
BÍLÝ TRPASLÍK

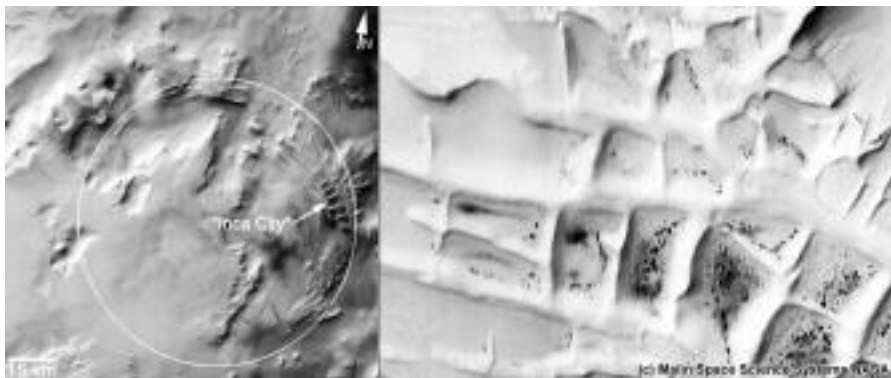
Číslo 113

2003

březen

Město Inků

Bylo odpoledne 10. ledna 2003. Seděl jsem si takhle v poklidu u počítače a programoval, když v tom se mě Jana Adamcová přes ICQ zeptala, jestli nevím něco o pořadu v televizi, v němž něco říkali o zbytcích rozpadlých budov na Marsu. Nic jsem o něm nevěděl a nevymyslel jsem nic chytřejšího, než se podívat na stránky sondy Mars Global Surveyor. Kde jinde hledat než tam. Na titulní stránce nic nebylo, ale po pár kliknutích jsem se dostal k následujícím obrázkům. Nejsem žádný příznivce Dánikena ani záhad a mystérií, nicméně přesto jsem si brzy uvědomil, že jsou to ty nejzajímavější snímky, jaké jsem kdy z povrchu Marsu viděl (kam se hrabe pověstná „tvář“). Proto bych se o ně s vámi rád podělil a pokud vám v této kvalitě nestačí, navštivte http://mars.jpl.nasa.gov/mgs/msss/camera/images/8_2002_releases/incacity/index.html.



Tento útvar v podobě vzájemně kolmých hřebenů se objevil již na snímcích ze sondy Mariner 9 v roce 1972. Pro svou podobnost se starobylými ruinami dostal neformální označení – *Inca City*. Jde o součást rozsáhlejší kruhové struktury, nejspíš starého impaktního kráteru překrytého pískem a ledem z oxidu uhličitého. I vlastní „město“ je (až na malé černé tečky viditelné na snímku) pokryto zhruba metrovou vrstvou sněhu či ledu. Nachází se totiž poměrně blízko jižního pólu na souřadnicích 82° jižní šířky a 67° západní délky. Nové snímky oblasti pořídila v letech 1997 a 1998 Mars Global Surveyor.

Sami badatelé si s vysvětlením těchto úkazů v roce 1972 nevěděli rady, a ani snímky z MGS nepřinesly žádnou zásadní změnu. Interpretací je hned několik, ale rozhodnutí, která je správná, zatím nepadlo (a zřejmě brzy ani nepadne):

- Dávné písečné duny, které byly překryty vrstvami ledu a prachu a stlačeny až na hmotu, která je podobná písčovci.
- Valy z písku a šterku, které byly zesponu vlisovány nebo vytlačeny do polární čepičky.
- Vyvřelé valy, které vznikly proniknutím magmatu do puklin v polární čepičce a jeho následným utužením.

V každém se na vzniku těchto útvarů podílela větrná eroze, která ohladila okolní méně odolný materiál tvořený nepevnými vrstvami ledu a prachu.

I na Zemi existují procesy, které mohou podobnou strukturu vytvořit – pravidelně se opakující silné větry vanoucí ze dvou různých směrů vytvářejí v písku tzv. mřížovité nebo síťované duny (*reticulate dunes*). Nicméně stále není zcela zřejmé, zda to, co pozorujeme, skutečně duny jsou.

Ponechme raději stranou spekulace o dávném sídlišti Martánů, nebo jakékoliv jiné stavbě, už jen proto, že velikosti jednotlivých „domů“ by byly kilometrové. I když, jak podotkla Jana, to se již blíží velikosti dnešních velkoobchodů :-).

– Petr Scheirich –

Satelity v plynném hávu

K ozdobám noční hvězdné oblohy patří bezesponu planety. Jsou ve většině případů jasné a snadno naleznutelné. Při pohledu dalekohledem mnohdy žasneme nad detaily, které na nich můžeme pozorovat. Ovšem pozor! Nezapomínejme, že se většinou díváme na jejich vzdušný obal – atmosféru – a nemůžeme zjistit, co se skrývá pod ní, na povrchu.

Nejen planety, ale i některé jejich měsíce mají své atmosféry. Jsou však mnohem menší než planety a díky jejich „velikostem“ a vzdálenostem od Země je jejich dálkový průzkum náročnější než u planet. Ještě před deseti lety jsme si mysleli, že ve sluneční soustavě jsou pouze tři měsíce, které mají svůj vlastní plynný obal. Dnes je to měsíců šest – čtyři velké Jupiterovy měsíce, Saturnův Titan a Neptunův Triton.

Jako první byla atmosféra potvrzena na Titanu a to v roce 1944 Gerardem Kuiperem, který získal jeho spektrum a našel v něm spektrální čáru plynného metanu. Potom lidstvo čekalo třicet pět let na objev dalšího měsíce s vlastní atmosférou. Stala se jím nejbližší Jupiterova družice Io. K objevu přispěly sondy Voyager, které kolem ní prolétly v roce 1979. A po dalších deseti letech se sonda Voyager 2 zasloužila o objev třetího měsíce s vlastní atmosférou – Neptunova Triton, který byl její poslední „zastávkou“ ve sluneční soustavě.

Jak je však možné, že tělesa mnohdy menší než některé planety svou atmosféru mají a například Merkur ji nemá?

Schopnost tělesa udržet si atmosféru závisí na gravitaci a teplotě. Gravitace se projevuje především v souvislosti s únikovou rychlostí – pokud je pohybová energie molekul atmosféry menší než potenciální energie, molekuly zůstanou v gravitačním poli tělesa. Pokud je větší, molekuly se vymaní z gravitačního pole a odlétnou do vesmíru. Teplota na tělese zase ovlivňuje tzv. střední kinetickou rychlost molekul. Čím je teplota nižší, tím



Čtyři největší měsíce Jupitera.

je menší i rychlost molekul a zákonitě i jejich kinetická (pohybová) energie. A naopak. Při vyšší teplotě mají molekuly větší rychlosti a mohou snáze uniknout z gravitačního pole tělesa.

A jakým způsobem vlastně atmosféry vznikly?

U velmi hmotných těles typu Jupiteru se jedná o přímý pozůstatek plynů z protoplanetárního disku (mluvíme o tzv. prvotní atmosféře). U terestrických planet se prvotní atmosféry postupně přeměňovaly působením slunečního záření, sopečnou činností, dopady komet a meteoritů a u Země hlavně vznikem a vývojem života. Ale jak dále zjistíme, nemusí to být jedině způsoby, jak vytvořit atmosféru.

Podívejme se teď na oněch šest podivných těles, která mají ještě podivnější atmosféry. Začneme u Jupiteru. První, co do vzdálenosti od planety, je Io. Byl objeven Galileem v roce 1610 a své jméno dostal podle dcery boha řek Inacha a kněžky bohyně Héry. Tento měsíc o průměru 3632 km obíhá pouze ve vzdálenosti 421 000 km. Díky tomu je značně ovlivňován gravitací Jupiteru (působení je tak silné, že dochází ke změnám velikosti měsíce až o 100 metrů). To způsobuje na Io sopečnou činnost. V činnosti je zde devět sopek, které vyvrhují materiál rychlostí až kilometr za vteřinu. Jedná se hlavně o částice síry, oxidu uhličitého a oxidů síry. Nejedná se o nijak hustou atmosféru, její tlak při povrchu je asi jedna tisíciná Pascalu. Sonda Galileo objevila také slabou vrstvu ionosféry, která je tvořena převážně ionizovaným kyslíkem, sírou a jejími oxidy. Nachází se ve výšce téměř 900 km nad povrchem družice a je velmi proměnlivá. Zatím nikdo nedokáže říci, jak se částice mohou dostat až do tak velkých výšek. Jisté však je, že atmosféra i ionosféra Io jsou závislé na intenzitě sopečné činnosti, neboť z průletů sond Pioneer víme, že sopky chrlily své gejzíry jen do výšky 100 km, kdežto při průletu Voyagerů to bylo už do výšky 300 km.

Druhým měsícem je Europa. Ta obíhá ve vzdálenosti 670 000 km a její průměr je 3138 km. Rovněž byla objevena Galileem v roce 1610 a své jméno dostala podle fénické princezny, dcery krále Agenora z Tyru, kterou Zeus v podobě bílého býčka unesl na Krétu. Je nejmenší z Galileových měsíců, je dokonce menší než náš Měsíc (3475 km). Povrch Europy je tvořen obrovskými ledovými krami o velikostech několika tisíc kilometrů, které připomínají

Severní ledový oceán. Výškové rozdíly zde nejsou větší než 1000 metrů. Pod tímto ledovým krunýřem se pravděpodobně skrývá oceán tekuté vody, která se trhlinami v ledu dostává až na povrch, kde při teplotě minus 145 stupňů Celsia okamžitě zamrzá.

Europa se nachází uvnitř radiačních pásů Jupiteru. To způsobuje, že na její povrch neustále dopadají elektrony a ionty unášené magnetosférou. Při dopadu se z ledu uvolňuje vodní pára. Tu vzápětí ultrafialové záření Slunce rozkládá na jednotlivé atomy a molekuly – vodík, který je lehčí a uniká do kosmického prostoru, a kyslík, který je těžší a zůstává při povrchu družice. Vytváří se tak řídká kyslíková atmosféra sahající do výšky zhruba 200 km. Odtud se však i molekuly kyslíku pomalu vymaní z gravitačního pole a unikají do volného prostoru.

Sluneční záření spolu s energetickými částicemi z magnetosféry Jupiteru vytvořily okolo Europy i ionosféru. Ta byla zjištěna během série zákrytů sondy Galileo měsícem, kdy signály ze sondy podléhaly refrakci na vrstvě elektronů nebo jiných nabitých částic. Hustota ionosféry je 10 000 elektronů v centimetru krychlovém (Jupiterova ionosféra má hustotu 20 000 až 250 000 elektronů). Pozorování z Galilea přinesla také zjištění přítomnosti hydrátů minerálních solí a kyseliny sirové na povrchu družice. Díky chemickým reakcím může atmosféra obsahovat také sirovodík, oxid siřný, oxid uhličitý a sodík, který byl skutečně identifikován ve vyšších vrstvách atmosféry.

Největším měsícem Jupitera a také sluneční soustavy je Ganymed. Má průměr 5262 km a obíhá ve vzdálenosti 1 milion kilometrů, což je patnáct poloměrů Jupitera. Ganymedes byl synem krále Trosa a Zeus jej odnesl na svých zádech v podobě orla.

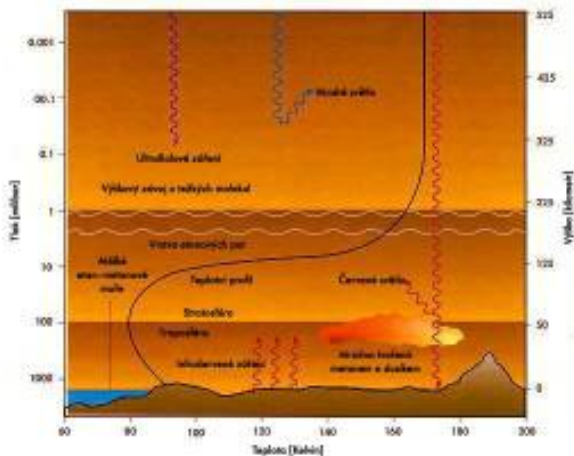
Z podrobných snímků víme, že jsou zde dva rozdílné druhy povrchu. Tmavší, posety krátery a světlejší, rozpraskaný. Tmavší zřejmě představuje starší a pevnější horniny, světlejší zase zmrzlý a špinavý vodní led.

Díky Jupiterově rotaci jsou energetické částice z magnetosféry urychlovány až k oběžné dráze Ganymeda, ten je svou gravitací zachytí a částice pak doslova prší na jeho povrch. Z vody pod ledem se pak uvolňují molekuly ozónu (dochází k tzv. disociaci vody) a vytváří se slabá ozónová atmosféra. Největší nápor částic přichází na odvrácenou stranu měsíce, protože Ganymed má stejně jako náš Měsíc vázanou rotaci – jedna otočka okolo osy a jeden oběh okolo Jupitera trvá sedm pozemských dnů. Ozón byl poprvé detekován díky pozorování Hubblova kosmického dalekohledu. Později byl ve spektru měsíce nalezen a potvrzen i molekulární kyslík. Ovšem množství ozónu není velké – odhaduje se na 10 % ozónu, který je každý rok zničen v naší atmosféře nad Antarktidou.

Průměr Callisto je 4806 km. Obíhá ze všech velkých měsíců nejdále – 1,88 milionu kilometrů, těsně za radiačními pásy Jupiteru. Díky tomu se k ní již nedostanou energetické částice a převažuje zde vliv slunečního záření. Tmavý povrch je poset velkým množstvím jasných kráterů po dopadech planetek, komet a meteoritů. Celý měsíc je vlastně promíchanou směsí hornin a ledu v poměru 40 % ledu a 60 % křemičitanů a železa. Jeho průměrná hustota je pouze 1,8krát větší než hustota vody, což svědčí o tom, že nemá kovové jádro jako ostatní velké Jupiterovy měsíce. Podobně jako u Europy byla u Callisto zjištěna přítomnost velmi slabé kyslíkové atmosféry. K potvrzení a také k rutinnímu pozorování atmosféry na

Jupiterových družicích je dnes využíván Hubbleův kosmický dalekohled a velkou měrou se na výzkumech podílela sonda Galileo.

Největší Saturnův měsíc Titan objevil v roce 1655 Christian Huygens. V roce 1944 objevil Gerard Kuiper v jeho spektru plynný metan a dokázal tak existenci jeho atmosféry.



Při průletu sondy Voyager 2 si vědci mysleli, že konečně nahlédnou Titanu pod pokličku. Ale jaké bylo jejich zklamání, když měsíc ukázal pouze svoji neprůhlednou, hustou atmosféru. Ale přesto jsme se o něm dozvěděli zajímavé údaje. Jeho průměr je 5150 km a okolo Saturnu oběhne jednou za šestnáct dnů. Za stejný čas se i otočí okolo své osy. Atmosféra měsíce je tvořena z 90 % dusíkem, zbytek tvoří metan. V malém množství jsou pak zastoupeny prvky argon, čpavek a látky jako kyanovodík, etan, etylen

a acetylen. Možnou strukturu Titanovy atmosféry si můžete prohlédnout na připojeném obrázku. Metan je slunečním ultrafialovým zářením rozkládán na metyl a vodík. Vznikají složitější uhlovodíky, jejichž molekuly pak kondenzují v nejmolekulárnějších vrstvách atmosféry (50 – 200 km). Tam se pak vytvářejí mikročástice, které jsou zodpovědné za hustý oranžový zákal atmosféry. V ní se také nachází zvláštní látka – tholin, která se ve formě červenohnědého smogu snáší pomalu k povrchu. Během milionů let se už musela vytvořit na povrchu Titanu silná vrstva sedimentů této látky. Zajímavé je to, že po rozpuštění ve vodě se z tholinu uvolňují aminokyseliny – stavební kameny pro vznik života! Také je možné, že metan se chová v atmosféře stejně jako voda na Zemi a prší z oblaků na povrch. Vytváří řeky, jezera a možná i oceán naplněný kapalným metanem. Zajímavou hodnotu má i atmosférický tlak při povrchu – je totiž jen 1,5krát vyšší než atmosférický tlak při povrchu Země (1013 hektopascalů). Zato teplota je krajně nepříznivá – mínus 178 stupňů Celsia. Velmi zajímavé je také pozorování obláčnosti. Vyskytuje se každý den ve stejné výšce nad povrchem měsíce a je velmi řídká. Její velikost odpovídá asi jednomu procentu plochy povrchu celého měsíce (na Zemi obláčnost pokrývá asi polovinu povrchu planety).

Dnes můžeme Titan sledovat pouze díky Hubbleovu kosmickému dalekohledu, ale v roce 2004 už tomu tak nebude. Okolo Saturnu by měla začít obíhat sonda Cassini a na Titan dosedne výsadkový modul Huygens. Společně budou poskytovat nové, neméně zajímavé informace o těchto tělesech.

Posledním měsícem na který se podíváme je Neptunův Triton. Objevil jej v roce 1846 William Lassell, necelé tři týdny po objevu samotné planety Neptun. Průměr Tritonu je

2700 km a obíhá ve vzdálenosti 354 000 km. Stejně jako Titan má vázanou rotaci a oběhne okolo Neptunu za šest dní.

Povrch měsíce je tvořen převážně velmi tvrdým ledem s příměsí dusíku, metanu a oxidů dusíku. Povrchová teplota je 38 Kelvinů (mínus 235 stupňů Celsia). Sonda Voyager 2 objevila dvě části atmosféry, která měsíc obklopuje. Teplejší termosféra má teplotu 100 Kelvinů a nachází se ve výškách od 450 do 700 km. Chladnější atmosféra má teplotu pouze 38 K a leží pod 150 kilometry. Samotná troposféra se nachází zhruba do výšky 8 – 10 km a tvoří ji dusíkové páry o tlaku 0,000 015 Pascalů (70 000krát méně než atmosférický tlak na Zemi). Ve výšce okolo 13 km se projevuje tzv. fotochemický smog, což jsou drobné mikročástice, které vznikají působením ultrafialového záření na metan. Atmosférou vane také slabý vítr o rychlosti asi 15 metrů za vteřinu (54 km za hodinu) směrem od jihu k severu.



A odkud se vzal dusík? Teplo, které povrch měsíce získává od Slunce a hlavně od planety Neptun uvolňuje pod ledovým krunýřem plynný dusík. Ten se v něm hromadí a při explozi vytváří obří gejzíry, které vyvrhují dusík spolu s tmavým materiálem do výšek několika kilometrů. Unikající dusík vytváří slabou atmosféru viditelnou pouze při pohledu k obzoru měsíce. Vítr unáší prachové částice a ty se pak usazují na povrchu a vytvářejí kolem gejzírů tmavé oblasti o délce až 140 km. Jsou proto velmi nápadné a svědčí o geologické aktivitě i v těch nejvzdálenějších místech sluneční soustavy.

– Martin Vilášek –

Proč je nutno svítit venku *jen dolů* – část první, o jasu oblohy

Předmluva

Pravidlo *svítit jen dolů* je až překvapivě účinné při potlačování nežádoucích důsledků venkovního osvětlování. Bývalo samozřejmostí na železnici (a v některých státech jí zůstalo), po mnoha desetiletích se nověji se uplatnilo v okolí některých astronomických observatoří, jejichž pracovníci se začali o venkovní osvětlování zajímat. Pravidlo má mnohé blahodárné dopady, kterým se postupně budeme věnovat.

Ten dopad, že se jeho respektováním dá několikrát snížit jas nočního nebe, dnes pro většinu občanů jistě není tím nejdůležitějším. Na druhé straně byl hlavní motivací pro většinu z hrstky prvních průkopníků ochrany nočního prostředí. Začínáme-li právě jím, postupujeme po historické linii. Nejdeme ale od jednoduchého ke složitému, protože není

snadně pochopit, proč je vlastně takové pravidlo v tomto případě účinné. Pokud se nám to podaří, ostatním výhodám pravidla *svítit jen dolů* porozumíme už snadno.

Úvod

Ve všech zákonech a pokynech, jejichž cílem je bránit světelnému znečištění, se vyskytuje jeden základní požadavek: zajistit, aby ze svítidel¹ (lidově lamp²) nešlo žádné světlo přímo do horního poloprostoru, tj. pryč od osvětlovaného terénu.

Někdo si možná položí otázku: Proč žádné? Vždyť přece od osvětlovaného objektu jde světlo také nahoru. Běžně deset procent toho, co na něj dopadne (od světlých ploch to může být i třicet, od tmavého asfaltu sedm). K potlačení světelného znečištění by mělo stačit, když k tomu svítidla samotná moc nepřidají. Kolik je snesitelné přidat? Polovinu, čtvrtinu, desetinu? Méně než desetinu, to už by snad nemělo vadit, ne?

Taková interpretace vychází z omylu, že světelné znečištění je „světlo jdoucí do nebe a tím prý rušící astronomy při pozorování“. Znečištění je ale obecně narušení přirozeného stavu prostředí, světelné znečištění pak jednoduše přírodního *nočního* prostředí. V mnoha případech je v nějaké míře nevyhnutelné, i tehdy se ale dá minimalizovat. Stačí se řídit dvěma zásadami: namířit světlo jen tam, kde je potřeba, a užít přitom jen takové množství světla, které je v danou dobu nutné. Veškeré svícení, které takové zásady nerespektuje, je světelným znečišťováním zvláště závažným a zbytečným.

Projevy světelného znečištění

Nepatřičné svícení se často třídí podle toho, čemu zrovna vadí – samozřejmě, většinou vadí ve více ohledech najednou.

Škodlivé je například svícení

- na nepatřičné plochy (cizí pozemky či objekty, zejména do oken domu, kde ruší něčí spánek)
- do očí čili oslňování (při pohledu do obvyklých směrů nemají mít lidé v zorném poli plošky lamp s vysokým jasem – jsou vždy rušivé, odvádějí pozornost a snižují viditelnost)
- zbytečně silné (i když na správná místa – omezuje viditelnost ostatních věcí, prodlužuje adaptaci zraku při přechodu do méně osvětlených míst a samozřejmě znamená zbytečné světlo rozptýlené od terénu do nepatřičných míst)
- nad obzor, jen do vzduchu (ruší organismy, které se tam pohybují, často zaviňuje i jejich smrt a zbytečně zvyšuje jas oblohy v místech vzdálených i přes sto kilometrů)

Základní pravidlo pro snížení světelného znečištění zamezuje v plné míře jen poslednímu případu: říká *nesvítit do vzduchu*. Současně ale znamená i výrazné snížení projevů znečištění prvního a druhého typu. Lampa, která nahoru nesvítí vůbec, svítí velmi málo také těsně

¹svítidlem se rozumí světelný zdroj, tj. např. zářivka či výbojka spolu s veškerým zařízením k zapálení a udržení výboje v ní a ke směřování jejího světla

²jako lampa se označuje i „prázdné svítidlo“ bez světelného zdroje

pod horizont, tedy do očí vzdáleným chodcům a řidičům. Zcela jistě nesvítí na okna nad sebou, málo svítí i na okna, která nejsou strmě dolů pod ní. Omezovat projevy znečištění prvního a druhého typu ještě dalšími detailními pokyny ohledně směřování světla šikmo dolů je samozřejmě možné, ale už ten základní pokyn napraví mnohé.

Druhé pravidlo, jak snižovat světelné znečištění, je *omezit intenzitu osvětlení* cílových ploch (jen na hodnoty nezbytné pro danou dobu a účel) a ploch okolních (tak moc, jak to dovolí vlastnosti nejlépe vybraných svítidel; jejich světelné kužely mají být tvarovány tak, aby co nejvíce světla padalo jen na cílovou plochu).

Vrátíme se ale ještě podrobněji k poslednímu projevu světelného znečištění, totiž svícení do vzduchu. Pilotům, ptákům a hmyzu vadí, když vidí samotné oslnivé body lamp. Prvním dvěma to vadí v orientaci, hmyz je viditelnými lampami zdáli přitahován a místo cesty za potravou pak krouží kolem nich zpravidla až do smrti. Samotný osvětlený terén jim nevadí; jen ptákům vadí osvětlené či svítící budovy (srážkami s nimi hyne nemalá část tažného plectva; neplachtící druhy táhnou hlavně v noci).

Organismům, které zůstávají na zemi, vadí svícení do vzduchu jen nepřímo: tím, že se světlo v ovzduší rozptyluje a zčásti se vrací na zem. Obloha je pak výrazně světlejší než v přírodních podmínkách a na území České republiky už nikde není přírodní noční prostředí. Lidé sice i na horách za bezměsíčných nocí vidí snadno na cestu, ale zato se vytratila nádhera hvězdného nebe.

Porozumět tomu, co přesně způsobuje zvýšení jasu noční oblohy, je těžké. Začneme proto tím, co známe všichni lépe, totiž oblohou denní.

Jak vzniká jas oblohy v přírodě

Rozptyl světla v ovzduší, obloha ve dne a za soumraku

Ze zkušenosti víme, že za jasného dne s dobrou dohledností je Slunce vysoko na nebi velmi silné, většina jeho světla projde bez rozptylu až na zem. Rozptýlená část nebývá vyšší než třicet, při kalnějším vzduchu čtyřicet procent, výjimečně může být i v malých nadmořských výškách pouhých dvacet procent (při velmi průzračném vzduchu a vodorovné dohlednosti nad sto kilometrů). Podíl přímého a rozptýleného světla lze odhadnout podle toho, kolikrát je terén např. ve stínu naší hlavy osvětlen méně než jeho osluněné okolí – do stínu dopadá jen sluneční světlo, které se předtím rozptýlilo v ovzduší, tedy z nebe nad námi.

Světlé denní nebe je vzduch osvětlený sluncem. Když je čistý, rozptyluje modrou složku slunečního světla dvakrát více než zelenou a čtyřikrát více než červenou. Proto je tehdy nebe modré, tím sytější, čím méně je v ovzduší prachových či kapalných částic.³

Ted' si ještě vzpomeňme (nebo lépe za slunných dní opakovaně studujme), jak je kde obloha světlá. Především je za jasného dne světlejší kolem nás než strmě nad námi. Je to pochopitelné – čím blíže k obzoru, tím více osvětleného vzduchu vidíme. Pozorovatelný je ale ještě jiný jev, totiž obloha je tím světlejší, čím blíže ke Slunci se díváme. Můžeme se

³Jiným částicím ve vzduchu, než jsou molekuly, se říká aerosoly. Velmi drobné aerosoly rozptylují modré světlo také více než červené, ale ne čtyřikrát, nýbrž jen o čtyřicet procent

například podívat dokola na místa, která jsou stejně vysoko na nebi jako Slunce samotné. I když se stále díváme na stejně dlouhý sloupec vzduchu, přesto není taková „rovnoběžka s obzorem“ celá stejně světlá. Daleko nejsvětlejší je těsně u Slunce; to lze dobře vidět, když si stoupneme tak, aby samotné Slunce bylo zakryto např. sloupem. Nejméně světlá je obloha v místech, která jsou od Slunce o něco dále než o pravý úhel, tedy o něco blíže ke stínu vaší hlavy než ke Slunci. Když je tedy Slunce necelých čtyřicet pět stupňů vysoko, nejtmavší místo „jeho rovnoběžky“ je na opačné straně než ono.

V různých dnech je světlání oblohy směrem ke Slunci různě výrazné, nejméně nápadné, patrné jen v těsném okolí Slunce, je při extrémně průzračném vzduchu. Ale i tehdy platí, že světlo se v ovzduší rozptyluje hlavně dopředu, v téměř původním směru, méně ve směrech „zpětných“ a nejméně ve směrech kolmých.⁴

Když Slunce k večeru klesne k obzoru, stíny zesvětlají, protože se cestou k nám rozptýlí valná většina slunečního světla. Tak moc, že Slunce i napohled zeslábne. Ubude mu hlavně modrá složka jeho světla (tím se z bílého stane žluté), při méně výtečné dohlednosti i zelená, takže je při západu červenavé. Může být tehdy zeslabeno více než milionkrát, to si jej už můžeme pohodlně prohlížet, aniž nás oslňuje, bývají na něm tehdy vidět i sluneční skvrny. Ale i sebečistší vzduch zeslabí zapadající Slunce více než tisíckrát. Jinými slovy, více než 999 promile slunečního světla, které jde vodorovně k nám, se cestou rozptýlí.⁵

I Slunce, které se nám schovalo za obzor, svítí ještě nějakou dobu na vzduch nad nás. S výjimkou čtvrtiny roku kolem letního slunovratu, kdy jsou noci nejkratší, to trvá nejvýše dvě hodiny, pak nastane hluboká (odborně astronomická) noc.

Přírodní obloha v noci

Obloha se tím ale ani v přírodě nestane černá. I za bezměsíčných nocí je stále světlá, hlavně blízko obzoru, v malých úhlových výškách. Je to hlavně proto, že sám řídký *vzduch ve výškách nad sto kilometry slabounce svítí*. V různých nocích a letech je takové svícení různě silné, v závislosti na tom, kolik se toho děje na Slunci; nejsilnější je během období s velkým počtem velkých slunečních skvrn a erupcí. Během každé noci se ale vzduch stává postupně méně ionizovaným a jeho svícení slábne, takže před svítáním je obloha temnější než po setmění.

⁴Pro úplnost, mimo hlavní téma článku, dodejme ještě, jak je to se speciálními případy rozptýlu na velkých částicích, tedy na oblačnosti a deštových kapkách. Ten je převážně všesměrový, ale přesto v některých směrech mohou vznikat výrazná, různě probarvená maxima jasu. V tenkých průsvitných mracích je běžné maximum jasu těsně kolem Slunce (či v noci Měsíce). V modrém světle je užší a vzniká tak jev zvaný aureola, kdy je modravé okolí Slunce lemováno žlutavým a červenavým prstencem. Odraz uvnitř mnohem větších deštových kapek se projeví kolem stínu vaší hlavy, do směru půl pravého úhlu od něj se tak ale světlo odrazit nemůže. Tam je pak na nebi tmavší oblast, lemovaná z obou stran prstenci jasu zvýšeného, duhami – na straně blíže k vašemu stínu je obvyklá jasná duha, na opačné straně bývá slabší duha ohraničující oblast, v níž se uplatňuje světlo odražené uvnitř kapky dvakrát. Konečně, třetí typ jevů vzniká odrazem a lomem na dostatečně velkých ledových krystalcích – souborně se takovým jevům říká halové. Nejběžnější je lom o úhel 22°, vytvářející prsteneček kolem Slunce s takovýmto úhlovým poloměrem, hnojín je také odraz na vodorovných ploškách krystalků, obdobný odrazu na zčeřeném vodní hladině (halový sloup).

⁵Proč je to tak? Protože světlo zapadajícího Slunce projde více než třicetinásobným množstvím vzduchu než světlo Slunce za letního poledne. Při průchodu „jednou vrstvou ovzduší“ (strmě dolů) zůstane nerozptýlených šest až osm desetin jeho světla, při průchodu atmosférou kolem kulového povrchu Země je to stejné množství na třicátou čtvrtou (např. 0,7³⁴ je asi pět milióntin).

Mnohem méně nápadně se projevuje sluneční světlo rozptýlené už daleko od Země, na prachových částicích v meziplanetárním prostoru. To se nazývá zvířetníkové či *zodiakální světlo*, protože tvoří pás, který je nejjasnější podél ekliptiky, hlavně úhlově blízko ke Slunci. Důvody jsou podobné jako u jasů oblohy ve dne – většina prachu se nachází poblíž roviny sluneční soustavy (obdobně jako většina vzduchu poblíž zemského povrchu) a prach rozptyluje světlo hlavně dopředu (proto jas zvířetníkového světla směrem ke Slunci stoupá). Přestože je zodiakální světlo po nebi rozděleno velmi nerovnoměrně, většina současníků si jej nikdy nevšimla (přiznám se, že ani já; dřív z neznalosti, teď spíš proto, že je na znečištěném českém nebi stěží patrné).

K jasů nebe přispívají i miliardy hvězd, které nevnímáme jako samostatné objekty na světlém pozadí okolního nebe. Většina je jich samozřejmě v děravém pásu Mléčné dráhy. Jen zanedbatelně roste jas nebe rozptýleným světlem oněch nejvíce několika tisíc viditelných, jasnějších hvězd.

Přírodní jas bezměsíčního nočního nebe moc nezávisí na průzračnosti bezoblačného ovzduší. Při nižší dohlednosti je sice nižší blízko obzoru, ale zato vyšší ve velkých úhlových výškách. Oblačnost jej samozřejmě snižuje, protože posílá část světla zpět nahoru do vesmíru.

Je-li vzduch velmi průzračný, pak jas oblohy nestoupne ani o polovinu, když je na nebi Měsíc v první nebo poslední čtvrti. Při úplňku ale i tehdy stoupne alespoň na čtyřnásobek. Při běžných dohlednostech pod třicet kilometrů zato už Měsíc v první čtvrti zvýší jas přírodního nočního nebe velmi nápadně, více než na dvojnásobek.

Jak se jas nočního nebe zvyšuje uměle

Vliv svícení strmě a povlovně vzhůru

Světlo, jdoucí ze svítidel nebo z osvětlených ploch směrem nahoru, se cestou ovzduším rozptyluje zcela obdobně jako sluneční světlo jdoucí dolů. Jde-li světlo od země strmě vzhůru, rozptýlí se jej v extrémně průzračném vzduchu, jak už víme, jen dvacet procent, za běžnějších podmínek to ale bývá spíš celá třetina. Jde-li méně strmě nahoru, projde delší cestu ovzduším a rozptýlí se jej více. Např. míří-li do úhlové výšky třicet stupňů místo rovnou nahoru, potká cestou dvojnásobek vzduchu, jde-li do směru patnáct stupňů nad vodorovnou rovinu, je jeho cesta už čtyřikrát delší. Pokud se tedy při cestě rovnou vzhůru rozptýlí třicet procent světla a v nerozptýlené podobě jej tedy odejde do vesmíru sedm desetin, pak se při svícení do úhlové výšky patnáct stupňů nerozptýlí jen $0,7^4$ čili asi jedna čtvrtina. Při směru jen pět stupňů nad obzor unikne do vesmíru nerozptýleno jen $0,7^{10}$, čili asi tři procenta světla. Pro jednoduchost lze říci, že světlo jdoucí do výšek pod deset stupňů se rozptýlí v ovzduší všechno, světlo jdoucí strmě se rozptýlí třikrát méně.

Když nás ale zajímá umělé zvýšení jasu noční oblohy, nejde nám ani tak o to, kolik světla se rozptýlí vůbec, jako o to, kolik se jej rozptýlí dolů k zemi. Jenom takové světlo totiž pak vidíme, jenom ono nakonec přispěje k jasů nebe.

Když jsme rozebírali, jak je kde obloha za jasného dne světlá, zjistili jsme, že se světlo rozptyluje hlavně dopředu (připomeňme, že nebe je tím světlejší, čím blíže ke Slunci

hledíme). Jde-li tedy světlo původně strmě vzhůru, pak i jeho rozptýlená část pokračuje většinou strmě vzhůru. Z rozptýlené třetiny světla se dolů vydá jen troška, ani ne třetina. Celkově se tak ze světla jdoucího od země strmě vzhůru vrátí zpět dolů asi desetina.

Světlo jdoucí nízko nad obzor se, jak víme, rozptýlí prakticky všechno, polovina nahoru a polovina dolů. Jas nebe je tedy zvýšen téměř o polovinu světla jdoucího původně do úhlových výšek deset stupňů a níže. Světlo jdoucí takto „naplacato“ je pětkrát škodlivější než světlo jdoucí od země strmě, pokud jde o úhrnné zvýšení jasu noční oblohy.

Jas nebe v aglomeraci a daleko od ní

Úhrnné zvýšení jasu nočního nebe dobře popisuje změnu, která nastává v rozsáhlé, spojitě osídlené oblasti, řekněme v městské aglomeraci. Často nás ale zajímá, jak se projeví svícení měst a vsí v neobydlené oblasti mezi nimi, kde žádné venkovní osvětlení instalováno není. Tam se uplatní světlo, které se z obcí dostane až do vzduchu nad takovou relativně přírodní krajinou. Tedy právě ono světlo, které jde z obcí „naplacato“ dlouhou cestou ovzduším podél zemského povrchu. Na světle, které jde z obcí strmě vzhůru, záleží jen málo, projeví se jen v dáli, těsně nad obzorem. Nebe vysoko nad neosvětlenou krajinou ovlivní jen zanedbatelně.

Teď se konečně můžeme vyznat v tom, jak světlo z obcí ovlivňuje podмноžinu posledního typu projevu světelného znečištění, totiž jak uměle zvyšuje jas nočního nebe.

Kam do vzduchu svítí obce

Jeden „druh“ světla je nevyhnutelný: totiž světlo z terénu, který skutečně potřebujeme mít osvětlený. I to lze ale omezit, když terén není osvětlený o nic víc, než je pro danou dobu potřeba (dle společenského konsensu, který může být představován např. bezpečnostními normami) a když nejsou spolu s ním osvětlené zbytečně i okolní plochy (jednak už to samo je znečišťování a jednak i ty pak osvětlují ovzduší).

Světlo z osvětleného terénu míří do všech směrů vzhůru, do těch blízko obzoru jej jde ale nejméně. Je to proto, že daná osvětlovaná plocha, řekněme náměstí, je při pohledu z boku patrná jen jako úzký proužek – odborně řečeno, zaujímá malý prostorový úhel; pokud se pohled blíží vodorovnému, pak se i prostorový úhel zabíraný vodorovným náměstím blíží nule. Onen prostorový úhel je úměrný sinu úhlové výšky, do které světlo jde.

Na druhé straně, takových „placatých“ směrů je jaksí více než strmých, přesně vzato, prostorový úhel, do kterého svítí terén v úzkém rozmezí úhlových výšek (tedy délka „rovnoběžky s obzorem“) je úměrný kosínu úhlové výšky. Graficky lze rozložení směrů a množství světla od terénu znázornit jako kouli, která na něm leží. Takové rozdělení svítivosti popisuje Lambertův zákon⁶, terén pak můžeme označit za lambertovský sekundární zdroj světla.

Řekli jsme, že světlo jdoucí do úhlové výšky pod deset stupňů přispívá úhrnně k jasu oblohy pětkrát více, než světlo jdoucí strmě vzhůru. Světlo od terénu, který svítí lambertovsky, není ale všechno strmé; když se spočítá kolik světla s takovým rozdělením směrů se vrátí zpět na zem, vyjde ne pouhá desetina, ale o něco více, řekněme dvanáct procent.

⁶Lambertův zákon předpokládá, že, že jas zdroje nezávisí na směru, odkud zdroj pozorujeme

Světlo z lamp samotných (pokud to nejsou takové, které nahoru nesvítí vůbec a nejsou tedy shora v noci vidět), má jiné rozdělení svítivosti jdoucích do nebe, obvykle opačné než terén. Z těch dosud běžných výkonných uličních lamp jde většina takového nežádoucího světla do malých úhlových výšek, strmě vzhůru nejde téměř žádně. I svítidla tvaru mléčných koulí, kterých bohužel za poslední desetiletí hodně přibýlo, mají jiné rozdělení světla než terén – toho vodorovného je stejně jako svislého (graficky se jejich svícení vzhůru dá znázornit jako polokoule čili kopule ležící na zemi).

Kolik z onoho světla se vrací na zem

Pro obvyklé znečišťující uliční lampy (dosud považované mnohými praktiky za výborné) to vychází⁷ tak, že přímé světlo z nich přispívá k jasů nebe přinejmenším třikrát více než stejné množství světla rozptýleného vzhůru od terénu. Příslovce *přinejmenším* se vztahuje k místu, kde takové zvýšení hodnotíme. Takový poměr platí zhruba uprostřed Prahy, Ostravy či Brna – jas nebe nad námi tam zvyšuje více zdrojů: osvětlený terén kolem nás, případné koule a podobná svítidla svítící i strmě do výšky, ale také výkonné uliční lampy ve vzdálených čtvrtích. Deset, dvacet či padesát kilometrů od města ale platí už poměr zcela jiný. Tam se přímé světlo z nedokonalých lamp uplatňuje desetkrát až třicetkrát více než stejné množství světla vyzářovaného vzhůru osvětlenou městskou krajinou.

Kolik vlastně jde světla vzhůru od terénu a kolik rovnou ze zastaralých lamp?

V případě terénu lze odhadnout, že ze světla, které na něj dopadne, se pohltí devadesát procent a že se tedy vzhůru do nebe vydá po rozptýlení deset procent dopadlého světla (tedy že albedo terénu je deset procent). Rozebereme-li to podrobněji, čerstvý asfalt, tráva a vegetace vůbec má albedo spíše nižší (u vegetace to platí pro sodíkové výbojky, které mají hojnost červené složky, chlorofylem účinně pohlcované), beton a různé kamenné a prašné povrchy zase vyšší. Terén ale nebývá hladký a dost světla rozptýleného původně jen mírně vzhůru dopadne nejprve na nějaké čnějící překážky, kde se opět z větší části pohltí a jen z menší rozptýlí do nebe. To nejjednodušší zaokrouhlení proto je, že svítí-li se na terén lampami, které směrem dolů posílají valnou většinu světla, asi desetina světla z lamp unikne po rozptýlení od terénu vzhůru do ovzduší, zhruba s lambertovským rozdělením směří.

Kdyby se přímo z lamp vydalo vzhůru, hlavně jen mírně nad obzor, tři procenta světla, pak by zvýšení jasů oblohy v rozsáhlé aglomeraci vinou těchto „mizerných tří procent“ bylo téměř stejně velké (tři krát tři), jako zvýšení (nevyhnutelné) vlivem osvětleného terénu (deset). Vyloučením oněch tří procent by se nebe nad aglomerací stalo dvakrát tmavší...

V místech, kam lidé jezdí za přírodou, dál od měst a velkých sídel, je ale vliv oněch tří procent zcela rozhodující. I kdybychom pro ně brali (pro místa jen čtvrt hodiny jízdy od města) pouhý koeficient deset, vadí tam už třikrát více než světlo od městského terénu.

Takový Ondřejov je od Prahy ještě dál, k jasů oblohy nad ním světlo z pražských lamp přispívá oproti světlu z pražského terénu „se směnným kursem“ alespoň dvacet, takže kdyby pražské lampy dávaly nahoru tři procenta světla, byl by v Ondřejově jejich vliv šestkrát větší než vliv osvětlených pražských prostranství: $3 \times 20/10 = 6$. Možná pražské

⁷viz stovky příkladů v adresáři <http://amper.ped.muni.cz/light/ies2>

lampy posílají nahoru v průměru méně světla, ale kdyby to bylo pouhé jedno procento, stejně bude jejich vliv dvojnásobný oproti vlivu samotné (jistě potřebně) osvětlené Prahy. Vyloučením onoho (jistě zbytečného) jediného procenta může poškozování ondřejovského nočního nebe Prahou klesnout třikrát!

Praha má ale vliv na noční oblohu nad celými Čechami a příspěvek přímého světla z jejich lamp je na většině jejich území ještě větší než v Ondřejově.

Jaký podíl přímého světla z lamp by už nevadil

Odpověď na otázku ve druhém odstavci úvodu proto je: přidat ke světlu rozptýlenému do ovzduší osvětleným terénem být jen desetinu přímým světlem z lamp je zcela neúnosné. Jas nebe vinou oné „zanedbatelné“ desetinky roste na většině území země jako je Česko ne o deset procent, ale až o několik set procent. Tolerovatelné zvýšení jasu oblohy vlivem (zbytečného) přímého světla z lamp je ale nejvýše několik málo desítek procent: to znamená, že přímého světla z lamp do horního poloprostoru musí být oproti světlu z terénu *méně než jedna setina*. A tedy *z celkového světelného toku z lamp smí do horního poloprostoru jít nejvýše jedno promile*. Není divu, že se to obvykle stručně vyjadřuje slovem *žádné*.⁸

Diskuse

Povrchní úsudek naznačený ve druhém odstavci mého příspěvku je tak snad už uveden na pravou míru pokud jde o jediný, pro mnoho lidí možná podružný projev světelného znečišťování, totiž o umělý vzrůst jasu noční oblohy.

Kdo z něj ale vychází, napadnou ho jistě námitky proti mému vysvětlení.

Přesné rozdělení svítivosti terénu

Například, vždyť terén nesvítí lambertovsky, neboť uliční lampy se snaží svítit do dále (aby nemusely být sloupy moc hustě) a asfalt nerozptyluje rovnoměrně do všech směrů, nýbrž část světla se na jeho hrbatém povrchu též odráží pod úhlem dopadu (nápadně se to projevuje „světelnými sloupy“, které se táhnou od světlometů aut směrem k pozorovateli). Přesnějším popisem rozdělení světla z asfaltu by tak byla zmenšená „lambertovská koule“ a k ní nejsnáze diagram pro lampu samotnou obrácený vzhůru nohama a vynásobený např. jedním procentem. Velká změna by to ale nebyla, protože lampy mají maxima svítivosti do směrů stále ještě dost strmých, přes 20° pod horizont, nad 15° pod horizont (či po odrazu pod 15° nad obzor) má být světla co nejméně – ono totiž už nic kloudně neosvětluje, jen oslňuje. Lampy, které nahoru nesvítí vůbec, mají i malé svítivosti těsně

⁸V technické praxi se ono „žádné“ nenahrazuje požadavkem na úhrnný světelný tok do horního poloprostoru pod jedno promile, ale požadavkem na měrnou svítivost nepřevyšující nula kandel na tisíc lumenů světelného toku vydávaných světelným zdrojem uvnitř svítidla. Pro běžnou 50W sodíkovou výbojku to pak znamená nejvyšší přípustnou svítivost do horního poloprostoru (tj. vodorovně nebo kamkoliv šikmo vzhůru) nejvýše dvě kandel. Lampa zkrátka shora nemá být jasnější než dvojice svíček ve stejné vzdálenosti. Takové upřesnění je praktické vzhledem k tolerancím náklonu svítidel při montáži a umožňuje i realizaci ozdobných efektů, kdy lampa může mít malinko svítící průsvitný vršek. Příslušná neznečišťující svítidla se označují slovy „fully shielded“, tedy *plně cloněná*.

pod horizont a potlačují tak odraženou plochou „zrcadlovou“ složku světla – tu by vlastně bylo na místě připsat rovnou lampám, protože nepřispívá k užitečnému osvětlení terénu.

Velmi povlovně stoupající světlo z terénu se ale ve skutečnosti, nejde-li o holou pláň, daleko nedostane, neboť většinou narazí na nějakou vyvýšenou překážku a rozptylí na ní rozdělí jeho zbytek do všech možných směrů, nejen těch jen povlovně stoupajících. U světla z lamp to nastává také, např. napříč ulice vlivem blízkých domů, ale mnohem méně často, neboť lampy bývají dost vysoko. Tento úbytek ploché složky světla z terénu bude asi započtením „zrcadlové složky“ světla od něj stěží vykompenzován.

Je vzduch v noci špinavější než ve dne?

Jinou námitkou by mohlo být, že přece záleží na průhlednosti ovzduší – kdybychom vzduch méně znečišťovali chemikáliemi a prachem, jistě by se v něm rozptylovalo méně světla. Ale my jej už skutečně znečišťujeme méně než před lety, v případě oxidů síry (které vedou ke tvorbě aerosolů) a popílku je pokles od pádu komunismu ohromný. Jediné, co neklesá, je produkce oxidů dusíku vinou růstu užívání automobilů, hlavně v Praze („díky“ pozoruhodné politice stavící na ideálu auta jako symbolu svobody), ty ale rozptylí světla tolik neovlivňují.⁹

I za nejprůzračnějších nocí je obloha nad městy katastrofálně světlá, tak moc, že děti a rodiče uprostřed větších měst na nebi nikdy nenajdou Malý Vůz (ty jeho tři krajní jasné hvězdy na to nestačí) ani nezahlednou Mléčnou dráhu. Možná by i zahlédli, párkrát do roka, jen by museli najít místo, kde jim nebude žádná lampa ani billboard svítit do očí; o takové je dnes věru nouze, aby si člověk najal detektiva. Při horší průzračnosti je hvězd na nebi vidět jen hrstka a i jasné planety unikají pozornosti – ani ne že by už opravdu zanikaly na světlém nebi, tak nesmírně světlé přece jen není, jako spíš že se ztrácejí mezi okolními, statisíckrát silnějšími lampami, sice vzdálenými a svítícími nám do očí zbytečně, ale přece jenom mnohem bližšími, než jsou planety. Ty bývaly před rozvojem elektrického osvětlování tak nápadné, že není divu, že je primitivní lidé považovali za bohy . . .

Kupodivu, kalnější vzduch sice zesvětlá oblohu nad městy, ale může ji ztmavit daleko od nich. To proto, že při nízké dohlednosti se světlo rozptylí skoro všechno už po patnácti kilometrech a nad odlehlější místa jej přijde méně. Zejména pokud nad městem v údolí leží mlžná inverzní vrstva, na horách v okolí může nebe zkrásnět k nepoznání . . .

To, že lidé nevědí, že vzduch nad obcemi je daleko čistší než před deseti lety, padá na vrub právě růstu nočního svícení. On skutečně je v noci špinavější – ne ale rozptylujícími částicemi, ale jen světlem samotným, kterého od pádu komunismu mnohde dramaticky přibýlo. Světelné čepice, které lidé blížíci se zdálky do své obce s povzdechem označují za „ten hrozný smog“ nejsou projevem znečištění chemického či prachového, ale právě jen svícení do vzduchu, a to především přímého světla z lamp směrem nad pozorovatele. On ten osvětlený vzduch, který přitom vidíme, není ani tak nad městem, jako ve třetině až polovině mezi námi a ním... Je to obdoba velmi světlého nebe v těsném okolí Slunce na denním nebi.

⁹Pro úplnost doplníme, že přece jen lidská činnost v posledních desetiletích k rozptylu světla v ovzduší jedním významným způsobem přispěla, přibýlo totiž vysoké oblačnosti čili cirrů jako trvanlivých pozůstatků po kondenzačních stopách za letadly – takové uměle iniciované cirry zvyšují jas nebe i dost daleko od měst.

Pocit, že člověk bydlí v prostředí méně špinavém než dříve, se dá velmi posílit tím, že zbytečné svícení do vzduchu potlačíme. A pak i zbytečné svícení vůbec – ona je totiž noc, ta bez dnes skoro všudypřítomné světelné špíny, potřebná pro nás i přírodu. I v obcích bychom ji měli získat zpět, jak jen to naše životní zvyklosti umožní. Noční klid totiž neznamená jen ticho.

Závěr

Jak jsem předeslal, pochopit, jaké jsou přesně příčiny umělého zvýšení jasů nočního nebe, není snadná věc. Komu tento text nestačí, může se obrátit na další literaturu.

Speciálně o jasů nebe si lze přečíst starší, stručnější ale ještě techničtější úvod *kvantifi*.^{*} dostupný v adresáři <http://amper.ped.muni.cz/light/koncepty> a anglicky psanou práci, na kterou odkazuje, *lp_quant*.^{*} v adresáři <http://amper.ped.muni.cz/light/tmp>. Komu takové úvodní informace nestačí, jsou mu k dispozici základní práce Pierantonio Cinzana a jeho předchůdců, viz <http://debora.pd.astro.it/cinzano/en>.

Jas nočního nebe, zvýšený v Česku tak moc, že úchvatná přírodní obloha není již nikde dostupná (a kromě tisíců hvězd a Mléčné dráhy, které snad zase získáme zpět, nám každý rok unikají neopakovatelné hry polárních září či jemné ohony komet), není ale pro mnoho lidí tím nejhorším projevem světelného znečištění. Jiné projevy jim vadí každodenně, i při zatažené obloze. Je skvělé, že se i ony dají v tak velké míře omezit při respektování jediných dvou požadavků – astronomicky zásadního „nesvítit vůbec vzhůru“ a doplňkového, nicméně zásadního z hlediska ochrany klimatu (tedy neplýtvání elektřinou) „svítit jen tam a vždy právě tak moc, jak je to zrovna nutné“.

Když se kvalitní neznečišťující osvětlování stane běžnějším, jistě přijde čas na detailní, zpřisňující se pokyny o směřování světla i dolů, aby opravdu nešlo, kam nemá. Vývoj osvětlovací techniky zatím tak daleko nedospěl. Doufejme, že brzo dospěje, jak se staré lékařské heslo „především neškodit“ ujme i mezi technickou veřejností, která se osvětlování věnuje.

Takovou veřejnost možná neoslovuje ztráta kouzla noční oblohy, ale jistě nemůže přehlížet vážné signály o tom, jak moc může světlo v noci škodit zdraví lidskému i jiných organismů. Viz o tom ostatně např. dva koncepty *wildlife*.^{*} a *uvod_zdr*.^{*} ve výše zmíněném adresáři, nebo vůbec stránky <http://svetlo.astro.cz> a odkazy odtud.

Zájem o ochranu nočního prostředí se začal rozvíjet o desetiletí, ne-li staletí později než zájem o ochranu prostředí denního. Je ohromnou příležitostí pro všechny, kteří noční prostředí tak jako tak sledují, začít to dělat záměrně a soustavně a k jeho nápravě aktivně přispět.

– Jan Hollan –

*Zákon geometrie, působící v domácnosti:
Kterýkoliv horizontální povrch se brzy vertikálně navrhší.*

Otisk měsíčního záblesku

V roce 1953 byl pozorován a fotograficky zachycen dosud nejjasnější záblesk na povrchu Měsíce, který doprovázel dopad velkého meteoritu. Vše zatím nasvědčuje tomu, že stopu po tomto padesát let starém impaktu se podařilo identifikovat.

Jeden z nejpozoruhodnějších snímků našeho vesmírného souseda pořídil 15. listopadu 1953 astronom - amatér Leon H. Stuart. Na fotografii, která zachycuje Měsíc v první čtvrti, není na první pohled nic zvláštního. Když si však dobře prohlédnete hranici světla a stínu, zaujme vás poblíž středu měsíčního disku nápadný světlý bod. Tento neobvyklý úkaz sledoval L. Stuart po dobu asi deseti sekund i vizuálně. Pokud ihned zahrneme existenci měsíčních sídlišť, ze kterých na nás jejich obyvatelé blikají svými výkonnými reflektory, může takový světelný záblesk způsobit jedině dopad velkého meteoritu.



Jeden z dosud nejjasnějších zaznamenaných záblesků na Měsíci je zřetelný uprostřed hranice světla a stínu. Snímek: Leon H. Stuart.

Podobné světelné záblesky pozorovali astronomové - amatéři na různých místech měsíčního povrchu už dříve, ale nikdy se je nepodařilo zachytit fotograficky. Proto se také původ světelných záblesků přisuzoval spíše mžítkám v očích pozorovatelů, než reálným úkazům, ke kterým dochází na povrchu Měsíce.

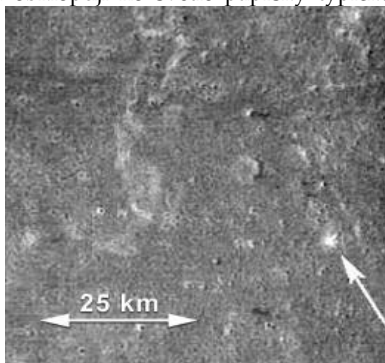
Stuartova fotografie měsíčního záblesku měla ovšem kromě potvrzení tohoto úkazu ještě jednu velkou přednost: Podařilo se podle ní lépe odhadnout jasnost záblesku a také přesněji definovat oblast, kde k němu došlo.

Dr. Bonnie Buratti z Jet Propulsion Laboratory a Dr. Lane Johnson z Pomona College v Claremontu (Kalifornie) pozorně prostudovali Stuartovu fotografii měsíčního záblesku a odhadli, že těleso, které tento záblesk způsobilo, muselo mít průměr zhruba čtyřicet metrů. Jeho dopad na měsíční povrch potom vyprodukoval energii, která se rovná půl megatoně TNT, což lze přirovnat energii asi třicet pět hirošimských bomb. Kráter, který po takovém impaktu na Měsíci vznikl, by pak měl mít průměr jeden až dva kilometry.

B. Buratti a L. Johnson proto začali prohledávat podezřelou oblast (zhruba patnáct kilometrů jihovýchodně od kráteru Pallas) na detailních snímcích, které pořídila

sonda Clementine v roce 1994. Jeden velmi čerstvý kráter se jim skutečně podařilo v dané oblasti najít. Má průměr 1,5 kilometrů a obklopují ho světlé paprsky typické pro mladší krátery. Dr. Buratti pro BBC News Online rovněž prozradil, že čerstvý kráter má na multispektrálních snímcích ze sondy Clementine rovněž správnou barvu a odrazivost.

Záblesky impaktů na měsíčním povrchu byly potvrzeny i na videozáznamech při meteorickém roji Leonid v roce 1999 a následně při několika dalších rojích. Pokaždé ale šlo o úkazy mnohem slabší než v případech pozorování z roku 1953. Podle počítačových modelů uvedených v červnovém čísle časopisu *Sky and Telescope* z roku 2000, proto může průměr kráterů těchto pozorovaných impaktů dosahovat maximálně několika metrů. Tak malé krátery prakticky není možné podle amatérských videozáznamů ze Země spolehlivě identifikovat.



Malý kráter, který pravděpodobně vznikl při impaktu pozorovaném v roce 1953 nevypadá na mozaikách snímků ze sondy Clementine nijak vábně (sever nahore).

Podle BBC News Online a dalších zdrojů

– Pavel Gabzdyl –

Černé divadlo

Pozoruhodnosti Kralomoce a jeho poddaných aneb domácí úkoly z astronomie a z pilnosti.

Planetu Jupiter a její čtyři velké měsíce viděl snad každý zájemce o astronomii. Hvězdičky spatřitelné i malým dalekohledem se posouvají v rovině Jupiterova rovníku tak rychle, že je to možné rozpoznat během jediné noci. Přitom předvádějí doslova stínové divadlo – mizí ve stínu planety a zase se objevují. Měsíce, které se ocitnou na násluneční straně své orbity, samy vrhají stín, který se pak jeví jako tmavá ploška, zvolna se sunoucí po kotoučku planety.

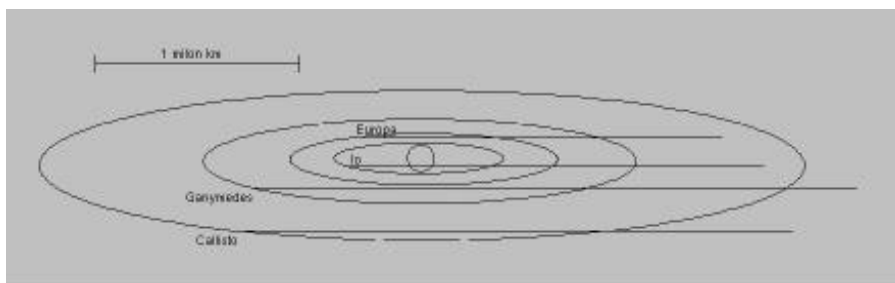
Tohle všechno „typický“ astronom tak nějak ví, když pro nic jiného tak proto, že je to ve hvězdářské ročence. Dvakrát do jupiterského roka, tedy dvakrát za pozemských dvanáct let, ale dojde k tomu, že lehce skloněné roviny oběhu měsíců se přimknou k ekliptice a pak se stín měsíce jednoho může trefit do měsíce jiného. A my sledujeme vzájemná zatmění. Nebo se seřadí za sebe a pak pozorujeme vzájemný zákryt.

Období vzájemných zákrytů a zatmění probíhá právě teď – od podzimu 2002 do roku 2003. Období zákrytů trvá přibližně rok a půl. Minulá zákrytová sezóna proběhla v roce 1997, další bude kolem roku 2009. Bližší informace lze najít na adrese ftp://ftp.bdl.fr/pub/ephem/satel/phemu03/phemu03liste_eng.txt. Kdo má CCD kameru, může vědě přispět k upřesnění dynamiky soustavy, ostatní se mohou alespoň dívat.

Jak dlouho takový úkaz může trvat? Jsou měsíce, které na sebe svým stínem nedosáhnou? Jsou u Jupitera nějaké význačné náhody, jako je ta, že máme možnost spatřit úplné nebo prstencové zatmění Slunce ze Země? K zodpovězení těchto otázek vystačíme se středoškolskou matematikou, kalkulačkou, základními fyzikálními daty o „hercích“ a trochou fantazie. Osoby a obsazení:

jméno měsíce	poloměr dráhy [10^3 km]	průměr měsíce [km]	doba oběhu [dnů]	oběžná rychlost [km/s]
Io	421,6	3430	1,769	17,33
Europa	670,9	3128	3,531	13,74
Ganymedes	1070	5262	7,155	10,88
Callisto	1883	4800	16,689	8,21

Jupiter a celá jeho rodina se nalézá ve vzdálenosti 5,2 AU od Slunce. Intenzita slunečního světla je tam pouze 3,7 procenta toho, co máme doma na Zemi. A taky se Slunce zdá být menší, jeho úhlový průměr je pouhých šest úhlových minut (a osm vteřin). Proto i kužely úplných stínů za tělesy jsou 5,2krát protaženější než v okolí Země a délka stínu je 560násobkem průměru tělesa. Porovnání délek stínů s velikostí soustavy ukazuje první obrázek.



Ted' trocha terminologie: Vrhající měsíc (vrhač) – ten, který v daném úkazu vrhá stín. Chytající měsíc (chytač, cíl) – ten, na který dopadá stín vrhače. Polostínové zatmění – z alespoň některého místa chytajícího měsíce je vidět část Slunce zakryta vrhačem. Vzdálenému pozorovateli se projeví nepatrným úbytkem jasnosti (vzpomeňte pozemský případ). Tento článek se polostínem nezabývá, i když při zjišťování poklesu jasnosti při polostínovém zatmění je potřeba brát polostín v úvahu. Částečné (partial) zatmění – na některá místa chytáče dopadá úplný stín, ne však na celou jeho osluněnou polokouli. Prstencové (annual) zatmění – celý vrhačův stín dopadá na cíl, je však menší nežli on a tak při velkém zvětšení

bychom viděli stín po povrchu cíle putovati. V praxi uvidíme více či méně nápadný pokles jasnosti. V širším slova smyslu jsou přechody stínů přes Jupiterův kotouček vždycky prstencová zatmění. Úplné (totální) zatmění – celý cílový měsíc je ukryt ve stínu a neměli bychom ho spatřit. Pokud do stínohry započteme i Jupiter, tak totální zatmění Jupiterem nastává při každém oběhu měsíce. Stíny se zužují, takže totální zatmění může nastat pouze pokud větší měsíc vrhá stín na menší.

Pro představu jak takové zatmění probíhá, jsou zde takové úkazy popsány pro dva krajní případy, totiž měsíce ve vzájemné konjunkci a v opozici vůči Jupiteru. Uvažuje se ideální případ, že všechny potřebné roviny splynuly a středy měsíců a střed Slunce se v jednom okamžiku ocitnou na jedné přímce. Každé zatmění je tak ve svém průběhu postupně částečné, pak prstencové, nebo úplné a pak v čase symetricky opět částečné. V každém případě by pozorovatel na rovníku na denní straně zastiňovaného měsíce pozoroval úplné zatmění Slunce. Zanedbává se skutečnost, že ve třech čtvrtinách případů by určitě vadil Jupiter (vrhač bližší Jupiteru než cíl v konjunkci, všechny případy opozice).

Jméno měsíce	stín Io	stín Europa	stín Ganymedes	stín Callisto
Io				
Europa				
Ganymedes				
Callisto				

Porovnání velikostí měsíců a stínů. Černá kolečka ukazují velikosti stínu v konjunkci a v opozici, bílé kolečko znázorňuje velikost cílového měsíce. Pokud stín v maximální vzdálenosti chybí, znamená to že úplný stín nedosáhne.

Poměrně dlouhá zatmění budou v době okolo konjunkce, protože stín putuje po povrchu cílového měsíce rozdílem jejich oběžných rychlostí a také proto, že měsíce si jsou blízko, takže stín je ještě dost široký. Naproti tomu v opozici se stín „mihne“ součtem oběžných rychlostí obou měsíců a stíny jsou využity „u své špičky“, někdy nedosáhnou vůbec.

Lze intuitivně vytušit, že nejdlejší možné úkazy se odehrají trochu bokem od konjunkce, protože vnitřní a tudíž rychlejší měsíc zpomaluje v rovině kolmé k slunečním paprskům rychleji než vnější. Přestože roste vzdálenost mezi měsíci a dlouhící stín se tenčí, může nastat okamžik, kdy měsíce ustupují „do boku“ stejnou rychlostí a pak o délce trvání

zákrytu rozhodují efekty dalšího řádu. Ale to je na vyšší matematiku, derivace a možná i Keplerovy zákony tam hrají roli. To je zralé na další domácí úkol z astronomie a z pilnosti.

Vnitřní tři měsíce na sebe svými stíny navzájem dosáhnou kdekoli na svých drahách. Vnější Callisto dokáže vrhnout svůj stín napříč Jupiterovou soustavou pouze ke vzdálenějšímu okraji dráhy měsíce Europa a zrovna tak na něj v opozici sotva dosáhne pouze stín mohutného Ganymeda.

Zastavme se u těchto případů. Ganymedes má průměr 5262 km a jeho stín tak končí ve vzdálenosti 2949 tisíc km, což je v rámci těchto orientačních výpočtů stejně, jako součet poloměrů drah Ganymeda a Callisto – 2953 tisíc km.

Stín Callisto má 2690 tisíc kilometrů. Europa se od něj může dostat nejdále na 2 553,9 tisíce kilometrů. Potom by stín Callisto na povrchu Europy měl pouhých 250 km v průměru a vzhledem k velké vzájemné rychlosti by European neviděl zatmění delší nežli jedenáct sekund.

Jsou to zajímavé náhody.

Z možných úplných zákrytů nastávají pouze tři případy a žádný z nich nemůže nastat v blízkosti opozice. Callisto je na takové věci příliš daleko. Ganymedes dovede svým stínem zcela pohltit Io a Europu v blízkosti konjunkce a pouze zákryt Ganymedes – Europa je úplný ještě pokud nastane ve vzájemné kvadratuře měsíců vůči Jupiteru.

Io dokáže skrýt Europu, ale to je v podstatě teoretický případ a v praxi se Europa (3138 km) sotva trečí do stínu o průměru 3185 km. Navíc se jedná o konfiguraci za Jupiterem.

Stanoviště pozorovatele	stín Io	stín Europa	stín Ganymedes	stín Callisto
Io	–	12:30	10:38	04:00
Europa	14:32	–	26:28	08:56
Ganymedes	06:23	14:06	–	20:55
Callisto	01:52	02:56	23:47	–

Nejdelsí možná zatmění Slunce při pozorování z jednotlivých měsíců v minutách a sekundách při poloze měsíců v blízkosti vzájemné opozice. Šedé pozadí buněk označuje, že taková konfigurace nastává na straně za Jupiterem.

Nejdelsím možným zatměním Slunce, které může pozorovat usedlík je zatmění pozorované z Europy a působené měsícem Ganymedes. Vzhledem k těmto časům lze budoucím „sběratelům sekund černého Slunce“ doporučit, ať přesídlí buď na Europu, nebo ještě lépe, ať mezi měsíci cestují podle toho, kde se zrovna co děje. Ovšem pozor, potřebné „delta v“ v gravitačním poli Jupitera je srovnatelné s cestováním mezi Zemí a Marsem!

V praxi je to většinou horší. V celé efemeridě až do podzimního slunovratu 2003 je pouze jeden případ totálního zatmění Io Ganymedem a série deseti úplných zatmění Europy Ganymedem. A samozřejmě všechny v době, kdy od nás není Jupiter a jeho rodina viditelná. Naštěstí i částečné úkazy a také vzájemné zákryty, které jsme nepočítali.

A tyto úkazy jsou dost výrazné na to, aby se bylo lze pohasínáním a rozsvěcením hvězd medicéjských kochat mnohem častěji.

datum	čas (TT)	úkaz	pokles jasnosti	délka [s]
2003-02-18	17:54:44	4 OCC 3 P	0,335	810
2003-02-18	20:49:53	4 ECL 3 P	0,384	386
2003-02-19	20:32:20	4 OCC 1 P	0,299	347
2003-02-27	17:49:00	1 OCC 2 P	0,334	215
2003-02-27	22:04:00	1 OCC 4 P	0,254	415
2003-02-28	01:17:12	1 ECL 4 A	0,483	390
2003-02-28	17:12:36	1 OCC 4 P	0,317	1285
2003-03-01	03:03:08	2 OCC 4 A	0,405	469
2003-03-06	19:48:57	1 OCC 2 P	0,290	211
2003-03-11	17:23:47	2 ECL 3 A	0,377	402
2003-03-13	21:50:27	1 OCC 2 P	0,253	208
2003-03-15	22:15:53	3 ECL 4 A	0,649	519
2003-03-18	20:47:57	2 ECL 3 A	0,353	363
2003-03-20	23:53:38	1 OCC 2 P	0,225	205
2003-03-21	01:19:54	1 ECL 2 P	0,613	148
2003-03-26	00:10:30	2 ECL 3 A	0,314	318
2003-04-02	22:59:05	2 ECL 1 P	0,296	163
2003-04-05	00:53:07	3 ECL 1 P	0,465	134
2003-04-14	19:19:03	1 OCC 2 P	0,219	214
2003-04-21	21:30:27	1 OCC 2 P	0,247	224
2003-04-27	18:54:44	2 ECL 1 A	0,662	201
2003-05-04	21:09:41	2 ECL 1 A	0,608	189
2003-05-21	19:34:49	1 ECL 3 P	0,230	137
2003-05-23	19:43:05	1 OCC 2 P	0,422	275
2003-05-24	20:52:08	3 ECL 1 P	0,694	350
2003-05-31	20:11:49	3 ECL 2 P	0,940	341

Vysvětlivky: TT=UTC+63 s; typ jevu: OCC = zákryt, ECL = zatmění, P = částečné, A = prstencové, T = úplné, jinak konjunktce nebo polostínové zatmění; pokles jasnosti: 0 = tečný zákryt, 1 = plný úkaz.

– Jan Mocek –

Relativita času z pohledu P. D. Tracelyho:

Dobré časy pominou strašně rychle; špatné přetrvávají do nekonečna.

Maashův zákon:

Všechno na světě se daří jen proto, aby se to mohlo každou chvíli obrátit na ruby.

Drobky ve vzdálených končinách – díl první

Na přelomu srpna a září loňského roku uplynulo deset let od objevu prvného tělesa z Kuiperova pásu – dosud nejvzdálenější domény ve výzkumu Sluneční soustavy. U příležitosti tohoto výročí uveřejňujeme seriál (byť v Bílém Trpaslíku s mírným zpožděním), který by měl shrnout naše dosavadní znalosti nejen o transneptunických objektech, ale i celé vnější oblasti Sluneční soustavy.

Malá tělesa v meziplanetárním prostoru, jako jsou komety a planety, představují zbytek materiálu, který zbyl v okolí Slunce po zárodečné pramlhovině. Mohou proto být klíčem k odpovědím na otázky, jak vznikla Sluneční soustava a jak se dále vyvíjela. Přestože již dnes máme poměrně dobrou představu o mechanismu akrece planet z materiálu zárodečného disku, některé detaily týkající se vzniku a vývoje zejména vnějších oblastí našeho planetárního systému je třeba ještě „doladit“. Kuiperův pás představuje unikátní laboratoř pro testování našich hypotéz. A nejen to, jeho studium přináší řadu nových otázek, na které ještě odpovědi neznáme. Otevírá se zde nové pole výzkumu, a po deseti letech jsme nejspíše teprve na počátku.

Jedním z prvních, kteří nastílnili možnost vzniku pásu těles za drahou Neptunu byl Kenneth Edgeworth. Proto se někdy užívá označení Edgeworth-Kuiperův disk (E-K disc), ale poslední léta již převažuje název Kuiperův pás. V pracích z let 1943 a 1949 se zabývá vznikem a vývojem Sluneční soustavy – na základě (z dnešního pohledu) jednoduchého matematického modelu obhájuje myšlenku vzniku akrecí ze zárodečného disku z plynu a prachu a vyvrací teorie vyvržení planet z materiálu Slunce. Jako logický důsledek akreční teorie je i vznik menších těles za drahou Neptunu – bylo by neodůvodněné předpokládat, že zárodečný disk končí náhle za Neptunem. Materiál v těchto oblastech by měl spíše zvolna řádnout a dát vznik početnému pásu velmi malých těles.

Z Edgeworthova modelu vychází, že tempo akrece je tím pomalejší, čím delší je oběžná doba formujících se objektů – a ta je v tomto pásu řádově stokrát delší než v pásu planetek mezi Marsem a Jupiterem. A tak autor uzavírá, že tato tělesa budou mnohem menší, než v té době známé planety (což, jak dnes již víme, pravda není). Čas od času má být některé z těchto ledových těles vychýleno ze své dráhy, dostane se do vnitřních částí Sluneční soustavy a my ho pozorujeme jako kometu.

O dva roky později vychází kniha *Astrophysics*, mezi jejímiž autory figuruje i Gerard Kuiper. I ten přichází s hypotézou oblaku těles za Neptunem, jako důsledkem po vzniku našeho planetárního systému (dovolme si malou „fonetickou“ odbočku: v angličtině se jméno Kuiper běžně vyslovuje jako *kuiper*, ale správná výslovnost by měla být *koiper*, neboť zmiňovaný byl Holanďan). Kuiper zřejmě Edgeworthův článek přehlédl a tuto myšlenku vyslovuje nezávisle. Ač původně nazývaný po obou autorech, dnes už se Kuiperův pás označuje častěji po svém druhém „prorokovi“. Kdo ví, možná proto, že byl Kuiper astronomem všeobecně známějším, nebo prostě díky jeho jednoduššímu jménu.

Léta teorie a hledání

Vůbec první systematickou prohlídku vnějších oblastí Sluneční soustavy vedl ve 30. a 40. letech dvacátého století C. Tombaugh při pátrání po deváté planetě. Tombaughovo hledání

bylo zaměřeno na oblasti v blízkosti ekliptiky (míněno hlavní kružnice na obloze, po které se pohybuje Slunce, nikoliv roviny ekliptiky v prostoru) s dosahem do 17. magnitudy a kromě objevu Pluta v roce 1930 žádné další těleso nenalezl. Ani hypotetické Trojany planety Saturn (objekty v libračních bodech soustavy Slunce - Saturn, nacházející se 60° před a za Saturnem) se mu nepodařilo detekovat (první Trojan Jupitera byl objeven v roce 1906).

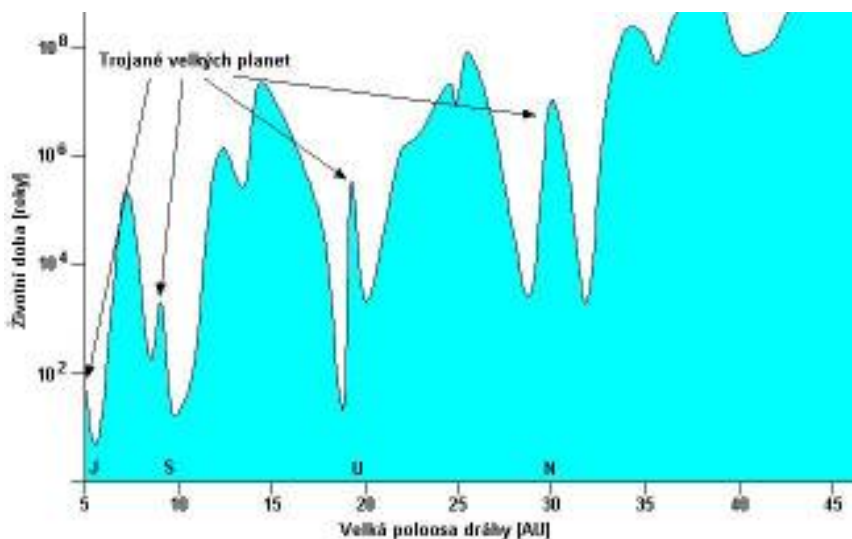
V 70. a 80. letech, tak, jak se vyvíjela počítačová technika, bylo možné provádět stále náročnější a rozsáhlejší simulace transportu těles z hypotetického Kuiperova pásu směrem ke Slunci, kde se z nich stávají krátkoperiodické komety. Hlavními argumenty pro tyto studie byly vlastnosti drah komet s oběžnými dobami menšími než 200 let – tzv. krátkoperiodických:

1. Oběžné doby většiny (tehdy i dnes) známých kper. komet jsou kratší než 15 let (pro 100 ze 120 komet).
2. Jejich dráhy mají nízké sklony k ekliptice a většina je progradních, tj. obíhají ve stejném smyslu, jako planety.
3. Perihelia a afelia těchto drah leží v blízkosti roviny ekliptiky.

Všechna tato fakta (jak uvidíme dále) naznačují, že na vzniku krátkoperiodických komet se významně podílejí vnější obří planety. To samo o sobě ale pro existenci Kuiperova pásu nesvědčí. Dlouho se například věřilo, že krátkoperiodické komety mohou vznikat při blízkých setkáních s obřími planetami z komet dlouhoperiodických, které k nám přilétají z mnohem větších dálek, z Oortova oblaku komet, který obepíná Sluneční soustavu ve vzdálenostech 50 až 100 tisíc astronomických jednotek (dlouhoperiodické komety mají sklony drah úplně náhodné, takže tato obálka by měla být kulová). Pes byl zakopán jinde – pravděpodobnost takového setkání je velmi malá a abychom vysvětlili pozorovaný počet komet krátkoperiodických, museli bychom tu mít obrovskou populaci přilétávajících dlouhoperiodických komet – tisíckrát až desetitisíckrát více, než kolik jich skutečně pozorujeme! Navíc by se sklony drah takto vzniklých krátkoperiodických komet příliš nelišily od sklonů těch dlouhoperiodických, takže bychom tu měli jak progradní, tak retrogradní krátkoperiodické komety.

Naproti tomu dostatečně hustý disk komet na transneptunických drahách, neustále narušovaný gravitačními poruchami velkých planet, vyhovuje lépe. Neobvyklé těleso, obíhající mezi drahou Saturnu a Uranu – planetka Chiron o velikosti 100 km, kterou objevil Charles Kowal 18. října 1977 – do tohoto schématu rovněž dobře zapadlo. Mohlo by jít o jakýsi přechodný stupeň mezi objekty Kuiperova pásu a kometou.

Krátkoperiodické komety přibývají ve Sluneční soustavě tempem řádově jedna kometa za 100 let (samozřejmě stejnou rychlostí i ubývají – padají do Slunce, srážejí se s planetami, rozpadají se vlivem slunečního záření – proto jejich populace zůstává přibližně stejná). Takto rychlý přísun těles (ano, z astronomického hlediska je to poměrně rychlý proces) vyžaduje, aby v oblasti velkých planet existovala dostatečně velká „zásobárna“, ze které budou doplňovány (nemluvě o Kuiperově pásu, který musí živit tuto zásobárnu) – odhadem asi 10^5 komet. Chiron pak představuje špičku ledovce. Z pozorování komet



Životní doby těles mezi draham velkých planet v závislosti na velké poloose jejich dráhy. Písmena J, S, U a N označují polohy Jupiteru, Saturnu, Uranu a Neptunu.

je navíc již dlouho známo, že jejich rozdělení podle jasnosti se řídí přibližným vztahem $\log N(H) \sim H^k$ (logaritmus počtu komet N s absolutní magnitudou menší než H je úměrný k -té mocnině H). Pokud tato závislost platí v celém rozsahu magnitud, potom mezi 10^5 kometami jasnějšími než $H = 16$ (nejslabší známé komety) budou mít největší objekty absolutní magnitudu mezi 3,5 až 7,7. Takže existence Chironu, jenž má $H = 7,0$ není překvapující.

Tombough a Kowal nebyli jedinými, kteří se pokusili transneptunické objekty nalézt. Uvedme alespoň stručný přehled všech těchto neúspěšných prohlídek:

- Tombough v letech 1929 až 1945 prohledal 19500 deg^2 (čtverečních stupňů) v oblasti ekliptiky do limitní magnitudy 16. Objevil pouze planetu Pluto (14 mag). Ve stejné době snímkoval i 25500 deg^2 do 15,5 mag a 28000 deg^2 do 13,5 mag, bez výsledku. V letech 1939 – 1940 prohledal 1530 deg^2 v oblasti ekliptiky do 17,3 mag.
- Kowal snímkoval 6400 deg^2 v oblasti ekliptiky do mag. 20 v letech 1976 – 1985. Objevil planetku (Kentaura) Chiron (18 mag.)
- Luu a Jewitt v roce 1987, 297 deg^2 pomocí Schmidtovy komory do 20, dále $0,34 \text{ deg}^2$ do 24 mag. pomocí CCD.
- Levison a Duncan v letech 1988 – 1989, $4,9 \text{ deg}^2$ do 22,5 mag.
- Další, již méně významné prohlídky uskutečnili Cochranové a Torbett v roce 1991 a Tyson a další v roce 1992.

Jejich nezdar spočíval především v příliš jasné limitní magnitudě nebo malé oblasti, která byla prohledávána (nebo obojí). Limitní magnituda udávaná u těchto prohlídek neznamená, že objekt dané jasnosti bude vždy objeven. Většinou se volí tak, že existuje padesátiprocentní pravděpodobnost odhalení tělesa o dané jasnosti na snímcích. Mohlo by se zdát, že neúspěšné prohlídky jsou bezcenné a nemají informační hodnotu, ale není tomu tak. Umožňují totiž omezit závislost počty a rozměry hypotetických těles, jak uvidíme dále.

V roce 1993 přicházejí astronomové M. Holman a J. Wisdom z Massachusetts Institute of Technology s rozsáhlou simulací, která si klade za cíl stanovit doby, po které jsou objekty na různých drahách mezi velkými planetami schopny vydržet, než dojde k jejich blízkému setkání s nějakou planetou (dráhy těchto malých těles se zvolna mění díky gravitačnímu působení planet) a jsou vyslány do vnitřních oblastí Sluneční soustavy jako kometa, nebo naopak vyvrženy ven. Z těchto dob můžeme odvodit množství těles, které se v daných oblastech vyskytují – čím delší je jejich životní doba, tím větší populaci lze očekávat.

Životní doby, které vidíme na obrázku, jsou jen orientační a v žádném případě neznemají, že po daném čase bude těleso z oblasti vyvrženo. Některé částice v simulaci „přežily“ po celou dobu výpočtu (800 mil. let), žádná z nich ovšem nezažila blízké setkání s některou z planet dříve, než udává graf. „Vrcholky“ v zobrazené závislosti, které odpovídají svou polohou poloosám drah velkých planet, představují objekty, které byly zachyceny v libračních oblastech těchto planet (Trojané Jupiteru, Saturnu, Uranu a Neptunu).

Nejdelší životní doby vykazují částice za drahou Neptunu. To posiluje hypotézu možné existence Kuiperova pásu, a navíc i zde jsou patrné oblasti, jejichž životní doby jsou kratší. A právě odtud by k nám mohly přilétat krátkoperiodické komety.

(Pokračování příště)

Slovníček pojmů

Transneptunický – vyskytující se na dráze za oběžnou drahou Neptuna.

Akrece – shlukování materiálu z menších částic do větších objektů formou postupného nabalování.

Librační body – místa, kde se vyrovnává gravitační působení dvou těles – zpravidla Slunce a jiné planety. Objekty nacházejících se v jejich blízkosti vykonávají okolo těchto bodů kmitavé pohyby – librují.

Gravitační poruchy – vliv přitažlivosti planet na dráhy jiných těles i planet navzájem. Díky tomuto vlivu se dráhy neustále pozvolna mění a nejsou přesné elipsy.

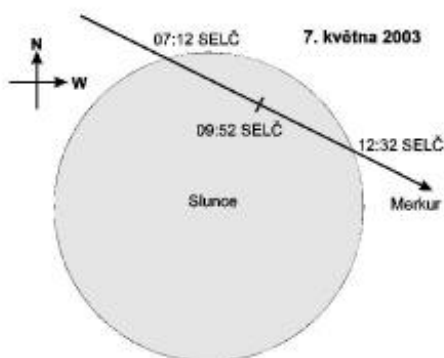
Absolutní jasnost – jasnost tělesa, kterou bychom pozorovali, kdybychom se nacházeli ve vzdálenosti 1 astronomické jednotky a těleso bylo v úplňku.

Děkuji Veronice Horákové za to, že podrobně prostudovala celý seriál a upozornila mě na méně srozumitelná místa.

– Petr Scheirich –

Trpasličí tipy na květen

V uplynulých měsících nám obloha mnoho neobvyklých úkazů nenabídla – nejspíš proto, že si je všechny schovávala právě na květen, kdy už bývá příznivější počasí než na podzim a v zimě, a máme tak větší šanci je spatřit (a také u toho tolik nevymrznout). Ale nepřisuzujme zase matce Přírodě přehnaně ušlechtilé záměry – dobře si totiž vzpomínám na částečné zatmění Slunce v květnu 1994, kdy jsem stál na kopci opřený o kolo, mrznul ve studeném větru a čekal na jakoukoliv díru v husté oblačnosti nad západním obzorem (marně). Takže už jsem prozradil jeden ze tří pozoruhodných úkazů, které nás čekají letos v květnu, a doufejme, že budeme mít tentokrát štěstí a mraky se nám budou vyhýbat.



7. května dojde k asi nejzávažnějšímu, ale také nejméně nápadnému z květnových úkazů: **planeta Merkur přejde přes kotouč Slunce!** Jak jistě víte, Merkur je planetou vnitřní, obíhá ze všech planet ke Slunci nejbližší, a tak se čas od času stane, že projde přesně mezi Zemí a Sluncem. My jej v tu dobu máme možnost spatřit ve dne v dalekohledu vybaveném nezbytným slunečním filtrem jako tmavou tečku, líně se plazící přes ohnivý sluneční disk. Jak se to vše odehraje ukazuje názorně obrázek (časy se pro různá místa v rámci ČR prakticky neliší). Merkur se poprvé dotkne okraje

slunečního kotouče v 7:12 letního času a svou pouť po něm zakončí ve 12:32 SELČ, takže celý úkaz bude trvat skoro pět a půl hodiny.

Otázkou je, jak velký dalekohled bude potřeba, abychom si té nepatrné černé tečky na zářivém povrchu Slunce vůbec všimli. Merkur bude mít v době úkazu úhlový průměr 12". Nelze však říci, že ho uvidíme každým dalekohledem, který má rozlišovací schopnost (difrakční limit) lepší než 12" – nejedná se totiž o rozlišení nějakých detailů, ale o pouhou nápadnost planety, kterou nemusíme nutně vidět jako kotouček, abychom si jí všimli. Kromě průměru dalekohledu tedy bude velmi záležet na kvalitě slunečního filtru, který může snížit kontrast obrazu, a na použitém zvětšení – čím větší, tím bude planeta zřejmě nápadnější. Záležet bude i na seeingu (chvění vzduchu). Otázka je tedy pěkně zapeklitá, a sám jsem zvědav, jak malými dalekohledy ještě půjde Merkura spatřit. V triedru to bude zřejmě jen velmi obtížné, bude nejspíš potřeba dalekohled o průměru aspoň 10 cm se zvětšením okolo 100×. Ale to jsou opravdu jen velmi hrubé odhady. Nejjistější bude určitě návštěva některé z hvězdáren.

Kromě přímého pozorování skrz vhodný filtr umístěný před objektivem dalekohledu jde, jak jistě víte, pozorovat obraz Slunce promítnutý na stínítko dalekohledem bez filtru. Jediné nebezpečí tu spočívá v tom, že můžete spálit clonku v okuláru, která bývá někdy z plastu. Promítat obraz Slunce lze i triedrem, ale jak už bylo řečeno, takto malým dalekohledem

bude zřejmě nalezení Merkuru dosti obtížné. Stínítko je třeba dobře zastínit proti světlu z okolí, aby byl obraz Slunce co nejkontrastnější.

16. května naopak žádný dalekohled potřebovat nebudeme – v ranních hodinách totiž nastane **úplné zatmění Měsíce**, které zčásti uvidíme i u nás, samozřejmě jen pokud bude jasno. Polostínové zatmění (Měsíc začne zlehka tmavnout) začne v 03:07 SELČ, „plnostínové“ zatmění pak v 04:03 SELČ. Celý Měsíc se do plného stínu Země ponoří v 05:14 SELČ a několik minut potom Měsíc zapadne (okamžik západu ale závisí na vaší zeměpisné délce a na výšce obzoru – vyplatí se pozorovat z kopce či vysoké budovy). Nejtmavší by měla být jižní strana měsíčního disku, bude totiž nejbliže ke středu zemského stínu.

31. května ráno se pak můžeme těšit na to hejzčí nebeské představení z těchto tří úkazů – Měsíc totiž zčásti **zakryje Slunce**. Pokud byste tou dobou náhodou měli cestu na Island či do Grónska, viděli byste toto zatmění jako tzv. prstencové (Měsíc sice projde před středem slunečního kotouče, ale je v tu dobu úhlově menší díky větší vzdálenosti od Země, a tak nezakryje Slunce celé – zbyde z něj na obloze tenký zářící prsteneček). U nás toto zatmění uvidíme jako částečné, přičemž Měsíc zakryje přibližně 84 % průměru slunečního disku. Slunce vyjde okolo páté hodiny ranní letního času už zakryté, a o necelou půlhodinu později (okolo 05:24 SELČ) nastane maximální fáze zatmění. Okolo 06:22 SELČ pak zatmění skončí (časové údaje se liší o max. ± 2 minuty pro různá místa v rámci ČR). Krása tohoto zatmění bude právě v tom, že jeho maximum nastává krátce po východu Slunce – představte si tu nádheru, když se zpoza obzoru vynoří nikoliv ta červená a lehce zploštělá koule jako obvykle (i to bývá nádherný pohled), ale dva zářící hroty vzdálené půl stupně, a o chvíli později už celý rudý srp, jehož střední část bude nejnižší a konce budou směřovat vzhůru. Kdyby se následně vynořilo ještě kladivo, máme tu kompletní sovětskou vlajku . . .

Pokud bude kolem obzoru opar a Slunce jím bude dostatečně zeslabeno, budeme moci začátek zatmění obdivovat jen tak, bez ochranného filtru – o to může být tato podívaná působivější. Pokud však světlo Slunce dostatečně zeslabeno nebude, a každopádně až Slunce vyjde výš nad obzor, je použití ochranného filtru při pozorování zcela nezbytné, jinak hrozí poškození zraku. Jako filtr pro pozorování pouhým okem bez dalekohledu se hodí např. osvětlený a vyvolaný černobílý film (ne barevný), svářečské sklo (hustota č. 13 nebo 14), speciální pokovené fólie, které jsou k dostání v obchodech s astronomickou optikou, nebo už hotové speciální brýle, které byly k dostání před úplným zatměním v roce 1999.

Nejdostupnější pro většinu lidí je však asi hnědočerný magnetický kotouček, ukrývající se uvnitř každé počítačové diskety. Nemusíte disketu nutně zničit, abyste se k němu dostali – stačí poodstoupit plechové okénko a podívat se skrz (vyzkoušejte si to přes den na Slunci nebo se zblízka podívejte na vlákno žárovky). Disketa má ale dvě nevýhody – jednak barví obraz nepřirozeně do červena, a také propouští část neviditelného infračerveného záření. Při pohledu skrz disketu trvajícím několik sekund se ale poškození očí bát nemusíte, sám jsem už takto Slunce mnohokrát pozoroval. Při plném jasu Slunce je ale většinou nutné použít dvě diskety za sebou, jedna jej nezeslabí dostatečně. Každopádně se vyplatí mít připraveno několik filtrů s různou hustotou a použít vždy takový, aby byl pohled na Slunce skrz něj příjemný a nenutilo vás to přivírat oči. Chrání filtrem se vyplatí i fotoaparáty a videokamery, kde jinak hrozí propálení závěrky či poškození snímacího čipu. Při pozorování

jakýmkoli dalekohledem je použití tmavého filtru bezpodmínečně nutné v každém případě – při nezakrytém dalekohledu je za okulárem Slunce schopno i zapálit papír. Bezpečnější je promítat Slunce dalekohledem na stínítko, jak už to bylo popsáno v případě přechodu Merkuru.

Přeji vám, ať si tyto krásné události na obloze přírodně vychutnáte!

– Lukáš Král –

Zajímavá pozorování

Mezi souhvězdím Lva a Velkým vozem nalezneme na jarní obloze malé a nenápadné souhvězdí *Malý lev* (Leo Minor).

Pro amatérská pozorování není v Malém lvu nic zajímavého a toto souhvězdí je spíše zajímavé historicky. Malého lva totiž zavedl gdaňský astronom Jan Hevelius někdy na konci sedmnáctého století a to ve svém spisku *Prodromus Astronomiae*.

Mezi uznávaná souhvězdí se „lvíček“ dostal až na počátku minulého století, kdy byl přijat Mezinárodní astronomickou unií.

Další nevýrazné jarní souhvězdí hledejte v jižním směru od hlavy Hydry. Je to souhvězdí *Kompas* (Pyxis) a nachází nedaleko Lodi Argo, která bez této důležité pomůcky nemohla bezpečně plout. Jižně od Kompasu jsou Plachty a západně pak Lodní zád’.

Zajímavou hvězdou je *beta Pyxis*, která vypadá tak, jak bychom viděli Slunce ze vzdálenosti dvou set světelných let.

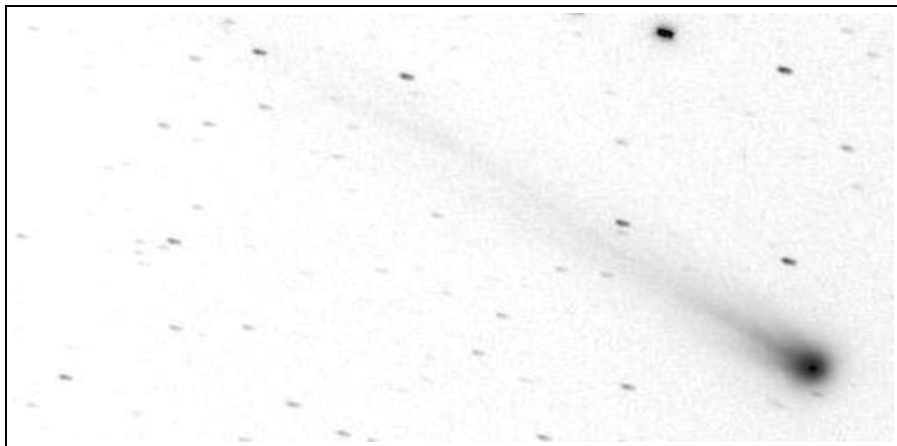
Třetím a posledním dnes uvedeným „nenápadným“ jarním souhvězdím je *Vývěva*, pomůcka mnoha výzkumníků. Vývěvu nalezneme nad Plachtami vedle Hydry. Pozorovatelsky zajímavým objektem Vývěvy je mlhovina NGC 3132, která je vidět už v malém dalekohledu. Jediným zádrhelem je její jižní poloha, takže pokud se na ni budeme chtít podívat, budeme muset vyšplhat na hodně vysoký kopec nebo vycestovat o něco jižněji.

A teď se pojďme podívat, jaká pozorování se objevila na našich webových stránkách přímo od vás. Začátkem roku nás navštívily z mrazivých končin Sluneční soustavy dvě komety – zatímco C/2002 X5 (Kudo-Fujikawa) se ztrácí v září Slunce a byla nádherně pozorovatelná na koronografech SoHO, C/2002 V1 (NEAT) stále ještě září na hvězdné obloze. První sada pozorování se tedy bude týkat právě této vlasatice.

30.1.2003 (18:45 – 19:15 SEČ) jsem s mojí dívkou pozoroval kometu C/2002 V1 (NEAT) Jsou špatné podmínky, v místě, kde se kometa nachází, prolouvají stále mraky. Vyskytují se i cirry = opravdu ztížené pozorování. Po dvou minutách jsem ji našel triedrem 10×50, má vzhled malé, slabé, rozmazané hvězdy. V R 60/700 56× slabá, rozmazaná hvězda, stupeň kondenzace DC 7 až 8 = hodně kondenzované, malé jádro, nespářen ohon. Průměr komy jsem odhadl na 40". Jasnost jsem odhadl na 5,1 mag (Bobrovnikovou metodou, hvězda 57 Peg (5,1 mag)). Odhady mohou být ovlivněny špatnými podmínkami.

– S pozdravem Petr Sklář –

(1./2. 2. 2003) Večer se v Ostravě konečně vyjasnilo, takže jsme dalekohledy zamířili na stále se zjasňující kometu C/2002 V1 (NEAT). Samotná kometa je v triedru nepřehlédnutelná a dokonce je poměrně dobře vidět i její úzký chvost.



Kometa C/2002 V1 (NEAT) na snímku Tomáše Hynka a Lukáše Krále.

Kometa C/2002 V1 na našem snímku CCD kamerou připevněnou na zrcadlovém teleobjektivu Rubinar. Pořídili jsme šest dvouminutových snímků, složili jsme je a výsledek si můžete prohlédnout na stránce <http://ostrava.astronomy.cz/dee.php>. Doufejme, že za pár dní bude kometa ještě hezčí . . .

– Lukáš Král a Tomáš Hynek –

Díky technické podpoře Ing. Fanty jsme pozorovali kometu NEAT – má asi tak 5,7 – 6,0 mag a slabý chvost víceméně kolmý k obzoru. K pozorování i na kopci na pražském Jižním Městě stačí triedr, v malém dalekohledu je 10 km od Prahy (Mandava 4798 dm nad mořem) vidět i onen chvost. Těšíme se na velké divadlo.

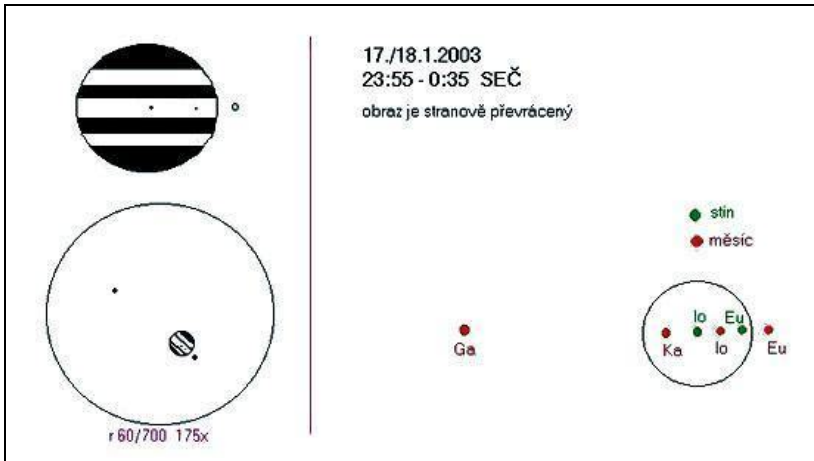
– Jan Verfl –

Následující dvě pozorování se týkají pozorování úkazů Jupiterových měsíčků. Jupiter je poměrně snadno pozorovatelný celou noc a na spatření jeho čtyř největších oběžnic stačí triedr. Velkým dalekohledem ale uvidíte nečekané. Zvláště, když máte štěstí a některá z galileovských družic se toulá po tváři planety nebo na ni vrhá stín.

17./18.1.2003, 23:55 – 0:35 SEČ, oblačnost: 0/10, obraz: 1/5 – špičkové kvality, bez pohybu, super refraktor 60/700, 175x

Spatřil jsem dva měsíce, tmavou severní a jižní polární oblast, dva rovníkové pásy, jižní tropickou zónu atd. Atmosféru jsem moc nezkoumal, protože: hned po zaostření obrazu jsem spatřil mezi

severním a jižním rovníkovým pásem tmavý bod – černou tečku. Po chvíli mě napadlo, že to může být stín od měsíčku. Tečka byla velice zřetelná. Měl jsem obrovskou radost, že „šedesátkou“ vidím stín na kotouči, nikdy by mě nenapadlo, že to můžu tak malým dalekohledem vidět. Obraz byl opravdu velice ostrý a znovu říkám, tečku jsem spatřil hned po zaostření obrazu. Podle programů na PC jsem zjistil, že se jedná o stín měsíce Io, který se nacházel již před kotoučem. Dále pak jsem zjistil, že měsíc nacházející se vedle kotoučku byl měsíc Europa a že v závěru pozorování vrhá také stín na kotouč. Hned jsem si vzpomněl, že jsem spatřil ke konci pozorování ještě jednu tečku, ale ta byla velice nezřetelná, nevěnoval jsem tomu pozornost, neboť jsem se domníval, že to je klam a ve skutečnosti to byl stín měsíce Europa. Takže já vlastně viděl dva stíny na kotouči Jupitera takto malým dalekohledem.



Kresba Jupiteru a jeho měsíců od Petra Skláře.

Závěr:

- Nebyl to klam.
- Hned po zaostření jsem stín viděl.
- Šel jsem pozorovat náhodně, nevěděl jsem co se na Jupiteru děje.
- Super kvalitní obraz.
- Kontrast mezi velice světlým podkladem (povrchem) Jupitera a černým stínem.
- Zcela náhodně jsem spatřil i stín od Europy.
- Jupiter má toto období velký úhlový průměr.
- Zkrátka nastaly super podmínky a okolnosti, které mi dovolili malým dalekohledem vidět stíny.
- Později jsem ověřoval pomocí Hvězdářské ročenky a animace od T. Hynka.

– Petr Sklář –



Animace pohybu jupiterových měsíčků a jejich stínů – inverzní barvy, rozloženo.

V noci 17./18.1.2003 krátce po půlnoci došlo k nádherné podívané – přechodu několika Jupiterových měsíčků a jejich stínů přes kotouč planety. Zhruba od 23:30 do 2:30 SEČ jsem pořídil 60 snímků ccd kamerou Pictor 416XTE přes dalekohled Coudé refr. 150/2250 mm a z nich vybral 44 nejpodvednějších. Ty jsem pak zprůměroval po dvojicích do celkem 22 obrázků a „rozhybal“. Pokud jste tu parádu neviděli na vlastní oči v dalekohledu, můžete se podívat na výslednou animaci.

– Tomáš Hynek –

Tomáš Hynek umístil na montáž Coudé dalekohledu ostravské hvězdárny ještě jeden tubus s dalekohledem newtonova typu a na něj CCD kameru. Od té doby jsme pravidelně zásobování pozorováními nejrůznějšího druhu provedenými právě popsanou technikou. A cože se dá s CCD kamerou kromě snímkování komety a pozorování úkazů jupiterových měsíčků dělat? Spousta věcí, třeba pozorování proměnných hvězd.

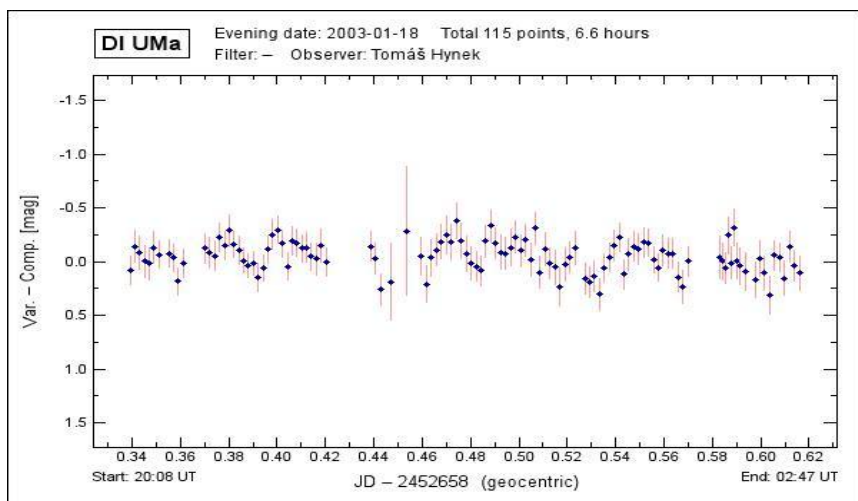
Superhumpy DI UMa – první světelná křivka Newtonem na Coudíku. *V noci 18./19. 1. 2003 jsem konečně také pořídil první světelnou křivku newtonem 200/1200 mm připevněným na dalekohledu Coudé refr. v západní kopuli HaP JP v Ostravě. Cílem snímání byla trpasličí nova DI UMa, která se nacházela ve vzplanutí, během kterého byly detekovány tzv. superhumpy (výrazné hrby ve světelné křivce s amplitudou kolem 0,2 magnitudy). I když byla DI UMa docela slabá, svítil Měsíc v úplňku a bylo nutné dělat poměrně dlouhé dvouminutové expozice, díky kterým je světelná křivka řídká, podařilo se superhumpy napozorovat a pozorování bylo zasláno do VSNETu.*

– Tomáš Hynek –

A nám nezbyvá, než se rozloučit. Rubrika „zajímavých pozorování“ je dnes poněkud více obrázková, než obvykle. Astronomická pozorování jsou ze své podstaty především o těch obrázcích, fotografiích nebo grafech. Doufejme, že to tak ještě pár let zůstane nezměněno a že astronomie v této podobě neztratí nic ze svého kouzla.

Na shledanou u dalšího balíčku toho nejzajímavějšího, co se umístilo ve vašich pozorovacích denících, se těší vaši průvodci

Marek Kolasa a Michal Švanda



Sovětelná křivka DI UMa pořízená Tomášem Hynkem.

Obsah čísla:

Město Inků, Petr Scheirich	1
Satelity v plynném hávu, Martin Vilášek	2
Proč je nutno svítit venku jen dolů – část první, o jasu oblohy, Jan Hollan	6
Otisk měsíčního záblesku, Pavel Gabzdyl	16
Černé divadlo, Jan Mocek	17
Drobky ve vzdálených končinách, Petr Scheirich	22
Trpasličí tipy na květen, Lukáš Král	26
Zajímavá pozorování, Marek Kolasa a Michal Švanda	28



BÍLÝ TRPASLÍK je zpravodaj sdružení Amatérská prohlídka oblohy. Adresa redakce Bílého trpaslíka: Marek Kolasa, Točítá 1177/3, 736 01 Havířov-Podlesí, e-mail: marek@ready.cz. Najdete nás také na WWW stránkách <http://apo.astronomy.cz>. Na přípravě spolupracují Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně, Hvězdárna a planetárium Johanna Palisy v Ostravě a Hvězdárna v Úpici. Redakční rada: Jana Adamcová, Jiří Dušek, Eva Dvořáková, Pavel Gabzdyl, Pavel Karas, Marek Kolasa, Lukáš Král, Rudolf Novák, Petr Scheirich, Tereza Šedivcová, Petr Štastrný, Michal Švanda, Martin Vilášek, Viktor Votruba.

Sazba Michal Švanda systémem XML a L^AT_EX.

© APO 2003