

## Superhmotné černé díry

Ve středu aktivních galaxií se ukrývají superhmotné černé díry. Astronomové nemohou tyto záhadné objekty pozorovat přímo svými dalekohledy, jako ostatní nebeská tělesa, ale přesto je dokáží zkoumat pomocí různých nepřímých metod, které mapují vliv černých děr na okolní hmotu. Nejlépe jsou probádána jádra aktivních galaxií s černými děrami o hmotnostech od několika milionů po desítky milionů sluncí. Hmotnosti černých děr lze určovat sledováním zářícího plynu, který se krátce před pádem do černé díry pohybuje závratnou rychlostí. Velká hmotnost odlišuje superhmotné černé díry v galaktických jádrech od stelárních černých děr vznikajících gravitačním zhroutilím jednotlivých hvězd.

O přítomnosti černých děr v blízkých aktivních galaxiích svědčí spektroskopická pozorování optickými a infračervenými dalekohledy. V rentgenové oblasti spektra o nich vypovídá zvláštní profil spektrální čáry prvku železa. Další studie s úspěchem využívají radiovou interferometrii. Rychlá časová proměnnost záření těchto objektů prokazuje jejich velkou kompaktnost: rozměrem jsou srovnatelné s velikostí naší sluneční soustavy.

Aktivní galaxie jsou na všech vlnových délkách, od radiových vln po energetické gama záření, mnohem jasnější, než běžné, neaktivní galaxie. Podíl aktivních galaxií činí asi 10% všech galaxií ve viditelném vesmíru.

Některé typy aktivních galaxií jsou známy jako radiové kvazary, blazary či radiové galaxie, zatímco jiné patří mezi radiově klidné zdroje, jako jsou např. Seyfertovy galaxie. Kvazary se z aktivních galaxií nacházejí nejdál od nás, na samém okraji viditelného vesmíru. Jejich světlo pochází z doby krátce po Velkém třesku. Jádra aktivních galaxií obsahují plynný útvar zvaný akreční disk, horkou korónu obklopující tento akreční disk, mohutné plazmové výtrysky směřující ze zdroje ven, a černou díru uprostřed.

*Superhmotná černá díra (ESA/NASA, projekt AVO, Paolo Padovani)*

mohou dosahovat velikostí od mikroskopických škál až po rozměr dráhy planety Saturn.



Evropská spolupráce ve vědě a technice

[www.cost.eu](http://www.cost.eu)

### Česká republika

*Dr. Vladimír Karas*  
Astronomický ústav  
Akademie věd České republiky  
Fričova 298  
CZ-25165 Ondřejov

*Dr. Ladislav Šubr*  
Univerzita Karlova v Praze  
Matematicko-fyzikální fakulta  
Astronomický ústav UK  
V Holešovičkách 2  
CZ-18000 Praha

© COST Action MP0905

Svolení k reprodukci není vyžadováno s výjimkou převzatých ilustrací. Uveďte laskavě odkaz na akci COST. V případě převzatých ilustrací kontaktujte držitele copyrightu.



Akce COST je podporována  
Rámcovým programem EU.



ESF zajišťuje kancelář akce  
COST v rámci spolupráce s  
Evropskou komisí

Námět: K.-H. Mack

Překlad: V. Karas

Tisková předloha: S. Righini

Text: X. Calmet, A. Eckart,

R. Ferdman, K.-H. Mack,

E. Ros, A. Rushton

Ilustrace na obálce: umělecké ztvárnění akreující černé díry  
(NASA/JPL-Caltech/Tim Pyle, SSC)



# ČERNÉ DÍRY v bouřlivém vesmíru

Nic se nedokáže vymánit z jejich přitažlivosti. Dokonce ani světlo jim neunikne. Nelze je spatřit, ale přesto máme důvody domnívat se, že prostupují všechen okolní vesmír.

Astronomové zkoumají černé díry společně s fyziky. Součinnost jim usnadňuje akce COST — projekt Evropské spolupráce ve vědě a technice.

## Kvantové černé díry

Kvantové černé díry patří do kategorie nejmenších a nejjednodušších černých děr. Kvantová teorie hraje při jejich popisu důležitou roli.

Jedním z hlavních cílů teoretické fyziky je nalézt sjednocený popis různých druhů sil — interakcí působících v přírodě. Dnes rozlišujeme čtyři základní: silnou interakci, která k sobě pojí kvarky v protonech a neutronech, slabou interakci odpovědnou za radioaktivní rozpad subatomárních částic, elektromagnetickou sílu, jejíž projevy zaznamenáváme v každodenním životě, a konečně gravitační interakci. Dosud se fyzikům daří sjednotit silnou, slabou a elektromagnetickou interakci, avšak spojení gravitační síly s ostatními zůstává velkou výzvou všem teoretikům. Kvantové černé díry představují ideální systém, na kterém lze studovat podmínky sjednocení kvantové mechaniky s obecnou teorií relativity. Dosáhnout takového sjednocení by znamenalo poslední krok k úplnému spojení gravitace s ostatními interakcemi působícími v přírodě.

Kvantové černé díry by se mohly tvořit v kosmickém prostředí za určitých podmínek. Zvláštním druhem jsou tzv. primordiální černé díry, které možná vznikaly ve velmi hustém raném vesmíru. Astrofyzikové doufají, že existenci kvantových černých děr bude možné vbrzku prokázat pozorováním zvláštního typu částic, jejichž původ by měl být s kvantovými černými děrami úzce propojen. V případě velmi malé energetické škály, na které se kvantová gravitace projevuje, by teoreticky mohly kvantové černé díry vznikat i v přístroji Large Hadron Collider v Evropském centru pro jaderný výzkum (CERN), nebo by se mohly tvořit při experimentech s kosmickým zářením.

Z čistě teoretického úhlu pohledu představují kvantové černé díry fascinující pole pro myšlenkové pokusy, kdy se snažíme pochopit základní ideje fundamentální fyziky. Nové formulace kvantové gravitace, jako jsou např. strunové teorie, nám poskytují zajímavé předpovědi o černých dírách. Doufáme, že s jejich pomocí získáme nový náhled na sjednocení kvantové teorie s obecnou relativitou.



## Stelární černé díry a pulsary

Stelární černé díry jsou výsledkem zániku velmi hmotných hvězd. Po vyčerpání jaderného paliva se vnitřek hvězdy začne pod vlivem extrémní gravitace rychle smršťovat. Následuje nárůst hustoty a pak bouřlivý výbuch označovaný termínem „supernova“. Střed kolabující hvězdy může dosáhnout tak vysoké kompaktnosti, že ani světlo se nedokáže vymanit z jeho blízkosti.

Na rozdíl od Slunce se většina hvězd vyskytuje ve dvojicích. Pokud jedna složka takové dvojhvězdy dokončí svůj vývoj a vybuchne jako supernova, její děle žijící souputník se může ocitnout na oběžné dráze kolem nově vytvořené černé díry. Přitažlivost černé díry je tak mohutná, že dokáže vytrhávat povrchovou vrstvu plynu ze svého hvězdného souputníka. Na černou díru pak padá značné množství plynu, a tím se generuje intenzivní rentgenové záření. Takové binární soustavy jsou známy jako „rentgenové dvojhvězdy“.

Další cesta ke studiu černých děr se nabízí v případě, že se černá díra nachází ve společné soustavě s pulsarem. Takové systémy vznikají rovněž jako pozůstatek výbuchu supernovy, ovšem jen v případě, že hmotnost jedné ze složek dvojhvězdy není dost velká na to, aby proběhl celý proces kolapsu.

Smršťování se zastaví a vzniká neutronová hvězda. Následkem rotace neutronové hvězdy pozorujeme přerušovaný signál.

Objekt se tudíž projevuje jako pulsar. Hmotnosti pulsarů jsou podobné jako hmotnost Slunce, ale všechny materiál je směstnán do rozměru jako velké město. Jedná se o jedny z nejhustších útvarů, jaké ve vesmíru známe. Dokáží rotovat rychlostí stovek obrátek za sekundu, aniž by se vlivem odstředivých sil rozpadly. Světelný paprsek vychází z protilehlých magnetických pólů, a pokud je namířen směrem k Zemi, můžeme při každé otáčce zaznamenat elektromagnetický puls.



Hmota vytrhávaná z jasné hvězdy padá do černé díry (ESO).

## Střed Galaxie

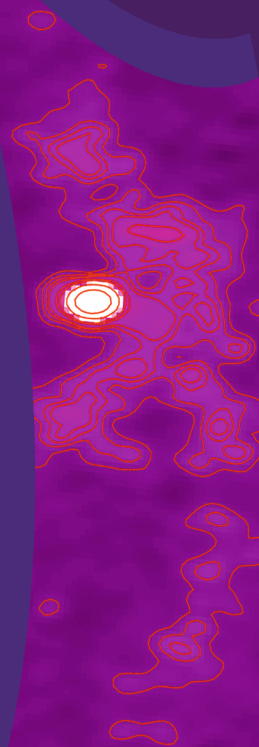
Záhadný objekt se nachází uprostřed naší vlastní galaxie, 26 tisíc světelných roků od Země. I přes obrovskou vzdálenost je to stokrát blíže než k dalšímu podobnému objektu, jádru galaxie M31 v souhvězdí Andromedy. Nejbližší aktivní galaxie jsou od nás dokonce tisíckrát dál. Střed Galaxie (známý mezi astronomy jako objekt Sagittarius A\*) je ideálním cílem nesčetných studií, protože ho lze pozorovat s maximálním možným úhlovým rozlišením. To umožňuje pochopit fyzikální procesy také v ostatních galaxiích. V průběhu uplynulých dvou desetiletí nás dovedl průzkum galaktického středu k důkazům o přítomnosti černé díry s hmotností rovnou čtyřem milionům sluncí.

Velmi hmotné černé díry se nacházejí i v jádrech většiny ostatních galaxií. Proměnlivé charakteristiky záření těchto objektů v různých spektrálních oborech poskytují astronomům způsob, jak probádat fyzikální pochody probíhající miliony světelných roků od Země.

Díky své relativní blízkosti nám centrum Galaxie umožňuje zkoumat nejenom samotnou černou díru, ale také hustou hvězdokupu kolem ní. Dokážeme měřit rychlý pohyb hvězd těsně u horizontu, umíme stanovit rozdělení jejich hmotností a studujeme procesy vzniku a zániku hvězd.

Při svém bádání využívají astronomové vysokou rozlišovací schopnost moderních observatoří vybavených infračervenými a radiovými interferometry (VLTI, VLBI aj). V současné době se dokončuje konstrukce zcela nové observatoře ALMA, která bude sledovat vesmír v oblasti radiového záření o milimetrových vlnových délkách.

Radiová mapa plynné minispirály obíhající střed Galaxie (Kunneriath et al., 2011).



## Černé díry

můžeme klasifikovat podle jejich hmotnosti do tří kategorií: kvantové černé díry, černé díry o hvězdných hmotnostech, a superhmotné černé díry. Význačným příkladem je relativně blízká černá díra ve středu naší vlastní Galaxie.