

# Prečo je dúha farebná a prečo je kruhová

*Doc. PhDr. František Gahér, CSc.*

1. Dúha ako prírodný úkaz
2. História vysvetlení (predvedecké, vedecké)
3. Svetlo a tri druhy prostredí (priezračné, priesvitné, nepriepustné – nepriesvitné)
4. Odraz svetla
5. Lom svetla
6. Prechod svetla kvapkou vody
7. Prečo sú pozorovateľné dve dúhy?
8. Prečo je dúha kruhová?
9. Prečo je dúha farebná?

## 1. Dúha ako prírodný úkaz

Človeka ohromujú prekvapivé a fascinujúce prírodné úkazy. Najmä ak sa zjavujú za veľmi špecifických podmienok a iba na veľmi krátky čas. Asi najväčším dojmom na nás pôsobí okrem Slnka, Mesiaca, hviezd, bleskov a hromov krásna fascinujúca dúha. Každý z nás ju videl veľa krát – nádherný farebný oblúk na oblohe pri daždi alebo na vodopáde či pri polievaní. Najčastejšie to býva poobede či podvečer.

## 2. História vysvetlení princípu dúhy

### Predvedecké vysvetlenia

Hádam odjakživa sa ľudia snažili vysvetliť vznik a princíp dúhy. Predvedecké vysvetlenia boli veľmi rôznorodé a dúha bola pre niektoré národy znamením nádeje a zmierenia, pre iné symbolom démonických síl. Napríklad podľa Biblie je dúha symbolom božskej dohody so Zemou o tom, že už nedôjde k zhubnej potope. Celkom opačne hodnotia dúhu niektoré kmene z Barmy, podľa ktorých dúha predstavuje nebezpečné démonické sily, ktoré sú schopné pohltiť ľudskú dušu. Aj pre príslušníkov afrického kmeň Zuluov nie je dúha vítaným javom. Pre niektorých Laponcov zas stelesňuje dúhový oblúk boha hromu, ktorý miesto šípov strieľa blesky.

### Prvé vedecké vysvetlenia

O jedno z prvých takmer vedeckých vysvetlení sa pokúsil v staroveku grécky učenec Aristoteles (384 – 322 p.n.l.), keď vysvetľoval dúhu ako odraz slnečných lúčov na dažďovom mraku. Prvé vedecké vysvetlenie dúhy na princípoch geometrickej optiky objavil francúzsky učenec René Descartes (1596 – 1650), ktorý objavil zákon lomu svetla.

## 3. Svetlo a tri druhy prostredí (priezračné, priesvitné, nepriepustné)

Descartes rozlišoval prostredie z hľadiska vplyvu na prechod svetla na tri druhy:

1. to prostredie, ktoré zjavne neovplyvňuje prechod svetla – lúče svetla nemenia ani

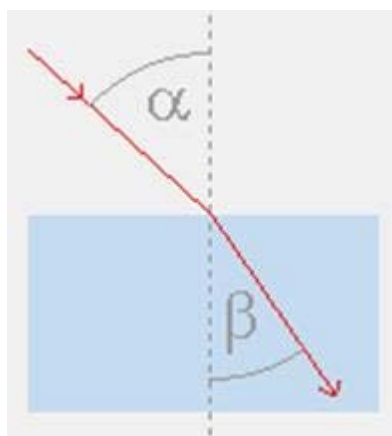
svoj smer, ani svoju farbu, ani intenzitu. Takýmto priezračným prostredím je približne napríklad vzduch. 2. Voda časť lúčov odráža – akoby na hladine rieky, jazera či mora bolo nesmierne množstvo zrkadielok. Druhú časť lúčov svetla však voda prepúšťa, pričom ich láme. Palička ponorená do vody vyzerá akoby zlomená v bode, kde palička pretína hladinu. Takéto priesvitné prostredie je oproti priezračnému opticky hustejšie. 3. Predmety, ktoré neprepúšťajú žiadne svetlo, sú nepriesvitné. Princíp dúhy – jej hlavné rysy môžeme vysvetliť na základe lomu a odrazu svetla.

## 4. Odraz svetla

Svetelné lúče pri dopade napríklad na vodnú hladinu pod určitým uhlom sa odrážajú pod rovnako veľkým uhlom ako dopadali, ale v opačnom polpriestore. Časť lúčov preniká do vody, a preto je odrazené svetlo o čosi slabšie. Descartes odraz svetla pripodobňoval k odrazu loptičky.

## 5. Lom svetla

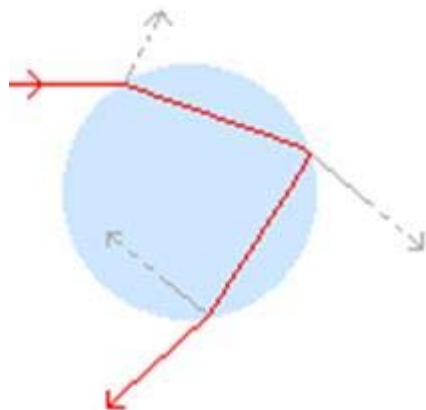
René Descartes pred viac ako 400 rokmi zistil, že svetelné lúče pri prechode z prostredia opticky redšieho do prostredia opticky hustejšieho sa lámu, a to ku kolmici.



**Obr.1** Vzťah medzi uhlom dopadu ( $\alpha$ ) a uhlom lomu ( $\beta$ ) sa dá presne vyjadriť. Pre tie-ktoré dve prostredia závisí od konštanty, ktorá sa nazýva index lomu. Na obrázku vidíte lom ku kolmici. Pri prechode svetla z opticky hustejšieho prostredia do prostredia redšieho sa lúče lámu od kolmice.

## 6. Prechod svetla kvapkou vody

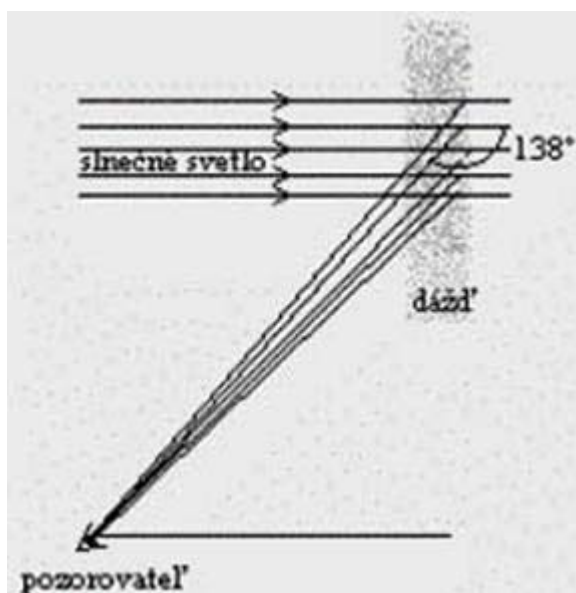
Všetci vieme, že dúha vzniká najčastejšie tam, kde slniečko osvetľuje dážď, alebo vodnú hmlu pri polievaní alebo vodopád. Descartes preto navrhol vysvetlenie, že dúha vlastne vzniká pri lome a odraze svetelných lúčov na veľkom množstve kvapiek vody. Kvapôčky vody, ktoré sa vlastne vznášajú vo vzduchu a na ktorých sa svetlo láme a odráža tak, že tvorí dúhu, sú malinké - menšie ako 1 milimeter. Aby sme pochopili základný princíp dúhy, všimneme si, ako prechádza svetlo jednou kvapkou vody.



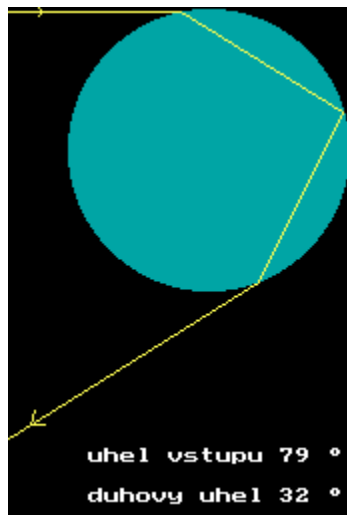
**Obr. 2** Svetelný lúč v hornej polovici kvapky sa najprv láme (ku kolmici, pretože voda je hustejšia ako vzduch), potom sa na opačnej vnútornej stene kvapky jedna časť lúčov odrazí a druhá časť sa láme (od kolmice) a opúšťa kvapku. Tá časť lúčov, čo sa odrazila a putuje vnútom kvapky, narazí na jej stenu a láme sa ku kolmici.

## 7. Prečo sú pozorovateľné dve dúhy?

Lúče svetla vnikajú do kvapky v rôznych vzdialenostiach od osi kvapky smerujúcej k Slnku. Ak by sme púšťali jeden lúč po druhom v rôznych vzdialenostiach od osi, ukázalo by sa, že vystupujúce lúče sa budú koncentrovať najviac okolo uhla 42 stupňov.



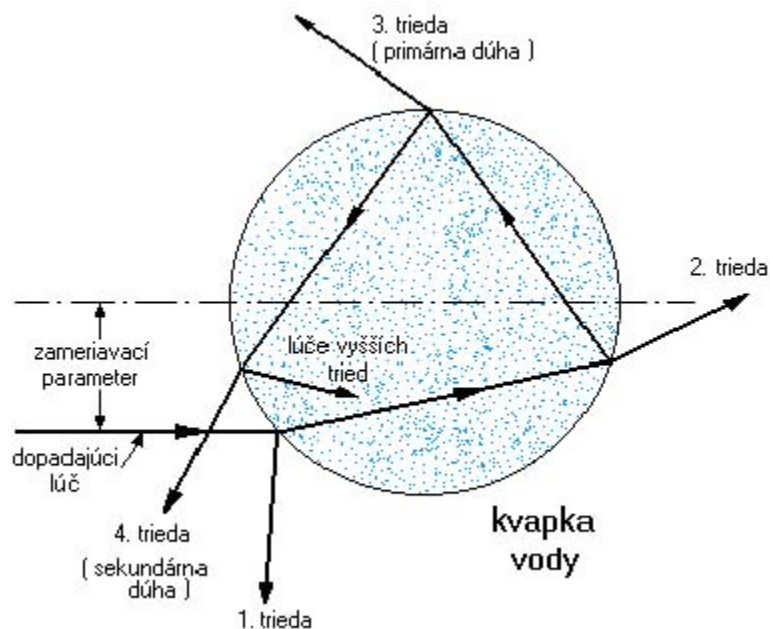
**Obr. 3** Descartes toto určil jednak na základe presných výpočtov, a jednak na základe pozorovaní prechodu svetla cez fľaše naplnené vodou. Výborným modelom je sklenená guľa naplnená vodou. Preto primárnu (hlavnú) dúhu budeme vždy pozorovať práve pod týmto uhlom.



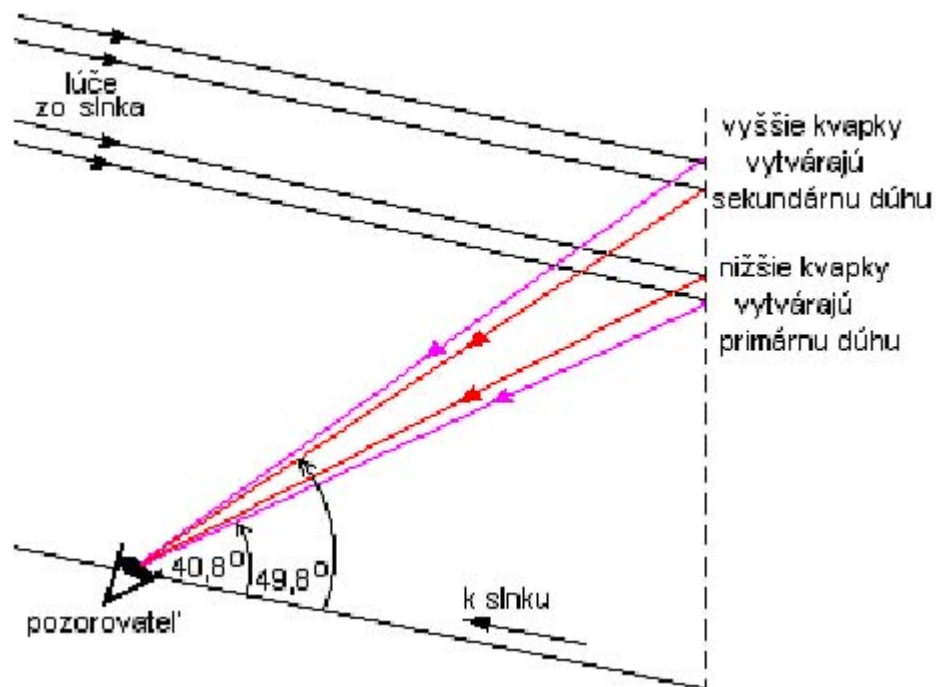
Obr. 4

Dúha nie je pozorovateľná, ak Slnko je vyššie nad obzorom ako je  $42^\circ$ . Ak je Slnko nízko nad obzorom, dúha vytvára vysoký oblúk, ak je Slnko vyššie nad obzorom, ale do  $42^\circ$ , dúha vytvára nižší oblúk.

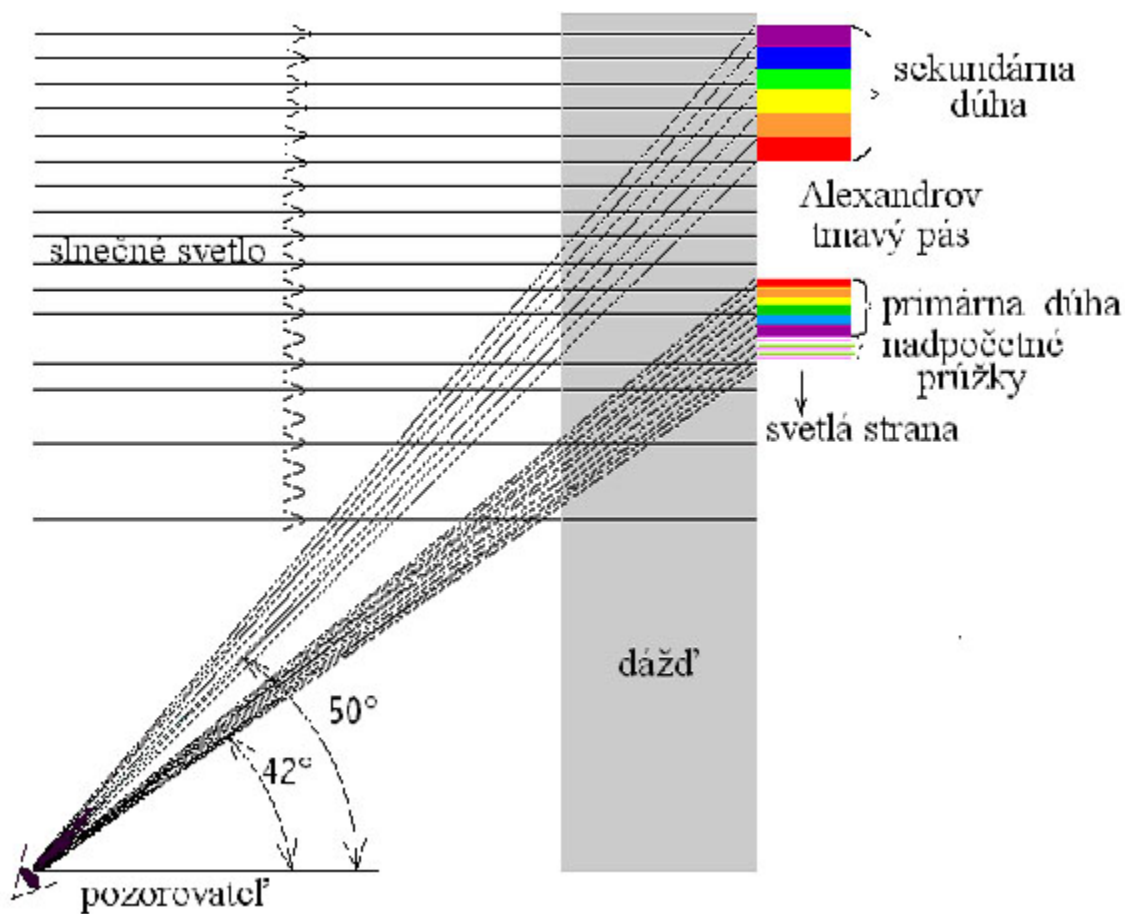
Lúče svetla sa môže vo vnútri kvapky odraziť viackrát a niektoré z nich budú aj pozorovateľné ako vedľajšia dúha. Lúče svetla môžu vstupovať do kvapky aj v jej spodnej časti, a to tak, že sa lúč najprv láme, potom sa odrazí na vnútornej stene kvapky prvý raz, potom sa odrazí druhý raz, a napokon sa láme a vystupuje z kvapky. Dá sa vypočítať aj pokusmi overiť, že najviac takýchto lúčov bude vystupovať pod uhlom asi  $51$  stupňov. Tieto lúče budú tvoriť tzv. sekundárnu (vedľajšiu) dúhu.



Obr. 5 Dráha lúča vo vnútri kvapky



Obr. 6



**Obr. 7** Medzi dúhovým uhlom hlavnej dúhy (42 stupňov) a uhlom vedľajšej dúhy je tmavý pás,, ktorý sa nazýva Alexandrov pás po gréckom filozofovi Alexandrovi z Afrodiziady, ktorý tento pás podrobne opísal v druhom storočí n.l.

## 8. Prečo je dúha kruhová?

Bežne pozorujeme dúhu ako oblúk. Jednou z najčastejších odpovedí na otázku Prečo má dúha kruhový tvar? býva odpoveď: Lebo Zem je guľatá. Možno by niekto odpovedal lebo Slnko je guľaté. Tieto odpovede nie sú správne. Ved' keď pozorujeme dúhu v malom vodopáde, sotva jej tvar môže ovplyvniť tvar Zeme. Správnou odpoveďou je Dúha má tvar kruhového oblúka preto, lebo kvapka vody ma tvar gule. Lúče svetla dopadajú na kvapku nielen v jednej rovine, ale vo všetkých rovinách, preto vidíme dúhu ako oblúk symetrický okolo osi, kam smeruje pozorovateľov tieň vrhaný Slnkom. Preto z vysokých kopcov či z lietadla je pozorovateľná dúha ako uzavretý kruh.

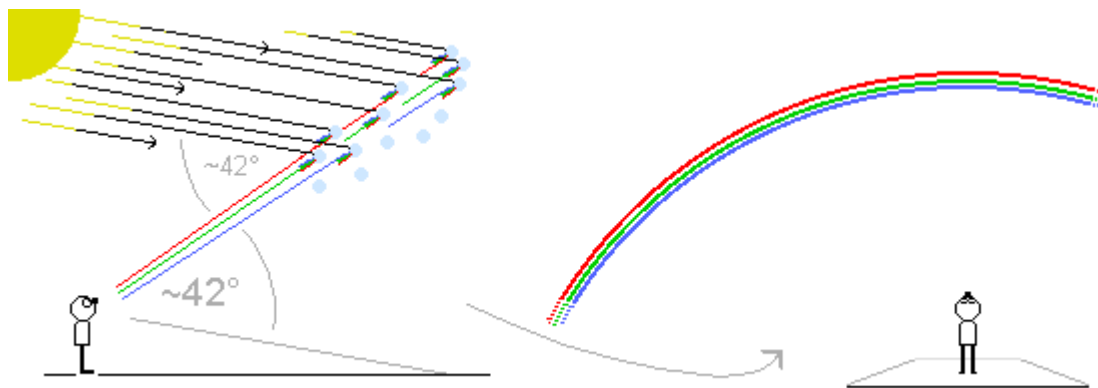


**Obr. 8** Kruhová dúha.

## 9. Prečo je dúha farebná?

Otázku farebnosti dúhy Descartes nevedel vysvetliť. Toto sa podarilo až anglickému fyzikovi Newtonovi (1642 – 1727), ktorý ukázal pomocou rozkladu svetla pri prechode cez sklený hranol, že biele svetlo sa skladá z farebných zložiek a že svetlo každej dúhovej farby má odlišný index lomu, a teda lúče vychádzajúce z dažďových kvapiek sa budú koncentrovať pre jednotlivé farby v mierne odlišných uhloch, čím sa vysvetľujú farebné pásy v dúhe. Červené svetlo sa láme najmenej, fialové najviac, preto sú krajnými farbami dúhy.

Sekundárna dúha má poradie farieb opačné oproti primárnej, pretože vzniká na základe ešte jedného odrazu, kde sa poradie farieb obracia. Sekundárna dúha je vďaka tomuto naviac odrazu oproti primárnej dúhe slabšia, pretože pri každom odraze sa „sila“ svetla zoslabuje.



**Obr. 9**

Na dúhe sú pozorovateľné ešte iné javy, napríklad nadpočetné prúžky farieb a pod. Na vysvetlenie týchto črt dúhy už nestačí geometrická optika, a je potrebné zohľadniť aj iné vlastnosti svetla.

## **10. A teraz niekoľko obrázkov pre potešenie oka, ale aj na rozmýšľanie**