12. Srovnejte energii fotonu mikrovlny o vlnové délce 10 cm a He-Ne laseru (λ = 632,9 nm).

Řešení:

$\lambda_{mikrovlna}$ = 10 cm = 0,1 m
$\lambda_{He\text{-}Ne}$ = 632,9 nm = 632,9 . 10^{-9} m
h = 6,626 . 10^{-34} J . s
$E_{mikrovlna}$ = ?
$E_{He\text{-}Ne}$ = ?

$$E_{mikrovlna} = h \, . \, f = h \, . \, \frac{c}{\lambda} = 6{,}626 \, . \, 10^{-34} \, . \, \frac{3.10^{8}}{0{,}1} = 1{,}99 \, . \, 10^{-24} \, J$$

$$E_{He-Ne} = 6{,}626 \, . \, 10^{-34} \, . \, \frac{3.10^{8}}{632{,}9 \, . \, 10^{-9}} = 3{,}14 \, . \, 10^{-9}$$

$$\frac{E_{He-Ne}}{E_{mikrovlna}} = \frac{3{,}14 \, . \, 10^{-9}}{1{,}99 \, . \, 10^{-24}} = \underline{\underline{157\ 788}}$$

Energie fotonu He-Ne laseru je 157 788-krát větší než energie fotonu mikrovlny.

32. Minimální intenzita světla, která je ještě zaregistrována lidským okem, je asi 10^{-10} W.m^{-2}. Kolik fotonů o vlnové délce 560 nm musí dopadnout na pupilu oka za sekundu, aby bylo dosaženo této minimální intenzity? Plocha pupily je asi 10^{-4} m^{2}.

Řešení:

E_{min} = 10^{-10} W.m^{-2}
Δt = 1 s
λ = 560 nm = 560 . 10^{-9} m
S = 10^{-4} m^{2}
n = ?

$$E_{min}=\frac{\frac{E_{elmg}}{\Delta t}}{S}=\frac{n.\frac{h.c}{\lambda}}{\Delta t.S}\Rightarrow n=\frac{E_{min.}\Delta t.S.\lambda}{h.c}=\frac{10^{-10}.1.10^{-4}.560.10^{-9}}{6{,}626.10^{-34}.3.10^{8}}=28\ 171\,ks\approx\underline{\underline{28\ 000\,ks}}$$

Na pupilu oka musí dopadnout přibližně <u>28 000 fotonů</u>, aby oko zaregistrovalo světlo.

124. Půlválec je zhotoven ze skla o indexu lomu $n=\sqrt{2}$. Na jeho rovinnou plochu dopadají světelné paprsky pod úhlem dopadu α = 45°. Světelné paprsky jsou v rovině kolmé na osu válce. Z které části válce paprsky vystupují?

Řešení:

$n_{sklo}=\sqrt{2}$
$n_{vzduch}=1$
$\alpha=45°$
$\beta=?$

Vycházím ze zákona lomu. Protože paprsek přechází z opticky řidšího prostředí do opticky hustšího prostředí.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{n_{vzduch}}{n_{sklo}}$$

$$\sin\beta=\frac{n_{sklo}}{n_{vzduch}}.\sin\alpha=\frac{\sqrt{2}}{1}.\sin 45°\Rightarrow\beta=30°$$

Protože paprsek dále přechází z opticky hustšího prostředí do opticky řidšího prostředí, vypočítám si úhel úplného odrazu:

platí

$$\sin\alpha_m=\frac{1}{n}=\frac{1}{\sqrt{2}}\Rightarrow\alpha_m=45°$$

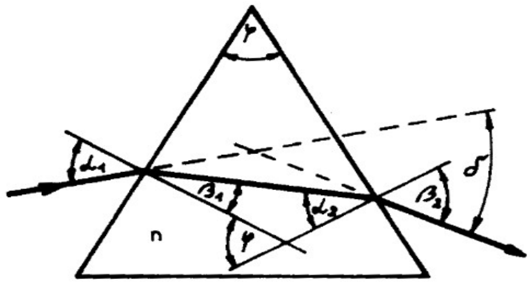
Dále 90° + 30° - 45° = $\underline{\underline{75°}}$ a 90° + 30° + 45° = $\underline{\underline{165°}}$.

Světelný paprsek vystoupí z půlválce pro středový úhel φ splňující podmínku $75°\leqslant\varphi\leqslant165°$.

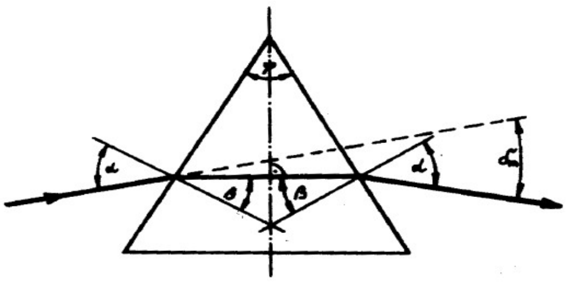
144. Minimální deviace jistého hranolu je 30°, jeho vrcholový úhel je 50°. Najděte index lomu skla, ze kterého je hranol zhotoven a úhel dopadu, splňující podmínku minimální deviace.

Řešení:

$\delta_m = 30°$
$\varphi = 50°$
$n = ?$
$\alpha = ?$



Obr. 1



Obr. 2

Na obr. 1 platí pro první a druhé rozhraní:

$$\sin\alpha_1 = n.\sin\beta_1$$

$$n.\sin\alpha_2 = \sin\beta_2$$

Světelný paprsek se po lomu odchýlí od původního směru o úhel δ_m. Platí

$\delta_m = \alpha_1 + \beta_2 - \varphi$

Po dosazení do zákona lomu, vezmeme-li v úvahu:

$\alpha_1 = \beta_2 = \alpha$ a $\beta_2 = \alpha_2 = \beta$

dostaneme pro index lomu vztah:

$$n = \frac{\sin\dfrac{\delta_m + \varphi}{2}}{\sin\dfrac{\varphi}{2}} = \frac{\sin\dfrac{30° + 50°}{2}}{\sin\dfrac{50°}{2}} = \underline{\underline{1{,}52}}$$

Na obr. 2 je ukázka úhlu s minimální deviací.

$$\delta_m = 2\alpha - \varphi$$

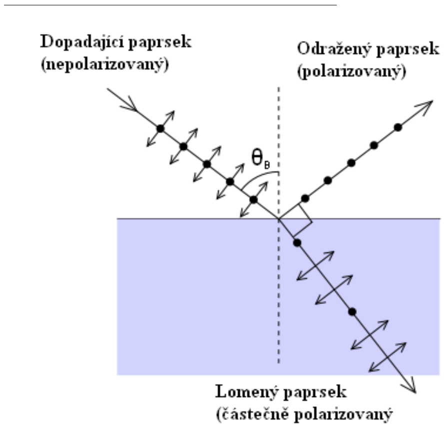
$$\alpha = \frac{\delta_m + \varphi}{2} = \frac{30° + 50°}{2} = \underline{\underline{40}}°$$

Index lomu skla je <u>1,52</u> úhel dopadu, splňující podmínku minimální deviace, je <u>40°</u>.

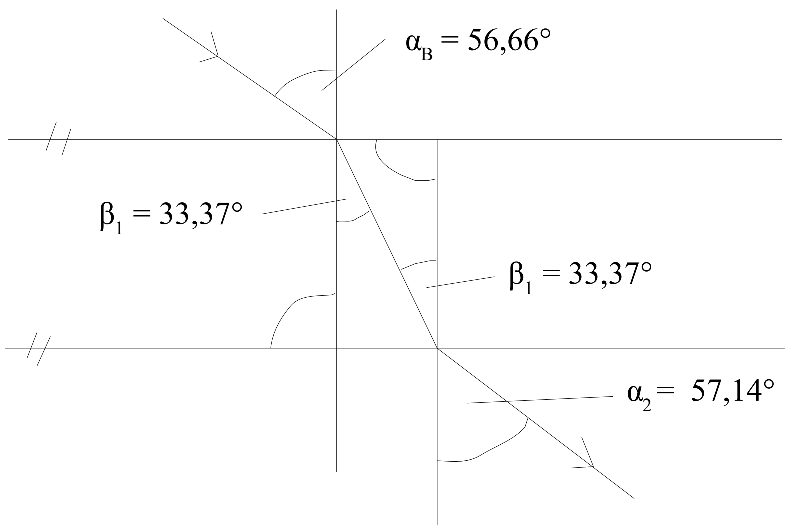
166. Proveďte grafické znázornění chodu paprsku světla planparalelní skleněnou deskou o indexu lomu 1,52 za předpokladu, že světlo dopadá ze vzduchu na první rozhraní pod Brewsterovým úhlem. Doložte výpočtem a ukažte na obrázku, že i na druhé rozhraní dopadá lomený paprsek pod Brewsterovým úhlem a že stejná podmínka je splněna i pro zpětný chod paprsků. (Na této skutečnosti je založeno použití tzv. Brewsterových okének v laserech.)

Řešení:

$n_{vzduch} = 1$
$n_{sklo} = 1{,}52$



Obr. 1



Obr. 2

$$tg\,\alpha_B = \frac{n_{sklo}}{n_{vzduch}} = \frac{1{,}52}{1} = 1{,}52 \Rightarrow \alpha_B = 56{,}66\,°$$

$$\frac{\sin\alpha_B}{\sin\beta_1} = \frac{n_{sklo}}{n_{vzduch}} \Rightarrow \sin\beta_1 = \sin\alpha_B \,.\, \frac{n_{vzduch}}{n_{sklo}} = \sin 56{,}66\,° \,.\, \frac{1}{1{,}52} = 0{,}55 \Rightarrow \beta_1 = 33{,}37\,°$$

$$\frac{\sin\alpha_2}{\sin\beta_1} = \frac{n_{sklo}}{n_{vzduch}} \Rightarrow \sin\alpha_2 = \sin\beta_1 \,.\, \frac{n_{sklo}}{n_{vzduch}} = \sin 33{,}37\,° \,.\, \frac{1{,}52}{1} = 0{,}84 \Rightarrow \alpha_2 = 57{,}14\,°$$

Úhly α_B a α_2 se v mých výpočtech nepatrně liší, to je však způsobeno zaokrouhlováním v mezivýpočtech.

220. Položíme-li plankonvexní čočku konvexní plochou na rovinnou skleněnou desku a osvětlíme-li systém shora monochromatickým světlem, vzniknou Newtonovy interferenční kroužky. Poloměr prvého světlého kroužku je r = 1 mm.

a) Jaká je vlnová délka použitého monochromatického světla, je-li poloměr křivosti konvexní kulové plochy R = 4 m?

b) Jaký bude poloměr prvého světlého kroužku, vyplní-li se prostor mezi čočkou a deskou vodou?

Řešení:

ρ_k = 1 mm = 0,001 m
R = 4 m
k = 0
a) $\lambda_{vzduchem}$ = ?
b) λ_{vodou} = ?

---

a) $$\frac{\rho_k^{\ 2}}{R}=(2.\mathrm{k}+1).\frac{\lambda_{vzduchem}}{2}\Rightarrow\lambda_{vduchem}=\frac{2.\rho_k^{\ 2}}{R.(2.\mathrm{k}+1)}=\frac{2.0{,}001^2}{4.(2.0+1)}=500.10^{-9}\ m=\underline{\underline{500\ nm}}$$

b) $$\lambda=c.T\Rightarrow\lambda=\frac{v}{f}\Rightarrow\lambda=\frac{c}{n.f}$$

$$\frac{\rho_k^{\ 2}}{R}=(2.\mathrm{k}+1).\frac{\lambda_{vzduchem}}{n.2}\Rightarrow\rho_k=\sqrt{R.(2.5+1).\frac{\lambda}{n.2}}=\sqrt{4.(2.0+1).\frac{\lambda}{1{,}33.2}}=8.67.10^{-4}\ m=\underline{\underline{0{,}867\ mm}}$$

Vlnová délka použitého monochromatického světla je 500 nm. Jestliže se prostor mezi čočkou a deskou vyplní vodou, bude poloměr prvého světlého kroužku 0,867 mm.