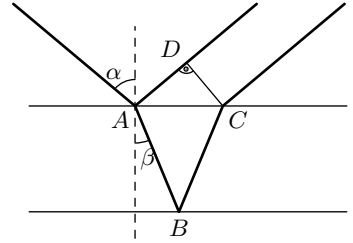


14. ročník, úloha IV. 2 ... ropná skvrna (5 bodů; průměr ?; řešilo 30 studentů)

Mějme na vodní kaluži kruhovou skvrnu od oleje o poloměru 1 m a tloušťce $10 \mu\text{m}$. Na tuto skvrnu se díváme z její osy z výšky 1 m. Skvrna je osvětlena bílým světlem ze všech stran. Světlo z jednoho směru můžeme považovat za koherentní. Jaké barvy na hladině uvidíme?

Navrhla Lenka Zdeborová inspirována cvičením z optiky.

Uvažujme místo, kde světlo na vrstvu dopadá pod úhlem α (úhly měříme od kolmice k vrstvě). Část vlny se odráží na rozhraní vzduch–olej (viz obr. 1), zbytek projde a opět se odrazí (či projde) od rozhraní olej–voda. V bodě C se opět vlna částečně odrazí a částečně projde atd. Nás zajímají zejména vlny odražené zpět do vzduchu. Tyto vlny se spolu skládají, v běžných případech stačí uvažovat první dvě odražené vlny, ostatní mají zanedbatelnou intenzitu. Při skládání vln hraje stěžejní roli rozdíl optických drah Δ obou vln. Spočtíme ho tedy nyní. Index lomu vody je menší než index lomu oleje, tedy při odrazu v bodě A dochází ke změně fáze vlnění (dráhový rozdíl $\lambda/2$), kdežto při odrazu v bodě B se fáze nemění. Dráhový rozdíl tedy je $\Delta = 2n|AB| - |AD| + \lambda/2$. Nesmíme zapomínat na to, že vlnoplocha je kolmá k paprsku, tudíž odečítáme vzdálenost $|AD|$. Indexem lomu násobíme, neboť do opticky hustého prostředí se vejde n -krát více vlnových délek než do vakua (frekvence vlnění je stejná, ale rychlost je menší). Z geometrie na obrázku a zákona lomu $n \sin \alpha = n \sin \beta$ dostáváme postupně



Obr. 1

$$\Delta = \frac{2nd}{\cos \beta} - 2d \operatorname{tg} \beta \sin \alpha + \frac{\lambda}{2} = \frac{2dn^2}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} - \frac{2d \sin^2 \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} + \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2}.$$

Aby interference byla konstruktivní, musí být dráhový rozdíl celočíselným násobkem vlnové délky ve vakuu. Tedy podmínka pro zesílení určité vlnové délky v určitém úhlu je

$$4d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = (2k - 1)\lambda.$$

Rozdíl dvou sousedních vlnových délek, které se zesílí je

$$\lambda_1 - \lambda_2 = \frac{8d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{4k^2 - 1} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$$

$$\Delta \lambda < \frac{\lambda_c^2}{2d\sqrt{n^2 - 1}},$$

Pro $\lambda_c = 800 \text{ nm}$, $n = 1,5$ je $\Delta \lambda < 30 \text{ nm}$. Viditelné spektrum je široké asi 500 nm , tedy v každém místě se zesiluje alespoň 16 různých vlnových délek. Na hladině tedy uvidíme opět bílé světlo, abychom viděli duhové barvy, musela by vrstva být užší.

Lenka Zdeborová

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.