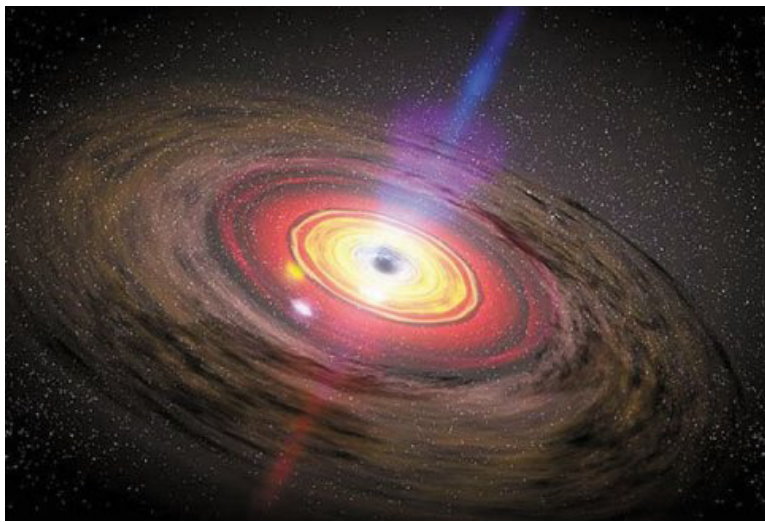


Černé díry

Existence „temných hvězd“, tedy hvězd s natolik silnou gravitační přitažlivostí, že ani vlastní světlo z hvězdy neunikne, byla předpovězena už na konci 18. století nezávisle na sobě Angličanem Johnem Michellem a Francouzem Pierrem-Simonem Laplaccem, kteří použili klasickou Newtonovu teorii gravitace. Teprve Einsteinova obecná teorie relativity, zveřejněná v roce 1915, ale umožnila zkoumat všechny podivuhodné vlastnosti těchto objektů. První řešení pro nerotující a nenabitou „zamrzlou hvězdu“, jak se černým díram dlouhá léta říkalo, vypočítal německý astronom Karl Schwarzschild už pár měsíců po zveřejnění Einsteinovy teorie. Současné označení vymyslel až v roce 1967 americký fyzik John Wheeler.

Černé díry mají mnoho podivuhodných vlastností (například horizont událostí, tedy hranici, kterou žádný signál či žádná informace z černé díry ven nikdy nepřekročí, anebo singularitu – tedy bod s nekonečnou hustotou ve svém středu, atp.) a nebylo snadné je

ve vesmíru rozpoznat. Přímo se pozorovat nedají, neboť žádné světlo z nich neunikne, a tak se musíme spoléhat na nepřímé indicie – zvláště pak na projevy jejich gravitačního působení. V současné době se domníváme, že existují černé díry tří různých tříd: Zaprvé, jde o hvězdné černé díry, „těžké“ jako několik Sluncí a vzniklé po vyčerpání termojaderného paliva z velmi hmotných hvězd. Zadruhé o středně hmotné černé díry, s hmotností stovek či tisíců Sluncí, které byly dávno teoreticky předpovězeny a dlouho odolávaly nalezení – zatím známe jednu takovou černou díru v naší Galaxii a jednu v galaxii NGC 4472. A konečně, za třetí by se v jádru téměř každé Galaxie měla nacházet černá veledíra s hmotností mnoha miliónů Sluncí. Zatím si nejsme jisti, jak dva později vyjmenované typy černých děr vznikají, ale nejspíš jde buď o postupné nabalování hmoty na zárodečnou hvězdnou černou díru, anebo o výsledek srážky uvnitř hvězdokupy. Veledíry pak mají to štěstí, že jsou ve velmi hustém prostředí uprostřed galaxie a mohou se dlouhodobě vytrvale krmit. Pro náš problém jsou navíc nejzajímavější, protože právě tenhle typ černých děr slouží jako motor pro aktivní galaktická jádra.



Umělecká představa černé veledíry ve aktivním galaktickém jádru. Kredit: NASA

Aktivní galaktická jádra

Záhy poté, co astronomové v dvacátých letech 20. století rozpoznali, že galaxie jsou obrovské hvězdné ostrovy čítající až stovky miliard hvězd, všimli si také, že některé galaxie jsou v různých částech spektra svítivější než jiné – byla odlišena podmnožina galaxií nazývaných „aktivní galaxie“. Později byla tato kategorie zúžena – například galaxie s překotnou tvorbou hvězd získaly svoji vlastní kategorii – a v kategorii aktivních galaxií zůstaly jen ty, které mají aktivní jádro. V současnosti se domníváme, že všechny druhy aktivních galaxií fungují na stejném fyzikálním principu - uprostřed každého aktivního galaktického jádra (AGN) sedí černá veledíra (s hmotností alespoň desítek miliónů Sluncí), která se postupně sytí hmotou ze svého akrečního disku, což je oblast v oběžné rovině černé díry, kde se shromažďuje a otáčí „předkousaná“ hmota, která postupně padá pod horizont černé díry. Černá veledíra se kromě akrečního disku vyznačuje ještě dalším pozoruhodným znakem, že totiž vyvrhává energetické záření a částice podél své rotační osy v tzv. výtryscích (angl. jets). Podle toho, pod jakým úhlem aktivní galaktické jádro pozorujeme, odlišujeme různé jeho typy. Nejdramatičtější se projevují AGN, která pozorujeme zhruba ve směru rotační osy, tedy ve směru výtrysku, kterým říkáme blazary nebo kvasary. Jádrům, která pozorujeme více z boku, říkáme buď Seyfertovy galaxie, anebo – pokud emitují i intenzivní rádiové záření – rádiové galaxie.

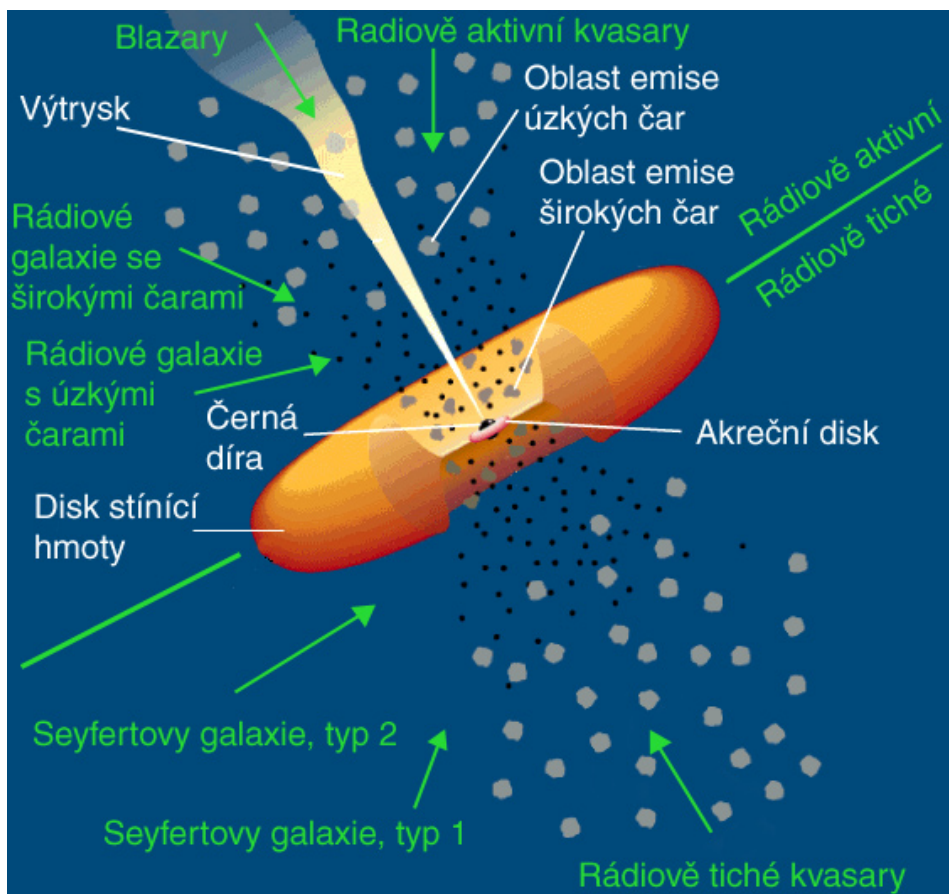


Schéma tzv. sjednoceného modelu aktivních galaktických jader. Vždy pozorujeme činnost černé veledíry v jádru galaxie, ale záleží na směru našeho pohledu, jaké její projevy budeme pozorovat. Některá aktivní jádra intenzivně září v rádiové oblasti, jiná ne. Některá mají výrazný výtrysk, jiná zase nemají. V závislosti na směru našeho pohledu na danou galaxii (různé směry pohledu jsou vyznačeny zelenými šipkami) pozorujeme různé typy objektů. Kredit: NASA

Urychlování kosmického záření v aktivních galaktických jádrech

Přesný mechanismus urychlování není znám. Protože extrémně energetické kosmické záření je tvořeno především nabitými částicemi, je pro jeho urychlování zapotřebí magnetické pole, a to magnetické pole buď velmi intenzivní – jaké je třeba ve výtrscích aktivních galaktických jader – anebo pole sice slabší, ale velmi rozsáhlé, jaké je k dispozici třeba v lalocích rádiových galaxií (tedy jednoho z typů aktivních galaxií). Částice pak mohou být urychlovány mnohonásobnými přechody (tam a zpět) rázových vln ve výtrscích, anebo i jednosměrným urychlením podél magnetických siločar ve směru výtrysku. Ať už je správný jakýkoli z uvedených mechanismů, je jisté, že příroda ho má dokonale vyladěný. Z teoretických analýz totiž vyplývá, že různé typy urychlování mohou jen s vypětím všech sil vytvořit částice s energiemi, které pozorujeme. Proto v okolí zrodu extrémně energetického kosmického záření smí docházet jen k minimálním ztrátám energie, což v poměrně hustém prostředí kolem AGN není vůbec zaručeno.

I když už jsme tedy možná poznali zdroje kosmického záření nejvyšších energií, k přesnému porozumění mechanismu jeho vzniku nám určitě ještě několik obtížných kroků zbývá.

Jako doprovodný materiál pro tiskovou konferenci Fyzikálního ústavu AV ČR „Auger na stopě: Kde se berou záhadné částice?“, konané dne 9. listopadu 2007, připravil Michael Prouza (prouza@fzu.cz; tel. 266052692).