

5.1.1 Světlo, šíření světla

Předpoklady: 3201, 3203, 4705

Pomůcky: laserové ukazovátko,

Optika = nauka o světle.

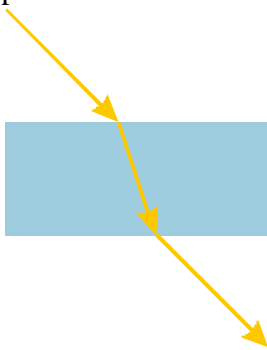
Světlo je část elektromagnetického vlnění, která má ve vakuu vlnovou délku od 790 nm do 390 nm (část zachytitelná okem).

⇒ Fyzikálně jde o část nauky o elektřině a magnetismu, ale kvůli obrovskému významu pro život (zrak je nejdůležitější smysl) a z historických důvodů (že světlo je elektromagnetické vlnění, víme od konce 19. století) se optika bere jako samostatná část fyziky.

Historie optiky

17. století: dvě základní historické představy o světle (obě s velkými mezerami):

- **částicová teorie** (I. Newton): světlo je proud částic.
Problém: Jak vysvětlit lom světla? Která síla urychluje částice při přechodu z jednoho prostředí do druhého?



- **vlnová teorie** (Ch. Huygens): světlo je vlnění prostředí.
Problém: Co se vlastně vlní, když mezi Sluncem a Zemí nic není? Jak je možné, že nepozorujeme interferenci světla?

19. století

Počátek století: provedeny pokusy s interferencí, ohybem a jinými vlnovými jevy u světla (dříve nad technické možnosti kvůli malé vlnové délce světla) ⇒ přijata vlnová teorie.

1861 – J.C.Maxwell: rovnice pro elektromagnetismus (Maxwellovy rovnice) ⇒ světlo jsou elektromagnetické vlny určitého rozsahu frekvencí (vypadalo to jako definitivní potvrzení vlnové teorie).

20. století

Jevy (například fotoelektrický jev), které nejdou vysvětlit jinak než tím, že světlo je tvořeno proudem částic.

⇒ I když to je na první pohled nesmyslné, světlo má obojí podstatu, v některých případech se chová jako vlnění v jiných jako proud částic ⇒ **kvantová teorie světla**.

V celé kapitole o optice nám bude stačit představa světla jako vlnění.

Některé pojmy

Světelný zdroj : těleso, které vysílá světlo (světelná energie v nich vzniká přeměnou z jiného druhu energie),

Ostatní tělesa, která světlo nevydávají, vidíme, protože světlo odrážejí nebo rozptylují.

Tělesa, ze kterých do našeho oka nedopadá žádné světlo, nevidíme (například chodbu za zavřenými dveřmi).

Optické prostředí: prostředí, přes které se světlo šíří.

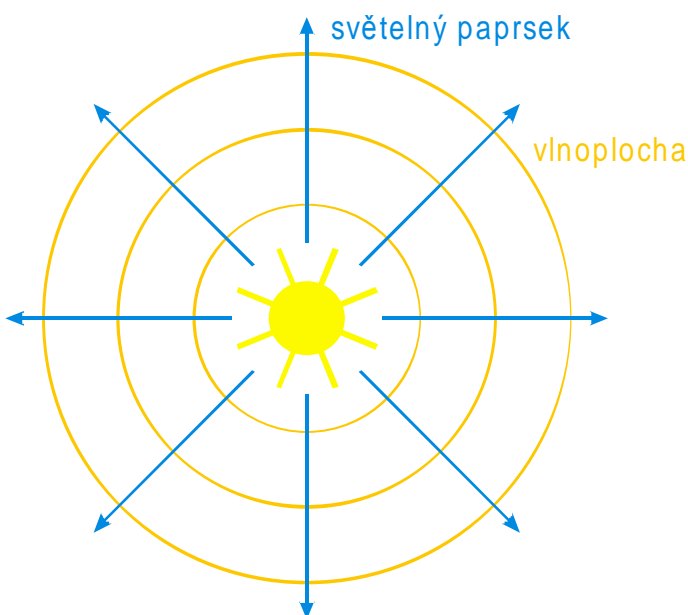
- **Průhledné prostředí** (vzduch, sklo): světlo se šíří bez velkého zeslabení.
- **Neprůhledné prostředí** (kovy, tabule , židle...): nepropouští světlo, buď ho pohlcuje nebo odráží.
- **Průsvitné prostředí** (mléčné sklo u žárovek): světlo propouští, ale i rozptyluje všemi směry.

Poznámka: Rozdělení na průhledné a neprůhledné prostředí rozhodně není ostré. Často záleží pouze na tloušťce materiálu (například vrstva rybníční vody o tloušťce 5 cm je průhledná, do hloubky 2m už vidět není).

Stejnorodé prostředí má všude stejné optické vlastnosti.

Ve stejnorodém prostředí se světlo šíří přímočaře.

- paprsek světla ve tmě (ale vidíme jej jenom díky prachu, který světlo z paprsku odráží do našeho oka),
- kontrola rovnosti prkna,
- zaměřování u zbraní,
- laserová vodováha.



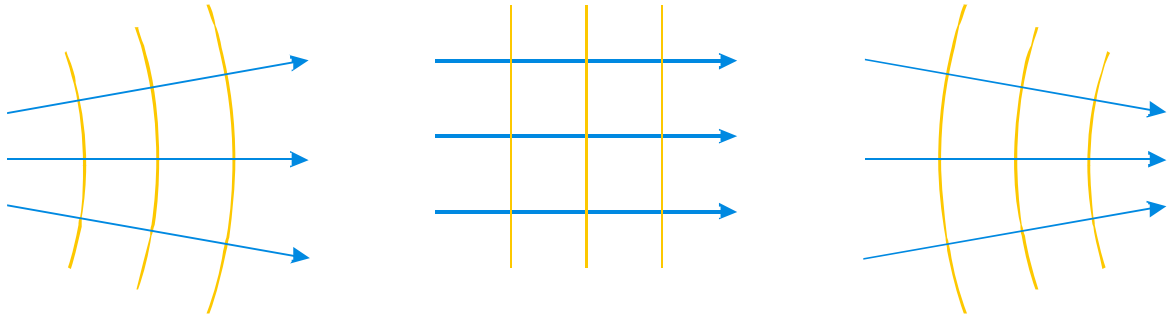
Vlnoplochy – místa se stejnou fází.

Světelný paprsek – směr kolmý na vlnoplochu udává směr šíření světla.

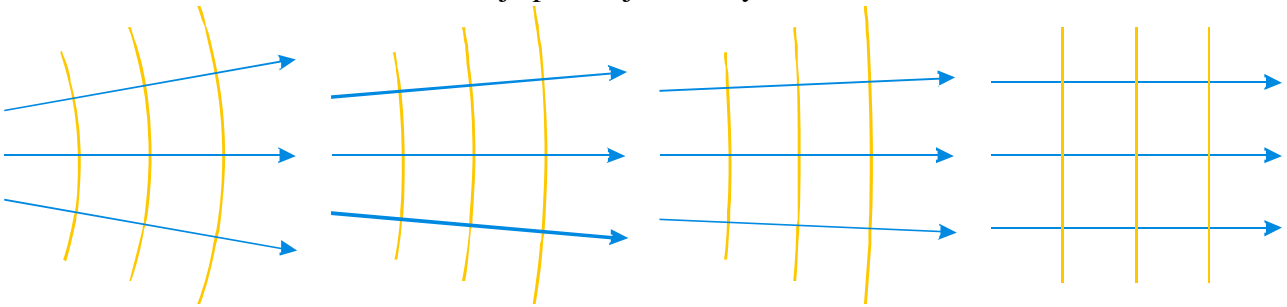
Světlo podle směru šíření
rozbíhavé

rovnoběžné

sbíhavé



Světlo bodového zdroje je rozbíhavé, ve větších vzdálenostech je míra rozbíhavosti čím dál menší
 \Rightarrow světlo vzdáleného bodového zdroje považujeme vždy za rovnoběžné.



Princip nezávislého chodu paprsků

Světelné paprsky vycházející z různých zdrojů světla se navzájem mohou protínat, přesto se neovlivňují a postupují prostředím nezávisle jeden na druhém.

Poznámka: To, že se světlo z různých zdrojů navzájem neovlivňuje (to znamená, že ani neinterferuje), je trochu divné (je přece vlněním). Vysvětlíme si to později.

Pedagogická poznámka: Následující pokus samozřejmě provádím. Pokud nechcete zakouřit učebnu, můžete použít pudr nebo posvítit do akvária s vodou, do které pak kápnete trochu mléka.

Př. 1: Když svítíme laserovým ukazovátkem na zeď, není chod paprsku kromě stopy na zdi vidět. Proč? Je možné chod paprsku zviditelnit?

Paprsek se šíří přímočaře od ukazovátka ke zdi \Rightarrow z bodů po trase paprsku nedopadá do našich očí žádné světlo \Rightarrow paprsek nevidíme.
 Pokud chceme paprsek zviditelnit, musíme mu cesty přidat překážky, které část paprsku odrazí do našich očí (například kouř).

Rychlost světla ve vakuu: $c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 300\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

- základní fyzikální konstanta, nezávisí na jiných veličinách,
- nejvyšší možná rychlost hmotných objektů ve vesmíru,
- základ pro definici metru (1 metr je dráha, kterou světlo urazí ve vakuu za $\frac{1}{299\,792\,458} \text{ s}$).

Rychlost světla v ostatních prostředích je menší než ve vakuu (například ve vodě $v = 225\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$).

Př. 2: Urči dobu, za kterou přeletí paprsek světla Českou republiku z východu na západ. Kolikrát stihne urazit tuto vzdálenost za jednu sekundu?

Vzdálenost mezi nejzápadnějším a nejvýchodnějším územím republiky (pomocí měřítka na serveru www.mapy.cz) 490 km.

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{490}{300000} \text{ s} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ s} \quad \Rightarrow \quad \text{za 1 sekundu} \quad \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-3}} = 612 \text{ přeletů.}$$

Světlo přeletí světlo Českou republiku $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ s}$.

Př. 3: Urči frekvenční rozsah viditelného světla (vlnové délky ve vakuu od 790 nm do 390 nm). Jak se změní vlnová délka světla ve vodě?

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad , \quad \lambda_1 = 790 \text{ nm} = 790 \cdot 10^{-9} \text{ m} \quad , \quad \lambda_2 = 390 \text{ nm} = 390 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{Vztah mezi vlnovou délkou a rychlostí šíření: } \lambda = v \cdot T = \frac{v \cdot 1}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \quad .$$

$$\text{Frekvence světla s největší vlnovou délkou: } f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{790 \cdot 10^{-9}} \text{ Hz} = 3,80 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad .$$

$$\text{Frekvence světla s nejmenší vlnovou délkou: } f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{390 \cdot 10^{-9}} \text{ Hz} = 7,70 \cdot 10^{14} \text{ Hz} \quad .$$

Při průchodu do jiného prostředí se frekvence vlnění nemění \Rightarrow vlnová délka světla se ve vodě zmenší (stejně dlouhou dobu se pohybuje menší rychlostí).

Obě frekvence jsou nepředstavitelně velké.

Shrnutí: Světlo je přímočaře se šířící vlnění.