

Poškytávání ve vzdálené galaxii upozorňuje astronomy na nové chování černých děr

28.3.2024 - | Astronomický ústav AV ČR

Nová analýza odhaluje menší černou díru, která opakovaně proráží plynný disk větší černé díry v centru vzdálené galaxie. Zdá se tak, že v srdci vzdálené galaxie dostala supermasivní černá díra škytavku.

Astronomové z Massachusettského technologického institutu v USA (Massachusetts Institute of Technology, MIT), Itálie, České republiky a dalších zemí zjistili, že dříve klidná černá díra, která se nachází ve středu galaxie vzdálené asi 800 milionů světelných let, náhle vzplanula a po dobu přibližně 4 měsíců každých 8,5 dne vypouštěla chuchvalce plynu, než se opět ustálila do normálního, klidného stavu.

Opakující se "škytání" je nové chování, které dosud nebylo u superhmotných černých děr pozorováno. Vědci se domnívají, že nejpravděpodobnějším vysvětlením těchto výronů je působení druhé, menší černé díry, která obíhá kolem centrální supermasivní černé díry a každých 8,5 dne vyvrhuje materiál z plynného disku rotujícího kolem větší černé díry (viz obrázek). Dosud jen hypotetická idea o existenci nové třídy středně hmotných černých děr ve vesmíru tím získává další podporu.

Výsledky týmu, které byly dnes zveřejněny v prestižním časopise Science Advances, obohacují tradiční představu o akrečních discích černých děr, o nichž dosud vědci předpokládali, že se jedná o relativně uhlazené plynné útvary, které rotují kolem centrální superhmotné černé díry. Nové výsledky naznačují, že akreční disky mohou mít mnohem rozmanitější strukturu a mohou se vzájemně ovlivňovat s hvězdami a dokonce i dalšími černými dírami, které se s akrečním diskem srážejí.

"Domnívali jsme se, že toho o černých dírách víme hodně, ale tento nový jev nám ukazuje, že toho dokáží mnohem víc," říká autor studie Dheeraj "DJ" Pasham, vědecký pracovník z Kavliho institutu pro astrofyziku a vesmírný výzkum na MIT. "Myslíme si, že takových systémů bude ve vesmíru poměrně hodně, jen musíme provést další měření, abychom je objevili."

Mezi spoluautory studie patří spolupracovníci z různých institucí, včetně Petry Sukové a Vladimíra Karase z Astronomického ústavu Akademie věd, Michala Zajačka z Masarykovy univerzity a Vojtěcha Witzanyho z Univerzity Karlovy.

"Teď nebo nikdy!"

Zjištění týmu vyplynula z automatické detekce provedené systémem ASAS-SN (All Sky Automated Survey for SuperNovae), což je síť 20 robotických dalekohledů umístěných na různých místech severní a jižní polokoule. Tyto teleskopy jednou denně automaticky prohledávají celou oblohu a zaměřují se na hledání supernov a dalších časově proměnlivých jevů.

V prosinci 2020 byl v rámci průzkumu zaznamenán světelný záblesk v galaxii vzdálené asi 800 milionů světelných let. Tato konkrétní část oblohy byla relativně klidná a tmavá. V okamžiku, kdy se galaxie náhle zjasnila přibližně tisíckrát, byla systémem zachycena a oznámena v komunitním upozornění, kterého si náhodou všiml Dr. Pasham. Ten se následně rozhodl na záblesk zaměřit rentgenový teleskop NASA NICER (Neutron Star Interior Composition Explorer), který je umístěn na

palubě Mezinárodní vesmírné stanice, odkud nepřetržitě monitoruje oblohu a hledá rentgenové záblesky, které by mohly signalizovat aktivitu neutronových hvězd, černých děr a dalších extrémních gravitačních jevů. Načasování bylo příhodné, protože se blížil konec Pashamova ročního období, během něhož měl možnost teleskop nasměrovat neboli "aktivovat". *"Bud' to využiju teď, nebo nikdy,"* řekl si při té příležitosti Pasham a ukázalo se, že měl při výběru opravdu šťastnou ruku.

Navedl NICER k pozorování vzdálené galaxie, která v té době stále ještě intenzivně zářila. Vzplanutí trvalo asi čtyři měsíce, než pohaslo. Během této doby NICER denně s vysokou kadencí prováděl měření rentgenového záření galaxie. Když se Pasham podrobně podíval na získaná data, všiml si v rámci čtyřměsíčního vzplanutí zvláštního vzorce: jemných poklesů ve velmi úzkém pásmu rentgenového záření, které se zřejmě opakovaly každých 8,5 dne.

Zdálo se, že výtrysk energie z galaxie se pravidelně zmenšuje každých 8,5 dne. Signál se podobal tomu, co astronomové pozorují, když obíhající planeta přejde před svou hostitelskou hvězdou a na krátkou dobu zablokuje její světlo. Žádná hvězda by však nebyla schopná zastínit tak silnou erupci.

"Škrábal jsem se na hlavě a přemýšlel, co to znamená, protože takové chování neodpovídalo ničemu, co jsme o supermasivních černých dírách dosud věděli," vzpomíná Pasham.

Přelet nad akrečním diskem

Když Pasham hledal vysvětlení periodického pohasínání tohoto neobvyklého zdroje, narazil na nedávnou práci týmu z České republiky pod vedením Petry Sukové. Čeští astrofyzici nezávisle na pozorování přišli s modelem, ve kterém centrální supermasivní černou díru galaxie obíhá druhá, mnohem menší černá díra. *"Tato menší černá díra se pohybuje na dráze skloněné pod určitým úhlem vůči akrečnímu disku svého většího společníka, opakovaně jím prochází a narušuje ho,"* doplňuje Petra Suková.

Podle teoretických propočtů Vladimíra Karase a jeho spolupracovníků z poloviny 90. let může tato sekundární černá díra na své oběžné dráze pravidelně prorážet disk primární černé díry a tím opakovaně vyvolávat jeho nestability. Přitom z disku vytlačí chuchvalce plynu, jako když včela prolétá oblakem pylu. Silná magnetická pole na "sever" a na "jih" od černé díry pak mohou tento chuchvalec vystřelit nahoru a ven z disku. Pokaždé, když menší černá díra proletí diskem nadzvukovou rychlostí, vyvrhne další chuchvalec v pravidelném, periodickém rytmu. Pokud se tento chuchvalec pohybuje směrem k Zemi, může jednou za čas krátce pohltnout část záření disku a my ho pak můžeme zaznamenat jako pokles celkové energie vyzářené galaxií.

Český tým intenzivně spolupracoval s Dheerajem Pashamem z MIT na porovnání výsledků numerických simulací s pozorovanými daty. To, co zjistili, teorii podporuje: pozorované poklesy rentgenové intenzity byly pravděpodobně stopou druhé, menší černé díry, která obíhá kolem centrální supermasivní černé díry a pravidelně proráží její disk. Tým postupně dospěl k modelu znázorněnému na obrázku níže. *"Průchod menší černé díry akrečním diskem dobře popisuje pozorované periodické poklesy intenzity rentgenového záření. Na základě podrobnějších výpočtů jsme zjistili, že k tomu, aby vyvržené shluky plynu byly dostatečně velké a způsobily pozorovanou absorpci, musí mít menší černá díra hmotnost alespoň 100 hmotností Slunce,"* říká spoluautor Michal Zajaček z Masarykovy univerzity.

Ilustrace: Umělecká představa průchodu menší černé díry o hmotnosti sto až deset tisíc hmotností Slunce akrečním diskem rotujícím kolem centrální supermasivní černé díry. Při každém průchodu je nad disk vyvržen chuchvalec plynu, který částečně zablokuje záření akrečního disku pod ním a způsobí krátkodobý pokles intenzity rentgenového záření (Kredit: Jose-Luis Olivares and Dheeraj Pasham, MIT).

„Takto těžké černé díry jsou vzácné a moc o nich nevíme. Nemohou totiž vznikat kolapsem starých hvězd, z těch vznikají černé díry asi poloviční hmotnosti. V květnu 2019 ale gravitačně-vlnové detektory LIGO a Virgo naměřily vznik ‘druhohenerační’ černé díry o hmotnosti asi 140 Sluncí splynutím dvou menších. Máme tedy co do činění s černou dírou druhé nebo pozdější generace?“ dodává další ze spoluautorů Vojtěch Witzany z Univerzity Karlovy.

“Podrobná měření naznačují, že centrální supermasivní černá díra této galaxie je stejně hmotná jako 50 milionů Sluncí. Navíc jsme zpětným porovnáním s archivními daty zjistili, že galaxie byla před detekcí v prosinci 2020 relativně klidná a měla nejspíš pouze řídký, difuzní akreční disk. Proto kolem ní druhá, menší černá díra o hmotnosti 100 až 10 000 hmotností Slunce obíhala dlouho v relativním utajení.” vysvětluje dále Petra Suková.

Vědci předpokládají, že v prosinci 2020 se třetí objekt - pravděpodobně blízká hvězda - příliš přiblížil k centru a byl rozmetán na kusy obrovskou gravitací supermasivní černé díry - událost, kterou astronomové znají jako slapový rozpad. Náhlý přísun hvězdného materiálu na pár týdnů rozjasnil akreční disk černé díry. Během čtyř měsíců černá díra hodovala na hvězdných zbytcích, zatímco druhá černá díra ji stále obíhala a pokaždé, když proletěla diskem, vyvrhla mnohem větší chuchvalec než obvykle. Díky vhodné orientaci systému tyto chuchvalce vylétaly přímo směrem k dalekohledu NICER .

Tým provedl řadu simulací, aby otestoval tuto hypotézu. Došli k závěru, že nový druh systému typu Davida a Goliáše, tedy menší černá díra střední hmotnosti, která se pohybuje kolem supermasivní černé díry, je zřejmě nejpravděpodobnějším vysvětlením těchto pozoruhodných měření.

„Souputníci superhmotných černých děr také postupně spirálují do centra galaxie a vyzařují přitom gravitační vlny. Za zhruba jedenáct let přitom Evropská kosmická agentura pošle do vesmíru nový gravitačně-vlnový detektor LISA, který takové vlny bude měřit. Podaří se nám naměřit ‘škytání’ černých děr a příslušné gravitační vlny zároveň? Uděláme všechno pro to, aby se to povedlo,“ dodává Vojtěch Witzany, který zároveň na Univerzitě Karlově pracuje na teoretických předpovědích pro detektor LISA.

K hledání podobných systémů, v nichž menší černá díra interaguje s akrečním diskem rotujícím kolem centrální supermasivní černé díry, by měl přispět i plánovaný první český kosmický UV dalekohled QUVIK. *“QUVIK bude dostatečně citlivý kosmický dalekohled o průměru zrcadla 30 centimetrů, který lze zaměřit na náhlá ultrafialová zjasnění v centrech galaxií. Je pravděpodobné, že některé z nich budou vykazovat známky periodického pohybu menších těles - hvězd, jako je naše Slunce, ale i exotičtějších černých děr či neutronových hvězd,”* uzavírá Michal Zajaček, člen vědecké rady QUVIKu, který vyvíjí Výzkumný a zkušební letecký ústav ve spolupráci s Masarykovou univerzitou a dalšími institucemi.

Tento výzkum podpořila Grantová Agentura České Republiky, Akademie věd ČR, Univerzita Karlova a americká NASA.

Odkaz na publikovaný článek

D. R. Pasham, F. Tombesi, P. Suková, M. Zajaček et al., “A case for a binary black hole system revealed via quasi-periodic outflows”, Science Advances 10, eadj8898 (2024)

Doi: 10.1126/sciadv.adj8898

Preprint: <https://arxiv.org/pdf/2402.10140.pdf>

Odkaz na animaci s českým popisem: <https://youtu.be/nsmCB7JQy4k>

Odkaz na vědeckou publikaci na webu ScienceAdvances:

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adj8898>

Dr. Petra Suková a prof. Vladimír Karas, Astronomický ústav AV ČR

Telefon: +420 226 258 422, email: petra.sukova@asu.cas.cz; vladimir.karas@asu.cas.cz

Dr. Michal Zajaček, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

Telefon: +420 549 49 8773, email: zajacek@physics.muni.cz

Dr. Vojtěch Witzany, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

Telefon: +420 95155 2509, email: vojtech.witzany@matfyz.cuni.cz

<https://www.asu.cas.cz/articles/2257/19/poskytavani-ve-vzdalene-galaxii-upozornuje-astronomy-na-no-ve-chovani-cernych-der>