

Lom světla, optické přístroje

Autor: Mgr. Jaromír JUŘEK

Kopírování a jakékoliv další využití výukového materiálu je povoleno pouze s uvedením odkazu na www.jarjurek.cz.

1. Lom světla - čočky

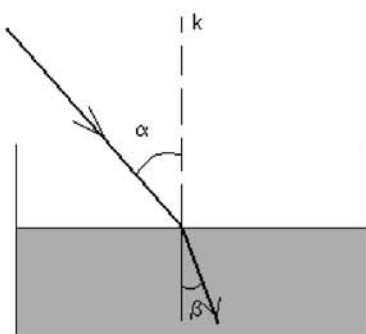
I v této kapitole budeme používat pojmy, s nimiž jsme se seznámili už u odrazu světla, a to pojmy dopadová kolmice a úhel dopadu. Nově poznáme tzv. **úhel lomu**. Je to úhel, který svírá lomený paprsek s dopadovou kolmicí.

Zákon lomu (Snellův):

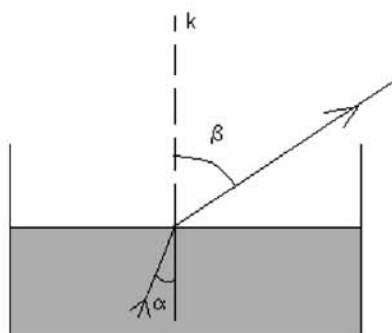
Podíl sinu úhlu dopadu a sinu úhlu lomu je pro dvě daná prostředí veličina neměnná, tedy konstantní. Paprsek lomený zůstává v rovině dopadu.

O látce, která má větší index lomu než druhá, říkáme, že je opticky hustší.

Prochází-li paprsek z opticky řidšího prostředí do opticky hustšího (např. ze vzduchu do vody), nastává **lom ke kolmici**.



Prochází-li naopak paprsek z opticky hustšího prostředí do opticky řidšího (např. z vody do vzduchu), pak nastává **lom od kolmice**.



Praktické situace, kde se s jevy setkáme:

- tyč ponořená šikmo do vody se zdá zlomená
- odhadování hloubky vody v potoce - např. plovoucí ryba se jeví výše než ve skutečnosti pluje; hloubka vody se zdá menší než ve skutečnosti je

Úplný odraz

Nastává při přechodu paprsku z opticky hustšího do opticky řidšího prostředí, tedy např. z vody do vzduchu. Zvětšujeme-li úhel dopadu, zvětšuje se i úhel lomu. Při určitém úhlu dopadu bude úhel lomu 90° . Úhel dopadu odpovídající takovému úhlu lomu nazýváme **úhel mezní**. Zvětšujeme-li úhel dopadu nad úhel mezní, paprsek rozhraním neprojde a všechen se odrazí. Nastává tzv. **totální odraz**.

Praktické situace, kde se s totálním odrazem setkáme:

- zrcadlení vzduchu nad rozpálenou letní silnicí
- fata morgána

Jevu lom světla se využívá také při rozkladu světla optickým hranolem. Bílé denní světlo je tvořeno řadou barevných světél, z nichž každé se láme při dopadu na hranol jinak. Po průchodu paprsku hranolem tedy

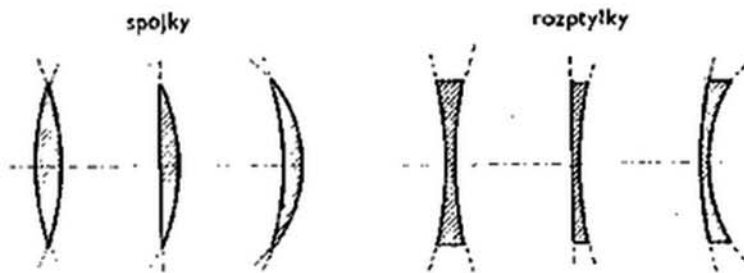
dostáváme spojitou řadu barevných světél. Začíná červenou barvou, následuje oranžová, žlutá, zelená, modrá a nakonec je barva fialová.

Praktické situace, kde se s rozkladem světla setkáme:

- letní duha
- vodotrysk

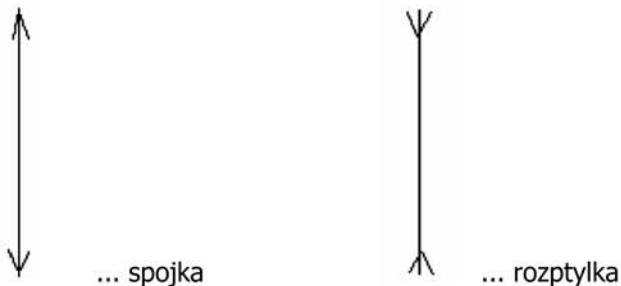
Skleněné předměty, které velmi dobře lámou světlo, nazýváme **čočky**. Čočky jsou skleněné předměty, na nichž nastává lom světelného paprsku. Zhotovují se převážně ze skla, které má index lomu vyšší než je index lomu okolního prostředí, obvykle vzduchu. Povrch čočky tvoří dvě kulové plochy, popř. jedna kulová a jedna rovinná plocha. Podle uspořádání ploch rozlišujeme **spojné čočky**, krátce **spojky** a **rozptylné čočky**, **rozptylky**.

Příklady čoček:



Čočky nazýváme (zleva) dvojevypuklá spojka, ploskovypuklá spojka, dutovypuklá spojka, dvojdutá rozptylka, ploskodutá rozptylka, vypuklodutá rozptylka. Pro **spojku** obecně platí, že její kraje jsou slabší než její střed a pro **rozptylku** naopak – má kraje silnější než střed.

Schématické značky čoček:



Obdobně jako u zrcadel, tak i u spojek, budeme používat **optickou osu** **o**. Je to přímka, která prochází středy křivosti obou optických ploch. **Středy křivosti** budeme označovat S_1 a S_2 . Nejčastěji budeme volit situace, kdy poloměry křivosti obou ploch jsou shodné. **Střed čočky** budeme označovat O a průsečíky optické plochy s optickou osou V_1, V_2 .

U čoček máme, na rozdíl od zrcadel, dva optické prostory. Je to dáno tím, že čočkou světlo prochází, zatímco od zrcadla se odráží. U čočky tedy prostor, kam umístíme předmět, nazýváme **prostor předmětový** a prostor, kde očekáváme obraz, nazýváme **prostor obrazový**. U spojky je v předmětovém prostoru **předmětové ohnisko** a v obrazovém prostoru **obrazové ohnisko**. U rozptylky je v předmětovém prostoru obrazové ohnisko a v obrazovém prostoru předmětové ohnisko. Pokud nám vzniká obraz v obrazovém prostoru, říkáme mu **obraz skutečný** a pokud vzniká obraz v předmětovém prostoru, říkáme mu **obraz zdánlivý** (neskutečný). U zrcadla hovoříme o zdánlivém obraze tehdy, je-li „za zrcadlem“, tedy v prostoru, kde ve skutečnosti být nemůže, neboť je tam zpravidla zeď. Protože u spojky je předmětové ohnisko v předmětovém prostoru (kam tedy „patří“), říkáme, že se jedná o ohnisko skutečné. Stejně tak máme u spojky skutečné ohnisko obrazové. Naopak u rozptylky je předmětové ohnisko v obrazovém prostoru (tam tedy „nepatří“), proto mluvíme o ohnisku zdánlivém. U rozptylky je zdánlivé i ohnisko obrazové – je v předmětovém prostoru.

Platí **znaménková konvence** – optické plochy vypuklé mají poloměr křivosti kladný a optické plochy duté mají záporný. Spojka má tedy znaménko kladné a rozptylka záporné.

Čočky často charakterizujeme jejich **optickou mohutností**. Její základní jednotkou je dioptrie [D]. Tato veličina se často využívá zejména v očním lékařství.

Čočka má **optickou mohutnost** jedné dioptrie, jestliže má ohniskovou vzdálenost 1 metr.

Platí totiž vzorec:

$$\phi = \frac{1}{f}$$

Hodnoty jsou opět pro spojku kladné a pro rozptylku záporné.

I u čoček budeme používat **paprsky význačného směru**:

I. Spojka

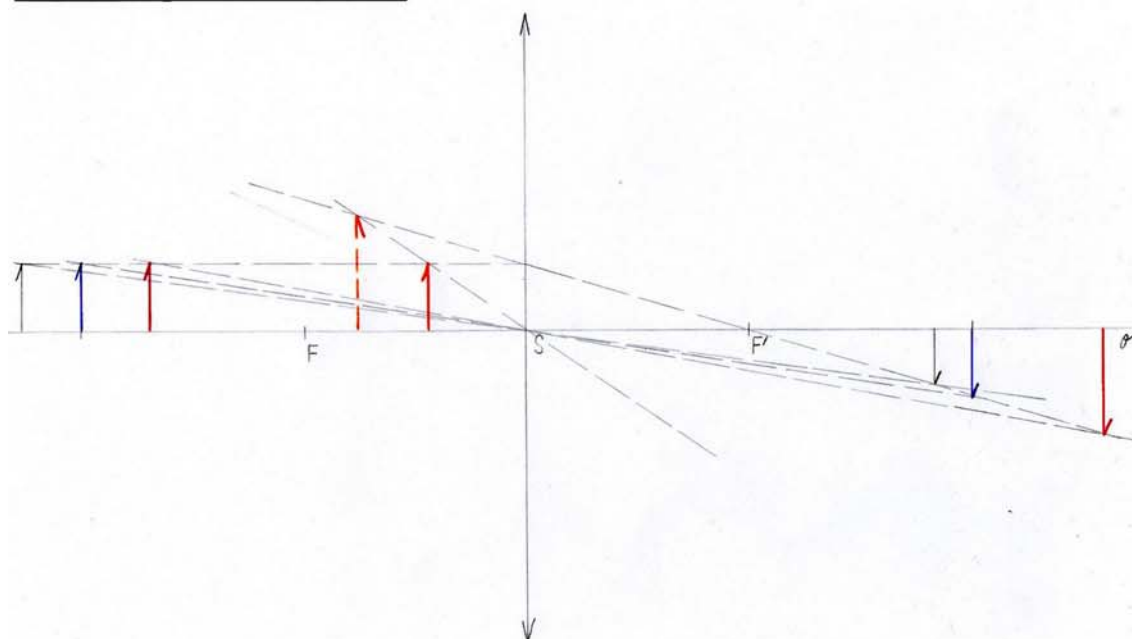
- Paprsek jdoucí středem spojky – projde beze změny směru
- Paprsek procházející předmětovým ohniskem – láme se rovnoběžně s optickou osou
- Paprsek jdoucí rovnoběžně s optickou osou – láme se do obrazového ohniska

II. Rozptylka

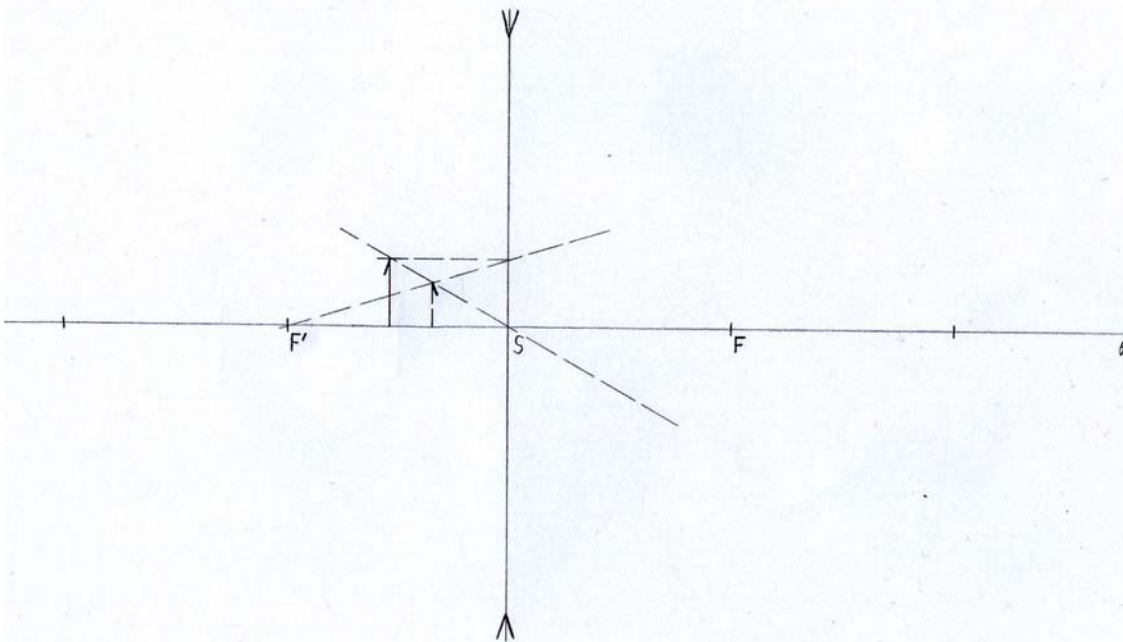
- Paprsek jdoucí středem rozptylky – projde beze změny směru
- Paprsek směřující do zdánlivého předmětového ohniska – láme se rovnoběžně s optickou osou
- Paprsek jdoucí rovnoběžně s optickou osou – láme se jako by vycházel ze zdánlivého obrazového ohniska

Zobrazování čočkami:

Zobrazení předmětu spojkou



Zobrazení předmětu rozptylkou



Podle toho, do jaké polohy vzhledem k ohnisku, či středu čočky umístíme předmět, má i obraz různé vlastnosti:

- Leží-li předmět v nekonečnu, pak obraz předmětu zobrazený spojkou leží v jeho ohnisku.
- Leží-li předmět ve větší než dvojnásobné ohniskové vzdálenosti od spojky, je obraz skutečný, převrácený, zmenšený a leží mezi ohniskovou a dvojnásobnou ohniskovou vzdáleností.
- Leží-li předmět ve dvojnásobné ohniskové vzdálenosti od spojky, pak i obraz, který je skutečný, stejně velký a převrácený, leží ve dvojnásobné ohniskové vzdálenosti.
- Leží-li předmět mezi ohniskovou a dvojnásobnou ohniskovou vzdáleností od spojky, pak obraz je skutečný, převrácený a zvětšený a leží ve větší než dvojnásobné ohniskové vzdálenosti.
- Leží-li předmět v ohnisku spojky, pak obraz leží v nekonečnu.
- Leží-li předmět mezi ohniskem a spojkou, pak obraz je zdánlivý (leží v předmětovém prostoru), zvětšený a přímý.
- Leží-li předmět před rozptylkou, pak obraz je zdánlivý, zmenšený a přímý.

2. Optické přístroje

S optickými přístroji se setkáváme na každém kroku, aniž si to vždy uvědomujeme. Mezi optické přístroje můžeme zahrnout lidské oko, lupu, dalekohledy, fotopřístroje, mikroskopy, promítací přístroje, ale okrajově i některé drobné pomůcky, jako např. reflektory, periskopy, apod.

Lidské oko jako optický přístroj

Světlo vstupuje do oka otvorem, který nazýváme **pupila** (někdy též zvaný zornice nebo panenka). Kolem tohoto otvoru je **barevná duhovka**, která reguluje množství světla, které přichází do oka. Má totiž schopnost zvětšovat nebo zmenšovat oční otvor, vše v závislosti na množství dopadajícího světla. Vnitřek oka je vyplněn **rosolovitým sklivcem**. Za duhovkou je umístěna **oční čočka**. Jedná se o **spojku**.

Se stoupajícím věkem čočka ztrácí svou pružnost, snižuje se její možnost akomodace (tj. možnost přizpůsobit se pozorování blízkých nebo vzdálených předmětů). V důsledku toho se u starších lidí vzdaluje bod blízký (tj. nejbližší bod, který je lidské oko schopno dobře rozeznat). Člověk se v takovém případě **stává dalekozraký**. Vada se potlačuje **brýlemi - spojkami**.

Oko může mít ale i další vadu, která nemusí být dána jen věkem, ale může se jednat o vadu vrozenou, kdy oko není pravidelná koule. Je-li oko **příliš krátké**, obraz se vlastně promítá jakoby za sítnici a člověk v tomto případě vidí blízké předměty rozmazaně. Vadu lze opět potlačit brýlemi **spojkami**. Je-li oko naopak **příliš dlouhé**, člověk vidí špatně do dálky, je **krátkozraký**. Taková vada se odstraňuje brýlemi - **rozptylkami**.

Lupa

Lupa je vlastně **spojná čočka**, kterou používáme k prohlížení drobných předmětů (např. šperků, známek, apod.). Někdy používají lupu i starší lidé ke čtení drobných písmenek.

U lupy pozorujeme obraz ve stejném prostoru (tj. na stejné straně od čočky) jako je předmět. Obraz je tedy v předmětovém prostoru, proto říkáme, že je **zdánlivý**. Obraz vidíme zvětšený, je-li předmět umístěn mezi ohniskem a čočkou, tedy v menší než ohniskové vzdálenosti.

Při použití lupy tedy pozorujeme **obraz zdánlivý, přímý a zvětšený**.

Fotografický přístroj

Fotografický přístroj je optické zařízení, které používáme ke zhotovování fotografií. Mohou vznikat na filmu nebo, zvláště v poslední době, na CCD snímači digitálního přístroje. Světlo vstupuje do fotografického přístroje **objektivem**, který se chová jako **spojka**. Ve skutečnosti se ale jedná o soustavu několika čoček, spojek i rozptylek. Vhodnou jejich kombinací lze totiž vyloučit nebo značně potlačit mnohé optické vady, které by měla jediná čočka.

V objektivu bývá zabudována **clona**, která má podobnou funkci jako duhovka v lidském oku. Umožňuje tedy regulovat množství světla, které do objektivu přichází, a reagovat na to, zda fotografujeme za ostrého slunce nebo naopak za šera.

Dalším významným prvkem v objektivu je **závěrka**. Ta umožňuje vpustit do fotopřístroje světlo jen na malinký zlomek sekundy.

Vzhledem k objektivu umístíme předmět do **větší než dvojnásobné ohniskové vzdálenosti**. Obraz je tedy **skutečný** (leží v obrazovém prostoru a je ho tedy možno zachytit na filmovém pásu), **zmenšený a převrácený**. To ale ve skutečnosti vůbec nevádí, protože vytvořený film si můžeme sami otočit.

Mikroskop

Mikroskop je optický přístroj, který se skládá z **okuláru** a z **objektivu**. Oba tyto prvky tvoří čočky - **spojky**. Předmět umístíme vůči objektivu do vzdálenosti, která je větší než ohnisková a menší než dvojnásobná ohnisková. Vzniká tak obraz skutečný, zvětšený a převrácený. Ten se pak pozoruje okulárem, který má funkci lupy a obraz tedy dále zvětší.

Dalekohledy

Dalekohledy jsou přístroje, které slouží k pozorování vzdálených předmětů. Používáme dva základní typy dalekohledů:

- 1. Keplerův dalekohled (hvězdářský dalekohled)** - je tvořen, podobně jako mikroskop, objektivem a okulárem. **Obě čočky tvoří opět spojky**. Nevýhodou tohoto typu dalekohledu je to, že vzniklý obraz je **převrácený**. Při pozorování vesmírných objektů, k čemuž se tento dalekohled často používá, to ale většinou nevádí. V pozemských podmínkách ho používají např. myslivci. Zde už by ale převrácený obraz vadil, proto se dodatečně převrací optickým hranolem a takto upravený dalekohled pak nazýváme **triedr**. Nevýhodou Keplerova dalekohledu je jeho mohutnost a dlouhá konstrukce.
- 2. Galileův dalekohled (divadelní kukátko)** - je opět tvořen objektivem a okulárem. **Objektiv tvoří spojka a okulár rozptylka**. Výhodou je malé provedení a **přímý obraz**. Nedokáže ale toliknásobné zvětšení jako dalekohled Keplerův.

Obsah

 1. Lom světla - čočky	2
 2. Optické přístroje	5