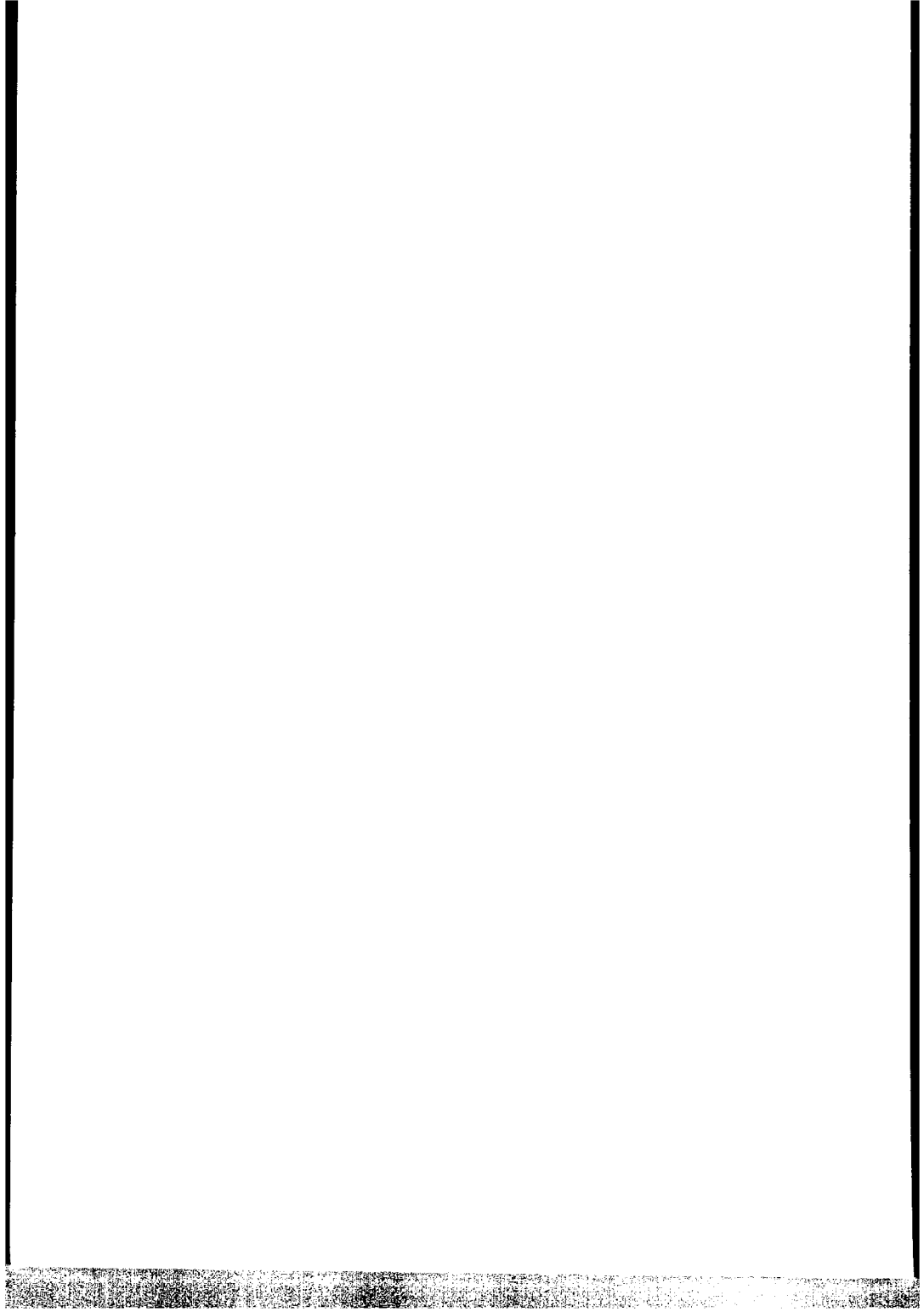


NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV



KOSMICKÉ ROZHLEDY

ROČNÍK 25 (1987) ČÍSLO 2



KOSMICKÉ ROZHLEDY, neperiodický věstník Československé astronomické společnosti při Československé akademii věd

ročník 25 (1987) číslo 2

Virginia Trimbleová

Bílí trpaslíci: bývalá a budoucí slunce

Za takových sto miliard let zdědí astronomové, kteří se zabývají bílými trpaslíky a ostatními slabými hvězdami, oblohu přímo k nezaplacení - nic jiného totiž na ní zářit nebude. Zdálo by se, že mezitím bude jen velmi obtížné vzbudit větší zájem o objekty, z nichž ani jediný není viditelný pouhým okem. Nicméně skutečnost, že se posledních konferencí věnovaných výzkumu bílých trpaslíků zúčastnilo několik stovek profesionálních astronomů, nasvědčuje tomu, že jde o objekty přinejmenším zajímavé.

Bílí trpaslíci představují závěrečné stadium vývoje hvězd nízké a střední hmotnosti. Díváme-li se na ně, prohlížíme si vlastně naše Slunce, tak jak bude vypadat za nějakých pět, šest miliard let. A vzhledem k tomu, že bílí trpaslíci svítí víceméně stále, může být jejich studium i sondou do hluboké minulosti. Může nám pomoci odpovědět na otázku: kdy a v jakém počtu se hvězdy v naší Galaxii začaly tvořit a vyvíjet?

Konečně pak bílí trpaslíci nabízejí skvělou možnost důkladněji poznat procesy, které probíhají v podmínkách, jež na Zemi napodobit nedokážeme. Jejich hustoty převyšují hustotu ozonia a platiny více než stotisíckrát! Některé mají magnetické pole o indukci větší než 100 000 tesla. Připomeňme, že pole Země je stamilionkrát slabší a ta nejsilnější, uměle vytvořená pole svou indukcí stěží dosahují stovky tesla. Bílí trpaslíci jsou tak trochu nerudní chlapíci. Na podněty z vnějška reagují občas dosti nepřiměřeně. Je-li jejich povrch "svlažován" deštěm materiálu bohatého na vodík, pocházejícím ze složky, jež s trpaslíkem tvoří dvojhvězdu, pak dříve nebo později vybuchne. Zažehnou se na něm překotné termonukleární reakce, které s ním učiní novu. Někdy je však toto vzplanutí začátkem vůbec nejbouřlivější možné události v životě hvězdy - výbuchu supernovy.

Historie a vlastnosti

Příběh o objevu bílých trpaslíků se stal již pevnou součástí folklóru moderní astronomie. Na počátku historie stojí Friedrich Wilhelm Bessel, jenž analyzoval své dlouholetá pozorování vlastního pohybu Sírta a Procyona. V roce 1844 dospěl k závěru, že každá z těchto hvězd musí mít svého neviditelného

průvodce srovnatelné hmotnosti. Pak vstupuje na scénu americký konstruktér dalekohledů Alvan Graham Clark. Když v roce 1862 testoval nově zhotovený 18 a půl palcový objektiv, náhodou jej zamířil k nejjasnější hvězdě oblohy - k Siriovi. Několik úhlových vteřin od zářivé pař hvězdy zpozoroval slabě zářící bod. Aniž by to tužil, tak právě spatřil Besselova "neviditelného" průvodce, nazývaného dnes Sirius B.

V letech 1914 až 1915 spektroskopik Walter S. Adams a astrofyzik Henry Norris Russel s překvapením zjistili, že průvodce Siria a hvězda 40 Eridani vykazují spektrum s vodíkovými čarami. Výskyt těchto čar naznačil, že tu v obou případech jde o hvězdy s poměrně vysokou povrchovou teplotou, které však normálně bývají nesrovnatelně zářivější. Vyplýnul z toho nečekaný závěr, že Sirius B nemůže být o mnoho větší než Země, třebaže má hmotnost Slunce.

Konečně si připomeňme ještě jméno S. Chandrasekhara, jenž si v roce 1930 krátíl cestu lodí z Indie do Anglie tím, že si sestavoval a řešil rovnice stavby bílých trpaslíků. Tyto rovnice, jež zahrnují i efekty kvantové mechaniky a obecné teorie relativity, spolu s modelem z roku 1935 úspěšně obstály ve zkoušce času. Byly potvrzeny spoustou měření hmotností a rozměrů bílých trpaslíků. Podpořeny byly i pozorovanou velikostí gravitačního rudého posuvu, který je důsledkem toho, že světlo, které se vykrábe ze silného gravitačního pole bílého trpaslíka, se to zaplatí ztrátou částí své energie.

Kdybychom si našli zcela typického bílého trpaslíka, zástupce tisícovky případů uváděných v současných katalozích, pak by šlo o hvězdu s povrchovou teplotou cca 15 000 K a zářivým výkonem menším než 1% výkonu Slunce. Vyplývá to ze skutečnosti, že zářivý povrch reprezentanta bílých trpaslíků je 7000 krát menší než povrch sluneční. Všechny zvláštní charakteristiky bílých trpaslíků se dají vydedukovat z jejich spekter a paralax.

Další měřené vlastnosti ukazují na to, že průměrná hmotnost bílých trpaslíků činí 0,6 M_{\odot} , typická doba jedné otočky jsou hodiny. Posuruhodné je jejich povrchové chemické složení - buďto se tu jedná o neuvěřitelně čistý vodík, vzácněji o čisté helium a vůbec nejvzácněji o vodík či směs vodíku a helia mírně znečištěnou uhlíkem, vápníkem a jinými těžšími prvky. Všechny tyto skutečnosti lze zjistit z vlnových délek, intenzit a profilů absorpčních čar, jež se vyskytují ve spektrech bílých trpaslíků. Hmotnosti trpaslíků, jež leží v intervalu od 0,3 do 1,4 M_{\odot} , známe z rozboru jejich pohybu ve dvojhvězdách. Bohužel, většina známých bílých trpaslíků jsou hvězdy osamělé nebo tvořící natolik vzdálené hvězdné páry, že se pro určení hmotností nehodí. Bílí trpaslíci mají na povrchu silné magnetické pole o indukci zpravidla 1 T, což odpovídá indukci pole ve slunečních skvrnách. Několik desítek bílých trpaslíků však vlastní pole až stokrát silnější! Takto silná pole již výrazně posměňují profily spektrálních čar a tím i vzhled celého spektra hvězdy.

Matematické modely založené na těchto charakteristikách, opřené o Chandrasekharovy rovnice, prozrazují, že náš typický

bílý trpaslík má uhlíko-kyslíkové jádro, v němž již žádné term nukleární reakce neprobíhají. V tomto směru je již mrtvou hvězdou. Září vlastně jen proto, že je jeho jádro ještě stále horké, třebaže nezadržitelně chladne. K průměrnému zářivému výkonu bílý trpaslík dospěje po sto milionech let od chvíle, kdy se v jeho mateřské hvězdě zastavily jaderné reakce. Poté ho ještě čekají celé miliardy let pomalého chladnutí.

Nezarazila vás trochu ta poslední věta? Měla by, uvědomíte-li si, že kvalifikovaný odhad stáří naší Galaxie je větší než deset miliard let. Proč je potom náš "průměrný" bílý trpaslík tak nesmírně mladý? Důvodem jsou tu výběrové efekty, které nám značně zkreslují skutečné poměry ve světě hvězd. Nejmladší bílí trpaslíci jsou nejteplejší a tudíž nejzářivější. Můžeme je tak spatřit i z velké vzdálenosti. Není pak divu, že právě oni v našich katalogích převládají. Reálně středněvěký bílý trpaslík, vytipovaný ze vzorků hvězd pečlivě vybraných a očištěných od těchto vlivů, je hvězdou podstatně chladnější a tudíž slabší než typický člen katalogů. Pomalu dohasíná po řadu miliard let. Během této doby se uhlíková a kyslíková jádra zbařená elektrony postupně uspořádávají do dokonalé a přepevné krystalové mříže, kterou se prohánějí houfy volných elektronů.

Pozorovatelský výběr nás klame i ve zdánlivém přebytku osamocенých hvězd mezi bílými trpaslíky. Ve skutečnosti většina hvězd tvoří páry, občas i tak těsné, že si mezi sebou vyměňují hmotu. Za těchto okolností se však jednotlivé komponenty nedají přímo opticky rozlišit, poněvadž ta složka hvězdného páru, která ještě spaluje vodík v nitru, vydává mnohem více světla než neaktivní bílý trpaslík. Spolehlivě jej tak přezáří. Dvojhvězdy - kataklyzmičké proměnné (novy a jejich sestřenice) jsou pak výjimkou, která výše uvedené pravidlo potvrzuje.

Vznik

Které hvězdy se stanou bílými trpaslíky a jak k tomu vlastně dojde? Abychom mohli odpovědět na tuto zásadní otázku, musíme se opírat jak o pozorování, tak i o teoretické výpočty vývoje hvězd. Stabilní bílí trpaslíci se vyznačují až děsivým gravitačním polem se zrychlením stotisíckrát větším, než je tíhové zrychlení na povrchu Země. Tendence gravitace shroutit veškerou hmotu do jediného bodu musí být vyrovnána tendencí opačnou - odstředivou. Tou je vztlak způsobený vzrůstem vnitřního tlaku směrem do středu hvězdy. V normálních hvězdách je tímto tlakem tlak ideálního plynu rozžhaveného na vysokou teplotu. Jenže v bílých trpaslicích neexistuje žádný tepelný zdroj, který by tuto vysokou teplotu dokázal udržet. Tlak materiálu v bílých trpaslicích má jinou povahu. Pochází z čistě kvantově-mechanického jevu, nazývaného elektronová degenerace (nejde přitom o charakterovou vadu elektronů, ale o vlastnosti rozdělení jejich rychlostí). Jeho maximální hodnotnost je omezena efekty, vyplývajícími z obecné teorie relativity a z tendence elektronů a protonů spojovat se a tvořit tak neutrony. Výsledek pak určuje pevnou hranici maximální hmotnosti stabilního bílého trpaslíka. Říkáme jí Chandrasekharova mez. Pro bílé trpaslíky

složené z uhlíku a kyslíku obnáší $1,4 M_{\odot}$.

Znamená to tedy, že bílí trpaslíci pocházejí jen od hvězd s hmotností menší než $1,4 M_{\odot}$? To rozhodně ne, pozorování nám říkájí něco zcela jiného. Cím hmotnější hvězda je, tím rychleji vyčerpá své vodíkové palivo v jádru a opouští hlavní posloupnost. Rozsah hlavní posloupnosti v Hertzsprungových-Russellových diagramech otevřených hvězdokup nám tak určuje věk hvězdokupy i hmotnost hvězd, které již "jaderně zemřely". Bylo zjištěno, že řada mladých hvězdokup, počítaje v to $M 41$ ve Velkém psu, NGC 2516 v Lodním křlu, Hyády a Plejády, obsahuje bílé trpaslíky, třebaže hvězdy, které právě opouštějí hlavní posloupnost, mají hmotnosti nejméně 3 až $6 M_{\odot}$! To ovšem značí, že hvězdy s hmotností menší než $6 M_{\odot}$ dokáží na poslední chvíli shodit tolik ze své nadváhy, že z nich zůstane bílý trpaslík s hmotností pod Chandrasekharovou mezí.

Část toho procesu přímo vidíme. Ti nejžhavější a tedy i nejmladší bílí trpaslíci jsou většinou obklopeni plynným oblakem nazývaným planetární mlhovina. Tyto mlhoviny představují část vnějších vrstev mateřské hvězdy vypuzených pulsacemi a tlakem záření, kterými si hvězda odhání poslední zbytky vodíkového a heliového jaderného paliva. Obálka expandující rychlostí kolem 30 km.s^{-1} se rozplyne za zhruba $10 000$ let a zanechá své hvězdné jádro napospas úplnému vychladnutí.

Hmotnosti typických planetárních mlhovin však činí jen několik desetin hmotnosti Slunce. Odnáší s sebou do prostoru příliš málo hmoty. Dostí citelná ztráta hmoty musí tedy ještě předcházet. Vždyť je zapotřebí k tomu, abychom dostali typického bílého trpaslíka o hmotnosti $0,6 M_{\odot}$, z hvězdy odstranit více než $0,5 M_{\odot}$, u bílých trpaslíků o výsledné hmotnosti těsně pod $1,4 M_{\odot}$ dokonce celé čtyři hmotnosti Slunce! Zdá se, že právě hvězdný vítr přetrvávající po celou dobu stadia červeného obra, je onou hledanou, zaručeně spolehlivou "odtučňovací kúrou", které se hvězdy na sklonku svého aktivního života nedobrovolně podrobují. O intenzitě hvězdného větru se astronomové prou, někteří dokonce tvrdí, že stačí "oloupat" i obra s hmotností 8 až $10 M_{\odot}$ a to tak důkladně, že z něj zůstane jen degenerovaný bílý trpaslík.

Osobně se domnívám, že hvězdný vítr přece jen není silný natolik, aby znemožnil hvězdám o hmotnostech 8 až $10 M_{\odot}$ vytvořit železné jádro a vzplanout jako supernova II. typu, zůstávající po sobě neutronovou hvězdu. Tato předpověď je založena na výsledcích jedné mé předchozí práce, která ukazuje, že hmotnost průměrného bílého trpaslíka je ve skutečnosti poněkud větší, než se všeobecně přijímá. Nedávno získal tento názor jistou podporu v modelech vývoje hvězd střední hmotnosti, které sestrojili G. Bertelli, A.G. Bressan a Cesar Chiosi z italské Padovy. Zjistili, že klidné zapálení uhlíku v jádru (a tím i vývoj směřující ke vzniku neutronové hvězdy) je možné i ve hvězdách o hmotnostech menších než $6 M_{\odot}$ a že hvězdný vítr není tak mohutný, jak se hlásalo. Efekty rotace a magnetického pole na své uplatnění v další generaci vývojových modelů dosud čekají.

Zatím se zdá, ve shodě s výpočty, pozorováním i sta-

tistikami, že bílé trpaslíky tvoří hvězdy s hmotností menší než $6 M_{\odot}$, přičemž se odhaduje, že v Galaxii ročně přibude v průměru jeden bílý trpaslík. To je i tempo, s nímž by v Galaxii měly vznikat nové planetární mlhoviny. Nejvíce zastoupeným produktem tohoto procesu budou uhlíkovo-kyslíkoví bílí trpaslíci. Nejmenší hmotní bílí trpaslíci by měli sestávat hlavně z helia, zatímco ti nejhmotnější převážně z kyslíku, neonu a křemíku.

Bílí trpaslíci ve dvojhvězdách

Těsné páry hvězd složené z bílého trpaslíka a normální hvězdy v aktivní fázi života jsou zřejmě zodpovědné za hvězdné exploze nazývané novy. Podezříváme je i z toho, že produkují supernovy typu I.

Hmotnější složka soustavy se vyvíjí vždycky rychleji než složka sekundární. Po čase dospěje do závěrečného stadia bílého trpaslíka. Jenže i druhá složka se vyvíjí. Postupně se rozpíná. Rozepne-li se natolik, že se její vnější vrstvy dostanou do oblasti gravitačního vlivu bílého trpaslíka, začne na jeho povrch dopadat proud životadárného plynu se spoutou vodíku. Jen při tomto samotném přenosu se uvolní tolik energie, že se trpaslík může podstatně rozšířit. Soustavy se pak projevují jako trpasličí novy (příkladem budiž třeba hvězda SS Cygni) nebo symbiotické hvězdy podobné Z Andromedae. S tím, jak se vodík ukládá na povrch bílého trpaslíka, postupně vzrůstá hustota i teplota této vrstvičky. Podmínky se v ní začínají blížit ke stavu, v němž se prudce sazeňují jaderné reakce.

Při přetoku jedné miliardy hmotnosti Slunce za rok se kritické množství jaderné nálože nahromadí za 10 000 až 100 000 let. Reakce propukne náhle a explozivně. Hvězda se během několika dní zjasní o 10 magnitud (10 000 krát). Nespotečbovaný vodík je rychlostí několika tisíc km.s^{-1} odfouknut do prostora. Tote jsou pak novy, kterých v Galaxii vybuchuje do roka několik. Když je po ohnostroji, situace se uklidní. Na povrch bílého trpaslíka se opět počne ukládat další "hořlavý" materiál. Exploze se za dalších 10 000 až 100 000 let znovu opakuje.

Při jiném tempu přetoku se může vodík na povrchu trpaslíka vznítit a hořet klidně. Vzhledem k tomu, že pak není odklísován výbuchy, zůstává na povrchu. Bílý trpaslík postupně "nabírá na váze". Smrštjuje se a jeho hmotnost se začne přibližovat kritické Chandrasekharově mezi. Tente povlečný proces pak může spustit explozi nesrovnatelně mohutnější, než jsou výbuchy nov. Celé těleso naraz vzplane. Helium, uhlík, kyslík, to vše se mění v železo. Uvolní se přitom dostatek energie, aby se hvězda úplně rozervala na kusy. Vyvržené zbytky pak září po dobu několika týdnů jako 10 miliard Sluncí. Domníváme se, že alespoň některé ze supernov, jež se objevují v eliptických galaxiích a starých částech galaxií spirálních, vznikají právě takto.

V systémech, v nichž jsou vodíkové vrstvy soustavně odvrhovány výbuchy nov, se však hmotnost bílých trpaslíků

nezvětšuje. Bílí trpaslíci se tak neblíží k Chandrasekharově mezi, jejíž překročení je nutnou podmínkou pro jejich vzplanutí v podobě supernovy. Nedostává se nám tak soustav vhodného typu, abychom dokázali vysvětlit pozorovanou četnost explozí supernov typu I. Proto k sobě v posledních letech poutá značnou pozornost astronomů i jiné alternativní schéma předpokládající výměnu látky mezi dvěma bílými trpaslíky, tvořícími těsný pár. Bohužel, detailnější výpočty ukazují, že hvězda přijímající hmotu z druhého bílého trpaslíka se nejspíš shroutí, aniž by přitom vybuchla. Pravda, i při tomto procesu se uvolní spousta energie, ale celkový obrázek celého děje se vzplanutí supernovy I. typu nijak nepodobá. Nezbyvá než konstatovat, že skuteční předchůdci supernov I. typu sůstávají i nadále utajeni.

Výzkum bílých trpaslíků pokračuje rychle kupředu. Mnohé z fyziky těchto exotických objektů jsme již pochopili. K nejdávna úspěchům lze přičíst například vysvětlení povahy jejich pulsací. Řada otázek však zůstává bez uspokojivé a vyčerpávající odpovědi. Nedaří se nám třeba beze zbytku objasnit neobvyklé chemické složení atmosféry i to, proč nepozorujeme staré a tudíž velmi slabé a chladné bílé trpaslíky. Zdá se, že k řešení této zapeklité klíčové otázky by mohlo napomoci i hledání slabých bílých trpaslíků v kulových hvězdokupách, které v sobě sdružují nejstarší hvězdy v Galaxii. To zajisté není věc lehká, ani když nám v tom bude pomáhat Hubblov kosmický dalekohled. Němčéně tři pozorovatelé - John Bahcall, James Westphal a Ivan King, kteří mají na tomto přístroji zajištěnou část jeho drahocenného pozorovacího času, se o to chtějí pokusit. Doufáme, že se jim touto cestou podaří vyřešit i tuto letitou hádanku bílých trpaslíků.

Zpracováno podle článku Virginie Trimblové: "White Dwarfs: The Once and Future Suns" otištěného v Sky and Telescope, říjen 1986, 348. Volně přeložil a upravil Z. Mikulášek

Jan Vít

Komety v zrcadle tisíciletí naší astronomie

Jubilejní, třicátý zasnámenaný návrat Halleyovy komety do perihélie, jehož jsme se stali v roce 1986 svědky, vede k zamýšlení nad pamětí lidské kultury, díky které jsme schopni si takovou událost po více než dvě tisíciletí uvědomovat. Otevírá časovou kontinuita planetární civilizace, udržovanou především duchovními výkony. Patří mezi ně i astronomie. Zatímco relativně neměnný obraz hvězd, pravidelné pohyby planet v rovině zvířetníku, roční cesta Slunce po obloze, měsíční fáze i prosté střídání dne a noci vnukávaly představu věčného řádu a pravidelného rytma - a jejich uvědomění se také astronomie konstituje - znamenaly náhlé a neočekávané zjevy komet výchylku z tohoto stavu. Staly se událostmi, které člení původní časovou nerozlišitelnost universa; staly se novými

empirickými daty, která právě svou novostí dynamizují lidskou reflexi o přírodě, provokují čerstvé otázky. Tak je také kometrární astronomie nanejvýš aktivní, inspirující složkou astronomie obecné; řešení speciálních kometrárních otázek bude nejjednodušší souviset s klíčovými problémy celé disciplíny. Sledovat cestu kometrární astronomie lecky znamená ubírat se hlavním řečištěm přírodovědy, dotýkat se podstatných rysů lidské vzdělanosti. Nešťrníme zde na omezené ploše vývoj kometrární astronomie, vypočítáme se ve svých prvopočátcích před třemi tisíciletími, a přihlédneme přitom právě k širším kulturním souvislostem, v nichž se utvářela ...

Třebaže se zabýváme v tomto přehledu zejména evropskou astronomickou tradicí navazující antickým prostřednictvím na egyptské a babylónské počátky a rozvíjející se pak v antické-ho zpracování především v duchovním okruhu evropské vzdělanosti, je třeba začít sledovat souvislá pozorování komet v do-cela jiné kulturní světě; ve staré Číně. Vždyt především na základě čínských záznamů určujeme třicet přísluní Halleyovy komety zpětně až do roku 240 př.n.l., tímto datem (astronomickým rokem -239) rovněž začíná oficiální katalog kometrárních drah Mezinárodní astronomické unie - MAU (první hodnověrně zazname-nané perihélium Halleyovy komety bylo takto identifikováno v historické encyklopedii Š' ti slavného čínského historika S'-ma Čchiena a jeho otce S'-ma Tchana). Nejde jen o prosté zápisy - už přísluní Halleyovy komety zaznamenané v roce 12 př. n.l. je opatřeno přesnými daty, dodnes cennými pro evoluční popis této periodické komety. Nezástává rovněž pouze u Halleyo-vy komety. Od roku 156 př.n.l. do roku 1600 (n.l.) bylo v čínských pramenech nalezeno 40 pozorovaných návratů komety Encke, jejíž první evropské pozorování připadá naproti tomu až na rok 1786 (Méchain). Komety zahrnuté do katalogu MAU jsou do 15. století, kdy se již také v Evropě rozvinulo pravidelné pozorování komet, v rozhodné většině určeny čínskými zápisy. Údaje, které je doprovázejí, umožňují jejich morfologický popis, dovoluují dále určit pozici, pohyb a dobu výskytu pozorovaných komet, aproxi-movat jejich velikost a magnitudu. K písemným údajům se přitom někdy druží také ilustrační nákresy - v provincii Chu-nan byl nedávno nalezen hrob s období dynastie Chan, obsahující hedvábný svitek s 29 schematickými kresbami komet; je datován rokem 168 př.n.l. a je zřejmě nejstarší věcnou astronomickou ilustra-cí vůbec.

Objevy babylónských hliněných tabulek s klínopisnými zápisy o pozorovaných kometách se sice obracejí až do roku 1140 př.n.l., představují však na rozdíl od čínských záznamů zatím jen izolované objevy, nezakládají žádnou kontinuitu, a 1) vývoj naší astronomické tradice přirozeně nijak neovlivnily.

-
- 1) Pozoruhodná je nicméně nedávná identifikace s r. 1985, při které byl na babylónské tabulce BM 41462 (Britské museum) objeven záznam o návratu Halleyovy komety v roce 164 př.n.l. Je cenný zejména tím, že čínský záznam tohoto perihélie bývá často spojován.

Antické a raně středověké evropské zápisy o pozorovaných kometách jsou pak zřídka hodnotyřrné a navíc povětšinou literárního, narativního charakteru.

Priorita čínské kometární astronomie přitom nezačíná teprve rokem 240 př.n.l. Soudobí čínští badatelé rozeznali řadu záznamů předcházejících toto datum, přičemž nalézají kometární zápisy dokonce už v roce 1404 př.n.l. Některé z těchto archaických zpráv jsou také stotožněny s teoretickými propočtem perihélií Halleyovy komety (zatím nejstarší byl nalezen v taoistické knize Chua-j-nan-e a týká se astronomického roku -1056, tj. 1057 př.n.l.; přísluní v roce -614 je zapsáno v nejstarší čínské datované kronice Čchun-čchiou; o návratu Halleyovy komety v roce -465 pojednává opět kniha Š' ti). Údaje předcházející rok 240 př.n.l. ovšem kolísají a pro svou nedostatečnou verifikaci nebyly dosud katalogem kometárních drah kanonizovány. Zařazují však svou existenci celé kometární pozorování do nejstarší čínské astronomické tradice.

Výskyt komety na obloze má od počátku charakter události. Proto bývá fixován především v zápisech letopisného charakteru (jde vesměs o nejstarší a nejcennější literární památky staré Číny). Tyto záznamy však nejsou náhodné, zrcadlí naopak cílevědomou činnost. Funkce letopisce se obvykle kryje s funkcí astrologa a hvězdopřevectví je ovšem prvotní podobou čínské astronomie. Tak jsou komety především sledovány jakožto významuplná omnia. Už v čínské astrologii mají všeobecný, mundánní charakter, jejich výklad se týká panovníka či celé říše, a pro tuto domnělou úlohu jsou bedlivě a s každodenní pozorností sledovány. Kometární pozorování je v rámci celé staročínské astronomie záhy institucionalizováno a všemožně podporováno císařským dvorem (včetně přístrojové techniky). Zásluhou nepřetržitého trvání čínské kultury pak toto pozorování prochází souvisle se starověku do novověku.

Modelově je tu ustavena původní nerozlučitelnost astronomie a astrologie, posílená v čínském prostředí specifickým charakterem reflexe světa. Člověk je ve staré Číně pevně zakotven v přírodě, v její nejširším, vesmírném rámci; mikrokozmos lidského bytí zrcadlí makrokozmos nebeských dějin. Astrologický výklad této univerzální jednoty má ovšem překvapivě věcný ráz, převažuje v něm trvalá pozornost k přírodním principům a cyklům, díky kterým se čínané dopracují pozoruhodných intuitivních odhadů a empirických sjištění. Platí to i v případě kometárních pozorování. Čínská astrologie brzy přestává sledovat komety jako prostá věštebná znamení, vykládá je naopak v řadě astrologických kritérií (směr jejich pohybu, tvar, barva, doba výskytu apod.), která jsou postupně formalizována. To je také vlastní důvod dnes velice cenných podrobných popisů

- 2) První známé pozorování Halleyovy komety v našem světě v r. 87 př.n.l. zapiše v dodatečně letmé znaence na počátku našeho letopočtu Plinius, exaktně bude tato kometa ale zaznamenána až Toscanellim v r. 1456.
- 3) Všechny údaje srv. in: Tao Kiang, The Past Orbit of Halley's Comet, Mem. Royal Astr. Soc. 76 (1972).

v kometrárních záznamech. Už ve své době vedl tento zřetel k některým závažným poznatkům. Pozorně byl například v čínské astrologii sledován směr kometrárního ohonu (znamenal slovestně návštěvu pro kraje, kam směřoval). Tak si Čínané už v 6. století povšimli, že kometrární chvost je směřován od Slunce, a v příštích dvou stoletích své zjištění prokazatelně zobecnují. Evropa se tohoto faktu dobere až v první polovině 16. století. Podobné objevují ve staré Číně o tisíc let dříve, že "komety nevydávají žádné světlo, jen je odrážejí od Slunce" (astronomická část letopisu Historie dynastie Tin popisující období let 265-420).

Rozvinutá čínská astronomie nezůstala ve svém celku bez vlivu na okolní země Dálného východu. Tak také začíná už v polovině 1. století př.n.l. kometrární pozorování v Koreji, v 7. století n.l. v Japonsku a zanechává do dnes cenný srovnávací materiál pro čínské záznamy. Do vývoje naší astronomické tradice ovšem pozoruhodné čínské výsledky začleněny nebyly. První zprávy o kometrárních pozorováních v Číně podají do Evropy až jezuitští misionáři, nacházející v čínském prostředí samostatně rozvinutí svých dosavadních astronomických vědomostí (Matteo Ricci na přelomu 16. a 17. století, Antoine Gaubil ve 20. - 50. letech 17. století aj.): tyto reference shrne poprvé ve svém obsáhlém kometografickém díle Alexandre Guy Pingré (Cométographie ... Paříž 1783-4)⁴⁾. Teprve však před polovinou 19. století začnou být na jejich základě budovány katalogy historických kometrárních drah: Biot (1846), Williams (1871), Lundmark (1921).

Objevy tabulkových záznamů o pozorování komet ve staré Babylónii náležejí moderní archeologii, resp. paleografii, avšak slovky babylónského teoretického uvažování zůstaly uloženy už ve spisech antických - řeckých i latinských - autorů a tvoří tak nejstarší základ evropské tradice kometrární astronomie. Nejsou tu ovšem tlumočeny uceleně, objevují se jen v doxografických zmínkách. Seneca ve svých *Naturales Quaestiones* cituje dva své řecké předchůdce, kteří studovali u Chaldejců (Babylónanů): zatímco Epigenes zjistil, že tamní hvězdáři chápou komety jako "ohně, které se zapalují ve vsduchu, mohutně a závrtně vířícím", Apollonius z Myndu zanechal svědectví, že Chaldejci "sařazují komety mezi planety a již určili dráhy, po kterých se pohybují." (*Nat. Quaes.* VII, 4). Tyto dva krajní názory symbolicky uvosují teorie, o nichž bude uvažovat antika a jejichž polarita určí do konce 16. století základní problematiku kometrární astronomie.

Rané řecké teorie, rozvíjející tuto problematiku v rámci přírodní filosofie z konce 6. a zejména v 5. století př.n.l., shrnuje pozdější komentář Aristotelův (*Meteorologica*): zatímco významní předsokratovští myslitelé Anaxagoras a Démokritos považovali komety za konjunkce známých planet, někteří pythagorejci a matematik Hippokrités z Ghin pokračují v babylónském výkladu a kladou komety planetám naroven, jsou to nebeská tělesa, která se objevují ve velkých časových intervalech.

Názory svých předchůdců Aristotelés (384-322) př.n.l. odmítá a formuluje vlastní verzi babylónského výkladu charakterisu-

4) První kometu pozorovanou v Číně datuje Pingré rokem 2296 př.n.l.

jičího komety jako meteorologické úkazy, které nenáleží širšímu planetárnímu vesmíru:

"Vycházíme z toho, že první vrstva světa obklopujícího Zemi, tedy toho, který se nachází níže než (nebeský) kruhový pohyb, jsou suché a teplé výpary (anathymiasis). Ony samy a též velká část k nim zdola se přimykajícího vzduchu jsou unášeny kolem Země kruhovým pohybem (nebe); při takovém přemísťování dojde tam, kde je vhodná směs, ke vzplanutí. Proto, říkáme, vznikají padající hvězdy. Když se svrchním pohybem (nebe) dostane do takové směsi ohnivý počátek, ani příliš mocný, aby vyvolal rychlý a rozsáhlý zážeh, a ani zas tak slabý, aby rychle pohasl, ale silnější a rozsáhlejší, a když současně s tím odspodu stoupají páry ve vhodné směsi, vzniká hvězda vlasatá (aster kometés)."

(Meteorologica I/7).

Kometa je podle Aristotela zemním výparem, který vystoupal vzhůru a za speciálních podmínek vzplanul v nejbližším světě kolem Země, ne dál, než začíná sféra Měsíce, za níž se teprve otevírá kosmos planet a stálic. Jakožto jev, objevující se náhle a bez jakéhokoli pořádku na obloze, je totiž kometa úkazem časově ohraničeným, vzniká a zaniká, a právě jevům podobné proměnlivosti a efemérnosti je vyhrazen svět "pod Měsícem" (sublunární), vznikající míšením čtyř elementů - země, vody, vzduchu a ohně. Tělesa takto vzniklá v podměsíčním světě mají přirozený pohyb - pouze po svislicích, lehká nahoru a těžká dolů, každý pohyb v jiném směru musí být udržován stálým působením síly. Sféra Měsíce teprve otevírá nebeské "kruhové otáčeni", věčný a neměnný nadměsíční (supralunární) svět zbudovaný z "pátého prvku", věčného éteru - "aithéru" (asi thein - "běží nepřetržitě"). Zasazená v pevných sférách pohybují se tu nebeská tělesa v dokonalých kruhových pohybech, ve věčném a neměnném (a ovšem geocentrickém a geostatickém) kosmu, v němž nemá co pohlédávat žádná změna. Výklad komet tu pevně tkví v kosmologii, jak jí Aristotelés sám popsal a na základě dobového fyzikálního poznání zdůvodnil ve svých spisech O nebi a O vzniku a zániku. Komety, stejně jako meteory ("padající hvězdy"), jsou podřazeny proměnlivosti sublunárního světa už svým zařazením do spisu Meteorologica, degradovány tak na úroveň deště, krupobití a jiných meteorologických, "do výše zdvižených" (ta meteora) fenoménů. Omezeny tímto Aristotelovým paradigmatem, názorovou doktrínou o dvou oddělených, fyzikálně odlišných světech - sublunárním a supralunárním - budou komety vesměs takto umístovány po příští téměř dvě tisíciletí.

Ještě v rámci antického myšlení však zformuloval významný představitel římské stoické filosofie Lucius Annaeus Seneca (asi 4 př.n.l. - 65 n.l.) ve svém přírodovědném spisu Naturales Quaestiones výmluvný protinázor vůči tradované aristoteléské teorii:

"Nesouhlasím, že kometa je náhlý ohněm, ale soudím, že náleží k věčným výtvorům přírody. Především vše, co se rodí v povětří, rychle mizí, protože to povstává z věci nestálé a proměnlivé ... Kdyby se (kometa) stravovala

ohněm, musela by sestupovat ..., ale komety se nikdy nespouštějí ... a nepřibližují se Zemi těsně ... Žádný z běžných ohňů na nebi nemá zakřivenou dráhu, ta je vlastní hvězdám (planetám); zda se po takových drahách ubírají komety, nemohu říci. Dvě z nich, které se objevily v našich časech, však takové dráhy měly ... Cokoliv, co vzplane jako dočasný jev, rychle zhasne, žádný plamen nemá trvání, pokud jeho síla není vnitřní. Mírním tím božský plamen, který udržuje věčný vesmír. (Komety) jsou jeho součástí a dílem. Ubírají se jím, prodlévají v něm a udržují si svou stálost. Což by nebyly jednoho dne větší a druhého dne menší, kdyby byly ohněm nashromážděným z chvilkové příčiny? ... Kometa má své určené místo a z tohoto důvodu není ve spěchu vyhošťována, ale prochází sobě určeným prostorem; nevyhasíná, jen se vzdaluje". (Nat. Quaes. VII/22, 23).

Seneca přiznává kometám charakter nebeských těles speciálního typu a přitom pro ně v pozoruhodné intuici předpokládá pravidelně zakřivené dráhy a dokonce periodické návraty. Tuto myšlenku nadále posiluje v reakci na námitku (ovšem aristotelaskou), že kdyby byly komety planetárními tělesy, pohybovaly by se tak jako planety pouze v rovině zvířetníku:

"Kdo, říkám, vyznačil hvězdám jedinou mez a vešnal božské do její těsnosti? Jsou mnohé hvězdy, které se pohybují v jiných a jiných obězích (circuli). Proč potom nemohou být takové, které odcházejí po vzdálených drahách? Jestliže soudíte, že žádná hvězda se nemůže pohybovat jinak, než že se dotýká zvířetníku, pak říkám, že komety mají jiné oběhy a jen v některých částech těchto oběhů se mohou zvířetníku dotýkat. Což ovšem není nezbytné, ale možné ... Proč bychom měli být překvapeni, že komety - tak vsácné divadlo světa - nejsou drženy jistými zákony a že ani jejich začátky ani konce neznáme, vracejí-li se v nesmírných odstupech času?" (Nat. Quaes.) VII/24, 25 .

Odlísné vlastnosti nebeských kometárních těles jsou pak Senekovi příležitostí naznačit bohatost a mnohotvárnost kosma, nsvázaného zde žádným těsným kosmologickým schématem:

"Veškerý soulad vesmíru je složen z protikladů. Říkáte, že kometa není hvězda, protože její podoba tomu neodpovídá ... Příroda neodhaluje své dílo v jediné podobě, ale pyšní se svou rozličností ... Ukazuje kometu zřídka, přidělila jí jiné místo, jiný čas, odlišné od pohybu hvězd, chtěla, aby i jí byla slavena velikost jejího díla ... Komety se nepohybují v úzkém těsném soustředění, ale jsou volně rozestřány prostorem objímajícím mnohost hvězd". (Nat. Quaes. VII/27).

V antické přírodovědné literatuře naleznou komety své místo ještě v přírodně filosofické encyklopedii Naturalis historia Plinia Staršího, Senekova staršího současníka (komety jsou tu mimo jiné morfologicky klasifikovány) a pak v řadě drobnějších textů (Plutarchos, Arriános, Poseidonios aj.), vždy