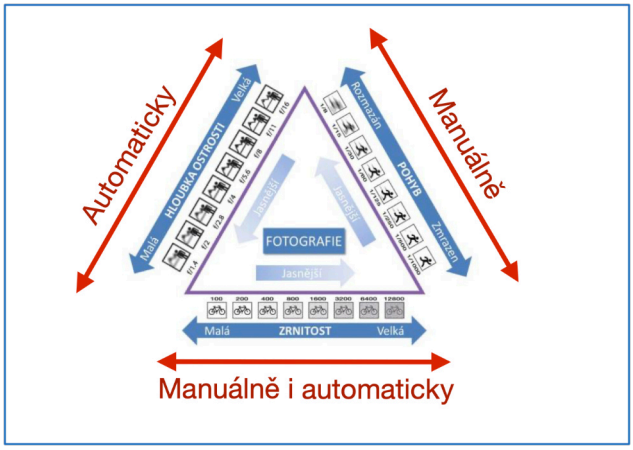
2. Pokročilejší automatický režim P - v tomto nastavení fotoaparát sám nastavuje všechny parametry pro expozici jako v případě režimu AUTO, ale je možné dalším voličem (kolečkem pod spouští, nebo na zadní straně) měnit použité automatické hodnoty. Tzn., že můžeme měnit kombinace clony nebo času najednou. Též můžeme použít kompenzaci expozice (v další kapitole).



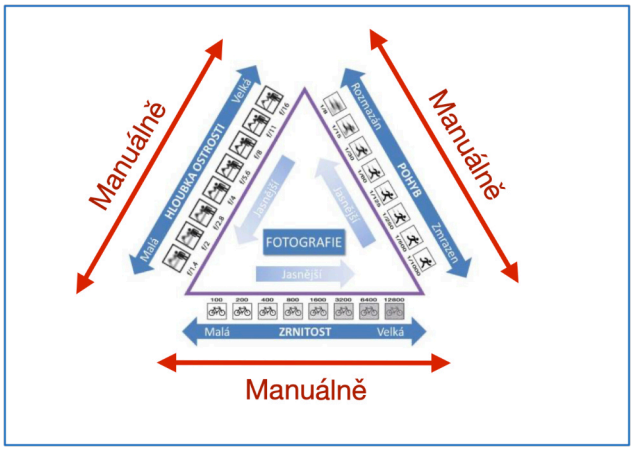
3. Režim s prioritou clony - A (u Nikonu), Av (u Canonu) znamená poloautomatický režim, ve kterém manuálně zvolíme hodnotu clony podle požadované hloubky ostrosti. ISO můžeme mít zvolené manálně i automaticky.



3. Režim s prioritou času - S (u Nikonu), Tv (u Canonu) znamená poloautomatický režim, ve kterém manuálně zvolíme hodnotu expozičního času podle požadavku na zmrazení (rozmazání pohybu). ISO můžeme mít zvolené manuálně i automaticky.



4. Manuální režim - M je režim, který je plně manuální. Tzn., že máme plně pod kontrolou hodnoty clony, času i ISO. Správnou expozici odhadujeme podle stupnice korekce expozice - viditelnou jak displeji, živém náhledu, tak přímo v hledáčku. Pokud je ukazatel ve středu stupnice, je expozice vyrovnaná podle vestavěné automatiky.



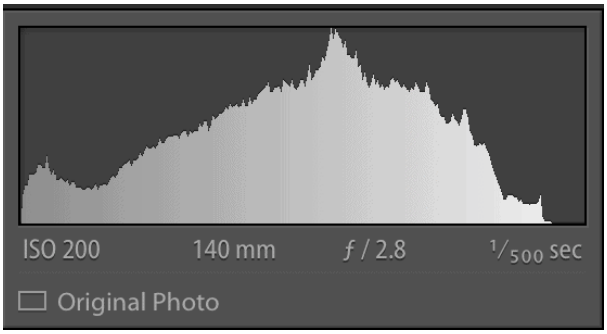
5. Motivové programy - Kromě výše uvedených pokročilých poloautomatických režimů jsou k dispozici (podle výrobce a určení fotoaparátu) i další programy, které přímo svým symbolem napovídají, k čemu je použijeme. Mají společnou vlastnost - jejich automatika nelze mnoho korigovat, jsme odkázáni na firmware fotoaparátu. Např. režim portrétu nastavuje malou hloubku ostrosti, krajina nastaví velkou clonu. Režim sportu nastaví rychlý čas, vyšší iso, sekvenční snímání apod.

HISTOGRAM

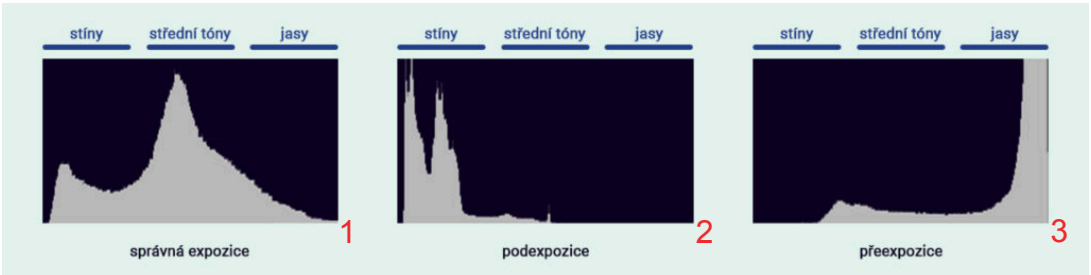
Jasový histogram je grafické znázornění rozložení jasů ve snímku. Umožňuje nám posoudit jeho tonální rozložení.

Na ose X je rozsah snímané scény, převedené do 255 odstínů šedi. Vlevo je 0 - absolutní černá, vpravo 255 - absolutní bílá.

Na ose Y je množství jednotlivých tónů. Tzn., že čím vyšší je sloupec, tím více dotyčných tónů fotografie obsahuje.



Podle rozložení histogramu můžeme usoudit, jak dobře je fotografie exponovaná:



1. Jestliže je histogram rozprostřený od levé části do pravé, jedná se o kontrastní, dobře exponovaný snímek.

2. Jestliže se histogram dotýká levé části, potom bude fotografie nečitelná ve stínech - nebude mít kresbu, v tisku budou v daném místě všechny barvy na 100% - tzv. podpal.

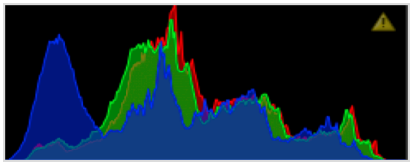
3. Jestliže se histogram dotýká maximálních jasů (úplně vpravo), je šance, že světlé tóny budou vypadlé - v tisku nebude žádná barva, výsledek je bez kresby - tzv. přepal.

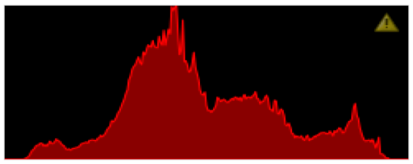
RGB histogram

Kromě jasového histogramu můžeme používat i graf s plným RGB rozložením - rozložení jasů pro každou barvu zvlášť.

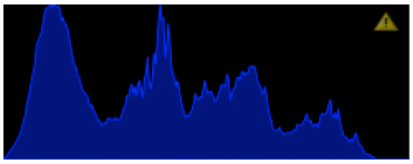
Toto zobrazení je výhodné tam, kde chceme pozorovat zastoupení jednotlivých složek - barevné podání snímku (nastavení bílé).

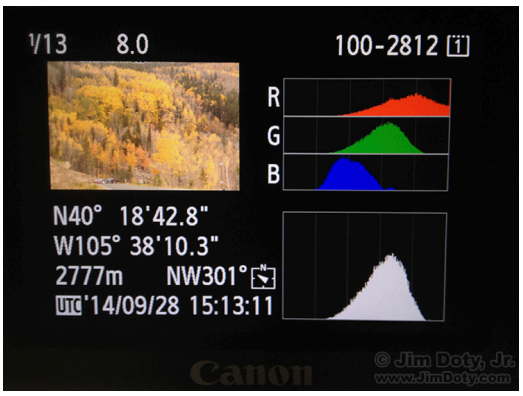
Z histogramu na ukázce můžeme pozorovat, že světlé části snímku jsou podány relativně neutrálně, ve stínech bude převažovat modrá složka, ve střední tonalitě převládá zelená.

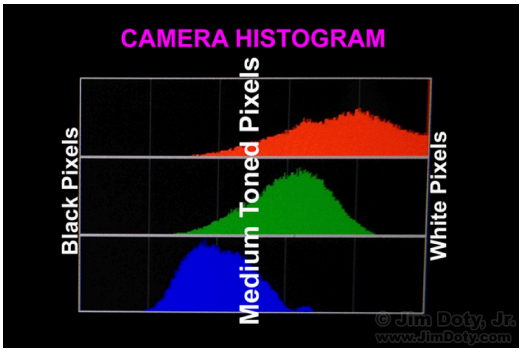




Zobrazení RGB histogramu může být buď složené, nebo separované na jednotlivé barvy.







V ukázce je srovnání jasového a RGB histogramu.

Podle jasového můžeme usoudit, že snímek je relativně dobře exponován (mírně přeexponován, ale stále použitelný pro úpravy) - v oblasti světlejších tónů.

Podle RGB ovšem vidíme, že snímek je přeexponován v červeném kanálu - odstíny červené budou splývat v jasech.

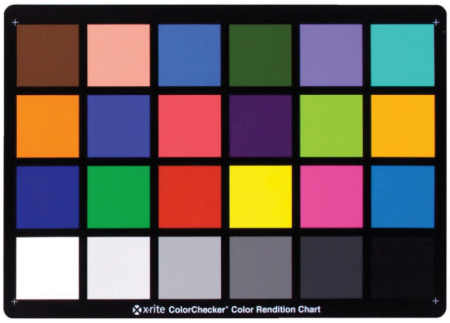
Jasový histogram se stanovuje jako průměr všech barevných RGB kanálů.

KOMPENZACE EXPOZICE

Automatika měření je nastavena tak, že při rovnoměrně rozložené scéně je **střed měření přibližně na 18% šedé**. Jestliže scéna neobsahuje všechny tóny, dochází k posunu měření, neboť fotoaparát (zatím) není schopen rozeznat obsah snímku.

Pro správnou expozici se někdy používá tabulka, která v celé ploše právě obsahuje 18% šedou. Vestavěný expozimetr fotoaparátu se nastaví na expozici tabulky, zablokuje se (nejčasteji tlačítkem AE Lock), nebo se expozice naství manuálně. Někdy je řešení, např. u krajiny, expozici stanovit podle pleti - exponovat na svoji ruku. Musíme mít ovšem expozici ověřenou podle odstínu a opálení.

Doplňková tabulka může obsahovat i bílou a černou plochu, nebo i kalibrační barvy.
Taková tabulka se používá tam, kde záleží na správném barevném podání. V postprocesu korigujeme jednotlivé odstíny pro barevnou přesnost, popř. vytváříme barevné profily pro konverzi snímků pro tisk apod.

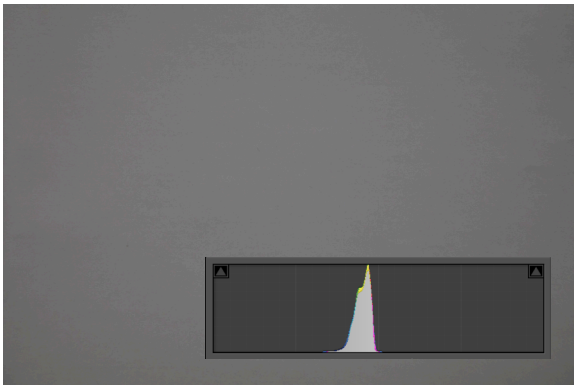


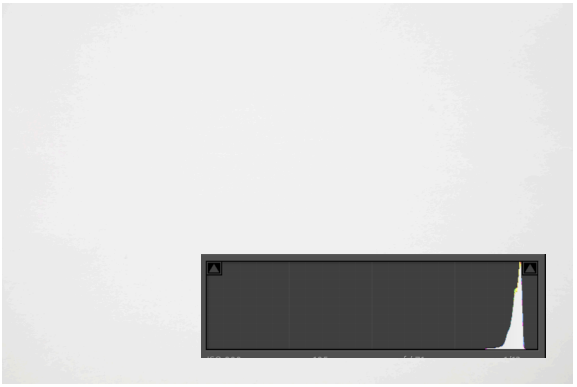
Největší posun expozice zaznamenáme při fotografování bílých nebo černých objektů.

1. fotografování světlé scény

Např. bílá zeď - viz. ukázka. Automatika ji považuje za 18% šedivou a uzpůsobí expozici. Je to způsobeno velkou hodnotou světelného toku - bílá odráží většinu spektra. Výsledkem je šedivý snímek.

V tomto případě je potřeba korekce do plusových hodnot oproti vestavěnému měření. Může jít o 1 – 2 EV. (Dvojnásobné až čtyřnásobné hodnoty sv. toku)

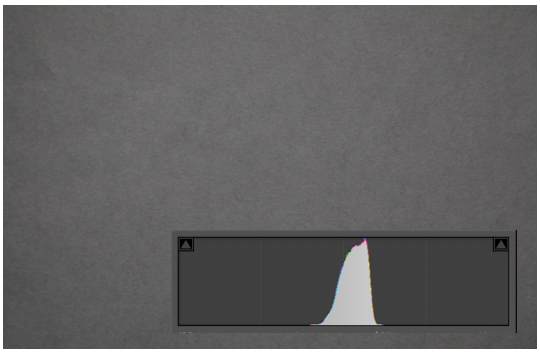




2. fotografování tmavé scény

Druhý krajní případ nastává, jestliže fotografujeme scénu tmavou, až černou. Zde automatika vyhodnotí malou hodnotu světelného toku a posune expozici směrem do kladných hodnot. Výsledkem je, že černá plocha bude šedivá.

Proto je nutné záměrně snímek podexponovat, opět se může jednat o 1 – 2EV.

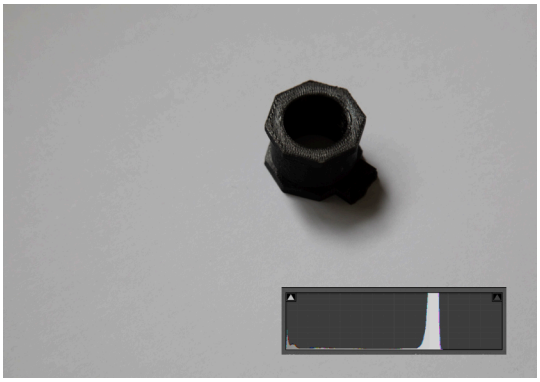


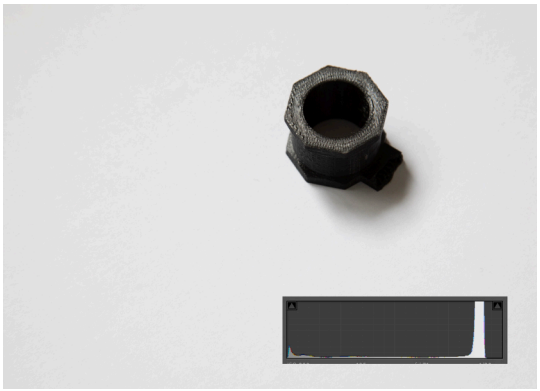
DALŠÍ TYPICKÉ PŘÍKLADY

Typický příklad pro nutnou korekci expozice je **světlá plocha a malý tmavý předmět** nebo naopak.

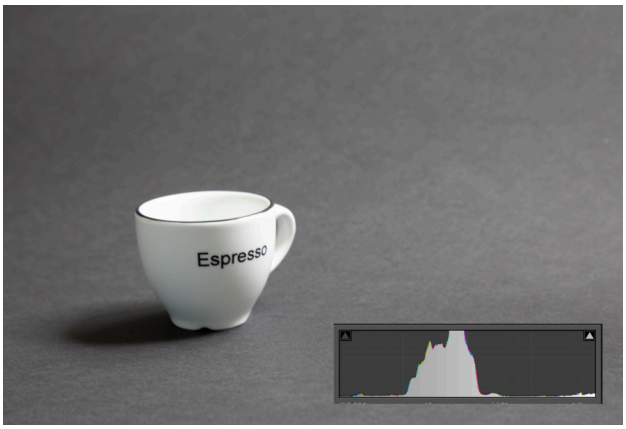
Expozimetr ve fotoaparátu snímá velkou světlou plochu, posune expozici podle 18% černé. Tím se dostávají tmavé odstíny k levé části histogramu, snímek není čitelný ve stínech.

Po korekci do kladných hodnot je černá stále v levé části, ale obsahuje více polotónů a bílá plocha se blíží k pravému okraji.





Bílý předmět na černém pozadí.
Stejně komplikovaná situace nastává v inverzním případě.
Automatika by exponovala podle tmavé většiny. Proto by bílé části byly přeexponované. Musíme provést korekci do záporných hodnot, většinou o 1-2 EV.



Bílý předmět na bílém pozadí.
Při fotografování světlé scény musíme postupovat opatrně. Bílá by neměla být zašedlá (automaticky), ovšem ani „vypálená“ - bez kresby. Korekce +1,5 EV.

Černý předmět na černém pozadí.
Podobný příklad je v tonálně opačné scéně. Ta obsahuje pouze tmavé tóny. Expoziční automatika se snaží scénu opět exponovat jako 18% šedou, z černého pozadí je středně šedivá.
Proto musíme provést kompenzaci do záporných hodnot. Korekce -1,5 EV.

BITOVÁ HLOUBKA A ROZLIŠENÍ OBRAZU

Bitová hloubka určuje, jaké množství barevných informací je dostupné pro každý obrazový bod v obrazu. Více bitů informací na pixel má za následek více dostupných barev a přesnější reprezentaci barev v obrazu, což má ovšem zároveň vliv na velikost.

Jednoduše řečeno, velikost souboru obrazu se zvětšuje s bitovou hloubkou, protože v obrazu s vyšší bitovou hloubkou je uloženo více barevných informací na obrazový bod.

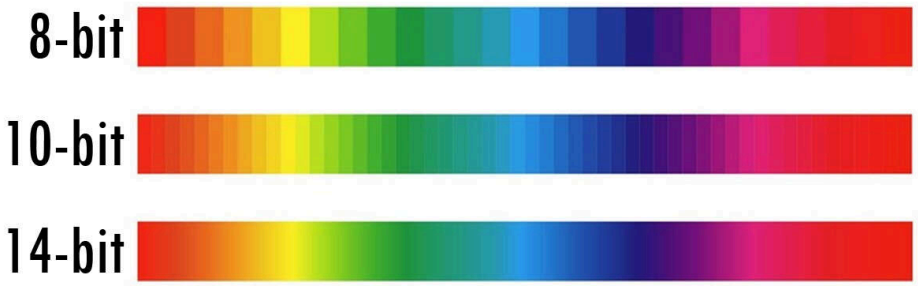
Jelikož je vše zaznamenáno v binární neboli dvojkové soustavě logického obvodu (viz kapitola o konstrukci kinofilmu - AD převodník), je použito pouze dvou úrovní daných číslicemi 0 a 1, přičemž 0 odpovídá nulovému signálu napětí a tedy i jasu (zcela černá) a 1 je úplné napětí a tedy maximální jas (bílá). To by však bylo pro tvorbu obrazu málo, proto dokáže rozlišit i mnoho meziúrovní. Právě **počet těchto meziúrovní je dán počtem bitů** pro škálování úrovní.

Jednobitový převodník dokáže rozlišit pouze dvě úrovně 0 a 1, **dvoubitový** pak 4 úrovně podle rostoucího napětí 00, 01, 10 a 11. **Počet úrovní n-bitového převodníku je tedy dán mocninou čísla 2 a je tedy roven 2^n (2 na n-tou)**. Z toho plyne, že 4bitový převodník převádí signál do jedné ze 16 úrovní, 8 bitový rozliší 256 úrovní, 10 bitový 1024, 12 bitový 4096 atd.

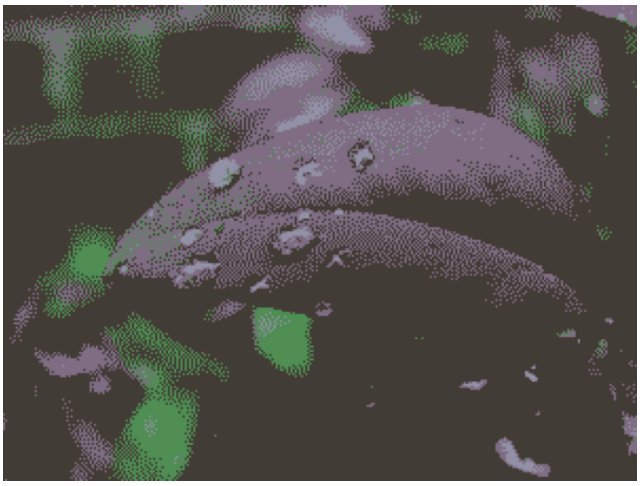
Jakým počtem bitů budeme zaznamenávat snímek, záleží na několika faktorech: velikosti čipu, velikosti buňky a formátu záznamu. Klasické kompakty a ultrazoomy mají obvykle malý snímací čip, tím také menší světlocitlivé buňky („malé pixely“), a tedy i menší dynamický rozsah, neboť jedna buňka není schopna pohltit tolik fotonů a tak dostatečně rozlišit jednotlivé úrovně jasu. Proto si většinou vystačí s 8 nebo 10 bitovým AD převodníkem. Na druhou stranu digitální zrcadlovky s většími čipy a tím i většími buňkami poskytnou větší dynamický rozsah, který již ospravedlňuje použití dražších, obvykle 10, 12 nebo 14bitových převodníků.

Formát souboru jpg je v zrcadlovkách zaznamenán 8 bitovým záznamem, oproti surovým datům ve formátu raw, ketrý je 12, 14 nebo i 16 bitový.

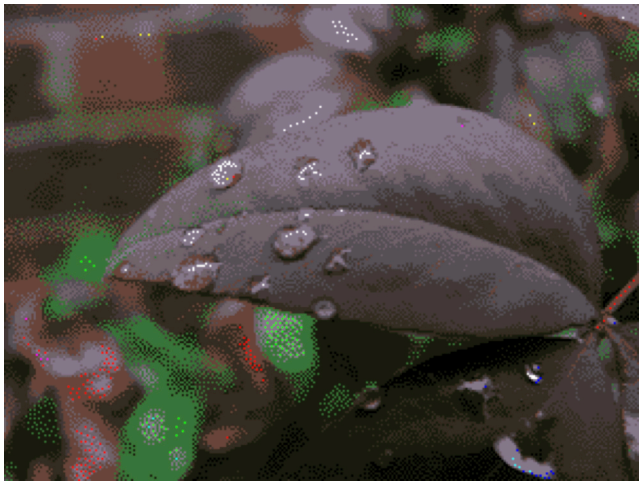
Můžete se ptát, k čemu je takové množství barev? 16 bitový záznam nám poskytne 281 miliard barev. Lidské oko je přitom schopno zaznamenat je 10 miliard.
Každý snímek prochází zpracováním. Ať už postprocesem v editoru, nebo tiskovým ripem dochází každou úpravou k degradaci barev. Nejvíce jí trpí jemné přechody, kde se můžou objevit nepříjemné skoky - barevné mapy. Proto je lepší vycházet z kvalitnějšího podkladu snímku.



Obraz s bitovou hloubkou 1 bit má obrazové body se dvěma možnými hodnotami: černou a bílou. 1 bit totiž může nabýt pouze dvou hodnot: 1 a 0 na kanál



Obraz s bitovou hloubkou 2 bitů má 2^2 neboli 4 možných hodnot na kanál



Obraz s bitovou hloubkou 4 bitů má 2^4 neboli 16 možných hodnot na kanál

Obraz s bitovou hloubkou 8 bitů
má 2^8 neboli 256 možných hodnot na kanál

Černobílý obraz s bitovou hloubkou 8 bitů
má 2^8 neboli 256 odstínů šedi

Obraz s bitovou hloubkou 16 bitů
má 2^{16} neboli 65 tisíc odstínů barvy na kanál

DYNAMICKÝ ROZSAH

Fotografovaná scéna má svá nejsvětlejší a nejtmavší místa a náš čip nebo film nemá neomezené možnosti, jak tento rozsah jasů zaznamenat.
Dynamické rozsahy máme tedy dva: dynamický **rozsah scény a dynamický rozsah čipu**.

1. DYNAMICKÝ ROZSAH SCÉNY

Příroda poskytuje nekonečný jasový rozsah. Ve vesmíru, daleko od všech zdrojů světla a záření, je absolutní jas blízký ∞ EV. V žáru hvězd či galaxií při teplotách milionů °C je intenzita světla tak velká, že může dosahovat několika tisíců EV.

Na Zemi je situace přívětivější, scény málokdy dosahují většího kontrastu než cca 15 EV. Což je ale hodnota, která většinou přesahuje možnosti záznamu digitálního fotoaparátu. Největší kontrasty najdete při snímání krajiny: slunce - hluboké stíny.

Absolutní jas bodu - lze snadno zjistit tak, že změříte expozici v tomto bodě a z naměřených hodnot expozičního času, clony a ISO spočítáte jas v EV jednotkách.
Změření v praxi: použijte teleobjektiv a bodové měření expozice. Namiřte na bod scény a zapište hodnoty expozice. Z těchto hodnot můžete spočítat hodnotu EV - viz. kapitola Expoziční parametry.

Změření kontrastu scény (dynamický rozsah) - výše uvedeným způsobem změřte a vypočtěte hodnotu EV pro nejsvětlejší bod scény. Stejný proces opakujte pro nejtmavší bod scény. Odečtením hodnot dostanete rozsah scény v EV.
Jestliže naměříme např. 11 EV: kontrast scény 1 EV znamená kontrast 1:2, tak 11 EV znamená, že podíl jasů nejtmavšího a nejjasnějšího bodu je v poměru $1 : 2^{11} = 1 : 2048$.

Zamračený den má rozsah přibližně 3 EV, tištěné obrázky v časopisu 6-7 EV, jasný den - až 12 - 15 EV. Neadaptované lidské oko je schopno zachytit scénu až 15 EV, adaptované až 30 EV. Z toho vyplývá, že námi vnímaná scéna se nemusí „vejít" do dynamického rozsahu našeho fotoaparátu.

2. DYNAMICKÝ ROZSAH FOTOAPARÁTU

Jaký je rozsah čipu fotoaparátu? Výrobci těmito údaji poněkud šetří. Běžné fotoaparáty mohou dosahovat rozsahu 8 EV, profesionální i 14 EV. Rozsahy se ovšem zmenšují s rostoucím ISO.

DYNAMICKÝ ROZSAH SCÉNY VERSUS ROZSAH ČIPU

V praxi nám mohou nastat dva případy:

1. **rozsah scény je menší než rozsah čipu** - Snímek bude mít malý kontrast, můžeme provádět vhodné kompenzace. Jestliže je snímek určený pro zpracování postprocesem, bývá vhodnější ho trochu přeexponovat (tak, aby pravá strana histogramu nebyla ořezaná). Ztmavením snímku v editoru eliminujeme případný šum v tmavších částech snímku. Kdybychom postupovali obráceně (zesvětlování), můžeme se dočkat nepěkné kresby v tmavých částech, navíc s výrazným šumem.

2. rozsah scény je větší než rozsah čipu - Když je dynamický rozsah scény větší než rozsah senzoru, scénu nelze nikdy zaznamenat celou. Můžete buď exponovat na stíny (nahoře), zachovat v nich kresbu, ale musíte obětovat světla. Vše ve scéně jasnější než bod B bude totiž přepálené. Nebo můžete exponovat na světla (dole) a vše tmavší než bod A bude podpálené. Nebo najdete nějaký kompromis.

Možnosti pro snížení kontrastu scény:

1. Počkat na vhodnější počasí, mrak apod. Jiné podmínky, než přímé sluneční záření sníží kontrast.

2. Použít šedý přechodový filtr - část scény s vysokým jasem můžeme překrýt neutrální filtrem (tzv. ND - neutral density), kterým v dané oblasti snížíme expozici o několik EV. Výrobci udávají parametr ztmavení a strmost přechodu do čiré oblasti.

3. Zábleskové zařízení a odrazné desky - jsou výhodné např. u portrétu na zesvětlení obličeje v protisvětle, vykrytí tmavších míst. Použití záblesku je u velké scény, krajiny, problematické.

4. HDR snímání - někteří výrobci umožňují přímo ve fotoaparátu snímat scénu na více záběrů - normální expozici, podexpozici a přeexpozici - a složit do jednoho snímku s velkým rozsahem EV. Tento proces lze aplikovat i v postprocesu ve fotoeditoru. Hodnoty pod- a přeexpozice stanovíme dle dynamického rozsahu scény.

Proč se to učíme?

- Znalost exponometrie je zásadní pro kvalitu snímku.
- Dobře odhadnout dynamický rozsah scény je klíčové pro správnou expozici. Vyvarujeme se tím „přepálených” nebo „upečených” míst.
- Znalost expozičních režimů nám zvyšuje pohotost v rychlých dějích. Na „place” již není čas na pozdní studium. Je potřeba svůj výrobní nástroj dobře ovládat.

KONSTRUKCE OBJEKTIVŮ

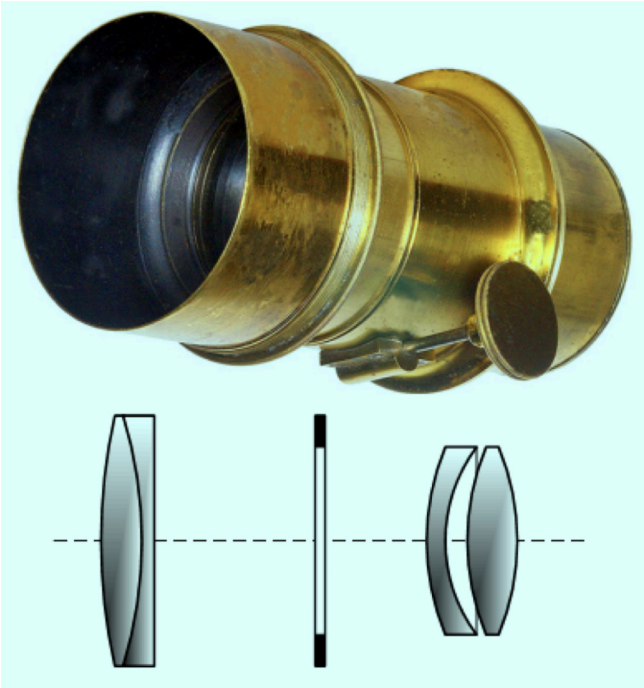
Objektiv - historicky předmětnice.

Je to optické zařízení, jehož úkolem je zobrazovat osvětlený předmět na obrazové desce (matnici). V principu jde tedy o spojnou čočku, neboť můžeme vytvořit reálný převrácený obraz. Ten vzniká v ohniskové rovině.

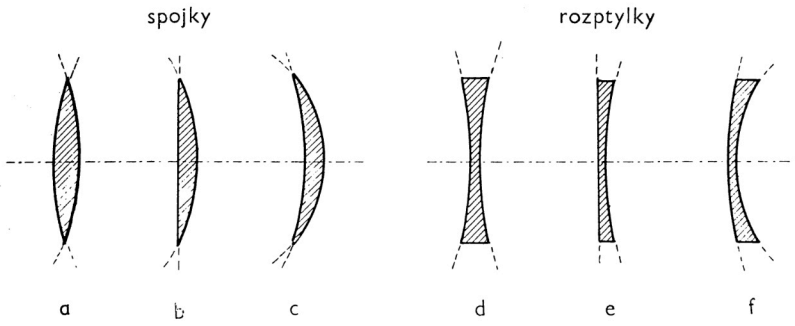
Samotná spojná čočka nezobrazuje bez vad (viz. dále), proto je objektiv soubor různých čoček, (i rozptylných).

Objektiv Petzval–Voightlander

Inženýr Petzval v r. 1840 spočítal přesné čočky, s továrníkem Voightlanderem vyrobil portrétní objektiv 85mm, s tehdy skvělou světelností F3.5.



Samotné čočky můžeme rozdělit na spojné a rozptylné.



Podle tvaru je můžeme rozdělit na (viz. kapitola o čočkách):

a) dvojvypuklá b) ploskovypuklá c) dutovypuklá d) dvojdutá e) ploskodutá f) vypuklodutá

Reálná čočka je vzdálená od ideální tenké čočky v teorii.

Dochází na ní k difrakci, aberaci, sklenutí a podobným vadám. Je to způsobeno tím, že teoretická čočka je nekonečně tenká. Na reálné dochází k lomu paprsků na hranách.

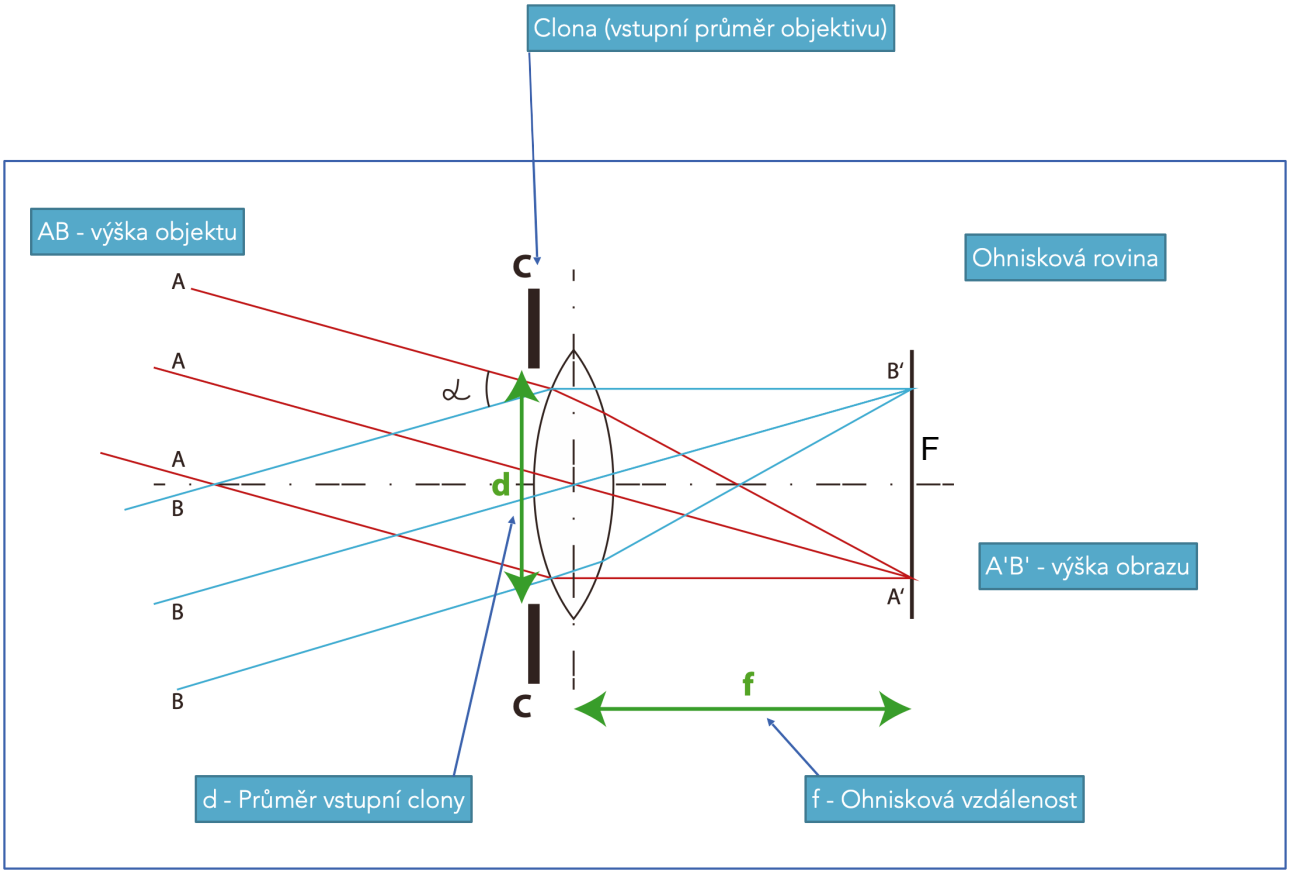
Jestliže uvažujeme předmět nekonečně vzdálený, jeho velikost je daná úhlem alfa.

Obraz vniká v ohniskové rovině F o velikosti A'B'.

Osvětlení matnice F je dáno průměrem clony d a vzdáleností f.

Poměr d/f je světelnost objektivu. Jeho převrácená hodnota je hodnota clony.

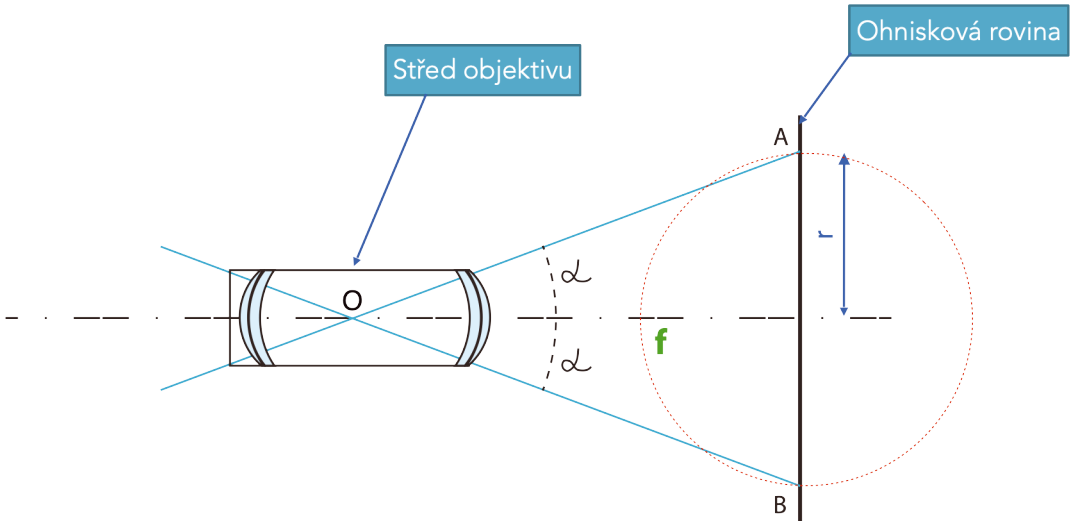
Např. Pokud je průměr clony 4,5x menší než ohnisková vzdálenost, je f:4,5 - relativní průměr objektivu, neboli světelnost.



Dalším důležitým parametrem je **zorný úhel objektivu**.

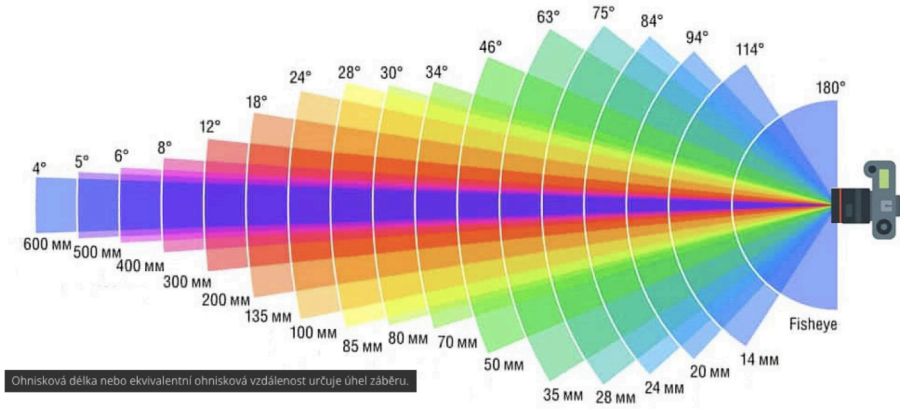
Maximální vykreslení objektivu je dané úsečkami OA a OB. Z toho vyplývá, že je závislý na vzdálenosti f a dvojnásobku úhlu alfa.

Vzdálenost bodů A (B) od osy je poloměr kruhu r, který je daný objektiv schopen vykreslit.



Je- li zorný úhel (2x alfa):

40°– 60°, jedná se o objektiv střední (základní 50 mm = 46°)
75° a větší jsou objektivy širokoúhlé,
30° – krátký teleobjektiv (70–135 mm)
18° – teleobjektiv (150–300 mm)
6° – superteleobjektiv (nad 300 mm)
Hodnoty jsou přibližné, každý zdroj udává jinak.

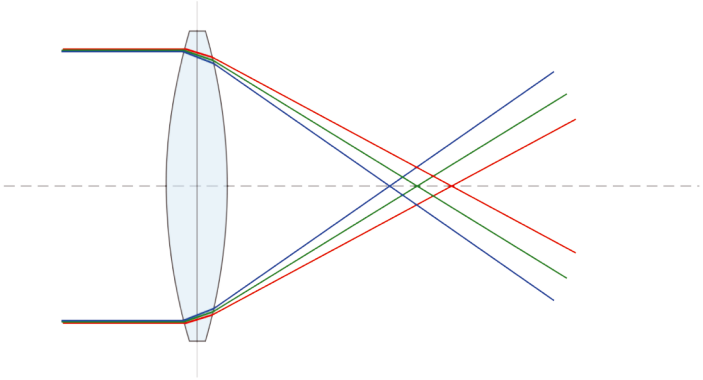


Jak je to s přiblížením dalekohledů?

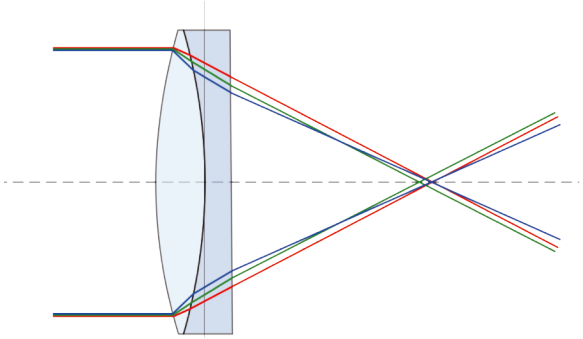
Pokud ohniskovou vzdálenost vydělíte 50, dostanete přiblížení.
Např. 600 mm/50= 12x přiblížení.

Vady objektivů

1) chromatická (barevná), viz. v předchozích kapitolách (hranol):
Chromatická vada se projevuje rozložením spojitého spektra na jednotlivé barvy s různou vlnovou délkou. Ty se lomí na čočce pod různými úhly (červená nejméně, fialová nejvíce). Je to způsobeno tloušťkou a tvarem skla - rozdíl oproti teorii paprskové optiky. Proto je červený obraz vytvořen od čočky dále, než fialový.

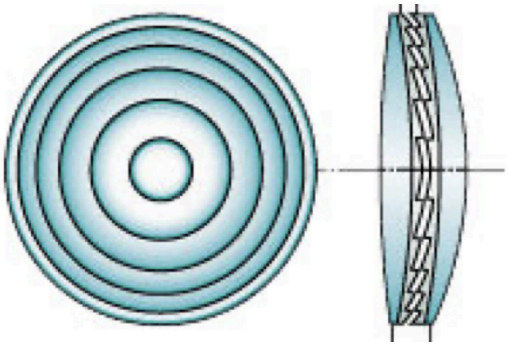


KOREKCE VADY:



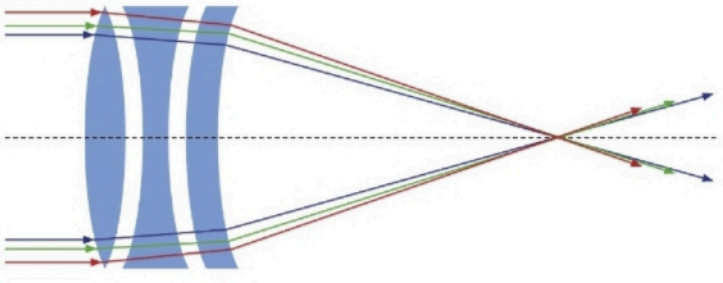
- achromatická dvojice - rozptylná a spojná čočka - těsně na sebe doléhají, většinou tmelené - tmelený duplet, achromát

- čočky z fluoridu vápenatého – fluorid vápenatý (fluorit čili kazivec) je minerál s velmi nízkým indexem lomu, u něhož se barevná vada projevuje méně



- difrakční elementy – obsahují difrakční mřížku, která má barevnou vadu přesně opačnou než běžné čočky, takže jejich problém kompenzuje. Označení objektivů DO - zelený proužek

- apochromatická trojice - korekce na tři vlnové délky zvlášť, fluoridové prvky, zvláštní tvary - tmelený triplet, apochromát



2) sférická (otvorová) aberace

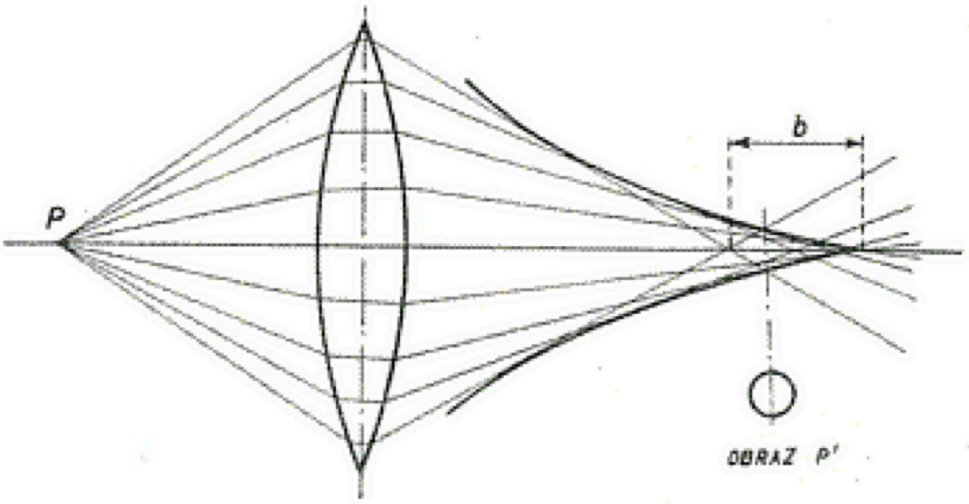
Projevuje se jako **soudkovité nebo poduškové zkreslení.**

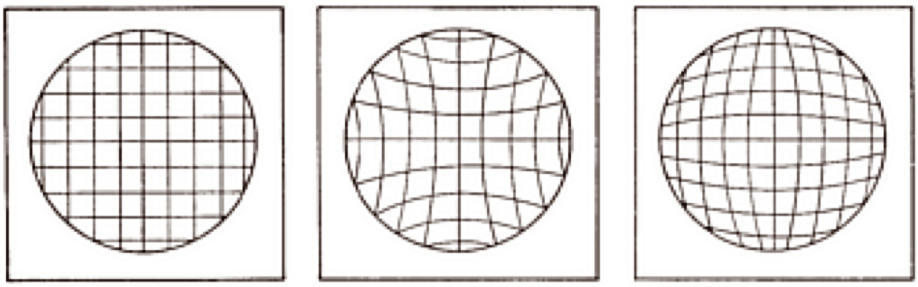
Příčinou jsou paprsky světla procházejícími blízko optické osy (paraxiální paprsky). Tyto paprsky zobrazí bod ležící na optické ose ve větší vzdálenosti než-li paprsky, které jsou od osy odkloněny více.

Ke zkreslení tedy dochází, kdy body různě vzdálené od osy se zobrazují s různým příčným zvětšením.

Nejvýraznější je u jednoduchých objektivů, kde není provedena řádná korekce,

Nebo u zoomů, kde není v technologických možnostech vykompenzovat vady po celé délce objektivu - všech ohniskových vzdálenostech.





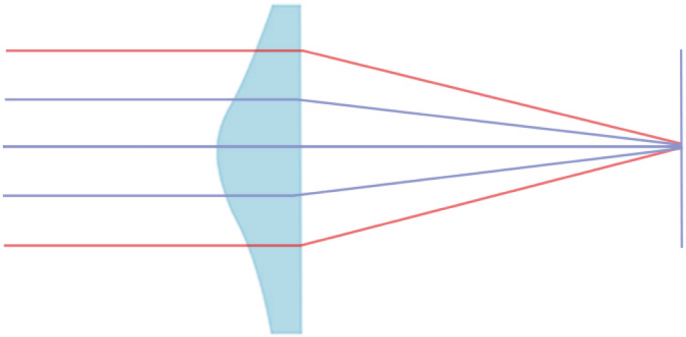
KOREKCE VADY:

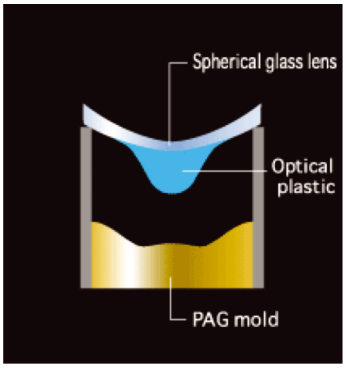
- zacloněním – zmenší se průřez svazku paprsků (vada se nejvíc projevuje na krajích čočky)

- postavením čočky – ploskovypuklá čočka se postaví vypouklou stranou směrem k objektu

- tmeleným dubletem – rozptylná čočka má opačný efekt, takže koriguje vadu na spojce

- asférickou čočkou – spojná čočka nemá kruhový průřez, ale je broušená do tvaru, který koriguje vadu. Technologie Nikonu - Sférická čočka je slisovaná s umělým materiálem vytvzeným UV do žádoucího tvaru.





3) vinětace

Projevy vady: ztráta osvětlení - ztmavnutím okrajů snímku, ztráta jejich saturace. Osvětlení je totiž závislé na úhlu, pod nímž svazek dopadá na objektiv. Vinětace je v podstatě nevyhnutelná, neboť světlo dopadá na objektiv ze všech úhlů.
Vzniká i přímo na čipu - krajní paprsky dopadají pod větším úhlem, tím se snižuje osvětlení - cosφ (fí).

Korekce:

Kvalita objektivu - na vinětaci nejvíce trpí zoomy, levnější objektivy.

Může vznikat i nevhodnou sluneční clonou - malý průměr zakryje krajní části objektivu.

Platí úměra - vinětace je tím menší, čím je větší vstupní čočka objektivu a čím kratší je jeho ohnisková vzdálenost.

Optické vady se projevují nejvíce na krajích snímku - použitím fullframe objektivů na APS snímač využijeme nejlepších vlastností objektivu.

Základní konstrukce objektivů

1) Nejjednodušší je **objektiv krajinářský**.

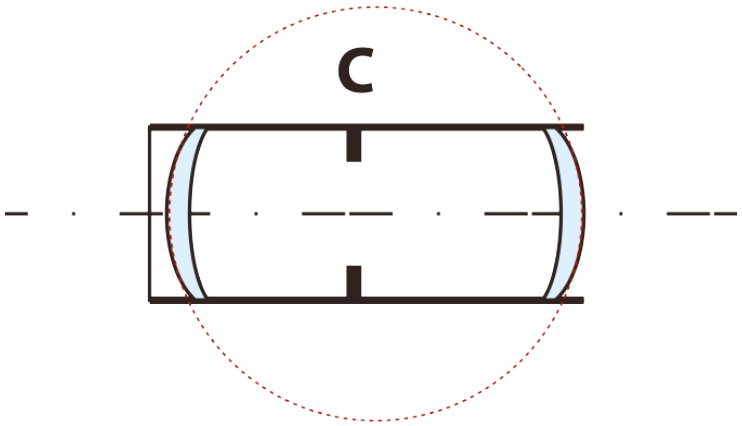
Je to v podstatě jen tubus, na jeho vstupu je vyměnitelná clona, na výstupu složená achromatická čočka. Trpí jak chromatickou, tak sférickou vadou. To při černobílé fotografii na velký formát nehrálo přílišnou roli, zvlášť při velikosti negativů.

2) Objektiv periskop

Periskop je souměrný objektiv, složený z identických čoček, vnější poloměry vytváří kulovou plochu. Uprostřed konstrukce je clona.

Má velkou barevnou vadu, ostrost není valná.

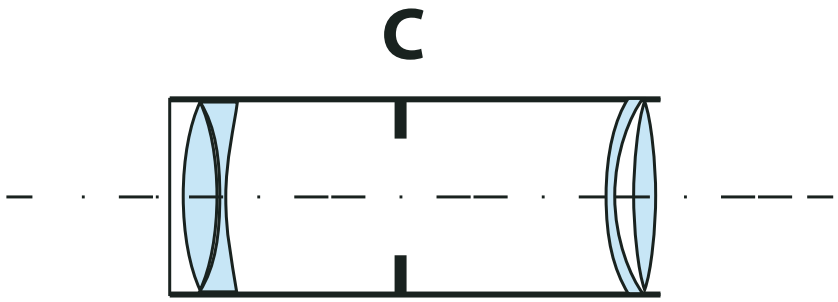
Symetrie není výhodou, neboť obrazová strana (směrem k filmu) vychází s dlouhou ohniskovou vzdáleností. Z toho vyplývá velká délka konstrukce kamery.



3) Objektiv Petzval – Voithlander

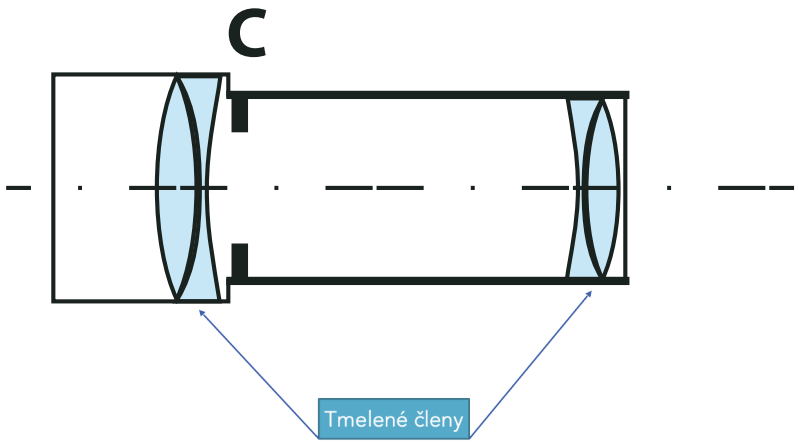
První kvalitní portrétní objektiv, složený ze dvou členů. První, vstupní, je tmelený dublet. Na výstupu achromatický člen se vzduchovou mezerou, kde trochu trpí na vnitřní odrazy.

Jozef Maximilián Petzval (1807 – 1891) byl slovenský matematik a fyzik, který se věnoval mimo jiné optice. Zkonstruoval objektiv s tehdy skvělou světelností F3,5, jehož design pak využil výrobce fotoaparátů Voigtländer. Objektiv se vyznačoval (na tu dobu) dobře korigovanou sférickou aberací a komou. Přední optický člen byl tmelený achromát, zadní pak netmelený achromát. Design dobře sloužil až do dvacátého století a stal se podkladem pro další optické konstrukce.



4) Objektiv Zeiss – Magnar

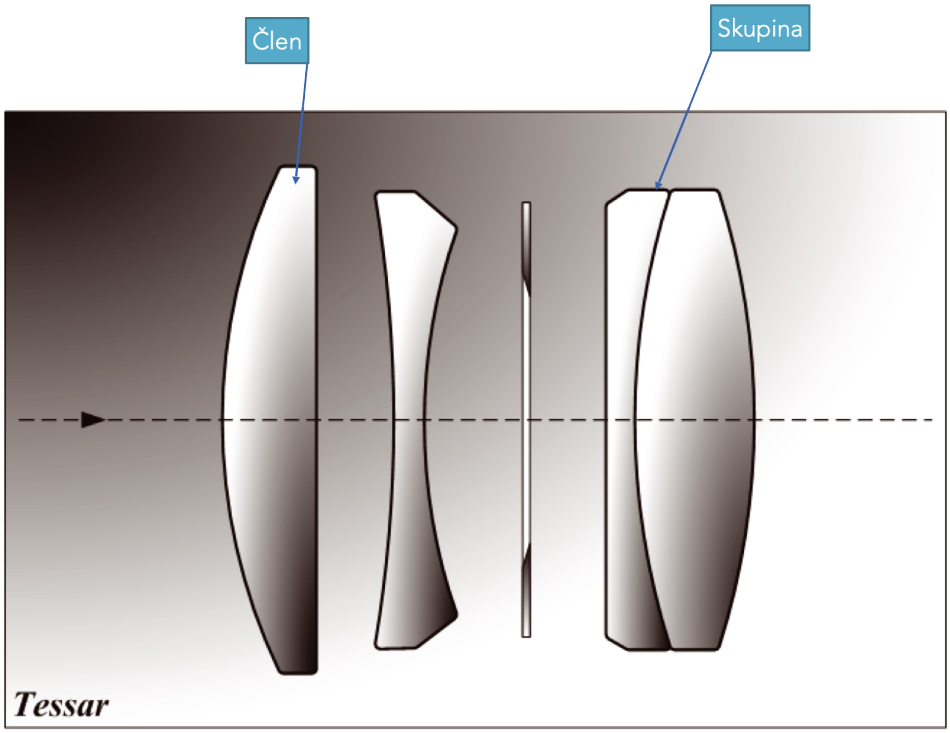
Zeissův Magnar je teleobjektiv. Má v základní vypočtené délce ohnisko 45 cm. Vzdálenost od matnice je pouze 15 cm a lze zkracováním tubusu měnit ohniskovou vzdálenost. Tzn., že jde o první zoom.



5) Objektiv Tessar

Tessar je anastigmat složený ze čtyř čoček. Navrhl jej a zkonstruoval Paul Rudolph v roce 1902.

Tessar je variantou triplety, ve kterém první čočka je plankonvexní spojka, druhá bikonkávní rozptylka a zadní čočky jsou stmelené a tvoří achromatický kladný meniskus. Tessar se stal základem dalších objektivů (Belar, Elmar, Industar, Xenar a další). Patří k nejpoužívanějším objektivům v astronomické fotografii.



Rozdělení objektivů podle konstrukce

Zde se začínají používat pojmy členy a skupiny. Tessar je složen ze tří skupin a čtyř členů. V zásadě můžeme rozdělit objektivy na:

1/ s pevným ohniskem - Mají pouze jednu ohniskovou vzdálenost, většinou lepší světelnost (až 1), ostrost a minimální optické vady. Jejich nevýhoda spočívá v neuniverzálnosti. Výřez scény se musí „uchodit“.

2/ s proměnlivým ohniskem - Zoomy - jsou univerzální, obsahují škálu ohnisek plynule navazujících. Jejich nevýhoda je v tom, že jejich konstrukci nelze vytvořit ideálně po celé délce rozsahu. Vždy je to kompromis.

Vadu, kterou dobře kompenzujeme na širokoúhlejším konci objektivu, těžko budeme kompenzovat na druhém konci stejnou metodou, když se mění úhly procházejícího světla.
Navíc s měnícím se ohniskem probíhá změna světelnosti (u levnějších variant).
Např. 70-200mm/3,5-5,6 znamená, že na kratším konci 70mm je světelnost 1:3,5, na konci s 200mm je světelnost 1:5,6.
Pokud je uvedeno 17-45/4, potom má objektiv světelnost 1:4 po celé délce.

3/ Zrcadlové - fungují na principu Galileova dalekohledu. Většinou mají světelnost kolem 1:8, clona se nedá měnit, ale jejich konstrukce je extrémně krátká a lehká.
V současnosti naleznete konstrukci čočka–zrcadlo.

Ostatní parametry objektivů

1. světelnost - již víme, nejmenší možná clona

2. typ bajonetu - podle výrobce se liší typ bajonetu - slouží jak k rychlému vyměňování objektivů, tak k přesnému lícování kontaktů pro přenos clony

3. průměr filtru - na přední části objektivu je kroužek s vnitřním závitem - slouží k našroubování sluneční clony, předsádek, makroblesků apod. Může být současně z vnější strany opatřen bajonetem. Stoupání je jemné, typicky 0,75 mm.

4/ výsuvná konstrukce při ostření nebo zoomu - některé konstrukce, hlavně zoomů nebo makroobjektivů, mají přední část vysouvací. Nemusí to být pohodlné, vznikají v této části vůle.

5/ autofokus - af, mf - Rychlost autofokusu záleží na použitých motorech. U starších objektivů nemusí pracovat správně, nebo nehlučně. Naproti tomu u Canonu USM - ultrasonické tiché motory.

Autofokus lze vypnout a zaostřovat ručně. Jen některé objektivy mají příliš malý zaostřovací kroužek se strmým chodem (rozdíl mezi Canon 50/1,8 a 50/1,4).

Stále můžeme používat manuální objektivy na moderním těle. Více v kapitole o zaostřování.

6/ stabilizace - Používá se optická stabilizace v objektivech nebo stabilizace pomocí pohybu snímače fotoaparátu (IBIS), případně se kombinují obě a dosahuje se tak vyšší účinnosti.

V objektivu: Jeden člen soustavy čoček je uložen v pohyblivém aparátu, kde jsou mikromotory a gyroskop. Ten snímá otřesy objektivu a dává povel motorům, aby pohybovaly proti tomuto pohybu. Při pozorování skrz hledáček se při namáčknutí spouště obraz výrazně zklidní.

V těle: Podobně je uložen celý snímač, pohybuje se proti směru pohybu. Je možné kombinovat se stabilizovaným objektivem.

Účinnost stabilizace se udává v EV - expozičních stupních. Účinnost 1EV znamená prodloužení času, který jsem schopen udržet z ruky na dvojnásobek.

U kompaktů, nebo videokamer se používá elektronická stabilizace - probíhá na úrovni zpracování obrazu. Problematické je potom zobrazování hran, kde dochází ke kmitání.

7/ minimální zaostřovací vzdálenost - je to nejmenší vzdálenost, na kterou lze zaostřit. U teleobjektivů to může být 1,5m, u makroobjektivů jen několik cm.

8/ složení - Objektivy jsou složené z jednotlivých členů, ty jsou řazeny do skupin. Úplně neplatí - čím víc členů, tím lépe. Spíš záleží na materiálu čoček, povrchových úpravách.

Kromě standardních čoček se používají i čočky speciální, které mají potlačit nebo úplně zamezit optickým chybám, jako například geometrické zkreslení, chromatická vada, coma atd. Na čočkách jsou navíc speciální vrstvy, které mají vylepšit kontrast, zamezit vzniku duchů a reflexů a zároveň zlepšit průchodnost světla.

Speciální objektivy

Kromě základního rozdělení podle ohniskových vzdáleností , používáme objektivy speciální.

Např.
1/ makroobjektivy - jsou schopny snímat detaily v měřítku 1:1 - tzn., že velikost objektu ve skutečnosti je rovna velikosti na negativu (čipu) - viz. zobrazování spojnou čočkou.
Jdou využít i jako kvalitní portrétní objektivy.

Podobného efektu můžeme dosáhnout:

- mezikroužky - předsunují objektiv dále před tělo, zvětší zobrazení, ale ubývá světelnost a není možné zaostřit na nekonečno. Podle konstrukce disponují konektory pro převod clony a autofokusu. Mezikroužky jdou vzájemně kombinovat, čímž můžeme měnit poměr zvětšení. U měchových kamer stačí větší výtah.

- reverzními kroužky - umožňují obrácení objektivu čelní stranou dovnitř. Tím dosáhneme velkého zvětšení, ovšem většinou nepodporují přenos clony a autofokus. Existují ale čipované adaptery od různých výrobců, které fungují s kmenovými objektivy.

2) Speciální Objektivy Tilt-shift

Pro srovnání svislic a proostření scény slouží speciální objektivy Tilt-Shift.
Princip je stejný jako při naklápění a posunu standardy u velkoformátové kamery:

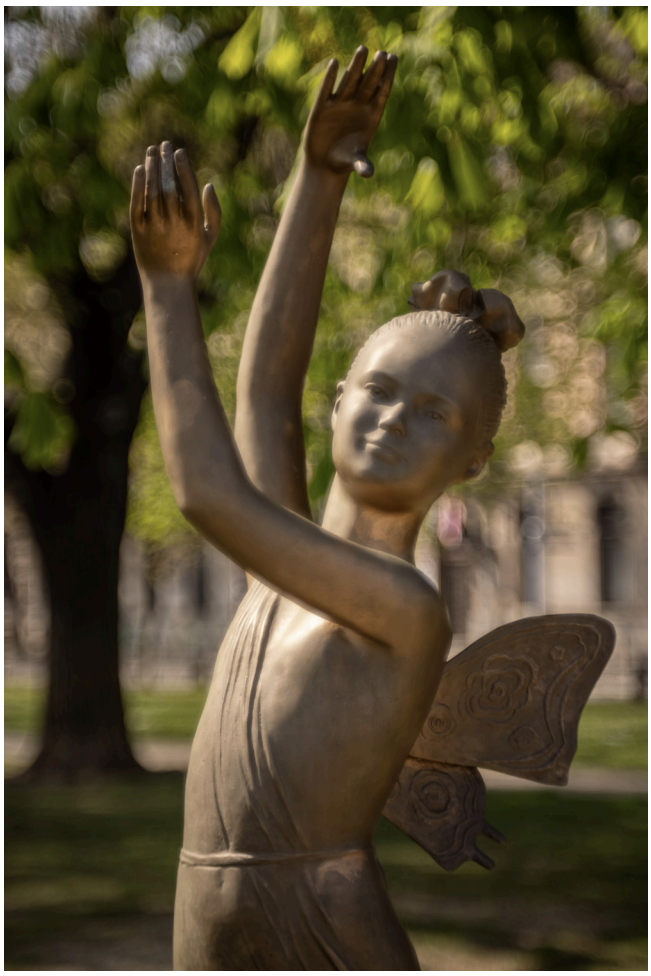
Posunem optické osy do strany vyrovnáváme kácení svislic, naklápěním měníme rovinu zaostření (proostřujeme scénu, nebo naopak).

Příklad restituce svislic vyosením - **shift.**

Příklad naklopení osy - **tilt.**
V tomto případě proti směru osy - malá hloubka ostrosti, efekt miniatury.

4) Speciální Objektivy - **Soft focus**

Speciální skupinou objektivů jsou portrétní objektivy, které mohou měnit vzhled bokehu. Děje se tak přes speciální optický člen (APD) nebo lamely. Ty jsou polopropustné, světlo se rozptýlí a vytváří měkkou kresbu.



Proč se to učíme?

- Objektiv a jeho konstrukce zásadně ovlivňuje výsledek - fotografii. Jeho přednosti i jeho chyby lze využít, nebo s nimi alespoň počítat.
- Použitím různých ohniskových vzdáleností citelně zasahujeme do konečného vyznění snímku.
- Při krajinářské nebo portrétní fotografii nebo v architektuře oceníme speciální objektivy. Je dobré je proto znát.

Zaostřování

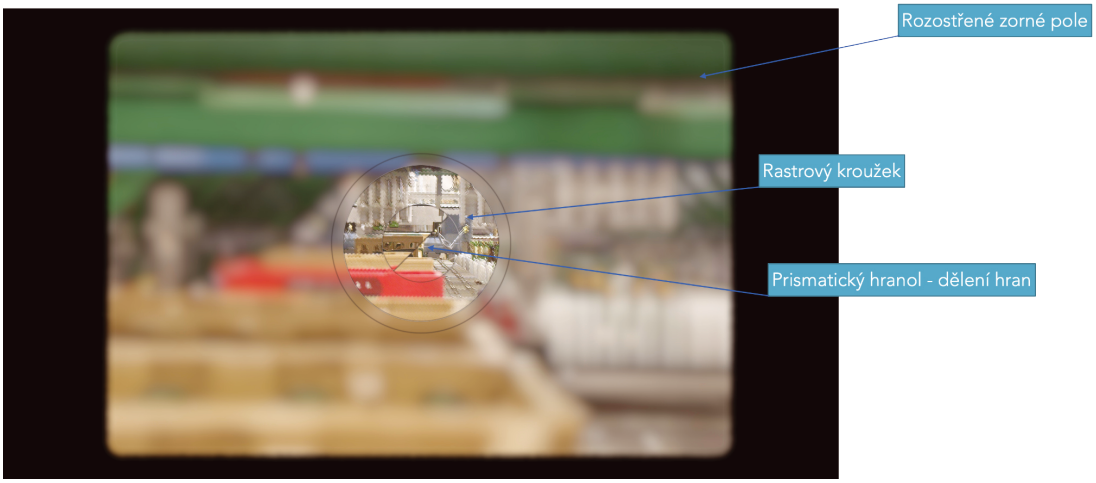
Ostření ve fotoaparátech je v podstatě změna vzdálenosti od záznamového media.
U měchových přístrojů ostření probíhá změnou výtahu měchu. U menších přístrojů se optika pohybuje v konstrukci objektivu, většinou posouváním ve šroubovici. Během toho posouvání může objektiv měnit svoji délku.

1. Manuální zaostřování

U přístrojů se zrcadlem, matnicí, kde můžeme přímo pozorovat obraz, je ostření v zásadě jednoduché. Otáčením kroužku ostření stanovujeme na matnici co nejostřejší obraz.
U **hledáčkových přístrojů** je sitace složitější: před fotografováním scény musíme na stupnici nastavit vzdálenost (hyperfokální). Toto řešení není příliš spolehlivé. Je tedy nutné buď používat větších clonových čísel, kdy doufáme, že patřičná hloubka ostrosti pokryje scénu, nebo použít měřítko na stanovení přesné vzdálenosti.
Starší objektivy bez elektroniky mají delší chod ostřícího prstence. Proto se s nimi mnohem lépe a přesněji ostří. Moderní objektivy jsou často konstruovány na ostření pomocí autofokusu, a ačkoliv s nimi jde často ostřit i manuálně, není to tak snadné jako se starými objektivy.

Jak už víme z předchozích kapitol:
Přesné zaostřování bylo možné třemi způsoby:

1. přímo v poli hledáčku - podle ostrosti obrazu
2. rastrovým kroužkem - neostré části se „vlní“
3. prismatickým hranolem - nejlépe je použitelný na ostrých hranách - nezaostřená hrana se láme, není plynulá



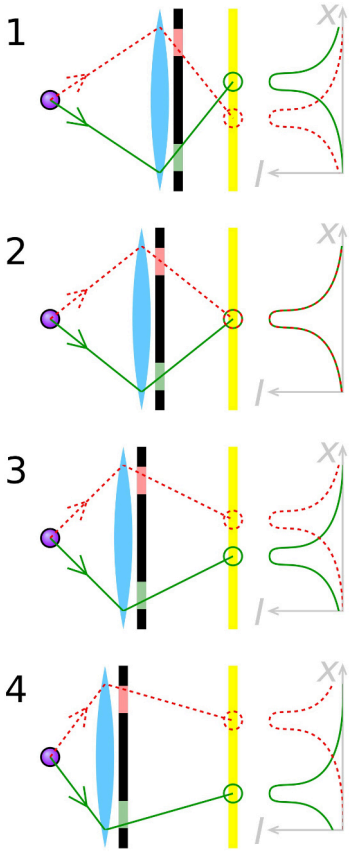
2. Automatické zaostřování

Autofokus (AF) neboli systém automatického ostření je ostření za pomoci automatiky mnohem spolehlivější a rychlejší než ostření manuální. Jedná se proto o standardní funkci snad všech dnešních fotoaparátů, resp. objektivů. Systémy automatického ostření se dělí do dvou skupin – aktivní a pasivní.

Aktivní autofokus - Tento systém ostření se v dnešních fotoaparátech příliš nepoužívá. Ke správnému zaostření využívá principu měření rychlosti infračerveného, nebo ultrazvukového signálu. Přístroj vyšle signál a měří čas, za který se signál vrátí zpět. Podle času se počítá vzdálenost předmětu a určí správné zaostření. Tento systém má však mnoho nevýhod, proto se v moderních zrcadlovkách nepoužívá.

Pasivní autofokus - Zde jsou použité tři principy: detekce fázového posunu, detekce kontrastu a hybridní ostření.

- detekce fázového posunu - Zrcadlovka díky zrcátku, které je částečně propustné, může cca 2/3 světla pustit do hledáčku a 1/3 na speciální AF senzor. Ten sestává z určitého počtu dvojic čidel s mikročočkami, na které dopadají paprsky z opačné části plochy čoček objektivu. Tato čidla vnímají, zda rozdělený paprsek světla na ně dopadající, je totožný, nebo má tzv. posunutou fázi. Pokud by byl objektiv správně zaostřen, oba paprsky by byly totožné. Pokud nejsou, spočítá fotoaparát, o kolik musí objektivem posunout, aby byly. Proto je PDAF autofokus rychlý a nelítá sem a tam. Tento systém je ale náročný na vzájemné seřízení všech jemných součástí a na dobrou komunikaci těla fotoaparátu s objektivem.



zaostřeno:
1- moc blízko,
2- správně
3- moc daleko
4- moc moc daleko

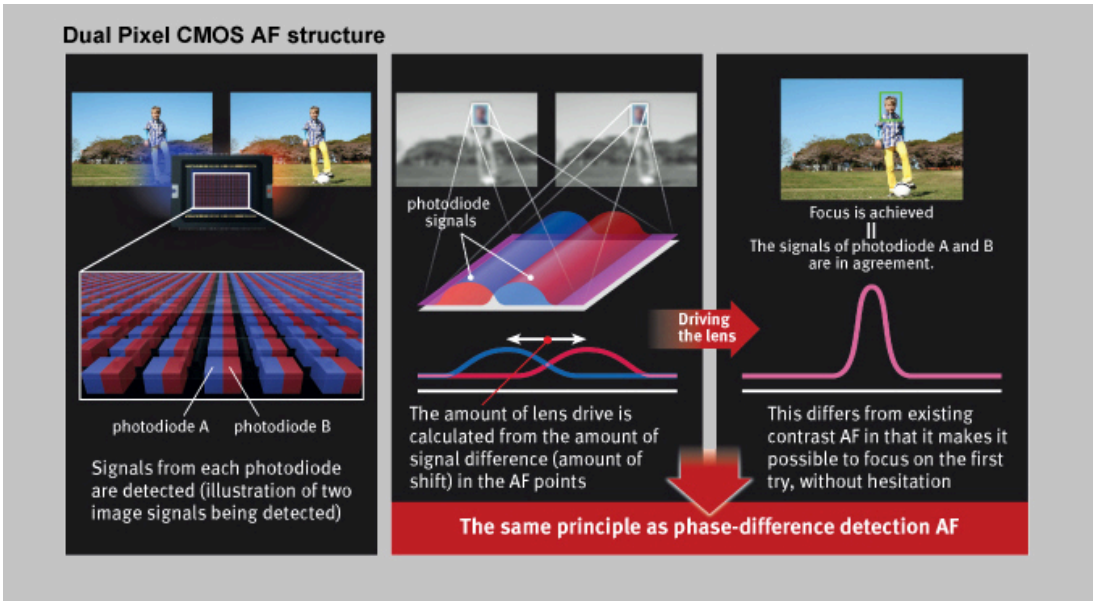
Jenže některé z bodů reagují pouze na hrany ve vodorovném směru. Jiné zase na hrany ve svislém směru. Někdy na oba dva směry zároveň. Každý fotoaparát má body citlivé jinak. Proto autofokus nejlépe reaguje na části snímku, které obsahují kontrastní hrany. Při zaměření na rovnoměrnou plochu nemusí čidla najít dost velký kontrast, AF se nemá čeho chytit a objektiv si tzv. „dýchne", jak poeticky říkají filmaři. Z tohoto důvodu nereaguje na ostření ve tmě.

Z výše uvedeného popisu fázové detekce vyplývá, že při ní **záleží na orientaci AF bodů**. Pár horizontálních CCD může detekovat pouze vertikální kontrastní prvky v obrazu, třeba zárubně dveří. Schodišťové stupně ale nikoli, protože v jejich případě bude obraz po celé délce CCD senzorů homogenní. Naopak vertikálně orientované CCD mohou detekovat jen horizontální elementy. Aby se vliv tohoto omezení co nejvíce eliminoval, vytvářejí se na AF čipu kombinace, v nichž se překrývá horizontální a vertikální pár a vzniká tzv. **křížový AF bod** anebo se dokonce překrývají dva křížové AF body, jeden pootočený o 45°, a vzniká tzv. duální křížový AF bod. Křížové a duální křížové AF body umožňují největší přesnost zaostření, ale mají také největší nároky na světelnost objektivu.

Rychlost ostření je závislá na motorovém pohonu. Využívají se buď klasické krokové motorky, které jsou pomalé a hlučné. Častěji se s nimi setkáte u kompaktů. U moderních zrcadlovek se spíše využívají ultrasonické motory (u Canonu jsou objektivy označeny USM). Ke svému fungování využívají principu neslyšitelných ultrazvukových vibrací. Jsou velmi rychlé a přesné.

- Detekce kontrastu - přístroj přímo ze svého fotografického senzoru měří kontrast zachyceného snímku. Když zmáčkneme spoušť, začne zkusmo hýbat objektivem na jednu a na druhou stranu, aby zjistil, jak se to projeví na kontrast. Na tu stranu, kde změřil kontrast rostoucí, pak objektivem posouvá tak dlouho, dokud kontrast roste. Jakmile začne opět klesat, vrátí se do bodu, kde ho změřil nejvyšší (a kde tedy bylo nejspíš nejlépe zaostřeno). Tento komplexní pohyb vnímáme jako mírné zacukání scény tam a zpět, než se zaostří. Tento způsob je nevýhodný pro natáčení videa, ne při funkci sledování objektu. Tento systém se využívá většinou při „Live-view", tedy živém náhledu.

- Hybridní ostření - buňky fázového ostření jsou zamíchány přímo mezi ostatní fotobuňky senzoru kompaktu. Samozřejmě je to kompromis, protože se jich tam vejde méně a jsou menší než u zrcadlovky. Díky nim ale dokáže fotoaparát poznat alespoň, kterým směrem je potřeba ostřit, o zbytek se postará detekce kontastu, která má díky těmto PDAF fotodiodám ulehčenou práci. Zároveň jí vydatně vypomůžou při kontinuálním ostření.



Perspektivní zkreslení objektivů

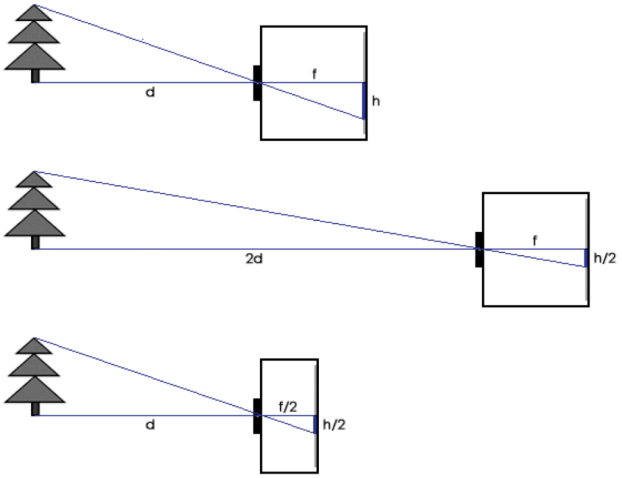
Perspektiva je obecně způsob zobrazení hloubky trojrozměrného prostoru na plochém, dvojrozměrném obrazu. V případě fotografie, kdy obraz světa se promítá pomocí čočky objektivu, vzniká tzv. **lineární perspektiva**.
Pokud rovnoběžky nejsou paralelní s rovinou filmu, pak se na obraze sbíhají. Je to dáno tím, že objekty stejné velikosti, které jsou vzdálené dál od objektivu, se na filmu zobrazí menší.

Naše oči a mozek jsou na lineární perspektivu zvyklé. Mají s ní zkušenost a vědí, čím se projevuje a jak mají její znaky interpretovat. Proto jsou na fotografiích prostorotvornými prvky např. sbíhající se linie, o kterých víme, že ve skutečnosti jsou rovnoběžné nebo objekty, o kterých tušíme, že jsou podobné velikosti, ale některé z nich jsou na fotografii velké a jiné malé.

Dvě základní pravidla:

1. Velikost obrazu objektu je nepřímo úměrná vzdálenosti objektu od objektivu.

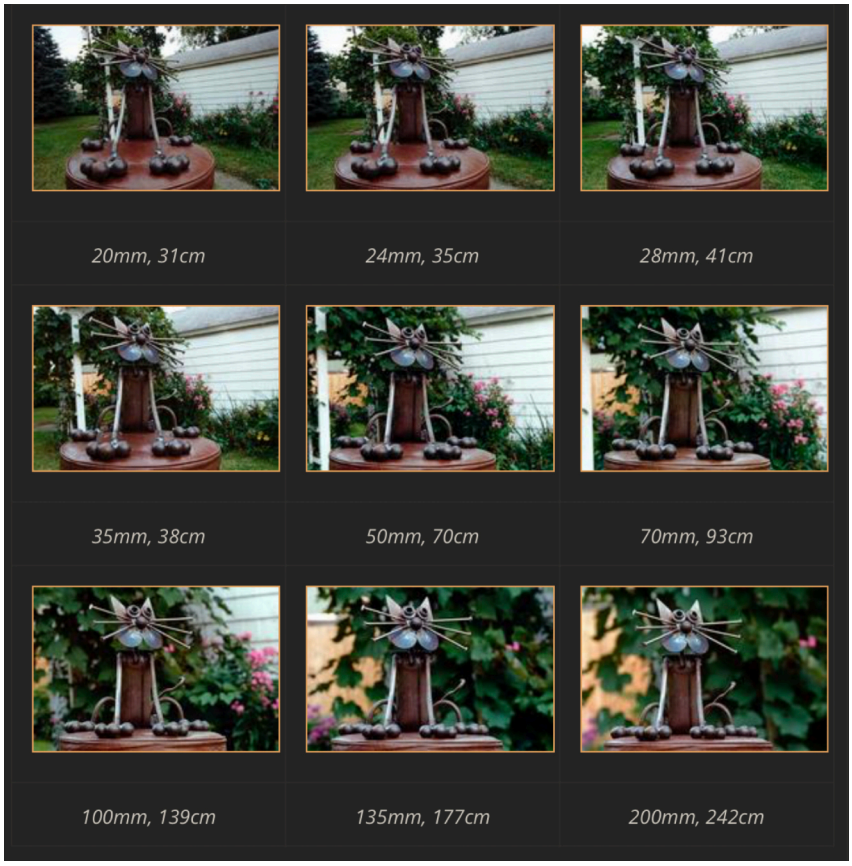
2. Velikost obrazu objektu je přímo úměrná ohniskové vzdálenosti objektivu.



Pokud budeme uvažovat jen jediný objekt (a ještě navíc plochý), pak to, že od něj jsme dál, můžeme vykompenzovat tím, že použijeme patřičně delší ohnisko. U běžné trojrozměrné scény už tohle ale není pravda. Změnou ohniskové vzdálenosti se nám totiž podaří dosáhnout stejné velikosti právě jen u toho jednoho objektu. Ostatní objekty ze záběru, které jsou k nám blíž nebo jsou naopak od nás dál, budou jinak velké.

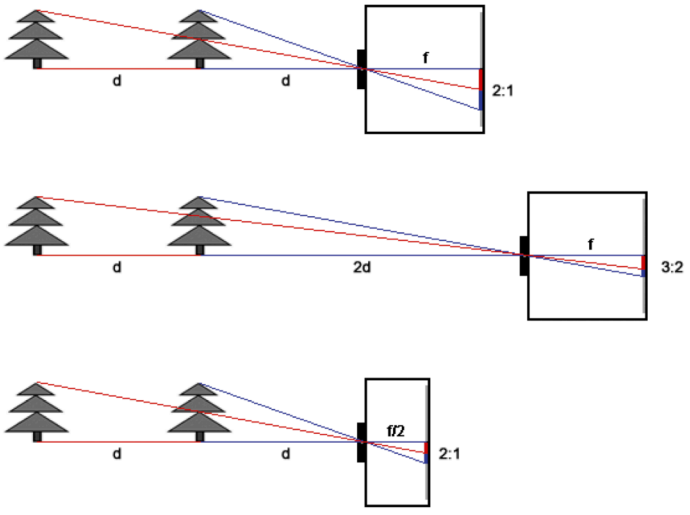
Nejenže se v závislosti na zvoleném ohnisku silně mění pozadí (velikost objektů v pozadí na snímku), mění se i fotografovaný objekt sám, protože i on je trojrozměrný a poměr velikostí jeho různých částí je na každém snímku jiný.

Na fotografiích pořízených krátkými ohnisky jsou rozdíly ve velikosti obrazů jednotlivých objektů tvořících scénu velké. U teleobjektivu je tomu naopak – objekty v pozadí se jeví téměř stejně velké, jako ty v popředí. Fotografie pořízené širokoúhlým objektivem tak dojem prostorové hloubky zvýrazňují, objekty v pozadí se nám zdají být daleko. Snímky teleobjektivem naopak prostorovost potlačují, různě vzdálené objekty se nám zdají být sražené k sobě.



Vzdálenost není ohnisko

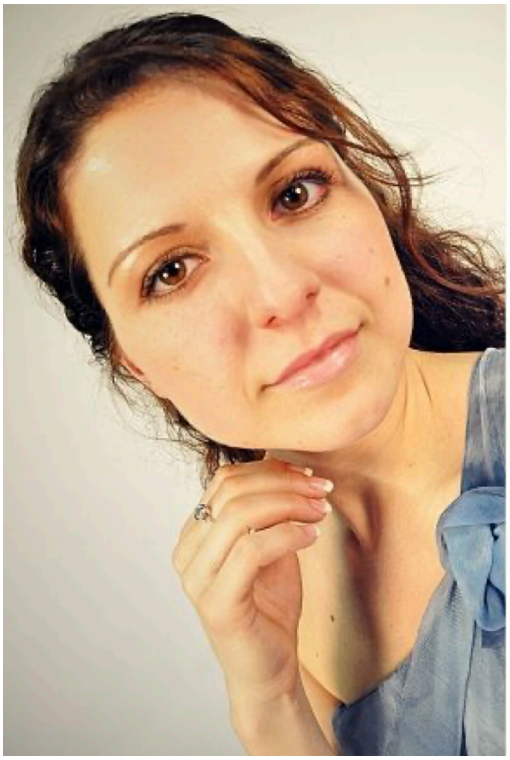
U trojrozměrné scény změnu vzdálenosti nelze vykompenzovat změnou ohniska. Začne to být jasné, když se podíváme na nákresy. Když změníme ohnisko, tak se všechny objekty zmenší nebo zvětší rovnoměrně, tj. vzájemný poměr velikostí jejich obrazů se zachová. Naproti tomu, při změně pozice kamery se poměr velikostí objektů a jejich částí změní, protože poměr starých a nových vzdáleností je pak jiný.



Zoomováním měníme jen a pouze celkové měřítko zobrazení neboli zachycený výřez (protože velikost filmového políčka se nemění), tak pokud místo zoomování změníme polohu, můžeme sice dosáhnout stejné velikosti jednoho zvoleného objektu nebo podobného výřezu, ale kompletně se změní to, jak bude fotografovaný objekt na snímku vypadat, stejně tak i vzájemné vztahy mezi objekty na snímku – jejich relativní velikosti, vzdálenosti, jak se zakrývají, atd.

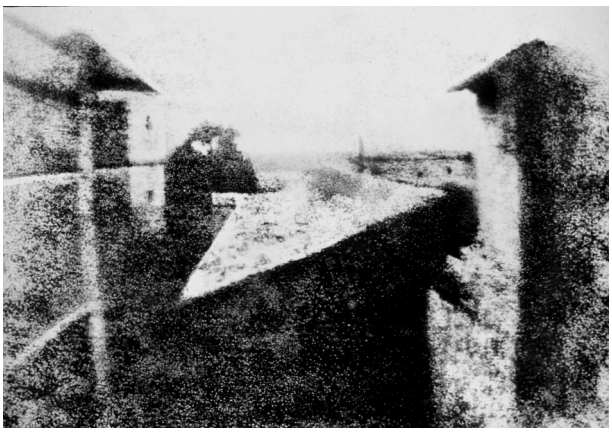
Zvýrazněná perspektiva širším objektivem

Potlačená perspektiva delším objektivem



HISTORIE FILMOVÉHO MATERIÁLU

Předchůdcem filmového materiálu byla skleněná nebo cínová deska, na kterou byla nanesena citlivá vrstva - emulze stříbrných solí.



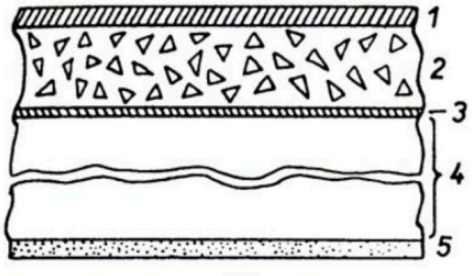
Jako první použil takto zcitlivělou desku s přírodním asfaltem r. 1826 Nicéphore Niépce.

První negativ na skleněnou desku pořídil v roce 1839 vynálezce John Herschel. Byl také první, kdo použil pojmy negativ a pozitiv a snímek. Desky byly opatřeny kolodiovým povlakem, který se musel za mokra exponovat. Nevýhody spočívají v nemožnosti připravit „filmy“ dopředu, musely se vyrábět na místě, jejich neskladnost, nepružnost - deska).

Papír jako pružný a flexibilní „film“ používal již okolo roku 1816, na počátku fotografických experimentů Nicéphore Niépce nebo v roce 1840 William Fox Talbot k výrobě papírových negativů – takzvaných slaných papírů. Pořízený negativ promastil olejem, čímž se papír stal průsvitným. Přiložením na další citlivý papír a exponováním v celé ploše dostal papír s opačnou denzitou - pozitiv.

Složení filmu

Moderní **černobílý film** je plastový pás (dříve celuloid - velmi hořlavý), který je pokrytý vrstvou emulze - halogenidy stříbra s želatinou.



1. Ochranná vrstva - chrání citlivou vrstvu před mechanickým či chemickým poškozením.
2. Citlivá vrstva - obsahuje krystalky sloučenin stříbra v želatině. Jejich velikost je řádově jednotky mikrometrů.

3. mezivrstva - spojuje citlivou vrstvu a filmovou podložku
4. filmová podložka (báze) - je odolná vůči rozměrovým změnám způsobeným změnami teploty či vlhkosti. Dříve se využívalo skleněných desek, nyní polyester. Film musí být také odolný vůči poškození při přetáčení apod.

5. antihalační vrstva - absorbuje část světla, které prochází citlivou vrstvou i filmovou podložkou a zabraňuje tak jeho zpětnému odrazu, který by zaznamenala citlivá vrstva a jehož výsledkem by byl efekt „halo" kolem světlých objektů na fotografii.

Spolu s velikostí krystalů roste citlivost filmu (ASA, DIN) a zrno.
Když je citlivá vrstva vystavena elektromagnetickému záření (např. rentgenovému), vytvoří se tzv. **latentní (skrytý) obraz** - stříbrné soli se přemění na kovové soli, které tvoří tmavé části negativního filmu.
Ten je potřeba zviditelnit. To se děje v chemickém roztoku - **vývojce**. Zde se redukuje kovové stříbro - latentní obraz se stane viditelným. Následuje **ustálení** - odstraňují se neosvětlené části halogenidu stříbra.

VLASTNOSTI CITLIVÉ VRSTVY FILMU:

• **Citlivost ke světlu** - je to převrácená hodnota osvětlení, která způsobuje určité zčernání citlivé vrstvy (udává se v jednotkách DIN, ASA, GOST). Citlivost filmu (film speed) - rychlý film vyžaduje poměrně malé množství světla ke správné expozici, pomalý film (málo citlivý) - clona objektivu musí být otevřena více, nebo vyžaduje delší čas závěrky. Čím větší je citlivost filmu, tím větší je jeho zrno.
21 DIN odpovídá 100 ASA (100 ISO), 22 DIN je 200 ASA (ISO).

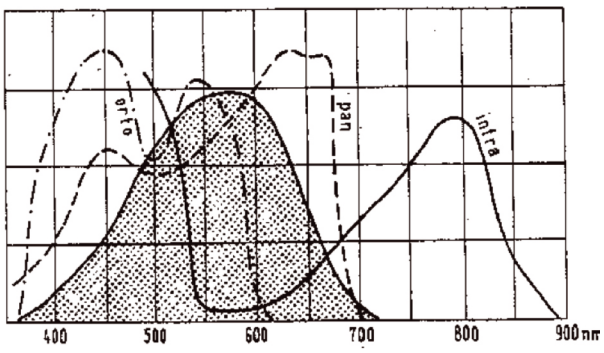
• **Gradace** - vztah mezi množstvím světla, které dopadá na citlivou vrstvu a jím způsobené zčernání. Gradace je charakterizována tzv. gradační křivkou. V letecké fotogrammetrii se používá filmů se strmou křivkou, v portrétní samozřejmě naopak (měkčí podání pleťových tónů). Vždy záleží na požadavcích fotografa nebo zadavatele na výstup. Je potřeba pamatovat na to, že z měkčího negativu lze udělat tvrdší snímek pomocí tvrdších pozitivních papírů nebo skenováním. Opačný proces není možný. Jakmile ztratíme detaily ve snímku tvrdým filmem, měkké papíry je už zpět nedostanou.

Citlivá vrstva může být citlivá k různě širokému intervalu vlnových délek. Nejpoužívanější jsou citlivé vrstvy:

1. ortochromatická - nesnímá oranžovou a červenou část spektra

2. panchromatická - citlivá k celému viditelnému spektru kromě modré

3. infrachromatická - citlivá k intervalu vlnových délek 0,6-0,9 mikrometru



Typy filmů

1. Černobílý negativ - jednovrstvý, s jednoduchým voláním, výsledek je negativ. Podložka může být lehce barevně tónovaná (podle výrobce).

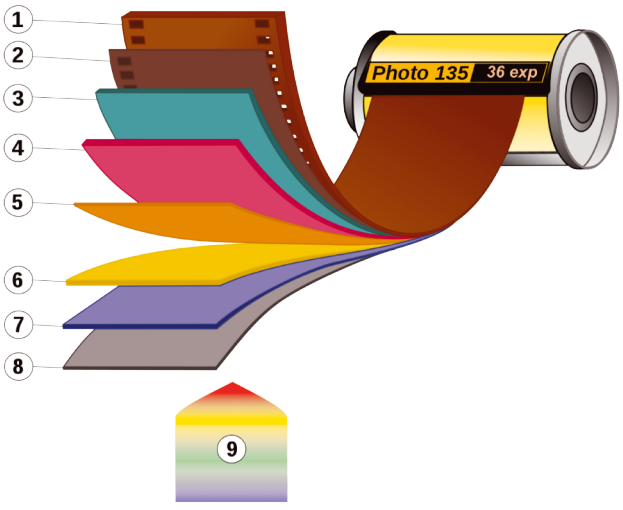
2. Barevný negativ - negativní vícevrstvý, složité vyvolávání s přesnou teplotou a bělicími lázněmi.

3. Barevný pozitiv - inverzní film - diapozitiv - po vyvolání získáme přímý obraz. Je vhodný pro scanování, promítání. Pro lepší manipulaci se umisťuje po jednom políčku do rámečků.

Složení barevného filmu

Barevné filmy mají minimálně tři vrstvy. Do stříbrných solí se přidávají barviva, která způsobí citlivost jednotlivých vrstev na rozdílné barvy spektra. Typicky je vrstva citlivá na modrou barvu navrchu, následovaná zelenou a červenou vrstvou. Během zpracování jsou soli stříbra přeměněny na kovové stříbro jako v černobílém procesu. Vedlejší produkt reakce vytvoří barvu. Kovové stříbro je potom při tzv. bělicím procesu převedeno zpět na stříbrné soli, které jsou z filmu odstraněny při ustalování, aby dále neovlivňovaly výsledný obraz. Některé filmy, jako Kodacolor II, mají až dvanáct vrstev, z nichž některé jsou složeny až z dvaceti různých chemikálií.

Vrstvy barevného filmu:
1. filmová báze (základní vrstva),
2. mezivrstva,
3. vrstva citlivá na červené světlo,
4. vrstva citlivá na zelené světlo,
5. žlutý filtr,
6. vrstva citlivá na modré světlo,
7. UV-filtr,
8. ochranná vrstva,
9. viditelné světlo

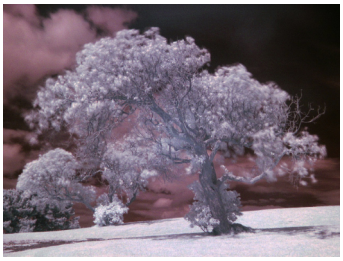


Typy barevných filmů

1. Film pro denní světlo - v základu jsou filmy vyrobené pro použití za denního nebo zábleskového světla - 5500 K. Při používání za rozdílné barevné teploty je nutné použití korekčních filtrů - pro žárovky modrý, pro zářivky fialový, pro focení ve stínu žlutý.

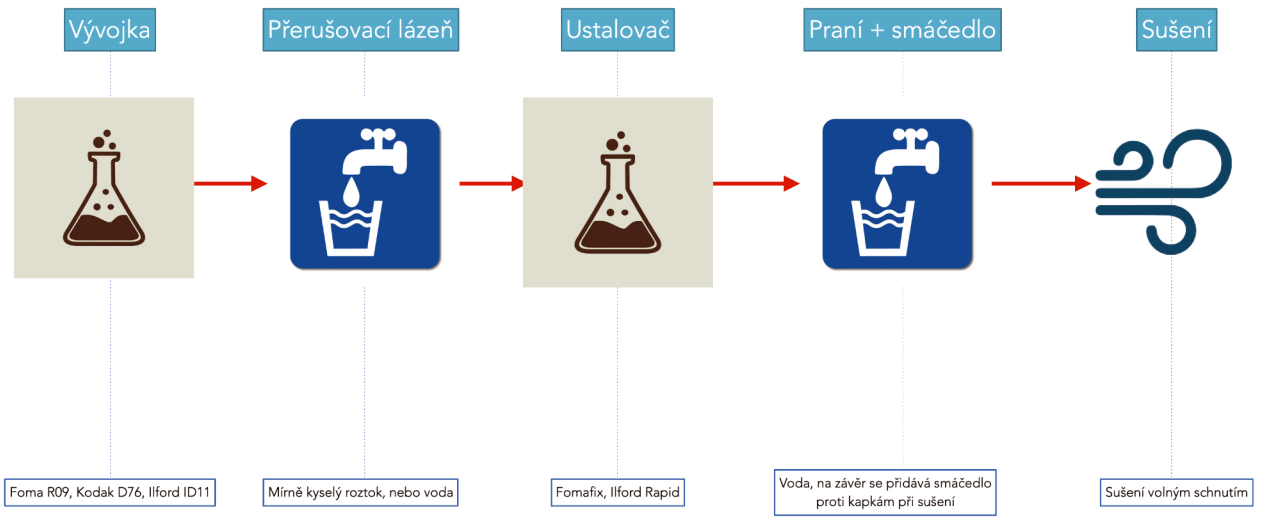
2. Film pro umělé světlo - je označen jako T (tungsten). Vyroben s patřičným modrým filtrem pro korekci barevné teploty.

3. Infračervený film - (čb i barevný) je citlivý na teplotu objektů - snímá v infračervené oblasti. Posouvá spektrum nebo rozsah jasů.
Teplejší objekty jsou světlejší.



NEGATIVNÍ PROCES

Obraz vzniká na vrstvě filmu citlivé na světlo fotochemickou reakcí (tzv. latentní obraz). Sloučeniny stříbra v želatině jsou tvořeny krystalky, které mají malé, nepravidelné, ostré tvary, aby zachycovaly fotony. Čím menší jsou krystalky, tím větší detail může být na fotografii zachycen. Naopak větší krystalky jsou více citlivé na světlo, avšak rozlišení filmu je menší. Podle množství od objektu odraženého světla citlivá vrstva negativu různým stupněm zčerná. Čím více světla dopadá na danou část filmu, tím více krystalků je vystaveno této reakci, při které je **bromid stříbrný rozštěpen na stříbro a brom**. Světlé a tmavé plochy pak skládají výsledný obraz. Vyvolání - koupání exponovaného filmu v alkalických chemikáliích - krystaly bromidu stříbrného, které byly fotochemickou reakcí změněny pouze částečně, jsou nyní rozštěpeny zcela. Největší hustotu sloučenin stříbra mají části vystavené velkému množství světla (na negativu se jeví jako tmavé) a naopak. V případě barevného filmu jsou objekty na negativu vyjádřeny ve svých doplňkových barvách (viz. dále). Krystalky AgBr, které nebyly změněny působením světla při expozici filmu jsou následně vyplaveny z citlivé vrstvy filmu - ten je tzv. ustálen (znecitlivěn ke světlu). Je to důležité proto, aby dále neprobíhala fotochemická reakce, když bude film znovu vystaven světlu. Výsledkem je negativ.



Film je nutné zpracovávat bez přístupu světla - v temné komoře, nebo alespoň ve speciálním rukávu.

Pro zpracování musíme vyjmout začátek filmu z kazety - spec. vytahovákem, nebo kazetu otevřít

Vytahovač filmu

otvírák

světlotěsný rukáv

VÝVOJKA

Vývojka je roztok chemikálií odvozených od benzenu - metol, hydrochinon.
Dále obsahuje konzervační látku - siřičitan sodný.
Alkálie - uhličitan sodný (draselný), borax, hydroxid sodný.
Regulátor procesu a protizávojová látka - bromid draselný.

Směsi se mohou koupit jak ve formě tekutého koncentrátu, nebo sypkých směsí rozpustných v teplé vodě. S oxidací dochází ke ztrátě účinnosti, proto je dobré mít lahev dobře utěsněnou, co nejvíce plnou.

R09 od Foma je jednorázová, ID11 (D76), Microphen jsou vývojky, které vyvolají až deset kinofilmů. Je nutné je držet v lahvi bez přístupu vzduchu.

K vyvolávání se používá tzv. vyvolávací tank.
Film se navine v temné komoře do spirály, nádoba se utěsní a za světla se naplní vývojkou. Nastává chemický proces, během kterého dochází k redukci stříbra, které se zdržuje v blízkosti filmu. Proto je nutné během vyvolávací doby s vývojnicí otáčet. Většinou první půlminutu, potom třikrát převrátit za půl minuty.

Vyvolávací doba je různá podle materiálu a výrobce. Většinou je v řádu minut (5-10).

Tabulky jsou většinou tvořeny pro teplotu 20 st. C. Při větší teplotě se zkracuje doba vyvolání, ovšem roste kontrast a zrno. Zrovna tak narůstá kontrast při větším počtu překlápění.

PŘERUŠOVACÍ LÁZEŇ

V přerušovací lázni dochází k rychlému zastavení vyvolávacího procesu. Nejčastěji je to slabě kyselý roztok (kys. octová, citronová). Pomůže tak prodloužit životnost ustalovacího roztoku – sníží přenos přebytečné vývojky do ustalovací lázně. V nouzi postačí i čistá voda.

USTALOVAČ

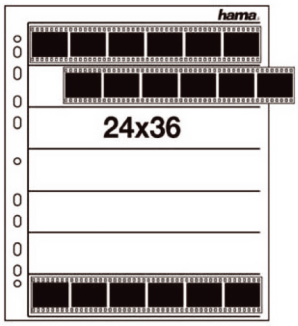
V ustalovací lázni se odstraňuje neosvětlený a tím nezredukovaný halogenid stříbra.

Spolu se základem ustalovače - sirnatanem sodným - vzniká nerozpustný sirnatan stříbrný, poté se mění na sůl, která se rozpustí v roztoku. Ustalovací doba je u rychlých ustalovačů 3 min., jinak až deset.

ARCHIVACE

Negativ je ideální archivovat nastříhaný (obvykle na 6 políček) v listech k tomu určených.

Mohou být z pergamenu, nebo umělé.



POZITIVNÍ PROCES

Po vyvolání a ustálení filmu jsme získali materiál, který je negativní. Pro získání pozitivní fotografie musíme ještě absolvovat pozitivní proces. To znamená - co je na negativu černé se musí převrátit na bílé a naopak.

Ten může být:
1. Přímý - přiložením negativu na citlivý papír, osvícením a vyvoláním dostaneme stejně velký pozitivní obraz - tzv. kontakt.

2. Zvětšený - pomocí zvětšovacího přístroje dostaneme pozitivní kopii, kterou můžeme několikanásobně zvětší.

Citlivé papíry můžeme v zásadě rozdělit podle **podložky**, která je opatřena citlivou emulzí, která obsahuje **halogenidy stříbra** rozptýlené **v koloidním materiálu (například želatině):**

1. Klasický papír na barytonová podložka (FOMABROM) - trochu náročnější proces, hlavně na praní a sušení - delší vypírací doba, lesklé povrchy se leští.

2. Fotopapíry na RC podložce (FOMASPEED). Jejich výhoda je nesporná: Krátký pobyt ve vývojce a ustalovači, dostatečná pružnost a stupnice škály šedé, velmi krátká doba závěrečného praní (bohatě stačí 5 – 7 minut).

Dalším parametrem, podle kterého se můžeme orientovat, je tzv. **gradace - strmost v podání šedivých tónů, neboli kontrast.** Normální gradace je potřeba na vyvážený negativ, existují také papíry tzv. měkké – pro přeexponovaný nebo více kontrastní negativ, kde je třeba vysoký rozdíl v jasu vyrovnat – a tvrdé pro podexponované snímky.

U výrobků Foma se značí normální gradace - N, tvrdá gradace - C, měkká gradace - SP.

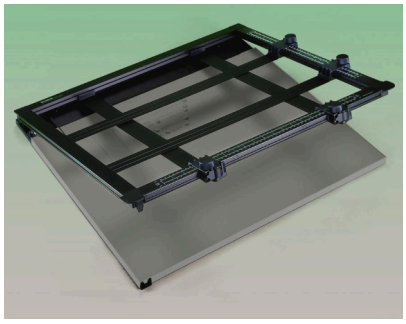
O gradaci se více dočtete v kapitole Senzitometrie.

Papíry se vyrábí i tzv. **multigrade**. - Jsou to papíry, jejichž gradace je závislá na spektru osvětlení. K jeho řízení se používá buď barevná hlava zvětšováku (pro barevný film), nebo filtry, které se vkládají mezi osvětlovací zdroj a objektiv zvětšovacího přístroje, většinou do zvláštního šuplíku.

Podle povrchu může být papír lesklý, matný, nebo matný–velvet (RC).

Základní velikosti papírů vychází z poměru 2:3 - 10 x 15cm, 13 x 18cm, 18 x 24cm, 20 x 30cm. Lze zakoupit papír i v metráži.

Pro pozitivní proces budeme potřebovat temnou komoru, zvětšovací přístroj, osvětlení fotokomory, zvětšovací rámeček, spínací hodiny, misky na chemikálie, vývojku, ustalovač, pinzetu, vypírací vanu, ev. leštičku.

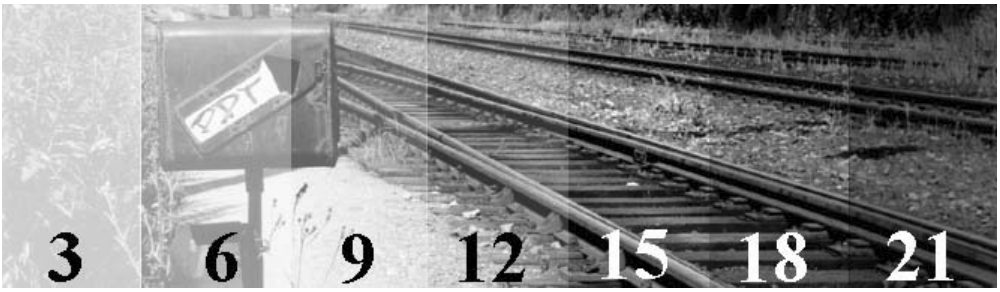


Fotopapíry nejsou citlivé na červené nebo žlutozelené světlo. Proto v komoře můžeme svítit osvětlením pro fotokomory - tzv. aladinkou.

Zvětšovací přístroj se skládá z **hlavy,** která obsahuje zdroj světla (žárovku), **kondenzoru** (soustava čoček pro zajištění rovnoměrného osvětlení), vyjímatelného **rámečku** pro vložení filmu, **objektivu**, základní desky a posuvné tyče.

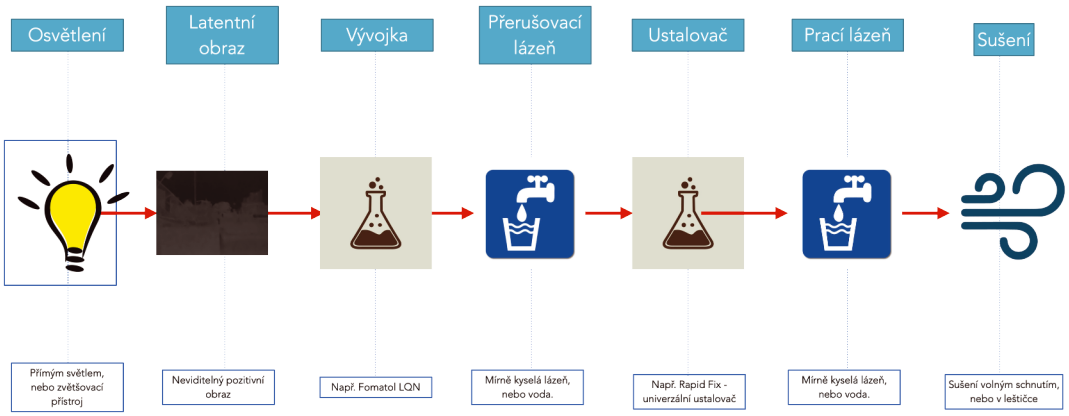
Film se vkládá do rámečku ve zvětšovacím přístroji. Je vhodné ho před tím ofoukat balonkem, abychom spolu s filmem nezvětšovali i zrnka prachu, nebo tělesný porost.

Proužková metoda je vhodná pro určení správné expozice. Zacloníme objektiv na zvětšováku, nastavíme spínací hodiny na několik vteřin. Fotopapír zacloníme neprůsvitnou podložkou, necháme ovšem koukat jeho malý proužek. Po expozici posuneme papír tak, aby se osvítil další proužek, vč. prvního. Takto postupně osvítíme celý papír. Expozice u jednotlivých proužků se sčítají. Pokud jsem osvítil první proužek 5x po dobu 3s, jeho expozice je tedy 15s. Vyberu nejvhodnější expozici z proužků - vhodné zčernání stínů a podání světel.



POZITIVNÍ PROCES

Po expozici finálního snímku ponoříme papír do vývojky. Je ideální udržovat teplotu chemikálií kolem 20 st. C, ale není to tak striktní jako při vyvolávání filmu. Papír se musí ponořit najednou a stejnoměrně. Nejprve se začnou objevovat nejvíce osvětlená místa - s největším zčernáním. Kdybychom v tento okamžik proces přerušili, dostali bychom obrazy příliš mdlé, bez prokreslení ve světlech.
Dlouhé louhování ve vývojce ale k ničemu nevede. Proto po evidentním zastavení procesu (vyvolání až po krajní mez zčernání osvětlené citlivé vrstvy) papír přendáme do přerušovací lázně. Funguje stejně jako při vyvolání filmu - zastaví proces vyvolání a šetří ustalovač. Následuje ustálení a vypírání.



Proč se to učíme?

- Analogový proces je základ fotografie. Digitální technika je v podstatě jen nadstavba.
- Ve fotokomoře poznáme krásu černobílého procesu, kde se obraz doslova rodí přímo pod rukama.
- Ten, kdo zná krásu analogového procesu, už nebude „plýtvat“ snímky, ani digitálními. Dobře si rozmyslí,než stiskne spoušť a zažije známé „je to tam“.

DIGITÁL VS. FILM

Zkratka vs (versus) je v podstatě špatně. V současnosti není obecně volby, která je lepší. Jedná se o dvě různé technologie. Každá má své určení a své nadšence.

Zde jsou rozdíly mezi oběma technologiemi:

Zrnitost

Největší rozdíl mezi filmem a digitálním senzorem spočívá v tom, ze film musí spoléhat na fyzikální a chemické reakce. Zatímco digitální senzory produkuji s vysokými hodnotami ISO elektronicky šum, snímky pořízené na film charakterizuje zrnitost (speciálně rychlejší filmy využívají ve svých emulzích větší, citlivější stříbrné halogenidové krystaly a jsou to právě tyto krystaly, co v pozitivu zrnitost vytváří. Zásadní rozdíl je v tom, ze se zrnitost objevuje nahodile a není nežádoucí - nekteří lidé rádi fotografuji na rychlý 35mm černobílý film právě kvůli zrnitým výsledkům.

Dynamický rozsah

Na počátku vývoje digitálních fotoaparátu byl dynamický rozsah filmu podstatně větší ve srovnání se senzorem. Dnes ovšem platí pravý opak: nejmodernější digitální senzory umí bežně zaznamenat větší dynamicky rozsah než barevný nebo černobílý negativ a dokonce předčí i možnosti barevného průsvitného filmu.

Světla a přepaly

Toto je jedna taková oblast, ve které film digitální fotoaparáty stále poráží. U digitálního snímku existuje poměrně přesný moment, kdy světla přechází do čistě bílých přepalů. V případě filmu je ale tento přechod jemnější, takže přepaly ve výsledku nepůsobí tak tvrdě.

ISO

Vlajková lod' zrcadlovek Nikon model D5 má ISO o hodnotě až 3 280 000, nejrychlejší dostupný film je Ilford Delta 3200 (ISO 3200). Potřebujete ISO 3,28 milionu? Budete ho snad někdy potřebovat? S největší pravděpodobností nikoli, ale kdyby náhodou, je tu pár (a čím dál tím víc) digitálních fotoaparátu umozňujících fotografovat (byť se šumem) v podstatě bez světla. Důležitější faktor určitě představuje možnost měnit ISO snímku od snímku.

Barevnost

Fotografujete-li na film, většinu rozhodnutí ohledně barevnosti uděláte už před pořízením snímku. Obvykle začínáte výběrem filmu (vyvážení pro denní světlo, nebo pro umělé osvětlení) a podle objektu pak možná i přidáte nějaký korekční barevný filtr (zejména fotografujete-li v prostředí osvětleném zářivkami). U digitálního fotoaparátu vyřešíte vyvážení bílé mnohem rychleji, přesněji a snáz.

Rozlišení

Jakmile se pustíte do debaty o rozlišení kinofilmu ve srovnání s digitálními možnostmi, hádáte se vlastně o tom, která technologie má výhodu. Odpověd' je prostá - záleží na formátu filmu, jeho typu, zpracování, naskenování a tisku a také na digitálním fotoaparátu, se kterým film srovnáváte. Smiřte se s tím, že srovnáváte nesrovnatelné a zaměřte se na nějaké jiné téma.

Náklady

Obecně vzato jsou kinofilmové fotoaparáty levná záležitost (a těžko by mohli ještě víc ztratit na ceně), zatímco hodnota krásné zbrusu nové zrcadlovky po roce nebo dvou klesá na zlomek původní ceny. Na druhou stranu, filmy a jejich vyvolávání s sebou nesou neustálé další výdaje a totéž platí i pro skenování, pokud neplánujete skenovat si svoje fotografie sami.

Čas

Obecně se setkáte s názorem, ze fotografovat digitálně je rychlejší než na film. Určitě, snímky si můžete okamžitě zobrazit na zadním displeji LCD a sdílet je s ostatními v řádu sekund, ale pokud fotografujete do formátu RAW, zpracování vás nemine a čím víc toho nafotíte, tím déle to potrvá.

Za jistých okolností pak může zabrat méně času, když necháte ruličku filmu někde ve fotolaboratoři a za pár hodin nebo dní se tam vrátíte pro svoje diapozitivy nebo pozitivy (pokud tedy samozejme nechcete svoje snímky skenovat a pak je taky upravovat).

Pohodlí

Ačkoliv se dá pochybovat, že nechat si vyvolat snímky ve fotolaboratoři není časově náročnější než zpracování tuctu snímků na počítači, je jisté, která varianta je pohodlnější. Pokles popularity kinofilmu znamenal také úbytek fotolaboratoří, takže pokud čirou náhodou s některou zrovna nesousedíte, budete muset nejspíš trochu cestovat anebo riskovat zasláni filmu poštou.

Dědictví

Historii fotografie dominují fotografové, kteří používali analogové fotoaparáty. Mistři fotografie fotografovali na film, film určoval fotografii a v moha případech i svět kolem nás: zkuste si vybavit nějaký ikonický snímek a je velká šance, že byl pořízený právě na film. Ne, že by digitální fotoaparáty neměly potenciál stvořit stejně oslavované tvůrce, ale jen to, že film je tu o mnoho, mnoho déle a vyvolává určitou nostalgii - až romantickou - což digitální fotografie neumí.

Hmatalelnost

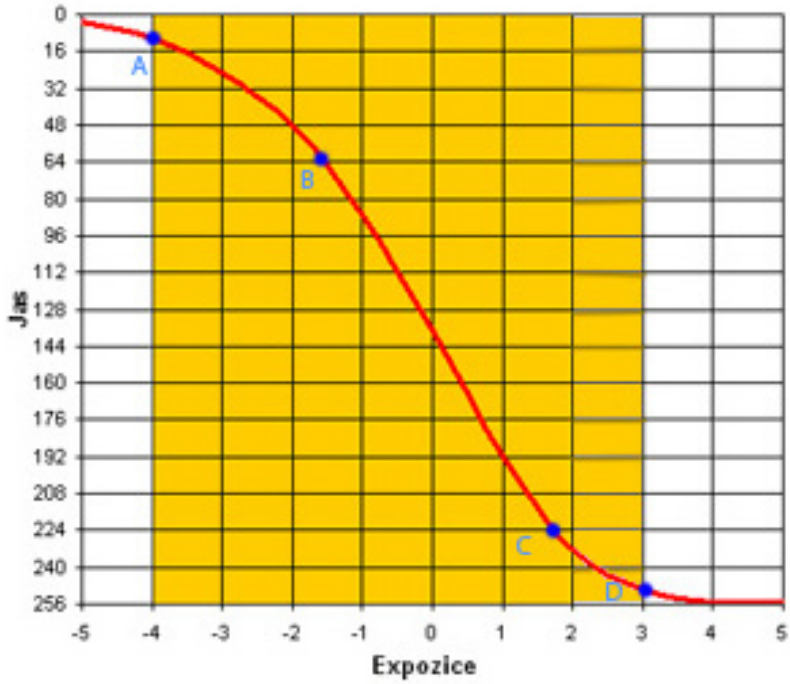
V případě filmu vám něco projde pod rukama: negativ nebo diapozitiv si můžete podržet, digitální snímek nikoli. Takový zážitek má něco do sebe (i když je film v podstatě křehčí) - jako by ty fotografie byly reálnější.

SENZITOMETRIE

Světlocitlivý materiál nebo snímač reaguje na dopadající světlo zčernáním nebo generováním elektrického náboje. Čím více světla dopadá, tím větší množství náboje se vytváří. Tento lineární převod světla na elektrický náboj má však pochopitelně svoje hranice. Při velmi silném osvětlení se světlocitlivé buňky dostávají do stavu zahlcení (saturace) a naopak při velmi slabém osvětlení začíná nad velmi slabým generovaným nábojem převládat náhodný elektrický šum světlocitlivých buněk.

Senzitometrická charakteristika

Senzitometrická křivka vyjadřuje závislost intenzity reakce snímače (osa y) na množství dopadajícího světla (osa x). Snímač reaguje na dopadající světlo (fotony) generováním elektrického náboje (elektrony). Čím více světla dopadá, tím větší množství náboje snímač generuje. Velikost náboje snímacího prvku určuje hodnotu jasu pixelu obrázku, který tento prvek „tvoří“.



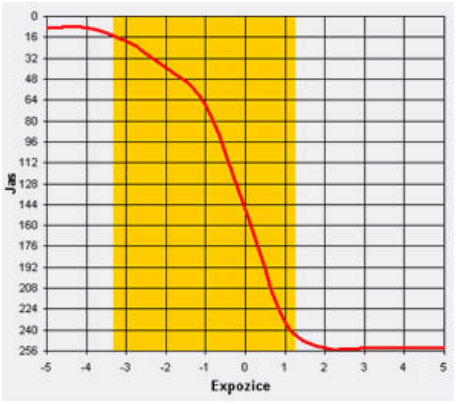
Expozimetr a firmware fotoaparátu, případně autor snímku stanoví expozici fotografované scény. Podle této expozice proudí různá intenzita světla na každý snímací prvek (teoreticky). Jednotlivé prvky na proud fotonů reagují tak, jak popisuje senzitometrická křivka. Jedna mezní hodnota reakce prvků snímače je stav, kdy snižující intenzita světla negeneruje menší elektrický náboj, ale stále téměř stejný náhodný elektrický šum.

Druhá mezní hodnota reakce prvků snímače je stav, kdy zvyšující intenzita dopadajícího světla generuje stejné množství elektrického náboje. Ideálem je lineární závislost pro obě souřadnice od nejnižší po nejvyšší intenzitu světla, která v praxi nenastává. Zejména poblíž obou mezních hodnot je závislost převodu hodně vzdálena od ideálu. Sklon senzitometrické křivky, přesněji úhel mezi prostřední částí křivky a osou x se nazývá

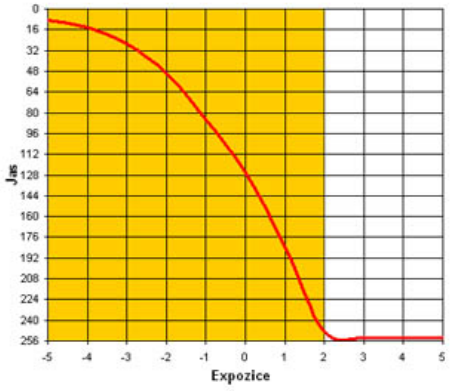
strmost. Strmost vyjadřuje schopnost snímače převádět jednotlivé úrovně jasů fotografované scény na jasové hodnoty fotografie a závisí na ní kontrast výsledného obrázku. Čím větší úhel křivka svírá s osou x (je strmější), tím je fotografie kontrastnější a naopak.

Z grafu je patrné, že tento snímač má dynamický rozsah –4 EV až +3 EV, tedy 7. Může reprodukovat bez ztráty kresby fotografovanou scénu s rozsahem jasů 7 EV. Část křivky vlevo nahoře do bodu A popisuje stav při velmi slabém osvětlení, kdy převládá šum. Teprve při dalším zvyšování jasu scény v oblasti mezi body A-B začínají buňky na světlo reagovat a vytvářet další elektrický náboj. Převod je ovšem hodně nelineární, tedy nesprávný. Je to oblast podexpozice. Při dalším zvyšování jasu scény mezi body B-C už probíhá převod téměř lineárně. To je oblast správné expozice.

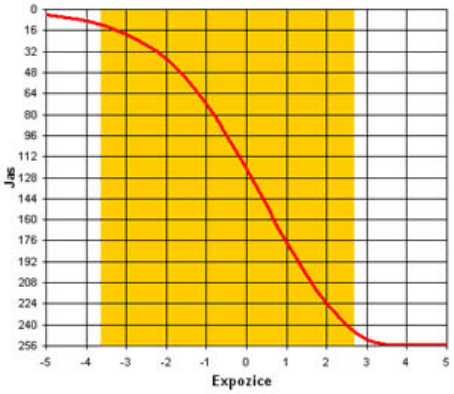
V oblasti ještě vyšších jasů na scéně mezi body C-D se opět začíná projevovat velká nelinearita převodu a snímací prvky se dostávají do oblasti přeexpozice. Zvýší-li se proud fotonů ještě více až do oblasti za bod D, začínají být buňky silným světlem zahlcené (generují již maximum elektronů) a v digitálním obrázku se začínají objevovat tzv. "přepálená místa", kde už není kresba. Na ose x jsou hodnoty EV vyjadřující intenzitu dopadajícího světla na snímač. Na ose y je 256 hodnot jasu fotografie, které jsou přiřazeny danému napětí vygenerovanému snímačem po dopadu světla. K měření světla se používá EV (exposure value = expoziční hodnota). Jeden bod je jasnější než druhý o 1 EV, pokud je jeho jas dvojnásobný.



Užitečný rozsah expozic je malý, od –3,3 EV do 1,2 EV, tedy 4,5 EV. Křivka je strmá, což znamená velký kontrast fotografie zejména v polotónech a světlech. Od hodnoty –1 EV do +1 EV jsou generovány úrovně jasu fotografie od 240 do 64. Z toho je patrné, že nevelká změna intenzity světla odraženého od fotografované scény a dopadajícího na snímač vyvolá relativně velkou změnu jasových hodnot fotografie. Počínaje 1,2 EV je výsledkem zcela bílá bez kresby. Snímač, který popisuje tato křivka náleží kompaktnímu fotoaparátu nižší třídy.



Dynamický rozsah této snímací soustavy je posunut více směrem ke stínům. Zůstává kresba i v hlubokých stínech, přičemž hodnoty jasu 16 – 48 mohou být nad šumem. Úprava křivky ve stínech může vést k dalšímu vylepšení kresby. Je pravděpodobné, že fotoaparát s tímto snímacím prvkem „se bude obávat“ přeexpozice, při níž dojde ke ztrátě kresby a bude tedy dělat poněkud podexponované fotografie. Pokud tomu tak není bude mít větší náchylnost k „přepálení“ světel a je dobré v případě scén s vysokým rozsahem jasů exponovat s korekcí –EV. Tato křivka popisuje snímací čip kompaktního fotoaparátu střední třídy.



Tyto křivky popisují vlastnosti kvalitních snímacích prvků D-SLR zrcadlovek, které mají dostatečný dynamický rozsah (–5 EV až 3 EV, -3,7 EV až 2,8 EV) rozvržený ve všech jasových hodnotách. Křivky nejsou příliš strmé a „cenný“ je jejich průběh ve stínech a zejména ve světlech.

SKENOVÁNÍ

Skenování je v podstatě převod analogového materiálu do digitální podoby. Ke snímání předloh se používají skenery a různé podpůrné programy. Skener je vstupní hardwarové zařízení, určené pro načtení obrazu (a případně i textu) do počítače tzn. digitalizaci. Skenery již existují desítky let a používají se pro černobílou i barevnou reprodukci a to z odrazných i z transparentních předloh. První digitální snímek byl vytvořen na počítači Russellem Kirschem v roce 1957 na U. S. National Bureau of Standards, dnes známý jako Národní institut pro standardy a technologie.

Princip digitalizace:

1. Předloha je osvětlena bílým světlem (laser).
2. Intenzita světla odraženého od předlohy nebo procházejícího předlohou (u předloh transparentních) je zachycena snímačem, který informace o hodnotách intenzity světla převádí na odpovídající elektrický signál.
3. Elektrický signál je ze snímacího prvku veden do A/D převodníku, kde probíhá převod údajů o obrazu z elektrického signálu na digitální.
4. Data v digitální podobě jsou odeslána do počítače a uložena.

Rozdělení skenerů podle technologie:

Čtečky čárových kódů

Dělí se na 1D a 2D podle typu čárového kódu. Využívají paprsku laseru nebo laserové diody. Mohou být ruční (tzv. „pistole“), nebo zabudované (např. v pokladnách).

Ruční (hand-held)

Tímto skenerem je nutno ručně přejíždět po snímané předloze. Nevýhodou je malá kvalita nasnímaného obrazu způsobená jak nízkým rozlišením snímače, tak nutností přesného ovládání ze strany uživatele. Používá se tam, kde je třeba rychle snímat malé plochy, případně při nemožnosti umístění předlohy do stolního skeneru. Dnes téměř vymizel vzhledem k masivnímu rozšíření stolního typu.

Stolní (flatbed)

Předloha se pokládá na sklo, pod nímž projíždí strojově ovládané snímací rameno, princip je tedy podobný jako u kopírky. Dnes jsou už velmi levné (od cca 1000 Kč) a proto se staly naprosto běžnou součástí všech domácností. Nevýhodou je zejména možnost snímání jen relativně tenkých předloh. Velkoformátové skenery jsou schopné snímat předlohu po sloupcích. Dražší modely často snímají pomocí přídavných nástavců také diapozitivy a negativy.

U stolních skenerů se můžeme setkat se dvěma technologiemi skenování[6]:

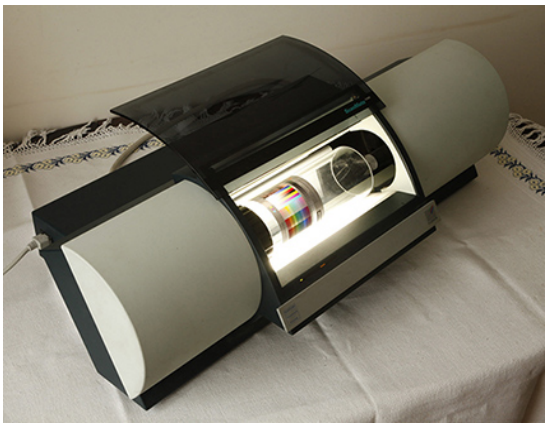
CCD (Charge-coupled Device)
Skenovaný dokument je postupně osvícen katodovou lampou. Spolu s ní putuje nad dokumentem soustava zrcadel, čoček a CCD

snímač. Světlo je přitom s pomocí zrcadel a čoček odraženo do CCD snímače, který disponuje třemi řádky. Každý z těchto řádků je citlivý na jinou barevnou složku modelu RGB. Jednotka CCD přitom převede světlo podle jeho intenzity na signál, který se pomocí převodníku přepočítá do digitální podoby.

CIS (Contact Image Sensor)
U této technologie nasvítí dokument tři LED diody v barvách červená, zelená, modrá (RGB). Tyto diody se nachází vedle snímače CIS, který disponuje pouze jedním snímačem bez zrcadel a čoček. Převod funguje stejně jako u technologie CCD.

Bubnové (drum)

Předloha je nalepena na rotujícím válci a je snímána paprskem. Pro sejmutí 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 skeneru 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 – diapozitivu je potřeba vytisknout plakát rozměru A2). Tato technologie je zároveň nejstarší.



Filmové

Slouží pro snímání jednotlivých políček filmu. Vzhledem ke svému specifickému účelu jsou vesměs používány pouze profesionálně. Např. systém Flextight a High-End skener Hasselblad Flextight X5.

3D

Nová technologie umožňující pomocí laserových paprsků nasnímat i trojrozměrný objekt. Velice nákladná technologie pouze pro profesionální využití. Skenování 3D objektů může probíhat bez jejich poškození s pomocí zařízení pracujícím na principu rentgenových paprsků či magnetické rezonance, či díky frézování modelu na tenké vrstvy, které jsou následně naskenovány.

Hlavní parametry skenerů

Rozlišení

Je důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitu výsledné obrazové reprodukce. Je to hustota pomyslné sítě, která rozděluje předlohu na jednotlivé body a tato hustota se udává v DPI = dots per inch (počet bodů na palec). DPI je dáno nastavenými nebo maximálními fyzickými možnostmi daného technického zařízení (tiskárny, monitor, scanner, fotoaparát).

Barevná hloubka

Udává, jaké množství barev a jejich odstínů je skener schopen rozlišit a jak věrně dokáže zobrazit barvy předlohy. Barevná hloubka je charakterizována počtem bitů použitých na vyjádření barevných odstínů. Čím více bitů je použito, tím je hloubka vyšší a tím více barevných odstínů se navzájem odliší. Grafické programy pracují nejčastěji s 24 bitovými RGB. Bubnové kvalitní scannery dokážou skenovat 36 bitově.

Denzita

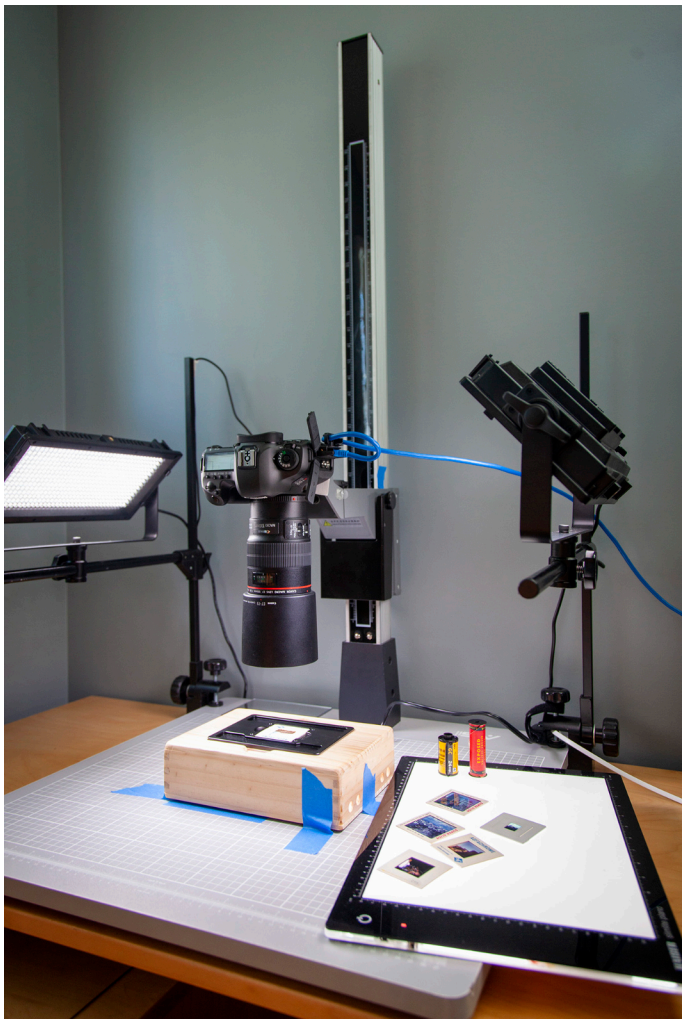
Logaritmická veličina, která vyjadřuje poměr zčernání. Tzn., že udává, v jakém rozsahu skener rozliší různé jasy. Maximální denzita vyjadřuje, jak je skener schopen při snímání rozlišit ve velmi tmavých plochách jemnou kresbu, minimální denzita je opak, tzn. snímání velmi světlé plochy s jemnou kresbou. Platí, že čím vyšší rozsah denzit (rozdíl mezi maximální a minimální denzitou) a čím vyšší maximální denzita, tím kvalitnější skener.

KOPÍROVÁNÍ

Analogové filmy lze digitalizovat i cestou fotografickou.

Slouží k tomu speciální nástavce, které se šroubují na makroobjektiv (nebo normální objektiv s mezikroužky) pomocí redukčního kroužku. V nástavci se potom pohybuje držák filmů s rozptylnou plochou. Osvětlení se řeší bílou plochou rovnoměrně nasvícenou žárovkou nebo zábleskem. Toto řešení se používá i pro kopírování kinofilmů.

Další možností je využít zvětšovacího přístroje nebo (reprodukčního) stativu. Ke zvětšováku budeme pořebovat tzv. reprodukční raménko, které slouží k uchycení fotoaparátu. Pod tuto sestavu umístíme ploché svítidlo, na kterém máme uchycený film, ideálně v maskovacím rámečku. Výhodou tohoto řešení je libovolný formát předlohy: od kinofilmu až po velký formát.



Skripta jsou určeny pro vnitřní potřebu SUPŠS Zámeček v Plzni.
Korektury: Vážení kolegové Jan Schýbal, Ivan Vala
Jazyková korektura: Monika Zahradníková

Použité zdroje:

1. Fyzika pro gymnázia - Lepil, Kupka
2. Technický slovník naučný Teyssler - Kotyška
3. www.wikpedia.cz
4. www.publi.cz
5. megapixel.cz
6. paladix.cz (Radka Tezaur)
7. digiarena.zive.cz
8. www.fotoradce.cz
9. facebook David Attenborough
10. kvd.zcu.cz
11. www.walter-fendt.de
12. medima-sk.sk
13. fyzika.jreichl.com
14. www.youtube.com
15. fotoradce.cz
16. Technet - Idnes.cz
17. moje.tajemno.net
18. Vladimír Birgus – Dějiny fotografie
19. www.astro.cz
19. všechny zdroje, na které jsem zapomněl

Vlastním nákladem 2024, Jiří Zahradník