

P a r h e l i u m

3/2007



Halo Observation Project 2007

Úvodník

Letošní třetí číslo Parhelia vychází s několikadenním zpožděním oproti původnímu předpokladu a rovněž je mnohem “chudší” než číslo předchozí. I přesto věřím, že si zde najdete některý článek k přečtení.

A co že se ukrývá v obsahu? První článek je dílem Patrika Trnčáka a popisuje hezký halový den 1.7. v Holešově, o němž jste si mohli přečíst již v čísle minulém, jenže tentokrát ze Ždánic. V dalším článku se dozvíte něco o Mieove a Rayleighově rozptylu. Jelikož jde o docela rozsáhlý článek, rozdělil jsem jej na dvě části a tu další uveřejním v následujícím čísle Parhelia. Další článek má na svědomí opět Patrik Trnčák a zajímavým způsobem se snaží upozornit na tři halové jevy, které stále unikají pozornosti. V dalším článku představuji program, který je sice stále ve vývoji a je určen především pro astronomické účely, ale dá se využít i v atmosférické optice. A nakonec jsem si dovolil vypsát anketu o nejoblíbenější halový jev a na vaše hlasy se budu těšit do dalšího Parhelia, které vyjde koncem měsíce srpna. Přeji příjemné počtení. *Roman Maňák*

Snímek na titulní straně: Krepuskulární paprsky 17.7.2007 ve Ždánicích. Autor snímku: Roman Maňák

Parhelium je nepravidelně vycházející zpravodaj sdružení Halo Observation Project .
--

Číslo 3/2007 vyšlo 28.07.2007.

Informace pro přispěvatele: Příspěvky můžete zasílat na adresu astro_x@post.cz v jakémkoliv textovém formátu (preferován je prostý text), pokud možno s obrázky umístěnými externě.
--

Kontakt: mail: astro_x@post.cz ; jabber: ram@jabbim.cz
--

Obsah

Úvodník	1
Halové jevy 1. července 2007 v Holešově (Patrik Trnčák)	3
Rayleighův a Mieův rozptyl I. (Roman Maňák)	6
Zajímavá historie	6
Proč není obloha fialová?	8
Hledá se... (Patrik Trnčák)	12
FITSFot 1.0 (Roman Maňák)	13
Anketa o nejoblíbenější jev	16
Zdroje a programy použité při tvorbě Parhelia	17

Halové jevy 1. července 2007 v Holešově

Patrik Trnčák

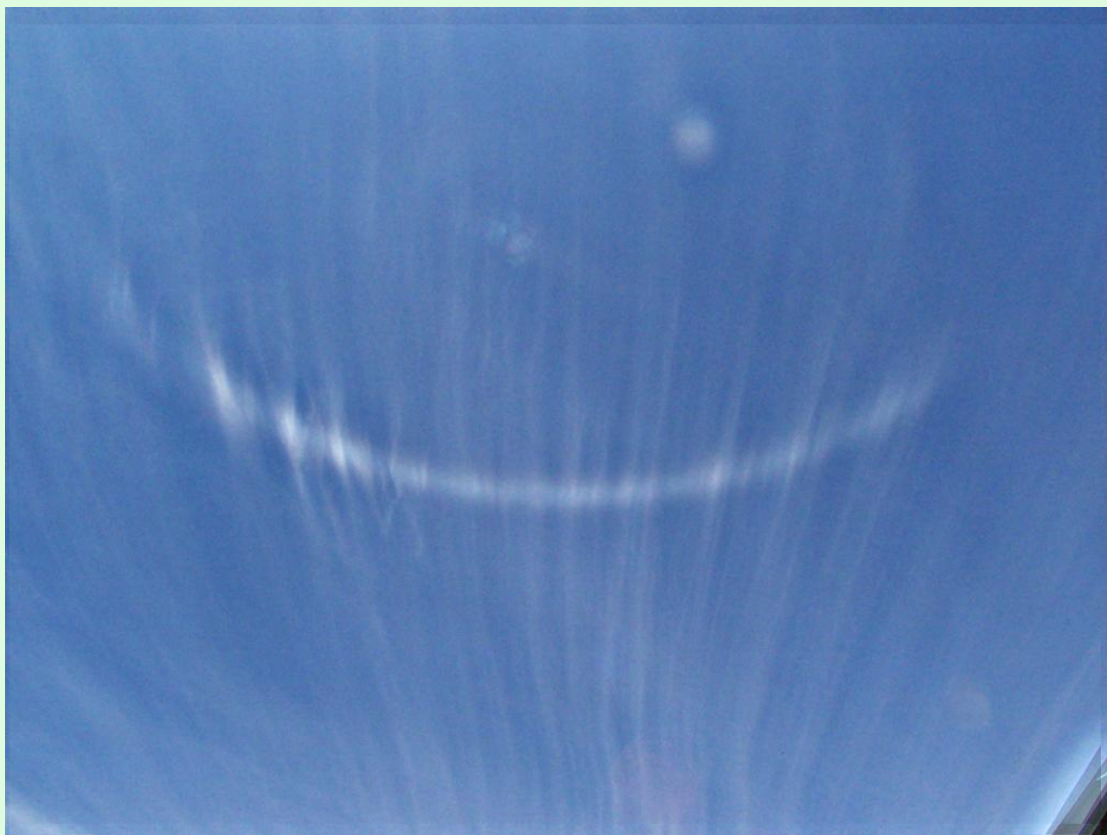
V minulém čísle Parhelia jste si v článku Halové představení 1.7.2007 mohli přečíst o jednom povedeném úkazu pozorovaném ze Ždánic. Nyní se o tom samém úkazu můžete dozvědět něco z pera Patrik Trnčáka, který pozoroval z Holešova.

Když jsem onoho rána v 10 hodin pohlédl na západ, spatřil jsem blížící se mlžnou clonu velmi slibného cirrostratu. Asi za dvacet minut na to se na okraji této clony ukázal jasný parhelický kruh, který ale brzy zeslábl. Cirrostratová vrstva pomalu zatahovala oblohu a vykouzila další hala jako 22° halo, dotykové oblouky, parhelia a dokonce i jasně patrné 9° halo. To už jsem volal Martinovi, aby také čekal přicházející nadílku. Martin byl už v plné zbroji nastoupen a ujišťoval mě, že si kompletní parhelák nenechá ujít.



Obrázek 1: Cirkumhorizontální oblouk a slabý infralaterální oblouk.

Okolo 11:30 až 12:00 se nízko nad obzorem ukázal také cirkumhorizontální oblouk. To už mi ale volal jeden ze členů cyklo-expedice z Pardubic, že jsou u hvězdárny, zda bych mohl přijet. Byli jsme domluveni až na 13. hodinu, ale nechtěl jsem je nechat čekat. S hlavou nakloněnou spíše na nebe než na cestu jsem dorazil ke hvězdárně, kde jsme se uvítali, v rychlosti jsem vyhrkal historii naší hvězdárničky a po prohlídce jsem návštěvě ukázal v zrcátku halo a kompletní parhelický kruh.



Obrázek 2: Parhelický kruh.

Po rozloučení (expedice dále směřovala na Kroměřížskou hvězdárnu) jsem se rozhodl zajet kousek za město na kopec, abych měl lepší výhled na případný CHO. Ten už se rýsoval vodorovně ve vzdálenosti 46° od Slunce a hnal mě na nejtěžší převod do kopce. Zde jsem také pořídil (s nohou v mraveništi) sérii fotek, na kterých se po poskládání ukázalo, že jde jak o CHO tak o infralaterální oblouk, který stoupá ke Slunci, zatímco CHO pokračuje ve své vodorovné poloze (viz. obrázek 1).

V této chvíli zanikl jak parhelický kruh, tak většina hala, zůstal jen slabý dolní dotykový oblouk a krásně duhově zbarvený CHO. Od 15:20 do 17:00 jsem pak ještě na letišti pozoroval snahu parhelií a parhelického kruhu dosáhnout původní jasnosti, což se nakonec nepodařilo díky přicházející altocumulové oblačnosti. I když se dnes neukázala 120° parhelia, ani Wegenerův oblouk, mohu říct, že jsem byl s pozorováním spokojen. Vždyť jsem viděl v jednom momentě 9 halových jevů a to už stojí za tu námahu!

Rayleighův a Mieův rozptyl I.

Roman Maňák

Když se řekne Rayleighův rozptyl, hodně lidí si jistě vybaví jeho souvislost s barvou oblohy. Ovšem Mieův rozptyl, který je obecnější než Rozptyl Rayleighův, již tak dobře znám není. A právě tento článek by vás měl seznámit blíže jak s Rayleighovým rozptylem, tak s rozptylem Mieovým. A jelikož je historie objevu zákonitostí Rayleighova rozptylu velmi spletitá a zajímavá, nebude určitě na škodu se u ní zdržet.

Zajímavá historie

Již odpradáva si lidé pokládají otázku proč že je vlastně obloha modrá. Jedna z prvních teorií, jež se snažily vysvětlit modrou barvu oblohy říká, že je tomu tak proto, že molekuly některého z plynů, které jsou ve vzduchu obsaženy, mají modrou barvu. K vyvrácení této teorie se stačí zamyslet nad tím, jak by asi vypadala okolní krajina, kdyby to byla pravda. Při pohledu do větší vzdálenosti bychom se totiž dívali přes silnou vrstvu vzduchu a vzdálenější předměty by se nám tudíž všechny musely jevit namodralé, podobně jako kdybychom se na ně dívali přes modře zbarvené sklo.

Další teorií, kterou vyvrátil Isaac Newton¹ je, že modrá barva vzniká, smíchá-li se černá barva oblohy, která je v noci, s bílou barvou slunečních paprsků. Newton vyvrátil i předchozí teorii a dokázal tak, že vzduch není zbarven. I přes to se mu modrou barvu oblohy nepovedlo vysvětlit a kromě toho vytvořil další teorii, jež však byla opět zcestná. Předpokládal totiž, že modrá barva oblohy vzniká stejným způsobem jako modrá část duhy, totiž lomem světla na dešťových kapkách. I když tato teorie měla vážné trhliny, tak ani takový vědec jako Newton, si jich nevšiml.

První správné krůčky k vysvětlení modré barvy oblohy podnikl až 200 let po Newtonovi Lord Rayleigh². Rayleigh se totiž zabýval mimo jiné výzkumem světla, které prováděl paradoxně v temné laboratoři. Je zcela pochopitelné, že paprskům

¹**Isaac Newton** (1643 - 1727), anglický fyzik, matematik a astronom, který je znám především díky svým pohybovým zákonům, které jsou dodnes stěžejní součástí nebeské mechaniky a dalších odvětví fyziky.

²**John William Strutt, 3. baron Rayleigh** (1842 - 1919), anglický fyzik, objevitel vzácného plynu argonu, držitel Nobelovy ceny za fyziku za rok 1904, kterou získal za zkoumání hustoty nejdůležitějších plynů a za objev argonu.

světla se do cesty dostávala prachová zrnka, která byla tímto osvětlena. A právě tato prachová zrnka pravděpodobně přivedla Rayleigha na správnou cestu. Vyřkl proto teorii, že drobná prachová zrnka mohou mít na svědomí modrou barvu oblohy. Samozřejmě, že svou domněnku prověřil výpočtem. Roku 1871 tak vysvětlil, že drobná prachová zrníčka, jejichž velikost je menší než vlnová délka světla, mohou díky rozptylu zbarvovat oblohu do modra. K přesnějšímu fyzikálnímu vysvětlení se dostanu až později, ale dodám, že podobným způsobem vysvětlil i barvu červánků, modravý nádech z mlhy, načervenalou barvu slunce nízko nad obzorem a další podobné jevy.

Zdálo se, že problém zbarvení oblohy je vysvětlen, ovšem netrvalo dlouho a v teorii se objevily trhliny. Způsobují-li totiž modré zbarvení oblohy zrníčka prachu, musí být obloha ve městech, kde je prachu více, modřejší než obloha vysoko v horách. Pozorování však byla v protikladu s tímto závěrem a tak se Rayleigh pustil do ověřování svých rovnic. Shledal, že jsou správné z čehož vyplynulo, že “pachatelem” nejsou zrníčka prachu, ale musí jím být něco jiného. Rayleigh vzal v úvahu fakt, že čím je vzduch čistší, tím je barva oblohy modřejší a dospěl tak k závěru, že k rozptylu tedy musí docházet na molekulách, z nichž sestává vzduch.

Opět se zdálo, že tato teorie již zcela vysvětluje zbarvení oblohy, ale roku 1907 se znovu objevily otázky, který ji zpochybnily. Ruský fyzik Leonid Mandelštam³ totiž poukázal na to, že počet molekul ve vzduchu je příliš velký (počet molekul v 1 m^3 je roven $N \approx 2.7 \cdot 10^{25}$). Při tak velkém počtu molekul se totiž vyruší složky rozptylu jdoucí do stran a světlo tak zachová pouze svůj původní směr. Mandelštam si však uvědomil, že molekuly vzduchu stejně jako molekuly každého plynu se pohybují. Jde o náhodný pohyb relativně velkými rychlostmi (například molekula kyslíku O_2 se při teplotě $T = 273 \text{ K}$ pohybuje střední rychlostí $\bar{v} \approx 650 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Při takovém náhodném pohybu nutně dochází k vzájemným srážkám a těsným přiblížením částic a tím pádem vznikají větší či menší shluky molekul, které se však zase rychle rozpadají. Velikost těchto shluků pak může o mnoho řádů přesáhnout velikost vlastních molekul. A právě tady tyto shluky mají na svědomí modrou barvu oblohy. Leonid Mandelštam byl tedy tím, kdo konečně dořešil tuto dlouholetou záhadu, ovšem nejvýznamější měrou přispěl Rayleigh a proto se rozptyl nazývá po něm.

Nedlouho poté pak uveřejnil Gustav Mie⁴ svou teorii rozptylu světla, která je

³Leonid Isaakovič Mandelštam (1879 - 1944), sovětský fyzik, který se zabýval rozptylem světla, šířením rádiových vln, teorií nelineárních kmitů...

⁴Gustav Adolf Feodor Wilhelm Ludwig Mie (1869 - 1957), německý fyzik, jenž se roku 1908 zapsal do dějin fyziky ucelenou teorií rozptylu světla založenou na řešení Maxwellových rovni.

obecnější než teorie Rayleighova.

Proč není obloha fialová?

Jaký je vlastně rozdíl mezi Rayleighovým a Mieovým rozptylem? Úplně jednoduše se dá říci, že Mieova teorie je obecnější teorií než Rayleighova; jinak řečeno Rayleighova teorie je podmnožinou Mieovy. Rayleighův rozptyl je omezen dvěma podmínkami:

1. musí být splněna relace $\frac{2\pi r}{\lambda} \ll 1$, kde r je poloměr rozptylující částice a λ je vlnová délka;
2. rozptylující částice musí být elektricky nevodivé.

Mieova teorie (někdy nazývaná též Lorenzova-Mieova teorie nebo Lorenzova-Mieova-Debyeova teorie) tato omezení nemá a proto ji lze použít pro výpočet rozptylu na sférických částicích libovolné velikosti a pro částice elektricky nabitě. Rozšířenou Mieovu teorii lze pak použít i pro výpočet rozptylu na nesférických částicích, čehož se využívá například v meteorologii při radiolokaci neboť ledové částice a velké kapky nemají obecně sférický tvar. Mieova teorie má však oproti Rayleighově jednu velkou nevýhodu. Tato plyne z její komplexnosti a tudíž je složitější. Proto v případě, že je splněna výše uvedená relace pro Rayleighův rozptyl, používá se právě teorie Rayleighova.

A jak velké vlastně částice musí být, aby byla tato teorie použitelná? Vezmeme-li v úvahu viditelné záření, které zaujímá rozmezí vlnových délek od $\lambda_{min} = 4.0 \cdot 10^{-7}$ m do $\lambda_{max} = 7.9 \cdot 10^{-7}$ m, pak lze podle následujícího spočítat zhruba velikost částic.

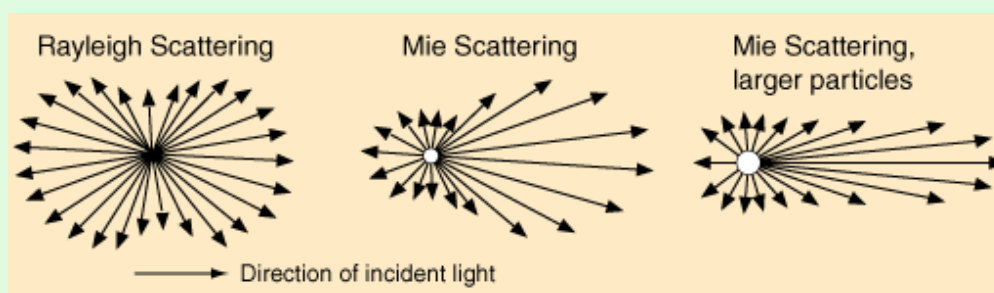
$$\frac{2\pi r}{\lambda} \ll 1 \quad \Rightarrow \quad r \ll \frac{\lambda}{2\pi} \quad \Rightarrow \quad r_{max} \approx 100 \text{ nm}$$

Maximální velikost částic, pro které lze použít Rayleighovu teorii, tak vychází $r_{max} \approx 1.0 \cdot 10^{-7}$ m. Ještě jednou upozorním na skutečnost, že jde o horní hranici velikosti částic a že Rayleighova teorie se lépe uplatní pro částice o řád a více řádů menších než je uvedená hodnota r_{max} .

Dalším důležitým poznatkem týkajícím se Rayleighova rozptylu je fakt, že intenzita tohoto rozptylu závisí nepřímo úměrně na čtvrté mocnině vlnové délky $I \approx \frac{1}{\lambda^4}$. Přesněji tuto skutečnost vystihuje vztah

$$I = I_0 \left(\frac{d}{2}\right)^6 \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4 \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}\right) \frac{1 + \cos^2 \theta}{2R^2} \quad (1)$$

kde I_0 je původní intenzita světla, d je průměr rozptylující částice, n je její index lomu, θ je rozptylový úhel a R je vzdálenost od částice. Tento vztah už je přímým vysvětlením faktu, proč je obloha modrá, ale než tuto skutečnost popíši slovně, ještě uvedu obrázek, kde je názorně vidět, jak rozptyl vypadá. Z obrázku 3 je vidět, že malé částice, pro které lze použít Rayleighovu teorii, rozptylují světlo do všech stran. I když se zpětný a dopředný rozptyl vyznačují poněkud vyšší intenzitou rozptýleného světla, tak i rozptyl do stran má nezanedbatelnou intenzitu. Pro větší částice pak začíná převládat dopředný rozptyl.



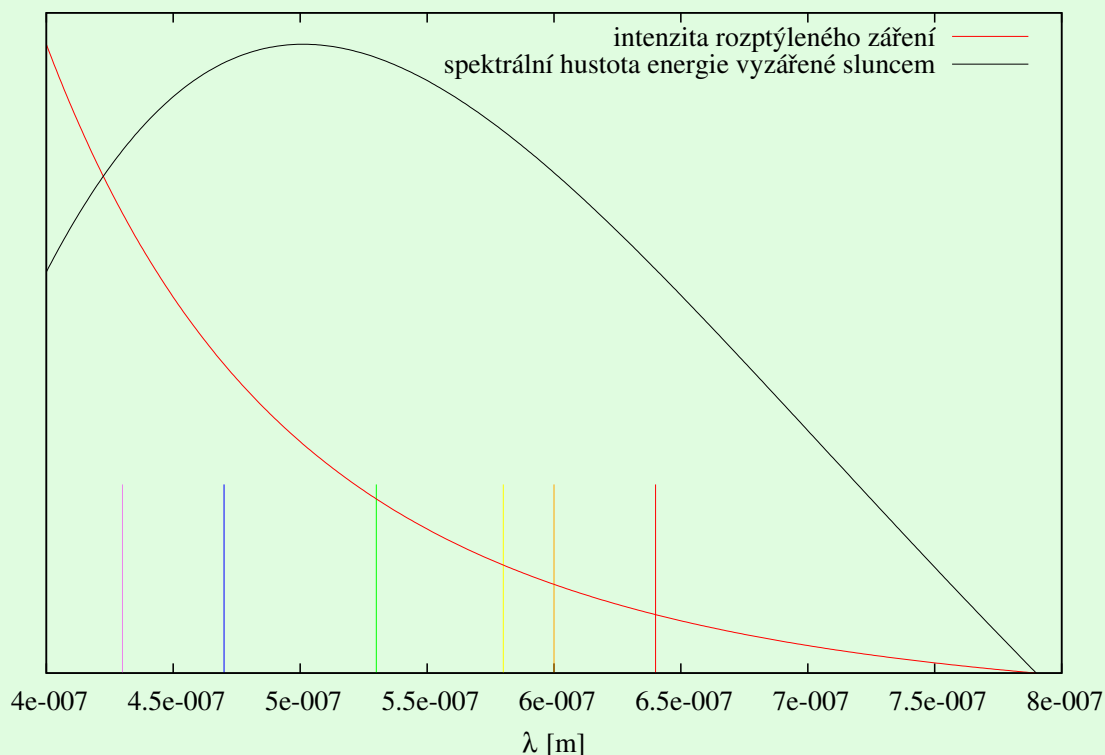
Obrázek 3: Rayleighův a Mieův rozptyl. Šipkou dole na obrázku je vyznačen odkud přichází rozptylované záření. Obrázek převzat z <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/>.

A nyní již k samotnému zbarvení oblohy. K tomu poslouží vztah 1. Jak známo, viditelné záření se skládá z jednotlivých barevných složek, které lze vidět při rozkladu světla. Toho lze dosáhnout buď pomocí hranolu nebo jiného optického zařízení. Stačí si však počkat na duhu nebo například cirkumzenitální oblouk, které jednotlivé barevné složky ukazují v celé své kráse.

Také je znám fakt, že červená část viditelného záření má největší vlnové délky (maximum u $\lambda_r \approx 640$ nm) a směrem k modré části viditelného záření vlnové délky klesají. Minima pak dosahují u fialové barvy, jejíž střed leží u hodnoty $\lambda_v \approx 430$ nm. A jelikož velikost rozptylu závisí nepřímo úměrně na čtvrté mocnině vlnové délky (viz. opět vztah ??), je zřejmé, že fialová část viditelného záření se bude rozptylovat nejvíce a směrem k červené části bude velikost rozptylu velice

rychle klesat.

Nyní už je docela pochopitelné, proč není obloha červená. Vyvstala však nová otázka. Má-li fialová barva kratší vlnovou délku než modrá, proč není obloha fialová? Ze vztahu 1 totiž plyne, že fialová se bude rozptylovat ještě více než modrá. K pochopení tohoto faktu poslouží obrázek 4.



Obrázek 4: Relativní intenzita Rayleighova rozptylu v závislosti na vlnové délce.

Na obrázku je červenou čarou vyznačena velikost Rayleighova rozptylu v závislosti na vlnové délce. Černou křivkou (opět v relativní škále) je pak vyznačena spektrální hustota energie vyzářené sluncem, která udává, jaké množství záření připadá na danou vlnovou délku. Tvar této křivky byl spočten pomocí Planckova zákona pro absolutně černé těleso

$$E(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1}, \quad (2)$$

kde h je Planckova konstanta, c je rychlost světla, λ je vlnová délka, k je Boltzmannova konstanta a T je termodynamická teplota. V grafu jsou mimoto úsečkami v dolní části zaneseny typické vlnové délky pro jednotlivé barevné složky bílého světla (barevné složky jsou charakterizovány barvou čar). Již první pohled na graf naznačí, proč není obloha fialová. I když fialová barva podstupuje z viditelného záření největší rozptyl, je hustota energie přenášená jí přenášená menší než u modré barvy. Dalším důvodem je, že lidské oko je na fialovou část viditelného záření mnohem méně citlivé než na modrou. A konečně posledním faktem, který znevýhodňuje fialovou barvu je, že ve fialové barvě atmosféra propouští o něco méně záření než v modré, protože zde již pomalu končí atmosférické okno pro viditelné záření. *Pokračování v dalším čísle*

Hledá se...

Patrik Trnčák

Mezi halovými jevy je celá řada druhů, které stále unikají pozorovatelům. Touto formou "pátrání po pohřešovaných" se vám představí některé z nich. Případná pozorování níže uvedených "psanců" hlase prosím nejbližší halové služebně či na linku <http://ukazy.astro.cz>.

Jméno: Kernův oblouk

Popis pohřešovaného: duhově barevný či jen bledě bělavý oblouk přesně naproti cirkumzenitálnímu oblouku. Vzniká několika způsoby, hlavně na destičkách, pokud jich je ovšem ohromné množství.

Naposledy spatřen: 3.12.1970 v Saskatoonu, Kanada.

Místo trvalého bydliště: hory, sjezdovky, tam kde je dostatek diamantového prachu.

Zvláštní znamení: ukazuje se rád v přítomnosti dalších vzácných jevů jako jsou 44° parhelia či reflexní Lowitzovy oblouky. Mění svou podobu od bělavé kružnice po barevný oblouček.

Odměna: za pořízení snímků výše uvedeného pozvání do Finska se vším všudy.

Jméno: Parryho pyramidální oblouk

Popis pohřešovaného: barevný oblouk vznikající na pyramidálních krystalcích s Parryho orientací.

Naposledy spatřen: pravděpodobně ještě nikdy

Místo trvalého bydliště: Jižní či Severní pól, místa s častým výskytem Parryho oblouků.

Zvláštní znamení: může se vyskytovat (dokonce i zaměnit) s dalšími pyramidálními oblouky. Váže se na pyramidální hala, tedy 9, 18, 20, 23, 24 a 35 stupňová.

Odměna: pozorováním výše uvedeného si zajistíte prvenství ve světě.

Jméno: 120° subparhelium

Popis pohřešovaného: bělavá či mírně barevná skvrna na subparhelickém kruhu, pozorovatelná z letadla. Obdoba 120° parhelií.

Naposledy spatřeno: ještě nikdy, stále uniká.

Místo trvalého bydliště: cirrostratus pozorovaný z letadla či vysoké hory.

Zvláštní znamení: může se vyskytovat v doprovodu dalších subjevů, jako subantihelium, protisluneční oblouky a další.

Odměna: neudána.

FITSFot 1.0

Roman Maňák

Nedávno jsem začal v programovacím jazyku Python vyvíjet program, který by měl sloužit převážně pro astronomické účely. Jelikož jej však lze použít i v atmosférické optice, rozhodl jsem se tento program zde prezentovat.

Program jsem nazval FITSFot, protože pracuje s formátem FITS (=Flexible Image Transport System), který je astronomickým standardem. Tento formát má oproti klasickým obrazovým formátům (GIF, JPEG...) své výhody, ale jeho nevýhodou je, že mezi obyčejnými uživateli není zas tak rozšířen. Ovšem konverze z některého z "obvyklých" formátů (BMP, JPG, PNG...) je velmi snadná a lze ji provést pomocí volně dostupného malého programku [IRIS](#).

A co vlastně program umí? Zatím toho moc není, ale brzy plánuji dodělat další rozšíření. Program prozatím umí zjišťovat rozložení intenzit na snímku podle tří kritérií. Pro nejjednodušší z kritérií provádí současně i grafický výstup, pro další dvě kritéria je výstup řešen prozatím pomocí programu [gnuplot](#).

Program se ovládá pomocí příkazové řádky interpreteru Python, ale v brzké době plánuji jeho předělání na GUI aplikaci.

Zde je několik příkladů použití programu na snímku s halovými jevy. Originální snímek je na obrázku [5](#). Další obrázek (obrázek [6](#)) ukazuje jednu z možností použití programu. Jde o vykreslení pixelů, jejichž rozsah intenzit je v rozmezí 100 až 150. Obrázek [7](#) ukazuje podobný výstup, jenže tentokrát v rozmezí intenzit pixelů 190 až 230 s krokem 4. A konečně obrázek [8](#) demonstruje použití poslední možnosti programu. Tentokrát je vykresleno 7 rozsahů intenzit se středy u hodnot 60, 80, 110, 150, 195, 210 a 235, přičemž odchylka od těchto středů je pro každou hodnotu 4.

Jak, už jsem napsal, program je stále ve vývoji a zatím žádné další věci neumí. Navíc se v něm můžou objevit nějaké chyby. Proto všechny, kteří na nějakou chybu narazí, aby mi dali vědět na emailovou adresu astro_x@post.cz. Rovněž uvítám jakékoliv návrhy na další funkce, které by program mohl obsahovat.

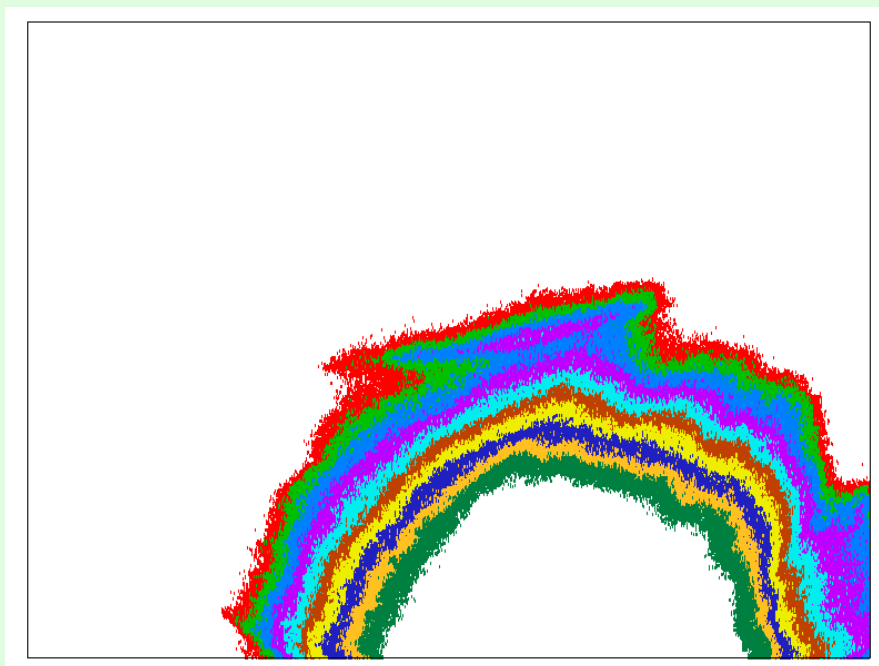
Program i s krátkým manuálem naleznete na adrese <http://www.physics.muni.cz/~ram/fitsfot.tar>



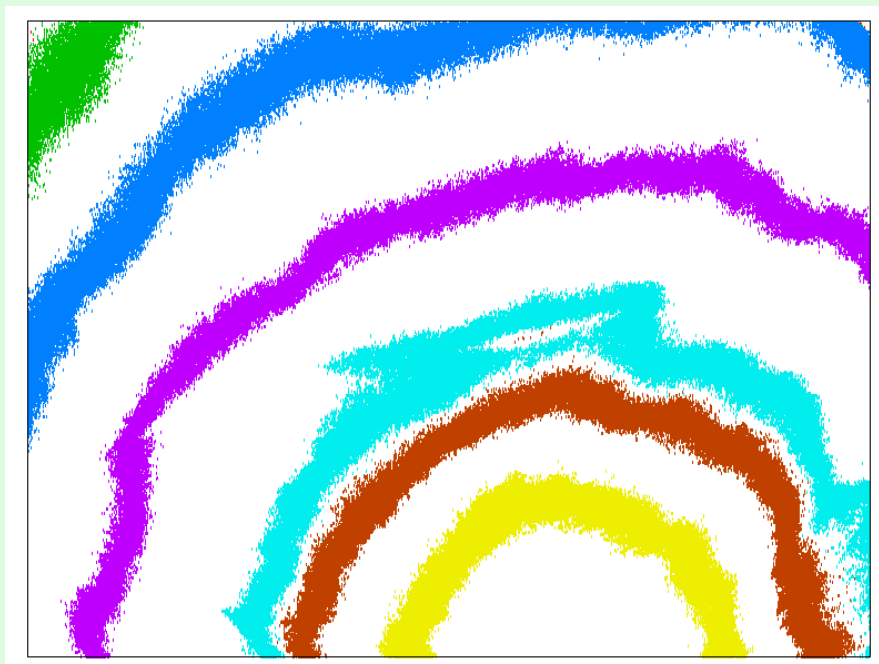
Obrázek 5: Originální snímek.



Obrázek 6: Příklad použití programu FITSFot.



Obrázek 7: Příklad použití programu FITSFot.



Obrázek 8: Příklad použití programu FITSFot.

Anketa o nejoblíbenější jev

Snad každý pozorovatel halových jevů má některé jevy raději než jiné. Samozřejmě, že i ten nejobyčejnější halový jev, 22° halo, dokáže uchystat perfektní podívanou, ale jasný barevný cirkumzenitální oblouk, oslňující parhelia, kompletní parhelický kruh, pyramidální úkaz se všemi pyramidálními haly jsou přeci jen o něčem jiném. Napadlo mě proto vyhlásit anketu o nejoblíbenější halový jev.

Jak bude anketa probíhat? Úplně jednoduše: do mailu, který poté odešlete na adresu astro_x@post.cz, napište jeden až tři vaše oblíbené halové jevy. V případě, že napíšete jev pouze jeden, dostane 3 body. V případě dvou jevů bude ten, který se bude nacházet na prvním místě, ohodnocen třemi body a druhý body dvěma. A v případě tří jevů budou body rozděleny opět podle pořadí - 3 body, 2 body a 1 bod. Napsat můžete jakýkoliv halový jev a to ať už ten, který jste již někdy na vlastní oči spatřili, či pouze ten, který znáte jen ze snímků šťastnějších pozorovatelů. Dokonce můžete napsat i takový jev, který dosud nebyl fotograficky přesvědčivě zdokumentován jako je například Kernův oblouk. Hlasování, prosím, zašlete do 15.8. A v následujícím čísle Parhelia se pak můžete těšit na výsledky této miniankety.

Zdroje a programy použité při tvorbě Parhelia

1. MiKTeX; <http://miktex.org/Default.aspx>
2. Gimp; <http://www.gimp.org/>
3. Gnuplot; <http://www.gnuplot.info/>
4. Hyperphysics; <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html>
5. Tverskoj, P.N.: *Optické, elektrické a akustické jevy v atmosféře*, Naše vojsko, Praha 1955
6. Fischbach, D.J. and Sorensen, C.M.: *Understanding the Mie Theory of Light Scattering*, APS Meeting Abstracts, March 1998