

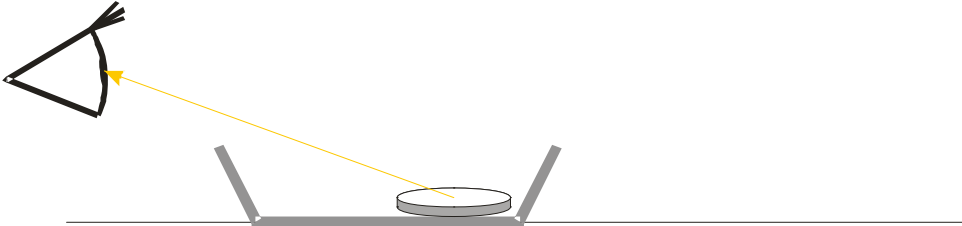
5.1.3 Lom světla I

Předpoklady: 5101, 5102

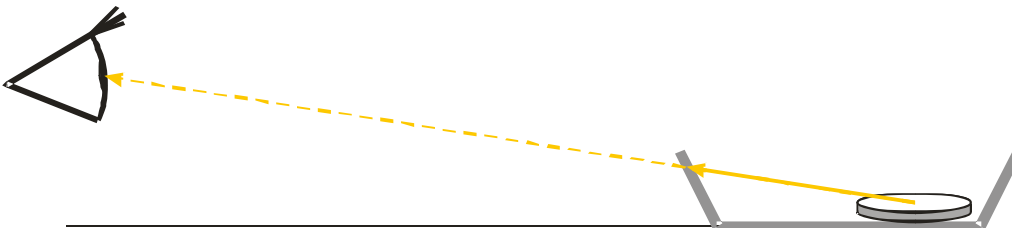
Pomůcky: Miska, voda, pětikoruna, akvárium, troška mléka,

Pokus s mincí a miskou

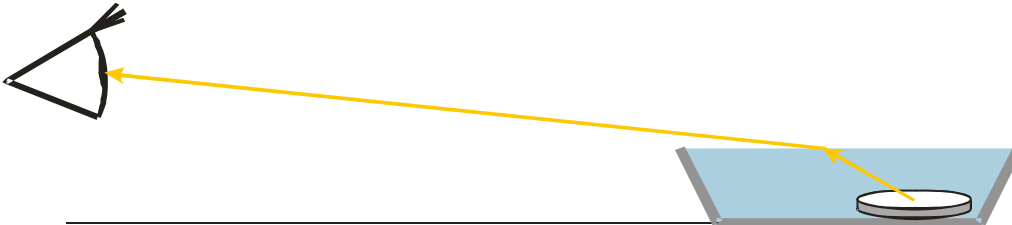
Opřu bradu o stůl a pozoruji minci v misce. Paprsky odražené od mince se šíří přímočaře ke mně, miska jim nesmí překážet v cestě.



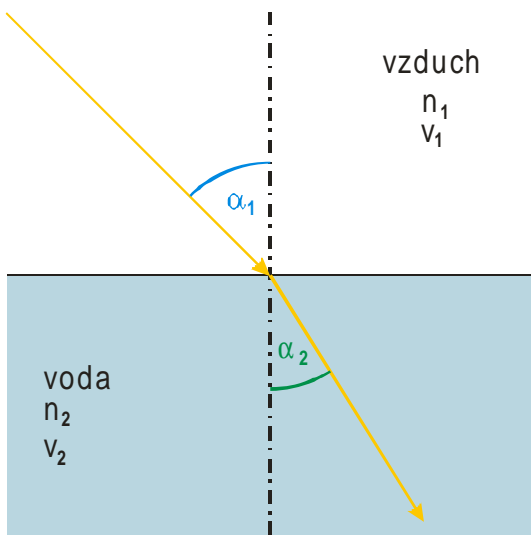
Posunu misku po lavici dál od oka. Mince se ztratí. Paprsek, který by letěl z mince do oka, narazí na misku a nedostane se do oka.



Do misky naliji vodu, mince se opět ukáže \Rightarrow paprsky světla letící z mince musely změnit dráhu, aby se vyhnuly okraji nádoby \Rightarrow světlo se láme na rozhraní dvou prostředí (v tomto případě vzduchu a vody).



Jak se světlo láme?



Zákon lomu světla (Snellův zákon): $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$.

n - index lomu v prostředí: $n = \frac{c}{v}$ (c - rychlost světla ve vakuu, v - rychlost světla v prostředí).

Př. 1: Světlo je vlnění a musí pro něj platit zákon lomu pro vlnění $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}$. Dokaž, že tento zákon je ekvivalentní se zákonem lomu světla.

Dosadíme za index lomu poměr rychlosti světla a rychlosti šíření.

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

Oba zákony jsou ekvivalentní, z jednoho jde odvodit druhý a naopak.

Př. 2: Obrázek lomu světla na rozhraní vody a vzduchu odpovídá skutečnosti. Rozhodni ve kterém prostředí se světlo šíří rychleji.

Platí: $\alpha_1 > \alpha_2 \Rightarrow \sin \alpha_1 > \sin \alpha_2 \Rightarrow n_2 > n_1 \Rightarrow n_2 = \frac{c}{v_2} > n_1 = \frac{c}{v_1} \Rightarrow v_2 < v_1$, světlo se ve vodě šíří pomaleji než ve vzduchu.

Prostředí, ve kterém se šíří světlo pomaleji, se nazývá **opticky hustší**.

Prostředí, ve kterém se světlo rychleji, se nazývá **opticky řidší**.

Světlo si lomem zkrátilo cestu přes vodu a prodloužilo cestu vzduchem \Rightarrow chová se tak, aby doletělo od mince k oku za nejkratší možný čas \Rightarrow **Fermatův princip: Světlo se šíří ze zdroje k pozorovateli tak, aby vzdálenost urazilo za nejkratší možný čas.**

Fermatův princip vysvětluje i zákon odrazu – světlo se odráží tak, aby z výchozího místa dorazilo do cílového včetně dotyku zrcadla a při tom urazilo trasu za nejkratší čas

http://ufo.fme.vutbr.cz/Fyzika1/G_optika/Fermatuv_princip/

Když světlo přechází z prostředí opticky **řidšího do opticky hustšího**, zkracuje si cestu a **láme se ke kolmici**.

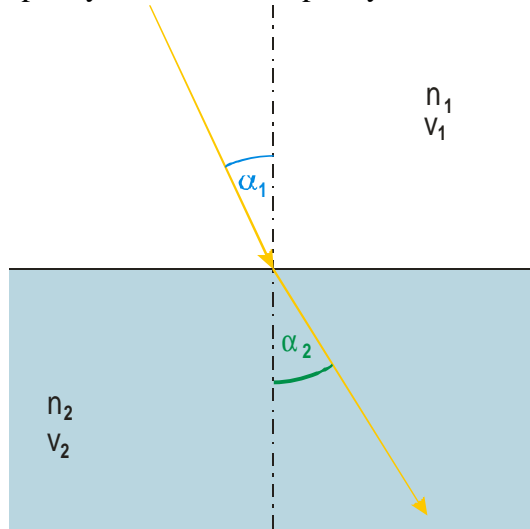
Když světlo přechází z prostředí opticky **hustšího do opticky řidšího**, prodlužuje si cestu a **láme se od kolmice**.

Index lomu pro vakuum $n_{\text{vakuum}} = 1$.

Ve vzduchu se světlo šíří téměř rychlostí světla ve vakuu $n_{\text{vzduch}} = 1,0003 \Rightarrow$ budeme používat $n_{\text{vzduch}} = 1$.

Pedagogická poznámka: Fermatův princip sice není obsažen v klasických osnovách, ale je tak jednoduchý, tak snadno zapamatovatelný a vyplývá z něj tolik jiných pravidel, která by si studenti jinak museli pamatovat, že jej považují za velmi užitečný.

Př. 3: Na obrázku je zachycen lom světla na rozhraní dvou prostředí. Urči, které prostředí je opticky hustší a které opticky řidší.



Platí: $\alpha_1 < \alpha_2 \Rightarrow \sin \alpha_1 < \sin \alpha_2 \Rightarrow n_2 < n_1 \Rightarrow n_2 = \frac{c}{v_2} < n_1 = \frac{c}{v_1} \Rightarrow v_2 > v_1$, světlo se v prostředí s indexem 1 šíří pomaleji než v prostředí s indexem 2.

Př. 4: Urči index lomu skla, pokud se v něm světlo šíří rychlostí 200 000 km/s.

$$n = \frac{c}{v} = \frac{300000}{200000} = 1,5$$

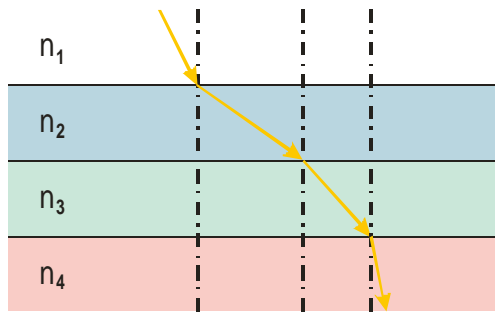
Index lomu skla je 1,5.

Př. 5: Urči rychlost světla v ledu, pokud index lomu ledu je 1,31.

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{300000}{1,31} \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} = 229\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

Rychlost světla v ledu je 229 000 km/s.

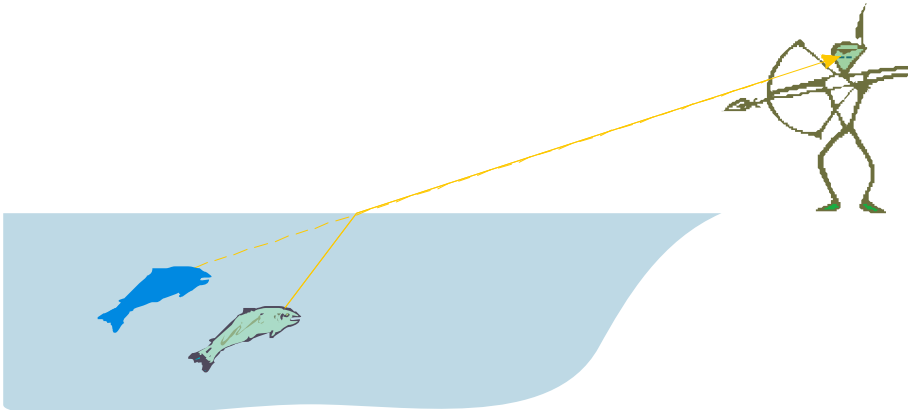
Př. 6: Na obrázku je zachycen průchod světla přes čtyři vrstvy různých látek. Porovnej jejich indexy lomu.



Čím se světlo v látce šíří pomaleji, tím větší je index lomu a tím více se světlo snaží zkrátit si cestu \Rightarrow čím menší úhel vzhledem ke kolmici, tím větší index lomu \Rightarrow platí $n_2 < n_3 < n_1 < n_4$.

Některé důsledky lomu světla:

- Hůl do vody ponořená vypadá jak nalomená.
- Voda se zdá méně hluboká.
- Předměty ve vodě vidíme ze břehu jinde, než kde skutečně jsou:



Mozek lovce předpokládá, že světlo se šíří přímočaře a vidí rybu v místě modrého obrysu. Ve skutečnosti je ryba jinde, protože světlo se ve vodě nešíří po čárkované, ale po plné čáře.

Př. 7: Světlo dopadá ze vzduchu do vody pod úhlem 35° . Urči pod jakým úhlem se bude světlo ve vodě šířit. Index lomu vody je 1,33.

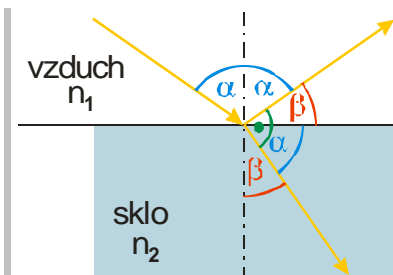
$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1 = \frac{1}{1,33} \cdot \sin 35^\circ \Rightarrow \alpha_2 = 25^\circ 35'$$

Světlo se bude ve vodě šířit pod úhlem $25^\circ 35'$.

Př. 8: Světelný paprsek dopadá ze vzduchu na rozhraní se sklem pod úhlem 55° . Urči index lomu skla, jestliže lomený paprsek je kolmý na odražený paprsek.

Nakreslíme si obrázek situace a určíme si úhel, pod kterým se paprsek šíří ve skle.



Z obrázku můžeme ihned určit velikost úhlu $\beta = 35^\circ$.

Nyní můžeme dosadit do Snellova zákona: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot n_1$.

Dosadíme: $n_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot n_1 = \frac{\sin 55^\circ}{\sin 35^\circ} \cdot 1 = 1,43$.

Zkoumané sklo má index lomu 1,43.

Shrnutí: Při přechodu s jednoho prostředí do druhého se světlo láme tak, aby svou dráhu urazilo za nejkratší čas.