

ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

Znáš pojmy A

1. Popiš aspoň jeden fyzikální experiment měření rychlosti světla.

- viz například Michelsonův, Fizeaův, Roemerův pokus

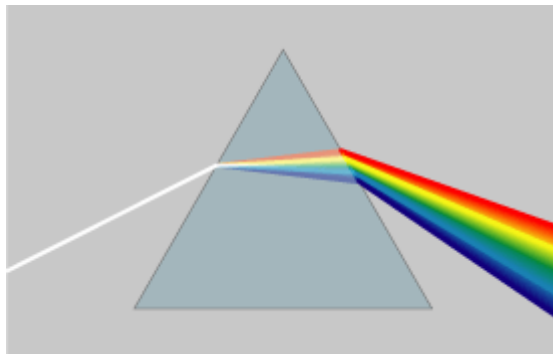
2. Definuj a popiš fyzikální veličinu index lomu.

- je to bezrozměrná fyzikální veličina udávající velikost šíření světla v látkách, jeho hodnota udává, kolikrát se světlo bude v daném prostředí šířit rychleji než ve vakuu.

3. Popiš lom světla na rozhraní prostředí.

- na rozhraní dvou prostředí se mění směr paprsku, rozeznáváme lom od kolmice (šíření paprsku z opticky hustšího do opticky řidšího prostředí) a ke kolmici (šíření z opticky řidšího do opticky hustšího prostředí), lom světla se řídí Snellovým zákonem

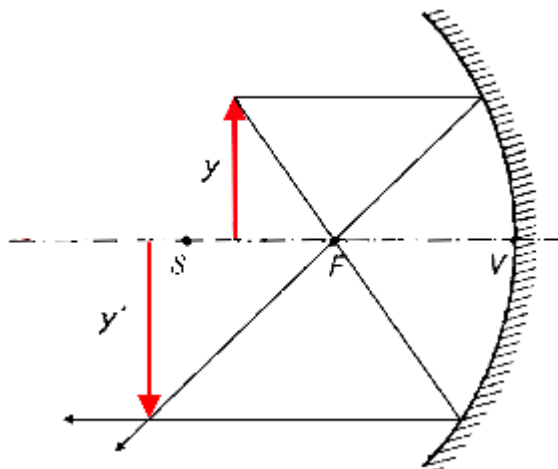
4. Znázorni průchod paprsků pomocí odrazných hranolů.



5. Jaký úhel nazýváme mezný a co nazýváme totálním odrazem?

- mezný úhel je největší úhel dopadu, při kterém ještě dojde k lomu při šíření světla z opticky hustšího do opticky řidšího prostředí. Je-li úhel dopadu větší než mezný úhel, dochází k tzv. totálnímu (úplnému) odrazu, při kterém se vlnění do druhého prostředí vůbec nedostane a odráží se zpět do původního prostředí.

6. Popiš základní geometrické body dutého kulového zrcadla.



ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

Střed křivosti S zrcadla je střed kulové zrcadlicí plochy.

Optická osa je přímka procházející středem křivosti S a vrcholem V zrcadla.

Vrchol zrcadla V je zvolený bod na jeho povrchu, kterým prochází optická osa zrcadla.

Poloměr křivosti $r = |VS|$ je poloměr křivosti optické kulové plochy zrcadla.

Ohnisko dutého zrcadla F je bod na optické ose, v němž se rovnoběžné paprsky s optickou osou protínají po odrazu od zrcadla. Ohnisko se nachází v polovině mezi středem S a vrcholem V .

Znáš pojmy B

1. Popiš experimentální způsob měření indexu lomu.

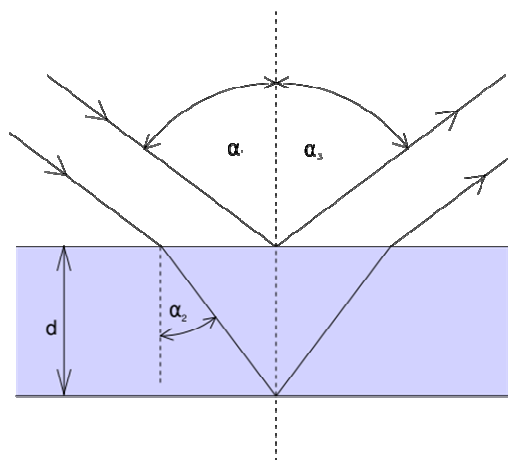
- např. pomocí Michelsonova interferometru

2. Popiš odraz světla na rozhraní prostředí.

Pro odraz světla platí zákon odrazu: Velikost úhlu odrazu se rovná velikosti úhlu dopadu, paprsek dopadajícího i odraženého světla leží v rovině dopadu. Úhel odrazu nezávisí na frekvenci světla.

3. Znázorni a popiš lom světla planoparalelní deskou

Světelný paprsek, který dopadá na planoparalelní desku, se láme dvakrát, jednou při vstupu do planoparalelní desky a jednou při výstupu z planoparalelní desky. Paprsek, který prochází deskou, která je umístěna v prostředí s určitým indexem lomu n_1 , bude na výstupu rovnoběžný s paprskem, který do desky vstupuje. Znalost lomu na planoparalelní desce lze využít např. při studiu soustavy rovnoběžných vrstev o různém indexu lomu.



ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

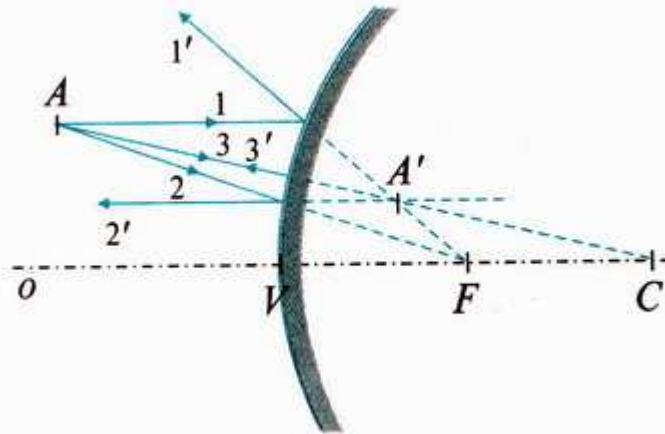
4. Charakterizuj pojem rychlost světla.

Rychlost světla (nebo jiného elektromagnetického záření) ve vakuu je definována přesnou hodnotou 299 792 458 metrů za sekundu a je nejvyšší možnou rychlostí šíření signálu či informace.

5. Uveď dvě různé podoby pro Snellův zákon lomu.

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

6. Popiš základní geometrické body vypuklého kulového zrcadla.



Střed křivosti C zrcadla je střed kulové zrcadlicí plochy.

Optická osa o je přímka procházející středem křivosti C a vrcholem V zrcadla.

Vrchol zrcadla V je zvolený bod na jeho povrchu, kterým prochází optická osa zrcadla.

Poloměr křivosti r je poloměr křivosti optické kulové plochy zrcadla.

Ohnisko vypuklého zrcadla F je bod na optické ose, v němž se protínají přímková prodloužení paprsků rovnoběžných s optickou osou po odrazu od zrcadla. Ohnisko se nachází v polovině mezi body C a V.

Příklady:

1. Na dně potoka leží kamínek. Chlapec se ho chce dotknout holí. Hůl drží ve vzduchu nad kamínkem pod úhlem 45° (viz obrázek). V jaké vzdálenosti od kamínku se po ponoření do vody dotkne hůl dna potoka? Hloubka potoka je 32 cm. Index lomu vody je 1,33.

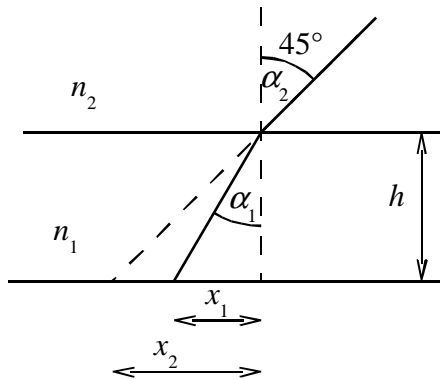
Zákon lomu

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= 45^\circ \\ h &= 0,32 \text{ m} \\ n_1 &= 1,33 \\ n_2 &= 1\end{aligned}$$

ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

$\Delta x = ?$

Řešení:



$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \alpha_1 = \frac{\sin \alpha_2}{n_1}$$

$$\alpha_1 = 32^\circ 14'$$

$$x_1 = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = 20 \text{ cm}$$

$$x_2 = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = 32 \text{ cm}$$

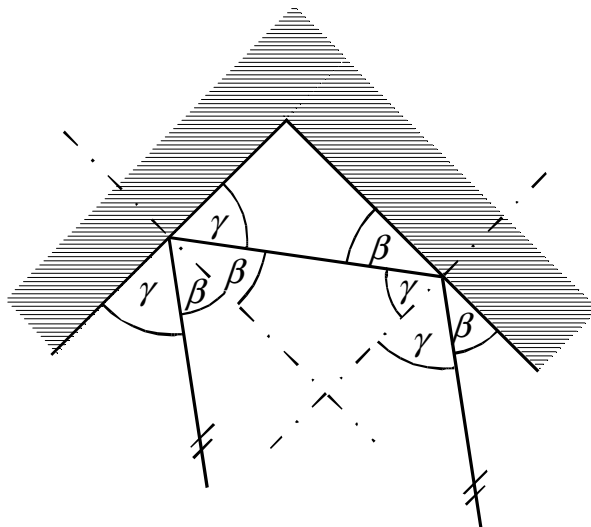
$$\underline{\underline{\Delta x = 12 \text{ cm}}}$$

Hůl se dotkne dna potoka ve vzdálenosti 12 cm od kamínku.

2. Dvě rovinná zrcadla jsou umístěna tak, že tvoří pravoúhlý klín. Dokažte, že po dvojnásobném odrazu světelného paprsku na obou zrcadlech jsou dopadající a odražený paprsek vždy navzájem rovnoběžné.

Odras světla

Řešení: viz obrázek

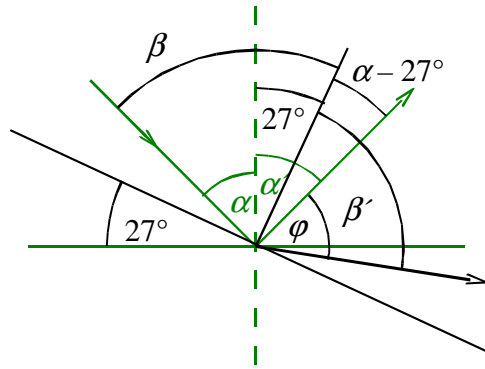


3. Rovinné zrcadlo se pootočí o úhel 27° . O jaký úhel se pootočí paprsek odražený od zrcadla?

Odras světla

Řešení: viz obrázek

ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY



$$\beta' = \alpha + 27$$

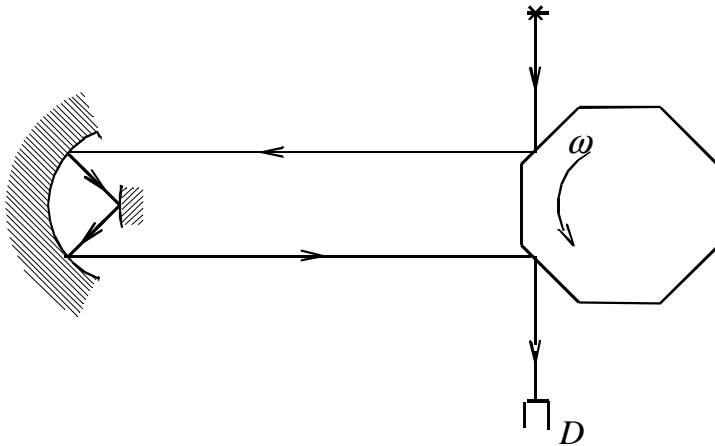
$$\varphi = \alpha + 27^\circ - (\alpha - 27)$$

$$\underline{\underline{\varphi = 54^\circ}}$$

4. Michelsonův pokus:

Na obrázku je znázorněno schéma Michelsonova pokusu na měření rychlosti světla. Přístroj je tvořen soustavou pevně umístěných zrcadel a jedním rotujícím zrcadlem ve tvaru pravidelného osmibokého hranolu. Paprsek světla ze zdroje dospěje do dalekohledu D právě tehdy, je-li poloha rotujícího zrcadla při obou odrazech světelného paprsku taková, jak je vyznačeno na obrázku. Kolik otáček za sekundu musí vykonat rotující zrcadlo, aby zdroj světla byl pozorován v dalekohledu D ? Světelný paprsek urazí dráhu ~ 71 km.

Rychlost světla



$$l = 71 \text{ km}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$f = ?$$

Řešení:

Aby při dvou následujících odrazech od rotujícího zrcadla dospěl paprsek světla do dalekohledu, je nutné, aby se mezi dvěma následujícími odrazy otočilo rotující zrcadlo o úhel

$$360/8^\circ, \text{ tj } 45^\circ, \text{ přičemž } 45^\circ \cong \frac{\pi}{4} \square \frac{T}{8}$$

$$\Rightarrow \frac{T}{8} = \frac{l}{c}$$

$$T = \frac{8l}{c}$$

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

ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

Rotující zrcadlo musí vykonat 528,2 otáček za sekundu.

5. Světlo urazí ve vakuu vzdálenost rovnou délce zemského rovníku za 0,134 s. Určete poloměr Země.

Rychlost světla

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t = 0,134 \text{ s}$$

$$R_z = ?$$

Řešení:

$$s = c \cdot t \quad s = 2\pi R_z$$

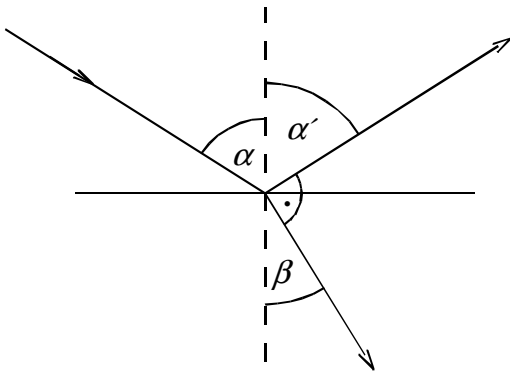
$$R_z = \frac{s}{2\pi}$$

$$R_z = 6\,398\,028 \text{ m}$$

Poloměr Země je 6 398 028 m.

6. Lomený paprsek svírá s odraženým paprskem úhel 90° . Určete relativní index lomu látky, jestliže sinus úhlu dopadu paprsku je 0,800.

Lom světla



Řešení:

$$\alpha = \alpha'$$

z obrázku pro úhel odraženého a lomeného paprsku plyne:

$$90 - \alpha' + 90 - \beta = 90, \text{ tedy } \beta = 90 - \alpha$$

$$\sin(90 - \alpha) = \cos \alpha, \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$$

ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{n_2}{n_1} = 1,3$$

Relativní index lomu látky je $1,3$.

7. V jaké vzdálenosti od tváře je třeba držet kulové zrcadlo s ohniskovou vzdáleností 50 cm, aby obraz tváře byl pětinašobně zvětšený?

Odraz světla

$$f = 0,5 \text{ m}$$

$$z = 5$$

$$a = ?$$

Řešení

$$z = 5$$

Ze vztahu pro zvětšení kulového zrcadla dostáváme:

$$5 = -\frac{y'}{y} = -\frac{f}{a-f}$$

$$5a - 5f = -f$$

$$5a = 4f$$

$$a = \frac{4}{5}f$$

$$a = 40 \text{ cm}$$

Zrcadlo je nutno umístit od tváře ve vzdálenosti 40 cm.

8. Na hladině jezera o hloubce 2,0 m plave vor kruhového tvaru o poloměru 8,0 m. Určete poloměr stínu voru na dně jezera při osvětlení vody přirozeným světlem. ($n = \frac{4}{3}$)

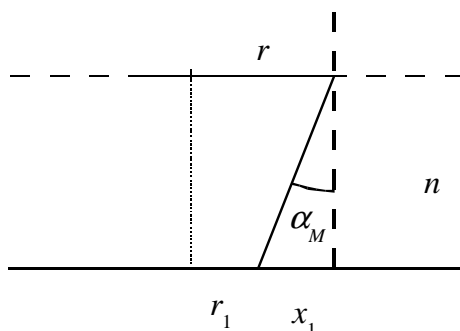
Mezný úhel

$$h = 2 \text{ m}$$

$$r = 8 \text{ m}$$

$$n = \frac{4}{3}$$

$$r_1 = ?$$



ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

Řešení:

Odražené světlo ode dna jezera dopadá na rovinné rozhraní mezi vodou a vzduchem a láme se od kolmice. Dopadne-li paprsek na toto rozhraní pod úhlem větší než je mezný úhel, nastává úplný odraz. Do vzduchu tedy projdou paprsky, které dopadají pod úhlem menším než mezný.

Pro mezný úhel platí: $\sin \alpha_M = \frac{1}{n}$

$$\sin \alpha_M = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha_M = 48^\circ 35'$$

$$x_1 = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_M = 2,27 \text{ m}$$

$$r_1 = r - x_1 = \underline{\underline{5,73 \text{ m}}}$$

Poloměr voru na hladině jezera je 5,73 m.

9. Na vodorovném dně vodojemu leží zrcadlo. V jaké vzdálenosti l od místa dopadu paprsku na hladinu vody po odrazu na zrcadle vystoupí tento paprsek znovu na hladinu? Úhel dopadu paprsku je 30° , index lomu vody je 1,33, hloubka h vodojemu je 1,2 m.

Zákon lomu

$$\alpha = 30^\circ$$

$$n_2 = 1,33$$

$$h = 1,2 \text{ m}$$

$$l = ?$$

Řešení:

Z obrázku pro vztah veličin l , h a úhlu β platí:

$$\frac{l}{2} = \operatorname{tg} \beta \Rightarrow l = 2h \operatorname{tg} \beta$$

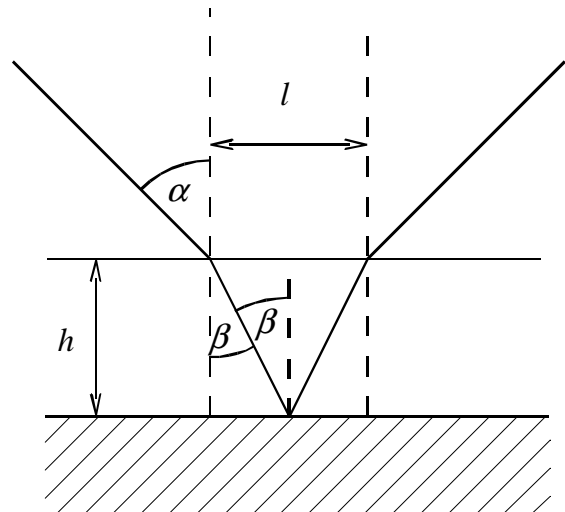
Ze vztahu pro zákon lomu dostáváme:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n_2}$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \alpha}{n_2 \cos \beta}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{n_2 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \alpha}}$$

$$l = 2h \frac{n_2 \cdot \sin \alpha}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 \alpha}} = \underline{\underline{0,97 \text{ m}}}$$



ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

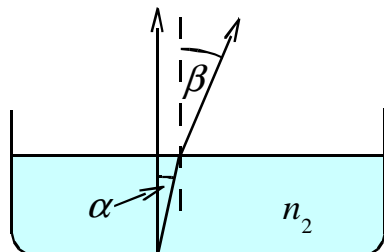
Paprsek po odrazu vystoupí na hladinu ve vzdálenosti 0,97 od místa dopadu na hladinu.

10. Bodový světelný zdroj je umístěn na dně nádoby naplněné vodou. Určete úhel lomu β paprsku vystupujícího nad hladinu, byl-li ve vodě paprsek odkloněn od svislého směru o 5° . (Index lomu vody je 1,33.) **Zákon lomu**

$$\alpha = 5^\circ$$

$$n_1 = 1$$

$$\beta = ?$$



Řešení:

Pro lom paprsku z opticky hustšího do opticky řidšího prostředí platí:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2} \quad n_2 = 1,33$$

$$\sin \beta = \sin \alpha \cdot n_2$$

$$\underline{\underline{\beta = 6^\circ 39'}}$$

Úhel lomu paprsku je $6^\circ 39'$.

11. Určete index lomu a rychlost šíření světla v terpentýnu, víte-li, že při dopadu světla ze vzduchu pod úhlem 45° je úhel lomu světla 30° . **Zákon lomu**

ZÁKLADNÍ POJMY OPTIKY

$$\alpha_1 = 45^\circ$$

$$\alpha_2 = 30^\circ$$

$$n_1 = 1$$

$$v_2 = ?$$

$$\underline{n_2 = ?}$$

Řešení:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_2 = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \approx \underline{\underline{1,41}}$$

$$v_2 = \frac{c}{n_2} = \underline{\underline{2,12 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

Index lomu terpentýnu je 1,41 a rychlost šíření světla v terpentýnu je $2,12 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$