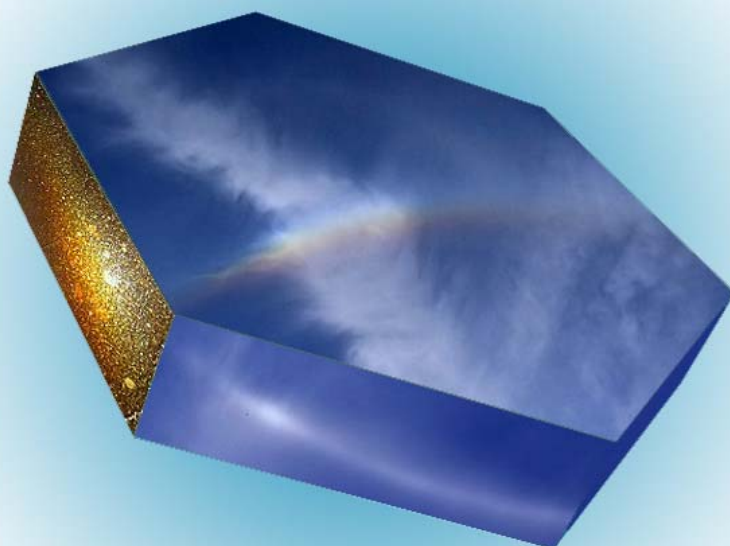


Velký halový slovník



Roman Maňák
2006

Předmluva

Když jsem v říjnu 2004 propadnul kouzlu halových jevů, myslel jsem, že teorie jejich vzniku a vše, co je s tím spojené, zabere místo nanejvýš na třech čtyřech desítkách stránek formátu A4, že halové jevy jsou vzácné a že jich existuje pouze několik různých tvarů. Velice brzy jsem však zjistil, že všechny tyto úvahy byly mylné. Halových jevů existuje spousta desítek odrůd, některé z nich jsou až překvapivě časté a teorie, která je s haly spojená, je velice obsáhlá, i když se to na první pohled nemusí zdát – vždyť jde přeci jen o skupinu duhových či bílých oblouků, skvrn a kol na obloze.

S tím, jak jsem začal pozorovat halové jevy hodně aktivně a jak jsem se naučil poznávat jejich jednotlivé odrůdy, tím více mě zajímalo jak vznikají. Odpovědi jsem našel záhy, ale většinou se jednalo jen o texty, které popisovaly stále dokola několik nejčastějších jevů a navíc velmi povrchně. Nezbyvalo mi nic jiného než se pustit do četby odborných článků. Ač se to zprvu nezdálo, na Internetu se jich dá najít docela dost. Některé z těchto článků byly docela jednoduché na porozumění, jiné však, a těch bylo většina, vyžadovaly, abych si osvojil spoustu termínů, zákonů a vztahů z meteorologie, optiky a částečně také jiných vědních disciplín. A tahle moje snaha se vyplatila – připadalo mi neobyčejné, když se mi jednoho dne povedlo spočítat, v jaké zenitové vzdálenosti se nachází cirkumzenitální oblouk v závislosti na výšce slunce nad obzorem.

Brzy jsem začal psát články do Parhelia, zřídka i jinam a někdy v tu dobu se mi v hlavě začal klubat nápad, že bych se mohl pustit do takového díla, jakým je halový slovník – do díla, které by encyklopedickou formou shrnovalo vše, co s halovými jevy souvisí. Než jsem se však do toho pustil, uplynulo ještě hodně měsíců, kdy jsem přemýšlel, zda to vůbec má cenu, zda si najdu dost času na tvorbu takového díla a hlavně zda na to moje vědomosti stačí. Po dlouhém přemýšlení a poté, co mi začala chodit spousta mailů s dotazy týkajícími se halových jevů, jsem se nakonec rozhodl, že se o to pokusím. Avšak oproti původnímu záměru nastala jedna změna. Rozhodl jsem se, že slovník nezveřejním najednou, ale po částech a to hned ze dvou důvodů.

Prvním z nich je, že než by se mi povedlo celý slovník sestavit, jistě by to zabralo velkou spoustu času a že by jistě bylo lepší jej psát a zveřejňovat postupně a postupně se tak o něj podělit s dalšími nadšenci do halových jevů. A místo, kde by se jednotlivé části více méně pravidelně objevovaly, jsem nemusel hledat dlouho. Stal se jím zpravodaj Parhelium, který je pro něco takového doslova ideálním řešením.

Druhým důvodem, proč uveřejňuji slovník po částech, je zpětná kontrola. Byl bych moc rád, kdybyste vy, čtenáři Parhelia, kteří si jednotlivá hesla budete pročítat, neváhali a v případě, že ve slovníku narazíte na nějakou chybu nebo nesrovnalost, ihned mi napsali. V následujících Parhelích se vždy objeví několik hesel ze slovníku, která budou v „přípravné fázi“. Do následujícího Parhelia pak budu očekávat, zda některý pozorný čtenář napíše, co se mu nezdá, co se mu nelíbí, kde našel chybu apod. Tyto nedostatky odstraním a pak, s dalším číslem Parhelia, zveřejním novou verzi slovníku, kde budou všechna hesla předešlá, jež se do té doby nahromadí, společně s hesly novými. Samozřejmě, že i do této podoby slovníku se může vloudit chybička a rovněž budu rád, když si jí všimnete a dáte vědět.

A co všechno ve slovníku najdete? Samozřejmě věci týkající se halových jevů. Jak jinak? Ale abych byl konkrétnější: Určitě zde najdete jednotlivé jevy (postupně se mi sem snad povede zahrnout všechny odrůdy), stručné vysvětlení jejich vzniku, pasáže o tvarech ledových krystalků, které dávají vznik halovým jevům, základní zákony optiky, které jsou v teorii halových jevů nezbytné, medailonky těch, kteří se zasloužili o poznání a výzkum halových jevů a další věci.

Ještě pár poznámek týkající se některých zdánlivých nepřesností. V případě, že je například u určitého hesla napsáno „halo tvoří kruh kolem slunce“, neznamená to nutně, že daný halový jev vzniká jen a jen kolem slunce, protože může vzniknout například kolem měsíce, u umělého osvětlení apod. Podobně u hesla *Snellův zákon* je věta „...šíří-li se paprsek z krystalu do vzduchu...“ neznamená to, že Snellův zákon platí jen pro vodní led a vzduch. V heslech však většinou preferuji ta slova, která přímo souvisejí s halovými jevy. Vypisovat vždy u zákonů, vzorců apod. že jejich platnost je obecnější, by nemělo smysl, protože každý si jistě dokáže uvědomit, že tomu tak skutečně je.

Roman Maňák, listopad 2006

C

cirrus

(řasa)

Jeden z 10–ti základních druhů oblaků. Nachází se ve vysokém patře, je tvořen ledovými krystalky a může tak dát vznik halovým jevům, ovšem počet, velikost a kvalita krystalů nemusí být vždy dostatečná k tomu, aby halový jev vznikl.



Cirrus má podobu bílých, někdy až šedavých vláken často zahnutých do tvaru háčku, plošek a pruhů nacházejícím se na obloze buď osamoceně nebo ve skupinách. Někdy může pokrývat i celou oblohu. Často se tvoří na vrcholcích bouřkových oblaků cumulonimbus. Cirry vznikají při nejrůznějších atmosférických procesech a to má za následek, že je můžeme pozorovat za téměř kterékoliv synoptické situace, často dokonce i při silných anticyklonách. Výška cirrů je velmi proměnná a mění se jak s ročním obdobím, tak se zeměpisnou šířkou. V létě a v tropech je průměrná výška větší než pro cirry nad póly a v zimním období.

Následující tabulka udává vlastnosti cirrů v číslech (tabulka převzata z [5]).

vlastnost	typická hodnota	rozmezí
tloušťka	1.5 km	0.1 – 8 km
výška centra oblaku	9 km	4 – 20 km
obsah krystalů	30 dm^{-3}	$10^{-4} - 10^4 \text{ dm}^{-3}$
obsah vody	0.025 $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$10^{-4} - 1.2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$
délka krystalů	250 μm	1 – 8 000 μm

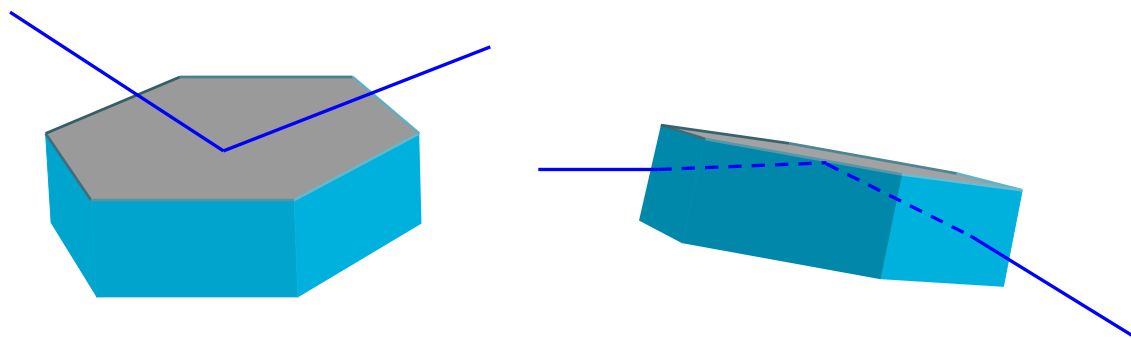
H

halový sloup [pillar, light pillar]

(sloup)

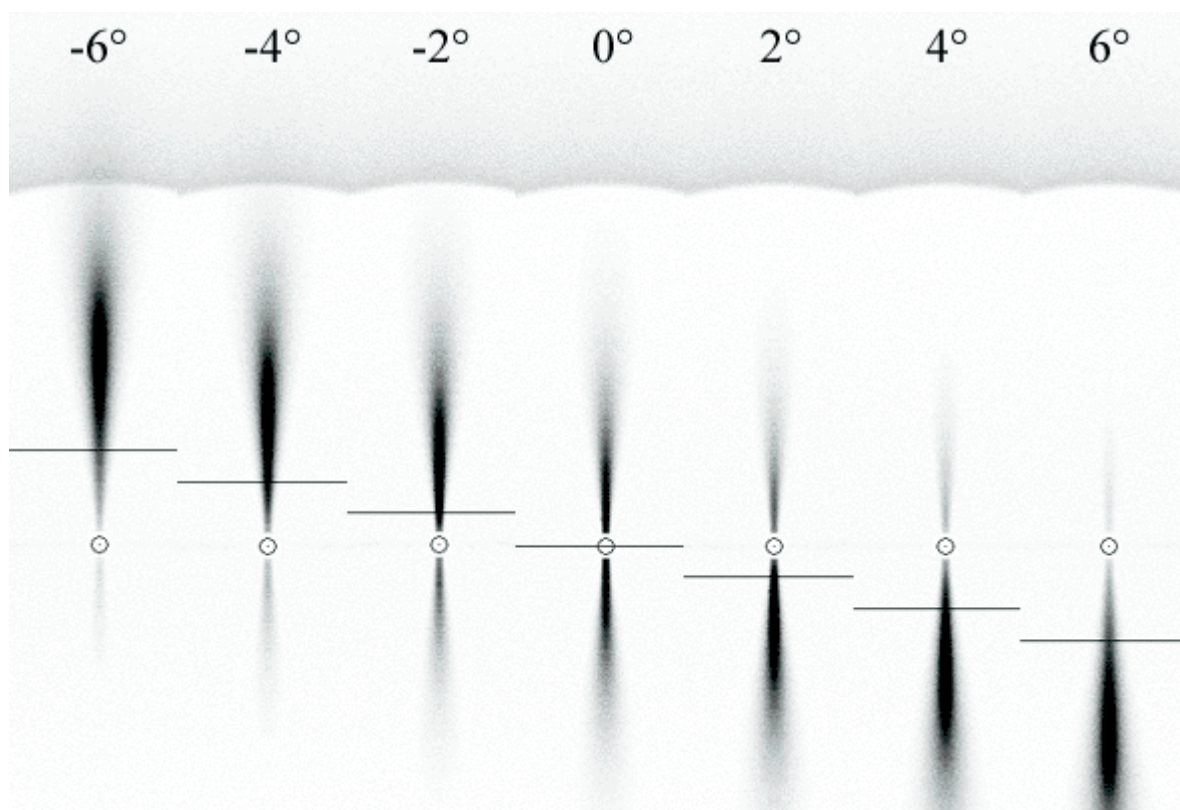
Halový sloup patří mezi nejčastější halové jevy a jak již název napovídá, má tvar světelného sloupu táhnoucího se přímo nahoru a dolů od slunce nebo měsíce. Jeho barva bývá bílá, žlutá až načervenalá, ovšem toto zbarvení není způsobeno stejným efektem jako barvy u jiných druhů halových jevů. Zabarvení dodává sloupu znečištění a vlhkost v atmosféře.

Sloup nejčastěji vzniká jednoduchým odrazem paprsku od dolní (horní část halového sloupu) nebo horní podstavy (dolní část halového sloupu) ledových krystalků tvaru destiček. Může ovšem vzniknout i na krystalcích tvaru sloupků s Parryho orientací nebo na destičkách s Lowitzovou orientací. Tyto dva způsoby vzniku jsou však již mnohem méně časté. Někdy se při tvorbě sloupů uplatňuje i odraz na vnitřní stěně krystalku a to díky totálnímu odrazu. Klasickou dráhu paprsku tvořící sloup a dráhu ovlivněnou vnitřním odrazem ukazuje obrázek.

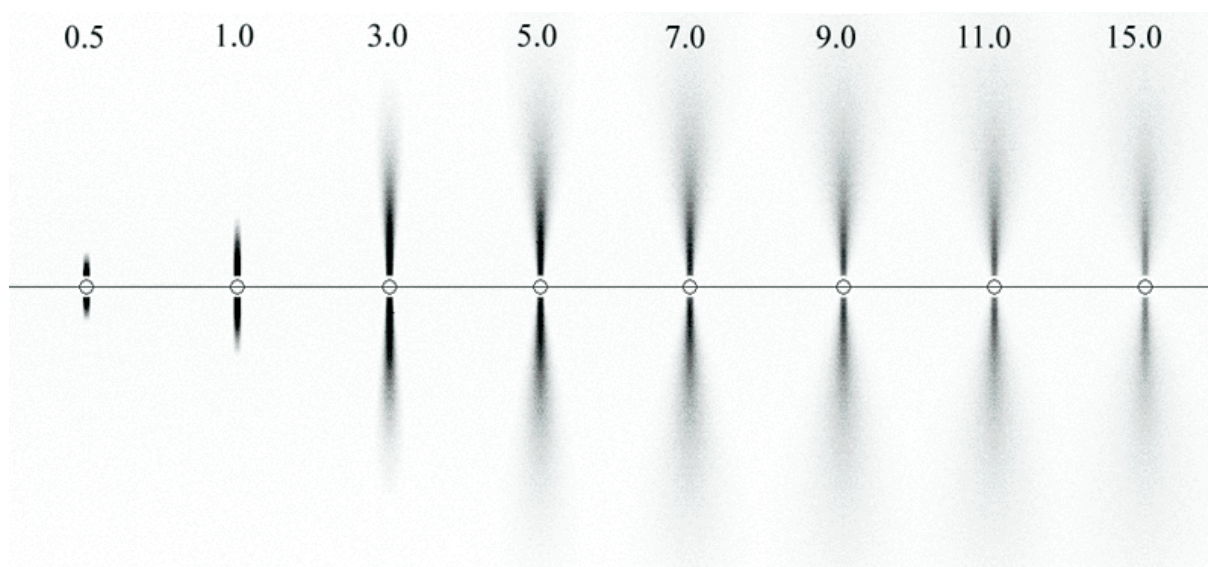


Halový sloup je pravděpodobně jediný halový jev, který lze pozorovat i u jiných objektů na obloze než je slunce a měsíc. V případě dobrých podmínek se může vytvořit slabý sloup i u Venuše, případně dalších jasných planet nebo nejjasnějších hvězd.

Podobně jako u dalších halových jevů se i vzhled halového sloupu mění s rostoucí výškou slunce nad obzorem a pochopitelně s kvalitou orientace krystalků. Nejlépe je sloup pozorovatelný při velmi malých výškách slunce nad obzorem, případně ještě v době, kdy je slunce několik stupňů pod obzorem. Při výškách slunce přibližně nad 10° přestávají být sloupy viditelné a zřetelná bývá za takovýchto podmínek spíše dolní část. Sloupy je i přes to možné spatřit při větších výškách slunce, ale ty bývají málo výrazné a krátké. Jak vypadá sloup při různých výškách slunce, ilustruje obrázek, kde je zachycen sloup a část 22° hala. Všechny simulace byly provedeny stejným způsobem s přesností orientace ledových destiček 4° . Vodorovná čára znázorňuje obzor, černé kolečko je slunce, číslo nahoře udává výšku slunce nad (respektive pod) obzorem.



Další obrázek pro změnu ilustruje vzhled sloupu při různých přesnostech orientací (číslo v horní části každého obrázku) ledových destiček při slunci nacházejícím se na obzoru..



I

index lomu [refractive index]

Bezrozměrná veličina, která charakterizuje optická prostředí z hlediska šíření elektromagnetického záření v daném prostředí. Z velikosti indexu lomu se dá spočítat velikost rychlosti světla šířícího se v daném optickém prostředí a to podle následujícího vztahu:

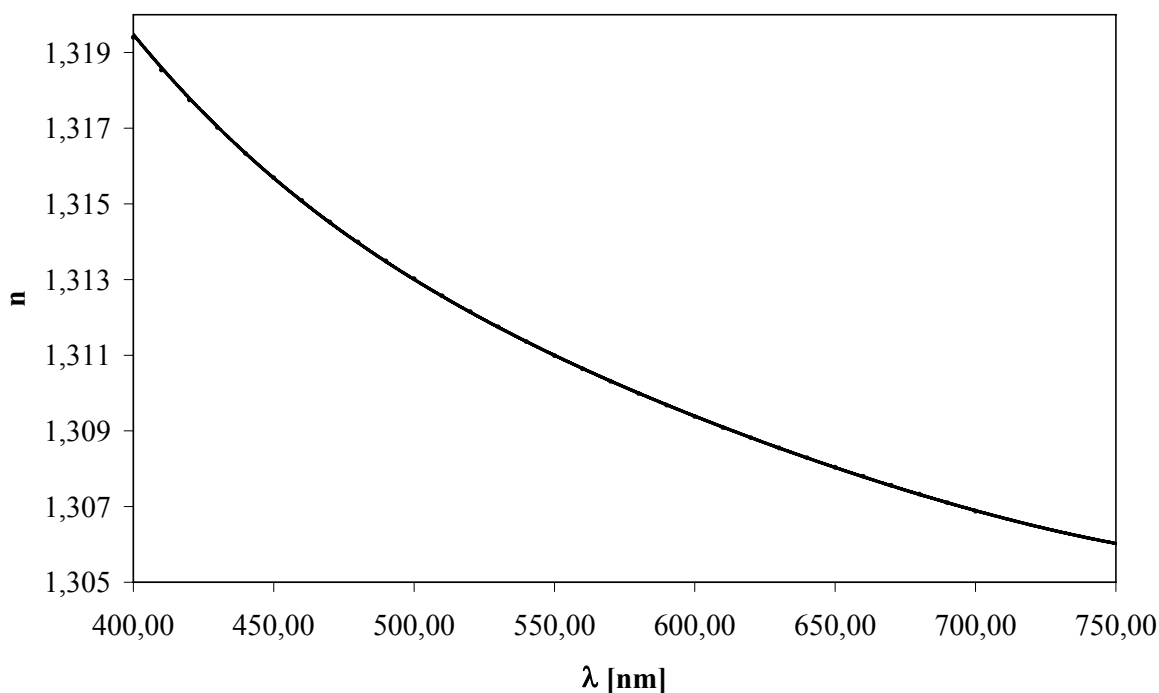
$$n = \frac{c}{v},$$

kde n je index lomu, c je rychlost světla ve vakuu ($299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) a v je rychlost světla v daném optickém prostředí.

Index lomu se dá spočítat i v případě, že známe elektrickou permitivitu ε a magnetickou permeabilitu μ daného prostředí:

$$n = \sqrt{\varepsilon\mu}.$$

Index lomu je veličina, jejíž hodnota je v daném optickém prostředí různá pro různé vlnové délky světla a to tak, že obvykle roste se zkracující se vlnovou délkou λ . Pro led při standardním tlaku a pro vlnovou délku $\lambda = 550\text{ nm}$ je hodnota indexu lomu $n = 1,31099$ a závislost na vlnové délce pro oblast viditelného světla uvádí graf.



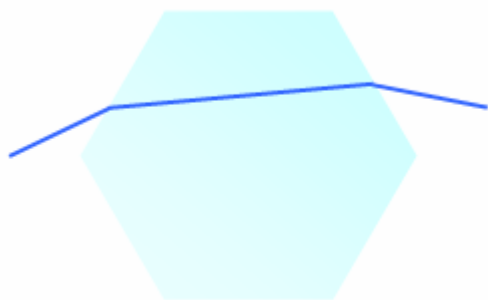
Hodnota indexu lomu vzduchu při standardní teplotě a standardním tlaku je $n = 1,000\,292\,6$. Velikost indexu lomu ovlivňuje velikost úhlu lomu paprsku při přechodu mezi dvěma optickými prostředími (viz. *Snellův zákon*).

P

22° parhelium [parhelion, sundog, mock sun]

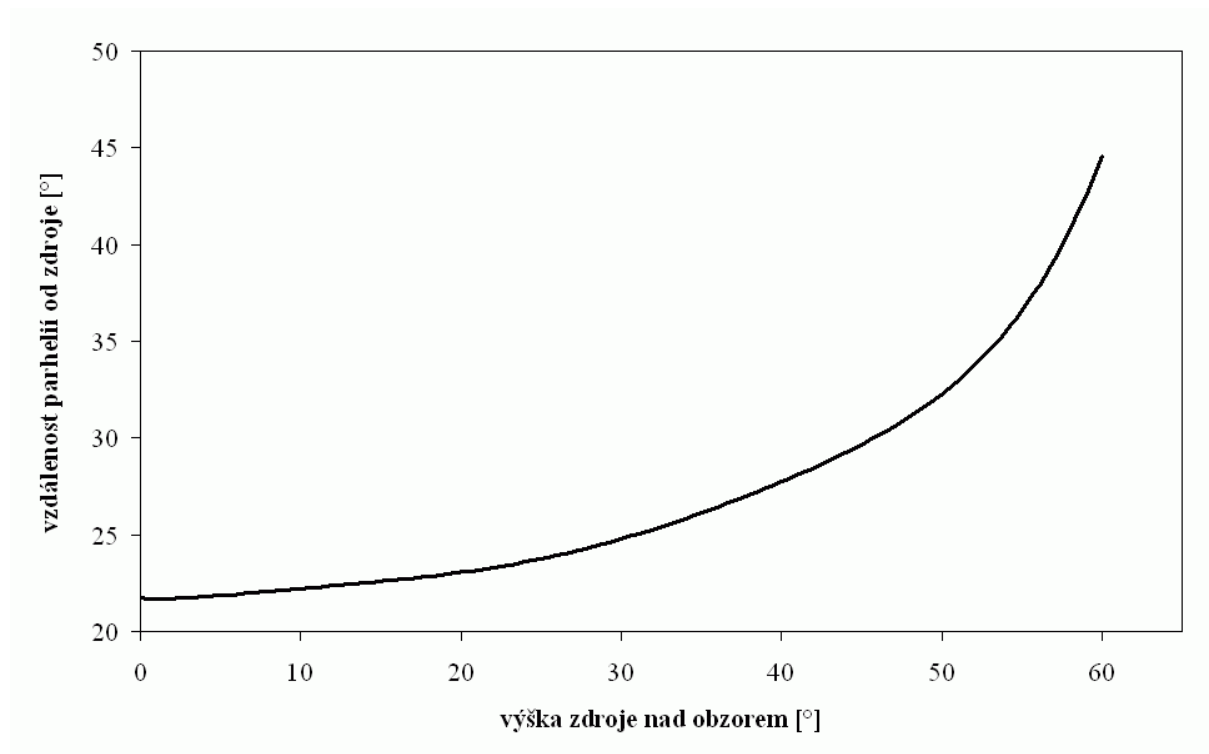
(vedlejší slunce, sluneční pes)

22° parhelium je hned po malém halu nejčastějším halovým jevem. Vzniká při průchodu



světelného paprsku krystalky tvaru destiček, jejichž podstavy jsou orientovány přibližně horizontálně. Paprsek se dvakrát lomí, přičemž dochází disperzi světla a úhel, který svírá vstupující a vystupující paprsek má minimální odchylku $21,83^\circ$ – v takovéto úhlové vzdálenosti napravo a nalevo od slunce můžeme parhelia pozorovat. To ovšem platí jen tehdy, nachází-li

se slunce právě v rovině obzoru. Se zvětšující se výškou slunce nad obzorem se parhelia vzdalují od slunce tak, jak je to znázorněno na grafu, kde na x-ové ose je vynesena výška slunce nad obzorem a na y-ové úhlová vzdálenost parhelií od slunce. Při výšce slunce přibližně 61° a větší přestávají být parhelia pozorovatelná. Výška parhelií nad obzorem je vždy stejná jako výška slunce.



Díky tomu, že lomící se paprsek podstupuje disperzi podobně jako u dalších halových jevů, mívají parhelia duhové barvy. Při malé jasnosti jsou však často barvy nevýrazné nebo jsou parhelia spíše bělavá. Podobně když je jasnost hodně velká, parhelia můžou oslňovat a za takových podmínek se jeví bělejší. Při velmi malých výškách nad obzorem pak ukazují spíše teplejší barvy, tedy červenou, oranžovou a žlutou.

V případě, že jsou krystalky dost přesně horizontálně orientované, jsou parhelia úzká a často k nim těsně přiléhá tzv. parhelion tail, což je úzký bílý pruh táhnoucí se od parhelií směrem od slunce do vzdálenosti několika stupňů, někdy až 20° . Pokud je tento bílý pruh mnohem delší anebo pokud směřuje od parhelií směrem ke slunci, pak již jde o parhelický kruh. V případě, že krystalky mají málo přesně horizontální orientace, jsou parhelia protažena nahoru a dolů a přecházejí v malé halo.



S

sloup

viz. *halový sloup*

sluneční pes

viz. *22° parhelium*

Snellius, Willebrord (1580 – 30.10.1626)



Holandský astronom a matematik, který je znám hlavně díky objevu zákona lomu elektromagnetického záření na rozhraní dvou opticky různých prostředí (prostředí s odlišnými indexy lomu). Tento zákon objevil v roce 1621 a dodnes po něm nese jméno Snellův zákon.

Kromě tohoto v optice velmi významného zákona našel metodu, která mu umožnila určit jak jsou od sebe vzdálené dva poledníky lišící se o jeden stupeň – jím nalezená hodnota 107.4 km je velmi blízká té dnešní (111 km). Díky své zdatnosti v matematice rovněž našel novou metodu na výpočet Ludolfova čísla π .

Snell se narodil i zemřel v Leidenu a na jeho počest je pojmenován jeden z měsíčních kráterů – kráter Snellius.

Snellův zákon [Snell's law]

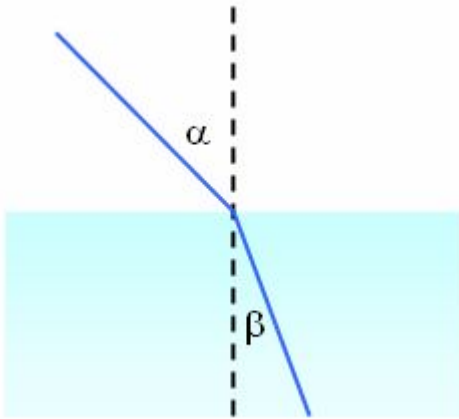
(*zákon lomu*)

Snellův zákon je jeden z nejdůležitějších zákonů geometrické optiky a potažmo i teorie halových jevů. Popisuje, jakým způsobem se láme paprsek elektromagnetického záření na rozhraní dvou optických prostředí. V teorii halových jevů je elektromagnetickým zářením

viditelné světlo a optickými prostředími jsou vzduch a vodní led. Snellův zákon se dá vyjádřit jako

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta,$$

kde n_1 a n_2 jsou indexy lomu, α je úhel dopadu a β je úhel lomu.



Šíří-li se paprsek z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího (např. ze vzduchu do krystalu), láme se k normále. Tato situace je na obrázku, kde je normála (kolmice k povrchu) vyznačena černě, paprsek modře, opticky hustší prostředí světle modře a opticky řidší prostředí bíle. V opačném případě, tedy šíří-li se paprsek z prostředí opticky hustšího do řidšího (z krystalu do vzduchu), láme se směrem od normály. V prvním případě tedy platí $\alpha > \beta$, ve druhém $\alpha < \beta$.

Úhel α nemůže nabývat libovolné hodnoty. Pokud totiž přesáhne jistou mezní hodnotu, která je dána vztahem

$$\alpha_{\max} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right),$$

nastane takzvaný totální odraz, tedy situace, kdy se paprsek odrazí na vnitřní straně ledového krystalu. Tato situace však může nastat jen tehdy, šíří-li se paprsek z krystalu do vzduchu.

V

vedlejší slunce

viz. 22° *parhelium*

Z

zákon lomu [law of refraction]

viz. *Snellův zákon*

Použité zdroje

- [1] <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk>
- [2] Roman Maňák, Parhelia pod mikroskopem I., Parhelium 1/2006
- [3] Roman Maňák, Parhelia pod mikroskopem II., Parhelium 2/2006
- [4] Roman Maňák, Nejjednodušší jev, Parhelium 8/2005
- [5] Dowling, D. R. and Radke, L. F., A summary of the physical properties of cirrus clouds, Journal of Applied Meteorology, 29, 970–978, 1990
- [6] HaloSim, Les Cowley and Michael Schroeder

Autoři snímků

Roman Maňák

- 22° parhelium
- cirrus

Poděkování

Tímto chci poděkovat Tomáši Tržickému za jeho připomínky ke slovníku a opravu některých nedostatků.

Obsah

<i>Předmluva</i>	3
<i>C</i>	5
cirrus	5
<i>H</i>	7
halový sloup [pillar, light pillar]	7
<i>I</i>	9
index lomu [refractive index]	9
<i>P</i>	11
22° parhelium [parhelion, sundog, mock sun].....	11
<i>S</i>	13
sloup	13
sluneční pes.....	13
Snellius, Willebrord (1580 – 30.10.1626).....	13
Snellův zákon [Snell's law].....	13
<i>V</i>	15
vedlejší slunce	15
<i>Z</i>	16
zákon lomu [law of refraction].....	16
<i>Použité zdroje</i>	17
<i>Autoři snímků</i>	18
<i>Poděkování</i>	19
<i>Obsah</i>	20