Černé díry zkoumají superpočítače.
Bude to klíč k fúzním elektrárnám?

**Mezinárodní tým fyziků spolu s vědci z Fyzikálního ústavu v Opavě publikoval v červencovém čísle vědeckého časopisu *Monthly Notices of Royal Astronomical* *Society* článek, ve kterém se popisuje chování hmoty okolo černých děr zcela novým způsobem. Tyto nové modely, které vycházejí ze superpočítačových simulací a mnohem lépe popisují chování látky v takto extrémním prostředí, by mohly být prakticky aplikovány i při řešení problémů tady na Zemi. Ukazují totiž velmi detailně chování plazmatu v extrémních podmínkách a mohou se tak stát klíčem k realizaci fúzních elektráren jako trvalého zdroje energie pro lidstvo.**



***Pochopení tzv. akrečních disků okolo černých děr by mohlo být klíčem k realizaci fúzních elektráren na Zemi. Zdroj: NASA.***

**Hmota kolem černých děr**

**Pokud se v blízkém okolí černé díry – extrémně hustého objektu ve vesmíru, z něhož neunikne ani světlo – nachází hmota, okamžitě se ionizuje, tedy rozloží na jednotlivé ionty a elektrony. Vznikne tak plazma, které se zformuje do rotujícího akrečního disku kolem černé díry.** **Tyto disky lze popsat známými zákony plazmové fyziky a hydrodynamiky. Pro současnou astrofyziku jsou velmi důležité a zabývá se jimi celá řada fyziků, například také *Kip Thorne* (nar. 1940, nositel Nobelovy ceny za fyziku).**



***Rentgenová observatoř XMM-Newton. Zdroj: ESA***

**Hmota v akrečních discích může rotovat obrovskými rychlostmi blížícími se až rychlosti světla. Za těchto podmínek se pak díky tření uvolňuje ohromné množství energie ve formě záření. „*Pokud černá díra uprostřed také rotuje, může účinnost tvorby energie dosáhnout až 42 %, tedy se uvolní skoro polovina celkové energie popsané známou Einsteinovou rovnicí E=mc2. Pro srovnání, jaderným štěpením v jaderných elektrárnách se uvolňuje asi jen 0,7 % celkové energie hmoty, ale i tak je na výrobu 1 MW elektřiny potřeba jen asi 3 g uranu*,“ vysvětluje Mgr. Debora Lančová z Fyzikálního ústavu v Opavě, spoluautorka vědecké práce. Z Fyzikálního ústavu v Opavě se na této práci podíleli ještě prof. Marek Abramowicz a doc. Gabriel Török. Tým vedl dr. Maciek Wielgus z centra Black Hole Initiative (Harvardova univerzita), který se dříve podílel i na slavné fotografii černé díry v centru galaxie M87.**

**Hmota v extrémních podmínkách**

**Hmota z disku dopadá do černé díry nebo je naopak v mimořádných podmínkách gravitace i magnetismu urychlena pryč do vesmíru.** **Záření akrečních disků je jediný způsob, jak můžeme prozkoumat oblasti velmi blízko černých děr. Díky obrovským teplotám vyzařují nejvnitřnější oblasti disků v rentgenovém spektru – to je však (naštěstí) odstíněno atmosférou Země a můžeme jej tak pozorovat pouze pomocí rentgenových observatoří na oběžné dráze, jako je například XMN-Newton, Nustar nebo maličký NICER umístěný na palubě Mezinárodní kosmické stanice ISS.**

**Rentgenový signál z akrečních disků černých děr vědci na zemi zpracovávají a určují z něj vlastnosti pozorovaného objektu – například jeho hmotnost, rychlost rotace a další veličiny. Jenže tyto objekty jsou nejen velmi daleko, ale také velmi malé – proto je pozorujeme pouze jako bodové zdroje a nevíme nic o tom, z které části objektu záření pochází. Proto astrofyzikové používají různé modely akrečních disků vycházejících ze známých zákonů plazmové fyziky a astrofyziky a porovnávají pozorovaný signál s tím, který je založen na těchto modelech. „*Dosavadní modely však měly velkou slabinu – nedokázaly vysvětlit všechny pozorované aspekty záření. V některých oblastech selhávaly, i když podle pozorování by neměly. My jsme v naší práci přišli s novým modelem, který vysvětlil většinu pozorovaných vlastností. A s ním přišel i nový pohled na chování hmoty v okolí černých děr*,“ říká Lančová.**

**Nafouklé disky u černých děr**

**V naší Galaxii se nachází až miliarda černých děr, samozřejmě jen zlomek z nich můžeme pozorovat. Nejlépe lze pozorovat ty, které jsou součástí tzv. „rentgenových dvojhvězd“. Jde o malé černé díry žijící v páru s ještě lehčí hvězdou, která slouží jako zásobárna hmoty pro akreční disk a ten tak vytváří silné rentgenové záření.**

**„*Pozorování z rentgenových družic nám ukázala, že vlastnosti záření neodpovídají standardním představám o akrečních discích okolo černých děr, a tedy onen obecně přijímaný model neplatí pro všechny případy. Ukazuje se, že u malých černých děr je akreční disk poněkud jinak rozložený, než se doposud obecně přijímalo. Je obrazně řečeno více nafouklý,*“ popisuje Lančová. Podle ní je správný model akrečního disku zcela zásadní pro určení vlastností dané černé díry, protože tu nikdy nevidíme a například její hmotnost odhadujeme jen díky interakci s hmotou okolo ní, tedy především ze zmíněných disků. „*Současné modely nám tedy dávaly zcela mylné informace o menších černých dírách a vznikala jakási interpretační mezera. To bylo v rozporu s pozorováními rentgenových dvojhvězd a my jsme se potýkali s doposud nevysvětlenou záhadou. Náš model ji pomohl rozluštit a posunout nás ve výzkumu zase o něco dále*,“ dodává astrofyzička.**

**Superpočítači k fúzním elektrárnám**

***„Jedním ze způsobů, jak správně popsat chování hmoty v takto extrémních podmínkách, jsou superpočítačové simulace,“* pokračuje dále Lančová. Podle ní tyto simulace popisují plazma jako kapalinu se silným magnetickým polem, která „teče“ do černé díry, a přitom vyzařuje velké množství energie. V této kapalině se tvoří víry a jiné turbulence, které jsou důležité pro stabilitu toku kapaliny, které ale zároveň simulace extrémně ztěžují. Ve spolupráci s polským superpočítačovým centrem však mezinárodní tým získal dostatečné prostředky k tomu, aby simulace mohl provést a zkoumat tak zcela nový pohled na akreční disk v okolí černé díry.**

**Simulace ukazují komplikované chování plazmatu, které interaguje s magnetickým polem, vyzařuje energii a toto vyzařování ho zpětně ovlivňuje. Takto komplexní chování hmoty nelze popsat jednoduchými modely, stejně jako nejde popsat tok vody v úzkém a strmém horském potoce. „*V naší studii představujeme model, který vše popsal mnohem lépe a přinesl nám úplně nové možnosti – například výzkum plazmatu v extrémních podmínkách, což je v tuto chvíli žhavým tématem i v pozemských laboratořích hledajících odpověď na realizaci fúzních reaktorů – budoucího téměř nevyčerpatelného zdroje energie,*“ uzavírá Lančová.**

**Kontakty a další informace:**

**Mgr. Debora Lančová**
*Fyzikální ústav SU v Opavě*
Email: debora.lancova@physics.slu.czTelefon: +420 776 072 756

**doc. RNDr. Gabriel Török, Ph.D.**
*Garant evropského projektu HR Award*
Email: gabriel.torok@physics.czTelefon: +420 737 928 755

**prof. RNDr. Zdeněk Stuchlík, CSc.**
Ředitel Fyzikálního ústavu SU v Opavě
Email: zdenek.stuchlik@physics.slu.cz

**Bc. Klára Jančíková**
*Sekretariát Fyzikálního ústavu v Opavě*
Email: klara.jancikova@slu.czTelefon: +420 553 684 267

**Mgr. Petr Horálek**
*PR výstupů evropských projektů FÚ SU v Opavě*
Email: petr.horalek@slu.czTelefon: +420 732 826 853

**Původní vědecká studie:** <https://academic.oup.com/mnras/article-abstract/514/1/780/6584866>

**Související tiskové zprávy:**

[1] [Opavští fyzikové měří “obezitu” neutronových hvězd](http://progresy.physics.cz/2022/05/04/opavsti-fyzikove-meri-obezitu-neutronovych-hvezd-navazuji-na-vyzkum-legendarniho-kipa-thorna/)
[2] [Jak poznat červí díru? Fyzikové z Opavy navrhují, po čem pátrat](http://progresy.physics.cz/2022/03/04/jak-poznat-cervi-diru-fyzikove-z-opavy-navrhuji-po-cem-maji-patrat-pozemske-observatore-i-vesmirny-dalekohled-jamese-webba/)