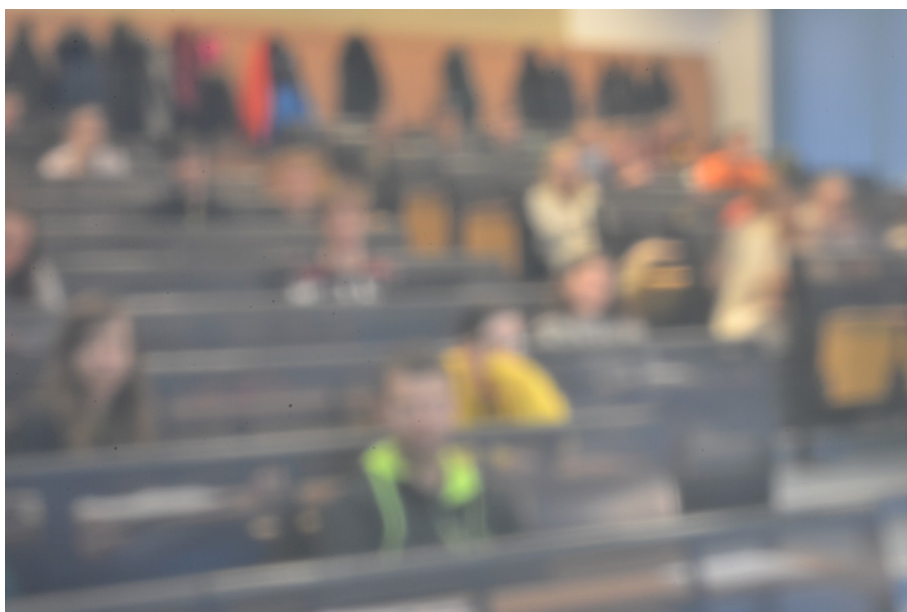


Fotoaparát a fotografování

- Cílem fotografie je zachytit obraz na světlocitlivý materiál – dříve fotografické desky či film, dnes spíše elektronický čip (CMOS, CCD)
- U filmu – dopadlé světlo vyvolá na filmu určitou chemickou reakci (redukce atomů stříbra v halogenidu stříbrném), která se pak při vyvolání projeví jako změna barvy filmu a obraz lze přenést na fotografický papír
- U CMOS, CCD čipu – změna na snímacím prvku není chemické povahy, ale elektrické, k přečtení obrazu dojde elektronicky
- Základní části fotoaparátu: **objektiv** (pro zobrazení objektu), **závěrka** (otevře se jen na dobu, kterou potřebujeme pro zachycení obrazu na film), **světlocitlivý materiál** (film, elektronický čip), **hledáček**, příslušenství
- Většinou chceme, aby jednomu bodu scény odpovídal jeden bod na citlivém materiálu (stínítku); jak toho docílit?
- Například pouhou dírkou – **dírková komora** neboli **camera obscura**



Obrázek 1: Fotografie pořízená dírkovou komorou dne 9.12.2019 na přednášce Zajímavá fyzika v aule PŘF MU. Místo objektivu byl na fotoaparát Nikon D7000 přiložen alobal a v něm špendlíkem propíchnuta malá dírka, která takto zobrazila studenty na přednášce.

- Každý bod na předmětu se zobrazí ve stejném tvaru, jaký má dírka
- Je-li dírka bodová, zobrazí se předmět ve stejném tvaru, jako má předmět – celkově je tedy obraz na stínítku **konvolucí** tvaru předmětu a dírky
- Jestliže díрку zmenšíme, bude obraz sice ostřejší, ale tmavší
- Můžeme-li čekat dost dlouho na expozici, není problém, velká hloubka ostroty, lze promítat i na zakřivené plochy

- I malé smítko může fungovat jako dírková komora – jednou zobrazení vlákna žárovky pomocí mušky, které okolo něj poletovala
- Pro ideální čočku se jeden bod obrazu zobrazí jako jeden bod na stínítku, lze tedy čočky dělat větší a máme tedy mnohem více světla
- Jiný, lepší způsob – **čočkou!**



Obrázek 2: Lupa.

- Reálná jednoduchá čočka (např. lupa, viz obr. 2) – spousta **vad**:
 - **Kulová vada** – rovnoběžné paprsky se nesbíhají v jednom bodě, ale vnější se sbíhají dříve; vadu lze odstranit změnou tvaru z kulové plochy na blízkou parabolické; tím se ale naopak zvětší jiné vady a kromě toho je mnohem náročnější takovou čočku vyrobit – *aspherical*
 - **Astigmatismus** – pro paprsky dále od osy je ohnisková vzdálenost ve vzájemně kolmých směrech různá; astigmatismus v brýlích (**cylindr**) – čočka není válcově symetrická, ale v jednom směru je jinak zakřivená než ve druhém
 - **Koma**
 - **Barevná (chromatická) vada** – různé barvy se lámou různě silně
- Vady čoček lze kompenzovat použitím soustavy více čoček; proto mají moderní **objektivy** (viz např. obr. 3) velké množství čoček, např. 15
- **Antireflexní vrstva** – snižuje odrazy na jednotlivých rozhraních sklo - vzduch, funguje na principu interference, poznáme ji podle modravého či zelenavého zabarvení světla odraženého od čočky
- Charakteristiky objektivu: **ohnisková vzdálenost, světelnost**
- **Ohnisková vzdálenost**:
 - Čím větší f , tím je obraz větší, ale tím méně věcí se na políčko filmu vejde (menší úhel záběru)
 - Krátké ohniskové vzdálenosti – tzv. širokoúhlé objektivy: $f = 35$ mm a méně
 - Dlouhé ohniskové vzdálenosti – tzv. teleobjektivy: $f = 135$ mm a více
 - U dlouhých f je problém např. s chvěním objektivu a malou hloubkou ostrosti



Obrázek 3: Fotografický objektiv se světelností 1 : 1.4 a ohniskovou vzdáleností 50 mm. Stupnice nejnižší je clonová, nejvyšší je ostřicí kalibrovaná v metrech (bílá) a ve stopách (oranžová). Prostřední stupnice souvisí s hloubkou ostrosti.

- Objektivy s **transfokátorem (zoomem)** – mohou plynule měnit ohniskovou vzdálenost
 - * Je to vlastně soustava dvou čoček, první tvoří obraz předmětu a zobrazuje jej do určité vzdálenosti od sebe, druhá pak tento obraz zobrazuje na film
 - * Typické rozsahy: 18 – 35 mm, 28 – 80 mm, 70 – 210 mm, 70 – 300 mm
 - * Poněkud horší kvalita obrazu než u objektivů s pevnou f

• Světelnost objektivu



Obrázek 4: Tři různě nastavené clony na objektivu – zleva doprava 1.4, 4 a 16. Čím vyšší číslo, tím méně světla do objektivu přichází. Zdvojnásobení čísla zmenší množství světla na čtvrtinu, proto je stupnice geometrická posloupnost s kvocientem $\sqrt{2}$ – posun o jedno číslo odpovídá snížení množství světla na polovinu.

- Udává se jako $f:n$ – poměr průměru maximálního válce rovnoběžných vstupních paprsků, které objektiv ještě zpracuje, k ohniskové vzdálenosti; tedy např. $f:4$ při $f = 50$ mm – průměr válce je $50/4$ mm = 12,5 mm
- Dva objektivy s různou ohniskovou vzdáleností, ale stejnou světelností, budou stejně osvětlovat film; proto je pro určení osvětlení filmu důležitá světelnost objektivu, nikoli jen průměr vstupního otvoru
- Clona – průměr otvoru lze zmenšit kruhovou clonou, pak jakoby zmenšujeme okamžitou světelnost objektivu a tedy i množství světla dopadající na film – viz obr. 4

- Clonová čísla jdou v posloupnosti 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32..., tedy sousední čísla jsou v poměru $1 : \sqrt{2}$
- Osvětlení klesá se čtvercem velikosti vstupního otvoru, proto je množství světla dopadající na film u sousedních clonových čísel v poměru $1 : 2$
- **Závěrka** – velice rychle se otevře, přesně určenou dobu tak zůstane a pak se zase rychle uzavře
 - Systém lamel nebo i plátno – zde se někdy šidí: při krátkých časech závěrky přejíždí šterbina přes film, takže každé místo filmu je exponováno skutečně nastaveným časem, ale různé části v různých okamžicích; při fotografování rychle se pohybujícího objektu by pak objekt byl prodloužený nebo zkrácený
 - Časy závěrky – většinou tvoří geometrickou posloupnost: 1/1000, 1/500, 1/250, 1/125, 1/60, 1/30, 1/15, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8, ...
- **Expozice**
 - Je třeba regulovat množství světla, které dopadne na film; film reaguje na množství světla nelineárně: málo světla nebo ještě $2\times$ méně světla – nedojde k žádné reakci, mnoho nebo ještě $2\times$ více světla – dojde k saturevané reakci; proto chceme, aby světla z každé scény dopadlo na film přibližně stejné množství
 - Navíc záleží na citlivosti daného materiálu
 - Množství světla, které dopadne na film nebo čip, regulujeme jednak změnou **expozičního času** (po který je otevřena závěrka), jednak změnou clony
 - Pro stanovení správného osvitu slouží expozimetr
 - Příklad expozice – při citlivosti ISO 100 (21 DIN) za slunečního svitu dáme 1/125 s a $f : 16$ nebo 1/250 s a $f : 11$ nebo třeba i 1/1000 s a $f : 5,6$
 - Expozice není ovlivněna vzdáleností – je-li předmět dále, dopadá na něj do fotoaparátu méně světla, ale zase se rozloží na menší plochu, proto je jas stejný. Proto např. při fotografování Měsíce v noci použijeme stejnou expozici jako pro fotografování krajiny za slunečního světla
 - Oko – nesrovnatelně pružnější, zvládne zpracovat rozsah osvětlení v rozsahu asi 10 řádů (sníh osvětlený sluncem vs. svíčka ve velké místnosti)
 - Digitální fotoaparáty měly dříve menší expoziční pružnost než film, ale dnes jej i předčí

- **Zaostřování**

- Pro různě vzdálené objekty vzniká obraz v různých vzdálenostech od objektivu (v ohniskové vzdálenosti jen pro velmi vzdálené předměty), proto je nutné měnit vzdálenost objektivu od filmu podle vzdálenosti předmětu. Tomu se říká **zaostřování**
- Ostřicí stupnice – jestliže změříme vzdálenost k předmětu, můžeme ji přímo nastavit
- Proč je stupnice tak silně nelineární? Protože platí zobrazovací rovnice čočky:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad \Rightarrow \quad b = \frac{af}{a - f},$$

kde a je vzdálenost předmět – objektiv a b objektiv – film

- Potřebný posun objektivu oproti poloze zaostření do nekonečna je tedy

$$b - f = \frac{f^2}{a - f} \approx \frac{f^2}{a},$$

- Tedy posun objektivu je nepřímě úměrný vzdálenosti předmětu; tedy např. rozostření pro 10 m bude poloviční než pro 5 m a to zase poloviční než pro 2,5 m atd. – proto je na objektivu stejný interval např. mezi 10 m a ∞ jako mezi 5 m a 10 m nebo jako mezi 1 m a $10/9$ m = 1,11 m
- Rozostřený bod se projeví jako kolečko, nebo třeba 6-úhelník (podle tvaru clony)
- Kolečko může být tak malé, že je na fotografii nerozeznáme od bodu – s tím souvisí **hloubka ostrosti**: čím menší otvor (tedy čím větší clona), tím větší hloubka ostrosti
- Někdy ale je malá hloubka naopak žádoucí – např. při fotografování broučka nechceme, aby nás rušilo pozadí
- Hloubka ostrosti je na starších objektivěch naznačena stupnicí
- Obecně platí, že čím větší f , tím menší hloubka ostrosti
- **Autofokus** – slouží k automatickému zaostření obrazu na film
 - **Aktivní AF** – vyšle IČ paprsek k objektu, podle doby, za kterou zachytí odezvu, vypočítá vzdálenost a podle ní nastaví objektiv
 - Výhody aktivního AF – funguje i ve slabém světle a potmě (fotografování s bleskem), je velice rychlé, nevýhody – může být zmateno např. sklem před předmětem, nefunguje pro větší vzdálenosti
 - Výhoda pasivního AF – nezmate jej sklo, protože se dívá přímo na fotografovaný předmět, lze měnit objektivy atd.
- **Blesk** – přidá světlo, vhodný v horších světelných podmínkách nebo při fotografování rychlých scén; omezený dosah; nutno synchronizovat záblesk se závěrkou

Pokusy

- Camera obscura a její vlastnosti
- Stínové zobrazování vlákna žárovky
- Zobrazování vlákna žárovky lupou a objektivem
- Fotoaparát s výměnným objektivem, ostřicí stupnice, změna hloubky ostrosti se změnou clony a tvar rozmazaného bodu
- Fotoaparát ze zoomem, zmenšování obrazu při zoomování a dva nezávislé posuny soustavy čoček při zoomování