

## ČESKÁ VERZE

**Poškytávání ve vzdálené galaxii upozorňuje astronomy na nové chování černých děr**

**Nová analýza odhaluje menší černou díru, která opakovaně proráží plynný disk větší černé díry v centru vzdálené galaxie.**

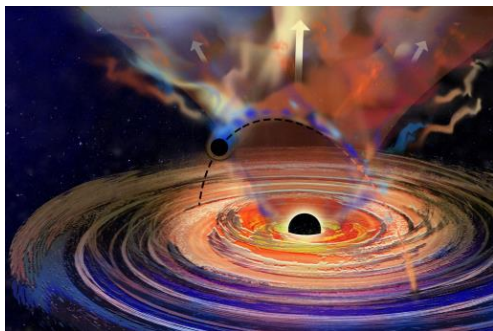
**Originál:** Jennifer Chu (MIT News)

**Úpravy:** Pavel Suchan (ASU AV ČR News), Leoš Verner (SCI MUNI News), Petra Suková (ASU AV), Vladimír Karas (ASU AV), Vojtěch Witzany (MFF UK), Michal Zajaček (SCI MUNI)

*Zdá se, 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 vyvrhne 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.*



*Kredit: Jose-Luis Olivares and Dheeraj Pasham, MIT*

*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.*

### **“Ted’ 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 zaměřit na záblesk 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.

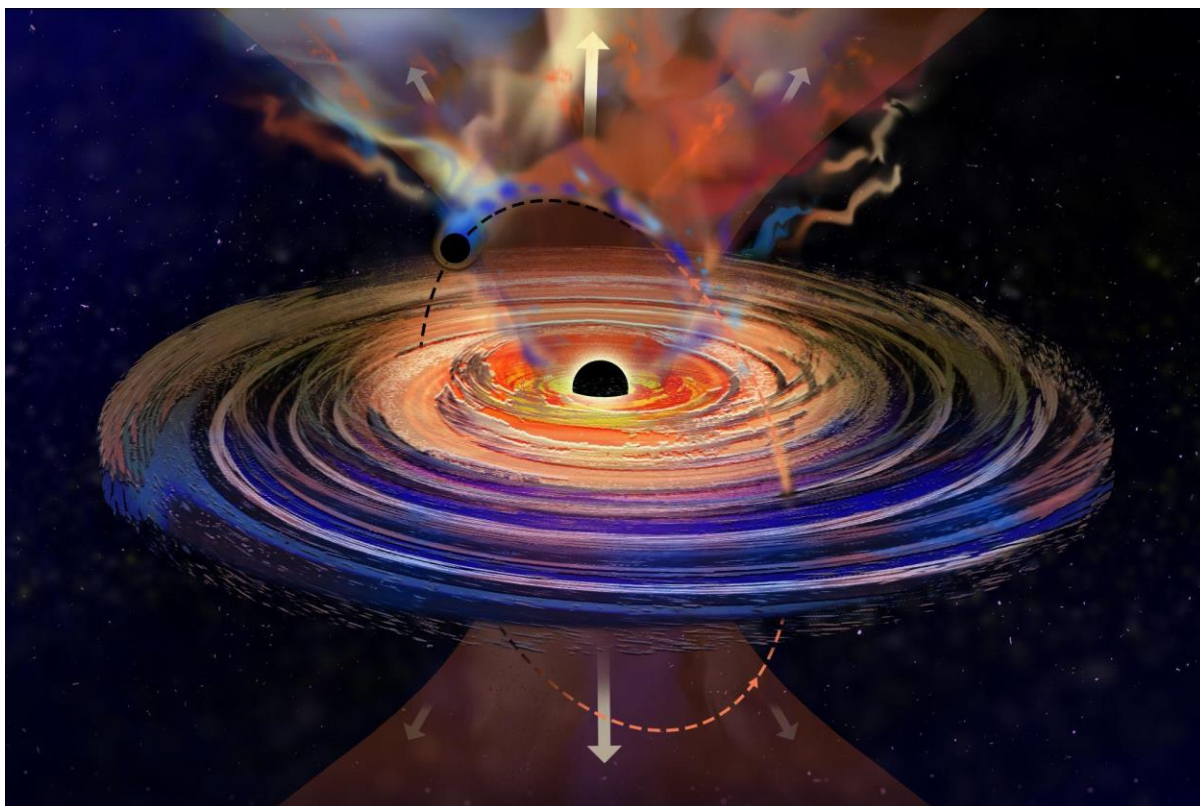
### **Přelet nad akrečním diskem**

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 pohltit 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 ‘druhogenerační’ 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**

### **Odkaz na anglickou verzi tiskové zprávy vydané MIT**

### **Kontakty**

#### **Dr. Petra Suková a Prof. Vladimír Karas**

Astronomický ústav AV ČR

Tel. č.: +420 226 258 422

Email: [petra.sukova@asu.cas.cz](mailto:petra.sukova@asu.cas.cz)

[vladimir.karas@asu.cas.cz](mailto:vladimir.karas@asu.cas.cz)

#### **Dr. Michal Zajaček**

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity

Tel. č.: +420 549 49 8773

Email: [zajacek@physics.muni.cz](mailto:zajacek@physics.muni.cz)

**Dr. Vojtěch Witzany**

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

Tel. č.: +420 95155 2509

Email: [vojtech.witzany@matfyz.cuni.cz](mailto:vojtech.witzany@matfyz.cuni.cz)

**ANGLICKÁ VERZE**

**EMBARGOED FOR RELEASE**

**WEDNESDAY, MARCH 27, 2024, 2:00 PM ET**

**Contact: Abby Abazorius, MIT Institute Office of Communications  
abbya@mit.edu // 617.253.2709**

## **Persistent hiccups in a far-off galaxy draw astronomers to new black hole behavior**

**New analysis reveals a tiny black hole repeatedly punching through a larger black hole's disk of gas.**

**Written by Jennifer Chu, MIT News**

**CAMBRIDGE, Mass.** -- At the heart of a far-off galaxy, a supermassive black hole appears to have had a case of the hiccups.

Astronomers from MIT, Italy, the Czech Republic, and elsewhere have found that a previously quiet black hole, which sits at the center of a galaxy about 800 million light years away, has suddenly erupted, giving off plumes of gas every 8.5 days before settling back to its normal, quiet state.

The periodic hiccups are a new behavior that has not been observed in black holes until now. The scientists believe the most likely explanation for the outbursts stems from a second, smaller black hole that is zinging around the central, supermassive black hole and slinging material out from the larger black hole's disk of gas every 8.5 days.

The team's findings, which are published today in the journal *Science Advances*, challenge the conventional picture of black hole accretion disks, which scientists had assumed are relatively uniform disks of gas that rotate around a central black hole. The new results suggest that accretion disks may be more varied in their contents, possibly containing other black holes, and even entire stars.



“We thought we knew a lot about black holes, but this is telling us there are a lot more things they can do,” says study author Dheeraj “DJ” Pasham, a research scientist in MIT’s Kavli Institute for Astrophysics and Space Research. “We think there will be many more systems like this, and we just need to take more data to find them.”

The study’s MIT co-authors include postdoc Peter Kosec, graduate student Megan Masterson, Associate Professor Erin Kara, Principal Research Scientist Ronald Remillard, and former research scientist Michael Fausnaugh, along with collaborators from multiple institutions, including University of Rome and Masaryk University in the Czech Republic.

### **“Use it or lose it”**

The team’s findings grew out of an automated detection by ASAS-SN (the All Sky Automated Survey for SuperNovae), a network of 20 robotic telescopes situated in various locations across the northern and southern hemispheres. The telescopes automatically survey the entire sky once a day for signs of supernovae and other transient phenomena.

In December of 2020, the survey spotted a burst of light in a galaxy about 800 million light years away. That particular part of the sky had been relatively quiet and dark until the telescopes’ detection, when the galaxy suddenly brightened by a factor of 1,000. Pasham, who happened to see the detection reported in a community alert, chose to focus in on the flare with NASA’s NICER (the Neutron star Interior Composition Explorer), an X-ray telescope aboard the International Space Station that continuously monitors the sky for X-ray bursts that could signal activity from neutron stars, black holes, and other extreme gravitational phenomena. The timing was fortuitous, as it was getting toward the end of Pasham’s year-long period during which he had permission to point, or “trigger” the telescope.

“It was either use it or lose it, and it turned out to be my luckiest break,” he says.

He trained NICER to observe the far-off galaxy as it continued to flare. The outburst lasted for about four months before petering out. During that time,

NICER took measurements of the galaxy's X-ray emissions on a daily, high-cadence basis. When Pasham looked closely at the data, he noticed a curious pattern within the four-month flare: subtle dips, in a very narrow band of X-rays, that seemed to reappear every 8.5 days.

It seemed that the galaxy's burst of energy periodically dipped every 8.5 days. The signal is similar to what astronomers see when an orbiting planet crosses in front of its host star, briefly blocking the star's light. But no star would be able to block a flare from an entire galaxy.

"I was scratching my head as to what this means because this pattern doesn't fit anything that we know about these systems," Pasham recalls.

### **Punch it**

As he was looking for an explanation to the periodic dips, Pasham came across a recent paper by theoretical physicists in the Czech Republic. The theorists had separately worked out that it would be possible, in theory, for a galaxy's central supermassive black hole to host a second, much smaller black hole. That smaller black hole could orbit at an angle from its larger companion's accretion disk.

As the theorists proposed, the secondary would periodically punch through the primary black hole's disk as it orbits. In the process, it would release a plume of gas, like a bee flying through a cloud of pollen. Powerful magnetic fields, to the north and south of the black hole, could then slingshot the plume up and out of the disk. Each time the smaller black hole punches through the disk, it would eject another plume, in a regular, periodic pattern. If that plume happened to point in the direction of an observing telescope, it might observe the plume as a dip in the galaxy's overall energy, briefly blocking the disk's light every so often.

"I was super excited by this theory, and I immediately emailed them to say, 'I think we're observing exactly what your theory predicted,'" Pasham says. He and the Czech scientists teamed up to test the idea, with simulations that incorporated NICER's observations of the original outburst, and the regular, 8.5-day dips. What they found supports the theory: The observed outburst was

likely a signal of a second, smaller black hole, orbiting a central supermassive black hole, and periodically puncturing its disk.

Specifically, the team found that the galaxy was relatively quiet prior to the December 2020 detection. The team estimates the galaxy's central supermassive black hole is as massive as 50 million suns. Prior to the outburst, the black hole may have had a faint, diffuse accretion disk rotating around it, as a second, smaller black hole, measuring 100 to 10,000 solar masses, was orbiting in relative obscurity.

The researchers suspect that, in December 2020, a third object — likely a nearby star — swung too close to the system and was shredded to pieces by the supermassive black hole's immense gravity — an event that astronomers know as a “tidal disruption event.” The sudden influx of stellar material momentarily brightened the black hole's accretion disk as the star's debris swirled into the black hole. Over four months, the black hole feasted on the stellar debris as the second black hole continued orbiting. As it punched through the disk, it ejected a much larger plume than it normally would, which happened to eject straight out toward NICER's scope.

The team carried out numerous simulations to test the periodic dips. The most likely explanation, they conclude, is a new kind of David-and-Goliath system — a tiny, intermediate-mass black hole, zipping around a supermassive black hole.

“This is a different beast,” Pasham says. “It doesn't fit anything that we know about these systems. We're seeing evidence of objects going in and through the disk, at different angles, which challenges the traditional picture of a simple gaseous disk around black holes. We think there is a huge population of these systems out there.”

This research was supported in part NASA.

###