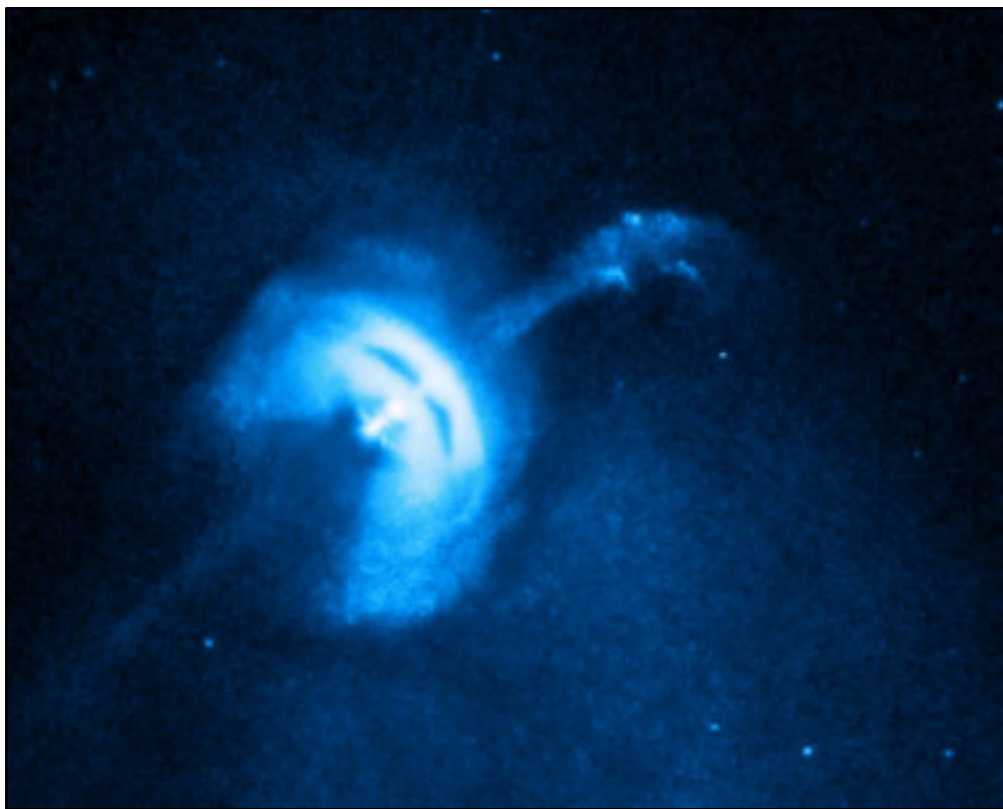


Číslo 1/2025
Ročník 63



KOSMICKÉ ROZHLEDY

VĚSTNÍK ČESKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI



www.astro.cz

Samostatně neprodejná příloha časopisu Astropis

Obsah

Cena Littera Astronomica za rok 2024 pro manžele Bečvářovy	3
Na neutronových hvězdách mohou vznikat polární záře	5
Vzorky z planety Bennu obsahují ingredience života	6
Voda na Měsíci v místech přistání misí Artemis	8
Zběsilý tanec obřích exoplanet	10
Supernovy v cirkumjaderném disku a aktivita jádra Galaxie	11

V období března až května 2025 slaví významná životní jubilea tito členové ČAS:

- 50 Ing. Martin Dostál, Praha
Ing. Vojtěch Habarta, Dobřichovice
Mgr. Radek Kraus, Hustopeče nad Bečvou
- 55 RNDr. Karel Malý Ph.D., Žďár n. Sázavou
Jan Florian, Praha
Ing. Kamila Janků, Ostrava
Ing. René Sláchal, Praha
Rastislav Korený, Praha
Bc. Patricie Baroňová, Čelákovice
- 60 Pavel Klásek, Jeseník
Jaroslav Svatek, Mělník
Zuzana Koželoužková, Plzeň
Ing. Jana Tichá, České Budějovice
Ing. Stanislav Boula, Nučice
Ing. Igor Bartůšek, Brno
Ing. Roman Ehrenberger, Křetín
- 65 Ing. Jaroslav Gabrovský, Praha
Ing. Jaroslav Matys, Praha
Ing. Jan Málek, Příbyslav
- 70 Karel Halíř, Rokycany
Radim Šitavanc, Hlučín
Ing. Jaroslav Švejda, Byšice
Prof. RNDr. Svatopluk Civiš CSc., Kutná Hora

Na obálce: Snímek okolí neutronové hvězdy známé jako *Vela Pulsar* pořízený rentgenovou observatoří *Chandra* v roce 2010 ukazuje na struktury, které fyzikové z *Opavy analytický odvodili ve své vědecké práci. Autor: NASA.*

KOSMICKÉ ROZHLEDY

Věstník České
astronomické společnosti

Ročník **63**

Číslo **1/2025**

Vydává

Česká astronomická
společnost
IČO 00444537

Redakční rada

Petr Sobotka
Petr Heinzl
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

Cena Littera Astronomica za rok 2024 pro manžele Bečvářovy

Pavel Suchan, Štěpán Kovář

Česká astronomická společnost ocenila cenou *Littera Astronomica* za rok 2024 společně prof. RNDr. Martinu Bečvářovou, Ph.D. a doc. RNDr. Jindřicha Bečváře, CSc. za mimořádný knižní počín pětidílné monografie Premonstráti z Plzně vydané nakladatelstvím ČVUT v Praze s podporou Grantové agentury ČR v březnu 2024. Slavnostní předání ceny proběhlo v pátek 11. října 2024 v 17:00 na 34. Podzimním knižním veletrhu v Kulturním domě Ostrov v Havlíčkově Brodě. Po předání ceny manželé Bečvářovi přednesli laureátskou přednášku. Cenu převzali z rukou spisovatelky a ředitelky 34. Podzimního knižního veletrhu v Havlíčkově Brodě PhDr. Markéty

Hejkalové a místopředsedy České astronomické společnosti Pavla Suchana.

Publikace popisuje a analyzuje zásadní a dosud nedoceněný přínos osvícených, mimořádně schopných a vzdělaných profesorů plzeňského Filozofického ústavu a gymnázia: Josefa Vojtěcha Sedláčka a Josefa Františka Smetany. Druhý jmenovaný, bratranec Bedřicha Smetany, je totiž autorem mnoha výrazů v českém vědeckém názvosloví z oblasti astronomie, které používáme dodnes.

Monografie podrobuje pečlivému zkoumání jejich odborné práce, snahy o modernizaci výuky, zahájení výuky v českém jazyce a jejich úsilí směřující k sepsání českých učebnic matematiky, fyziky, astronomie a světové historie, také tvorbu české odborné terminologie, jejich vzdělávací, osvětové, kulturní a obrozenecké aktivity, a to vše v širokých historických souvislostech. Zvláštní pozornost zaměřuje na vývoj jejich názorů na politické, celospolečenské a kulturní dění a na jejich literární a uměleckou tvorbu. Výzkum, o který se publikace opírá, přinesl originální poznatky dokreslující vývoj české matematiky a její výuky ve středoevropském kontextu.

Nová publikace o opomíjených plzeňských buditelích a jejich vlivu na rozvoj českého školství, vědy a vzdě-

V období března až května 2025 slaví významná životní jubilea tito členové ČAS: (pokračování)

- 75 Doc. RNDr. Alena Šolcová Ph.D., Praha
Jiří Blažek, Dýšina
- 76 Doc. RNDr. Martin Šolc CSc., Praha
- 77 doc. RNDr. Bohumír Štědroň CSc., Praha
Ing. Antonín Dvořák, Brno
Vladimír Bahýl, Zvolenská Slatina
Ing. Josef Boldiš, Brno
Ing. Vojtěch Miler, Chropyně
- 78 Vojtěch Sedláček, Roztoky
Ing. Petr Maloň CSc., Praha
Prof. RNDr. Zdeněk Mikulášek CSc., Brno
RNDr. Jan May CSc., Praha
- 79 Ing. Antonín Čapek, Praha
Ing. Karel Ženíšek, Jihlava
Ing. Robert Číhal CSc., Brno
RNDr. Jiří Prudký, Prostějov
- 80 RNDr. Blažena Švandová Ph.D., Brno
RNDr. Lubor Lejček DrSc., Praha
Doc. Ing. Vladimír Daněk CSc., Brno
Miroslav Hradil, Brno
- 81 Ing. Jiří Veselý, Sloupnice
Prof. RNDr. Jan Novotný CSc., Brno
- 82 Ing. Jaromír Jedlička, Praha
RNDr. Antonín Vrba CSc., Praha
František Plášil, Praha
- 83 Jiří Jakeš, Praha
- 85 Jiří Drbohlav, Rtyně v Podkrkonoší
- 86 Mgr. Josef Zahrádka, Mladá Boleslav
- 89 RNDr. Jiří Grygar CSc., Praha
Ing. Jan Kolář CSc., Praha

ČAS přeje jubilantům vše nejlepší!



Herec Petr Kostka a manželé Bečvářovi na slavnostním křtu monografie

centrum české matematiky a přírodních věd v první polovině 19. století nebylo v Praze, jak se mylně traduje, ale bylo v Plzni právě zásluhou několika premonstrátských profesorů,“ říká spoluautor díla Jindřich Bečvář a dodává: „Je udivující, kolik námahy a času někteří pedagogové věnovali nejen výuce a odbornému působení, ale též mimoškolní práci, budování nižších škol, opatroven a veřejných knihoven, osvětovým i kulturním aktivitám a obrození českého národa, jazyka a kultury.“ Prof. Martina Bečvářová se o plzeňských buditelích, jejichž život a práci studovali, vyjadřuje s velkou úctou: „Obdivovali jsme, jak značné prostředky dávali tepelští premonstráti na rozkvět vědy, vzdělanosti a umění. Již před více než dvěma sty lety jim bylo jasné, že dobře prosperující společnost potřebuje kvalitní školství a to zase vyžaduje dostatek financí a promyšlený výběr vynikajících a dobře zabezpečených učitelů, kteří jsou po všech stránkách výjimečnými osobnostmi.“

Oba autoři jsou respektovanými vědeckými kapacitami svých oborů a předloženou monografií Premonstráti z Plzně o rozsahu více než 1500 stran nám přístupnou formou zprostředkovali výsledky jejich pětiletého badatelského úsilí a jednu z významných kapitol české astronomie a vědy vůbec. Ocenění Littera Astronomica za rok 2024 patří právě jim.

Doc. RNDr. Jindřich Bečvář, CSc. (*1947 Praha)

Po absolvování Matematicko fyzikální fakulty v roce 1970 zde nastoupil na pozici odborného asistenta. V roce 1980 mu byla žádost o habilitaci odmítnuta z důvodu „malé společensko-politické angažovanosti“, habilitační řízení pak proběhlo o 8 let později, kdy byl jmenován docentem. Od roku 1988 do roku 2005 vedl Oddělení historie matematiky Matematického ústavu Univerzity Karlovy na MFF UK a následně v letech 2005–2013 pak zastával vedoucí pozici Katedry didaktiky matematiky MFF UK. Na Matematicko fyzikální fakultě UK pak působil do roku 2021, kdy přešel jako vědecký pracovník na Fakultu dopravní ČVUT v Praze, kde působí dodnes.

Prof. RNDr. Martina Bečvářová, Ph.D. (*1971 Pardubice)

Prof. M. Bečvářová působí na Katedře aplikované matematiky Fakulty dopravní ČVUT v Praze, kde se především zabývá historií matematiky, zejména pak v jejím zájmu stojí lineární algebra,

česká matematika a matematika na našem území v 19. století. Je autorkou či spoluautorkou 25 monografií a autorkou 39 kapitol v různých monografiích. Je řešitelkou nebo spoluřešitelkou více jak deseti vědeckých grantů (Grantová agentura České republiky, Fond rozvoje vysokých škol) a z titulu svého působení na fakultě se mimo jiné věnuje velmi důležité oblasti: výchově nových vědeckých pracovníků. V letech 2017–2021 byla členkou hodnotícího panelu P409 Grantové agentury České republiky.



Neutronová hvězda s výskytem polárních září

Na neutronových hvězdách mohou vznikat polární záře

Debora Lančová

O tom, že polární záře mohou vznikat hned na několika planetách ve Sluneční soustavě i jinde ve vesmíru, vědci už několik desítek let vědí. Nová studie opavských fyziků však ukazuje, že polární záře mohou vznikat i nad pozůstatky hmotných hvězd, nad tzv. neutronovými hvězdami. Zároveň tak potvrzují dřívější pozorování, která učinila NASA pomocí rentgenové observatoře **Chandra**.

Polární záře u planet

Polární záře je jev, který vzniká interakcí nabitých částic z vesmíru s molekulami a atomy obsaženými v atmosféře dané planety. Na pólech se vyskytuje proto, že magnetická pole planet navádějí nabitě částice právě k těmto zónám. Obvykle k jevu dochází ve vrchních vrstvách atmosféry dané planety a projevuje se zářením typickým pro konkrétní prvky, které se v atmosféře nacházejí a s nabitými částicemi interagují. Ve Sluneční soustavě se s polárními zářemi setkáváme prakticky u všech planet kromě Merkuru a u Venuše, kde je výskyt polární záře doposud nejistý. Předpokládá se, že polární záře se mohou objevit u všech planet s atmosférami a magnetickým polem kdekoliv ve vesmíru. Že by se ale mohly vyskytovat i u některých typů hvězd, se zatím nepředpokládalo, neboť hvězdy jsou zdrojem nabitých částic, které polární záře způsobují, nikoliv je-jich příjemcem.

Zajímavý kandidát: neutronová hvězda

Opavští fyzikové během svého teoretického výzkumu došli ke zjištění, že polární záře by se mohly vyskytovat také nad neutronovými hvězdami. Jedná se o velmi hmotné a extrémně malé hvězdné objekty. Neutronové hvězdy patří k nejextrémnějším objektům ve vesmíru, jde o zbytky vyhořelých těžkých hvězd s hmotou srovnatelnou se Sluncem stlačenou do rozměrů menšího města.

„Vlastní gravitace stlačí po vyhasnutí termonukleárních reakcí jádro hvězdy do obřích hustot – to se stává neutronovou hvězdou, tvořenou tzv. degenerovaným neutronovým plynem,“ popisuje prof. Zdeněk Stuchlík z Fyzikálního ústavu v Opavě s tím, že název „neutronové“ dává

těmto objektům skutečnost, že při extrémních hustotách jsou elektrony „vtlačeny“ do protonů jež se tak změní na neutrony. „*Neutronová hvězda je tedy gigantické atomové jádro, které si zachovává mimořádně silné magnetické pole. Jde vlastně o ‚zamrzlý‘ pozůstatek po hmotné hvězdě, jehož magnetické pole může být nesmírně silné a má povahu magnetického dipólu. V nové práci jsme ukázali, že v případě částic, na něž působí magnetické pole odstředivě, mohou díky jemné bilanci s gravitačními a setrvačnými silami existovat stabilní kruhové dráhy i mimo rovinu symetrie magnetického pole. V blízkosti magnetického pólu se tyto kruhové orbity mohou neomezeně blížit samotnému povrchu neutronové hvězdy, přičemž v extrémně silném magnetickém poli budou intenzivně zářit,*“ dodává Stuchlík.

Podobné jako u planet

Princip vzniku polárních září nad neutronovými hvězdami je podobný jako v atmosférách planet. „*Magnetická pole neutronových hvězd mohou být až miliardkrát silnější než okolo Země a velmi silně ovlivňují pohyb nabitých částic v jejich okolí. Tyto částice podléhají složitěmu působení magnetického pole, gravitace, a dokonce i zpětné reakci záření, kterou produkují během svého pohybu. Neutronové hvězdy jsou zároveň obklopeny velmi tenkými atmosférami těsně nad jejich povrchem, které s těmito nabitými částicemi interagují podobně jako v atmosférách planet,*“ říká dr. Jaroslav Vrba, spoluautor vědecké práce.

„Je již dlouhou dobu známo, že částice v magnetosféře neutronových hvězd jsou magnetickými silami směřovány k magnetickým pólům hvězd, přičemž intenzivně září, my jsme ale ukázali, že nemusí jít jen o pohyb z roviny symetrie k magnetickému pólu, nýbrž rovněž o pohyb podél kruhových orbit a v jejich okolí,“ osvětluje Dr. Arman Tursunov, další z autorů vědecké studie. Jeho kolega dr. Martin Kološ k celé problematice dodává: „*V naší práci jsme analyticky odvodili struktury, ve kterých se částice mohou pohybovat na částečně stabilních drahách, které připomínají zóny z okolí Země známé jako Van Allenovy pásy. Tato odvození korespondují například s pozorováním neutronové hvězdy známé jako Vela Pulsar, učiněné NASA pomocí Rentgenové observatoře Chandra v roce 2010.*“

Magnetická pole klíčem k bezpečnosti

Zemské magnetické pole chrání pozemšťany před nebezpečným kosmickým zářením a polární záře jsou vlastně jen viditelným důsledkem této ochrany – nebezpečné záření se totiž vybijí vysoko v atmosféře a k povrchu Země se tak prakticky nedostane. Van Allenovy pásy obklopující naši planetu způsobují problémy zejména naším sondám a kosmickým misím, které se kvůli tomu musí dopředu plánovat tak, aby těmito pásy neprolétávaly. „*Efekty, které pozorujeme v magnetosféře Země, pomáhají vědcům pochopit tyto extrémní jevy v okolí neutronových hvězd, kde síly dosahují nesrovnatelně větších hodnot a intenzity. A samozřejmě naopak – studium pohybů částic v okolí neutronových hvězd nám pomáhají i lépe pochopit některé jevy v magnetosféře naší planety,*“ uzavírá dr. Jaroslav Vrba.

Vzorky z planety Benu obsahují ingredience života

Martin Gembeč

NASA oznámila, že vzorek odebraný z asteroidu Benu prostřednictvím mise **OSIRIS-REx** obsahuje směs organických molekul, které jsou základními stavebními kameny života na Zemi. Tento objev poskytuje cenné informace o původu života a vývoji naší Sluneční soustavy.

Mise *OSIRIS-REx* (*Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification and Security-Regolith Explorer*) byla zahájena v roce 2016 s cílem prozkoumat planetku Bennu a dopravit na Zemi vzorky z jeho povrchu. V říjnu 2020 sonda úspěšně odebrala vzorek z povrchu a v září 2023 přistávací pouzdro úspěšně dosedlo zpět na Zemi. Vědci nyní pokračují v podrobných analýzách těchto vzorků, aby lépe porozuměli procesům, které vedly k formování Sluneční soustavy a vzniku života.

Analýza vzorků odhalila přítomnost organických sloučenin, včetně

aminokyselin, které jsou nezbytné pro vznik života. Dále byly identifikovány minerály obsahující vodu, což naznačuje, že Bennu mohl mít v minulosti kontakt s vodou. Tyto nálezy podporují teorii, že asteroidy mohly přispět k dodání základních ingrediencí pro vznik života na Zemi.

Tento objev je významným krokem vpřed v našem chápání toho, jak se základní stavební kameny života mohly dostat na naši planetu, a poskytuje nové poznatky o roli planetek v tomto procesu. Je třeba zdůraznit, že zjištěné údaje zatím pouze naznačují, že podmínky nezbytné pro vznik života byly v rané Sluneční soustavě běžné, což zvyšuje pravděpodobnost, že se život mohl vytvořit i na jiných planetách a jejich měsících.

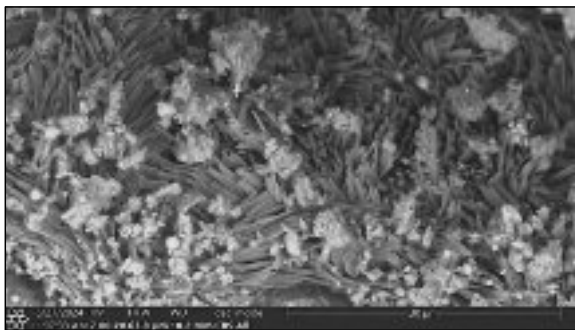
Výše uvedené údaje se opírají o práce publikované v časopisech *Nature* a *Nature Astronomy*. Mezi nejprůběhovější detekce patřily aminokyseliny – 14 z 20, které život na Zemi používá k výrobě proteinů – a především všech pět nukleobází, které život na Zemi používá k ukládání a přenosu genetických instrukcí ve složitějších pozemských biomolekulách, tedy DNA a RNA.

Aminokyseliny z Bennu však skrývají překvapení. Na Zemi mají aminokyseliny převážně „levotočivou“ chemickou strukturu. Bennu však obsahuje téměř stejné množství těchto struktur v „levo-“ i „pravotočivé“ formě. Důvod, proč si život na Zemi zvolil „levotočivou“ strukturu zůstává záhadou.

Vědci ve vzorcích z Bennu odhalili 11 minerálů, které vznikají, když se voda obsahující rozpuštěné soli odpařuje po dlouhou dobu a zanechávají soli v podobě krystalů kalcitu, halitu nebo sylvitu. Podobné solanky byly detekovány, nebo se předpokládá jejich výskyt, na trpasličí planetě Ceres či Saturnově měsíci Enceladu.

Vědci také popsali výjimečně vysoké množství amoniaku ve vzorcích. Amoniak je biologicky důležitý, protože za správných podmínek může reagovat s formaldehydem, který byl také detekován ve vzorcích, za vzniku komplexních molekul, jako jsou aminokyseliny. Když se aminokyseliny spojí do dlouhých řetězců, vytvářejí proteiny, které dále pohánějí téměř všechny biologické funkce.

Tyto stavební kameny života detekované ve vzorcích z Bennu byly nalezeny již dříve v mimozemských horninách. Jejich identifikace v nedotčeném vzorku odebraném přímo v kosmickém prostoru však podporuje myšlenku, že objekty, které se vytvořily daleko od Slunce, mohly být důležitým zdrojem prvotních surovin pro vznik života v celé Sluneční soustavě.

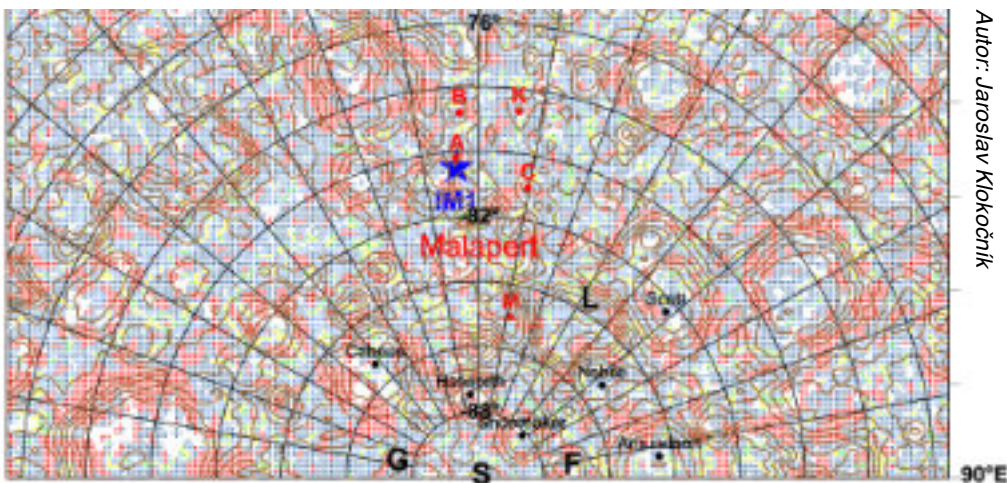


Na snímku z elektronového mikroskopu jsou ve vzorku z planetky Bennu vidět krystaly jednoklonného minerálu trona. Vzorek dopravila na Zemi mise *OSIRIS-Rex*.

Voda na Měsíci v místech přistání misí Artemis

Michal Švanda, Jaroslav Klokočník

Voda je nezbytná pro život člověka a kosmické mise, ty dlouhodobé včetně, nejsou žádnou výjimkou. Stavba základen na cizích tělesech by určitě těžila z místních zdrojů vody, které by mohly sloužit nejen jako pitná voda pro astronauty, ale také jako surovina pro výrobu kyslíku a vodíku – klíčových složek raketového paliva. Jaroslav Klokočník z Astronomického ústavu AV vedl práci, která s pomocí gravitačních aspektů odhalovala místa s větší pravděpodobností výskytu podpovrchové vody na Měsíci.



Autor: Jaroslav Klokočník

Gravitační aspekty, zde reprezentované úhly napětí vypovídají o hustotních anomáliích v malých hloubkách a o směru a intenzitě působících tlaků. Tam, kde jsou jednostranně nasměrovány, mohou indikovat větší pravděpodobnost přítomnosti podzemní vody. Zde vidíme míru učesanosti v barevné stupnici od nejmenší (žlutá) po největší (červená) pro oblast jižního pólu Měsíce pro výběr míst dle NASA. Vysoce učesané úhly napětí nejsou jen uvnitř kráterů, ale v jakémkoli typu terénu. Obecně tomu tak na celém Měsíci rozhodně není. Vysvětlení k mapě: kráter Haworth, Malaperi Massif, kráter Malaperi A, místo přistání IM1, Faustini Rim A (F), kopec poblíž kráteru Shackleton (S), de Gerlache-Kocher Massif (G), Leibniz Beta Plateau (L), Nobile Rims a Amundsen Rim (Iem).

Názory na přítomnost vody na Měsíci prošly dramatickým vývojem. V polovině 19. století byla jakákoli možnost vody na Měsíci kategoricky odmítána. Vědci tehdy věřili, že vzhledem k absenci atmosféry a vodních útvarů, jako jsou řeky nebo jezera, nemůže voda na Měsíci existovat. Tento názor se začal měnit až s vývojem moderních technologií a metod pozorování. První zlom přišel během programu **Apollo**, kdy byly ve vzorcích měsíčního regolitu nalezeny stopy vody.

Definitivní potvrzení přítomnosti vody přinesla mise indické sondy **Chandrayaan-1** v roce 2008, která objevila hydroxylové molekuly na povrchu Měsíce, zejména v polárních oblastech. Další mise (např. *Lunar Reconnaissance Orbiter*, *LRO*) odhalily možnost existence vodního ledu v trvale zastíněných kráterech u jižního pólu. Tyto oblasti, kde se teploty dlouhodobě drží hluboko pod bodem mrazu, se ukázaly jako klíčové pro hledání zdrojů vody.

Požadavek na vodu nelze při plánování kosmických misí opomenout. Pokud by se tedy stavěla měsíční základna v místech, kde je vody dostatek z místních zdrojů, přítomnost vody by mohla výrazně snížit náklady na průzkum Měsíce a případné kolonizace, neboť by nebylo nutné dopravovat tyto zdroje ze Země. Je samozřejmě možné na odhadnutá místa vysílat automatické sondy, jenže to je velmi drahé. Bylo by tedy velmi vhodné, kdyby bylo možné množství potenciálních vhodných lokalit zúžit nějakými výrazně levnějšími metodami.

Jednu z takových metod nabízí dálkový průzkum prostřednictvím studia gravitačního pole Měsíce. Na využití tzv. gravitačních aspektů poukazoval tým Jaroslava Klokočníka z ASU již v minulosti. Metodika se osvědčila při hledání jezer nebo sopečných kuželů pod ledovým příkrovem Antarktidy, pro hledání podzemních rezervoárů tekutých uhlovodíků v arabské poušti, ke studiu impaktních kráterů na Zemi nebo při studiu gravitačního pole Marsu a Měsíce. Gravitační pole rozlehlých objektů v sobě totiž obsahuje mnohem více informací než jen pouhou hmotnost tělesa. S pomocí sofistikovaných přístrojů lze sestavit tzv. model gravitačního pole, který zachycuje jeho globální charakteristiku. Důležitou informací o vnitřní struktuře tohoto tělesa (např. o jeho hustotních variacích) přinášejí zejména tzv. vyšší momenty gravitačního pole, které umožňují popsat odchylky rozložení hmoty od idealizovaného stavu. Anomálie gravitačního pole jsou vyvolány nejrozličnějšími strukturami na povrchu těles a pod ním. Tradiční postup jejich studia pomocí gravimetrů nestačí k jejich kompletnímu popisu. Proto před lety začal tým J. Klokočníka využívat tzv. gravitačních aspektů, které jsou funkcemi gravitačního potenciálu. Nejznámějším gravitačním aspektem je gravitační anomálie. J. Klokočník a jeho kolegové jich ale používají celkově sedm a zkušenosti ukazují, že by měly být vyhodnocovány komplexně. Přesto se zdá, že pro hledání podpovrchových zásob vody jsou vhodné zejména směry úhlů napětí. Ty mohou svědčit pro systematické silové působení nebo namáhání a mimo jiné se v nich propisuje i porozita materiálu.

Autoři článku se zaměřili na využití modelu gravitačního pole Měsíce známého jako *GRGM1200A*, který byl vytvořen na základě dat získaných sondami **GRAIL**. Tento model umožňuje podrobnou analýzu gravitačního pole až do rozlišení přibližně 10 kilometrů. Jak již bylo řečeno, klíčovým parametrem studie byly směry úhlů napětí, které reagují na anizotropii a existenci napětí v horninách. Empirická zkušenost z jiných kosmických těles, zejména ze Země, ukazuje, že v oblastech, kde jsou úhly seřazeny, je vyšší pravděpodobnost přítomnosti porézních materiálů, jako jsou sedimenty, nebo dokonce podzemní voda (na Měsíci přirozeně ve formě ledu). Naopak, v běžné situaci mají úhly napětí náhodné rozdělení.

Výsledky ukazují, že směry úhlů napětí jsou více učešány v polárních oblastech Měsíce než jinde. Tento jev je zvláště výrazný v jižní polární oblasti, kde se nachází několik trvale zastíněných kráterů, jako je Malapert A. Tyto oblasti vykazují vysokou pravděpodobnost přítomnosti podzemní vody. Autoři studie také zjistili, že výběr přistávacích míst pro misi **Artemis** a **IM-1** byl velmi dobře zvolen. Například kráter Malapert A, vybraný jako přistávací místo pro misi **IM-1**, vykazuje silné seřazení úhlů napětí. Připomeňme, že **IM-1** byla technologická mise, během níž se soukromé společnosti poprvé povedlo měkce přistát na povrchu Měsíce. Autoři představované práce však navrhli i další lokality v okolí, které by mohly být slibné pro budoucí výzkum podpovrchových zásob vody.

Statistická analýza ukázala, že v polárních oblastech je výskyt učešaných úhlů napětí přibližně třikrát častější než v jiných částech Měsíce. To podporuje hypotézu, že polární oblasti jsou nejvhodnější pro budoucí osídlení a těžbu vody. Navíc ale tato skutečnost umožňuje otevřít spekulace, že i Měsíc má své polární čepičky podobné těm na Zemi nebo Marsu. Na Měsíci by však byly skryty v podpovrchových horninách. Přestože tento jev není potvrzen jinými gravitačními aspekty, jeho fyzikální základ je rozumný a odpovídá současným poznatkům o vývoji Měsíce.

Metoda zevrubné analýzy gravitačních aspektů tak představuje inovativní nástroj pro dálkový průzkum Měsíce. Její hlavní výhodou je nízká cena a nezávislost na jiných metodách. Přestože výsledky nelze interpretovat jako definitivní důkaz přítomnosti vody, poskytují silné indikace, které mohou být ověřeny dalšími metodami dálkového průzkumu nebo přímo na místě.

Zběsilý tanec obřích exoplanet

Pavel Suchan, Marek Skarka



Umělecká představa systému TOI-4504

Jasnosti a my pak můžeme pozorovat tzv. tranzity průměrně jednou za 82 dní, což je doba jejího oběhu. Orbita TOI-4504 *c* je gravitačně ovlivňována netranzitující planetou TOI-4504 *d* s hmotností 1,4× větší než je hmotnost Jupitera. Podle konkrétní konfigurace planet můžeme pozorovat dřívější nebo pozdější okamžiky průchodu planety TOI-4504 *c* před hvězdou, tedy variací v okamžicích tranzitů. Amplituda těchto změn činí v případě planety *c* 4 dny, což je nejvíce, co bylo doposud detekováno. Kdyby tranzitovala planeta *d*, která byla díky změnám v periodě planety *c* objevena, pozorovali bychom dokonce změny v okamžicích tranzitů s amplitudou 6 dní.

Hlavní autorkou studie, která byla publikována v *Astrophysical Journal Letters*, je doktorská studentka Michaela Vítková z Masarykovy univerzity v Brně, která svůj výzkum vedla na Astronomickém ústavu AV ČR v Ondřejově. „Byli jsme velmi překvapeni, když jsme detekovali změny s tak velkou amplitudou. Dosavadní rekordman měl totiž amplitudu změn poloviční a jednalo se o úplně jiný typ planety,“ říká Vítková. Změny okamžiků tranzitů jsou zvláště výrazné u planet, které jsou v tzv. rezonanci. To znamená, že periody jejich oběžných dob jsou v poměru malých celých čísel. To je i případ planet TOI-4504 *c* a *d*, které mají poměry oběžných dob blízko k 2:1.

Systémy s hmotnými planetami na drahách s periodami v řádu desítek dní jsou pro astronomy extrémně důležité, protože mohou napovědět něco o historii a evoluci planetárních systémů. „Výzkum systému TOI-4504 upřednostňuje scénář, že by pozorovaná rezonanční konfigurace v systému mohla být výsledkem migrace planet během formování v protoplanetárním disku spíše než interakcí mezi planetami v systému, případně nějakým jiným tělesem,“ vysvětluje Trifon Trifonov z MPIA v Německu.

Astronomové objevili planetární systém, který vykazuje dosud nejsilnější pozorovanou gravitační interakci mezi dvěma obřimi planetami. Tento gravitační tanec je tak silný, že způsobuje zdánlivé změny periody oběhu planet v řádu dní! Planetární systém **TOI-4504**, který navíc také hostí malou planetu o velikosti mezi Zemí a Neptunem, představuje velmi důležitý objev, který astronomům umožní lépe porozumět formování a vývoji planetárních soustav.

Planetární systém TOI-4504, objevený vesmírnou misí **TESS** v souhvězdí Lodní kýl na jižní obloze, se skládá ze dvou planet o něco větších než náš Jupiter a jednoho mini Neptunu. Planeta TOI-4504 *c* s hmotností 3,8 hmotnosti Jupitera přechází z našeho pohledu přes disk své mateřské hvězdy a způsobuje tak mírný pokles její

Autor: DeepAI

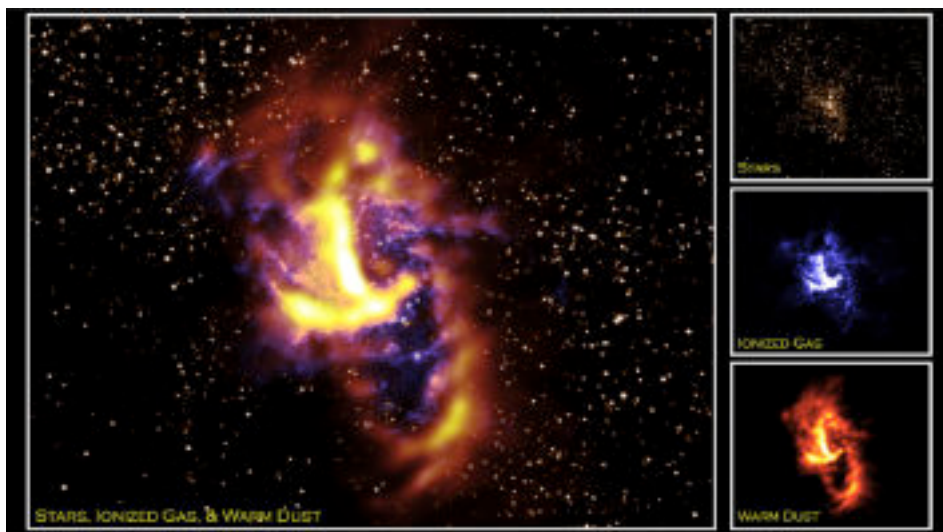
Studie byla založena na změnách jasnosti patrných v datech z vesmírné mise *TESS* a analýze spekter ze spektrografu *FEROS* na dalekohledu s průměrem 2,2 m umístěným v Chile. Autoři také potvrdili, že se v systému nalézá ještě jedna, menší planeta s hmotností asi 10 hmotností Země, na vnitřní orbitě s periodou oběhu 2,4 dne. „Systém TOI-4504 je velmi komplexní a získat dostatek dat pro dobrou analýzu vyžaduje čas. Naše studie demonstruje výhody velkých spoluprací,“ doplňuje Rafael Brahm z UAI v Chile a koordinátor konsorcia *WINE*. „V budoucnu můžeme očekávat objevy planet, které vykazují ještě větší změny okamžiků tranzitů, než TOI-4504 c,“ uzavírá Marek Skarka z Astronomického ústavu AV ČR.

Supernovy v cirkumjaderném disku a aktivita jádra Galaxie

Michal Švanda, Richard Wunsch

Cirkumjaderný disk představuje hlavní zdroj látky pro akreci na supermasivní černou díru v centru naší Galaxie. I když je v současnosti tato akrece pomalá, existují důkazy, že v minulosti se opakovaně epizodicky zvýšila. Představovaná práce vyhodnocuje, jakou úlohu by v tomto mohly hrát exploze supernov v blízkém okolí jádra Galaxie.

Autor: NASA/DLR/USRA



Kombinovaný snímek cirkumjaderného disku naší Galaxie. Snímek kombinuje pozorování hvězd a horkého ionizovaného plynu (z Hubbleova kosmického dalekohledu) s infračerveným snímkem prachové složky z létající observatoře *SOFIA*.

Několik parseků centra naší Galaxie je obsazeno strukturou tvořenou převážně hustým molekulárním plynem, nazývanou cirkumjaderný disk. Naše znalosti o vlastnostech tohoto útvaru se výrazně zlepšily v nedávné době, přispěním přístrojů pozorujících v dlouhovlnné oblasti spektra, jako jsou *ALMA* nebo *SOFIA*. Údaje o geometrii cirkumjaderného disku se podle literatury liší, přičemž typický vnitřní poloměr je nejčastěji uváděn mezi 1,5 až 2 pc. Vnější poloměr není přesně určen kvůli nižším hustotám a plynulému přechodu do řidšího prostředí, v literatuře najdeme údaje mezi 3 a 7 pc. Pohyb plynu uvnitř 1 pc je ovládán gravitačním polem supermasivní

černé díry, ve větších vzdálenostech pak obíhá přibližně po kruhových drahách v gravitačním poli této černé díry a jaderné hvězdokupy.

Oblast jádra Galaxie je velmi složité prostředí, kde dochází k neustálým interakcím mezi plynem, hvězdami a magnetickým polem. Cirkumjaderný disk je tvořen především chladným hustým molekulárním plynem, v řidších oblastech a na povrchu pak teplým ionizovaným plynem. Tento disk rotuje kolem supermasivní černé díry pod vlivem jejího silného gravitačního pole. Odborníci dlouhodobě zkoumají, jakým způsobem se plyn dostává blíže k černé díře a jaké procesy ovlivňují jeho pohyb. Dnes víme, že míra akrece na černou díru je relativně nízká, ale v minulosti tomu tak prokazatelně nebylo vždy. Důkazy o přechodném zvýšení míry akrece jsou k dispozici (např. tzv. Fermiho bubliny – obří struktury horkého plynu rozpínající se až 25 000 světelných let od středu Mléčné dráhy mimo Galaktický disk, pozorované v gama záření) a jedním z hlavních kandidátů na krátkodobé zvýšení akrece jsou exploze supernov, které se odehrávají v okolí disku.

Představovaná studie, na níž se významně podíleli i pracovníci Oddělení galaxií ASU, se zabývá vlivem explozí supernov na pohyb hmoty v blízkosti supermasivní černé díry v centru Mléčné dráhy. Autoři studie provedli numerické simulace chování této oblasti s použitím pokročilého magnetohydrodynamického modelu. Do modelu zahrnuli gravitační pole černé díry a okolních hvězd, rotaci plynu, magnetické pole, hvězdný vítr z mladých hmotných hvězd v jádře a výbuchy supernov. Cílem bylo zjistit, jak supernovy ovlivňují tok hmoty v cirkumjaderném disku a zda mohou krátkodobě zvýšit přísun plynu k černé díře.

Simulace ukázaly, že exploze supernov mají dva hlavní důsledky. Za prvé, tlaková vlna vyvolaná explozí může způsobit, že část plynu z disku je urychlena směrem k černé díře, což dočasně zvyšuje rychlost akrece. Tento efekt však závisí na poloze, kde k explozi dojde. Pokud se supernova nachází v určité vzdálenosti od černé díry v rovině disku, může efektivně přeměrovat plyn dovnitř, zatímco exploze mimo hlavní rovinu disku mají menší vliv na přísun hmoty do centra. Za druhé, výbuchy supernov také vedou k vyfouknutí plynu z disku do okolního prostředí. Simulace ukázaly, že v závislosti na poloze exploze může být z cirkumjaderného disku odneseno 50 až 100 hmotností Slunce. Tento proces může hrát důležitou roli v regulaci množství plynu dostupného pro akreci, protože snižuje celkovou hmotu disku a ovlivňuje jeho dlouhodobou evoluci. Přestože se část plynu dostane do blízkosti černé díry, jiná část je ztracena a uniká pryč z galaktického jádra.

Dalším zajímavým výsledkem studie bylo zjištění, že po výbuchu supernovy se v disku zvyšuje turbulence. To znamená, že pohyb plynu se stává chaotičtější, což může vést k efektivnějšímu transportu hmoty směrem k černé díře. Tento efekt však není trvalý – simulace ukázaly, že přibližně po 250 000 letech se disk vrací do svého původního stavu a vliv supernovy na dynamiku plynu odeznívá. Exploze supernov v centru Mléčné dráhy ale zřejmě nejsou ojedinělým jevem. Galaktické jádro obsahuje velké množství mladých hmotných hvězd, které mají relativně krátkou dobu života a často končí jako supernovy. Autoři studie odhadují, že k výbuchu supernovy v oblasti cirkumjaderného disku dochází v průměru jednou za 100 000 let, což je časový interval porovnatelný s dobou, za kterou se disk vrací do rovnováhy po jednotlivém výbuchu. To znamená, že supernovy mohou hrát v dlouhodobém vývoji disku významnou roli, neboť prakticky nepřetržitě ovlivňují jeho strukturu a dynamiku.

Výsledky této studie mají důležité důsledky nejen pro porozumění procesům v Mléčné dráze, ale i v dalších galaxiích. Mnoho galaxií obsahuje podobné cirkumjaderné disky kolem svých supermasivních černých děr a pravděpodobně čelí obdobným epizodickým událostem, které ovlivňují akreci a evoluci galaktických jader. Lepší porozumění těmto procesům může pomoci vysvětlit, proč jsou některé černé díry aktivnější než jiné, a jaký je vztah mezi hvězdnou aktivitou a růstem černých děr v různých fázích vývoje galaxií. Tyto otázky však budou předmětem dalších studií.