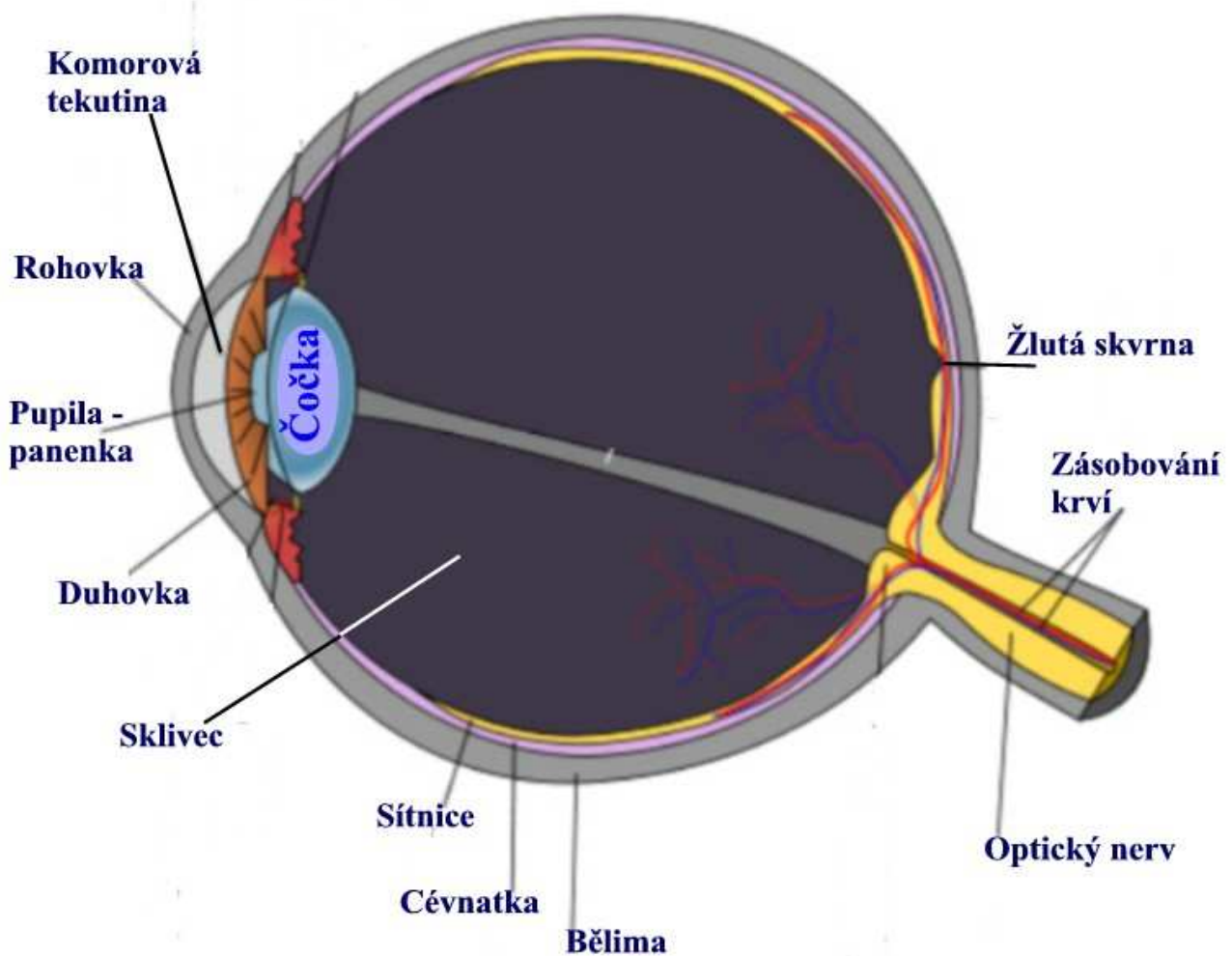


# Optika 4

## OPTICKÉ VLASTNOSTI OKA. ROZKLAD SVĚTLA HRANOLEM

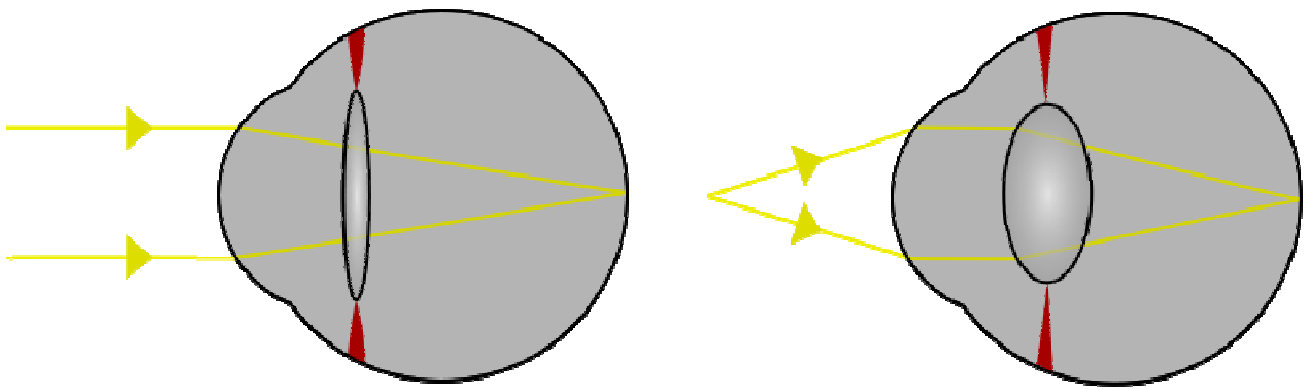
### 1. OPTICKÉ VLASTNOSTI OKA

Stavbu lidského oka znáte z vyučování přírodopisu. Zopakujte si ji po dle obrázku.



Komorová tekutina, oční čočka a sklivec tvoří spojnou optickou soustavu. Tato soustava vytváří na sítnici skutečný a převrácený obraz, menší než je pozorovaný předmět. Předmět vnímáme vždy ve směru, ve kterém dopadají paprsky na sítnici.

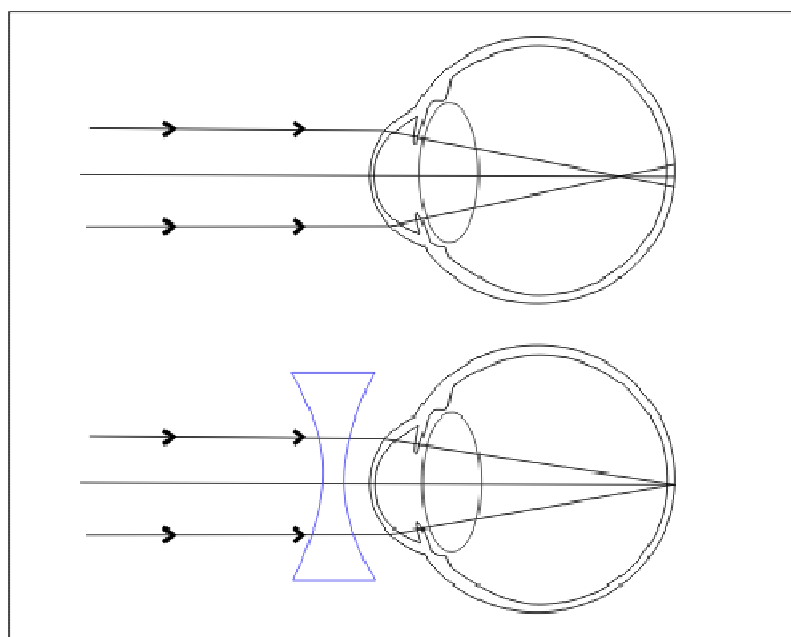
Normální oko se přizpůsobuje rozličné vzdálenosti předmětů. Když pozorujeme blízký předmět, je oční čočka vypuklejší než při pozorování vzdáleného předmětu. Při největším zakřivení stěn čočky vidí normální oko ostře ještě ve vzdálenosti asi 10 cm. Bod na optické ose oka v této vzdálenosti se nazývá blízký bod. Nejvzdálenější bod, který se na sítnici zobrazí ostře bez přizpůsobení oční čočky, je vzdálený bod. Zdravé oko vytváří na sítnici obrazy předmětů, které jsou mezi blízkým a vzdáleným bodem. Tato vlastnost se nazývá akomodace čočky.



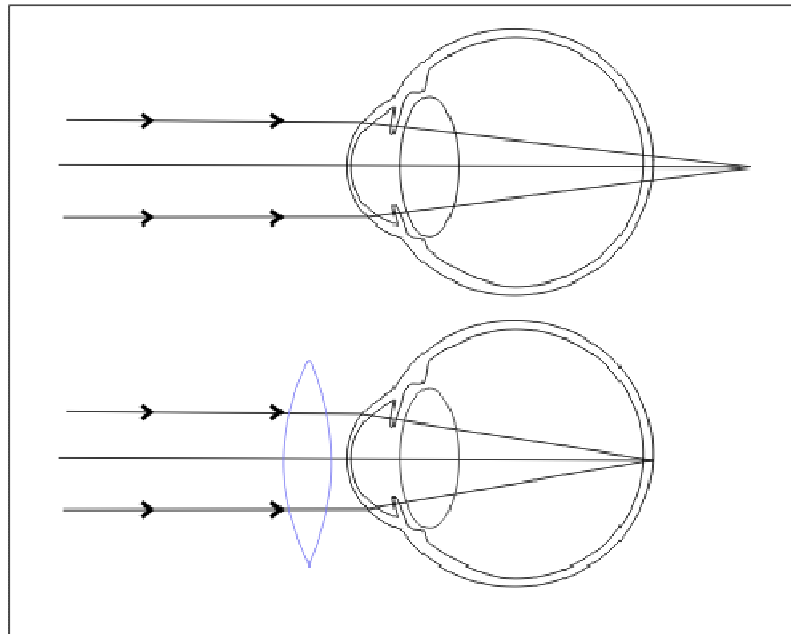
Hlavní funkcí čočky je upravit ohniskovou vzdálenost oka, aby bylo umožněno zaostření objektů v různé vzdálenosti od oka. Toto přizpůsobování je známo jako akomodace. Akomodace se dá přirovnat k zaměřování videokamery a je zde řízeno nervovou soustavou a prováděno soustavou svalů kolem čočky. Díky akomodaci čočky vznikne ostrý obraz. Na krátkou vzdálenost jsou ciliární svaly ochablé a čočka tlustší, proto láme světlo více. Na větší vzdálenost se čočka napíná do stran (rozšiřuje) a tím se naopak index lomu snižuje. Jiné živočišné druhy (např. ryby) provádějí akomodaci jinak – čočku v jejich zrakovém systému nedokáží smršťovat a povolovat, ale dokáží jí posunovat blíže či dále k sítnici.

## 2. OČNÍ VADY

✚ **Krátkozrakost** (lat. *myopia*) je oční vada, při které se paprsky světla usměrněné čočkou sbíhají už před sítnicí a na sítnici tedy nevzniká ostrý obraz. Jejím projevem je špatná viditelnost postiženého na vzdálené předměty. Napravuje se brýlemi s čočkou rozptylkou. Má-li oko protáhlý tvar, je krátkozraké. Krátkozraké oko má daleký i blízký bod posunutý blíže k oku než normální oko. Rozptylka posune obraz vzdáleného předmětu na sítnici.

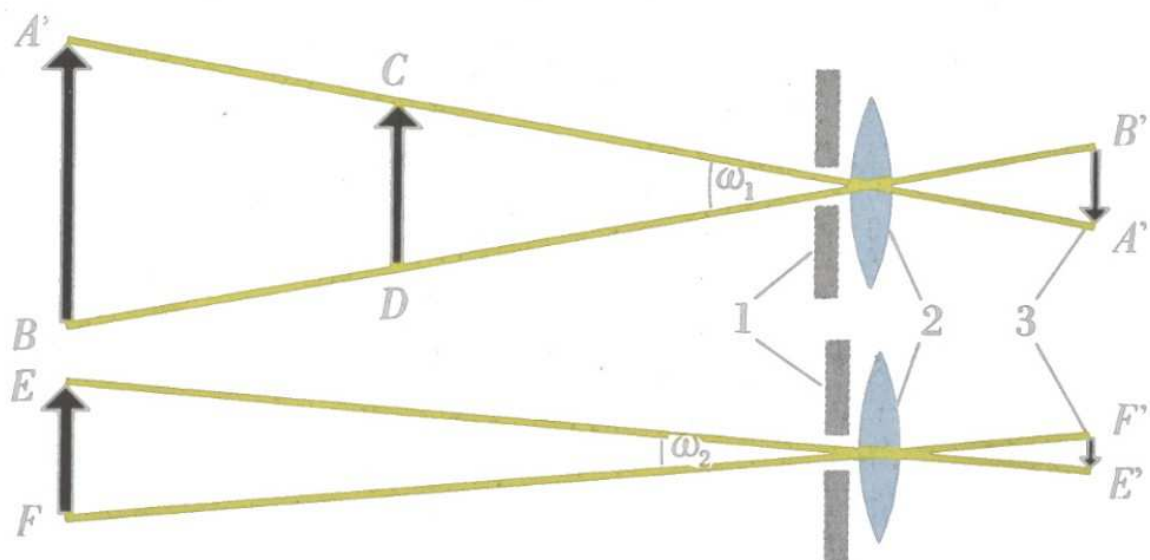


**Dalekozrakost** (hypermetropia, příp. hyperopia) je oční vada, při které se paprsky světla usměrněné čočkou sbíhají až za sítnicí a na sítnici tedy nevzniká ostrý obraz. Jelikož je lidské oko toto částečně schopno kompenzovat zmožutňováním čočky (akomodací), nemusí být tato vada zpočátku patrná. Jejím projevem je špatná viditelnost postiženého na blízko umístěné předměty. Napravuje se brýlemi se spojnou čočkou. Má-li oko zploštělý tvar, je dalekozraké. Spojka posune obraz blízkého předmětu na sítnici.



Podmínkou zřetelného vidění je tedy vytvoření ostrého obrazu na sítnici. Aby vznikl v oku takový obraz, musí být předmět přiměřeně osvětlený, zrakový vjem musí trvat určitou dobu a obraz na sítnici musí být dostatečně veliký.

Velikost i vzdálenost předmětu posuzujeme podle velikosti zorného úhlu. Je to úhel, který svírají paprsky vycházející z okrajových bodů předmětu a vnikající zornicí do oka. Zorný úhel w velkého předmětu AB je větší než zorný úhel w malého předmětu EF, který pozorujeme ve stejné vzdálenosti od oka.



Vzdaluje-li se předmět od oka, zmenšuje se jeho zorný úhel. Nestejně vysoké předměty AB a CD v různých vzdálenostech se zdají stejně velké, protože je pozorujeme ve stejném zorném úhlu. Oko je schopno rozlišit dva body, když je vidí pod zorným úhlem alespoň  $1'$  (jedna minuta tj. šedesátina stupně).

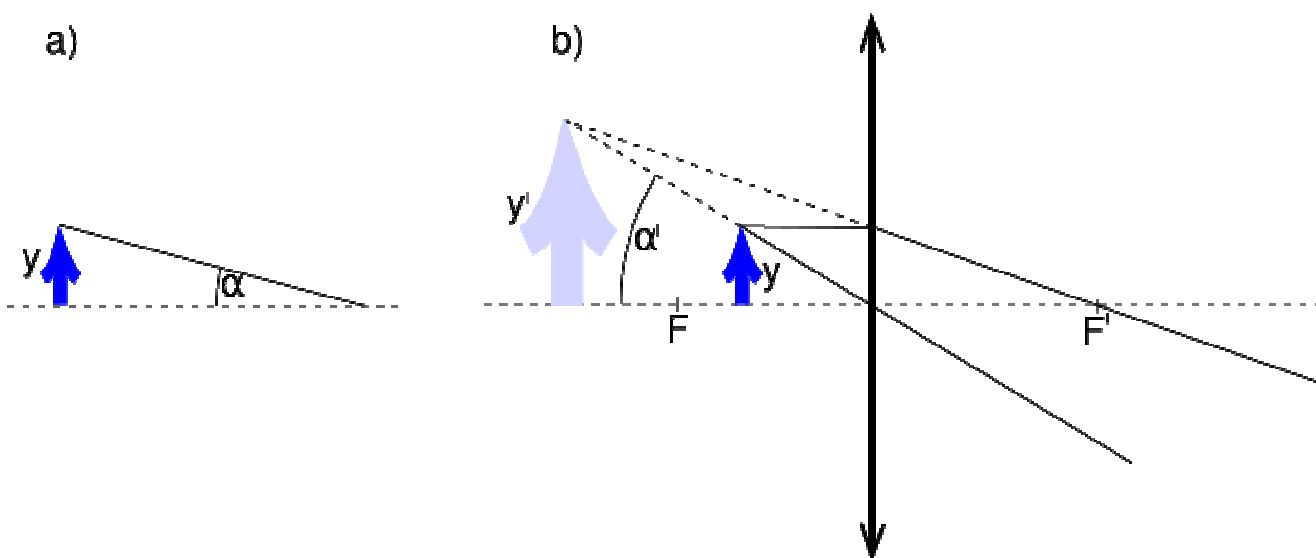
Chyby oka mohou být způsobeny i nesprávnou funkcí a tvarem oční čočky. Mohou vzniknout u lidí, kteří pozorují velmi blízké předměty nebo čtou často při nedostatečném osvětlení. Abychom si při čtení a psaní nepoškodili zrak, musíme mít knihu přiměřeně osvětlenou, položenou ve vzdálenosti asi 35 cm od oka.

### 3. UŽITÍ ČOČEK V PRAXI

Víme, že malý předmět vidíme pouze tehdy, jestliže zorný úhel je alespoň  $1'$ . Můžeme pozorovat i předměty, jejichž zorný úhel je menší?

Zorný úhel malého předmětu můžeme zvětšit, přiblížíme-li předmět k oku až do blízkého bodu. Nerozeznáme-li ani potom na předmětu podrobnosti, použijeme lupu. Lupa je spojka s malou ohniskovou vzdáleností, je to optický systém používaný na optické zvětšení pozorovaného předmětu, který je dostatečně malý a nachází se v blízkosti pozorovatele. Skládá se z spojné čočky, vyrobené typicky ze skla nebo průhledného plastu a držátka, které může mít mnoho různých podob, od prosté tyčky, za kterou lze lupu držet, přes různé stojany, až po pouzdra, do kterých lze lupu zároveň uschovat.

Předmět umístíme mezi lupu a její ohnisko. Pozorujeme ho okem umístěným blízko lupy. Vidíme zdánlivý obraz, větší než předmět.



a) Pozorování předmětu bez lupy, kde  $\alpha$  označuje zorný úhel.

b) Pozorování stejného předmětu s lupou. Zorný úhel  $\alpha'$  je větší než úhel  $\alpha$  při pozorování bez lupy.

Zorný úhel  $\alpha'$  zdánlivého obrazu je větší než zorný úhel  $\alpha$  předmětu pozorovaného bez lupy ve stejné vzdálenosti od oka. Lupa se používá v laboratořích při pozorování rostlin, drobných živočichů a minerálů, při čtení údajů na stupnicích přesných přístrojů apod. Jednoduchými spojkami, které se používají jako lupy, dosahujeme nejvýše

šestinásobného zvětšení. V biologii, lékařství, mineralogii aj. potřebujeme zvětšení větší. K tomu užíváme mikroskop.

Zorný úhel vzdálených, třeba i velkých těles je malý, takže na nich pouhým okem nemůžeme rozeznávat podrobnosti. Zvětšit zorný úhel vzdálených předmětů mohou přístroje, které se nazývají dalekohledy. Umožňují nám zkoumat objekty ve vesmíru.

O mikroskopu, dalekohledu a dalších přístrojích se budete učit na střední škole.

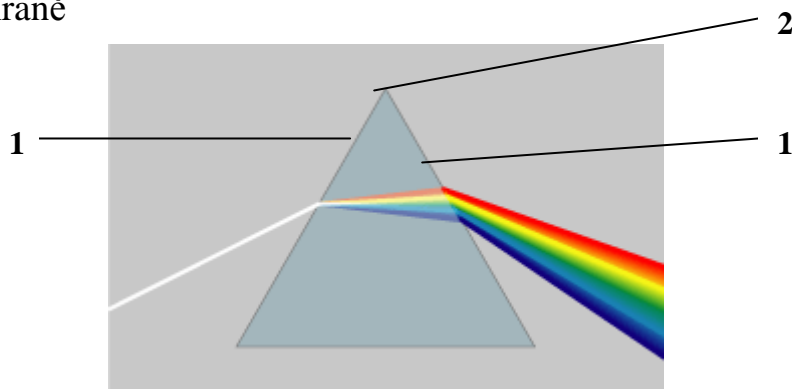
Fotografický přístroj je uzavřená skříňka s neprůsvitnými stěnami. V přední stěně má spojnou soustavu čoček, která se nazývá objektiv. Objektiv zobrazí předmět umístěný před ním jako skutečný, zmenšený a převrácený obraz na fotografickém filmu či čipu citlivém na světlo. V objektivu je clona s měnitelným kruhovým otvorem. Doba osvětlení se nastavuje uzávěrkou fotografického přístroje.

Nejběžnější užití lupy je k optickému zvětšení sledovaného předmětu. Lupu však lze použít i k založení ohně. Natočením lupy ke slunci a umístěním do vhodné vzdálenosti od předmětu dojde ke koncentraci paprsků dopadajících ze slunce do čočky na malé místo na povrchu předmětu a jeho silnému ohřátí. Pokud je předmět ze snadno zápalné látky (papír, dřevo), je zahřátí povrchu vyšší, než zápalná teplota, což může vést ke vzniku ohně.



#### **4. ROZKLAD SLUNEČNÍHO SVĚTLA OPTICKÝM HRANOLEM**

Optický hranol je obvykle trojboký hranol z čirého stejnorodého skla. Světelný paprsek vstupuje do hranolu a vystupuje z něho lámavými stěnami. Lámavé stěny se protínají v lámavé hraně



Optický hranol 1 — lámavá plocha hranolu, 2 — lámavá hrana

Pozorujme předměty v denním světle přes optický hranol. Podél hran rovnoběžných s lámavou hranou vidíme barevné proužky. Jak tyto proužky vznikají?

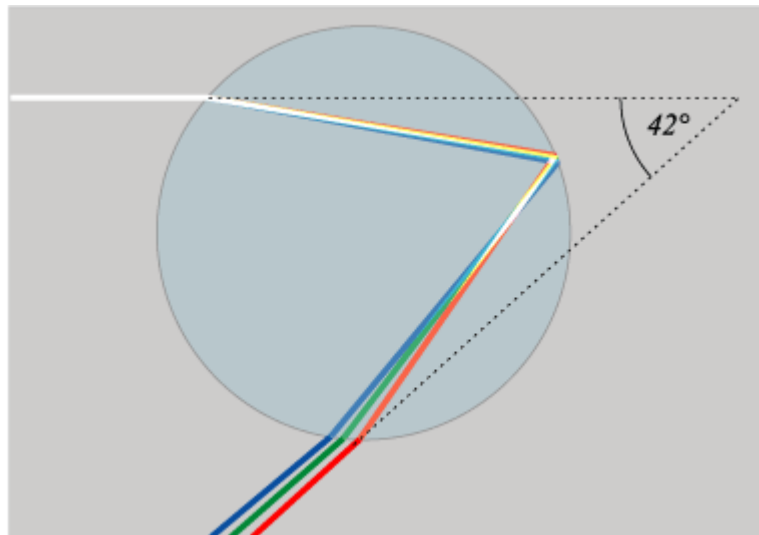


Odpověď na tuto otázku najdeme v průběhu pokusu. Místo hrany předmětu použijeme clonu s úzkou štěrbinou, štěrbinou prochází v zatemněné místnosti svazek rovnoběžných paprsků slunečního světla. Na promítací stěně zachytíme stopu jako bílý pruh rovnoběžný se štěrbinou, potom mezi štěrbinou a promítací stěnu vložíme optický hranol tak, že jeho lámavá hrana je se štěrbinou rovnoběžná. Bílý pruh z promítací stěny zmizí. V jiném směru však zachytíme na promítací stěně barevný pás, který se nazývá spojité spektrum. Je to barevný obraz štěrbinu mnohokrát vedle sebe opakovaný. Pořadí barev je vždy stejné. Vznik spojitého spektra vysvětlíme takto:

Sluneční světlo je složeno z různých barevných světél. Paprsky slunečního světla dopadají na stěnu hranolů se stejným úhlem dopadu. Nejméně se láme červené světlo, nejvíce světlo fialové. Sluneční světlo se při dopadu na stěnu hranolu rozkládá na barevná světla.

Stejný jev pozorujeme, když místo slunečního světla použijeme světlo žárovky s bodovým vláknem, které je umístěno v předmětovém ohnisku spojky.

Velkolepé spektrum slunečního světla je duha. Za deště nebo mlhy prochází světlo každou jednotlivou kapkou. Protože má voda větší index lomu než vzduch, světlo se v ní láme. Index lomu je různý pro různé vlnové délky světla a povrch kapky má tvar koule.



Rozklad, lom a jeden vnitřní odraz paprsku světla v kapce vody vedoucí ke vzniku duhy.



Světlo se tedy rozkládá na jednotlivé barevné složky, které se odrážejí na vnitřní stěně a opouštějí pod různými úhly kapku. Kapky, které jsou ve stejné úhlové vzdálenosti od zdroje světla (Slunce) či Měsíce se pak jeví, jako by měly stejnou barvu. Proto má duha tvar kruhu, případně jeho části. Vidíme ji jako půlkruhový barevný pás s vnitřním okrajem halovým a vnějším okrajem červeným.

V dešťové kapce může dojít nejen k jednomu, ale k více odrazům světelného paprsku.

Při dvou vnitřních odrazech lze pozorovat druhou, tzv. sekundární duhu. Hovoří se také o dvojité duze. Sekundární duha se objevuje nad první duhou (která se pak označuje jako primární), tzn. má větší poloměr než primární duha, a posloupnost barev v sekundární duze je opačná než v duze primární. Sekundární duha bývá také obvykle výrazně slabší než primární duha. Za vhodných podmínek lze pozorovat také třetí, tzv. terciární duhu. Hovoří se pak o trojitě duze. Terciární duha má větší poloměr než sekundární duha. Terciární duha bývá ještě méně výrazná než sekundární duha.

Předpokladem pro vznik duhy je přítomnost vodních kapek v atmosféře a Slunce či Měsíce, jehož světlo těmito kapkami může procházet. Podobný úkaz může vzniknout i drobných ledových krystalech v atmosféře. Tento jev se pak nazývá Halo.

