

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jméno autora: Mgr. Zdeněk Chalupský

Datum vytvoření: 20. 9. 2012

Číslo DUM: VY_32_INOVACE_05_FY_C

Ročník: I.

Fyzika

Vzdělávací oblast: Přírodovědné vzdělávání

Vzdělávací obor: Fyzika

Tematický okruh: Optika

Téma: Odraz a lom

Metodický list/anotace:

- *Odraz a lom jako praktické cvičení – příprava na paprskovou optiku.*
- *Konstrukcím může předcházet nácvik náčrtu, podle časové dotace.*
- *Časová náročnost při rýsování konstrukcí až dvě vyučovací hodiny.*

- ▶ Základní pojmy
- ▶ Odraz světla na rovinné ploše
- ▶ Odraz světla na zakřivené ploše
- ▶ Odraz a lom světla – foto pokusu
- ▶ Odraz a lom světla
- ▶ Mezní úhel

Odraz a lom



Základní pojmy

Paprsková nebo také geometrická optika, respektuje tři pravidla:

1. Ve stejnorodém a nezávislém na směru (izotropním) prostředí, se světlo šíří přímočaře, ve formě světelného paprsku.
2. Světelné paprsky se navzájem neovlivňují.
3. Světelné paprsky se na rozhraní dvou prostředí řídí zákony odrazy a lomu.

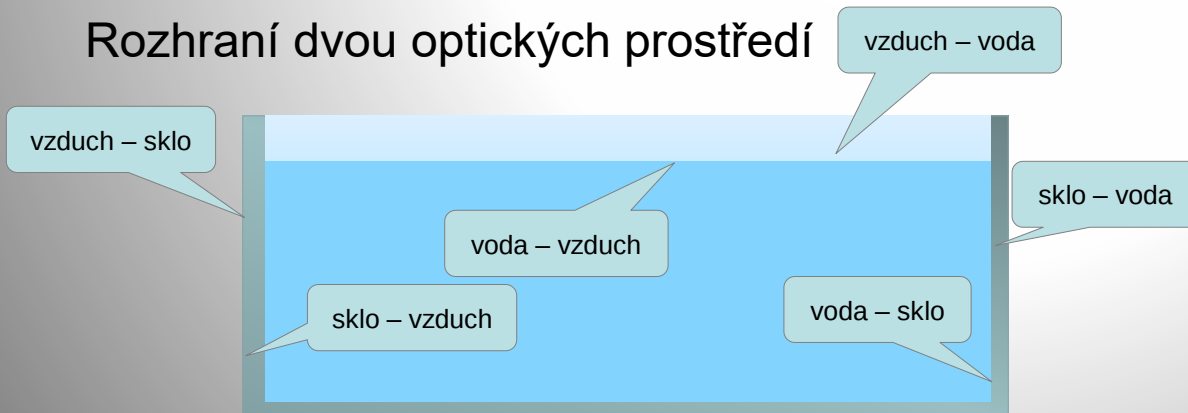
Optické prostředí

je jakékoliv prostředí, v němž se šíří elektromagnetické vlnění – světlo.

Světelný paprsek

je přímka kolmá na vlnoplochu a udává směr šíření světla ve stejnorodém optickém prostředí, ve kterém se šíří přímočaře.

Rozhraní dvou optických prostředí

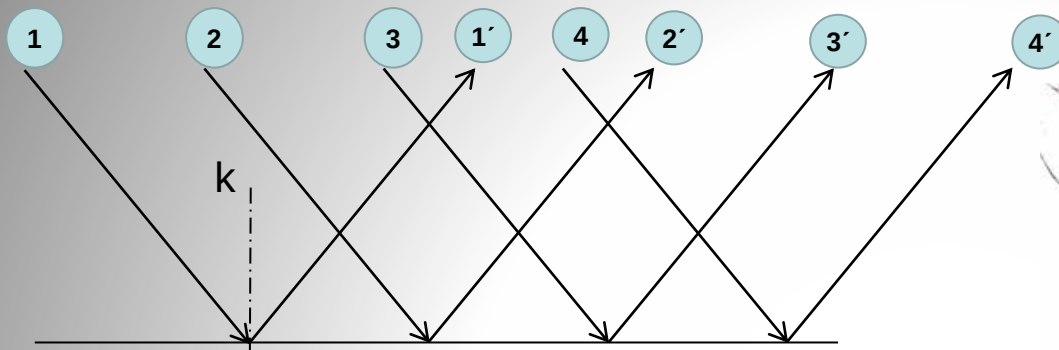


Obr. 2



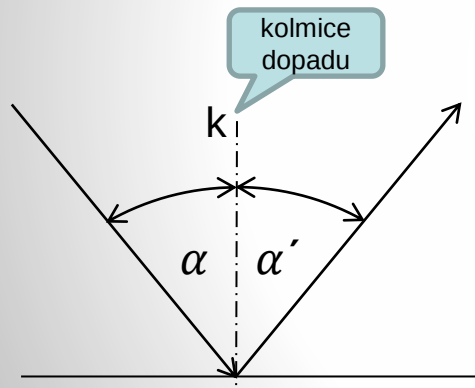
Obr. 3

Odraz světla na rovinné ploše



zrcadlový odraz

Obr. 4



Obr. 5

Velikost úhlu odrazu α se rovná velikosti úhlu dopadu α'

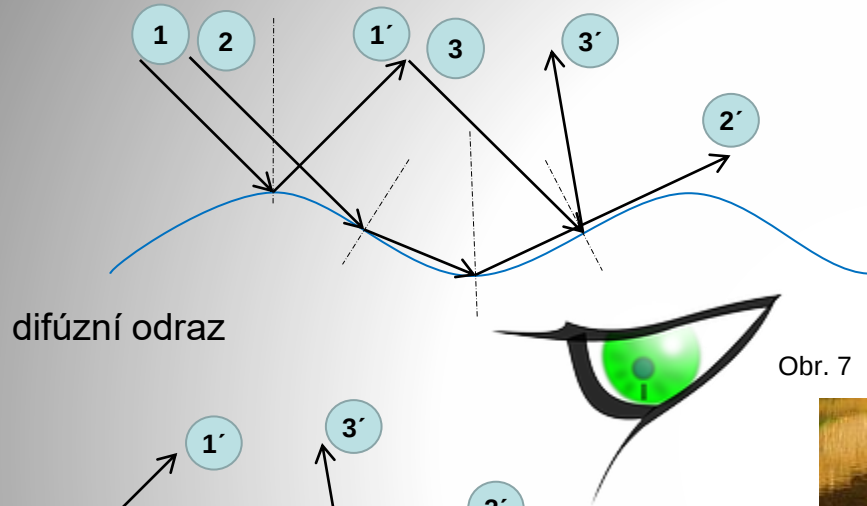
$$\alpha = \alpha'$$

Odražený paprsek leží v rovině dopadu.

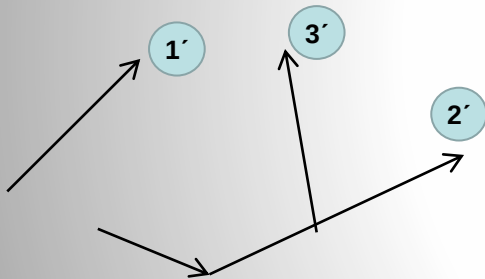


Obr. 6

Odras světla na zakřivené ploše



Obr. 7

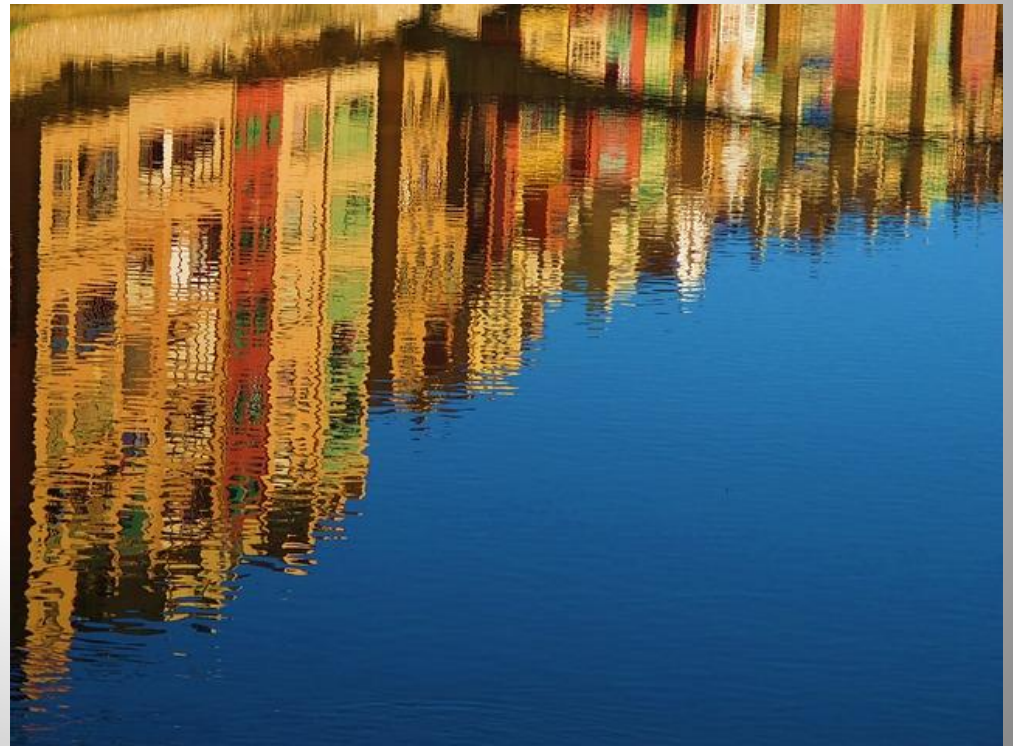


Paprsek 1' a 2' přichází do oka každý z jiného směru. Paprsek 2' i z jiného místa dvojnásobný odraz) a paprsek 3' směřuje mimo oko. Tento bod obrazu oko neuvidí. Popisu odpovídá fotografie 8.

Obr. 9



Obr. 8

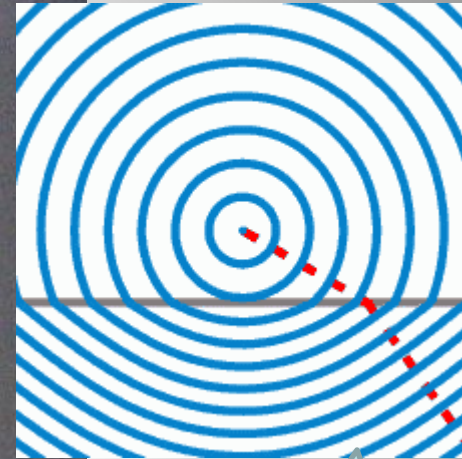


Odraz a lom světla

Při dopadu světla na rozhraní dvou odlišných optických prostředí dochází k odrazu a lomu světla.

Odražený i lomený paprsek leží v rovině dopadu.

Světlo dopadající kolmo na optické rozhraní dvou optických prostředí pokračuje v nezměněném směru.



Obr. 11

Světlo se šíří ve formě vln, světelný paprsek je kolmice na vlnoplochu.

V opticky hustším prostředí se světlo šíří pomaleji.

Obr. 10

vakuum $n_{\text{vak}} = 1$

Odraz a lom světla

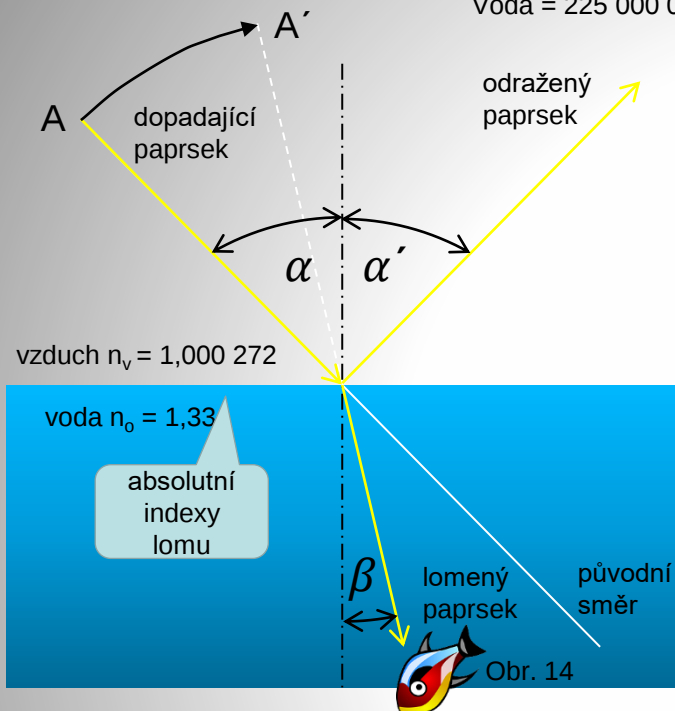
Rychlost světla ve vakuu = 299 792 458 m/s ; 1 079 252 848,8 km/h

Voda = 225 000 000 m/s; 809 999 352 km/h

α ... úhel dopadu

α' ... úhel odrazu

β ... úhel lomu



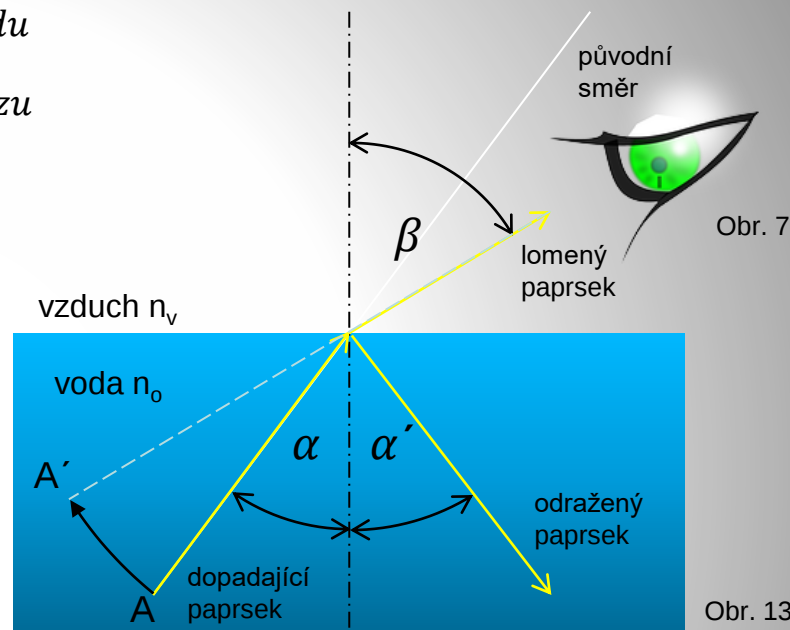
Při průchodu z jednoho optického prostředí do jiného dochází ke změně směru paprsku.

$$n_v < n_o$$

Obr. 12

přechod z opticky řidšího do opticky hustšího prostředí

lom ke kolmici $\alpha > \beta$



přechod z opticky hustšího do opticky řidšího prostředí

lom od kolmice $\alpha < \beta$

V bodě A se těleso nachází, v bodě A' těleso ryba nebo člověk vidí.

Při odrazu a lomu světla platí **zákon záměnnosti paprsků**.

Chod dopadajícího a odraženého paprsku, také dopadajícího a lomeného paprsku, lze vzájemně zaměnit.

Absolutní index lomu n je veličina daná poměrem rychlosti světla ve vakuu c a rychlosti světla v daném prostředí.

$$\text{absolutní index lomu } n = \frac{c}{v}$$

Relativní index lomu je definovaný jako poměr rychlosti šíření světla ve dvou optických prostředích v_1 a v_2

$$\text{relativní index lomu } n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$$

Snellův zákon, zákon lomu

Poměr sinu úhlu dopadu a sinu úhlu lomu je dán poměrem rychlostí šíření vlnění v prvním a druhém prostředí nebo poměrem absolutních indexů lomu druhého a prvního prostředí

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

menší n
větší úhel
a naopak

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

$$\frac{\sin \alpha}{v_1} = \frac{\sin \beta}{v_2}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

větší v
větší úhel
a naopak

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{12}$$

$$n_{21} = \frac{1}{n_{12}} = \frac{n_1}{n_2}$$

absolutní index lomu
je materiálovou
konstantou

relativní index lomu
je závislý na
uspořádání

Index lomu

absolutní index lomu charakterizuje
optickou hustotu daného prostředí.

$$n = \frac{c}{v}$$

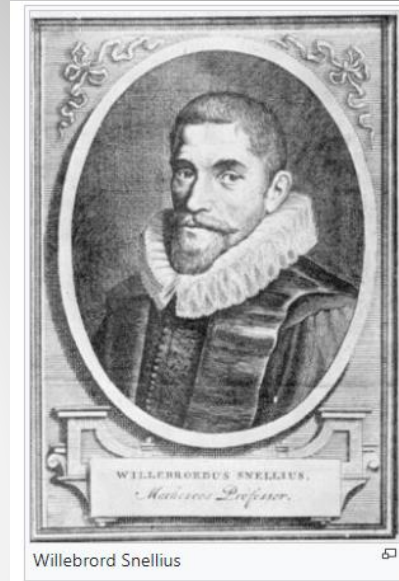
c ... rychlost světla

v ... rychlost světla v látkovém prostředí
při $v = c$ je $n = 1$ pro vakuum

Absolutní index lomu lze také spočítat ze dvou parametrů dané látky (světlo elmg. vlna):
elektrického (**relativní permitivita ϵ_r**)
a magnetického (**relativní permeabilita μ_r**)

$$n = \sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}$$

relativní index lomu je dán
poměrem indexů lomu prostředí, do kterého záření vstupuje
vůči indexu lomu prostředí, z něhož záření vychází, nebo
poměrem rychlostí v prvním prostředí k rychlosti v druhém.
Na rozhraní dvou prostředí je relativní index lomu roven
podílu sinu úhlu dopadu a sinu úhlu lomu



Absolutní index lomu je definovaný jako poměr rychlosti šíření světla ve vakuu c a rychlosti v v daném prostředí:

$$n = \frac{c}{v}$$

Relativní index lomu je definovaný jako poměr rychlosti šíření světla ve dvou optických prostředích v_1 a v_2 :

$$n_{12} = \frac{v_1}{v_2}$$

odvození

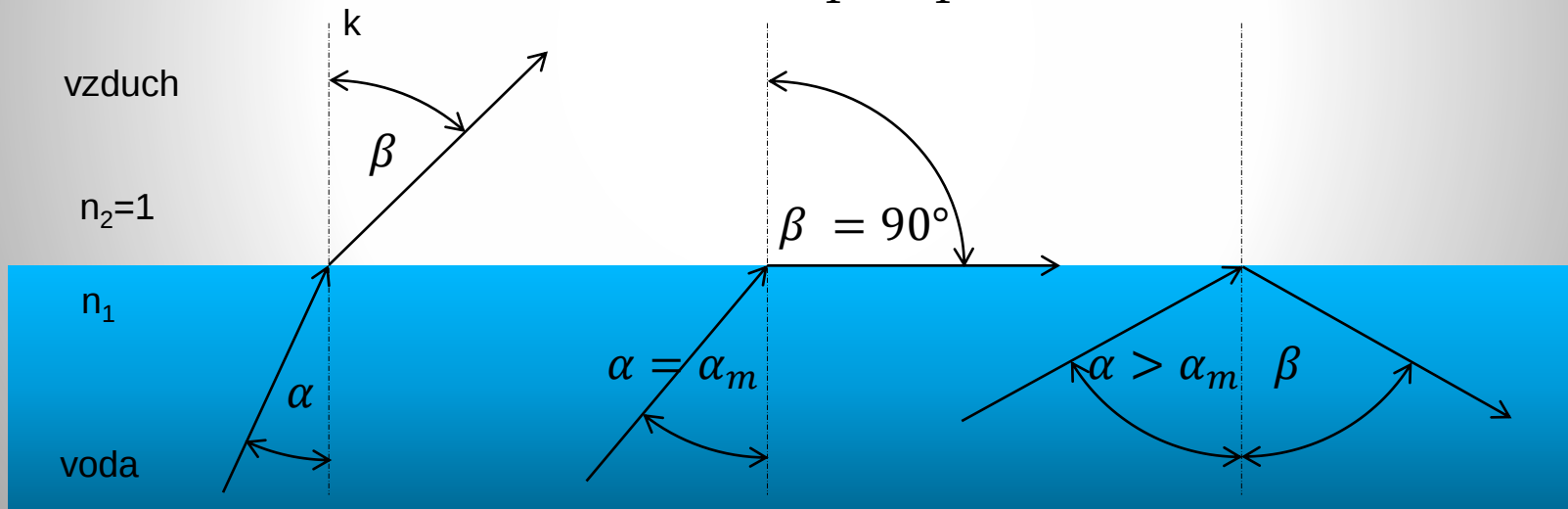
$$n_{12} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{v_1}{c}}{\frac{v_2}{c}} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Mezní úhel

Při zvětšování úhlu dopadu úhel lomu β roste rychleji než úhel dopadu α .
Úhel dopadu α , kterému odpovídá úhel lomu $\beta = 90^\circ$, se nazývá mezní úhel α_m .

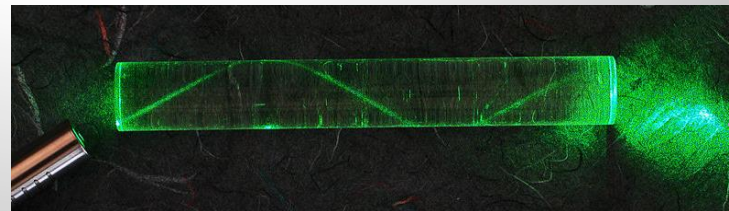
Pro mezní úhel, v uvedeném případě, platí vztah

Je-li $\alpha < \alpha_m$ dochází k lomu. $\sin \alpha_m = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_1}$ Je-li $\alpha > \alpha_m$ vzniká úplný odraz.



Výpočet mezního úhlu (S. n.)

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



Obr. 15 [1]

Vedení světla
optickým vláknem

Obr. 16

Proč je

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{n_1}$$

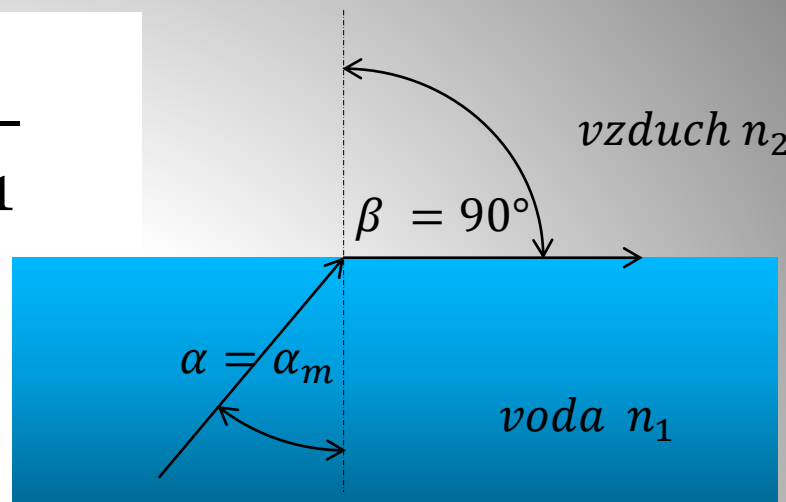
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{pro } \sin 90^\circ(\beta) = 1$$

$$\frac{\sin \alpha}{1} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\text{pro vzduch } n_2 = 1$$

$$\sin \alpha = \frac{1}{n_1}$$



Jaký je mezní úhel na rozhraní vody a vzduchu? Index lomu vody je 1,33.

Jaký je mezní úhel na rozhraní skla a vzduchu? Index lomu skla je 1,5.

$$\alpha_m = ?^\circ$$

$$\beta = 90^\circ$$

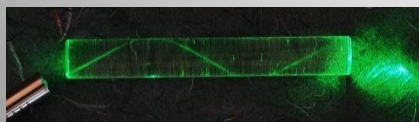
$$n_{\text{vzduch}} = 1$$

$$n_{\text{sklo}} = 1,5$$

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{n_1}$$

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{1,5} = 0,67$$

$$\alpha_m = 42^\circ$$



Ze zdroje pod hladinou vody dopadají světelné paprsky na hladinu pod úhly a) 45° b) 50° c) 55° . Ve kterých případech vystoupí paprsek nad hladinu do vzduchu?

výpočet

Jaký je mezní úhel na rozhraní vody a vzduchu? Index lomu vody je 1,33.

$$\alpha_m = ?^\circ$$

$$\beta = 90^\circ$$

$$n_{\text{vzduch}} = 1$$

$$n_{\text{voda}} = 1,33$$

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{n_1}$$

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{1,3} = 0,7518...$$

$$\alpha_m = 48,75 \dots^\circ$$

Pouze při úhlu ...

Ze zdroje pod hladinou vody dopadají světelné paprsky na hladinu pod úhly α a) 45° b) 50° c) 55° . Ve kterých případech vystoupí paprsek nad hladinu do vzduchu? Jaký je úhel lomu β ?

Mezní úhel na rozhraní vody a vzduchu je přibližně 49° .

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\beta = ?^\circ$$

$$n_{\text{vzduch}(2)} = 1$$

$$n_{\text{voda}(1)} = 1,33$$

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

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

$$\sin \alpha = \frac{1,33}{1} \sin 45^\circ$$

$$\sin \alpha = \frac{1,33 \cdot 0,707}{1} = 0,819 \Rightarrow 70^\circ$$

Citace

Obr. 1, 2, 4, 5, 12, 13, 15 Archiv autora

Obr. 3 ACANDRAJA. *Sklo, Apple, Kapka Vody, Ovoce - Volně dostupný obrázek - 100967*[online]. [cit. 30.7.2013]. Dostupný na WWW: <http://pixabay.com/cs/sklo-apple-kapka-vody-ovoce-kap%C3%A1n%C3%AD-100967/>

Obr. 6 LELI. *Mnichov, Anglická Zahrada - Volně dostupný obrázek - 109921* [online]. [cit. 30.7.2013]. Dostupný na WWW: <http://pixabay.com/cs/mnichov-anglick%C3%A1-zahrada-zrcadlen%C3%AD-109921/>

Obr. 7 NEMO. *Oči, Oko, Zelená, Kreslený Film - Volně dostupný obrázek - 33106* [online]. [cit. 30.7.2013]. Dostupný na WWW: <http://pixabay.com/cs/o%C4%8Di-oko-zelen%C3%A1-kreslen%C3%BD-film-v%C3%AD%C4%8Dka-33106/>

Obr. 8 WEBSI. *Voda, Zrcadlení, Vlna, Lesk, Odraz - Volně dostupný obrázek - 76348* [online]. [cit. 30.7.2013]. Dostupný na WWW: <http://pixabay.com/cs/voda-zrcadlen%C3%AD-vlna-lesk-odraz-76348/>

Obr. 9 SHERIOZ. *Reflexe, Voda, Kanál, Zrcadlení - Volně dostupný obrázek - 101005* [online]. [cit. 30.7.2013]. Dostupný na WWW: <http://pixabay.com/cs/reflexe-voda-kan%C3%A1l-zrcadlen%C3%AD-101005/>

Obr. 10 SÁNDOR, Zátonyi. *Soubor:Fénytörés.jpg – Wikipedie* [online]. [cit. 31.7.2013]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:F%C3%A9nyt%C3%B6r%C3%A9s.jpg>

Obr. 11 ALEXANDROV, Oleg. *File:Snells law wavefronts.gif - Wikipedia, the free encyclopedia*[online]. [cit. 31.7.2013]. Dostupný na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Snells_law_wavefronts.gif

Obr. 14 NEMO. *Icon, Fish, Theme, Apps, Swim - Free image - 27997* [online]. [cit. 31.7.2013]. Dostupný na WWW: <http://pixabay.com/en/icon-fish-theme-apps-swim-aquatic-27997/>

Obr. 16 TIMWETHER. *File:Laser in fibre.jpg - Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. [cit. 31.7.2013]. Dostupný na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Laser_in_fibre.jpg

[1] JOSELL7. *File:RefractionReflexion.svg - Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. [cit. 31.7.2013]. Dostupný na WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:RefractionReflexion.svg>

Literatura

KOLEKTIV KATEDRY FYZIKY VŠZ V PRAZE. *Fyzika*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství n. p., 1964, 521 s. Učební texty vysokých škol: Fakulta mechanizace, 1043-3551

Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-27013 [cit. 2013-06-06]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page