

Duha (A4)

Jitka Prokšová, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň

Tento článek je určen studentům řešícím FO v kategorii A. Redakce doporučuje jeho rozmnožení a rozdáni studentům.

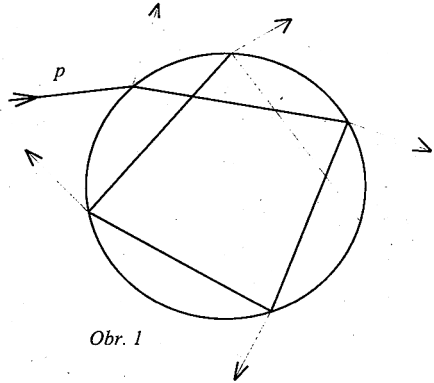
Duhu řadíme mezi běžné optické úkazy v atmosféře. Přestože ji každý jistě mnohokrát viděl, dokáže nás vždy znovu upoutat – nejen svou nápadnou zářivou barevností na jinak šedomodré obloze, ale snad nejvíce tím, jak je pokaždé jiná. Pokusme se nyní vysvětlit, proč tomu tak je.

Oblouk duhy vzniká při průchodu slunečních paprsků vrstvami vzduchu, obsahujícími v dostatečném množství větší vodní (obvykle dešťové) kapky, přičemž Slunce se nachází za pozorovatelem. Je to jev, který se vytváří nejen důsledkem lomu a vnitřních odrazů světelných paprsků na vodních kapkách, ale i interferencí lomených a odražených paprsků.

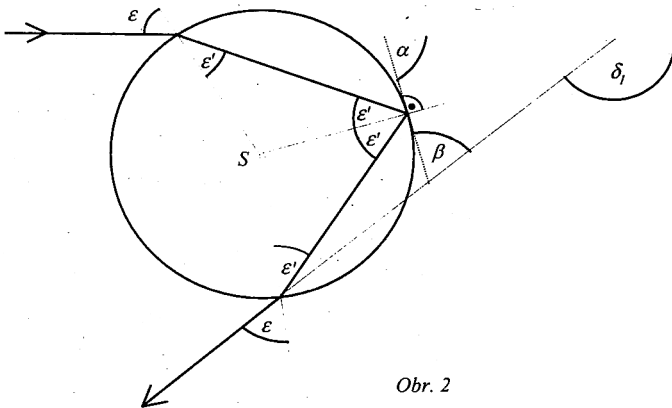
Vyjděme tedy nejdříve z poznatků geometrické optiky, ke kterým později přibereme některé důsledky vyplývající z vlnové povahy světla. Na obr. 1 je znázorněn řez kulovou kapkou, na kterou dopadá paprsek p monochromatického světla. Část světla se odráží a část se láme do kapky, tento postup se opakuje pokaždé, když paprsek dospěje k povrchu kapky (tedy čím více vnitřních odrazů paprsek prodělá, tím je jeho výsledná intenzita menší).

V případě jednoho vnitřního odrazu změni paprsek svůj směr o tzv. úhel stočení δ , který snadno určíme z obr. 2

$$\alpha = \beta = (\varepsilon - \varepsilon') + \left(\frac{\pi}{2} - \varepsilon'\right) \Rightarrow \delta_1 = \alpha + \beta = 2 \cdot (\varepsilon - \varepsilon') + (\pi - 2 \cdot \varepsilon'). \quad (1)$$

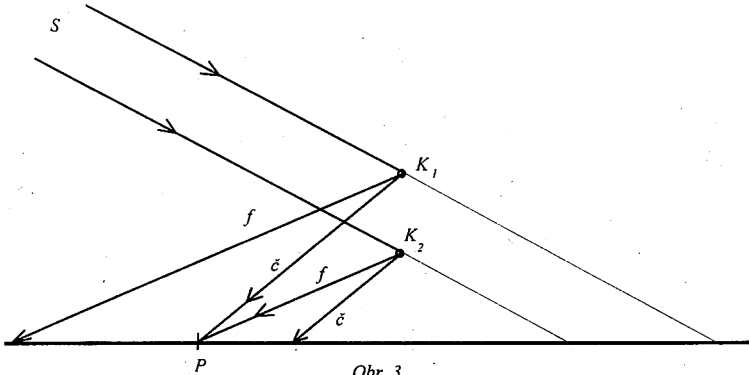


Obr. 1



Obr. 2

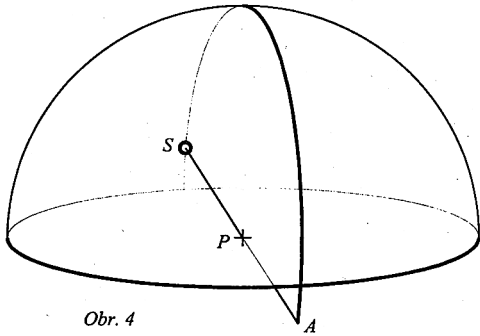
* proksovj@kof.zcu.cz



Obr. 3

Tyto body leží na kružnici, jejíž střed se nachází na přímce spojující Slunce s pozorovatelem, avšak na opačné straně než Slunce. Nazýváme jej tzv. protislunečním bodem A .

Při vzrůstající výšce Slunce bod A klesá, takže oblouk nad obzorem je stále menší. Pozorovatel tedy vidí duhu jako pás tvořený soustřednými barevnými kružnicemi. Takto vzniklá duha (tzn. při poloze Slunce nad obzorem do $42^\circ 30'$) se nazývá hlavní (primární).



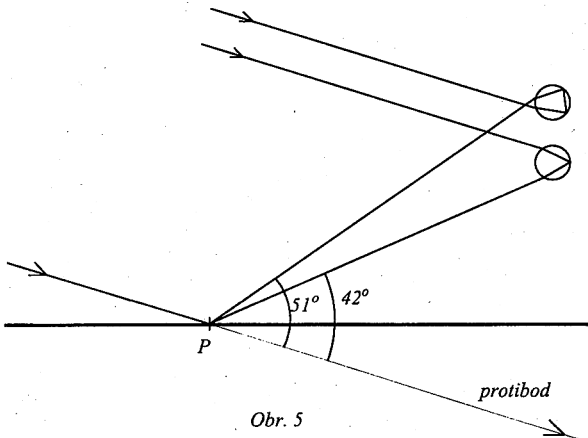
Obr. 4

Dvojnásobným vnitřním odrazem na vodní kapce dochází k vytvoření tzv. vedlejší (sekundární) duhy, neboli pro $k=2$ vyplývají tyto hodnoty úhlů: $\varepsilon \doteq 74^\circ 53'$,

$\varepsilon'_{\min} = 45^\circ 35'$ a $\delta_{\min} = 230^\circ 16'$. Jedná se o sudý počet vnitřních odrazů, a proto vystupující paprsek svírá se směrem dopadajícího paprsku úhel doplňkový k δ_{\min} , tzn. $360^\circ - 230^\circ = 130^\circ$.

Při zpětném promítnutí na nebeskou klenbu to znamená, že vedlejší duha bude asi 8° nad hlavní duhou (tedy je možné ji pozorovat, dokud výška Slunce nad obzorem nepřesáhne 50°).

Šířka pásu vedlejší duhy je dvakrát větší než v případě hlavní duhy – tedy asi 4° . Vedlejší duha je ale méně výrazná a



Obr. 5

je pro ni charakteristický převrácený sled barev (uvnitř červená, vně fialová).

Jen vzácně se setkáváme s tzv. terciální duhou, která je vytvářena paprsky odražejícími se uvnitř kapky třikrát ($\delta_{\min} = 43^\circ$) a která je tedy pozorovatelná na opačné straně než duha hlavní a vedlejší. Bývá proto také nazývána „duhou kolem Slunce“.

Při dalších vícenásobných odrazech dochází k takovému zeslabení intenzity slunečních paprsků, že při pozorování pouhým okem je spatření takového jevu velmi nepravděpodobné.

Při výkladu duhy je třeba uvážit, že duha neobsahuje jen světlo paprsků minimální odchylky (viz obr. 6 – paprsek p), ale je výsledkem interference lomených a odražených paprsků. Paprsky, které na kapku dopadají pod paprskem p (tzn. paprsky typu p_2) vystupují z kapky nad p' . Ostatní paprsky (typu p_1) vstupující nad paprskem p ji opouštějí pod p' , ale vnikají přitom do prostoru nad tímto paprskem.

Všechny tyto paprsky jsou koherentní a tedy navzájem interferují. Vzdálenosti maxim a jejich velikost mohou vycházet rozdílně (v případě červeného světla, které se nejméně odchyluje, vznikají hlavní maxima při menších úhlech než u fialového světla). Překrýváním všech barevných složek se pak vytváří výsledný barevný vjem.

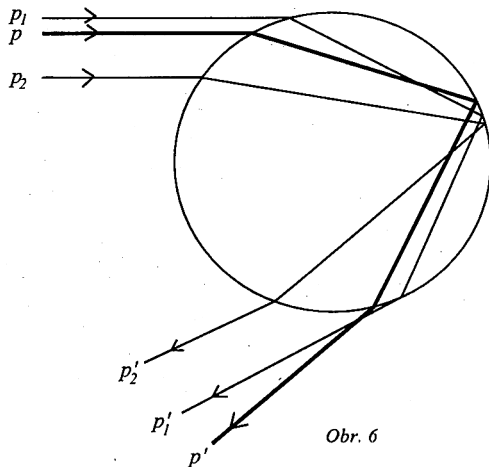
Pro praktického pozorovatele může být velmi zajímavá souvislost vzhledu hlavní (popřípadě vedlejší) duhy s velikostí vodních kapek, což uvádí následující tabulka:

Tabulka č. 1: Závislost vzhledu duhy na velikosti vodních kapek

Poloměr vodních kapek	Charakteristika vzhledu duhy
(0,5–1) mm	široký fialový pruh, jasně patrná zelená a červená barva, větší počet podružných duhových oblouků, v nichž je nejzřetelnější fialová a zelená barva
0,25 mm	slabší červená barva, menší počet podružných duhových oblouků s převládající fialovou a červenou barvou
(0,10–0,15) mm	poměrně široký pás duhy téměř bez červené barvy, nažloutlé podružné duhové oblouky
(0,04–0,05) mm	široký a poměrně bledý pás duhy, nejvýrazněji patrná fialová barva
0,03 mm	bílý pruh v hlavní duze
< 0,025 mm	tzv. duha v mlze jeví se pouze jako bílý pruh

Literatura:

- [1] Bednář J.: *Pozoruhodné jevy v atmosféře*. Academia, Praha 1989.
 [2] Fuka J., Havelka B.: *Optika*. SPN, Praha 1961.



Obr. 6