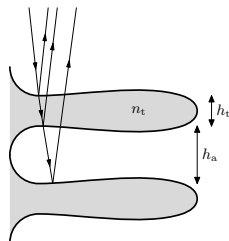


Úloha II.4 ... motýli

7 bodů; průměr 4,43; řešilo 56 studentů

Duhové modrozelené zbarvení povrchu křídel motýlů z rodu MORPHO je důsledkem konstruktivní interference světla odraženého na tenkých terasovitě uspořádaných stupních průsvitných kutikul (buněčných blan na povrchu křídel). Stupně mají index lomu $n_t = 1,53$ a tloušťku $h_t = 63,5$ nm a jsou odděleny mezerou vzduchu tloušťky $h_a = 120,3$ nm, viz obrázek. Světlo na ně dopadá kolmo. Pro jaké vlnové délky viditelného světla vzniká při odrazu interferenční maximum?

Domča chytala motýly v lednovém zkouškovém.



Aby došlo ku konstruktívnej interferencii, jednotlivé lúče musia mať fázový rozdiel $\Delta\Phi = 2k\pi$, kde k je celé číslo. Fázy určíme z optických dráh jednotlivých lúčov.

Pre prvý lúč, ktorý sa odráža od prvého rozhrania, platí $\Phi_1 = \Phi_0 - \pi$, kde Φ_0 je fáza žiarenia pri dopade na prvé rozhranie. Keďže ide o odraz od opticky hustejšieho prostredia sa navyše zmenila fáza na opačnú.

Druhý lúč sa odráža od druhého rozhrania, prekoná optickú dráhu $s_2 = 2n_t h_t$, pri odraze na rozhraní k zmene fázy nedochádza. Celkovo je teda fáza po odraze a opätovnom prechode prvým rozhraním

$$\Phi_2 = \Phi_0 + 2\pi \frac{2n_t h_t}{\lambda}.$$

Tretí lúč sa odráža od tretieho rozhrania a prekoná optickú dráhu $s_3 = 2(n_t h_t + n_a h_a)$, kde $n_a = 1$ je index lomu vzduchu. Pri odraze dochádza k zmene fázy, po opätovnom prechode prvým rozhraním má tento lúč fázu

$$\Phi_3 = \Phi_0 + 4\pi \frac{n_t h_t + n_a h_a}{\lambda} - \pi.$$

Pre fázové rozdiely dvojíc lúčov dostávame

$$\begin{aligned} \Delta\Phi_{2,1} &= 4\pi \frac{n_t h_t}{\lambda} + \pi = 2k\pi & \lambda_{2,1} &= \frac{4}{2k-1} n_t h_t, \\ \Delta\Phi_{3,1} &= 4\pi \frac{n_t h_t + n_a h_a}{\lambda} = 2k\pi & \lambda_{3,1} &= \frac{2}{k} (n_t h_t + n_a h_a), \\ \Delta\Phi_{3,2} &= 4\pi \frac{n_a h_a}{\lambda} - \pi = 2k\pi & \lambda_{3,2} &= \frac{4}{2k+1} n_a h_a. \end{aligned}$$

Zostáva nám dosadiť číselné hodnoty. Môžeme si všimnúť, že so zvyšujúcim k sa vlnová dĺžka svetla znižuje. S vlnovou dĺžkou väčšou ako $\lambda = 380$ nm dostávame len prvé maximum vo všetkých troch prípadoch s vlnovými dĺžkami¹

- $\lambda_{2,1} = 389$ nm, čo je fialové svetlo na hranici viditeľnosti ľudským okom,
- $\lambda_{3,1} = 435$ nm, čo je fialovo-modré svetlo,
- $\lambda_{3,2} = 481$ nm, čo je modro-tyrkysové svetlo.

¹V treťom prípade by sme mohli hovoriť o nultom maxime, keďže preň $k = 0$.

Ďalšie interferenčné maximá by sme mohli hľadať pre viacnásobné odrazy, teda v prípade, keď sa lúče odrazia aspoň raz smerom nadol. Tieto maximá však budú málo výrazné, keďže k ich vzniku potrebujeme aspoň trojnásobný odraz, pričom každým odrazom sa stráca časť intenzity svetla.

Jozef Lipták
liptak.j@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.