Astronomický ústav
Akademie věd České republiky, v. v. i.

Polarizované rentgenové paprsky odhalují tvar a orientaci extrémně horké hmoty kolem černé díry

Tisková zpráva Astronomického ústavu AV ČR / NASA ze dne 3. 11. 2022

Nová vědecká pozorování černé díry hvězdné hmotnosti v souhvězdí Labutě odhalují nové detaily o uspořádání extrémně horké hmoty v bezprostředním okolí této černé díry, zvané Cygnus X-1, oznámila americká NASA. Na tom se podílejí také čeští astronomové z Astronomického ústavu AV ČR (viz citace v tiskové zprávě NASA níže).

Český tým vede RNDr. Michal Dovčiak, Ph.D., který v rámci mise IXPE působí jako vedoucí vědecké skupiny černých děr hvězdných hmotností a je třetím autorem článku o Cygnus X-1. Dalšími členy autorského týmu z Astronomického ústavu AV ČR jsou RNDr. Jiří Svoboda, Ph.D., RNDr. Jakub Podgorný a profesor Vladimír Karas, DrSc.

Příspěvek českého týmu k objevu:

- vytváření unikátních modelů pro rentgenová polarimetrická data
- analýza a interpretace naměřených spektrálních a polarizačních dat
- plánování pozorování s družicemi IXPE, NICER a NuSTAR
- simulace pozorování pro odhad délky expozičního času při jeho přípravě

Překlad tiskové zprávy NASA vydané 3. 11. 2022:

Nová vědecká pozorování černé díry hvězdné hmotnosti v souhvězdí Labutě odhalují nové detaily o uspořádání extrémně horké hmoty v bezprostředním okolí této černé díry, zvané Cygnus X-1.

Při padání do černé díry se hmota zahřívá na miliony stupňů. Tento horký plyn vyzařuje rentgenové záření. Vědci používají měření polarizace těchto rentgenových paprsků, aby otestovali a zlepšili stávající modely, které popisují, jak černé díry polykají hmotu a jak se z nich stávají jedny z nejsvítivějších zdrojů rentgenového záření ve vesmíru.

Nová měření Cygnus X-1, publikovaná ve čtvrtek 3. listopadu online v časopise Science, představují vůbec první taková pozorování černé díry vtahující hmotu. Byla pořízena sondou Imaging X-Ray Polarimetry Explorer (IXPE), mezinárodní misí NASA a italské kosmické agentury (ASI). Systém Cygnus X-1 je jedním z nejjasnějších rentgenových zdrojů v naší Galaxii. Tvoří jej černá díra o hmotnosti 21krát větší, než je hmotnost Slunce, v oběhu s doprovodnou hvězdou o hmotnosti 41 násobku hmoty Slunce.

„Předchozí rentgenová pozorování černých děr měřila pouze energii, směr a čas příletu rentgenových paprsků z horkého plazmatu stáčejícího se do černé díry," říká hlavní autor

studie Henric Krawczynski, profesor fyziky na Washingtonově univerzitě v St. Louis a člen univerzitního centra McDonnell pro kosmické vědy. „IXPE měří také jejich lineární polarizaci, která nese informaci o tom, jak byly rentgenové paprsky vyzářeny a zdali a kde se odrazily od látky v blízkosti černé díry.“

Žádné světlo, ani to rentgenové, neunikne zpod tzv. horizontu událostí černé díry. Rentgenová emise detekovaná IXPE je vyzařována horkou látkou neboli plazmatem, v oblasti o průměru dvou tisíc kilometrů kolem šedesátikilometrového horizontu událostí černé díry.

Zkombinování dat z IXPE se souběžnými rentgenovými pozorováními ze sond NICER a NuSTAR americké NASA v květnu a červnu 2022 umožnilo autorům určit uspořádání, tedy tvar a polohu plazmatu kolem černé díry v Cygnus X-1.



Umělecké znázornění systému Cygnus X-1 s černou dírou uprostřed a hvězdným obrem vlevo. Nová měření Cygnus X-1, publikovaná 3. listopadu v časopise Science, představují první pozorování této černé díry pohlcující hmotu, jak ji zachytila mise IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer) v mezinárodní spolupráci NASA a italské kosmické agentury. (Ilustrace: John Paice)

Vědci zjistili, že plazma se rozpíná kolmo na oboustranný úzký plazmový výtrysk, tzv. jet, již dříve mnohokrát zobrazený v rádiovém oboru. Souhlasné uspořádání směru polarizace rentgenového záření se směrem jetu silně podporuje hypotézu, že procesy v rentgenově jasné oblasti blízko černé díry hrají podstatnou roli při spouštění těchto výtrysků.

Pozorování se shodují s modely, které předpovídají, že tzv. koróna horkého plazmatu buď nahrazuje vnitřní část disku hmoty vinoucí se směrem k černé díře, nebo tento disk obklopuje

jako sendvič. Nová polarizační data vylučují modely, kde je koróna černé díry úzkým sloupcem či kuželem plazmatu orientovaným podélně s osou jetu.

Vědci poznamenávají, že lepší porozumění struktuře plazmatu kolem černé díry může odhalit hodně o tom, jakým způsobem černé díry k sobě přitahují hmotu. „Tyto nové pohledy umožní vylepšené rentgenové studie, jak gravitace zakřivuje prostor a čas v okolí černých děr," řekl Krawczynski.

Vztaženo specificky na černou díru Cygnus X-1: „Pozorování IXPE odhalují, že tok hmoty navíjející se na černou díru je viděn více zboku, než se dříve myslelo," vysvětluje spoluautor studie Michal Dovčiak z Astronomického ústavu Akademie věd České republiky. „To by mohla být známka nesouladu mezi orientací rotace černé díry a celého binárního systému," vyjasňuje spoluautorka studie Alexandra Veledina z univerzity v Turku. „Této rozdílné orientace mohl systém nabýt, když hvězdný předchůdce nynější černé díry explodoval."

„Mise IXPE používá rentgenová zrcadla vyrobená v Marshall Space Flight Center v NASA a techniku ohniskové roviny poskytnutou ASI ve spolupráci s Národním institutem pro astrofyziku (INAF) a Národním institutem pro jadernou fyziku (IAPS)," říká spoluautor studie Fabio Muleri z INAF-IAPS. „Kromě Cygnus X-1 používáme IXPE ke studiu široké škály extrémních rentgenových zdrojů, včetně neutronových hvězd pohlcujících okolní hmotu, pulzarů a mlhovin napájených hvězdnými větry z pulzarů, zbytků supernov, našeho galaktického centra i aktivních galaktických jader. Našli jsme již mnohá překvapení a máme tak o zábavu postaráno."

Druhý článek ve stejném vydání Science byl vedený Robertem Tavernou z Univerzity v Padově a popisuje detekci vysoce polarizovaného rentgenového záření z magnetaru 4U 0142+61.

„Jsme nadšení, že můžeme být součástí této nové vlny vědeckých objevů v astrofyzice," řekl Krawczynski.

Kontakt na NASA:
Talia Ogliore, Washington University in St. Louis

talia.ogliore@wustl.edu

telefon 314-935-2919

Kontakt na Astronomický ústav AV ČR:

RNDr. Michal Dovčiak, Ph.D., Oddělení galaxií a planetárních systémů

michal.dovciak@asu.cas.cz

telefon 774 509 808

Více informací, včetně kopie článku, lze najít online na *Science* press package na https://www.eurekalert.org/press/scipak/

Záznam komentovaného startu družice IXPE -
https://www.youtube.com/watch?v=rCPyP4k9Uh0

Ve čtvrtek 9. prosince se na raketě Falcon9 vydala na oběžnou dráhu jedna z nejpokročilejších rentgenových observatoří, která zkoumá především neutronové hvězdy a černé díry ve vzdálených končinách vesmíru. Start komentovali také Michal Dovčiak a Jiří Svoboda z Astronomického ústavu AV ČR.