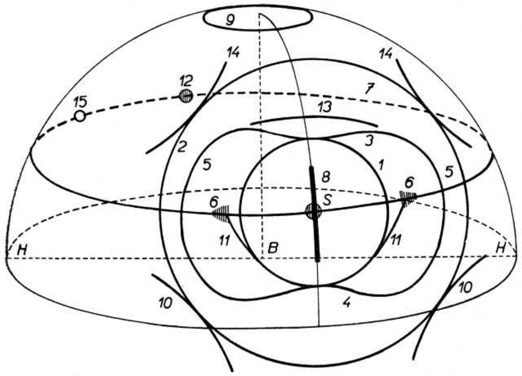
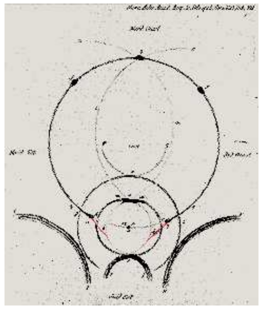
Vydavatelem je Astronomická společnost v Hradci Králové
Redakce: Miroslav Brož, Josef Kujal. Sazba systémem plainTEX.
Vydáno dne 3. 6. 2000 na 112. setkání členů ASHK.
Adresa: ASHK, Národních mučedníků 256, Hradec Králové 8, 500 08
e-mail: ashk@email.cz, web: http://www.astrohk.cz/ashk/

POVĚTROŇ

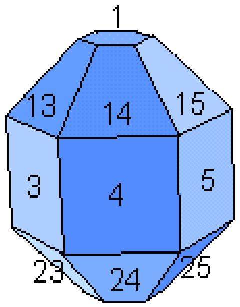
Občasník Astronomické společnosti v Hradci Králové
SPECIÁL 2000/2 ročník 8

Halové jevy





Petrohrad, 18. VI. 1790



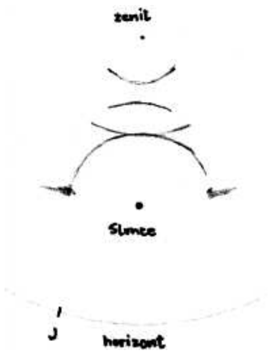
http://www.volny.cz/trzicky/atmos/halo.htm
[7] Vornhusen, M.: *Atlas of Halo Forms.*
http://members.tripod.com/~regenbogen/englisch/atlas.htm

Obr. 6 — Pohled z jižního pólu směrem na sever, dne 21. XII. 1980. Malá zrníčka patrná na snímku jsou krystalky ledu letící v přízemní vrstvě. Foto Cindy McFee, NOAA.

Parryho oblouk

Miroslav Brož

Dne 16. X. 1993 okolo 15:15 odpoledne se mi poštěstilo pozorovat výjimečný halový jev — *Parryho oblouk*. Neměl jsem po ruce žádný fotoaparát, tak jsem si alespoň udělal malý nákres.

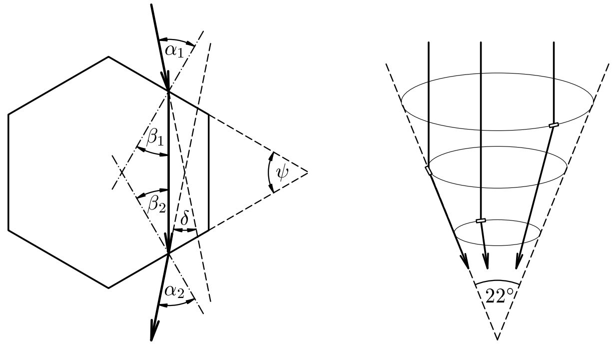


Postupně od zenitu byl viditelný cirkumzenitální oblouk, pak Parryho oblouk, polovina malého hala s horním dotykovým obloukem a nakonec se ještě objevila boční slunce. První oblouk byl zářivě duhový, ostatní byly bledší nebo bílé, intenzita se měnila podle přecházejících oblaků.

Zkusil jsem si tuto situaci nasimulovat pomocí softwaru *HALO 2.0*. Autoři tohoto skvělého programu, Les Cowley a Michael Schroeder, používají techniky *raytracingu*,

Malé halo [1]. Nejčastěji je pozorovatelné malé halo — bělavá kružnice kolem Slunce v úhlu asi 22°, na vnitřní straně zbarvená do červena, uvnitř kruhu bývá obloha tmavší než okolo. Vzniká lomem světla v šestibokých krystalcích s lámavým úhlem $\psi = 60°$ (viz obr. 3), není třeba žádné zvláštní orientace krystalků v prostoru.

Při odvození výše zmíněného úhlu, pod kterým se pozoruje malé halo, využijeme *principu minimální odchylky* — nejvíce světla je koncentrováno do toho směru, který odpovídá minimální odchylce δ směru vystupujícího paprsku od směru paprsku dopadajícího. Protože při obráceném průchodu paprsku hranolem zůstává stejná odchylka δ, musí v případě $\delta = \delta_{\min}$ platit $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_{\min}$.



Obr. 3 — Trajektorie paprsku při průchodu hranolem s lámavým úhlem $\psi = 60°$, schéma vzniku jevu halo 22°.

Pro lom světla platí Snelliův zákon

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\beta_1} = \frac{\sin\alpha_2}{\sin\beta_2} = n'_\mathrm{r}\,, \tag{1}$$

kde n'_r je relativní index lomu ledu vůči vzduchu. Z jednoduché geometrie na obr. 3 vidíme, že

$$\beta_1 + \beta_2 = \psi\,, \quad \delta = (\alpha_1 - \beta_1) + (\alpha_2 - \beta_2) = \alpha_1 + \alpha_2 - \psi \tag{2}$$

Pro případ minimální odchylky pak platí $\delta_{\min} = 2\alpha_{\min} - \psi$, $2\beta_{\min} = \psi$. Vyjádřením $\alpha_{\min}$, $\beta_{\min}$ z (2) a dosazením do (1) dostaneme

$$\sin\frac{\delta_{\min}+\psi}{2} = n'_\mathrm{r}\sin\frac{\psi}{2} \tag{3}$$

jejich orientace a pohyby. Vzhled a viditelnost úkazu může také záviset na výšce Slunce nad obzorem a výšce obzoru.

Základní přehled halových jevů uvádí tab. 2. Všimněte si, že na jedné straně existují halové jevy viditelné takřka každý týden (těmi se budeme zabývat v dalším textu), jiné jsou naopak velmi vzácné.

jev – viz obr. 2		dny	krystal/orientace	trajekt.	pozn.[2]
malé halo 22°	1	209	DS, náhodná	3–7	
velké halo 46°	2	18		3–1	
parhelia	6	71	D, základna horiz.	3–7	
halový sloup h./d.	8	34	D, přibližně horiz.		1
cirkumzenitální oblouk	9	31	D, základna horiz.	3–1	2
parhelický kruh (části)	7	13	DS		3
cirkumhorizont. oblouk			D, základna horiz.	3–2	4
parhelia 120°	15	1		1–3–8–2	5
spodní slunce					6
subparhelia				3–2–7	7
dotykový oblouk h./d.	3/4	59	S, hlavní osa horiz.	3–7	8
protislunce	12	1		mnoho	9
h./d. dotykový oblouk	14	1		3–2/3–1	10
velkého hala	10	1		2–3	11
Wegenerův oblouk			S, hlavní osa přesně horiz.	3–2–7	
Parryho oblouk	13	2–6	S, hlavní osa a 2 stěny horiz.	3–7	
Lowitzův oblouk	11	3	D rotující, horiz. základna	3–7	
halo 9°			P, náhodná	3–26	
halo 18°				13–25	
halo 24°				3–25	

Tab. 2 — Halové jevy, číslo na obr. 2, průměrný počet dnů výskytu v roce[1], tvar krystalu a jeho orientace, trajektorie paprsku (viz obr. 1) a doplňující poznámky[2].

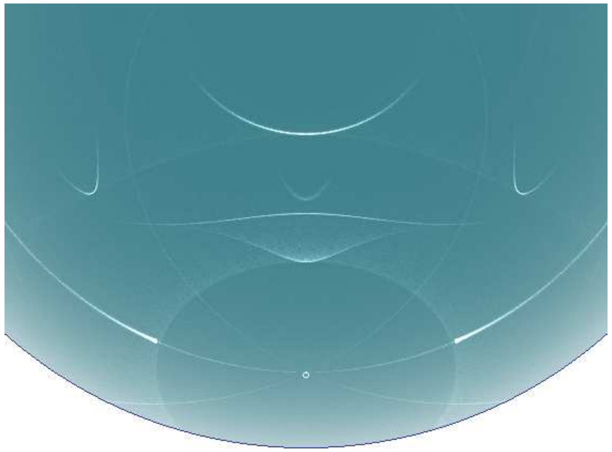
[1] podle [1], jiní autoři na jiných stanovištích uvádějí nižší počty; prázdné pole značí frekvenci výskytu menší než jednou za rok

[2] Vysvětlení poznámek v tab. 2: [1] odraz od d./h. základny, [2] pouze když $h_\odot < 32°$, [3] odraz od vert. stěn, [4] jen pro $h_\odot > 57{,}8°$, [5] tlusté D, [6] odraz od h. základny, často z letadla, [7] jen pod horizontem, [8] mění se podle $h_\odot$, anglicky „tangent arc“, pro $h_\odot > 32°$ opsané halo, [9] vysvětlení jevu nejednotné, [10] „supralateral arc“, [11] „infralateral arc“.

tj. sledování paprsku při průchodech a odrazech na nejrůznějších typech ledových krystalů. Nejprve se metodou Monte–Carlo zvolí orientace testovacích krystalků (podle definovaných úhlových rozsahů) a prvního dopadu paprsku. Poté se na každém rozhraní počítají Fresnelovy reflexní a transmisní koeficienty, které se porovnají s náhodným číslem a rozhodne se, zda paprsek rozhraním projde či se od něj odrazí. Algoritmus pokračuje, dokud paprsek neopustí krystal nebo se nepřekročí předem daný limit počtu průchodů a odrazů. Pokud paprsek úspěšně krystal opustí, je vynesen na obrazovku ve zvolené projekci. Pro vytvoření celého obrázku se postup opakuje 10^4 až 10^7 krát.

Pro vznik pozorovaného jevu jsem zvolil následující krystalky a orientace: 40 % náhodně orientovaných sloupků, 20 % horizontálních destiček a po 20 % sloupky v orientaci Parry a horizontální. Výška Slunce nad obzorem byla v inkriminovanou dobu asi 15°.

Výsledek simulace je na obr. 7 — vidíme, že vzhled oblouků dobře souhlasí s kresbou, pouze výška Slunce nad obzorem byla na kresbě přeceněna, což bývá častý problém nezkušených pozorovatelů. Na obr. 8 je pak vidět, jak by se vzhled Parryho oblouku s výškou Slunce měnil.



Obr. 7 — Simulace komplexního hala 16. X. 1993 programem HALO 2.0, výřez se záběru kamery „rybí oko“ směřující do zenitu, 10^6 paprsků.

Tento poměrně vzácný halový úkaz byl objeven Parrym 8. IV. 1820 v kanadské Arktidě během britské expedice, která hledala severozápadní cestu (průplav z Atlantského do Tichého oceánu). Dvě lodě zůstaly uvězněny v ledovém poli po celou dlouhou zimu blízko ostrova Melville.