

NEZKOUŠEJTE TO DOMA: Dívat se do výtrysku ze superhmotné černé díry není něco, k čemu bychom vás chtěli nabádat. Výtrysk má dostatek potenciálu k vytvoření bublin horkého plynu s energií ekvivalentní milionům či miliardám výbuchů supernovy.

Zpětný vítr Z ČERNÉ DÍRY

*Jediná černá díra, menší než sluneční soustava,
může řídit osud celého svazku galaxií.*

Wallace Tucker, Harvey Tananbaum a Andrew Fabian



Pokud byste nakreslili ve velkém měřítku mapu vesmíru, vypadala by spíše jako mapa dálničního systému v USA. Galaxie jsou shromážděny do vláken, která křížují mezigalaktický prostor jako silnice. Mezi těmito silnicemi jsou oblasti s poměrně nízkou hustotou výskytu galaxií – kosmický venkov. A na křižovatkách, kde se sbíhá řada vláken, jsou shluky či kupy galaxií: kosmická megaměsta.

Velikost těchto kup je ohromující. Světlu zabere cesta ze Země na Měsíc o něco více než sekundu a ze Slunce na Zemi zhruba osm minut. Světlo z centra naší Galaxie Mléčné dráhy k nám letí celých 25 tisíc let. I to je docela rychlé v porovnání s časem, který světlo potřebuje k překonání galaktické kupy – asi 10 milionů let. Galaktické kupy jsou ve skutečnosti největšími útvary ve vesmíru, které drží pohromadě silou gravitace. Tyčinkovitá vlákna mohou být na délku větší, ale nejsou souvislými tělesy, která drží pohromadě gravitací.

Gravitační vazba znamená, že se galaxie a další materiál ve „zralé kupě“ ustavily do dynamické rovnováhy. Galaxie se pohybují uvnitř kupy a v odletu pryč jim brání temná hmota, záhadná forma hmoty, která uniká veškeré detekci kromě nepřímé, při níž pozorujeme její gravitační působení. Interakce těchto složek dává vznik celé řadě jevů, které astronomové teprve začínají chápat.

Podobně jako metropole na Zemi, jsou i kupy galaxií víc než jen pouhým součtem svých obyvatel. Procesy probíhající v měřítku galaktické kupy mohou určovat procesy v daleko menších měřítkách, například růst galaxií nebo pohon extrémně hmotných černých děr ve středu těchto galaxií. Naopak černé díry vyvrhují velkou rychlostí obrovská množství materiálu, který může řídit evoluci celé galaktické kupy. Na první pohled jsou tato propojení mezi velkým a malým záhadná. Průměry černých děr, o kterých

Plyn, který je prvotně ohříván pomalým gravitačním kolapsem kupy, vysílá rentgenové paprsky. Optické dalekohledy plyn nemohou zachytit, a rentgenové paprsky nemohou projít pozemskou atmosférou, takže objev a studium tohoto plynu závisely na observatořích na oběžné dráze. Před dvěma desetiletími si astronomové pozorující s Einsteinovou rentgenovou observatoří NASA a dalšími přístroji všimli, že rentgenové paprsky unášejí pryč tolik energie, že by se měl plyn stále ochlazovat a usazovat se ve středu kupy – proto termín „chladnoucí plyn“. Jeden z nás (Fabian) otevřel novou cestu ve výzkumu těchto toků s využitím satelitu Einstein a později německého rentgenového satelitu ROSAT. Spolu se svými kolegy spočítal, že by toky měly docela dramatický účinek. Pokud by vydržely po miliardu let, mohl by plyn usazený ve středu shluku vytvořit biliony nových hvězd.

Pokud by měla černá díra ovlivňovat celou kupu galaxií,

bylo by to podobné vlivu borůvky na ZEMĚKOULI.

mluvíme, jsou menší, než je průměr sluneční soustavy. Pokud by měly ovlivňovat celou kupu galaxií, bylo by to podobné vlivu borůvky na zeměkouli.

Případ mizejícího plynu

Interakce vysvětluje některé dlouhodobé záhady „městského“ života ve vesmíru. Jednou z nich je problém tak zvaného chladnoucího toku, který souvisí s plynem o teplotě mnoha milionů stupňů Celsia, jenž vyplňuje prostor mezi galaxiemi ve shluku. Pokud přestavují galaxie v kupě jádra velkoměsta, je tento plyn možno přirovnat k předměstským čtvrtím. Podobně jako předměstí, která obklopují většinu amerických center, je plyn vlastně více osídlenou oblastí: obsahuje více hmoty než všechny hvězdy ve všech galaxiích v kupě.

ZÁKLADNÍ POJMY

- n S využitím kombinace rádiového a rentgenového teleskopu astronomové odhalily rozsáhlé bubliny vysoce energetických částic v prostoru o velikosti statisíců světelných let. Energie potřebná k vytvoření těchto struktur se vymyká naší představivosti – je tak velká, jako by se naráz 100 milionů hvězd změnilo v supernovu.
- n Jediným objektem, který by byl schopen vytvořit takové monstrum, je obrovská černá díra. Ne všechna hmota, která se ocitne v blízkosti černé díry, je ztracena. Jak se magnetizovaný horký plyn ve víru akrečního disku pohybuje směrem k černé díře, mohutné elektromagnetické síly z něj část oddělí a vyvrhnou tuto část plynu v úzkém výtrysku.
- n Výtrysk umí nejen vytvořit bubliny, navíc přidává do mezigalaktického plynu v galaktické kupě teplo a magnetismus; to řeší dlouholetou astronomickou záhadu. Děj je zřejmě částí cyklu, který trvá mnoho milionů let a reguluje růst superobřích galaxií v centrech kup.

Jediným problémem bylo to, že je nikdo nemohl najít. Pozorovatelé nadarmo upírali svůj zrak do prázdna a hledali velká množství chladného plynu a hordy nově tvořených hvězd. Pokud je černá díra všechny spolkla, vážila by jako bilion hvězd, a tak velkou hmotnost žádná černá díra nemá. Další z nás (Tucker) zdůrazňoval, že ve velkém měřítku dlouhodobé chladnoucí toky neexistují. Možným vysvětlením bylo to, že dlouho trvající výtrysky energie z ústřední galaxie shluku ohřívají plyn dostatečně na to, aby vyrovnaly radioaktivní ochlazování. Radioastronomové po léta shromažďovali důkazy takové aktivity. Bylo však sporné, zda výtrysky poskytovaly dostatek energie distribuované přes dostatečně velký objem, aby se zastavily ochlazující toky, takže zůstávala záhada: horký plyn v kupě se musí ochlazovat, ale konečný produkt ochlazování záhadně unikal detekci.

Řešení této záhady bylo hlavním cílem dvou kvalitních rentgenových dalekohledů, uvedených do provozu v roce 1999 – rentgenové observatoře NASA pojmenované Chandra a XMM-Newton Evropské kosmické agentury. Protože plyn ve shlucích vyzařuje svou energii značně pomalu, zachovává záznam aktivity ve shlucích za posledních několik miliard let. Zachovávají si například prvky a energii vpravenou do tohoto útvaru při výbuších supernov ve shluku galaxií. Podobně jako archeologové odkrývají minulost, mohou astronomové použít své nové teleskopy k odkrytí reliktních přítomných v galaktických shlucích a postupně poskládat jejich historii.

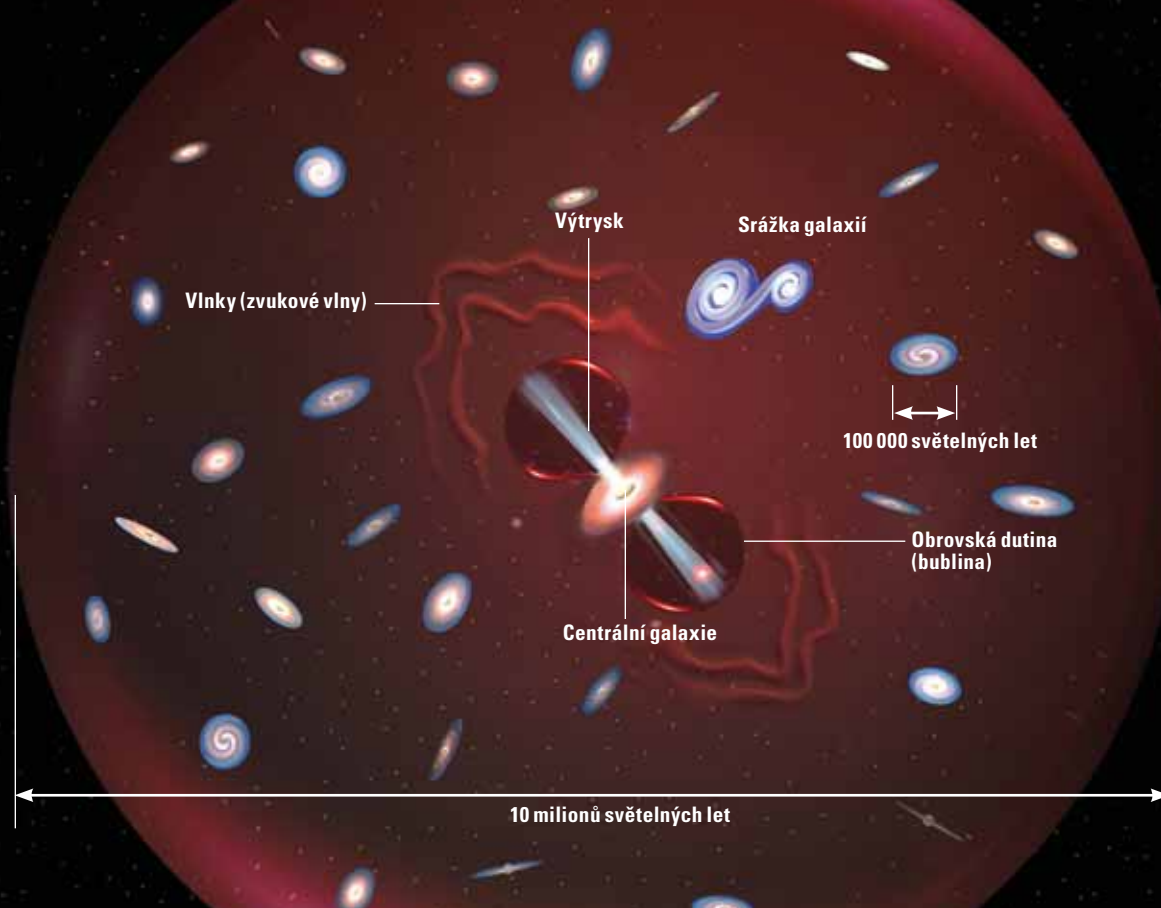
Bubliny, bubliny

Nejjasnější galaktickou kupou, pozorovanou rentgenovými přístroji, je útvar ve směru souhvězdí Persea, díky své vysoké svítivosti a poměrné blízkosti Země (asi 300 milionů světelných let) V 90. letech ROSAT objevil dvě rozsáhlé díry v rentgenovém plynu v centru kupy. Vypadají jako hodinové sklíčko, zaměřené na obrovskou galaxii NGC 1275. S pomocí observato-

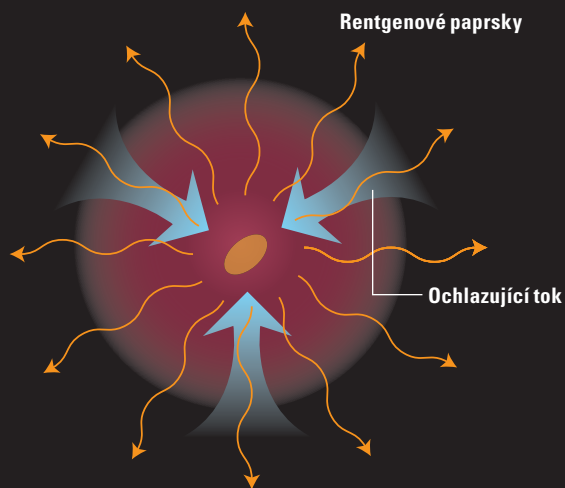
ANATOMIE GALAKTICKÉ KUPY

Největší věci ve vesmíru, kterým je ještě možné říkat „věci“, jsou galaktické kupy. Skládají se asi z 1000 galaxií, pohybujících se v kouli horkého plynu (červeně) jako včelky

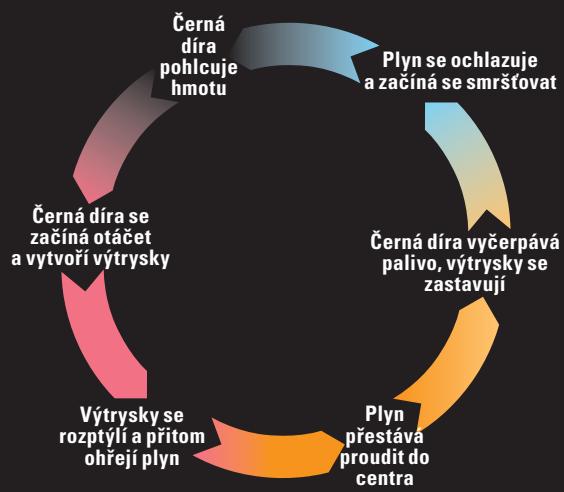
v úlu. Přitom jim gravitace brání, aby se rozletěly do všech stran. Ve středu kupy se nachází zvláště velká galaxie – místo s nejbouřlivějšími ději v současném vesmíru.



Protože s rentgenovými paprsky uniká energie, měl by se plyn v kupě ochlazovat a smršťovat se. Během miliard let by měl vytvořit biliony nových hvězd. Ve skutečnosti vidíme hvězd jen málo.



Cyklus ohřívání a chladnutí vysvětluje, proč nejsou tyto hvězdy vidět. Trysky černé díry vracejí energii do plynu a brání jeho smršťování.



ře Chandra se Fabian a jeho kolegové se vydali zpět, aby se podívali více zblízka. Jejich údaje z Chandry ukazovaly dutiny ve výborném detailu a prozradily, že jsou spojeny s dříve pozorovanými radiovými výtrysky vycházejícími z centra obrovské galaxie [viz ilustrace na straně 20]. Rentgenové dutiny nejsou prázdné; vyplňují je magnetická pole a energetické částice, jako jsou protony a elektrony. Tyto energetické bubliny s malou hustotou narůstají a odtlačují stranou horký plyn, který vydává rentgenové záření.

Další shluky jsou také bublinami. Pozorování observatoře Chandra odhalilo dutiny s připojenou radiovou emisí v kupách Hydra A, Hercules A a Abell 2597. Observatoř také odhalila bubliny, které se jeví slabě jak v radiových vlnách, tak rentgenových paprscích, což ukazovalo na to, že energetické částice uvnitř rozptýlily většinu jejich energie. Tyto „přízračné dutiny“ se oddělily z centrální galaxie a mohou být zbytky minulých bublin.

Za dodnes nejpodivuhodnější aktivitu pozorovanou observatoří Chandra považujeme dění v kupě MS 0735.6+7421 (zkráceně MS 0735), které objevil Brian R. McNamara, nyní na University of Waterloo, se svými kolegy. Ačkoli není obraz této kupy tak podrobný jako obraz kupy v Perseovi, vypráví nám úchvatný příběh. Každá ze dvou rentgenových dutin shlu-

vyžil spektra změřená teleskopem XMM a ukázal, že chladnoucí plyn se nevyskytuje v kupách, které mají takové bubliny – což silně ukazuje na to, že bubliny chrání plyn před chladnutím. Chybí však spojitost v tomto tvrzení? Jak se energie přenáší z bublin na plyn?

Velmi hluboké tóny

Očividnou odpovědí je to, že bubliny vytvářejí silné tlakové vlny způsobem podobným atmosférickým explozím na Zemi. Jak energetický materiál z exploze tlačí do atmosféry nadzvukovou rychlostí, stlačuje okolní vzduch do tenké slupky. Kolize mezi natěsnanými částicemi přeměňují kinetickou energii exploze v teplo. Silné tlakové vlny byly také pozorovány v celé řadě kosmických jevů, například jako zbytky po explozích supernov.

H. L. Mencken prý hlásil toto pozorování: „Na každý složitý problém existuje odpověď, která je jasná, jednoduchá a chybná.“ Naneštěstí se zdá, že ohřívání plynu v kupách silnými tlakovými vlnami je právě takovým případem. Teleskopy nevidí žádné horké, tenké slupky, které by byly vytvářeny takovým ohřevem. Je také pravděpodobné, že ohřívání silnými tlakovými vlnami by bylo příliš koncentrováno v centrálních oblastech kupy, než aby vyrovnalo rozsáhlé ochlazování plynu v kupě.

Ve světě zvuků tyto vlny odpovídají B-moll, 57 OKTÁV pod středním C.

ku měří přes 600 000 světelných let – je více než šestkrát větší, než je průměr disku naší Galaxie. Velikost dutin a pozorovaná hustota a teplota plynu okolo nich ukazuje, že jsou 100 milionů let staré a obsahují tolik kinetické energie jako 10 miliard supernov. Dokonce astronomové, kteří se pravidelně zabývají miliardami a biliony, jsou uchváteni nekonečností bublin a obrovským množstvím energie v nich obsažené.

Tato energie postačuje k řešení záhady ochlazujících toků. John R. Peterson, nyní na Purdue University, spolu s dalšími

AUTOŘI

Wallace Tucker, Harvey Tananbaum a Andrew Fabian jsou vedoucími osobnostmi rentgenové astronomie od samého jejího počátku. Tucker, vědecký mluvčí Chandra X-ray Center, studuje temnou hmotu, galaktické kupy a zbytky supernov. Publikuje odborné materiály, články do magazínů (včetně Scientific American) a dodnes napsal šest knih, napsal tři oceněné hry o původních Američanech. Tananbaum je ředitelem Chandra X-ray Center, člen Národní akademie věd a držitel Rossiho ceny za rok 2004. Ve svých výzkumech se zabývá rentgenovými dvojhvězdami, kvazary, aktivními galaxiemi a také rentgenovými galaxiemi. Fabian je profesorem na Cambridgeské univerzitě, členem Královské společnosti a držitel Rossiho ceny za rok 2001. Je spoluautorem více než 500 vědeckých článků o galaktických kupách a černých dírách s akrečními disky.

Pravděpodobnějším mechanismem přenosu energie je ohřev zvukovými vlnami. Mezigalaktický plyn uvnitř kupy může být podle lidských měřítek velmi řídký (jde o pouhých několik tisíc atomů vodíku na centimetr krychlový), ale zvukové vlny se v něm mohou přesto šířit. Vytvářejí se do slabých, lehce nadzvukových tlakových vln, které plyn mírně ohřívají.

Speciálním zpracováním obrazů kupy v Perseovi Fabianova skupina odhalila „zbraň, ze které je ještě kouří“ – řadu téměř soustředných vlnek. Hustota a tlak plynu, ne však jeho teplota, se ve vnější vlnce náhle mění, což ukazuje na to, že jde o slabou tlakovou vlnu. Ve vnějších vlnách se hustota a tlak mění postupně, což ukazuje na to, že tyto vlny jsou zvukovými vlnami. Mezery mezi vlnami (35 tisíc světelných let) a vypočítaná rychlost zvuku v plynu (1170 km/s) napovídá, že mezi vznikem vln uběhlo 10 milionů let. Ve světě zvuků tyto vlny odpovídají B moll, 57 oktáv pod středním C. Čeho se snad těmto vlnám nedostává v hudbě, toho mají měrou vrchovatou ve své síle.

Podobné vlastnosti se ukazují v kupě, která se nachází v souhvězdí Panny, naší nejbližší kupě galaxií, vzdálené 50 milionů světelných let. William Forman z Harvard-Smithsonian Center of Astrophysics se svými kolegy pozoroval ústřední, dominantní galaxii v tomto shluku, M87, s využitím observatoře Chandra. Nalezl síť vláknitých struktur, z nichž každá měřila tisíc světelných let v průměru a padesát tisíc světelných let na délku. Vlákna, podobně jako vlny v kupě Perseus, mohou

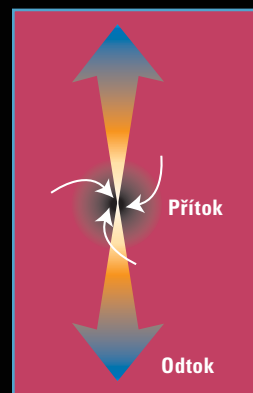
NEJMOCNĚJŠÍ MOTOR, JAKÝ VĚDA ZNÁ

Černé díry nejsou pouhými propadlišti v kosmu. Jsou také motory, které mohou měnit rotační pohyb v lineární. Látka, která do nich padá, přenáší svou rotaci na díru a způsobuje, že se okraje díry pohybují rychlostí blízkou rychlosti světla. Poté magnetické pole díry nasaje část přicházejícího materiálu a formuje do vnějšího výtrysku. Rychle rotující díra může vyvrhnout jeden díl plynu na každé tři díly, které pohltní.

Výtrysk

Rotující
černá díra

POHYB PLYNU



být produktem zvukových vln, vytvářených řadou bublin, které naopak vznikají z výtrysků – v tomto případě vzdálených od sebe šest milionů světelných let. Zvukové vlny jsou tedy asi o oktávu výše než vlny v kupě v Perseovi. Formanův tým také detegoval prstenec horké emise s poloměrem okolo 40 tisíc světelných let, což je pravděpodobně slabé tlakové čelo, stejně jako velkou rentgenovou dutinu asi 70 tisíc světelných let od centra galaxie.

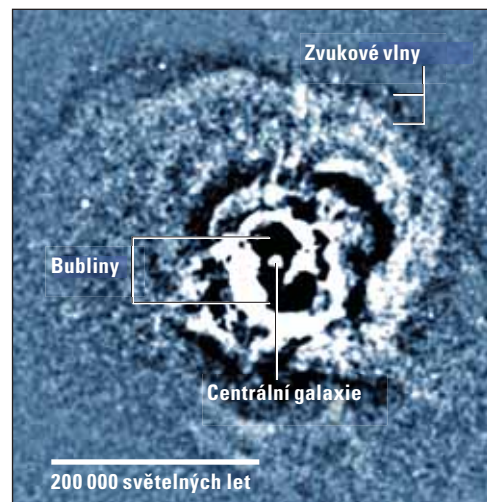
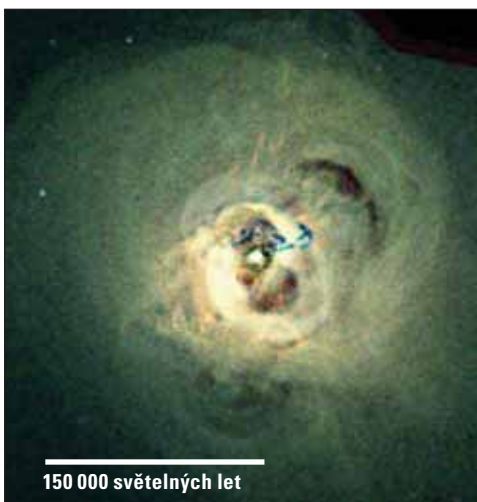
Další otázkou je, jak energie zvukových vln ohřívá plyn. Možná bude klíčem pozorování z kupy v Perseovi, kde se teplota vnitřních vln napříč rázem nezvyšuje. Tvorba tepla by mohla rychle odvádět energii plynných částic, zahřátých tlakovými vlnami, anebo by se mohly vysokoenergetické elektrony unikající z bublin nebo zpoza vln šířit dále a ohřívát plyn.

Každý z dějů by snižoval teplotu v samotném čelu tlakové vlny.

Elektromagnetická tornáda

Největší ze všech otázek je však tahle: Jakým impulsem bubliny začínají? Vědci znají jen jediný typ objektu, který by mohl generovat tolik energie – superhmotnou černou díru. Ačkoli si mnoho lidí představuje černé díry jako bezedné propasti, do nichž všechno jen padá, mohou také vyvrhovat hmotu velkými rychlostmi. Jak přesně to dělají, je v posledních letech předmětem intenzivního studia.

Simulace ukazují, že černá díra může fungovat jako obrovský motor. Magnetická pole poté převádějí tuto rotační energii na lineární pohyb a vyvrhují dávku plynu. Tento proces poprvé



KUPA GALAXIÍ v Perseovi vypadá ve viditelném světle klidně (vlevo), ale ožije, když se na ni podíváme v rentgenovém záření (uprostřed). Prostor mezi galaxiemi je vyplněn horkým plynem prostoupeným jasnými smyčkami vláknky a pruhy. V centru galaxie NGC 1275 se rozpínají dvě bubliny, které se na těchto

snímcích jeví jako prázdné, ale ve skutečnosti obsahují vysoce energetické částice. Při zvýšení kontrastu obrázku (vpravo) vystoupí vlnky, které pokládáme za zvukové vlny přenášející energii do mezigalaktického plynu. Animace chandra.harvard.edu/photo/2003/perseus/animations.html

navrhl na konci 70. let Roger D. Blandford, nyní na Stanfordské univerzitě, a Roman Znajek, který byl na Cambridgeské univerzitě, ale později akademickou půdu opustil. Rotující černá díra kolem sebe stáčí část prostoru, a tak nutí magnetické pole v plynu, který do ní padá, aby vytvořilo tvar nálevky – elektromagnetické tornádo, které vyvrhuje pole a nabitě částice ve dvou opačných výtryscích. Při pomalé rotaci černé díry vytvářejí slabé výtrysky; většina plynu, který do nich proudí, pokračuje rychle do černé díry a zmizí navždy. Naproti tomu rychle rotující černé díry vyvrhují zhruba čtvrtinu plynu, který do nich vstupuje.

voda nebo jako když z vysokotlaké čajové konvice vyrazí pára. Svou roli může hrát i těsně svinuté magnetické pole, které „ovívá“ výtrysk.

Bez ohledu na omezující mechanismus tlak plynu posouvá jeho hranice. Výtrysk zpomaluje a vzdouvá se, přičemž vytváří obrovská zmagnetizovaná mračna vysokoenergetických částic. Tato mračna pokračují v expanzi a vytlačují okolní plyn, aby vytvořila rentgenové dutiny, pozorované observatoří Chandra.

Očekává se, že superhmotné černé díry v centru galaxií se otáčejí pokud dochází k akreci plynu. V průběhu času černá díra pohltí dostatek plynu na to, aby se její hmotnost zdvojnásobila, její horizont neboli vnější hranice, by se měl pohybovat rychlostí blízkou rychlosti světla. Podle Einsteinovy teorie relativity díra nikdy nemůže dosáhnout rychlosti světla bez ohledu na to, kolik plynu pohltí; každá nová porce plynu má „klesající návratnost“. Celá řada pozorovacích metod pro odhad rotace černých děr potvrzuje, že mnoho z nich se otáčí dostatečně rychle na to, aby utvořilo mohutné výtrysky. K podobnému jevu dochází i v menším měřítku. Černé díry o hmotnosti hvězd, které váží jako tucet Sluncí (spíše než jako miliarda) mohou vyvrhovat mocné proudy částic rychlostí blízkou rychlosti světla, přičemž ohřívají okolní plyn a odvrhují ho stranou.

Kosmický hydrologický cyklus

Tento sled událostí, kdy plyn padá do rychle se otáčející černé díry, aby vytvářel obří výtrysky pohybující se směrem od ní, které formují gigantické bubliny s vysokoenergetickými částicemi a ohřívají rozsáhlé objemy vzduchu – to je zpětný vítr skutečně kosmických proporcí. Černá díra odpovídá na jevy v měřítku celé kupy galaxií a zároveň je ovlivňuje.

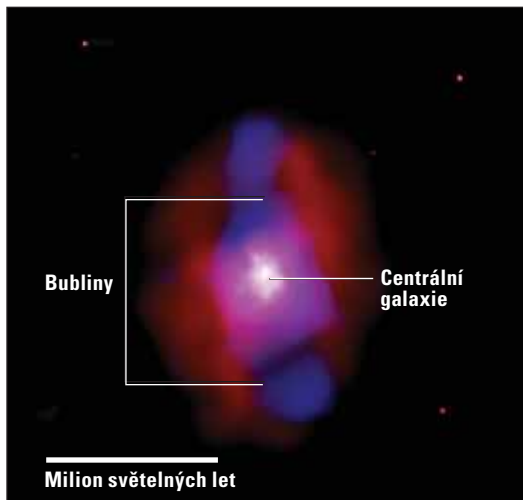
Celý scénář se odehrává následovně: Na počátku je plyn ve shluku velmi horký a superhmotná díra umístěná v centrální oblasti galaxie je klidná. Asi za 100 milionů let plyn v centrální oblasti shluku ochladne a řítí se k centrální galaxii v tenkém pramínku. Část plynu v tomto chladnoucím toku kondenzuje do hvězd, které se stanou součástí ústřední galaxie, zatímco jiné pořádky klesají, aby nasatily superhmotnou černou díru. Takto se utváří akreční disk a aktivují se velmi energetické výtrysky.

Výpočty ukazují, že výtrysky černé díry mají dvě hlavní složky: výtok, v němž převládá látka a který se pohybuje asi třetinou rychlosti světla a vytváří vnější plášť nálevky, a vnitřní oblast podél osy, která obsahuje zředěný plyn částic o extrémně vysoké energii. Vnitřní oblast obsahuje daleké více energie a vytváří dramatické struktury, které astronomové pozorují v radiovém a rentgenovém spektru.

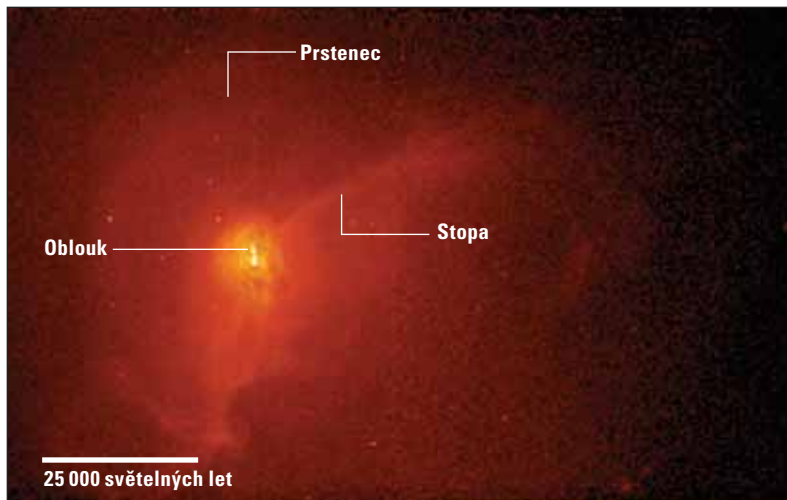
Výtrysky se ženou skrze galaxii a mimo ni do plynu kupy, kde se jejich energie mění na teplo. Toto teplo značně ztenčí ochlazující tok, pokud ho zcela neeliminuje. Je to podobné jako bychom kousali do ruky, která nás krmí: odstraněním ochlazujícího toku černá díra sama zaškrtní svůj přísun plynu a postupně usne. Výtrysky se odmlčí a zanechají plyn kupy bez zdroje tepla. O miliony let později se nakonec horký plyn v ústřední oblasti shluku ochladí dostatečně na to, aby mohl začít nové období růstu pro galaxii a její superhmotnou černou díru. Tak cyklus pokračuje.

Jednou z nejpozoruhodnějších vlastností výtrysků je jejich tužkovitá štíhlost, kterou si uchovávají i při cestách na vzdálenost stovek či tisíců světelných let, daleko za hranicemi svých mateřských galaxií. Tlak plynu v blízkosti černé díry může dát výtrysku v počátku podobu úzkého paprsku, a možná že setrvačnost udržuje paprsek dál úzký, jako když z hadice stříká

Tento scénář podporují rentgenové a radiové snímky s vysokým rozlišením kup v Panně, Perseovi, Hydře a dalších, které ukazují opakující se výtrysky z blízkosti superhmotných černých děr ústřední galaxie. Magnetizované prstence, bubliny



NEJMOCNĚJŠÍ DOSUD POZOROVANÁ ERUPCE na vzdálenost 100 milionů světelných let v kupě MS 0735. Bublina (modrá barva) na snímku složeném z rádiového i rentgenového pozorování jsou 250 krát silnější než obdobné útvary v kupě v Perseovi.



VÝTRYSKY Z GALAXIE M87 v kupě v Panně jsou relativně slabší – jen 0,01 procenta ve srovnání s MS 0735 – ale jsou v nich vidět jemné detaily včetně zakřivených stop (jež jsou pravděpodobně pozůstatky předchozích „vzplanutí“, oblouků (asi rázové vlny) a slabých prstenců (patrně zvukové vlny).

a výtrysky o velikosti několika tisíců až statisíců světelných let přesvědčivě napovídají, že tato neobyčejně bouřlivá aktivita probíhá v těchto kupách po stovky milionů let.

Fantastickým důsledkem je to, že superhmotné černé díry stále rostou vysokou rychlostí dokonce i dnes. Astronomové se domnívali, že jejich růst se zpomalil. V případě kupy MS 0735 aktivita ukazuje, že superhmotná černá díra za posledních 100 milionů let pohltila ekvivalent 300 milionů sluncí – a že tedy za poměrně krátký interval téměř zdvojnásobila svou hmotnost. Ústřední černá díra však nevykazuje žádné známky aktivity, jako jasné rentgenové záření nebo viditelné světlo, které obvykle vysílají aktivní díry. Pouze z rentgenových dutin můžeme odvozovat vlastnosti tohoto mimořádného systému.

Kosmické důsledky

Scénář je obohacen galaktickými srážkami, vsudypřítomným rizikem v ústředních oblastech galaktických kup. Malá galaxie, které putují v přílišné blízkosti obrovské centrální galaxie, je roztrhána – její hvězdy jsou asimilovány, část jejího plynu se ztratí v černé díře, její vlastní centrální černá díra splyne se svým protějškem v obrovské galaxii. Obrovské dutiny pozorované v MS 0735 byly zřejmě výsledkem celé řady událostí iniciovaných, když vstupující galaxie vyvolala obrovský přítok plynu do superhmotné černé díry.

Role srážek ve shlucích může vědcům pomoci pochopit evoluci galaxií v raném vesmíru. Dá se říci, že kupy jsou živoucími fosíliemi, jedinými místy ve vesmíru, kde se uchovaly podmínky, které převládaly před miliardami let, kdy byly galaxie blíže u sebe a splynutí bylo běžným jevem. Narůstající výzkum ukazuje, že mnoho aspektů tvorby a evoluce galaxie – velikost a tvar galaxií, rychlost tvorby hvězd – lze pochopit v termínech kosmického cyklu zahrnujícího splývání galaxií. Rozsáhlé počítačové simulace, které provedl Philip F. Hopkins z Harvard-Smithsonian Center of Astrophysics se svými kolegy, ukazují, že splynutí galaxií bohatých na plyn spouští mohutnou tvorbu hvězd a přítok plynu do centrální oblasti. Přitékající plyn je palivem pro rychlý růst superhmotné černé díry a intenzivní záření z její blízkosti. Zpětný vítr vyvrhuje velkou část plynu z galaxie, tvorba hvězd se náhle zpomaluje

a akrece na černou díru se zmenšuje – dokud nedojde k novému splynutí.

Většina zpětných vazeb černých děr, jež formovaly evoluci galaxií, se vyskytovala před osmi až deseti miliardami let. Od té doby vesmír značně prořídil, s výjimkou galaktických kup. Zpětný vítr v kupách je podobný (ne však identický) tomu, který se vyskytoval v dávném vesmíru, což astronomům umožňuje studovat výtrysky, bubliny a vlny, které utvářely naši Galaxii a další.

Může se zdát podivné, že superhmotné černé díry, objekty vážící několik milionů až několik stovek milionů Sluncí, mají takový vliv na galaxie, jejichž hmotnost sahá od několika miliard ke stovkám miliard Sluncí, přičemž samotné kupy galaxií dosahují hmotnosti stovek bilionů Sluncí. Důvodem je koncentrovaná povaha superhmotných černých děr a jejich gravitační pole. Extrémně hmotné černé díry představují zdaleka největší přísun gravitační potenciální energie v celé galaxii. Vysláním této energie skrze akreční disky a vznikem megavýtrysků zpětný vítr rozsáhle zvyšuje dosah černých děr – což z něj činí jeden z nejdůležitějších dějů, jaké ve vesmíru probíhají.

➔ CHCETE-LI VĚDĚT VÍCE:

Black Holes and Time Warps. Kip Thorne. W. W. Norton, 1994.

Cooling Flows in Clusters of Galaxies. A. C. Fabian in *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, díl 32, strany 277–318; 1994.

A Deep Chandra Observation of the Perseus Cluster: Shocks and Ripples. A. C. Fabian et al. in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, díl 344, č. 3, strany L43–L47; září 2003. Available at <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0306036>

Energy Input from Quasars Regulates the Growth and Activity of Black Holes and Their Host Galaxies. Tiziana Di Matteo, Volker Springel and Lars Hernquist in *Nature*, díl 433, strany 604–607; 10. únor 2005. arxiv.org/abs/astro-ph/0502199

Magnetically Driven Jets in the Kerr Metric. J. Hawley and J. Krolik in *Astrophysical Journal*, díl 641, č. 1, Part 1, strany 103–116; 10. dubna, 2006. arxiv.org/abs/astro-ph/0512227

For the latest from the Chandra and XMM-Newton orbiting observatories, see <http://chandra.harvard.edu> and <http://xmm.esac.esa.int/>