

Černá díra

Richard Michálek, Jiří Fischer, Karel Kalbáč

RicharMichalek@seznam.cz, fischer.jiri.fischer@gmail.com,
kalbac.karel@gmail.com

Abstrakt

Černé díry ve vesmíru vznikají přirozeně. A to buď gravitačním kolapsem, kdy dojde ke zhroucení hmoty v daném prostoru (zánik velmi hmotné hvězdy), nebo akumulací hmoty, kdy v prostoru dochází vlivem gravitačních sil k jejímu seskupování.

Hlavním aspektem existence černých děr je skutečnost, že je časoprostor zakřivován přítomností hmoty, což se shoduje se základními principy obecné relativity.

Klíčová slova Černá díra; horizont událostí; hvězdná smrt.

1 Černá díra všeobecně

Jak černé díry vypadají nevíme, neboť jejich přímé pozorování je nemožné kvůli tomu, že pohlcují světlo. Lze je ale pozorovat nepřímě. Okolo černé díry se vytváří tzv. akreční disk. Je to rychle otáčející se disk tvořený vířícími plyny, způsobující vyzařování rentgenového a ultrafialového záření. Uvnitř disku se nachází kulová plocha nazývaná horizont událostí. Těleso, které projde horizontem událostí, se nikdy nemůže vrátit zpět. Dle obecné teorie relativity se dá předpokládat, že ve středu černé díry se nachází singularita. Je to místo, kde je zakřivení časoprostoru nekonečné a gravitační síly jsou nekonečně velké. Ve středu singularity se teoreticky může nacházet Einsteinův-Rosenův most. Technologie, které máme k dispozici, nám neumožňují existenci těchto mostů potvrdit ani vyvrátit, takže zůstávají předmětem spekulací.

Černá díra by teoreticky nikdy neměla zaniknout, protože z ní hmota nemůže uniknout. Stephen Hawking ale popsal proces kvantového vypařování černých děr, díky kterému by částice za určitých podmínek mohly uniknout. Druhým způsobem zániku je srážka dvou černých děr. Při takové srážce je vyzářeno velké množství energie, jež by mělo být zachytitelné detektory.

Výzkum černých děr je zatím na samém začátku. Mnoho teorií je potřeba potvrdit, nebo vyvrátit. Nám nejbližší černá díra A0620-00 je od Země vzdálená 3500 světelných let. Tato vzdálenost je nyní pro nás nepřekonatelná, a tak nezbývá než čekat na posun ve vývoji technologií.

Například aby se ze Země stala černá díra, musela by se stlačit na těleso o poloměru zhruba 1 cm. Existuje teorie vzniku miniaturních černých děr, které se

po vzniku téměř okamžitě vypaří. Teoreticky mohou vznikat v důsledku srážek atomových jader v urychlovači, jako je například LHC v CERNu.

Teorie říká, že nemůžeme objevit černé díry podle světla vyzařovaného nebo odraženého od hmoty v jejich nitru. Za nejviditelnější efekty jsou považovány ty, které pocházejí z hmoty padající do černé díry. Další pozorované efekty jsou úzké výtrysky částic, které se pohybují v ose akrečního disku relativistickými rychlostmi. Jeden důležitý pozorovatelný rozdíl mezi černými děrami a jinými kompaktními objekty je, že jakákoli kolabující hmota, která narazí na takový kompaktní objekt relativistickou rychlostí, vyvolá nepravidelné záblesky rentgenového záření nebo jiného tvrdého záření. Podle obecné teorie relativity můžeme černé díry úplně charakterizovat třemi parametry: hmota, moment hybnosti a elektrický náboj (čtvrtou teoreticky přípustnou vlastností je magnetický náboj, ten však v přírodě pozorován nebyl). Tento princip se shrnuje frází „černé díry nemají vlasy“, kterou prvně vyslovil John Wheeler. Toto tvrzení se dokazuje v klasické teorii – kvantová teorie připouští i jiné náboje (jako např. podivnost, za normálních okolností charakterizující elementární částice). Ty se však mohou projevit až v dostatečné blízkosti horizontu událostí a nemají astrofyzikální význam.

Jak již bylo zmíněno, černé díry jsou předpovězeny Einsteinovou teorií obecné relativity. V nejjednodušším případě jsou popsány tzv. Schwarzschildovou metrikou, což je nejstarší a nejjednodušší exaktní řešení Einsteinových rovnic. Bylo objeveno Karlem Schwarzschildem v roce 1915. Toto řešení popisuje zakřivení časoprostoru v okolí nerotujícího sféricky symetrického objektu, přičemž jeho metrika je:

$$ds^2 = -c^2 \left(1 - \frac{2Gm}{c^2 r}\right) dt^2 + \left(1 - \frac{2Gm}{c^2 r}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2,$$

kde $d\Omega^2 = d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2$ je standardní člen prostorového úhlu obdobný sférickým osuřadnicím.

Velikostní typy černých děr:

1. černí díry hvězdné hmotnosti (cca 4–15 hmotností Slunce),
2. černé díry střední hmotnosti (cca 1000 hmotností Slunce),
3. supermasivní černé díry (cca 10^5 – 10^{10} hmotností Slunce).

2 Horizont událostí

Myšlená kulová plocha obklopující černou díru se označuje jako horizont událostí. Na úrovni horizontu událostí je úniková rychlost rovna rychlosti světla. Neobvykle silné gravitační pole brání všemu uvnitř horizontu událostí uniknout přes jeho povrch. Cokoliv z vnějšku se může propadnout přes horizont událostí, ale nikdy tomu nemůže být naopak. Výjimkou jsou jen kvantově mechanické procesy v těsné blízkosti horizontu, které umožňují vznik virtuálních párů částic a antičástic. Ty vedou například k efektu tzv. vypařování černých děr. Ani v tomto případě ale částice přímo neunikají zpod horizontu událostí – proces

„vypařování“ je založen na jiných principech. Podle Hawkingova vyjádření jde ale o zdánlivý horizont.

3 Hawkingovo záření

V těsné blízkosti horizontu vznikají z kvantových fluktuací vakua páry částic a antičástic. V normálním případě tyto páry velmi rychle anihilují. Těsně nad horizontem se ale může stát, že je pár „roztržen“ a jedna částice spadne pod horizont a druhá uniká jako reálná částice do vesmíru. Právě tyto reálné částice způsobují Hawkingovo záření. Toto záření je velmi slabé a abychom byli schopni jej detekovat, musela by být černá díra od nás ve vzdálenosti v jaké je zhruba oběžná dráha Pluta. Černá díra tímto procesem ztrácí hmotnost a proto mluvíme o vypařování černých děr.

4 Závěr

Černé díry jsou fascinující objekty v našem vesmíru a v současnosti jsou velmi intenzivně zkoumány jak teoreticky, tak experimentálně pomocí nepřímého měření elektromagnetického záření, které vydává hmota padající do černé díry.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat všem kantorům, kteří nám umožnili tento pobyt, za jejich přednášky. Kromě získání odborných znalostí nám tento pobyt mimo jiné pomohl zlepšit týmovou práci.

Reference

- [1] Černá díra - heslo na wikipedii. http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cern%C3%A1_d%C3%ADra
- [2] Black hole - heslo v encyklopedii Britannica. <http://www.brittanica.com/EBchecked/topic/67952/black-hole>
- [3] Horizont událostí - heslo na wikipedii. http://cs.wikipedia.org/wiki/Horizont_ud%C3%A1lost%C3%AD
- [4] Osobnosti na wikipedii:
Albert Einstein - http://cs.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein
Pierre Simon Laplace - http://cs.wikipedia.org/wiki/Pierre_Simon_de_Laplace
John Michell - http://cs.wikipedia.org/wiki/John_Michell
Stephen Hawking - http://cs.wikipedia.org/wiki/Stephen_Hawking

Příloha I - Slovník osobností

Albert Einstein

Narodil se 14. 3. 1879 v Německu a zemřel 18. 4. 1955 v USA. Ve svých 16. letech se přihlásil na ETH Zürich. V roce 1905 vysvětlil fotoelektrický jev, Brownův pohyb a publikoval speciální teorii relativity. Za vysvětlení fotoelektrického jevu obdržel v roce 1921 Nobelovu cenu za fyziku. V obecné relativitě, kterou publikoval v roce 1915, nahradil sílu, známou z Newtonových pohybových zákonů, pokřiveným časoprostorem, ve kterém se všechna tělesa pohybují po nejrovnějších dráhách.

Stephen Hawking

Narodil se 8. 1. 1942 v Oxfordu. Otec chtěl, aby studoval lékařství. Jeho zájem ale směřoval k matematice, fyzice a chemii. Podal přihlášku na Oxfordskou univerzitu, kde vystudoval fyziku. Na univerzitě v Cambridge získal z fyziky doktorát. Je držitelem mnoha vědeckých ocenění a členem mnoha významných učených společností, mimo jiné britské Královské společnosti. Od roku 1968 se může pohybovat jen na vozíčku a od roku 1985 komunikuje s okolním světem jen pomocí speciálního počítače.

S Rogerem Penrosem dokázal, že Einsteinova teorie obecné relativity předpokládá, že čas a prostor má počátek ve velkém třesku a konec v černých dírách. V roce 1975 aplikoval Hawking kvantovou teorii pole na zakřivený časoprostor okolo horizontu událostí a objevil, že černé díry mohou vyzařovat energii. Tento proces byl po něm pojmenován jako Hawkingovo záření. 21. června 2004, v rozporu se svými předchozími zjištěními, prezentoval nový argument, že černé díry přeci jen emitují informaci o tom, co pohlcují. Navrhl, že kvantové perturbace horizontu událostí by mohly dovolit uniknout informacím a ovlivnit tak vyvolané Hawkingovo záření. Tato teorie ještě nebyla prodiskutována ve vědecké komunitě, ale v případě, že bude přijata, je pravděpodobné, že vyřeší informační paradox černých děr. Mezitím oznámení o této nové teorii zaznamenalo nebývalou pozornost médií.

John Michell

Narodil se 25. 12. 1724 a zemřel 29. 4. 1793. Byl to první člověk, který navrhl existenci černých děr, které nazýval černé hvězdy. Byl také první, kdo navrhl, že zemětřesení přichází ve vlnách. Vytvořil si vlastní teleskop.

Pierre-Simon Laplace

Narodil se 23. 3. 1749 a zemřel 5. 3. 1827. Podařilo se mu vyřešit jeden z nejožehavějších fyzikálních problémů tehdejší doby, stabilitu Sluneční soustavy. V roce 1784 novou metodou pro výpočet pohybu planet dokázal, že dráhy planet jsou v souladu s Newtonovskou mechanikou. Jeden z nejznámějších objevů je teorie o vzniku Sluneční soustavy. Též (znovu) objevil jednu z centrálních formulí teorie pravděpodobnosti, tzv. Bayesův teorém.