

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Fyzikální optika - semestrální projekt
Analogová a digitální fotografie. Principy
fotoaparátů.

Abstrakt

Tato práce se zabývá historií fotografie jako takové a následně historií objektivů, které se pro focení používají. Dále poskytuje základní znalosti o čočkách, jejich typech a znalosti pro pochopení zobrazování předmětů pomocí čoček různých typů. V neposlední řadě je věnována pozornost zobrazování pomocí kombinací několika čoček a tvoření optických soustav, které se podobají novodobým objektivům. Poslední část textu se již zabývá samotnými objektivy a popisuje některé jejich vlastnosti.

Obsah

1	Historie	3
1.1	Historie fotografie	3
1.1.1	Prvopočátky fotografie	3
1.1.2	První fotografie	3
1.1.3	Vývoj fotografie až do dnešní doby	4
1.2	Historie objektivů	5
1.2.1	První objektiv	5
1.2.2	Vývoj objektivů do současnosti	5
2	Principy zobrazování	6
2.1	Rozdělení čoček	6
2.1.1	Spojné čočky	6
2.1.2	Rozptylné čočky	6
2.2	Zobrazovací vlastnosti tenkých čoček	7
2.2.1	Zobrazovací vlastnosti spojných čoček	7
2.2.2	Zobrazovací vlastnosti rozptylných čoček	8
2.3	Zobrazení objektu pomocí tenkých čoček	8
2.3.1	Výpočet ohniskové vzdálenosti tenkých čoček	8
2.3.2	Výpočet vzdálenosti obrazu pro tenkou čočku	9
2.3.3	Výpočet velikosti obrazu pro tenkou čočku	9
2.4	Zobrazení předmětu pomocí tlustých čoček	9
2.4.1	Výpočet ohniskové vzdálenosti tlustých čoček	9
2.4.2	Výpočet vzdálenosti obrazu pro tlustou čočku	10
2.5	Kombinace čoček	10
2.5.1	Kombinace tenkých čoček	11
2.5.2	Kombinace tlustých čoček	11
3	Objektivy v moderních fotoaparátech	12
3.1	Rozdělení objektivů	12
3.2	Ostření v objektivě	13
4	Závěr	14

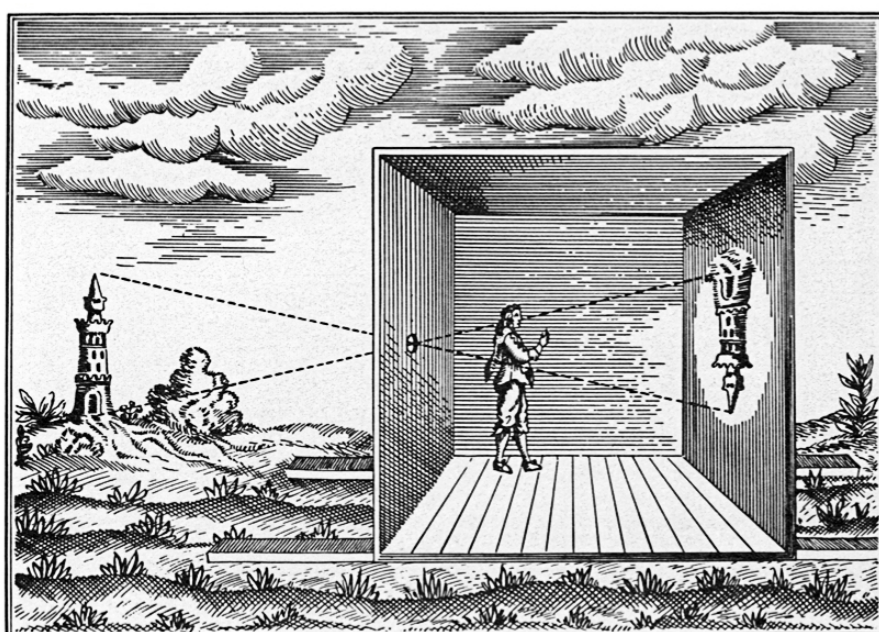
1 Historie

1.1 Historie fotografie

Přestože samotný koncept fotografie jak ji známe dnes je relativně raný, samotné principy a počátky zařízení, které umí zachycovat obraz sahají až do několika staletí před naším letopočtem.

1.1.1 Prvopočátky fotografie

Základní kámen fotografie byl položen již ve 4. století př.n.l. Z této doby se dochovaly texty o tzv. dírkové komoře, která také byla později známá jako *camera obscura*. Tento první *fotoaparát* však nebyl schopen pořizovat fotografie, ale sloužil pouze k projekci převrácených obrázků na jiný povrch (např. zeď, plátno atd.).



Obrázek 1: Ilustrace využití dírkové komory. [6]

Samotná *camera obscura* se používala hlavně na studování optiky a astronomie (např. bezpečného pozorování zatmění slunce). Ale žádného většího vylepšení se až do druhé poloviny 16. století nedočkala.

V 16. století vymyslel Gerolamo Cardano bikonvexní čočku, kterou je možné vložit do díry samotné dírkové komory. Pár roků po něm přišel Daniello Barbaro s první clonou, díky které bylo možné projekci udělat ostřejší a světlejší. Clona se v samotných fotoaparátech používá dodnes a je jejich nedílnou součástí.

1.1.2 První fotografie

V průběhu let mezi 16. a 18. stoletím docházelo k pomalému vývoji fotografie. Lidé se snažili projekce z dírkové komory zaznamenávat a proto zkoušeli experimentovat s různými látkami senzitivními na světlo. Avšak počátek fotografie jak ji známe dnes začal až v 30. letech 19. století, kdy francouz Joseph Nicéphore Niépce použil, již tehdy přenosnou, dírkovou komoru k exponování fotografie za

použití papíru a chloridu stříbrného. Tyto první fotografie byly tzv. negativy, na kterých byly reálné světlé části zobrazeny jako tmavé a reálné tmavé části jako světlé.



Obrázek 2: Historicky první fotografie od Josepha Nicépohore Niépce. [2]

Niépce však náhle zemřel a přenechal všechnu svou práci Louisi Daguerrovi. Daguerri později přišel s daguerrotypií, která byla prvním rozšířeným prakticky užívaným komplexním fotografickým procesem a prvním předchůdcem filmu ve filmových fotoaparátech. Daguerrotypie fungovala tak, že na měděnou destičku byla nanášena vrstva stříbra, která byla následně vystavena působení jodových par, než byla vystavena světlu. Následně pro vytvoření snímku bylo nutné tuto destičku exponovat až 15 minut.

Daguerrotypie byla velice oblíbená do 50. let 19. století. Následně ji však vystřídaly emulzní destičky, které byly značně levnější a potřebovaly pouze dvě nebo tři sekundy pro exponování, čímž byly ideální pro portréty.

1.1.3 Vývoj fotografie až do dnešní doby

V 70. letech 19. století přišel Richard Maddox se suchými destičkami, které mohly být skladovány po dlouhou dobu a také umožňovali další snížení délky expozice.

Ty však nevydržely dlouho, jelikož George Eastman zakládá v 80. letech 19. století firmu Kodak a zároveň přináší na trh film, který není tvořen pevnými objekty, ale dá se skladovat v rolkách. Tento film nebyl úplně totožný s dnešním 35mm filmem, který se běžně dává do filmových fotoaparátů, ale fungoval však na stejném principu. Filmová fotografie dlouho dominovala trh a začali se objevovat stále další a další výrobci filmů a fotoaparátů.

V roce 1950 byly na trh uvedené první SLR fotoaparáty, které vládly trhu po následujících 30 let do příchodu prvních digitálních kamer, které umožňovaly pořizování fotografií i amatérským fotografům a dokázaly se postarat o různé nastavení samy. V roce 1991 firma Kodak uvádí na trh první digitální SRL kameru, čímž umožňuje digitalizaci profesionální fotografie.

Dnes je na trhu plno fotoaparátů, které každé slouží jiným účelům.

1.2 Historie objektivů

Nedílnou součástí fotografie byla vždy optika, která je používána pro zobrazování. Historie objektivů pro fotoaparáty je ještě poněkud rannější než historie fotografie.

1.2.1 První objektiv

První pokusy o vytvoření fotografie Josepha Nicéphora Niépceho, jak už bylo zmíněno, používaly dírkovou komoru. Niépce pro vytvoření první fotografie používal obyčejnou jednoprvkovou konvexní čočku. Takovýto objektiv však pro vytvoření kvalitní fotografie nestačil.

První vícečlankový objektiv a spolu s ním i první fotoaparát vymyslel Charles Chevalier čerstvě po tom, co Louis Daguerre vymyslel již zmíněnou daguerrotypii. Tento Chevalierův první achromatický objektiv měl nastavitelné ostření a dva články, kterými efektivně snižoval chromatickou aberaci. Chavelierův objektiv však měl pouze dvě clony - $f/14$ a $f/15$ - což znamenalo, že je velice pomalý a fotografie se musela exponovat hodiny, ne-li dny.



Obrázek 3: První objektiv od Charlese Chavaliéra. [1]

1.2.2 Vývoj objektivů do současnosti

Vynález prvního portréového objektivu také patří Charlesi Chavelierovi. V roce 1840 přišel s prvním objektivem s variabilní ohniskovou vzdáleností, který měl clonu $f/6$. Tento objektiv byl tedy mnohem rychlejší než jeho první objektiv. V tom stejném roce vynalezl také Joseph Petzval v tehdejším Rakouském císařství jeho mnohem rychlejší objektiv s clonou $f/3.6$. Tento objektiv byl vyráběn společností Voigtlander.

Další výrobci a vynálezci objektivů čerpali z vynálezů Chaveliera a Petzvala. V roce 1858 byl vynalezen první objektiv s variabilní clonou. Tento objektiv vynalezl John Waterhouse. Na rozdíl od dnešních objektivů byly však pro výběr clony používány měděné destičky, které v sobě měli díru podle zvolené clony. Do třicátých let 20. století se objektivy různě měnily přidáváním a ubíráním jednotlivých článků a obecně experimentováním s tímto novodobým výmyslem.

V roce 1905 byl vynalezen Busch Bis-Telar objektiv, který byl prvním tele-objektivem a měl clonu $f/8$. Po třicátých letech 20. století se fotografie a pořizování snímků rozšířilo také na pořizování filmů a do různých dalších odvětví.

S časem se objevily různé filmové a následně digitální formáty a s nimi také nové typy fotoaparátů a nové typy objektivů, které se dodnes nepřestaly vyvíjet.

2 Principy zobrazování

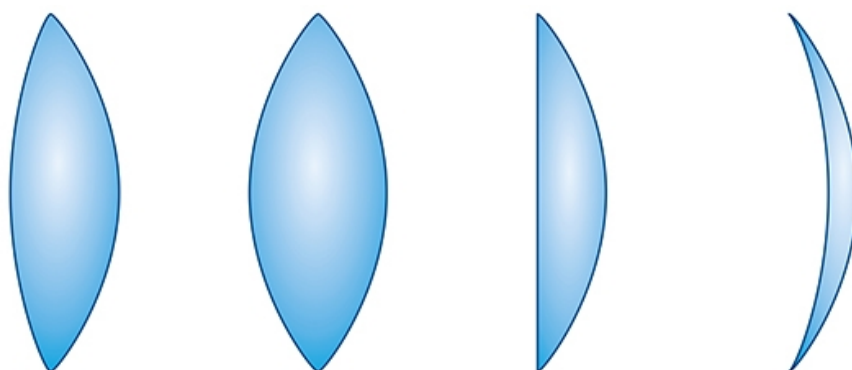
Pro správné fungování fotoaparátu jsou zapotřebí objektivy. Objektivy v dnešní době obsahují velké množství elektronických součástek, které umožňují uživateli snadněji pořizovat velice fotky. Základní a nejdůležitější součástí objektivů jsou však čočky.

2.1 Rozdělení čoček

Jednotlivé typy čoček lze snadno rozdělit podle zakřivení jejich dvou povrchů. Každý z těchto dvou povrchů může být buď konvexní nebo konkávní. Podle toho jak jsou tyto povrchy orientovány, lze jednotlivé čočky rozdělit do dvou kategorií.

2.1.1 Spojné čočky

Spojené čočky lze jednoduše poznat podle toho, že jsou vždy uprostřed silnější než na okrajích. Tedy alespoň jeden z povrchů čočky je vypouklý. Dále lze jednotlivé spojené čočky rozdělit na bikonvexní, ekvikonvexní, plankonvexní a konkávkonvexní. Jednotlivé typy spojných čoček lze vidět na 4.

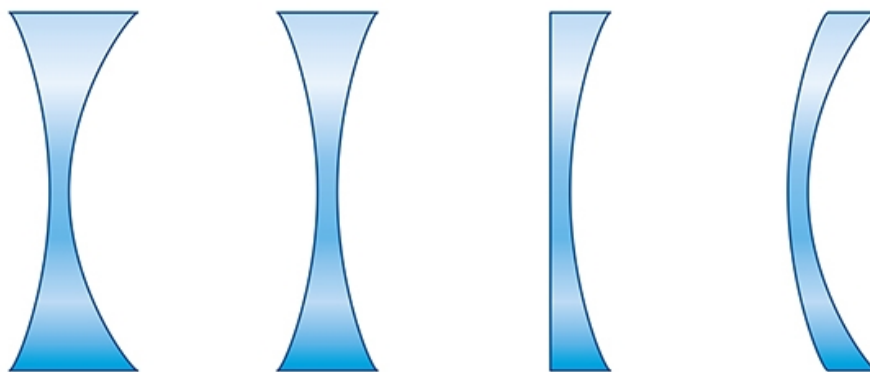


Obrázek 4: Spojné čočky. Zleva: bikonvexní, ekvikonvexní, plankonvexní a konkávkonvexní. [8]

Charakteristickou vlastností pro bikonvexní čočky je, že oba povrchy čočky jsou vypouklé, tedy přední povrch čočky má pozitivní poloměr a zadní povrch čočky má poloměr negativní. Ekvikonvexní čočka je poté pouze speciálním typem čočky bikonvexní. V případě ekvikonvexní čočky mají oba dva povrchy stejný poloměr a tedy jsou stejně vypouklé. Jedná-li se o čočku plankonvexní, tak její první povrch je vypouklý, tedy má pozitivní poloměr, a druhý její povrch je kompletně plochý. U čočky konkávkonvexní mají oba povrchy záporný poloměr a jen jeden z povrchů je vypouklý.

2.1.2 Rozptylné čočky

Naopak čočky rozptylné jsou na rozdíl od čoček spojných vždy uprostřed tenčí než na okrajích. Znamená to tedy, že aspoň jeden z povrchů čočky musí být dutý. Stejně jako čočky spojené, můžeme i čočky rozptylné rozdělit na několik dalších různých druhů. Těmito druhy jsou: bikonkávní, ekvikonkávní, plankonkávní a konvexkonkávní. Tyto jednotlivé druhy jsou znázorněny na 5.



Obrázek 5: Rozptylné čočky. Zleva: bikonkávni, ekvikonkávni, plankonkávni a konvexkonkávni. [8]

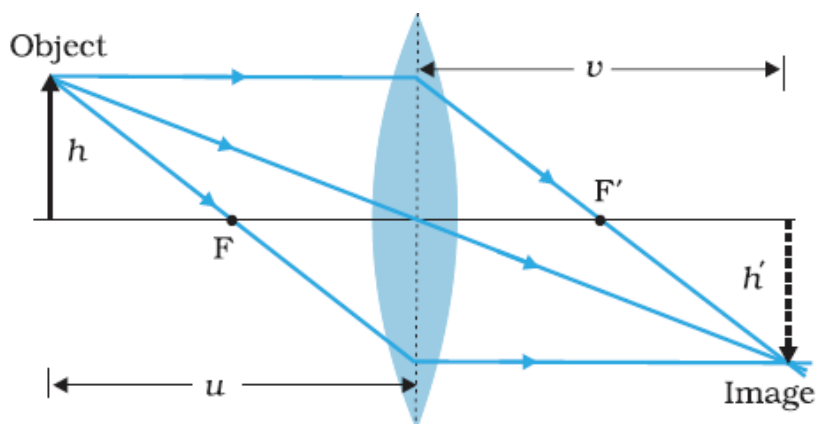
Analogickým způsobem se jednotlivé typy rozptylných čoček charakterizují různým tvarem. Pro čočku bikonkávni a ekvikonkávni platí, že oba její povrchy jsou duté, tedy přední povrch má negativní poloměr a zadní povrch má pozitivní poloměr. Stejně jako tomu bylo u čočky ekvikonvexní, tak čočka ekvikonkávni má oba tyto povrchy stejného poloměru. Čočka plankonkávni má jeden z povrchů plochý a druhý dutý. A čočka konvexkonkávni má druhý povrch dutý.

2.2 Zobrazovací vlastnosti tenkých čoček

Pro úplnost je potřeba nejdříve shrnout zobrazovací vlastnosti tenkých čoček. Optickou čočku lze označit jako tenkou v případě, že její tloušťka je zanedbatelná v poměru ku poloměrům zakřivení jejích dvou povrchů. V opačném případě mluvíme o čočce tlusté.

2.2.1 Zobrazovací vlastnosti spojných čoček

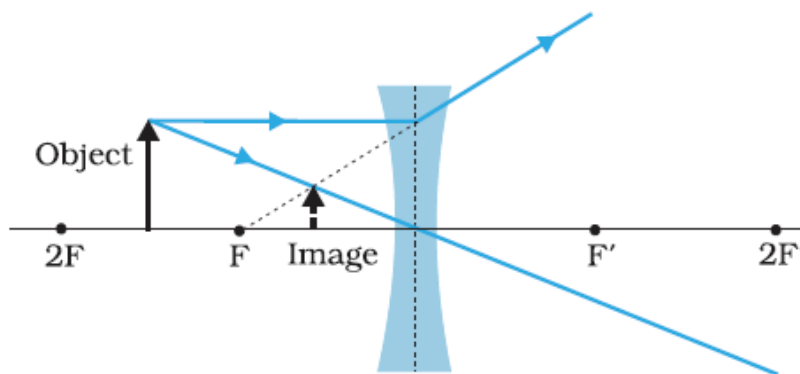
V případě spojných čoček zjednodušeně dochází ke spojení paprsků, které k čočce jdou paralelně s osou. Tyto paprsky se následně spojí v ohnisku nacházejícím se za čočkou (viz 6). Pro paprsek procházející optickým středem čočky (tedy hlavní paprsek) platí, že se nijak neláme a pokračuje dál bez jakékoliv změny. Paprsek, který prochází ohniskem před čočkou se zlomí tak, že za čočkou bude rovnoběžný s osou čočky.



Obrázek 6: Lom paprsků procházejících tenkou spojnou čočkou. [3]

2.2.2 Zobrazovací vlastnosti rozptylných čoček

Rozptylka na rozdíl od spojně čočky přicházející paprsky rozptyluje způsobem znázorněným ilustrovaným na 7. Paprsky přicházející k čočce paralelně s osou čočky jsou lámané tak, že jejich prodloužení prochází ohniskem před čočkou. Paprsek, který míří směrem k ohnisku za čočkou se láme a pohybuje se dál rovnoběžně s osou čočky. Podobně jako je tomu u spojky, paprsek který prochází optickým středem čočky se neláme nijak a pokračuje stejně jako doposud.



Obrázek 7: Lom paprsků procházejících tenkou rozptylnou čočkou. [3]

2.3 Zobrazení objektu pomocí tenkých čoček

Pro výpočet, kam se objekt zobrazí při zobrazení přes optickou čočku, nebo soustavu optickým čoček je potřeba znát její ohniskovou vzdálenost.

2.3.1 Výpočet ohniskové vzdálenosti tenkých čoček

Nejčastějším způsobem jak se parametrizují čočky je pomocí jejich ohniskové vzdálenosti. Ohnisková vzdálenost značí vzdálenost mezi středem čočky a jejím ohniskem, tedy bodem, kde se protnou všechny paprsky, které do čočky přichází paralelně s osou čočky. Každá čočka má celkem dvě ohniskové vzdálenosti, těmito jsou předmětová ohnisková vzdálenost, která značí vzdálenost před optickým systémem a obrazová ohnisková vzdálenost, která značí vzdálenost za optickým systémem.

Nejlehčím způsobem jak vypočítat samotnou ohniskovou vzdálenost čočky je za použití 1, kde f značí samotnou ohniskovou vzdálenost, n_l značí index lomu materiálu, ze kterého je čočka vyrobená, n_0 značí index lomu materiálu, kterým je čočka obklopena a R_1 a R_2 značí poloměry jednotlivých povrchů čočky.

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_l - n_0}{n_0} \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (1)$$

Pro spojně čočky platí, že jejich ohnisková vzdálenost je vždy pozitivní, jelikož paprsky přicházející paralelně s osou čočky se vždy spojí až za čočkou v obrazovém ohnisku. Pro čočky rozptylné analogicky platí, že jejich ohnisková vzdálenost je negativní, jelikož obrazové ohnisko se vždy nachází před čočkou.

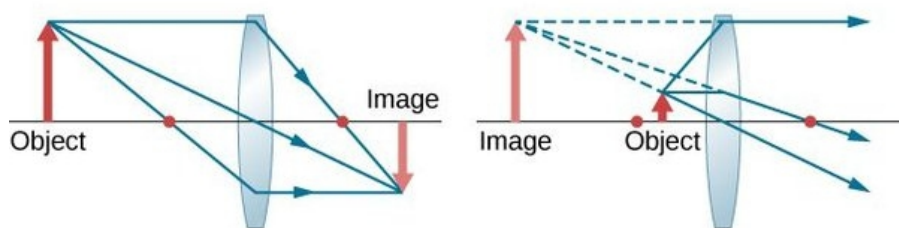
2.3.2 Výpočet vzdálenosti obrazu pro tenkou čočku

Pro výpočet vzdálenosti obrazu od pozice tenké čočky je možné použít rovnici 2, kde S_1 a S_2 značí vzdálenosti objektu a obrazu od středu čočky.

$$\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

Pro rozptylné čočky platí, že jejich S_2 , tedy vzdálenost mezi obrazem a čočkou je záporná. V tomto případě je obraz tzv. obrazem virtuálním, který se pozorovateli objeví před čočkou a zdánlivě vypadá reálně.

Mohlo by se zdát, že platí-li pro rozptylné čočky, že jejich obraz je vždy virtuální, bude pro spojnou čočku platit, že jejich obraz se vždy objeví za čočkou a tedy bude reálný. To je však pravda pouze z části. Nachází-li se totiž zobrazovaný předmět před čočkou ve vzdálenosti větší než je ohnisková vzdálenost, obraz bude vždy reálný a tudíž zobrazený za čočkou. Pokud se předmět nachází přímo v ohniskové vzdálenosti čočky, obraz se zobrazí za čočkou v nekonečnu. Je-li však předmět umístěn před čočku ve vzdálenosti menší než je ohnisková vzdálenost f dané čočky, obraz se zobrazí před čočkou a je tedy virtuální. Tento jev je možné pozorovat na 8.



Obrázek 8: Virtuální obraz pro spojnou čočku. [5]

2.3.3 Výpočet velikosti obrazu pro tenkou čočku

Poslední důležitou informací, která je nutná pro identifikaci obrazu, který zobrazováním přes čočku vznikne je, jak veliký obraz bude v poměru ku skutečnému předmětu. Na toto slouží rovnice 3, která pouze udává poměr mezi vzdáleností předmětu od čočky a obrazu od čočky, který je rovný poměru mezi velikostí předmětu a obrazu.

$$M = \frac{S_2}{S_1} = \frac{f}{f - S_1} \quad (3)$$

2.4 Zobrazení předmětu pomocí tlustých čoček

V reálném světě mají však všechny čočky nějakou tloušťku, která určitým způsobem obvlivňuje způsob, kterým se předmět pomocí čočky zobrazí. Logickým rozdílem tedy při počítání s tlustými čočkami je, že je nutné samotnou tloušťku čočky zakomponovat do výpočtů jednotlivých parametrů.

2.4.1 Výpočet ohniskové vzdálenosti tlustých čoček

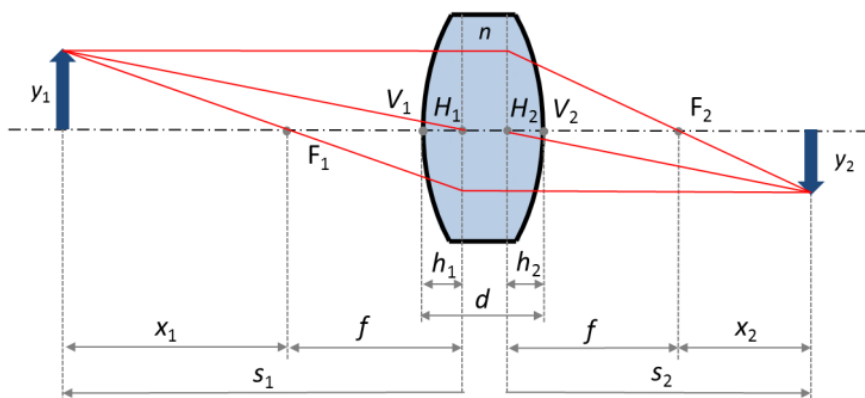
Pro výpočet ohniskové vzdálenosti u tlustých čoček je nutné lehce pozměnit rovnici 1 a vyjádřit v ní tloušťku d dané čočky.

$$\frac{1}{f} = (n_l - n_0) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n_l - n_0)d}{n_l R_1 R_2} \right] \quad (4)$$

2.4.2 Výpočet vzdálenosti obrazu pro tlustou čočku

Zobrazování pomocí tlustých čoček je již poněkud složitější než u čoček tenkých. Jelikož tenká čočka nemá žádnou (resp. má zanedbatelnou) tloušťku, má obě hlavní roviny na stejné pozici a tedy u ní řešíme lom pouze na jednom místě.

U čoček tlustých jsou tyto roviny však na různých pozicích buď uvnitř nebo mimo čočku. Pro hlavní předmiotovou rovinu platí, že paprsky vycházející z předmiotového ohniska a paprsky vystupující z čočky paralelně vůči ose čočky se protínají na hlavní předmiotové rovině (tedy H_1 v 9). Analogicky také platí, že paprsky přicházející do čočky rovnoběžně k ose čočky a paprsky vystupující z čočky směřující do obrazového ohniska čočky, se protínají na hlavní obrazové rovině (tedy H_2 v 9).



Obrázek 9: Zobrazování pomocí tlusté čočky. [9]

Je-li známa vzdálenost předmětu od čočky, je nutné nejdříve vypočítat vzdálenost hlavních rovin od krajů čočky. Výpočet těchto vzdáleností je triviální a postačí k němu rovnice 5 a 6.

$$h_1 = -\frac{(n_l - n_0)}{n} \frac{d}{R_2} f \quad (5)$$

$$h_2 = -\frac{(n_l - n_0)}{n} \frac{d}{R_1} f \quad (6)$$

Po získání h_1 a h_2 lze vzdálenost S_1 předmětu od hlavní předmiotové roviny, vypočítat jako součet vzdálenosti předmětu od čočky a vzdálenosti h_1 . Následně je možné vypočítat vzdálenost S_2 mezi obrazovou plochou h_2 a obrazem pomocí rovnice 7. Odečtením h_2 od S_2 je nalezena vzdálenost obrazu od bodu V_2 , tedy od zadního povrchu čočky.

$$S_2 = \frac{S_1 f}{S_1 - f} \quad (7)$$

2.5 Kombinace čoček

Moderní objektivy se však neskládají pouze z jedné čočky, ale jsou precizním spojením několika čoček dohromady, proto je nutné popsat jak funguje výpočet parametrů pro kombinaci více čoček.

2.5.1 Kombinace tenkých čoček

Kombinování tenkých čoček není nijak složité. Pro optickou soustavu o dvou čočkách je nejdřív potřeba podle rovnice 1 vypočítat ohniskovou vzdálenost prvního členu. Následně je možné vypočítat podle rovnice 2 vzdálenost, kam zobrazí první čočka zobrazovaný předmět, tedy S'_1 . Dále je nutné od S'_1 odečíst vzdálenost, kterou mezi sebou čočky mají, tak dostaneme vzdálenost S_2 obrazu vytvořeného prvním členem od druhého členu, pokud se obraz vytvořený první čočkou nachází za druhým členem, musí tato vzdálenost být záporná. Dále, je-li známá S_2 je možné vypočítat vzdálenost S'_2 výsledného obrazu od druhého členu v této názorné optické soustavě. Tímto způsobem je možné vypočítat dané parametry pro neomezený počet optických členů.

Pro výpočet poměru zvětšení nebo zmenšení je nutné získat poměry jednotlivých členů optické soustavy vzorcem 3 a následně je stačí pouze vynásobit mezi sebou.

2.5.2 Kombinace tlustých čoček

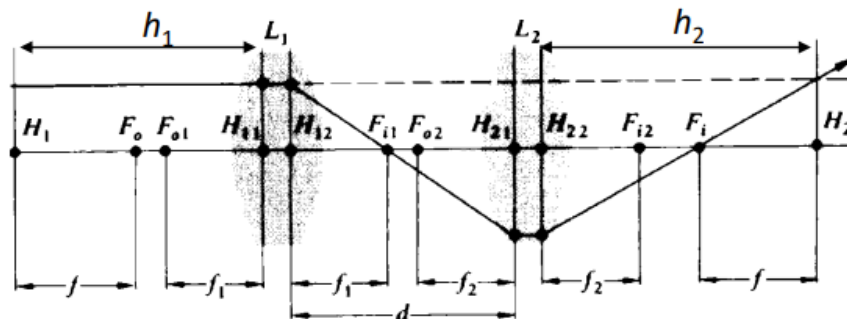
Stejně jako tomu je u zobrazování pomocí kombinace tenkých čoček, u čoček tlustých je pouze nutné rozšířit již zmíněné vzorce. Princip pro zobrazování pomocí více čoček funguje takovým způsobem, že jsou vždy seskupeny dvě čočky a z těch je vytvořena jedna pomyslná, která nese vlastnosti obou čoček. Tedy podle vzorce 4 je vypočítána ohnisková vzdálenost f_1 a f_2 prvního i druhého členu v této dvojici. Pomocí f_1 a f_2 lze vzorcem 8 vypočítat výslednou ohniskovou vzdálenost f daného páru čoček (v tomto vzorci proměnná d značí vzdálenost mezi dvěma tlustými čočkami).

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad (8)$$

Podle vzorců 5 a 6 jsou vypočítány hlavní roviny H_{11} a H_{12} prvního členu a H_{21} a H_{22} druhého členu. Jsou-li známy tyto čtyři hlavní roviny, je možné určit hlavní roviny páru výše zmíněných čoček pomocí vzorců 9 a 10. Teď už je pouze nutné použít vzorec 7 na výpočet vzdálenosti obrazu od H_{22} .

$$h_1 = \overline{H_{11}H_1} = \frac{fd}{f_2} \quad (9)$$

$$h_2 = \overline{H_{22}H_2} = \frac{fd}{f_1} \quad (10)$$



Obrázek 10: Znázornění výpočtu pro kombinaci dvou tlustých čoček. [9]

3 Objektivy v moderních fotoaparátech

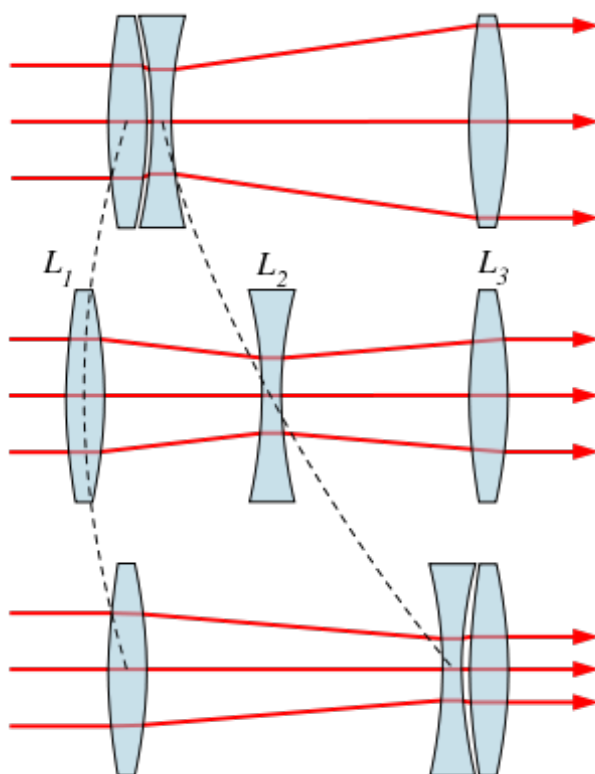
Moderní objektivy jsou velice složité optické systémy, které se skládají z někdy i desítek jednotlivých optických čoček, které jsou v objektivu poskládány tak, aby vytvořily co nejpřesnější a nejostřejší obraz na senzoru nebo filmu ve fotoaparátu.

3.1 Rozdělení objektivů

Základním parametrem se dají objektivy rozdělit na dvě skupiny: s pevnou ohniskovou vzdáleností a s proměnnou ohniskovou vzdáleností.

Objektivy s pevnou ohniskovou vzdáleností jsou objektivy, které umožňují pořizování snímku bez možnosti optického přiblížení, díky čemuž nepotřebují tolik pohyblivých členů a nejsou tedy často tak komplexní oproti objektivům s proměnnou ohniskovou vzdáleností.

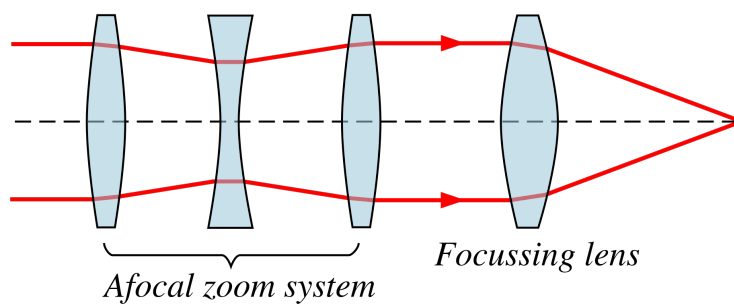
Objektivy s proměnnou ohniskovou vzdáleností jsou častější a pohodlnější pro použití, jelikož často zahrnují obrovskou škálu ohniskových vzdáleností a tudíž umožňují fotografovi pořizovat fotky různého typu. Také jsou mnohem komplexnější a často i mnohem dražší, na 11 je možné pozorovat, jak fungují objektivy s proměnnou ohniskovou vzdáleností. Objektiv obsahuje pohyblivý člen, který paprsky na základě pozice ve které se nachází.



Obrázek 11: Princip fungování objektivu s proměnnou ohniskovou vzdáleností. [10]

3.2 Ostření v objektivěch

Ostření v objektivěch je zajištěno pomocí pohyblivého členu. Tento člen zajišťuje, že se určité paprsky seběhnou na konkrétním místě. Tímto místem v případě digitálních fotoaparátů je senzor a v případě filmových fotoaparátů je film. Jak ostřicí člen funguje je znázorněno na 12.



Obrázek 12: Příklad ostřicího členu. [10]

4 Závěr

Tato práce se zabývala historií fotografie jako takové a historií optických soustav, které se k zobrazování používaly. Dále práce popisuje základní rozdělení optických čoček a zobrazování objektů pomocí tenkých i tlustých čoček. Pro komplexnější vysvětlení jak fungují objektivy v moderních fotoaparátech se práce taktéž zabývá zobrazováním pomocí soustav tenkých i tlustých čoček. V poslední kapitole je zjednodušeně popsáno jak moderní objektivy fungují a je popsán proces optického přiblížení a ostření pomocí moderních objektivů.

Odkazy

- [1] Roman Art. *Charles Louis Chevalier*. [Online; citováno 01-04-2023]. Neznámý. URL: http://camera-wiki.org/wiki/Charles_Louis_Chevalier.
- [2] Judith Haberth. *Joseph Nicephor Niepce*. [Online; citováno 01-04-2023]. 2020. URL: <https://www.thoughtco.com/joseph-niepce-the-first-photographer-2688371>.
- [3] Neznámý. *Action of a Thin converging Lens*. [Online; citováno 01-04-2023]. Neznámý. URL: <https://www.toppr.com/ask/content/concept/action-of-a-thin-converging-lens-263046/>.
- [4] Neznámý. *Camera Lens Guide (Parts, Functions and Types Explained)*. [Online; citováno 01-04-2023]. Neznámý. URL: <https://expertphotography.com/camera-lenses-guide/>.
- [5] Neznámý. *Introduction to Physics*. [Online; citováno 01-04-2023]. Neznámý. URL: <https://pressbooks.pub/introphys1/chapter/unit-30-lenses/>.
- [6] Neznámý. *Jak se vyvíjela fotografie?* [Online; citováno 01-04-2023]. 2015. URL: <https://www.malovanikresleni.cz/news/jak-se-vyvijela-fotografie/>.
- [7] Neznámý. *Lenses*. [Online; citováno 01-04-2023]. 2020. URL: [https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%5C%3A_Physics_\(Boundless\)/24%5C%3A_Geometric_Optics/24.3%5C%3A_Lenses](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%5C%3A_Physics_(Boundless)/24%5C%3A_Geometric_Optics/24.3%5C%3A_Lenses).
- [8] Neznámý. *OPTICAL LENSES AND CONVEX/CONCAVE MIRROR THEORY*. [Online; citováno 01-04-2023]. Neznámý. URL: <https://www.advancedoptics.com/optical-lenses-tech.html>.
- [9] Doc. Petr Sedlák. “Paprsková optika”. In: [Online; citováno 01-04-2023]. Přednášeno v rámci předmětu FYO na VUT FIT., Neznámý.
- [10] Wikipedia. *Zoom lens*. [Online; accessed 01-04-2023]. Unknown. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Zoom_lens.