

# Optika 1

## 1. SVĚTELNÉ ZDROJE. ŠÍŘENÍ SVĚTLA

Přes den vidíme předměty ve svém okolí, v noci je nevidíme, je tma. V za temněné učebně předměty nevidíme. Když rozsvítíme svíčku nebo žárovku, vidíme nejen svítící těleso, ale také ostatní osvětlené předměty v místnosti. V noci v přírodě vidíme letící svatojánskou mušku. Předměty rozeznáváme při blesku nebo při svalu Měsíce. Těleso, ve kterém světlo vzniká a které ho vysílá do okolí, se nazývá světelný zdroj.

**Světelný zdroj** je zdroj elektromagnetického záření v rozsahu vlnových délek zhruba 380 - 780 nm, (360-800 nm), což je záření, které můžeme pozorovat lidským okem jako viditelné světlo. Zpravidla rozlišujeme světelné zdroje přírodní a zdroje umělé (člověkem vytvořené).

### Přírodní zdroje

K přírodním zdrojům patří například:

- Kosmická tělesa - Slunce, hvězdy, Měsíc - ten je zdrojem sekundárním
- Chemické reakce - oheň
- Biologické zdroje - světlušky, různé mořští živočichové
- Elektrické výboje - blesk
- Tektonické jevy - žhnoucí láva

### Umělé zdroje

Nejznámější a nejrozšířenější umělé zdroje světla se rozdělují podle dalších hledisek. Jedno z nich je podstata vzniku světla. Rozeznáváme zdroje na principu teplotního záření (např. žárovky), záření elektrického výboje v plynech a parách kovů (zářivky, výbojky) a nebo luminiscence (např. svítivé diody).

### Světelné zdroje lze rozdělit na:

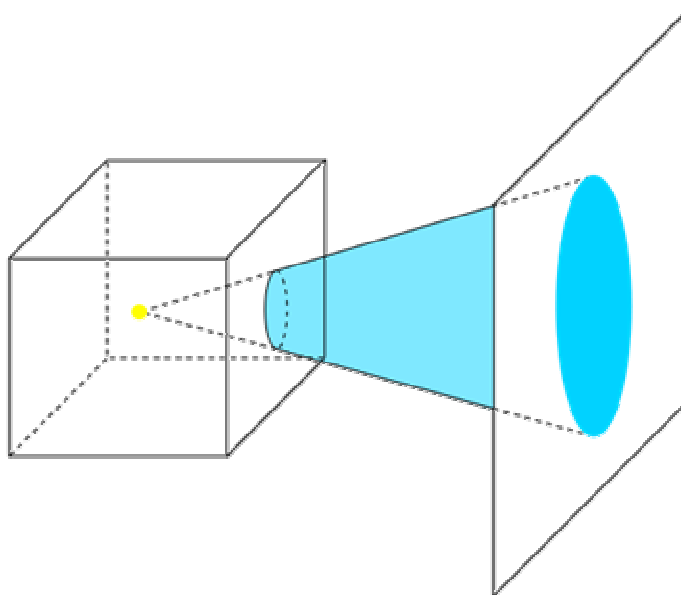
- **vlastní** - Za vlastní zdroje označujeme taková tělesa nebo látky, v jejichž struktuře dochází ke vzniku světla. Za vlastní zdroj světla tedy můžeme považovat např. Slunce, žárovku, plamen atd.
- **nevlastní** - Látky, které samy světlo nevytvářejí, ale pouze odráží a rozptylují dopadající světlo, se označují jako nevlastní zdroje. Mezi nevlastní zdroje lze zařadit např. Měsíc, mraky, všechny osvětlené předměty apod.

Rozsvítíme malou žárovku a pozorujeme ji ze vzdálenosti asi 10 m. Žárovka je světelný zdroj, který má malé rozměry v porovnání s jeho vzdáleností od místa pozorování. Takové svítící těleso se nazývá bodový světelný zdroj (svítící bod). Zdroj větších rozměrů se nazývá plošný zdroj.

Světlo vysílané vláknem žárovky prochází postupně plynem v baňce, sklem baňky a vzduchem do našeho oka. Světlo ze Slunce se šíří mezi hvězdným prostorem a atmosférou Země. Světlo takto proniká do obrovských vzdáleností, ale nepronikne například tenkou dřevěnou deskou.

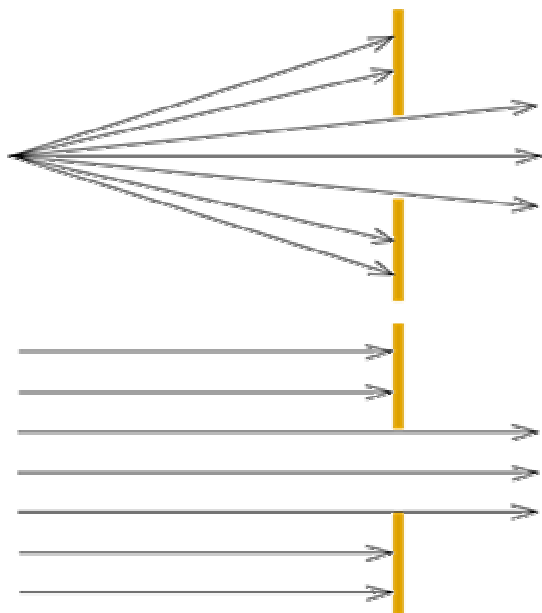
Prostředí, kterým se světlo šíří, je optické prostředí. Optické prostředí může být průhledné (sklo, vzduch), průsvitné (matné sklo, zamlžený vzduch). Čisté sklo anebo tenká vrstva vody propouští světlo všech barev. Jsou to čirá prostředí. Červené sklo je barevné prostředí. Barevné prostředí propouští světlo jen určité barvy.

Jak se šíří světlo za otvorem v neprůsvitné stěně? Kruhová clona je neprůsvitná stěna s kruhovým otvorem. Když bodový světelný zdroj umístíme před kruhovou clonu a za ní postavíme bílou promítací stěnu, pozorujeme na promítací stěně osvětlený kruh.



Světelný kruh se zvětšuje, oddalujeme-li promítací stěnu od clony. Světlo se za clonou šíří v kuželovém prostoru, jehož vrchol je ve svítícím bodě. Když otvor zmenšujeme, zmenšuje se i světelná stopa. Světlo, které se šíří z bodového zdroje, tvoří rozbíhavý světelný svazek. Když dopadá světlo z velmi vzdáleného zdroje, například ze Slunce, na clonu s průměrem otvoru asi 3 cm, je světelná stopa stejně velká jako otvor clony.

Světlo, za clonou se v tomto případě šíří ve válcovém prostoru, tvoří rovnoběžný světelný svazek.



Pokud máme velmi malý (bodový) zdroj světla uzavřený v neprůhledné schránce, v níž se nachází malý kruhový otvor, pak světlo může unikat ze schránky pouze kruhovým otvorem a šíří se vnějším prostředím, přičemž vytváří světelný kužel s vrcholem ve zdroji světla. Průřez kužele je dán velikostí kruhového otvoru. Světelný kužel lze dobře spatřit na stínítku, které do něj umístíme. Tento světelný kužel je možné

sestavil Mgr. Vladimír Žůrek

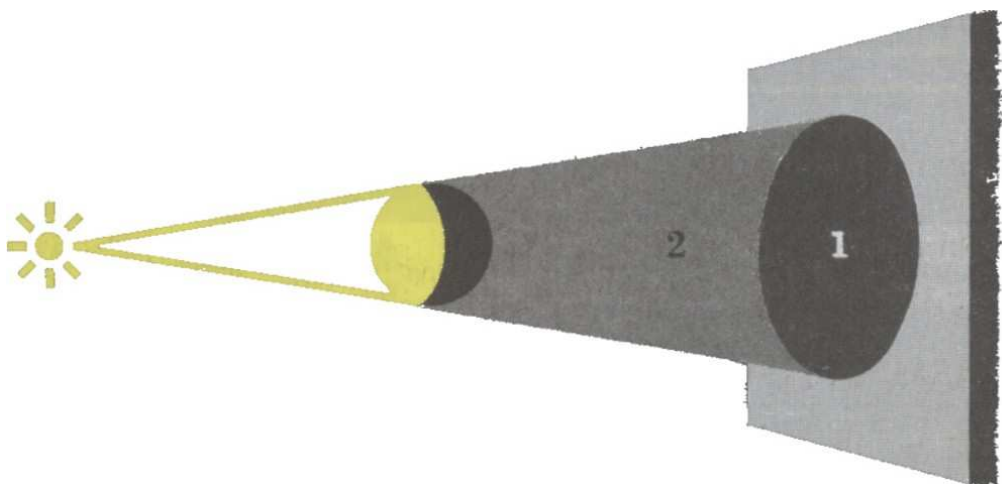
spatřit v mírně znečištěném prostředí, např. ve vzduchu s drobnými částicemi prachu apod., kdy dojde k jeho zviditelnění v důsledku rozptylu na znečišťujících částicích. Takový světelný kužel se nazývá **svazkem paprsků**. Svazek paprsků se obvykle vyznačuje jen některými jejími význačnými paprsky, které svazek charakterizují. Jde např. o paprsek probíhající středem svazku, popř. na nějaké hraně svazku apod.

## **Světlo se šíří ve stejnorodém ( homogenním ) prostředí přímočaře.**

### **2. STÍN**

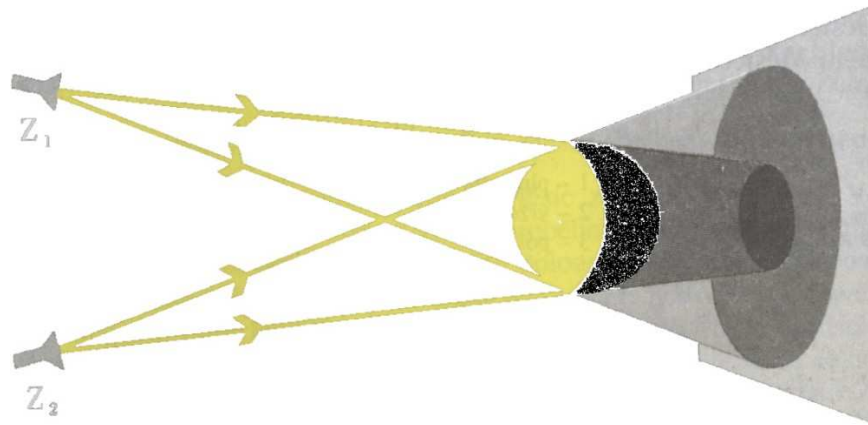
Proniká světlo za osvětlené neprůsvitné těleso?

Provedeme pokus. Mezi bodový světelný zdroj a promítací stěnu umístíme v zatemněné místnosti neprůsvitný předmět. Světlo dopadá jen na část povrchu předmětu, která je obrácena ke zdroji. Do prostoru za těleso světlo neproniká, vzniká tam temný prostor, který nazýváme plný stín. Na ploše promítací stěny pozorujeme osvětlenou část, která ostře hraničí s neosvětlenou částí s vrženým stínem. Když promítací stěnu od předmětu vzdalujeme, vržený stín se zvětšuje. Vržený stín vymezují paprsky vycházející ze svítícího bodu, které se dotýkají povrchu neprůsvitného tělesa.



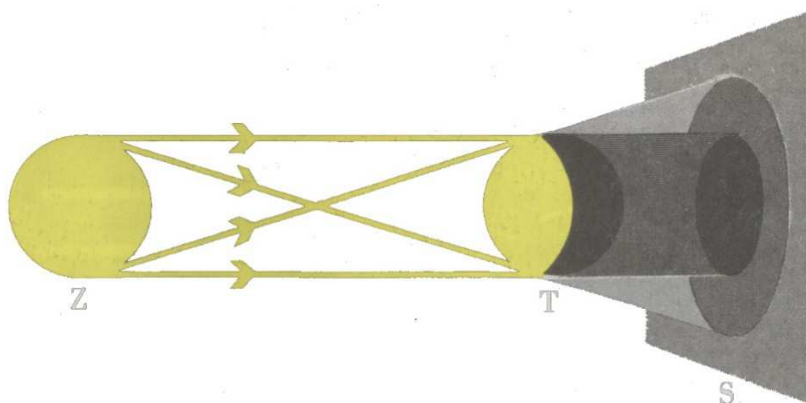
Vznik stínu na promítací ploše 1 - vržený stín, 2 - plný stín

Když osvětlíme předmět dvěma bodovými zdroji, vržené stíny se částečně překrývají. V prostoru, kam nevniká světlo ze žádného zdroje, vzniká plný stín. Prostor, do něhož vniká světlo jen z některého z obou zdrojů, nazýváme polostín. Když osvětlíme neprůsvitné těleso žárovkou s baňkou z mléčného skla, přechází plný stín vržený tělesem na stínítko pozvolna v polostín. Tento jev je charakteristický pro plošné zdroje světla.



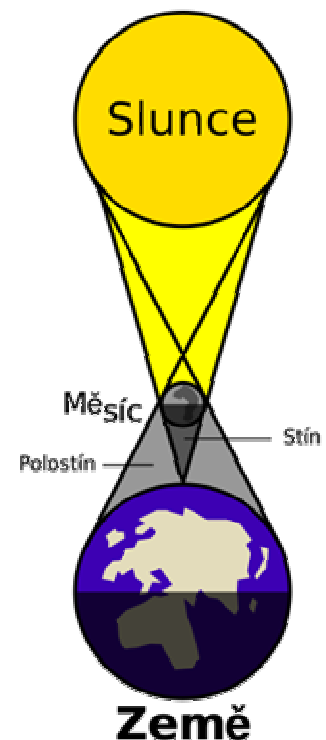
Šíření světla při osvětlení dvěma bodovými zdroji.

Příklad vzniku stínu můžeme vidět i na obloze. Slunce jako plošný zdroj světla osvětluje Měsíc. Za Měsícem vzniká stín, který postupně přechází v polostín. Měsíc se na své trajektorii okolo Země dostane někdy do takové polohy, že jeho vržený stín dopadá na povrch Země (obr. A-1 19a). Po tom v místech na povrchu Země, kam nedopadají žádné paprsky ze Slunce, nastane pro pozorovatele úplné zatmění Slunce. V místech, kam dopadají paprsky jen z části Slunce, nastane pro pozorovatele částečné zatmění Slunce.



Šíření světla při osvětlení plošným zdrojem.

Měsíc na své oběžné trajektorii okolo Země se někdy dostane do prostoru stínu Země. Tehdy pro pozorovatele na povrchu Země nastane zatmění Měsíce. Když je celý Měsíc v plném stínu Země, je úplné zatmění Měsíce; je-li jen část Měsíce v plném stínu Země, pozorujeme částečné zatmění Měsíce.



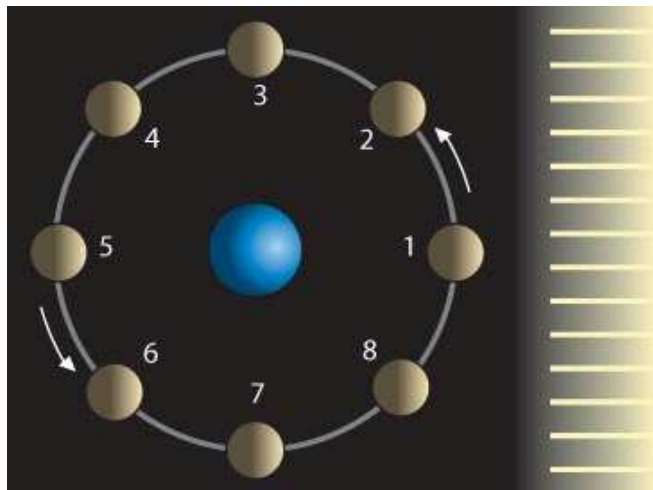
Zatmění slunce.



sestavil Mgr. Vladimír Žůrek

### 3. MĚSÍČNÍ FÁZE

Slunce vidíme na obloze jako celý kotouč. Proč tomu tak není u Měsíce? Měsíc je těleso tvaru koule. Obíhá okolo Země téměř po kružnici. Z poloviny Měsíce, která je obrácena k Zemi, vidíme vždy jen část osvětlenou Sluncem. Sledujeme osvětlení Měsíce po dobu jeho jednoho oběhu okolo Země, tj. asi 27 dne. V poloze 1 je Měsíc obrácený k Zemi neosvětlenou polovinou svého povrchu. Tehdy Měsíc ze Země nevidíme. V této poloze je Měsíc v novu. Asi za týden proběhne čtvrtinu své oběžné trajektorie a dostane se do polohy 3. V této poloze je polovina části povrchu Měsíce obrácená k Zemi osvětlená, druhá polovina je neosvětlená. Osvětlená část měsíčního povrchu má tvar písmene D



(říkáme, že Měsíc dorůstá). Za další týden proběhne Měsíc opět čtvrtinu své trajektorie a dostane se do polohy 5. V této poloze je osvětlená celá část povrchu Měsíce obrácená k Zemi. Měsíc je v úplňku. Za další týden proběhne Měsíc třetí čtvrtinu své oběžné trajektorie a dostane se do polohy 7. V této poloze je opět osvětlená jen polovina části povrchu Měsíce obrácená k Zemi. Pro pozorovatele má tvar písmene C (říkáme, že Měsíc couvá). Během čtvrtého týdne oběhne Měsíc poslední čtvrtinu své trajektorie okolo Země a dostane se opět do polohy 1. Při jednom oběhu Měsíce okolo Země vidí pozorovatel na Zemi Měsíc v různých měsíčních fázích.

**Měsíční fáze** se rozlišují podle toho, jak velkou část Měsíce ozářenou Sluncem můžeme pozorovat ze Země. Označujeme čtyři měsíční fáze:

- Nov. Měsíc je k Zemi přivrácen neosvětlenou stranou.
- První čtvrt'. Po novu před úplňkem má Měsíc tvar písmene **D**, říká se o něm, že **dorůstá**.
- Úplněk. Měsíc je k Zemi přivrácen osvětlenou stranou.
- Poslední čtvrt'. Po úplňku před novem má Měsíc tvar písmene **C**, říká se o něm, že **couvá**.

V latině se přitom fáze dorůstání označovala jako **cresco** (rostu), fáze ubývání jako **decreasco** (zmenšuji se). V latině tedy tvar Měsíce ukazoval na opačnou fázi, a proto byl Měsíc nazýván největším lhářem (Luna mendax maximus).

Fáze lze pozorovat také u jiných těles sluneční soustavy, např. u planety Venuše.

### 4. RYCHLOST SVĚTLA

Proč při bouři slyšíme zahřmění až několik sekund po záblesku? Při blesku vzniká zvuk zároveň se světlem. Světlo se však k nám dostává z místa záblesku mnohem dříve než

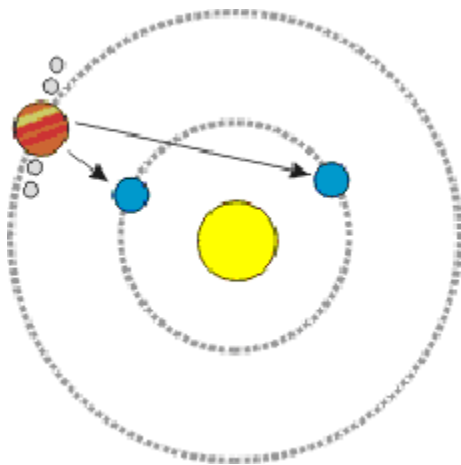
zvuk. Mnohokrát opakovanými, stále zpřesňovanými postupy měření bylo zjištěno, že světlo libovolné barvy se šíří ve vakuu rychlostí přibližně  $c=300000$  km/h. Stejnou rychlostí se šíří ve vakuu i signály, které vysílají rozhlasové a televizní vysílače. Měřením se zjistilo, že rychlost světla libovolné barvy v ostatních průhledných prostředích je vždy menší než jeho rychlost ve vakuu.

Rychlost světla ve vzduchu a ve vakuu je téměř stejná. Rychlost světla ve vodě se rovná asi třem čtvrtinám rychlosti světla ve vakuu. Když proniká světlo např. ze vzduchu do vody, přechází z prostředí, ve kterém se šíří větší rychlostí, do prostředí, ve kterém se šíří menší rychlostí.

### Jak byla změřena rychlost světla

První, kdo přišel s myšlenkou konečné rychlosti světla byl Galileo Galilei na počátku 17.století. Jako první se pokusil změřit rychlost světla. Se svým asistentem vylezli na dva kopce vzdálené asi 2 km a pomocí luceren chtěli změřit dobu letícího paprsku. Galilei vyslal paprsek – odkryl lucernu. Jakmile ho jeho asistent uviděl, měl také odkrýt lucernu. Z doby letu paprsku tam a zpět chtěl Galileo zjistit rychlost světla. Princip jejich pokusu je správný, byl v současnosti použit při měření rychlosti světla pomocí koutového odražeče umístěného na Měsíci.

První přesná měření provedl dánský astronom **Ole Roemer** v 70. letech 17. století. Sledoval oběhy Jupiterových měsíců a podle pozorování se pokusil předpovědět zákryty jednotlivých měsíců Jupiterem. Astronomická pozorování se však rozcházela s předpověďmi, maximální odchylka činila asi 22 minut. Rozcházela se podle toho, zda Země byla na oběžné dráze blíže k Jupiteru či dále. Roemer to správně vysvětlil tak, že dochází ke zpoždění světla na kratší či delší dráze. Jím určená hodnota rychlosti světla je 225 000 km/s.



Další pokus o změření rychlosti světla pochází z roku 1728, kdy **James Bradley** určil rychlost světla na 301 000 km/s. Všiml si tzv. aberace hvězd. Tento jev je způsoben skládáním rychlosti pohybu Země kolem Slunce spolu s rychlostí světla v dalekohledu. Výsledkem je, že hvězdy vidíme pod jiným úhlem než ve skutečnosti.

Mezi další experimentátory patřil **Hyppolyte Fizeau**, který v roce 1849 použil ozubené kolo se sto zuby a sto otáčkami za sekundu. Za ozubeným kolem byl zdroj světla, ze kterého světlo letělo přes kolo na zrcadlo. Při prvním experimentu bylo zrcadlo ve vzdálenosti 8 km. Fizeau měnil otáčky tak, aby při cestě zpátky prošlo světlo stejným zubem. Z toho byl Fizeau schopen vypočítat rychlost světla. Experiment ještě zpřesnil a to tím, že zrcadlo umístil do vzdálenosti 20 km. Tím získal pěti procentní přesnost měření světla. Jeho naměřená hodnota byla 313 000 km/s.