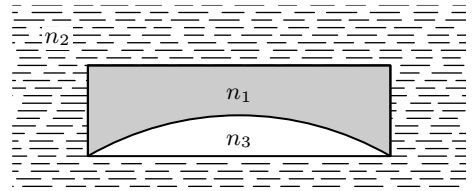
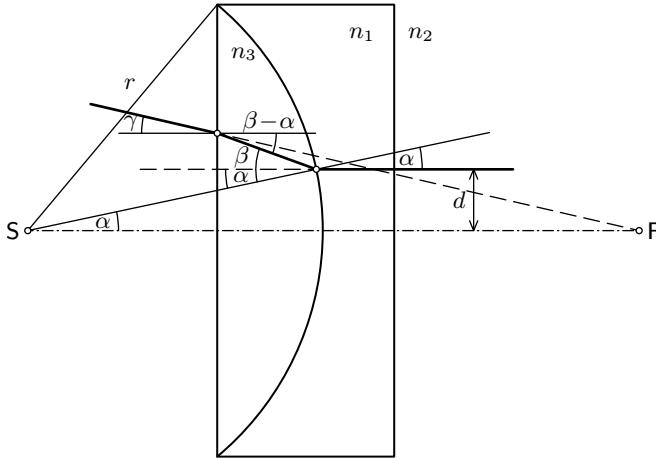


12. ročník, úloha II. 4 ... čočka ve vodě (3 body; průměr ?; řešilo 46 studentů)

Tenká, ploskodutá čočka je ponořena do vody ve vodorovné poloze dutou stranou dolů, jak ukazuje obrázek. Celková optická mohutnost takto vytvořené optické soustavy je $D = -2,6$ dioptrií. Určete poloměr křivosti skleněné čočky. ($n_1 = 1,5$; $n_2 = 1,33$; $n_3 = 1$).



Obr. 1



Obr. 2

Úlohu lze řešit mnoha způsoby — například můžeme využít toho, že celková optická mohutnost tenkých čoček těsně k sobě přiložených je rovna součtu optických mohutností jednotlivých čoček nebo pomocí paraxiálních paprsků. Protože se první způsob při znalosti vztahu pro výpočet ohniskové vzdálenosti tenké čočky (uveden ve většině tabulek či učebnic fyziky) redukuje na vyjádření neznámé ze jmenovatele, tak bych se věnoval způsobu druhému.

Jako první způsob předpokládá, že se čočka nachází v nevelké hloubce a vzduchová bublina není zakřivena. Paprsek rovnoběžný s optickou osou dopadá „zhora“ na čočku. Na rozhraní voda-sklo se neláme (dopadá kolmo), na rozhraní sklo-vzduch dopadá pod úhlem α a láme se pod úhlem β , na rozhraní vzduch-voda dopadá pod úhlem $\beta - \alpha$ a láme se pod úhlem γ . Vzhledem ke zjednodušení uvedeným výše a v zadání (paraxiální paprsky, rozhraní voda-sklo a vzduch-voda jsou rovnoběžná, tenká čočka) budou úhly α, β, γ malé a můžeme využít rovnosti $\sin \varphi \doteq \text{tg } \varphi \doteq \varphi$ (pro úhel φ zadaný radiánech). Z obrázku je patrné, že $\sin \gamma = d/f \doteq \gamma$ a ze zákona lomu plyne $n_2 \sin \gamma = n_3 \sin(\beta - \alpha)$ a tedy

$$\beta - \alpha = \frac{\gamma n_2}{n_3} = \frac{dn_2}{fn_3}. \quad (1)$$

Dále platí (zákon lomu pro rozhraní voda-sklo) $n_1 \sin \alpha = n_3 \sin \beta$ a tedy $\alpha n_1 = \beta n_3 \Rightarrow \beta = \alpha n_1/n_3$ a po dosazení z trigonometrického vztahu $\sin \alpha = d/r \doteq \alpha$ dostáváme $\beta = dn_1/rn_3$,

což můžeme dosadit do (1)

$$\frac{dn_1}{rn_3} - \frac{d}{r} = \frac{dn_2}{fn_3}$$

a s využitím toho, že $f = 1/D$ dostaneme výsledný vztah

$$r = \frac{n_1 - n_3}{Dn_2}.$$

Číselně vychází pro zadané hodnoty $r = -14,5$ cm. Zápornost výsledku je způsobena znaménkovou konvencí.

Jan Prokleška