

5.1.4 Úplný odraz světla

Předpoklady: 5102, 5103

Př. 1: Světelný paprsek prochází z vody do vzduchu a ve vodě dopadá pod úhlem 35° , urči pod jakým úhlem projde do vzduchu.

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1, \text{ ale pozor index 1 má teď voda, vzduch má 2}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1 = \frac{1,33}{1} \cdot \sin 35^\circ \Rightarrow \alpha_2 = 49^\circ 33'$$

Do vzduchu se světlo zlomí pod úhlem $49^\circ 33'$.

Př. 2: Světelný paprsek prochází z vody do vzduchu a ve vodě dopadá pod úhlem 80° . Urči pod jakým úhlem projde do vzduchu.

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1 \text{ index 1 má voda, vzduch má 2}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1 = \frac{1,33}{1} \cdot \sin 80^\circ = 1,31 \text{ neexistuje žádný úhel, jehož sinus by byl 1,31}$$

\Rightarrow světlo se za podmínek z předcházejícího příkladu nemá jak zlomit do vzduchu \Rightarrow všechno se odrazí zpátky do vody, do vzduchu se vůbec nedostane = **úplný (totální) odraz**

K totálnímu odrazu může dojít pouze v případě, že světlo dopadá z opticky hustšího prostředí na rozhraní s prostředím opticky řidším.

Př. 3: Urči největší možný úhel pod kterým může dopadnout světlo z vody na rozhraní s vzduchem, aby nedošlo k totálnímu odrazu.

$$\text{Největší úhel ve vzduchu } 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha_2 = 1$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{\sin \alpha_1}{1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1,33} \Rightarrow \alpha_1 = 48^\circ 35'$$

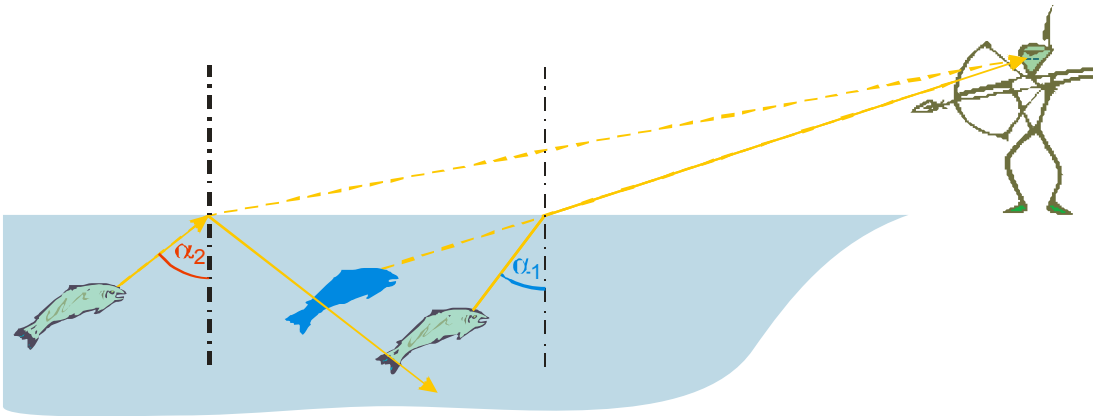
Světlo může z vody dopadnout na rozhraní se vzduchem pod maximálním úhlem $48^\circ 35'$.

Největší možný úhel pod kterým může dopadnout světlo z vody na rozhraní s vzduchem, aby nedošlo k totálnímu odrazu se nazývá **mezní úhel**, značí se α_m .

Pokud je druhým prostředím vzduch platí: $\frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{n} \Rightarrow \sin \alpha_m = \frac{1}{n}$

Projevy v běžném životě

klidná vodní hladina při pohledu ode dna funguje jako zrcadlo do vody je vidět pouze, když koukáme z výšky a po malým úhlem



Lovec vzdálenější rybu nevidí, protože paprsky, které se od ryby šíří směrem k němu, se odrážejí úplným odrazem od hladiny zpět do vody ($\alpha_1 < \alpha_m < \alpha_2$)

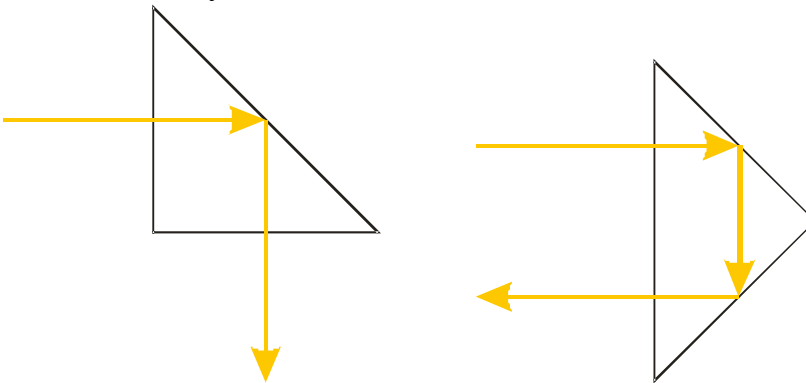
Využití totálního odrazu:

refraktometry

určí mezní úhel měřené látky a tím určí n

protože index lomu závisí například na koncentraci roztoků, používá se k určování koncentrace (například cukru),

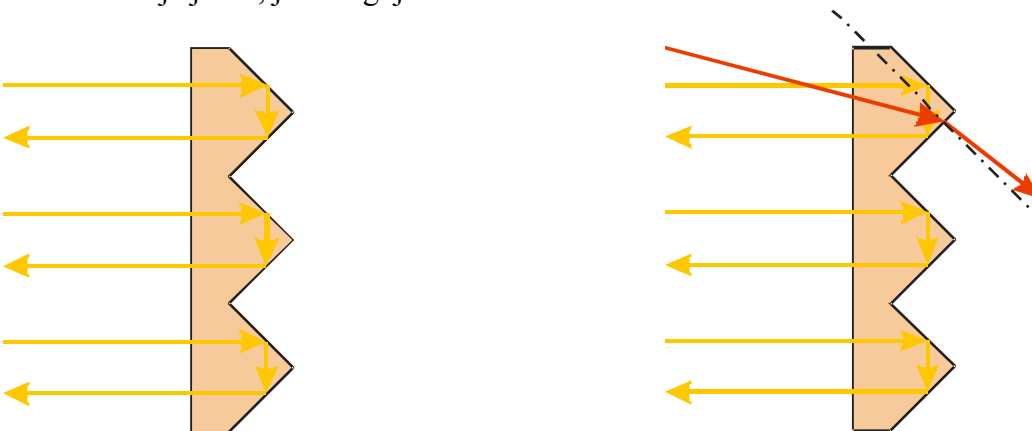
odrazné hranoly



mění směr průchodů paprsků (fotoaparáty, dalekohledu ...)

odrazka

⇒ teď už je jasné, jak funguje odrazka



⇒ materiál odrazky musí mít co nejvyšší index lomu (abych udržel úplný odraz pro větší rozsah úhlů), přesto světlo pro velké úhly odrazka neodrazí
materiál je trochu matný, aby se světlo trochu rozptylovalo a odráželo se i do trochu jiných směrů, než ze kterých přiletělo

optická vlákna

tenké skleněné vlákno:

- vnitřní část (jádro) – velký index lomu
- vnější část (plášť) – menší index lomu

⇒ světlo, které se šíří jádrem se odráží na rozhraní s pláštěm úplným odrazem (i když rozdíl indexů je typicky 1%)



vlákna:

- jednojádřová – pro jedinou frekvenci, velmi tenké jádro ($8 \mu\text{m}$), lepší pro šíření na velké vzdálenosti (telekomunikace)
- mnohájádřová – pro více frekvencí, tlustší jádro ($50 \mu\text{m}$), datové přenosy na menší vzdálenosti

index lomu mezi jádrem a pláštěm se může měnit najednou (skokově) nebo postupně (gradientně)

Endoskop

zařízení pro pozorování vnitřku organismu,

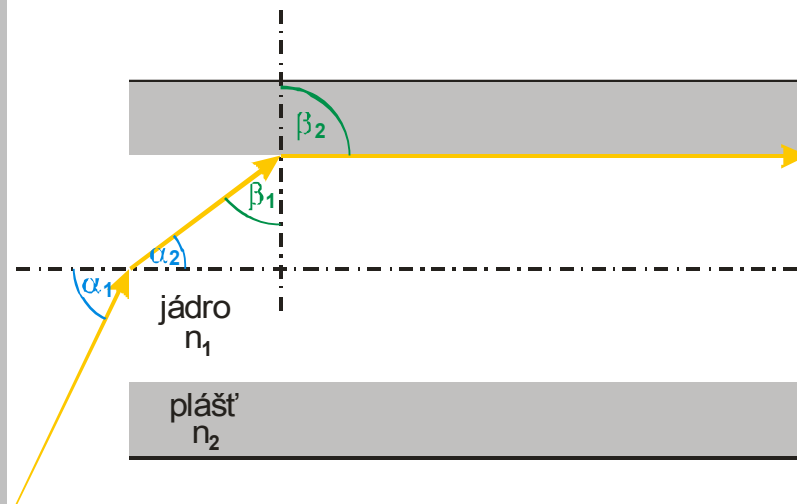
světlo, které je třeba na osvětlení vnitřku těla, je vedeno ohebnou hadicí na podobném principu jako optické vlákno

Senzor na déšť

zařízení neustále zevnitř osvětluje sklo a očekává totální odraz, když je sklo mokré, světlo se neodráží na rozhraní sklo-vzduch, ale na rozhraní sklo-voda ⇒ menší rozdíl indexů lomu ⇒ neprobíhá totální odraz

Př. 4: Jádro optického vlákna má index lomu $n_1=1,5$, plášť má index lomu $n_2=1,2$. Urči pod jakým největším úhlem (mezi vodorovnou osou vlákna a paprskem) může paprsek světla vstoupit do vlnovodu, aby se v něm šířil a nepronikl do pláště.

Nakreslíme obrázek situace:



Počítáme od konce:

Největší úhel v plášti $90^\circ \Rightarrow \sin \beta_2 = 1$

$$\frac{\sin \beta_1}{\sin \beta_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \beta_1 = \sin \beta_2 \cdot \frac{n_2}{n_1} = 1 \cdot \frac{1,2}{1,5} \Rightarrow \beta_1 = 53,1^\circ$$

Z obrázku můžeme určit úhel, kterým světlo proniká do jádra vlnovodu:

$$\alpha_2 = 90^\circ - \beta_1 = 90^\circ - 53,1^\circ = 36,9^\circ$$

Určíme úhel dopadu světla na přední hranu vlákna:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_1}{n_v} \Rightarrow \sin \alpha_1 = \frac{n_1}{n_v} \sin \alpha_2 = \frac{1,5}{1} \sin 36,9^\circ \Rightarrow \alpha_1 = 64,2^\circ$$

Pokud se má světlo šířit vláknem musí dopadat na jeho přední stěnu pod maximálním úhlem $\alpha_1 = 64,2^\circ$.

Shrnutí: Pokud se světlo šíří do opticky řidšího prostředí a úhel dopadu je moc velký, všechno se odrazí zpátky.