

Veřejné pozorování Slunce

Hvězdárna a planetárium M. Koperníka v Brně
Jan Hollan

19. dubna 2001 jen malinko změněn oproti verzi
z roku 1996

Obsah

1 Úvod	1
2 Příprava	2
3 Zahájení	3
4 Co vidíme na Slunci	5
5 Jak se Slunce mění	10
6 Sluneční spektrum	11
7 Pod širým nebem	15
8 Výklad u hodin	18
9 Dodatek o vlivu skvrn na nás	19
10 O pomůckách	20

1 Úvod

Scénář je psán pro ideální případ pořadu na brněnské hvězdárně, trvajícího více než jednu hodinu. Je myšlen pro dospělé posluchače, jichž se není nutno ptát. I tak je ale vhodné užívat alespoň řečnických otázek a přinejmenším v případě dětí i otázek skutečných. V praxi lze výklad (a pozorování) omezit (jeho části vypustit) — podle

počasí, publika a času, který máme k dispozici. I při velmi zkráceném výkladu je ale třeba se alespoň zmínit o všem, co diváci vidí — aby si toho skutečně všimli a stalo se to pro ně pozoruhodné.

Vlastní výklad je psán stojatě, části zvýrazněné kurzívou jsou poznámky pro lektora (režijní či astronomické). Tučně jsou uvedeny základní pojmy a skutečnosti, které by neměly být opomenuty — tvoří jakousi osnovu pořadu.

K výkladu lze asi stěží co přidat — nebo snad ano? Pak by bylo v praxi nutné něco jiného místo toho vypustit. Napadne-li Vás nějaký takový vhodný doplněk či změna, napište to prosím a buď zveřejněte, nebo poskytněte alespoň mně.

2 Příprava

K dalekohledu v pozorovatelně (s čočkovým objektivem o průměru 15 cm a ohniskové délce 225 cm) připevníme projekční okulár a hladkou bílou projekční plochu. Pak zhotovíme kresbu Slunce — alespoň přibližnou, zachycující nejvýraznější detaily. Tu pak silněji okopírujeme na průsvitný papír. K dalekohledu upevníme sluneční spektroskop — tubus délky přes jeden metr, na jehož horním konci je šterbina (z páru žiletek) a na spodním konci výseč z CD a stínítko usnadňující pozorování — a seřídíme jej. Přineseme si též helioskopický okulárový konec a krabičku se slunečními filtry — lepenkovými brýlemi s pruhem jednoduché a dvojité vrstvy černého filmu, s nenatřenými CD a pokaženými disketami. Do vhodného místa instalujeme žárovku, jejíž svítící vlákno pak budeme pozorovat přes filtry proti Slunci.

Je-li možnost, že se Slunce na čas schová za mraky, ale přitom nehrozí nebezpečí přeháňky, na pochůzném střeše rozestavíme do vhodných míst několik stativů, tak, aby i na naší šikmé střeše stály svisle. Na ně umístíme přenosné dalekohledy, hranolové i hvězdářské, a podle dohledností je namíříme buď na vhodné vzdálené cíle (Pálava, Babí lom), nebo na cíle bližší (hodiny na sv. Augustinu, vysílačka). Jeden dvojitý dalekohled (jde o „Somet-binar“, ale název si necháme pro sebe), opatřený slunečními filtry před objektivu a tmavými filtry uvnitř, bude sloužit k pozorování Slunce (před jeho objektivu jsou clony o průměru 5 cm, přes které je přelepena pokovená fólie, do jaké se balí květiny).

Mohutnost dalekohledů nastavíme na nula dioptrií. Dvouokým dalekohledům (alespoň některým) dáme okuláry blízko k sobě, aby byly vhodné pro děti, a pokud nejsou na nízkých stojanech, přistavíme k nim stupátko (např. lavičku). Jeden hranolový dalekohled umístíme na lavičku, pro pohled do pozorovatelně naruby. Pokud jsou v dohledu přeháňky a vítr by je mohl poslat k nám (nebo máme nad sebou hroživý kumulonimbus), přichystáme si přenosné dalekohledy alespoň v pozorovatelně.

V přednáškovém sále na levou půli tabule umístíme kresby z minulého období a kresbu čerstvě pořízenou. Pak umožníme průchod za katedrou kolem promítacích pláten, spustíme pravé plátno a rolety a levou půli tabule osvětlíme. Nastavíme přibližně podle stupnic (většinou jen hodinový úhel, deklinace se od posledního promítání asi moc nezměnila) heliostat. Kryty zrcadel v kabině sejmeme hned, otevření hlavního krytu a přesné nastavení heliostatu přijde na řadu až těsně před vpouštěním

diváků — aby se depozice nečistot na horních zrcadlech omezila na nejmenší možnou míru.

Máme-li přístup na internet, podíváme se nakonec na www.spaceweather.com, co nového se na Slunci odehrálo a co nás ev. čeká.

Při uvádění návštěvníků do sálu doporučujeme, aby se posadili co nejvíce dopředu, protože jinak uvidí jen máloco.

3 Zahájení

Vážení diváci, vítám vás na dnešním odpoledním programu, při němž si budeme pomoci různých přístrojů prohlížet Slunce. Začátek shledáváte možná zvláštním — proč se za Sluncem chodí sem, jako do temné komory? Je to proto, že chceme-li pozorovat tak velký obraz Slunce, jako je zde před námi na plátně, není světla nazbyt. Sluneční světlo je sem posíláno čtyřmi zrcadly přes čočky o průměru dvanácti a deseti centimetrů; odrazem na nich se alespoň tři čtvrtiny světla cestou poztrácejí — a když obraz Slunce na plátně má průměr jeden metr, je nakonec plátno osvětleno asi třistakrát méně než krajina venku. (Celé té soustavě zrcadel a čoček sloužící k promítání Slunce se říká heliostat.)

(Při odrazivosti každého zrcadla 0.8 je odrazivost čtveřice $0.8^4 \doteq 0.41$, dva dvojčočkové objektivy bez antireflexních vrstev a jedno okénko z floatu propustí po všech nežádoucích odrazech celkem $0.96^{10} \doteq 0.66$, celkem je tedy propustnost systému, pokud bude zcela čistý, $0.4 \times 0.66 = 0.27$. Špinavá horní zrcadla zpravidla snižují propustnost obvykle pod hodnotu 0.2. Podíl ploch objektivu a obrazu na plátně je $(12.5/100)^2 = 0.016$, osvětlení plátna je tedy jen tři tisíciný hustoty světelného toku přímého slunečního záření.)

Už zpočátku jste si asi všimli několika tmavších skvrn na světlém kruhu na plátně: ovšem, jde o proslulé **sluneční skvrny**. Ale zde jsou vlastně kruhy dva: ten větší, to je prostě kruhový kus oblohy, který zrovna naše promítací soustava sleduje. Právě tam je nyní Slunce a promítá se na plátno jako onen menší a mnohem světlejší kruh.

(Lezou-li přes Slunce mraky:

Dnes není úplně jasno a kromě Slunce vidíme nyní na plátně též mraky. Díváme se na ně trochu neobvyklým způsobem proti světlu a máme je navíc hodně zvětšené. V pozorování Slunce nám sice překáží, ale i ony samy jsou na pohled zajímavé. Snad se po chvíli dočkáme lepšího pohledu na podrobnosti sluneční tváře.)

Všimli jste asi i toho, že obraz Slunce na plátně je jaksi neklidný. Část onoho neklidu má na svědomí naše zařízení, které se stará o to, aby Slunce

z plátna neuteklo. **Zrcadlo** se za Sluncem **otáčí** podobně jako vteřinová ručička na hodinkách, tedy **trhaně**, asi čtyřikrát za sekundu. Slunce tedy po plátně vždy zlomek sekundy popolézá, načež je pootočením zrcadla vráceno zpět. Některým lidem je tohle neustálé škubání nepříjemné — ale má také svou výhodu. Je pak totiž zřejmé, které tmavé skvrny jsou skutečně na Slunci a které jsou jen špinavými místy na plátně. Podíváte-li se například na tuto skvrnu, uvidíte, jak sebou stále cuká. . . . Tato skvrnka naopak je úplně v klidu — ta tedy na rozdíl od předchozí není na Slunci, ale je to jen kaz na našem plátně.

Nyní motorek, který dosud otáčel zrcadlem, vypneme. Na plátno se tedy bude promítat stále stejný kousek oblohy, z kterého bude Slunce zvolna putovat pryč.

(Odejeme vypnout pohon zrcadla a vrátíme se.)

Pravidelné cukání promítaného obrazu Slunce teď ustalo — motorek pohonu zrcadla nevrací obraz Slunce již zpátky a my tak na vlastní oči vidíme, **jak se Slunce hýbe po nebi**. V přírodě tento pohyb nevnímáme — jednak se na širé obloze nemáme čeho pohledem zachytit a jednak je to pohyb dost pomalý. Na plátně ale máme daný kousek oblohy vymezen a také dost zvětšen, a tak je to podobné, jako kdybychom se dívali na minutovou ručičku hodinek pod mikroskopem: vidíme plynulý, i když pomalý pohyb. (Zažít něco podobného venku se dá snad jen při západu Slunce — když se do něj již zakusují vrcholky vzdálených stromů či domů, každých deset sekund si můžeme povšimnout změny jeho polohy. Abychom však měli pocit plynulého pohybu, k tomu je asi potřeba alespoň několikanásobného zvětšení.)

Ani teď však není obraz Slunce úplně klidný. Stále se mírně chvěje, jednotlivé skvrny vidíme střídavě ostřeji a méně ostře, okraj Slunce se mírně vlní.

(Toto líčení je velmi závislé na momentálním stavu. Bývají chvíle, kdy je obraz dosti ostrý a kontrastní, ale jakoby pod vodou, ale i chvíle, kdy je sice skoro klidný, ale rozmazaný — to je ve skutečnosti jeho neklid příliš „rychlý“ či příliš „drobnozrnný“, tedy takový, že obraz je stále vytvářen různými částmi apertury v různých místech. Jsou ale i chvíle, kdy je obraz natolik ostrý a klidný, že i z prvních řad zůstává neklid stěží postřehnutelný. Vlny na okraji, je-li Slunce nevysoko na nebi, lezou obvykle jedním směrem, tj. v ovzduší zdola nahoru. To vše se hodí zmínit a případně trochu vysvětlit.)

Tento neklid není již způsoben naší aparaturou, ale není to ani děj na samotném Slunci. Je zaviněn **neklidem ovzduší**, přes které sluneční světlo prochází. Neklid vzduchu se při takovém zvětšení projevuje vždycky a nej-

větší užitečná zvětšení jsou v astronomii omezena právě jím. Dnes je neklid obrazu Slunce, způsobený promícháváním teplejšího a chladnějšího vzduchu hned nad naší budovou a Kraví horou, a případně i ve výškách řady kilometrů, ... (zvláště, poměrně, pozoruhodně, ... , takže máme poněkud, docela, ... štěstí, smůlu, ... , což odpovídá očekávání pro takovéto počasí. ...).

Slunce zatím již téměř zmizelo za okraj zorného pole našeho heliostatu — i když vlastně momentálně o heliostat nejde, protože Slunce nedrží na místě, ale leze pryč. Netrvalo to nijak dlouho — Slunce na obloze **popojde o** takový kus, jak je velký jeho **kotouček**, asi **za dvě minuty**. Nu, a už se schovalo. Všimněme si nyní toho, že je vlastně dobře vidět, kde je schované: čím blíže ke Slunci, tím je obloha světlejší.

Nyní znovu zapneme pohon heliostatu a pootočíme hlavní zrcadlo k západu za Sluncem. Kudy vedla po obloze cesta na západ, to jsme právě viděli — tudy, kudy šel po plátně obraz Slunce. Je škoda, že to je proti skutečnosti, jakou bychom viděli venku na obloze, pootočeno a ještě zrcadlově převráceno — tím platíme za to, že se na Slunce můžeme dívat takto pohodlně.

4 Co vidíme na Slunci

Věnujme se nyní podrobněji tomu, co všechno vidíme na samotném Slunci. Nejsou to jen ony tmavé skvrny, i když ty jsou jistě nejnápadnější. Je také patrný určitý rozdíl mezi středem slunečního kruhu a jeho okraji: směrem **k okrajům je jas Slunce menší**, nápadné je to zvláště těsně u okraje. A konečně, kromě tmavých skvrn jsou v některých místech vidět i **plošky světlejší**, i když ty jsou už velmi nenápadné; zřetelněji jsou vidět jen na okrajích. (... *dle okolností, fakule někdy, není-li obraz dost kontrastní a jsou-li hubené, nejsou téměř patrné*). Jaká je podstata všech těchto rozdílů v jasů různých míst obrazu Slunce? Abychom tomu dobře porozuměli, musíme si nejprve zodpovědět otázku jinou: **proč Slunce vůbec svítí?** Proč má jeho povrch tak oslňující jas, že se na něj venku zpravidla ani nemůžeme zadívat?

Odpověď na to je docela prostá — **Slunce je velice horké**. Více horké, než cokoli, co potkáváme běžně na Zemi; proto také svítí vydatněji než cokoli jiného, s čím se setkáváme.

Abychom si vztah mezi teplotou a svícením lépe uvědomili, vzpomeňme si na různé věci zde na Zemi, které bývají také tak horké, že svítí. Pomyslíte si třeba: oheň. Ano, hořící plyn je dostatečně horký, takže vždy svítí — ale zpravidla je téměř průhledný, což jeho jas dosti omezuje. Mnohem vydatněji svítí plamen při stejné teplotě tehdy, jsou-li něm drobné pevné částice,

hořící saze, jako např. v plameni svíčky. Přidají li se saze do plamenu svářečky, který je mnohem teplejší (tedy přidá-li se acetylénu ale kyslíku ne, takže acetylén hoří nedokonale a plamen čadí), svítí takový plamen mnohem intenzivněji, má mnohem větší jas. Nevelký jas naopak mají uhlíky v ohni — ten lze však zvětšit, když na ně zafoukáme, takže uhlík začne hořet rychleji a jeho teplota vzroste. Nu, a hoří-li vydatně v kamnech, může trochu svítit i část jejich plotny, i když obvykle s jasnem tak malým, že je to vidět jen v temné místnosti. Nejintenzivnější světelné zdroje jsou zahřívány průchodem elektrického proudu: například vlákno žárovky. Wolframové vlákno umístěné ve vakuu, aby nemohlo shořet, může mít teplotu až tři tisíce stupňů. Je nepříjemné se na takové rozžhavené vlákno v žárovce dívat — jeho jas je tak vysoký, až z toho bolí oči. Ale to jen, když náš zrak není přizpůsoben silnému světlu. Když rozsvítíme žárovku venku na slunci, už nám její vlákno tak oslnivé připadat nebude. Oproti Slunci je totiž dvakrát chladnější a jeho jas je tak dokonce třicetkrát nižší; jas je totiž na změnu teploty velice citlivý.

To, co na nás svítí ze Slunce, je plyn horký téměř šest tisíc stupňů. Je ale tak horký všude? Co jsou ona **tmavá místa**, nazývaná slunečními skvrnami? Správně asi tušíte, že to **jsou** prostě místa **chladnější**. Jak chladná jsou, se dá zjistit podle toho, jak mnoho svítí. Na první pohled bychom možná řekli, že nesvítí vůbec. Srovnáme-li je ale se stínem ukazovátky, tedy místem, které jako by opravdu vůbec nesvítilo, je vidět, že skvrny zdaleka černé nejsou. Ve skutečnosti jsou o dost světlejší než světlá obloha kolem Slunce. Měření ukazuje, že oproti svému okolí mají nejtmaší části skvrn jas téměř čtyřikrát menší — to už stačí na to, abychom je vnímali jako velmi temná místa. Z toho lze spočítat, že jejich teplota je necelé tři čtvrtiny teploty okolní fotosféry, čili necelé čtyři tisíce stupňů. Nejchladnější plyn na Slunci je tedy asi o tisíc šest set stupňů chladnější než většina viditelné atmosféry Slunce.

Teploty uvádíme Celsiovy. Jistě můžeme místo stupeň říkat kelvin. To by pak ale (možná chybně) asociovalo, že by mohlo jít o absolutní teplotu. Efektivní absolutní teplota Slunce je tak 5778 K (efektivní Celsiova teplota Slunce tedy skoro přesně 5500 K) jas umber je 0.27 jasů okolí a jelikož je jas takto horké látky úměrný čtvrté mocnině teploty, vynásobením efektivní teploty běžné fotosféry čtvrtou odmocninou z 0.27 dostáváme efektivní teplotu umbrů 4165 K. Celsiova teplota umber je pak 3.9 kK.

Jak to, že na Slunci jsou taková chladnější místa, je ovšem otázka jiná. Než na ni odpovíme, zamyslíme se ještě nad promítaným obrazem jako celkem. Řekli jsme si, že zdrojem slunečního světla je horký plyn — při teplotě šesti tisíc stupňů to ani nic jiného než plyn být nemůže. Ale plyn přece bývá

průhledný; jak to, že tedy Slunce nevypadá mlhavé, proč má i jeho nedokonalý obraz na plátně docela ostrý okraj?

Plyn, který na Slunci vidíme, je totiž **průhledný** jen do určité míry, o dost méně než čistá zemská atmosféra. Dohlédneme v něm jen asi **do dálky jednoho sta kilometrů**. A to je ve srovnání s rozměry Slunce velice málo, vždyť **Slunce má průměr větší než jeden milion kilometrů**. Zde na plátně je oproti skutečnosti zmenšeno více než miliardkrát. To co na Slunci pozorujeme, je tedy vlastně jen tenoučká slupka, vrstvička ne tlustší, než je ovzduší Země. V měřítku jedna ku miliardě odpovídá stovce kilometrů jen desetina milimetru. Není divu, že je zde viditelný okraj Slunce ostrý. **Tenké viditelné slupce** sluneční atmosféry **se říká fotosféra**, podle toho, že právě z ní k nám přicházejí fotony slunečního světla.

Nyní již můžeme vysvětlit, proč je obraz Slunce uprostřed nejsvětlejší a k okrajům zřetelně tmavne. Když se totiž díváme doprostřed, hledíme jakoby rovnou dolů, do hloubky asi jednoho sta kilometrů. Když se díváme na okraj, dohlédneme fotosférou rovněž tak daleko, dokonce ještě trochu dále, ale jsou to stále jen ty nejsvrchnější vrstvy fotosféry — díváme se podél okraje sluneční koule a nikoliv do hloubky. A **proč je obraz Slunce tedy uprostřed**, kde vidíme hlouběji, **světlejší**? Přece proto, že v hloubce je teplota plynu vyšší! Na vlastní oči zde vlastně vidíme, jak teplota směrem do hloubky sluneční atmosféry vzrůstá.

Když se nad tím zamyslíme, přijdeme na to, že se taková věc dá docela očekávat. Položme si otázku: proč Slunce svítí pořád a bez ustání, takže se na to můžeme bez obav spolehnout? Vzpomeňme si na příklad žárovky — její vlákno je horké jen dotud, dokud jím prochází elektrický proud. Jakmile proud vypneme, vlákno rychle přestane svítit — vystydne, svícením se vmžiku ochladí. Fotosféra však zůstává horká, přestože z ní energie ve formě světla stále uniká pryč. Více než příklad žárovky tomu odpovídá rozpálená plotna kamen — je rozžhavená natolik, že svítí, jen dokud jsou kamna uvnitř žhavá ještě mnohem více. Podobně fotosféra nevystydne, protože je vyhřívána zespodu. Energie proudí z mnohem teplejšího nitra Slunce do chladnější fotosféry a odtud potom ve formě světla do okolního vesmíru.

V oblasti pod fotosférou, kam nedohlédneme, je sluneční plyn postupně stále méně průhledný. Energie se proto špatně dostává vzhůru ve formě záření a rozhodující je tam jiný proces: horký plyn proudí z hloubi atmosféry vzhůru až na spodní hranici fotosféry a chladnější naopak klesá dolů. Takovému přenosu tepla prouděním se říká **konvekce**. Není to žádná sluneční specialita: známý příklad konvekce je promíchávání vody v hrnci, zahříváním na spo-

ráku — zvláště když přichází k varu, je promíchávání vody v hrnci nápadné. Konvekce probíhá v letním období i v přízemní vrstvě zemské atmosféry. Je-li vzduch vlhký, vznikají pak na vrcholech vzestupných proudů pěkné kupovité mraky, které, dosáhne-li jejich vršek výšky přes šest kilometrů, jsou pak zdrojem přeháněk a bouřek.

Ve sluneční atmosféře jsou místa, kde je ohřívání vyšších vrstev prouděním horkého plynu odspodu potlačeno. Sluneční atmosféra se totiž liší od zemské mimo jiné svou vysokou teplotou, která ji činí elektricky dokonale vodivou — pro takový plyn, obsahující v hojné míře nabitě částice, používáme název plazma. Přítomnost nabitých atomů a volných elektronů pak způsobuje, že se plazma může pohybovat jen podél směru magnetického pole. Na rozdíl od Země je magnetické pole na Slunci neuspořádané a v malých oblastech je mnohem silnější; zvláště silné je právě ve slunečních skvrnách. Sluneční skvrny jsou taková místa ve sluneční fotosféře, jejichž vyhřívání je ztíženo silným magnetickým polem. Magnetické pole tvoří v nepozorovatelných oblastech pod skvrnou překážku, skrz kterou se proud horkého plynu z hloubky nemůže dobře dostat. Skvrna, jako je například tato, je velká asi (...) tisíc kilometrů a asi ještě hlouběji sahají její magnetické kořeny. To, co my vidíme, je vlastně jen tenoučká stokilometrová fotosféra na povrchu takové vystydlé oblasti s narušenou konvekcí.

Pro představu o měřítcích: **Země** má průměr asi stokrát menší než Slunce — kdybychom ji tedy pozorovali ze stejné vzdálenosti, jako hledíme na Slunce, odpovídal by tomu zde na promítacím plátně **pouhý jeden centimetr**. Tato skvrna je tedy (jen) (o něco menší, o dost větší) než Země (a rozsah celé této skupiny skvrn pak převyšuje průměr Země ... násobně).

Zajímavé je i srovnání fotosféry Slunce s atmosférou Země. Jsou to asi stejně tlusté vrstvy, řádově jde o jedno sto kilometrů. Zemská atmosféra je ale v místech, kde nejsou mraky, docela průhledná, kdežto sluneční fotosféra je průhledná mnohem méně. Přitom je spodní část naší atmosféry mnohotisíckrát hustší než fotosféra Slunce! Tak pěkně průhledné je naše ovzduší, alespoň jeho vyšší nezaprášené vrstvy, jen díky tomu, že jde o chladný plyn. Horký plyn na Slunci, přestože nesmírně řídký, pohlcuje světlo mnohem účinněji. Ještě vyšší teplota pod fotosférou vede k tomu, že dohlednost tam klesá podobně jako v mlze a právě proto se energie z hloubky do fotosféry musí dostávat prouděním.

(V horkém plynu fotosféry klesá hustota s výškou asi dvacetkrát pomaleji než v zemské atmosféře — celá fotosféra tak odpovídá dvacetkrát tenčí troposféře. Hustoty fotosféry dosahuje naše atmosféra až ve vyšších výškách, než se rozsvěcují meteory.)

Zbývají nám nyní ony nepřilíš nápadné světlejší skvrnky zvané **fakule**. Zkušenost nám napoví, že jsou to zřejmě místa teplejší. Proč jsou teplejší, není lehké pochopit. Všimněme si ale, že fakule jsou dobře patrné vlastně jen na okraji obrazu Slunce, to zřejmě proto, že jsou to jen tenké teplejší vrstvy na horním okraji fotosféry. Jejich ohřev na teploty asi o tři sta stupňů vyšší, než jsou v okolí, je způsoben prouděním v neviditelných oblastech pod fotosférou — ne však přímo, ale prostřednictvím vlnění, šířícího se vzhůru. Odkud se ono vlnění bere? Opět jej mají zřejmě na svědomí oblasti se silným magnetickým polem hlouběji v atmosféře Slunce. Obdobou by mohly být peřeje na řece. Za velkými kameny je proud mnohem slabší než jinde — to je obdoba slunečních skvrn, do kterých přitéká málo plynu z hloubky. Kameny v peřejích ale také způsobují rozvlnění hladiny, často tak velké, že už zdálky se peřeje prozrazují hlukem. Podobné vlny snad vznikají i na magnetických překážkách ve Slunci. Rozdíl proti vlnění, které slyšíme jako zvuk, je ale ten, že kromě tlaku plynu se v něm mění i magnetické a elektrické pole. Když takové vlny projdou do řidších a průhledných vrstev atmosféry, stanou se z nich rázové vlny, ohřívající fakule a také svrchní části atmosféry, ležící nad fotosférou (ty už nevidíme, jelikož jsou průhledné). S rázovou vlnou se často setkáváme i na Zemi — to je ta rána, která zacloumá okny, přelétne-li nad námi nadzvukové letadlo. Slabší rázovou vlnu slyšíme při výstřelu či prasknutí bičem.

Možná nejnázornější obdobou zahřívání horních vrstev sluneční atmosféry je mořská pláž. V dostatečně hluboké vodě k ní putují vlny takřka beze ztrát, ale jak začne být dno pláže moc mělké, vlny se začnou zvyšovat a zaostřovat, až nakonec přepadnou a s hukotem a v bílé tříšti rychle zanikají. Fakule jsou sice bílé z jiného důvodu (ne proto, že víc rozptylují sluneční světlo, ale protože jsou teplejší), ale na mořskou tříšť si při pohledu na ně můžeme oprávněně vzpomenout.

(Je-li dobrý obraz, bývá zblízka vidět i granulace — v tom případě ji zmíníme:) Posledním rysem, který můžeme zde na plátně, alespoň zblízka, postřehnout, je nestejnorodost fotosféry i mimo oblasti slunečních skvrn a fakulí. Zadáváte-li se pozorně, zjistíte, že jak zrcadlo heliostatu stále vrací Slunce zpět na stejné místo plátna, je kmitavý pohyb obrazu patrný v kterémkoliv místě, i když tam žádné nápadné detaily nejsou. Celá fotosféra je totiž drobně zrnitá, těsně vedle sebe jsou světlejší místa oddělená tmavšími kanálky, jakoby bylo tmavé plátno řídce posypáno světlým pískem. Tomuto jevu se říká granulace. Světlejší body ve fotosféře, zvané **granule**, jsou vrcholky nevelkých vzestupných proudů teplejšího plynu, kdežto v tmavších místech mezi nimi klesá naopak plazma dolů. (Granule jsou asi o třicet procent světlejší než

tenčí oblasti mezi nimi, což odpovídá rozdílu teplot asi čtyři sta stupňů.) Granulace je struktura, která se stále mění — granule vznikají a zanikají během minut až hodin. Ještě opět pro představu o měřítku: světlé granule jsou na plátně velké nejvýše jeden milimetr, což odpovídá jednomu tisíci kilometrů.

Málem bych zapomněl — sluneční skvrny se často vyskytují ve skupinách, s jednou či dvěma skvrnami výrazně většími a řadou skvrnek menších. V jejich okolí pak bývají mnohdy fakulová pole. Ta se ale mohou někdy vyskytovat i samostatně.

5 Jak se Slunce mění

O mnoho více o tomto obrazu Slunce říci nemůžeme. Ledaže bychom se zmínili o tom, jak by se asi změnil, kdybychom jej mohli sledovat delší dobu, řekněme jeden týden.

Nejnápadnější změnou by bylo, že by se během této doby skvrny posunuly. Za týden touto dobou bude např. tato skvrna zde a tato zde. (Tato dokonce zapadne za okraj Slunce.) Jaké je vysvětlení tohoto putování skvrn? Správně tušíte, že příčinou je **rotace Slunce**. Stejnými skvrnami se k nám Slunce otočí vždy zhruba za jeden měsíc a z jednoho okraje obrazu na druhý přejde tedy skvrna za necelých čtrnáct dní. (Slunce ale není pevné těleso a neotáčí se celé se stejnou periodou. Na slunečním rovníku, tedy zhruba na této čáře, můžeme velkou skvrnu uvidět na stejném místě asi za dvacet sedm dní, za polovinou slunečního kotouče činí perioda na třicet dní a v polárních oblastech, kde se skvrny nevyskytují, je perioda otáčení vůči Zemi ke čtyřiceti dnům.)

Druhá, během několika dní méně nápadná, ale v delším období nejvýraznější stránka změn vzhledu sluneční fotosféry je **vývoj jednotlivých detailů**, především skupin skvrn. Malé skvrny mohou vzniknout a opět zaniknout během jednoho dne. Velké rostou řadu dní; přitom se zpravidla objeví poblíž druhá skvrna, nejčastěji kousek za první. Jak první a druhá skvrna rostou, objevuje se kolem nich postupně řada skvrn menších. Výsledná rozsáhlá skupina skvrn může vydržet i déle než jeden měsíc. Nakonec zase skvrn postupně ubude, ale hlavní skvrna může vydržet i nějaký týden potom. Ve stejném objemu plazmatu se pak příští měsíc může objevit skupina nová a cyklus se může opakovat. Jak už jsme se zmínili, v rozsáhlých skupinách skvrn a kolem nich bývají často patrné i světlejší fakule. To lze koneckonců očekávat: když někde svítí fotosféra méně, v sousední oblasti zase může být teplejší a svítit více. Energie, kterou proudící plyn nemohl přinést do oblasti

skvrny, se mnohem rychlejšími vlnami dostala do jejího okolí a ohřála výše ležící řídké oblasti.

(Výklad o vývoji je potřeba provázet alespoň ukazováním na sérii sytých kreseb, umístěných na odkryté půli tabule. Není-li zrovna období bez větších skvrn, měla by to být série jdoucí až do současnosti. Jinak lze užít diapozitiv s takovou sadou, případně sérii diapozitivů.

Skvrny se na Slunci nemohou vyskytnout všude, ale jen v oblastech „slunecpisných“ šířek do 40° od rovníku, to jest asi v tomto pásu (*ukážeme*). Není jich každým rokem stejně mnoho. Období, kdy je jich nejvíce, se opakují obvykle po deseti až třinácti letech, — zjednodušeně se mluví o jedenáctiletém cyklu. Když začíná nový cyklus, „jeho skvrny“ se objeví nejprve ve vyšších šířkách, asi 30° na obě strany od slunečního rovníku. Vytváří potom pásy či řetězy podél příslušných rovnoběžek, tedy zhruba zde a zde. Během dalších let se skvrny objevují postupně i v šířkách nižších, takže například nyní je vidíme (...). Když cyklus končí, skvrny se objevují již jen v blízkosti rovníku. Objeví-li se tehdy nějaká skvrna daleko od rovníku, patří asi již k cyklu novému. Dá se to i přímo zjistit podle měření magnetického pole — to má u skvrn nového cyklu opačný směr — ale to už je věc, kterou vám zde nijak ukázat nemůžeme.

(I tento výklad by bylo vhodné doprovodit adekvátními obrázky.)

6 Sluneční spektrum

Pokud předtím bylo kvůli kresbám vytažené plátno, spustíme je.

Nyní si promítneme Slunce jinak. Vložíme světlo do cesty skleněný hranolek, který obraz Slunce odkloní na levé plátno. Bílé světlo se přitom rozloží na různé barvy.

Podívejte se dozadu, kudy světlo prochází přes čočku v rohu sálu. Jeho cestu vidíme je díky prachovým částicám ve vzduchu. Nejnápadnější je místo, kde je proud světla nejhustší, takové tenké hrdlo, kudy světelný svazek prochází. Nejtenčí místo hrdla je vlastně obraz objektivu, desetkrát menší, než objektiv sám. Do tohoto obrazu objektivu (říká se mu také výstupní pupila) teď otočím krabičku, v níž je skleněný hranolek a zrcátko.

Odejme to do kabiny provést, přitom musíme hranolkem pohybovat pomalu, aby se nerozkmital.

Slunce je teď na levém plátně roztažené – v červené barvě je víc vpravo, v modré vlevo. Barvy nejsou ale oddělené úplně, modrý a červený obraz se zčásti překrývá, tam tedy zůstává obraz bílý. Kde chybí modrá složka, obje-

vuje se žlutá barva, kde chybí červená složka světla, vidíme krásnou tyrkysovou barvu.

Je to jakýsi spektrální obraz Slunce. O složení slunečního světla ale moc neříká, pro jeho studium potřebujeme různé složky dokonale oddělit. Z obrazu Slunce si proto vybereme jen tenoučký proužek, a to tak, že světlu do cesty umístíme stínítko s tenoučkou škvírou, aneb štěrbinou. Světlo pak necháme znovu procházet přes skleněný hranol.

Odejme do kabiny odklopit hranolek a zasunout štěrbinu. Vyčistíme přitom štěrbinu od prachu. Dle okolností užijeme širší či užší část štěrbinu.

Nyní vidíme sluneční světlo opravdu dobře rozložené. Skleněný hranol, postavený bílému světlu do cesty, láme různé jeho složky různě mnoho. Modré světlo se láme více a zelené a červené světlo postupně méně. Tenoučký proužek obrazu Slunce, který jste na chvíli na plátně zahlédli, se roztáhl do tohoto širokého barevného pásu, zvaného **spektrum**. Osvětlení plátna je ovšem již velmi slabé. Teprve jak postupně přivykáme tmě, začínáme vidět ve spektru nějaké podrobnosti.

(Pokud jsou ve spektru vodorovné artefakty, ukazujeme :

Tyto vodorovné čáry do spektra vlastně nepatří. Jsou způsobeny chybami štěrbinu, totiž částicemi prachu. V místě prachového zrna se světlo odklání od přímého směru a neprojde pak přes náš hranol. Podobně je to se světlem, které se zahne na hranách štěrbinu, díky němu stále ještě vidíme svislý bílý proužek na pravém plátně. Ten proužek či čáru jsme předtím na chvilíčku viděli mnohem jasnější, dokud jsem nedal světlu do cesty onen skleněný hranol.

Tato nejsvětlejší místa proužku, který zbyl, odpovídají prachovým částicím na štěrbině. Světlo, které zde přebývá, pak ve stejné výšce ve spektru chybí.)

(Pokud jde štěrbinu přes skvrnu — to se od artefaktu pozná dle většího neklidu a proměnnosti vodorovné čáry :

Tento vodorovný proužek je ale něco jiného. Neodpovídá zrnku prachu, ale skutečně slabšímu místu na Slunci. Je to vlastně spektrum sluneční skvrny. Skvrna se promítá zrovna na štěrbinu spektrografu a místo tmavé skvrny vidíme, po průchodu světla hranolem, na plátně tmavší pásek jdoucí přes všechny barvy spektra.)

(Pokud je třeba se rozkoukávat ještě dál :

Rozklad bílého světla, i když ne tak podrobný jako zde, vidíme kolem sebe docela běžně. Právě on způsobuje barevné záblesky od broušených šperků. Krásnými barvami se třpytí i kapičky rosy v trávě či vodní kapičky v pavučině.

Na nebi pak vidáme rozklad světla vodními kapičkami v duze, či v ledových krystalcích. Jiným způsobem světlo rozkládají tenké vrstvičky, např. mýdlové bubliny, nebo skvrny starého oleje na mokré silnici.)

Nás ve spektru zajímají především svislé temnější čáry, které jsou na úrovních jednotlivých barev, tedy řečeno odborněji, na úrovni jednotlivých vlnových délek nebo frekvencí elektromagnetického záření. Kdyby šlo o zvuk, mohli bychom mluvit také o tónech — každá taková čára by odpovídala jinému čistému tónu. Kdo o spektrech již něco slyšel, asi tuší, že jedná o takzvané **spektrální čáry**. Jsou to skutečně ony — každou z nich způsobuje přítomnost jistého prvku, obsaženého ve sluneční fotosféře. Jak vlastně tyto čáry vznikají?

Tmavé čáry jsou obrazy oné štěrbiny, kterou jsme umístili světlu do cesty. Místo jedné bílé čáry teď vidíme řadu jejich splývajících obrazů na plátně levém. Takováto tmavá čára nám říká, že světla s touto vlnovou délkou k nám posílá Slunce méně, než světla s vlnovou délkou jen malinko odlišnou, tedy jen nepatrně odlišné barvy. My pak ve splývající řadě stejně světlých obrazů původně bílé čáry vidíme jeden slabší. Tomu pak říkáme spektrální čára.

Jak je možné, že světla této vlnové délky je méně? Když jsme se zamýšleli nad tmavými skvrnami, došli jsme k tomu, že jde o chladnější oblasti ve fotosféře. Podobně je tomu i se spektrálními čarami: jejich světlo pochází z chladnějšího plynu. Světlo dané vlnové délky je pohlcováno a zase vyzařováno atomy daného prvku, přítomného ve fotosféře; výsledkem je, že je fotosféra v této vlnové délce, tedy ve světle dané spektrální čáry, málo průhledná. Ve světle této barvy proto nedohlédneme tak hluboko — světlo spektrální čáry k nám přichází jen z nejvyšších vrstev fotosféry a ty jsou nejchladnější. Proto je světla dané barvy méně než světla jen nepatrně jiné barvy, pro které je fotosféra průzračnější a které k nám přichází z větší a teplejší hloubky. Tmavé spektrální čáry jsou vlastně svědectvím stejného jevu, jako to, že na okraji je Slunce méně světlé než uprostřed. Obojí je způsobeno tím, že teplota ve viditelné sluneční atmosféře směrem dolů stoupá.

Tato nejsilnější čára je způsobena prvkem, jehož atomů je ve Slunci daleko nejvíce, totiž vodíkem. Označuje se obvykle jako $H\beta$. H je značka vodíku a řecké písmeno beta naznačuje, že jde o druhou čáru z jakési posloupnosti čar. Skutečně, někde zde, na samém červeném okraji spektra je první čára této posloupnosti, há alfa — ta zde ale bohužel již není valně vidět, protože na tak velice červené světlo je náš zrak jen málo citlivý. Slunce sice takového záření vydává hodně a září i do těchto míst vpravo od viditelného spektra, ale tam už nevidíme nic, jde o tzv. záření **infračervené**. Naopak v daleké modré oblasti

spektra je na této úrovni čára $H\gamma$. Na toto světlo jsme sice o něco citlivější, ale skleněný hranol je rozkládá tak silně, že plátno je v modré a fialové oblasti osvětleno velice málo.

Tento svislý pásek, druhá nejvýraznější podrobnost ve spektru, odpovídá několika čarám blízko sebe — světlo této barvy pohlcují horké **páry hořčíku**. Pak vidíme ještě mnoho čar slabších, většinou jsou ale na samé hranici viditelnosti. Za zmínku stojí alespoň tato čára v oranžové barvě — tu způsobují **páry sodíku**. Sodíkové páry, i když pod mnohem vyšším tlakem, nám svítivají podobným světlem v noci na cestu: jsou jimi naplněny ony silně svítící oranžové výbojky.

Je zajímavé, že ve spektru postrádáme barvu žlutou. Ona tam přítomna je, jenže jen jako velice uzoučký proužek mezi zelenou a oranžovou. Obvyklá žlutá, kterou vidáme, není čistou spektrální barvou, ale směsí světla červeného a zeleného — proto jsme ji viděli pěkně předtím, když jsme si přes hranol promítli celé Slunce.

Studium spekter, zachycených ovšem na fotografickou emulzi či polovodičovým detektorem, je důležitým a snad hlavním nástrojem astronomie. Ze spekter lze poznat nejen, jaké prvky obsahuje plyn, který světlo vyzařuje či pohlcuje, ale též jakou má teplotu, tlak a také jakou rychlostí se od nás daný plyn vzdaluje či k nám přibližuje. Jak sami vidíte, k pořízení podrobného spektra je potřeba mít dostatek světla — to je jedním z důvodů stavby ohromně velkých dalekohledů. Jejich úkolem nebývá, aby hodně zvětšovaly, ale aby shromažďovaly dostatek světla pro studium spekter.

(Je-li Slunce nepříliš vysoko nebo je-li vzduch dost vlhký, je asi vidět i spektrální pásy vodní páry, ten nejnápadnější v nejsvětlejší části spektra začíná právě u sodíkové čáry a rozplývá se směrem do zelené barvy. Pokud jej vidíme, promluvíme o něm: Kromě jednotlivých tenkých čar vidíme ve spektru ještě jednu zvláštnost, totiž tmavší pás, který má v těchto místech ostrou hranu a od ní doleva se postupně zeslabuje. Ten nevzniká v atmosféře Slunce, ale až v ovzduší nad námi. Takové světlo totiž pohlcuje vodní pára. Ještě výraznější bude pás později, až bude Slunce na nebi níž a cesta jeho světla v ovzduší se prodlouží. Ve spektru zapadajícího Slunce je takových pásů vidět víc, hlavně v červené části spektra, kterou zde máme už příliš slabou.)

(Pokud není diváků mnoho, nabídneme jim pohled na spektrum zblízka a také pohled opačný, od plátna do hranolu. Uvidí tak velice jasné a krásné barvy (každým okem jiné) a mohou ulovit i onu žlutou. Děti přitom mohou stát na katedře, drží-li je někdo za ruku.)

(Až už se nikdo přes hranol do štěrbiny nedívá:)

Když už jste zde vepředu, můžete si prohlédnout zblízka i samotné Slunce.

Odklopím hranol zase pryč a odstraním i štěrbinu. Zblízka uvidíte na pravém plátně více podrobností než zdálky. Ze sálu pak můžete vyjít přes kraj promítací kabiny a přitom se podívat, kudy se do sálu dostává světlo Slunce — přichází šachtou ze střechy, odráží se na dvou rovinných zrcadlech a objektivem ve stěně kabiny se promítá na plátno. V programu pak budeme pokračovat na střeše nad námi.

7 Pod širým nebem

Nyní se vydáme **na střechu** této budovy.

Otevřeme dveře pozorovatelný a zablokujeme je proti zavírání. Střecha by měla být již zcela otevřená, nebo by ji měla odpovědná osoba právě dootevírat — to je dokonce výhodné, protože pohled na pohybující se střechu je zajímavý.

Prosím tudy přes pozorovatelnu a po dalších schodech až nahoru na střechu.

Nejprve si prohlédneme horní pohyblivou část našeho heliostatu, kterým jsme si promítali Slunce do sálu. Toto největší rovinné zrcadlo je poháněno motorkem takovým tempem, jakým Slunce běží po obloze. Sluneční světlo se pak stále odráží ve směru zemské osy na druhé zrcadlo a odtud přes objektiv s ohniskovou délkou osmi metrů vytváří první obraz dole v promítací kabině. Dalším objektivem mezi kabinou a sálem se pak zvětšený obraz promítá až na plátno.

(Je-li dost času, lze přidat tyto poznámky:

Hlavní zrcadlo heliostatu je otočné nejen kolem této šikmé osy, rovnoběžné s osou Země, ale i kolem osy na ni kolmé — kolem ní se naklání podle roční doby. Zatímco nyní je nakloněno na tuto stranu, (*například: na podzim je třeba s ním pootočit sem a před Vánocemi je v opačné poloze, než nyní*). Asi vás udivuje, že hlavní zrcadlo není čisté. Problém je v tom, že astronomická zrcadla jsou trochu jiná než obyčejná — lesklá plocha pokrytá vrstvičkou hliníku je na vnějším povrchu skleněné desky. A ježto je hliník na rozdíl od skla měkký, nelze jej prostě utřít — tím by se poškrábal a bylo by to horší než předtím.)

Někdy jsou na Slunci natolik velké skvrny, že bývají patrné i při pohledu rovnou na nezvětšené Slunce, samozřejmě přes vhodný tmavý filtr. Dnes tam takové rozsáhlé skupiny skvrn (skutečně jsou, a to... / ale nejsou). Já zde mám sadu takových filtrů, takže si to můžete všichni vyzkoušet.

Můžeme popsat, jak jsou jednotlivé filtry vyrobeny a jak se užívají, pokud mají různé průhledné části. Pak přecházíme dolů do pozorovatelný.

Nyní budeme Slunce pozorovat dalekohledem. Je to čočkový dalekohled, na jehož předním či horním konci je objektiv o průměru patnácti centimetrů — to znamená, že zachytí o polovinu více světla než náš heliostat. Podle stínu, který dalekohled vrhá, jej nyní namířím na Slunce, až se jeho obraz objeví na této projekční ploše. Obraz je menší než ten v sále a asi stokrát světlejší. Přesto je nutné, chceme-li mít pohled na Slunce dokonalý, odstínit světlo z okolí. Tak lze potom pořídit podobnou kresbu, jaké jste viděli dole.

Podle počtu diváků je vhodné projekční systém více či méně přikrýt černou látkou, aby si mohli všichni obraz detailně prohlédnout. K tomu patří i vhodný kratičkový výklad.

Podobně jako zrcadlo heliostatu se i dalekohled zvolna pohybuje za Sluncem. Je to díky motorku, který zvolna otáčí dalekohledem kolem této šikmé osy. Když nyní motorek vypnu, záhy bude zřejmé, jak se obraz Slunce posouvá po projekční ploše. Není to pro vás už nic nového, zde je ale příčina tohoto jevu vidět názorněji než dole v sále. Jestliže se dalekohled nehýbe, Slunce před ním na obloze zvolna ubíhá a spolu s ním i hvězdy, které jsou na obloze kolem něj a které ovšem nevidíme. Země je jakoby velký pomalý kolotoč a chceme-li se z něj dívat stále na stejnou hvězdu či v tomto případě na Slunce, musíme zvolna otáčet hlavou či dalekohledem — tempo potřebného otáčení je jedna otočka za den. Osa potřebného otáčení je rovnoběžná s osou Země — tedy zhruba tohoto směru (*realizovat pomocí ukazovátka*) — a ukazuje právě nad sever — ten je tedy tímto směrem.

Během předělávání na helioskop:

Nyní se budeme dívat dalekohledem rovnou na Slunce, a ne na jeho obraz na papíře či na plátně. Abychom to mohli provést, musíme ovšem ubrat valnou většinu světla. K tomu slouží zařízení, které teď připevňuji: Světlo se v něm dvakrát odráží uvnitř skleněného hranolu, ale vždy se jej odrazí jen jedna dvacetina, kdežto šestadevadesát procent světla vyjde z hranolu ven: nejdřív tudy a pak tudy. Směrem k tomuto okuláru se tak dostanou jen asi dvě tisíce světla, které prošlo objektivem dalekohledu. Ty jsou ještě dále zeslabeny tmavým filtrem, teprve malý zbytek světla projde okulárem.

Není-li na poblíž středu Slunce žádná hodně velká skvrna, je nezbytné posunout nejlépe viditelné podrobnosti přesně doprostřed zorného pole. Je totiž potřeba, aby každý na první pohled skutečně viděl nějaký předmět a ne jen rovnoměrně světlou plochu. Pokud není žádná skupina skvrn vidět opravdu na první pohled, tedy vlastně ve většině případů, nezbyvá než doprostřed zorného pole umístit okraj Slunce. Vybereme samozřejmě takové jeho místo, ke kterému jsou nejnápadnější skvrny či fakule nejbližší. Pak krátce povíme, co po přiložení oka k okuláru člověk uvidí. Na vývěsku

připevníme čerstvou kopii kresby stejně orientovanou, jako Slunce při pohledu dalekohledem.

Přiložíme-li své oko těsně k okuláru, takže se jej lehounce dotýkáme, uvidíme světlou plochu, ve které po chvíli rozeznáme šedesátkrát zvětšené Slunce. Takové pozorování chce ale trochu cviku, napoprvé se to nemusí úplně dařit. (*Pokud nejsou vidět žádné mohutné skvrny:* Protože i největší skvrna je poměrně nenápadná, umístil(a) jsem do středu zorného pole okraj Slunce. Ten spolehlivě uvidíte, pokud se budete odtud dívat do tohoto světlého kolečka před okulárem (říká se mu výstupní pupila dalekohledu) a zvolna se k němu blížit, až se dotknete okuláru. Směrem ... (např.: doleva nahoru od tohoto okraje) pak po chvilce možná zahlédnete Prosím, můžete se postupně dívat.

Problém s pozorováním mají ti, kteří nosí brýle — když si je ponechají na nose, nemohou přiblížit oko dostatečně blízko k okuláru a vidí tak nejvýše malý kousek Slunce. Když si brýle sundají, uvidí větší kus Slunce, ale neostře. Doporučuji proto, abyste vy, kdo máte brýle, počkali, já pak dalekohled zaostřím pro váš zrak.

(...) Kolik máte prosím dioptrií? (...) Tak, teď by vám to mohlo vyhovovat, prosím. Přiblížil jsem o kousek okulár k objektivu (*ev. vzdálil jsem jej, to u diváků dalekozrakých*), takže teď je jeho optická mohutnost taková, jako mohutnost vašich brýlí — i dalekohled má nyní minus (plus) (...) D.

(Je-li diváků hodně, pokračujeme během toho, jako se dívají do dalekohledu, jinak až potom.)

Zmínili jsme se již o tom, že Slunce je dvakrát teplejší než vlákno rozsvícené žárovky. Nyní máte možnost se o tom přesvědčit, když se postavíte tak, aby vám tato žárovka zakryla Slunce a podíváte se opět přes tmavý filtr.

Poslední atrakcí, kterou vám můžeme nabídnout, je ještě jeden pohled na spektrum Slunce. Tímto spektroskopem uvidíme bílé sluneční světlo rovněž rozložené na jednotlivé barvy. Rozklad světla zde ale neprobíhá lomem světla závislým na vlnové délce. Uvnitř spektroskopu je kousek optického disku, známého CD, které odráží většinu světla jako zrcadlo, ale malou část odráží do jiných směrů. Jde o jev, kterému se říká difrakce či ohyb světla. Příslušné směry závisejí na vlnové délce světla. Předmět, který spektroskopem pozorujeme je opět štěrbinu, totiž tato škvíra v přední stěně spektroskopu. Skrz ni pak vidíme proužek samotného Slunce. Dívat se můžeme buď takto zdálky, tehdy je spektrum velice světlé, nebo takto zblízka, kdy vidíme spektrum slabší a podrobnější.

(Pro porovnání vystavíme barevný obrázek slunečního spektra

Nás přitom zajímá nejen celý duhový pás, který vidíme místo tenké bílé čáry, ale především ony tenké tmavší čáry v něm, tedy to, že ve vybraných barvách je ona vstupní šterbina osvětlena méně. Jde o tytéž spektrální čáry, o nichž jsme již mluvili dole v sále. Popravdě řečeno, uvidět je můžete i bez speciálního spektroskopu, prostě jen pohledem na kompaktní disk nebo jeho výřez. To ale chce trochu trpělivosti (*předvedeme*).

Tím je naše pozorování Slunce u konce. Bylo to jen první seznámení s tím, co lze jednoduchými prostředky uvidět. Existují ale i výzkumné a vzdělávací programy, které se opírají o soustavné každodenní sledování Slunce a na kterých se podílí řada astronomů amatérů v Česku a Slovensku. K nim patří i program sledování Slunce bez dalekohledu, jednak s pomocí tmavých filtrů, a příležitostně i bez nich. Když Slunce zapadá či vychází, bývá totiž tak slabé, že je možné na něm uvidět tmavší skvrnky i bez jakýchkoliv pomůcek. (Ukázky výsledků tohoto programu si můžete prohlédnout na vývěsce ...). Nyní mě prosím následujte dolů, rozloučíme se venku u slunečních hodin.

Ještě upozornění na jiné programy u nás na hvězdárně: každý jasný večer od ... do soboty se u nás koná veřejné pozorování hvězdného nebe, teď v ... je to v ... hodin. Když je počasí nepříznivé, probíhá pořad v malém planetáriu. Lze přijít i speciálně do velkého planetária — večerní program je v něm dvakrát týdně, ve středu a v ... v ... hodin.

Těm, kdo nespěchají pryč, mohu říci ještě pár slov o našich slunečních hodinách. S ostatními se loučím a přeji pěkný zbytek odpoledne.

8 Výklad u hodin

To, že zde máme takovéto sluneční hodiny, je vlastně náhoda. Vděčíme za ni nápadu, upotřebit vhodně základní kámen stavby naší nové budovy. Možná, že vás zarazí, že sluneční hodiny jdou nějak špatně — vždyť je už (...), a hodiny ukazují teprve (...). To je ale v pořádku. Hodiny totiž ukazují takzvaný pravý místní sluneční čas. Tento čas se liší od času, jež máme na hodinách. V zimním období jdou naše sluneční hodiny proti občanskému času v průměru o více než pět minut napřed; to proto, že jsme asi půldruhého stupně východně od patnáctého poledníku, který určuje tzv. středoevropský pásmový čas, který tehdy užíváme. V letním období ale užíváme vlastně čas východoevropský, neboli středoevropský letní čas a ten je o hodinu větší, než čas středoevropský: odpovídá tomu, jak by v průměru šly sluneční hodiny na „třicátém poledníku“. Naše hodiny jdou tedy oproti letnímu času v průměru o více než padesát minut pozadu. Říkám stále v průměru: on totiž

pravý sluneční čas, který ukazují takové hodiny, neplyne zcela rovnoměrně. Během různých období roku je proti rovnoměrně plynoucímu místnímu času až o čtvrt hodiny napřed či pozadu. Kdyby na slunečních hodinách byla složitější soustava čar, bylo by možné zjistit podle nich přesný občanský čas, ale bez astronomických znalostí či návodu k použití by to stejně málokdo dokázal.

Jednu další soustavu čar ale využít může každý. Jsou to tyto čáry, jdoucí napříč přes čáry „časové“. Uvádají, kam sahá konec stínu v extrémních případech, kdy jsou dny nejkratší či naopak nejdelší a kam sahá při rovnodennosti. Souvisejí samozřejmě s tím, kudy chodí Slunce po nebi — tedy například, jak vysoko bývá v poledne. V těchto dnech je každý den o něco (...). *např.:* „kratší než předchodí a stín na horní ploše každý den delší“. *Dále např.:* Nejvýše bývalo koncem června, když byl stín tohoto rohu nejkratší. Koncem září bude konec stínu putovat po této přímce a koncem prosince až někde tady — na horní plochu to už nejde vyznačit, je to jen na ploše jižní. Slunce tehdy bude v poledne bývat jen někde takhle nízko nad jihem a zapadat bude už prakticky na jihozápadě.

Málem bych zapomněl: podle napevno umístěných slunečních hodin je vždy jasné, kde je sever a jih. Hrany či obvykleji tyčky, které svým stínem ukazují čas, jsou totiž rovnoběžné s rotační osou Země. Kdybyste se poděl této hrany podívali v noci, uviděli byste v jejím prodloužení hvězdu Polárku. To znamená, že sever je tímto směrem a jih směrem opačným.

To je k hodinám asi všechno. Děkuji vám za pozornost a těším se za sebe i za své kolegy nashledanou příště.

9 Dodatek o vlivu skvrn na nás

Nezřídka se asi stane, že se někdo zeptá na vliv skvrn na náš osud. Zde vstupujeme na tenký led, protože přitom nejde již příliš o astronomii. Odpověď odložíme raději až na úplný konec.

Kupodivu, astronomové považují většinou souvislosti mezi děním na Slunci a na zemském povrchu za slabé a nepřilíživě významné, někdy i za docela pochybné. Vliv změn na Slunci na živou přírodu a lidské zdraví bylo možné prokázat jen v některých případech a jen rozbořením velkých množství údajů. Vlastní proměnlivost pozemského života a pozemské vlivy na něj, jako například počasí, jsou totiž mnohem výraznější.

Nejde přitom vůbec o sluneční skvrny, ty samotné nemají vliv žádný. Události ve sluneční atmosféře se v okolí Země projevují díky nesmírně řídkému

plazmatu, které ze Slunce stále uniká. Jde vlastně o proud nabitých částic zvaný sluneční vítr, který obtéká zemské magnetické pole a jen v okolí magnetických pólů proniká až do výše až sto kilometrů nad zemským povrchem. Dojde-li v nějakém místě sluneční fotosféry k prudkému ohřevu plazmatu, k takzvané erupci, proud částic ze Slunce se na krátkou dobu zesílí a zrychlí — lze pak někdy i u nás pozorovat polární záři.

Erupce vznikají pouze nad mohutnými skupinami skvrn, a proto, když je skvrn hodně, bývá i erupcí více. Velmi vzácně lze erupci uvidět i na vlastní oči — když je erupce zvláště mohutná, objeví se na chvíli ve fotosféře pod ní oslnivý bílý bod.

Skutečně nesporný, pochopitelný a výrazný vliv mají procesy na Slunci jen na nejvyšší vrstvy zemské atmosféry. Kromě toho způsobují hustší oblaka v proudu slunečního větru drobné kolísání intenzity magnetického pole Země. To se projevuje jen v rozsáhlých elektrických sítích na severu Spojených států a v Kanadě, kde může párkrát za desetiletí indukovat tak velké elektrické proudy, že se síť poškodí.

Skutečnost, že je u nás o dění na Slunci tak velký zájem, je asi světová zvláštnost, daná snad i snahou některých astronomů zkoumajících Slunce ukázat, že astronomie je věda užitečná. Tak tomu ale valně není a není důvod se o to snažit. Astronomie je na tom podobně jako umění. Užitečná ve smyslu praktickém není, ale je to krásná, a proto velice potřebná, ne-li nezbytná část kultury. Není divu, že v antice měla svou múzu. Je to věda, vůči níž snad nikdo nemůže pociťovat zášť — její výsledky se nedají nijak zneužít.

10 O pomůckách

Napíše-li člověk scénář, uvědomí si, co všechno ke skutečně dobrému představení potřebuje. Měl by to skutečně všechno mít, ne prostě řadu věcí vypustit, protože se mu nechce je chystat. K vyučování i ke kvalitní zábavné podívané jsou prostě mnohé pomůcky nutné. Argument, že diváci by možná nepoznali, že představení není dobře připravené, je falešný.

Některé pomůcky nemůže vytvořit každý sám. Např. upravit hranol zeslabující obraz Slunce tak, aby z něj světlo mohlo dvakrát ven (a ne jen jednou, jako tomu většinu doby u nás bývá).

Scénář je jedna věc, živé inscenace věc druhá. Scénář se během nich má vyvet k lepšímu. U těch našich je každý sám svým režisérem i hercem, a tak pomoc účinkujících na vývoji scénáře uvítám. Přípomínky mohou posílat do [www-mailinglistu.astro](mailto:www-mailinglistu.astro@astro.sci.muni.cz) na počítači amper.ped@muni.cz, mohou si také scénář dostupný na astro.sci.muni.cz/pub/hollan/a.papers/scenare (pro tisk je PS verze, pro editaci L^AT_EX) upravit pro sebe a jako spoluautoři se mnou vystavit.