

22. ročník, úloha V. 2 ... bitva o Británii (4 body; průměr 2,90; řešilo 10 studentů)

K odhalování nalétávajících bombardérů se používají silné světlomety s úzkým paprskem světla. Jaká bude jeho odchylka od původního směru v závislosti na úhlu natočení zdroje po průchodu atmosférou? Uvažujte, že hodnota indexu lomu s výškou lineárně klesá.

Z archivu Honzy Jelínka.

Snellův zákon říká, že při lomu na rovinném rozhraní mezi prostředními s indexy lomu N_k a N_{k+1} , přičemž dopadající paprsek svírá s kolmicí na rozhraní úhel o velikosti ϑ_k a lomený paprsek úhel o velikosti ϑ_{k+1} , platí

$$\frac{\sin \vartheta_k}{N_k} = \frac{\sin \vartheta_{k+1}}{N_{k+1}}.$$

Pokud máme rovnoběžných rovinných rozhraní několik, mezi prostředními N_0, N_1, \dots, N_n , pak platí

$$\frac{\sin \vartheta_0}{N_0} = \frac{\sin \vartheta_1}{N_1} = \dots = \frac{\sin \vartheta_n}{N_n},$$

tedy za předpokladu, že na žádném z rozhraní nedojde k úplnému odrazu, závisí poměr mezi počáteční a výslednou odchylkou pouze na indexu lomu prvního a posledního prostředí, nezávisle na tom, kolik rozhraní se vyskytne. Atmosféru pak můžeme považovat za takovou řadu rovnoběžných rozhraní (přičemž $N \rightarrow \infty$, zakřivení atmosféry zanedbáváme). Že na žádném z těchto rozhraní k úplnému odrazu nedojde, nám dává podmínka, že pro libovolné místo k v atmosféře platí

$$1 > \frac{N_k}{N_0} \sin \vartheta_0,$$

kde N_0 a ϑ_0 jsou index lomu a odchylka paprsku při povrchu. V našem případě, kdy jde index lomu lineárně od N_0 k jedné, to znamená

$$\frac{\sin \vartheta_0}{N_0} < 1.$$

Marek Nečada

marekn@fykos.mff.cuni.cz