

# KOSMICKÉ ROZHLEDY

VĚSTNÍK ČESKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI

Číslo 2/2021

Ročník 59



[www.astro.cz](http://www.astro.cz)

*Samostatně neprodejná příloha časopisu Astropis*

## Obsah

Nově pojmenovaná planetka Žebrák .....	3
Kamenná exoplaneta o hmotnosti poloviny Venuše .....	4
HST detekoval vodní páru v atmosféře měsíce Ganymed .....	6
Opavští astronomové objevili superhmotnou černou díru .....	7
v Gem: hierarchická trojhvězda s hvězdou se závojem .....	9
Objeven nejmenší a zároveň nejtěžší známý bílý trpaslík .....	12

### V období srpna a září 2021 slaví významná životní jubilea tito členové ČAS:

50 let	Jiří Dušek, Brno Ing. Ivan Samčík, Most Ing. Milan Zajíček Ph.D., Odolena Voda Miloslav Grešl, Praha
55 let	Ing. Marcel Bělík, Jaroměř Ing. František Antropius, Hříškov Ing. Martin Černický, Praha Ing. Mgr. Karel Kolomazník, Praha Radek Voldřich, České Budějovice
60 let	RNDr. Jan Sládeček, Praha Jiří Zimola, Jihlava
70 let	RNDr. Zdeněk Okáč, Brno
75 let	Milan Káпка, Krásno nad Kysucou Anton Paschke, Růti
77 let	Ing. František Karel Janda, Ondřejov
78 let	RNDr. Jiří Čech, Ostrava
81 let	Jan Pfannenstiel, Desná Ing. Jan Vondrák DrSc., Praha
90 let	Jiří Zahálka, Praha
94 let	RNDr. Blažena Topolová CSc., Ondřejov

**ČAS přeje jubilantům vše nejlepší!**

**Na titulní straně:** Tzv. aktivní galaxie obsahují ve svých jádrech superhmotné černé díry

Foto: ESO

## KOSMICKÉ ROZHLEDY

Věstník České  
astronomické společnosti

**Ročník 59**  
Číslo 2/2021

**Vydává**  
Česká astronomická  
společnost  
IČO 00444537

### Redakční rada

Petr Sobotka  
Petr Heinzel  
Pavel Suchan  
Lenka Soumarová  
Lumír Honzík  
Petr Scheirich  
Radek Dřevěný  
Marcel Bělík  
Miloš Podařil  
Vladislav Slezák

### Adresa redakce

Kosmické rozhledy  
Sekretariát ČAS  
Astronomický ústav AV ČR  
Fričova 298  
251 65 Ondřejov  
e-mail: cas@astro.cz

**Grafická úprava  
a jazykové korektury**  
redakce Astropisu

**Tisk**  
GRAFOTECHNA PLUS, s r. o.

**Distribuce**  
ADLEX, spol. s r. o.

ISSN 0231-8156

*Samostatně neprodejná  
příloha časopisu Astropis*

*Vydáno s finanční podporou  
Akademie věd ČR*

## Nově pojmenovaná planetka Žebrák

Vladislav Slezák, Jan Florian

© NASA/JPL

Na dráze mezi Marsem a Jupiterem obíhá planetka, kterou objevili čeští astronomové Petr Pravec a Lenka Kotková (Šarounová). Planetku s katalogovým číslem 131181 navrhl Jan Florian z Hvězdárny Žebrák jejím objevitelům pojmenovat podle města Žebrák. Právě letos si připomíná 625. výročí povýšení na královské komorní město Václavem IV. Tento návrh byl Pracovní skupinou pro nomenklaturu malých těles při Mezinárodní astronomické unii přijat a nové jméno planetky „131181 Žebrák“ bylo právě v Minor Planet Circulars zveřejněno, čímž se stalo oficiálním.

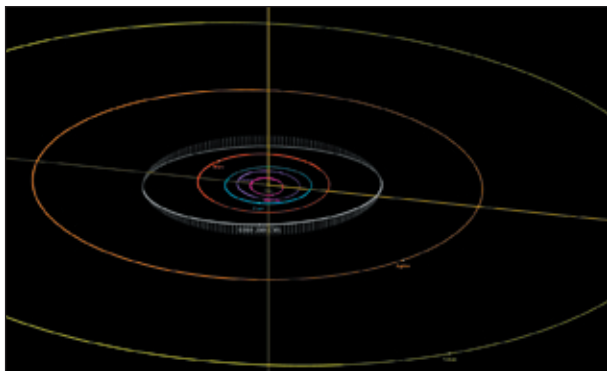
Při té příležitosti vzniká v Žebráku i ojedinělý projekt. Limitovaná edice gramofonové desky jako upomínkového předmětu u příležitosti pojmenování planetky. Na jedné straně bude obsahovat nahrávky hudebního skladatele a muzikanta Miloše Rábla, na straně druhé nahrávku Jaroslava Svěčeného na housle a Václava Uhlíře na varhany, která byla pořízena v kostele svatého Vavřince v Žebráku. Slavnost k udělení planetky pak proběhne 2. října 2021, kdy se odehraje v Žebráku i slavnostní koncert výše uvedených interpretů.

Hvězdárna Žebrák navíc nově rozšířila prostory pro veřejnost o novou interaktivní místnost, kde návštěvníci naleznou mj. věrnou kopii meteoritu Žebrák, který poblíž města dopadl v roce 1824, mini planetárium, Bolidozor na zaznamenávání přeletů meteorů, 3D tiskárnu včetně modelů budovy a hlavního dalekohledu v porovnání se vzorovým dalekohledem zvaným

Hale na Mt. Palomaru v Kalifornii, fotostěny s vesmírem a měsíčním povrchem a mnohé další.

Hvězdárna také už více než rok připravuje internetový seriál o astronomii i zajímavostech z okolí hvězdárny pod názvem *V září hvězd* a zároveň plánuje přístavbu přírodovědného centra s přednáškovou místností a pozorovatelnou. Stávající budova je malá a příliš nesplňuje dnešní požadavky návštěvníků zejména s ohledem na nedostatečný prostor. Návštěvníci

© David Malik



Dráha planetky Žebrák mezi Marsem a Jupiterem



Hvězdárna Žebrák

si akce hvězdárny oblíbili a ve vypsaných termínech jejich počet často převyšuje kapacitu.

Na hvězdárně vznikla také kniha *Pohádky z hvězd*. Některé z nich již mají i video podobu a promítají se na dalších českých hvězdárnách. Namluvili je mj. Karel Vágner, Hana Zagorová, Jitka Zelenková, Ota Jiráek, Petr Rezek nebo Pavel Kožíšek. Nejnověji pak Michal Malátný ze skupiny Chinaski.

## Kamenná exoplaneta o hmotnosti poloviny Venuše

Jiří Srba



*Vizualizace představuje jednu z planet systému hvězdy L 98-59*

© ESO/M. Kornmesser

Tým astronomů použil dalekohled ESO/VLT v Chile, aby osvětlil povahu planet připomínajících dobře známá tělesa Sluneční soustavy, ale obíhajících v planetárním systému kolem nedaleké hvězdy

L 98-59. Pozorování přineslo hned několik objevů. Vědcům se podařilo určit, že jedna z planet má poloviční hmotnost než Venuše a je tak nejlehčím tělesem, jaké bylo dosud zaznamenáno metodou měření radiálních rychlostí. Další z planet tohoto systému je pravděpodobně pokryta oceánem. Nalezli také známky možné celkové již páté planety v této soustavě, která by mohla ležet v obyvatelné zóně hvězdy **L 98-59**.

„Planeta v obyvatelné zóně může mít atmosféru, která by mohla umožnit existenci života a zajistit jeho ochranu,“ říká astronomka María Rosa Zapatero Osorio (Centre for Astrobiology, Madrid, Španělsko), spoluautorka studie, která byla publikována v časopise **Astronomy & Astrophysics**.

Tyto výsledky představují významný krok ve snaze o nalezení života na planetách velikosti Země mimo Sluneční soustavu. Detekce známek života na exoplanetách závisí na naší schopnosti zkoumat jejich atmosféry. Současné teleskopy ale nejsou dost velké, nedosahují rozlišení potřebného k provedení těchto pozorování u malých, kamenných planet. Nově zkoumaný planetární systém krouží kolem centrální hvězdy s označením **L 98-59** a je atraktivním cílem budoucích pozorování exoplanetárních atmosfér. Hvězda se nachází jen 35 světelných let od Slunce a jak se ukazuje, obíhá jí kamenné exoplanety podobné Zemi nebo Venuši, které jsou ve správné vzdálenosti od mateřské hvězdy, aby na nich panovaly příznivé teploty.

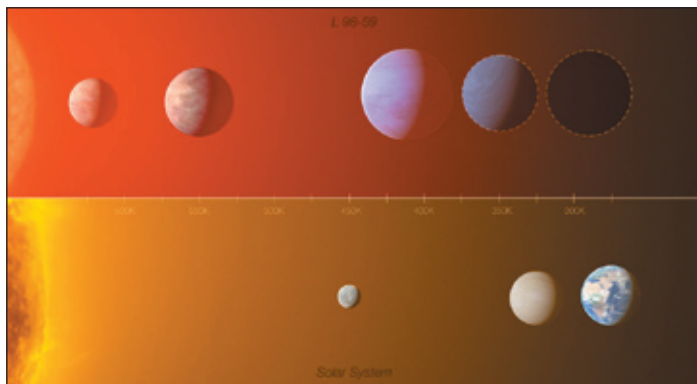
Pomocí dalekohledu **ESO/VLT** (*Very Large Telescope*) byli členové týmu schopni určit, že hned trojice planet systému L 98-59 by ve svém nitru či v atmosféře mohla obsahovat vodu. Dvě planety ležící v nejmenší vzdálenosti od mateřské hvězdy jsou pravděpodobně suchými světy, nebo obsahují jen malé množství vody. V případě třetí planety by ale voda mohla tvořit až 30 % celkové hmotnosti tělesa a jednalo by se tedy o skutečný oceánský svět.

Týmu se dále podařilo objevit „skryté“ exoplanety, které dosud nebyly v systému **L 98-59** zaznamenány. Vědci odhalili čtvrtou planetu a mají podezření na přítomnost páté, která leží v té správné vzdálenosti od hvězdy, v zóně, kde by na jejím povrchu mohla existovat kapalná voda. „Zaznamenali jsme známky přítomnosti terestrické planety v obyvatelné zóně tohoto systému,“ upozorňuje vědecký pracovník a hlavní autor studie Olivier Demangeon (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, University of Porto, Portugalsko).

Publikovaný výzkum představuje technický průlom, jelikož astronomové byli schopni s použitím měření radiálních rychlostí určit, že nejvnitřnější planeta systému má hmotnost asi poloviny Venuše. Jedná se tedy o dosud nejlehčí exoplanetu, jaká kdy byla zaznamenána metodou sledující „pohupování“ hvězdy způsobené gravitačním působením obíhající planety.

Vědci použili ke zkoumání systému **L 98-59** spektrograf **ESPRESSO** (Echelle SPectrograph for Rocky Exoplanets and Stable Spectroscopic Observations) a dalekohled VLT. „Bez přesnosti a stability, kterou nabízí přístroj ESPRESSO, by tato měření vůbec nebyla možná,“ doplňuje María Rosa Zapatero Osorio. „Je to další krok vpřed k naší schopnosti měřit hmotnosti těch nejlehčích exoplanet.“

Astronomové poprvé zaznamenali trojici planet v systému **L 98-59** v roce 2019 a to prostřednictvím satelitu **TESS** (Transiting Exoplanet Survey Satellite, NASA). Při hledání exoplanet a určování jejich velikostí však tato družice využívala metodu tranzitů – parametry obíhajícího tělesa jsou určeny na základě měření profilu poklesu jasnosti, který planeta způsobí při přechodu přes disk mateřské hvězdy. Ale pouze doplněním měření radiálních rychlostí získaných spektrografem ESPRESSO a jeho předchůdcem **HARPS** (pracujícím na dalekohledu ESO 3,6m na ob-



Infografika nabízí srovnání exoplanetárního systému hvězdy L 98-59 (nahore) a vnitřní části Sluneční soustavy (s planetami Merkur, Venuše a Země), přičemž zdůrazňuje jejich podobnosti. V systému červeného trpaslíka L 98-59 vzdáleného 35 světelných let od Slunce jsou známy čtyři potvrzené planety (vyobrazeny v barvách). Nejblíže hvězdy k centrální hvězdě má hmotnost asi poloviny Venuše. Až 30 % hmotnosti třetí planety systému by mohla tvořit voda. Existence čtvrté planety byla potvrzena, vědci však zatím neznají její hmotnost ani poloměr (její odhadovaná velikost je vyznačena čárkováním kroužkem). Vědci rovněž našli známky možné existence páté planety (nejvzdálenější ze známých těles v systému). Vzdálenosti od hvězdy a mezi jednotlivými planetami nejsou v infografice zachovány v měřítku. Diagram byl upraven tak, aby si obyvatelné zóny ve Sluneční soustavě i v systému L 98-59 zhruba odpovídaly. Uvedena je také teplotní stupnice (v Kelvinech, K). Země a pátá nepotvrzená planeta systému L 98-59 dostávají zhruba stejné množství světla a tepla od svých mateřských hvězd.

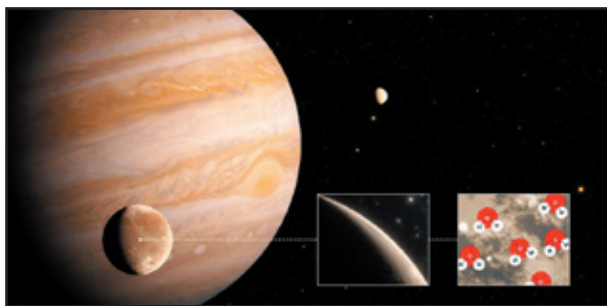
servatoři La Silla) se týmu podařilo nalézt další planety a určit hmotnosti i poloměry do té doby známé trojice těles. „*Pokud chceme vědět, z jakého materiálu je planeta složena, potřebujeme znát alespoň její hmotnost a poloměr,*“ vysvětluje vedoucí týmu Olivier Demangeon.

Členové týmu doufají, že budou dále pokračovat ve studiu tohoto systému prostřednictvím připravovaného kosmického teleskopu **JWST** (NASA/ESA/CSA *James Webb Space Telescope*). Také obří dalekohled **ELT** (*Extremely Large Telescope*), který ESO buduje v chilské poušti Atacama a měl by zahájit vědeckou činnost v roce 2027, bude pro tento typ výzkumu ideální. „*Přístroj HIRES připravovaný pro dalekohled ELT by měl být schopen zkoumat atmosféry některých planet v systému L 98-59 a z povrchu Země doplňovat práci teleskopu JWST,*“ dodává María Rosa Zapatero Osorio.

„*Tato soustava je jen předzvěstí toho, co teprve přijde,*“ doplňuje Olivier Demangeon. „*Lidstvo pátrá po planetách podobných Zemi od samotného zrodu astronomie. A nyní se konečně přibližujeme okamžiku, kdy budeme schopni detekovat terestrickou planetu ležící v obyvatelné zóně své mateřské hvězdy a budeme moci zkoumat její atmosféru.*“

## HST detekoval vodní páru v atmosféře měsíce Ganymed

František Martinek



Vodní pára v atmosféře měsíce Ganymedes

Jupiterův ledový satelit Ganymed je největším měsícem ve Sluneční soustavě. Vodní led na jeho povrchu je zmrazený v důsledku nízkých teplot až na  $-185$  stupňů Celsia. Déšť nabitých částic ze Slunce (sluneční vítr) dostačuje k tomu, že kolem pravého pólu na Ganymedu se led změní ve vodní páru. Důkazy o existenci slabé atmosféry tohoto měsíce tvořené vodní parou získali výzkumníci planet díky

spektrům s vysokou citlivostí získaných pomocí Hubbleova vesmírného teleskopu (HST).

V roce 1998 spektrograf **STIS** na palubě Hubbleova teleskopu pořídil první ultrafialový snímek Ganymeda, který odhalil zvláštní struktury v pozorovaných emisích v atmosféře měsíce. Ganymed se chlubí aurorálními pásy, které se poněkud podobají aurorálním oválům pozorovaným na Zemi a dalších planetách s magnetickým polem. Tento snímek byl tudíž názorným důkazem, že měsíc má také permanentní magnetické pole.

Podobnosti mezi dvěma pozorováními v ultrafialovém oboru byly vysvětleny přítomností molekul kyslíku. Odlišnosti byly tenkrát připsány na vrub přítomnosti atomů kyslíku vytvářejících signál, který ovlivňuje jednu část UV záření více než ostatní.

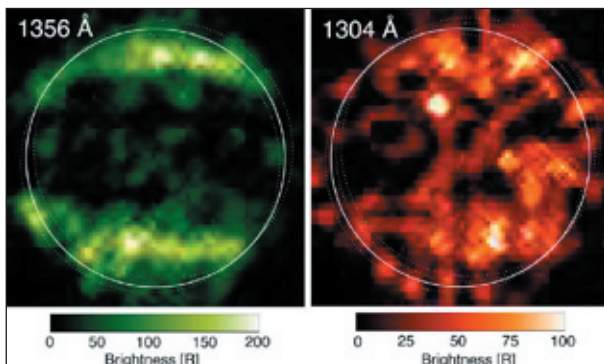
„*Atmosféra Ganymedu je tvořena nabitými částicemi, které vznikají rozprášením a sublimací z jeho ledového povrchu,*“ říká Lorenz Roth, vědecký pracovník na KTH Royal Institute of Technology. „*Dřívější pozorování emise kyslíku v dalekém UV záření potvrdily existenci rozprášených molekul kyslíku jako součásti atmosféry, avšak očekávaná sublimovaná vodní složka zůstala neodhalená.*“

V nových výzkumech Lorenz Roth se svými spolupracovníky uskutečnil kombinované analýzy nových spekter pořízených v roce 2018 pomocí spektrografu **COS** (*Cosmic Origins Spectrograph*) na palubě HST a archivních snímků z kamery STIS pořízených v letech 1998 a 2010. K jejich překvapení a na rozdíl od původních interpretací dat z roku 1998 zjistili, že bylo nesnadné detekovat jednotlivé atomy kyslíku v atmosféře měsíce Ganymed. To znamená, že zde musí být ještě jiné vysvětlení pro zdánlivé rozdíly mezi snímky polární záře v oboru UV záření.

K objasnění pomohlo autorům studie to, že měli možnost porovnat relativní rozložení polární záře na dvou fotografiích. Teplota na povrchu měsíce Ganymed se silně liší místo od místa. Během dne a kolem poledne může být v blízkosti rovníku dostatečně vysoká, aby ledový povrch uvolnil určité malé množství molekul vody. Ve skutečnosti vnímané rozdíly mezi snímky v oboru ultrafialového záření jsou přímo v korelaci s tím, kde by přítomnost vody byla v atmosféře měsíce očekávaná.

„Zpočátku byl pozorován pouze molekulární kyslík. Ten je vytvářen tak, že nabitě částice erodují ledový povrch měsíce,“ říká Lorenz Roth. „Vodní pára, jejíž přítomnost byla nyní změřena, má původ v sublimaci ledu způsobené tepelným únikem vodní páry z teplejších regionů pokrytých ledem.“

Výsledky byly publikovány v časopise **Nature Astronomy**.



První snímky Ganymeda v oboru UV záření na různé vlnové délce, které odhalily zvláštní struktury v emisi atmosféry

## Opavští fyzikové objevili superhmotnou černou díru

Debora Lančová

Černé díry patří mezi nejznámější a zároveň nejméně prostudované objekty ve vesmíru. Jejich existence již byla prokázána, ale jejich skutečná podstata je stále předmětem bádání. Fyzikální ústav v Opavě patří mezi světovou špičku ve výzkumu právě (a nejen) těchto exotických kosmických objektů, přičemž fyzikové se o černých dírách snaží co nejvíce dozvědět ze sledování objektů, které černé díry ovlivňují. Tým pod vedením prof. Abramowicze přišel s nápadem, jak černé díry – které samy vidět nejsou – zvážit pomocí specifického záření uvolněného v jejich okolí. Díky tomu určili hmotnost jedné z doposud nejtěžších pozorovaných černých děr ve vesmíru.

### Pozorování neviditelného

Černé díry jsou mimořádně hmotnými kosmickými objekty, které vznikají zhroucením hvězdného materiálu do malého a nesmírně hustého tělesa. Díky tomu na své okolí pů-

sobí tak silným gravitačním polem, že dokáží výrazně ohýbat i světlo a ve své těsné blízkosti dokonce částice světla – fotony – docela uvěznit. Z toho důvodu je přímé pozorování černých děr zcela nemožné a astrofyzikové se k určení vlastností dané černé díry musejí zaměřit na chování materiálu v jejím okolí. Interakce černých děr s tímto materiálem se projevuje velmi specifickým rentgenovým zářením a fyzikové nyní přišli na to, jak je možné z jeho vlastností odhadnout hmotnost černé díry.

### **Neznámý děj, známé výsledky**

Pozorováním záření z materiálu nedaleko černých děr se podařilo objevit velice zajímavý jev: přesnou periodicitu „dávek“ rentgenového záření. Periodicita je to přitom doslova kosmicky rychlá – v řádu desítek až stovek hertzů. Pro lepší pochopení: Představme si, že by toto záření vysílal nějaký otáčející se maják. V takovém případě by se musel za jednu sekundu otočit stokrát. Astrofyzikové porovnali pozorování tohoto jevu u několika lokalizovaných černých děr v naší Galaxii a zjistili, že děj způsobující změnu „dávek“ rentgenového záření probíhá velmi blízko černé díry, v oblastech s velmi silným gravitačním polem. Měření těchto dávek pak lze zjistit vlastnosti samotných děr. Samotná příčina periodických rentgenových záblesků v blízkosti černých děr však zatím zůstává záhadou.

### **Měření těch nejhmotnějších**

Na základě pozorování tohoto zajímavého jevu se tým vědců pod vedením prof. Marka Abramovicze, pracovníka Fyzikálního ústavu v Opavě, pokusil naměřit hodnoty periodických změn rentgenového záření v okolí výrazně hmotnějších černých děr – těch, co se nachází v centrech velkých galaxií. U těchto černých děr byla frekvence výrazně nižší – řádově v jednotkách minut až hodin. Vědci z pozorování tohoto jevu u různých černých děr navrhli způsob, jak určit jejich hmotnosti.

### **Superhmotná černá díra o hmotnosti miliard Slunci**

Astrofyzikové touto metodou odhadli hmotnosti hned několika černých děr, přičemž obvykle se hodnoty pohybovaly od statisíců do milionů slunečních hmotností. Analýze jedné černé díry s téměř nezapamatovatelně dlouhým názvem se věnovala i studentka Fyzikálního ústavu v Opavě Mgr. Kateřina Klimovičová (dříve Goluchová) a dospěla k unikátnímu zjištění: *„Změřili jsme frekvenci změny rentgenového záření u aktivního galaktického jádra s nevábným názvem XMMU J134736.6+173403 v souhvězdí Pastýře a byli jsme opravdu překvapeni. Odhad hmotnosti, jehož nepřesnost je dána neznámou vzdáleností pozorovaných rentgenových dávek od černé díry, se pohybuje někde mezi 10 miliony až 1 miliardou hmotností Slunce!“*

### **Podpoření Grantovou Agenturou České republiky**

**Dalšími zajímavými objekty v hledáčku opavských fyziků jsou tzv. mikrokvazary, tedy černé díry v centrech malých galaxií. Je známo, že z těchto typů exotických objektů unikají při doposud nepochopených jevech nepravidelné dávky vysokoenergetického záření. „V uplynulých letech jsme již přispěli k řešení tohoto důležitého otevřeného astronomického problému. Spočítali a ověřili jsme, že za ním stojí mnoho jevů, které se odehrávají**



*v okolí těchto černých děr, v tzv. akrečních discích. Tedy v prstencích horké hmoty rotující okolo černých děr. Ostatně to, že nějakou černou díru pozorujeme, je umožněno jen díky její interakci s hmotou okolo. Akreční disky jednak samy září, zároveň odráží světlo a chovají se podle nám zatím ne úplně vyjasněných pravidel. Rychlost rotace těchto disků je v některých místech blízká rychlosti světla a nutně zvažujeme i velmi silné tzv. relativistické jevy podobné těm slabším, které jsou známy už více jak 100 let, jako je například stáčení perihelia planety Merkur. Mnohé zatím zůstává nevysvětleno – zejména periodické změny záření těchto disků. A na to se dále chceme zaměřit,*“ popisuje doc. Gabriel Török, vedoucí projektu.

Výsledky projektu byly vloni uznány za vynikající v Grantové agentuře České republiky (GA ČR). Ve spolupráci s vědci z Astronomického ústavu Akademie věd se opavští fyzikové v rámci nově schváleného projektu soutěže excelence v základním výzkumu EXPRO v letošním roce vrhají vsříc hledání dalších odpovědí na zatím otevřené otázky týkající se objektů, které jsou většinou z nás známé doposud jen z oblasti science fiction. Je ale možné, že za nejnovější zajímavosti o černých děrách a podobných objektech v nejbližších dokumentárních sériích či popularizačních článcích budeme opět vděčit neutuchající invenci vědců z Fyzikálního ústavu v Opavě.

## **v Gem: hierarchická trojhvězda s hvězdou se závojem**

*Michal Švanda*

Až velmi bohatý pozorovací materiál pořízený různými nejmodernějšími technikami měření v oboru stelární astronomie umožnil rozklíčovat podstatu proměnné hvězdy v Geminorum. Petr Hadrava a Mauricio Cabezas z ASU byli členy rozsáhlého mezinárodního týmu, který odhalil, že tato hvězda je ve skutečnosti hierarchickou trojhvězdou, kde vnější složkou je tzv. Be hvězda.

Špička hlavní posloupnosti hvězd Hertzsprungova-Russelova (H-R) diagramu v oblasti tzv. raných spektrálních typů, tedy hvězdy typu O až A, v sobě obsahuje hvězdy, s nimiž se pojí velmi zajímavé fyzikální jevy. Tyto masivní horké hvězdy jsou častými předchůdci supernov typu II, v H-R diagramu tudy také prochází pruh pulsační nestability. Na chladnějším konci této oblasti nalezneme hvězdy se zvláštním chemickým složením.

Navíc sem patří také hvězdy postižené tzv. Be jevem, tedy hvězdy, v jejichž spektru se vyskytují emisní čáry, které mají původ v okolohvězdné obálce. Jev Be je jednou ze zvláštností hvězdné ZOO, který stále není zcela uspokojivě vysvětlen. V literatuře je asi nejvíce přijímán model, podle něhož pocházejí emisní čáry z disku, který obklopuje rychle rotující horkou hvězdu. Rychlá rotace je zřejmě jednou z podmínek pro vznik disku. Současná představa totiž naznačuje, že látka v disku je doplňována z povrchu rychle rotující hvězdy při epizodických výronech. Tyto výrony mohou být vyvolány například pulsacemi, jak naznačuje jeden z modelů, a protože hvězdy rotují rychlostí blízkou kritické, postačí jen malý impuls, aby v oblasti rovníku chuchvalec látky z hvězdy získal větší než únikovou rychlost. Látka však neuniká volně do prostoru, ale kupí se v rovníkové rovině a vytváří rozsáhlý plynný disk. Ten musí být neustále doplňován dalšími výrony, neboť samovolná životnost takového disku se počítá na měsíce.



© CHARA

*Letecký pohled na jednotlivé 1m dalekohledy (v kroužkách) interferometru CHARA na vrcholku Mt. Wilson nad Los Angeles. Údaje z tohoto interferometru byly důležité pro odhalení podstaty proměnné hvězdy v Gem.*

V hypotéze zůstává jeden velký otazník: jak je možné, že se tyto hvězdy otáčejí tak rychle? Z provedených přehledových pozorování se zdá, že Be hvězdy nenacházíme příliš často ve dvojici s jinou hvězdou na hlavní posloupnosti. Horké hvězdy jsou ale

obecně osamoceny jen výjimečně. Je tedy možné, že v původní dvojhvězdě se druhá složka vyvíjela rychleji, při vzájemném přenosu hmoty předala souputnici výrazné množství momentu hybnosti, čímž ji roztočila, a následně se vyvinula do degenerovaného stavu, v němž je jen obtížně odhalitelná. V úvahu přicházejí i vícehvězdné interakce.

Pro lepší pochopení těchto jevů je výhodné studovat Be hvězdy ve vícenásobných systémech, což nám umožňuje „na dálku“ velmi přesně určit fyzikální parametry těchto hvězd. v Geminoru je vhodnou příležitostí. První známky vícenásobnosti této hvězdy pocházejí z počátku 20. století, kdy bylo objeveno, že jasnost této hvězdy, nacházející se 540 světelných let od nás v souhvězdí Blíženců, se mění s periodou okolo 9,6 let. Pozorovatelé už tenkrát poukazovali na velmi komplexní změny vzhledu spektrálních čar. Složky této dvojhvězdy jsou příliš blízko u sebe, aby bylo možné je rozlišit dalekohledy. Odlišit od sebe dvě hlavní komponenty bylo možné až prostřednictvím interferometrie. Prací, které se v Gem zabývaly, nalezneme v literatuře celou řádku. Na sklonku 20. století bylo jasné, že jedna z hvězd systému nese neklamné známky Be jevu, na vysvětlení komplexní proměnnosti tvaru spektrálních čar to ale nestačilo. Až teprve před 15 lety se objevila informace, že dostupná pozorování by bylo možné vysvětlit lépe, kdyby Be hvězda obíhala nejen jednu horkou hvězdu, ale hned jejich nerozlišený pár. Trvalo to ještě pěknou řádku let, než se podařilo sesbírat pozorovací materiál, s jehož pomocí se týmu astronomů, mezi nimi i pracovníkům pražské části ASU, podařilo tuto hypotézu prokázat.

Zkombinovat a uvážit se toho muselo opravdu hodně. Jednak byla k dispozici interferometrická pozorování. A to jak metodou skvrnkové interferometrie, při níž jsou pořizovány sekvence velmi krátkých expozičních a jejich chytrým složením lze velmi účinně potlačit vliv zemské atmosféry, která jinak limituje prostorové rozlišení. Skvrnkovou interferometrií se podařilo při několika příležitostech rozlišit hlavní složky A (horká hvězda) a B (hvězda s Be jevem) a získat tak geometrický pohled na zdánlivou dráhu těchto složek. Dále byla použita i interferometrie s dlouhou základnou, při níž se kombinuje dohromady světlo z více dalekohledů a získá se tak úhlové rozlišení, jaké by poskytoval dalekohled o průměru srovnatelném se vzájem-

nou vzdáleností dalekohledů. Tato pozorování byla pořízena pomocí interferometru CHARA v Kalifornii, na němž teď pracuje bývalý diplomant Petra Hadravy Robert Klement, který je současně hlavním autorem představovaného článku. Optická interferometrie na dlouhé základně umožnila zobrazit nejen složky A a B, ale i zcela prokazatelně rozlišit složku A na dvě komponenty s označením Aa a Ab. Pro dráhové řešení autoři využili spektroskopická měření, jejichž těžiště bylo pořízeno 2metrovým Perkovým dalekohledem v Ondřejově, a dále pak v ESO a dalších světových observatořích. Autoři využili i archivní pozorování z nejrůznějších zdrojů shromážděné v databázi BeSS. K dispozici měli i polarimetrická pozorování z přístroje HPOL, jejichž časová řada významně přispěla k závěru, že orientace disku okolo složky B je dlouhodobě stabiilní.

Klíčem k úspěšné klasifikaci jednotlivých hvězd a výpočtu orbitálního řešení trojhvězdy bylo použití metody rozmatávání spekter. Program KOREL vyvinutý Petrem Hadravou slouží k oddělení spekter jednotlivých složek z časové sekvence pozorovaných spekter celé soustavy a k současnému určení parametrů oběžné dráhy. Pro časové okamžiky odpovídající pořizovaným spektrům je možné také stanovit radiální rychlosti jednotlivých složek.

K lepšímu popisu oběžných drah jednotlivých složek trojhvězdy bylo použito současné řešení křivky radiálních rychlostí a vizuálních orbit získaných z interferometrie pomocí dalšího Hadravova programu FOTEL. Každá z pozorovacích řad je citlivá na jiné parametry oběžných drah a jejich kombinace tak umožňuje získat smysluplné řešení, které vyhovuje všem těmto pozorováním. Při modelování datových řad se jen málokdy podaří získat jednoznačné řešení, obvykle je těch „dobrých“ hned několik a na první pohled není zřejmé, které z nich je „lepší“. Nejinak tomu bylo i v případě v Gem. Na základě vlastností těchto řešení z nich autoři podle své zkušenosti vybrali jedno, které považují za reprezentativní, nejlépe vyhovující fyzikálním předpokladům.

Podle tohoto řešení je pak v Gem trojhvězdou složenou z trojice hvězd s téměř identickými hmotnostmi 3,3 hmotnosti Slunce. Dvě z těchto hvězd vytvářejí dvojhvězdu A, ty se vzájemně obíhají po téměř kruhových dráhách s periodou 53,8 dne. Jedna z dvojice hvězd je méně jasná, ta se současně projevuje širšími spektrálními čarami než její kolegyně. Vzhledem k tomu, že by mělo jít o hvězdy stejné hmotnosti, věku i chemického složení, není jasné, proč jedna z nich má asi poloviční jasnost. Je možné, že v této hádance bude hrát roli odlišná rotační rychlost těchto hvězd.

Dvojhvězda A je pak z větší vzdálenosti doprovázena složkou B, která je hvězdou obklopenou plynným diskem. Be hvězda oběhne dvojhvězdu A jednou za 19,1 roků po výstředné dráze. Obě oběžné roviny jsou si velmi blízké, s vysokou pravděpodobností je jim blízká i rovina plynného disku kolem složky B. Vzhledem k celkovému zarovnání systému je nepravděpodobné, že by byla složka B zachycena dvojhvězdou. Otázkou tedy zůstává, jak složka B přišla ke svému velmi vysokému rotačnímu momentu hybnosti. Nelze vyloučit, že i B je ve skutečnosti dvojhvězdou, kdy průvodcem by mohl být velmi malý a slabý bílý trpaslík coby pozůstatek rychleji se vyvíjející složky, který stále uniká spatření. A pozornosti by nemělo ani uniknout, že všechny tři známé hvězdy v trojhvězdě mají téměř identické hmotnosti. I tato situace je mezi známými systémy značně neobvyklá a zasloužila by si vysvětlení. Pravděpodobně tyto otevřené otázky, nejasnosti a podivnosti v systému v Gem časem povedou k rozluštění tajemství původu této podivné trojhvězdy.

## Objeven nejmenší a zároveň nejtěžší známý bílý trpaslík

František Martinek



Na ilustraci je ztvárněn bílý trpaslík ZTF J1901+1458 a ve stejném měřítku Měsíc

Nově objevený bílý trpaslík pojmenovaný ZTF J190132.9+145808.7 (zkráceně ZTF J1901+1458) má hmotnost 1,35 hmotnosti Slunce a průměr 4 280 kilometrů. Je tedy jen nepatrně větší než Měsíc. ZTF J1901+1458 je od naší planety vzdálen přibližně 130 světelných roků a jeho poloha se promítá do souhvězdí Orla. Bílý trpaslík je starý zhruba 100 miliónů roků a má extrémně silné magnetické pole, téměř miliardkrát silnější než magnetické pole Slunce. Kolem vlastní osy se otočí jednou za 6,94 minuty – což je mimořádně krátká doba, protože typické rotační periody těchto objektů se pohybují v hodinách.

„ZTF J1901+1458 je velmi hustý, jeho hmotnost 1,35 Sluncí je natěsnána do tělesa přibližně velikosti Měsíce,“ říká Illaria Caiazzo, astronomka na Division of Physics, Mathematics and Astronomy

at Caltech. „To se může zdát nelogické, avšak menší bílí trpaslíci mohou být hmotnější.“

„Je to z toho důvodu, že bílí trpaslíci postrádají jaderné palivo, které udržuje normální hvězdy v rovnováze proti vlastní gravitaci a jejich velikost je místo toho regulována kvantovou mechanikou.“

Bílý trpaslík ZTF J1901+1458 byl objeven v rámci programu *Zwicky Transient Facility* (ZTF), který má své sídlo na Caltech's Palomar Observatory.

„Nikdo nebyl doposud schopn systematicky zkoumat krátkodobé astronomické jevy v tomto měřítku. Výsledky tohoto úsilí jsou senzační,“ říká Kevin Burdge, postgraduální vědecký pracovník na Division of Physics, Mathematics and Astronomy at Caltech.

Astronomové následně určili vlastnosti bílého trpaslíka ZTF J1901+1458 na základě dat z vesmírných i pozemních teleskopů. Silné magnetické pole společně se sedmiminutovou rotační periodou signalizuje, že objekt je výsledkem **splynutí dvou malých bílých trpaslíků** v jedno těleso.

„Mnoho hvězd obíhá jedna kolem druhé v binárních systémech. Společně tak zestárnou a jestliže obě mají hmotnosti menší než 8 hmotností Slunce, obě dospějí do stadia bílého trpaslíka,“ dodávají astronomové. „Nový objev poskytuje příklad, co může nastat po této fázi.“ Dvojice bílých trpaslíků, která se po spirále blíží k sobě, ztrácí energii v podobě gravitačních vln a nakonec splyne v jeden objekt.

Jestliže jsou umírající hvězdy dostatečně hmotné, explodují v podobě tzv. supernov typu Ia. Avšak pokud je jejich hmotnost nižší pod určitou hranici, spojí se dohromady a vytvoří nového bílého trpaslíka, který je těžší než kterákoliv z původních hvězd. Tento proces splynutí zesiluje magnetické pole této hvězdy a rychlost její rotace v porovnání s jejími předchůdci.

Bílý trpaslík ZTF J1901+1458 nabral druhý směr vývoje; jeho předchůdci splynuli a vytvořili bílého trpaslíka 1,35krát hmotnějšího než Slunce.

Objev byl publikován v časopise **Nature**.