**Základní zákonitosti a jevy optiky**

Optika je část fyziky, která zkoumá podstatu světla a zákonitosti světelných jevů vznikajících
při šíření světla a při vzájemném působení světla a látky. Vlastnosti světla podmiňují různý přístup k výkladu světelných jevů a použití metod jejich zkoumání. Na základě toho dělíme optiku na:

1. **Optiku vlnovou,** která se zabývá jevy potvrzujícími vlnovou povahu světla. Z nich má největší význam interference, ohyb a polarizace. V tomto případě nazíráme na světlo jako na příčné elektromagnetické vlnění, které přenáší energii spojitě.
2. **Optiku paprskovou (geometrickou)** -je založena na principu nezávislosti světelných paprsků, na přímočarém šíření světla v homogenních prostředích a na zákonech odrazu a lomu světla. Zobrazuje předměty, které nelze pozorovat přímo, vhodným způsobem a na vhodném místě.
3. **Optiku kvantovou,** která se zabývá ději, při nichž se projevuje kvantový ráz světla. Ten odpovídá představě, že světlo je tvořeno částicemi – fotony, které přenášejí energii po určitých kvantech (množství) energie, nikoliv spojitě.

**Vývoj názorů na podstatu světla**

V 17. a 18. století vznikla dvě navzájem si odporující pojetí povahy světla.

1. **Newtonova korpuskulární teorie**: Světlo je tok částic zvaných korpuskule, které se šíří přímočaře optickým prostředím, od neprůhledného prostředí se odrážejí a při vstupu do oka vyvolají vjem vidění. Nedostatkem této teorie byla skutečnost, že nedokázala objasnit některé jevy jako např. ohyb světla.
2. **Huygensova vlnová teorie:** Podle Huygense je světlo podélné mechanické vlnění. Mechanické vlnění však potřebuje ke svému šíření hmotné prostředí a bylo nutno vysvětlit šíření světla ve vakuu. Podle této teorie se světlo šíří tzv. **éterem** – zvláštním, dosud nepopsaným typem prostředí, které je všudypřítomné. Existence éteru nebyla nikdy dokázána, i když dodnes se používá rčení „vlny jsou vysílané do éteru“. Vlnová teorie objasnila podstatu tehdy známých jevů vlnové povahy – odraz,, lom, interference, ohyb, ….
3. **Maxwellova elektromagnetická teorie (19.století) :** Zachovala vlnovou povahu světla, ale vysvětlila průchod světla vakuem, protože podle ní je světlo je postupné, příčné elektromagnetické vlnění, které se šíří i ve vakuu. Podle této teorie se atomy v tělese chovají jako oscilátory, které vysílají spojité elektromagnetické vlnění.
4. **Kvantová teorie světla:** Uveřejnil ji v roce 1900 německý fyzik Max Planck. K výkladu vzniku a šíření záření (vlnění) učinil předpoklad, že přenos energie se děje nespojitě. Nositelem energie je foton a záleží na frekvenci vlnění, zda se nespojitost projeví či nikoli.

Ani vlnová, ani korpuskulární představa sama o sobě nedává úplný obraz o povaze světla. Jen obě hlediska dohromady umožňují objasnění všech světelných jevů. Podle současných představ se projevuje dvojí povaha vlnění - **korpuskulární i vlnová.** Této dvojakosti říkáme **dualismus.** Teorie podstaty světla se pak nazývá **dualistická teorie** a jejím tvůrcem je francouzský fyzik **Luis de Broglie**

**Světlo je tok částic tzv. fotonů, které nesou elementární kvantum energie a zároveň má charakter postupného příčného elektromagnetického vlnění.**

**Charakteristiky světla jako vlnění**



**Vlnová délka λ[m]**  je vzdálenost, na které proběhne jedna vlna (vzdálenost dvou po sobě bezprostředně následujících bodů, které kmitají se stejnou fází.

Vlnová délka je spojena s barvou světla.

Viditelné světlo ve vakuu odpovídá vlnovým délkám z intervalu 400 – 750 nm

Oko je nejcitlivější na světlo žlutozelené barvy (550 nm)

Červené světlo má ve vakuu vlnovou délku 750 nm a fialové světlo 400 nm..

**Frekvence f [Hz]** udává počet vln, které proběhnou za jednotku času

Je určena zdrojem světla a při průchodu různými látkami se nemění. Je nejdůležitější veličinou charakterizující vlnění, závisí na ni jeho vlastnosti a účinky.

**Rychlost** světlabyla v dřívějších stoletích považována za nekonečnou, protože nešla tehdejšími metodami změřit. Prvním úspěšným měřením rychlosti světla lze nazvat výsledek, který v 17. století získal dánský astronom Römer**.** Astronomickou metodou z různých dob zatmění měsíců Jupitera při jejich pozorování ze Země stanovil hodnotu 2,2.108  m.s-1

Současná měření rychlosti světla poskytují velmi přesné výsledky, přičemž využívají moderní aparatury (např. lasery) a důmyslné metody měření. Na jejich základě byla zjištěnahodnota rychlosti světla ve vakuu **c = 299 792 458 m.s-1 .** Tato hodnota byla určena metodou, která je založena na měření frekvence helium-neonového laseru a používá se od roku 1974. Bylo dosaženo přesnosti vyjádřené odchylkou 1,2 m.s**-1**.Při většině výpočtů vystačíme s přibližnou hodnotou **c = 3.108 m.s-1**

**Rychlost světla můžeme vypočítat dvěma způsoby:**

1) pomocí charakteristik vlnění c = λ.f
2) pomocí charakteristik prostředí 
ε…permitivita prostředí (charakterizuje elektrické vlastnosti prostředí)
μ…permeabilita prostředí (charakterizuje magnetické vlastnosti prostředí)

Četnými pokusy byla zjištěna tato **3 pravidla** týkající se rychlosti světla:

1. Rychlost světla je ve všech prostředích menší než ve vakuu.
2. Rychlost světla v daném prostředí závisí na vlnové délce, tj. na barvě světla.
3. Rychlost světla nelze zvětšit ani zmenšit vzájemným pohybem zdroje a pozorovatele.

**Základní zákony optiky**

Vzhledem k průchodnosti světla prostředímrozlišujeme tato prostředí:

**- optické prostředí** (světlo se jím šíří), dělí se na **průhledné a průsvitné**, přičemž průhlednost a průsvitnost je ovlivněna tloušťkou prostředí a příměsemi. Nejlepšíoptické prostředí je vakuum.
**- neprůhledné prostředí (**světlo se jím nešíří)

***Vlnoplocha*** je soubor míst, do kterých vlnění z jednoho zdroje dojde ve stejném časovém okamžiku

***Paprsek*** z fyzikálního hlediska určuje směr postupu vlnění, geometricky je kolmý k vlnoploše.

Chod světla optickým prostředím se řídí třemi základními zákony

**Fermatův princip**

**Světlo se šíří v prostoru z jednoho bodu do druhého po nejkratší možné dráze, tj. přímočaře** (proto ho rovněž nazýváme pioncip přímočarého šíření světla)

**Malus-Dauphinova věta**

**Paprsky se mohou ve svém chodu křížit či překrývat, aniž navzájem ovlivní svůj chod.**

(proto název princip nezávislosti chodu paprsků)

**Zákon o chování světla na rozhraní dvou prostředí -** má dvě části

Zákon odrazu

Zákon lomu (Snellův zákon)

viz. níže

**Jevy na rozhraní dvou prostředí**

Na rozhraní dvou prostředí mohou nastat tři jevy

- absorpce - část paprsků se pohltí, není to tedy z optického hlediska zajímavé

- odraz

- lom

**Odraz světla**

je jev, ke kterému dochází na rozhraní dvou optických prostředí (např. vzduch – vodní hladina) nebo na rozhraní optického a neprůhledného prostředí (vzduch – zrcadlo).

Paprsky světla dopadnou na rozhraní a vracejí se zpět do původního prostředí.Chod paprsků se řídí **zákonem odrazu**

**Úhel odrazu α´paprsku je stejný jako úhel dopadu α (měřeno ke kolmici na rozhraní) ; Paprsek dopadu, kolmice dopadu a paprsek odrazu leží v jedné rovině.**

Při odrazu paprsků mohou nastat na rozhraní dva jevy:

**a/ zrcadlení**

Jestliže dopadne na plochu s nerovnostmi menšími než je vlnová délka svazek rovnoběžných paprsků, pak budou odražené paprsky rovněž rovnoběžné. Dopadly pod stejným úhlem, úhly odrazu jsou tedy taky stejné

**Využíváme k zobrazování na zrcadlech.**

**b/ rozptyl**

Jestliže dopadne na plochu s nerovnostmi většími než je vlnová délka svazek rovnoběžných paprsků, pak nebudou odražené paprsky rovnoběžné. Dopadly na plochu pod jinými úhly, úhly odrazu tedy nemohou být stejné – každý paprsek se musí nezávisle na ostatních odrazit pod takovým úhlem, pod jakým dopadl.

**Využíváme pro osvětlování ploch, kam světlo**

 **nedopadá přímo.**

**Lom světla**

je jev, který nastane pouze v případě, že světlo dopadne na rozhraní dvou optických prostředí. Paprsky projdou do druhého prostředí a zároveň změní svůj směr „zlomí se“. Chod paprsků se řídí Snellovým zákonem (= zákonem lomu)



**Paprsek dopadu, kolmice dopadu a paprsek odrazu leží v jedné rovině. A zároveň platí, že poměr sinu úhlu dopadu α a sinu úhlu lomu α´ je roven indexu lomu.**

$\frac{\sin(α)}{\sin(β)}=n$

kde index lomu je konstanta, která charakterizuje přechod z prvního do druhého prostředí a je definována jako poměr rychlostí v prvém a druhém prostředí

 n = $\frac{v\_{1}}{v\_{2}}$

Na rozdíl od odrazu světla mohou u lomu světla nastat obecně dva případy:

1. světlo dopadá z opticky řidšího prostředí do opticky hustšího prostředí (např. ze vzduchu do vody, ze vzduchu do skla, z vody do skla, …) – tj. rychlost světla v prvním prostředí je větší než rychlost světla v druhém prostředí – pak podle zákona lomu musí být úhel dopadu *α* větší než úhel lomu *β.* Říkáme, že nastává *lom světla ke kolmici*
2. světlo dopadá z opticky hustšího prostředí do opticky řidšího prostředí (např. ze skla do vody, ze skla do vakua, z vody do vzduchu, …) tj. rychlost světla v prvním prostředí je menší než rychlost světla v druhém prostředí – pak podle zákona lomu musí být úhel dopadu *α* menší než úhel lomu *β.* Říkáme, že nastává *lom světla od kolmice*

a/ ke kolmici b/ od kolmice

 

**Totální odraz**

Jestliže budeme při průchodu světla z opticky hustšího prostředí do opticky řidšího prostředí zvětšovat úhel dopadu *α*, bude se také zvětšovat úhel lomu *β* , aby platil Snellův zákon.



Při určité velikosti úhlu dopadu pak bude úhel lomu 90°, tzn. Že lomený paprsek prochází po rozhraní obou prostředí (paprsek 4 na obrázku)

Úhel dopadu, kterému náleží úhel lomu 90°se nazývá mezní úhel ε

Velikost mezního úhlu pak určíme ze zákona lomu

 $\frac{\sin(ε)}{\sin(90°)}=\frac{1}{n}$

Jestliže budeme velikost úhlu dopadu zvětšovat (α > ε ), pak nastane úplný (= totální) odraz světla. Veškeré paprsky se budou odrážet od rozhraní, žádný neprojde do druhého prostředí. (paprsek 5)

Příklady:

1) Určete frekvenci fialového světla ve vakuu. [ 7,5 . 1014 Hz ]

2) Vypočtěte rychlost světla ve skle o indexu lomu 1,5. [ 2 . 10 8 m . s-1 ]

3) Určete interval vlnové délky světla v látce o indexu lomu 2, je-li f min = 3,8 . 1014 Hz
 a fmax = 7,7 . 10 14 Hz. [ 200 – 400 nm]

4) Paprsek dopadající ze vzduchu na vodní hladinu se láme pod úhlem 20º. Určete úhel dopadu, je-li index lomu vody 1,33. [ 27º03´ ]

5) O jaký úhel se odchýlí od původního směru paprsek světla, který dopadá ze vzduchu na vodní hladinu pod úhlem 30º ? [ 8º ]

6) Určete mezní úhel pro přechod diamant - vzduch je-li mezní úhel 2,48 [ 23°60´ ]