Zhroucení hvězdy v černou díru

M. Gren
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
mgren@centrum.cz

Abstrakt

Z hvězdy se může stát na jedné straně bílý trpaslík, na straně druhé černá díra. V této práci se věnuji teorii vzniku černých děr, jejich projevu ve vesmíru, významu a některým zajímavostem. Motivace, jež mě vedla ke zpracování tématu zhroucení v černou díru je do jisté míry jakási fascinace vesmírem jakožto prostorem nesmírně zajímavých dějů a věcí a tím spíše fascinace něčím tak "šíleným", jako jsou právě černé díry.

1 Úvod

V roce 1968 nazval americký astrofyzik John Wheeler těleso, které není vidět, ale které ve vesmíru opravdu existuje, černou dírou. Ihned po přečtení této věty si ale člověk logicky položí jednoduchou otázku: „Jak mohou lidé vědět o existenci těchto černých děr, přestože je není vidět?" Odpověď je prostá a zabývám se jí ve čtvrté kapitole. To, že jej není vidět pouhým okem, ale ještě přece neznamená, že toto těleso nutně nevysílá elektromagnetické vlny v jiném než ve viditelném spektru. Černá díra je ale těleso, které jakoby všechno elektromagnetické vlnění ignorovalo, nevysílá prostě vůbec nic. Ačkoliv to podle posledních poznatků není zcela pravda, už tento a snad i především tento projev černé díry je na ní tím nejzajímavějším. Singularitu při gravitačním hroucení nerotujících černých děr jako první zkoumal Karl Schwarzschild v roce 1916, nicméně ještě nějakou dobu trvalo, než začali brát vědci tyto objekty více vážně. Významným přínosem se staly Einsteinovy rovnice obecné relativity, na jejichž základě se v roce 1963 podařilo R. Mertovi nalézt řešení pro rotující hroutící se kouli.

2 Podmínky vzniku

V průběhu života hvězdy hrají hlavní roli dvě základní síly, síla tlaková toho, z čeho se hvězda skládá, a síla gravitační, která se snaží zhroutit těleso do jednoho bodu. Jakmile jedna síla ochabne, dostane logicky větší prostor pro svou realizaci síla druhá. A přesně tohle je případ hvězdy, jenž se na sklonku života zhroutí v černou díru. Hlavní podmínkou zhroucení v černou díru je to, aby hvězda měla na počátku své existence hmotnost alespoň osm našich Sluncí. Jestliže je tato podmínka splněna, gravitační síla převáží nad všemi ostatními silami, které by chtěly hvězdu dovést k výbuchu supernovy, a hvězda se začne rychle hroutit. Její povrch doslova padá volným pádem ke středu tělesa. Zhroutí se v těleso naprosto nepatrných rozměrů, řádově v kilometrech až desítkách kilometrů v průměru. Tento děj se někdy nazývá výbuch hypernovy a doprovází jej náhlé vzplanutí gama o vysokém zářivém výkonu.

3 Projevy a vlastnosti

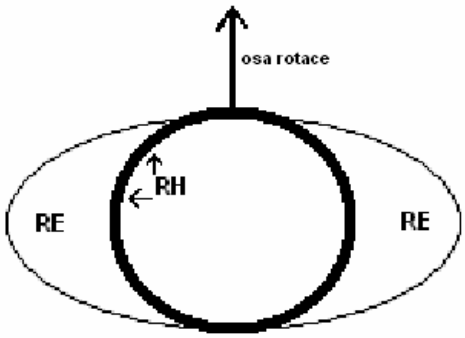
Základní projevy a vlastnosti

Základním projevem černé díry je, jak jsem se už zmínil, její neviditelnost. Vysvětlení toho faktu je jednoduché. Černá díra je těleso tak hmotné a má tak malý poloměr, že její

obrovská gravitační síla zpříčiní únikovou rychlost rovnu rychlosti světla. Kdyby se teoreticky černou dírou chtěla stát naše Země, musela by „smrsknout“ v kuličku o průměru 8 milimetrů. Je dost dobře nemožné si něco podobného představit. Z tohoto důvodu může být černá díra synonymem dokonale nenasytného jedlíka, neboť když už z ní neunikne ani světlo, tím spíše hmotné objekty, které rychlosti světla nedosáhnou. Nejzažší mez, zpod níž již není ze spár černé díry úniku, se nazývá horizont událostí nebo také Schwarzschildův poloměr. Jestliže ale všechna hmota v okolí černé díry mizí v nenávratnu, co se s ní potom vlastně děje? Existují teorie tzv. bílých děr, tedy objektů, které to, co černé díry nasály, zase vypouštějí zpět do vesmíru. Černé díry si navenek zachovávají tři fyzikální vlastnosti: hmotnost, moment hybnosti a elektromagnetický náboj.

Ergosféra

Jestliže černá díra rotuje kolem své osy, kolem jejího rovníku se vytváří pomyslná přechodová oblast zvaná ergosféra, jež se pouze na pólech rotace přimyká k horizontu událostí. Částice mohou do ergosféry vlétat i z ní vylétat. Částice, která prolétne ergosférou, získá energii z rotace černé díry a ergosféru opouští s vyšší energií než do ní vstoupila. S každou vyletující částicí s vyšší energií tak klesá rotační energie černé díry a ergosféra se zmenšuje, až jednoho dne zanikne. Teoreticky by tento jev mohl v budoucnu vést k zažehnání energetické krize.



RH horizont událostí
RE ergosféra

Vypařování

V roce 1974 přišel britský teoretický fyzik Stephen Hawking s teorií, která poukazuje na podobnosti mezi gravitační singularitou a termodynamikou. Z této teorie mimo jiné plyne, že černé díry se mohou vypařovat do okolního vesmíru a že rychlost vypařování je nepřímo úměrná hmotnosti černé díry. Ačkoliv je v klasické relativitě zcela zakázáno, aby se nějaká částice dostala z černé díry ven do vnějšího okolí (za horizont událostí), v kvantové teorii černých děr je takový jev možný (i když má malou pravděpodobnost. Tato pravděpodobnost vzrůstá s křivostí povrchu Schwarzschildovy koule, platí tedy, že čím menší je černá díra, tím je pravděpodobnost úniku částice větší). Když se však podaří nějaké částici uniknout z černé díry, odnáší si sebou i nějakou hmotnost, což má za následek "zhubnutí" černé díry, což má zase za následek opětovné zmenšení černé díry a zvětšení křivosti Schwarzschildovy koule, čímž se zvýší pravděpodobnost, že unikne další částice. A tak to pokračuje dál až se celé těleso vypaří do vesmíru. Tento děj trvá nesmírně dlouho, přibližně 10^{67} let. Ve srovnání s tímhle číslem je stáří vesmíru “prkotinou“, neboť jeho stáří se odhaduje na nějakých deset až dvacet miliard let.

Pokřivení časoprostoru

V okolí černé díry dochází ke vznikům deformací samotného časoprostoru, které má za následek paradoxy s pozorovatelem a padajícím tělesem k povrchu. V okolí černé díry dochází k urychlování běhu času. Představit si to lze jednoduše takto: vesmír je jakýsi nekonečný ubrus. Na tento ubrus vhoďme nějakou hmotnou kouli. V místě, kde se koule usadí, se ubrus prohne, což znázorňuje zakřivení (deformaci) časoprostoru. Z této jednoduché myšlenky si lze snadno uvědomit, že jakýkoliv objekt svým nepatrným dílem zakřivuje časoprostor.

4 Jak o černých dírách vlastně víme?

Existence černých děr se dokazuje na základě toho, že velice silná gravitace ohýbá světlo a to pak nedopadá pod tím správným úhlem. Dalším důkazem může být případ, kdy je černá díra vázána v soustavě více hvězd (například ve dvojhvězdě). Astronomové pak můžou pozorovat, jak je jedna hvězda "požírána" druhou hvězdou, která však není vidět.

5 Černé díry co do velikosti

Co se týče velikostí, dělí se černé díry do třech kategorií.

1. prvotní černé díry: Tyto černé díry by měly mít nepatrné rozměry elementárních částic a mohly vznikat v raných fázích vývoje vesmíru. Jestliže existují, měly by díky Hawkingovu vypařování intenzivně zářit. Pozorované množství γ záření ve vesmíru znamená, že prvotních děr nemůže být více než 300 v krychlovém světelném roku. Pozorovat takový objekt by bylo možné jen v naší bezprostřední blízkosti (Sluneční soustavě).

2. hvězdné černé díry: Tyto černé díry vznikly jako závěrečné fáze hvězdného vývoje a jejich hmotnosti jsou několikanásobkem hmotnosti Slunce. Objekty tohoto typu se v naší Galaxii pozorují.

3. galaktické černé díry: Černé díry s hmotností srovnatelnou s hmotností galaxií nebo jejich jader. Tvoří jádra některých aktivních galaxií, pravděpodobně i naší vlastní Galaxie a jádra kvasarů. Pozorována je řada objektů tohoto typu.

6 Na závěr

Reference:

[1] J. Grygar, Vesmír, Mladá fronta, Praha, 1983
[2] kol. autorů, Black Holes,
http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_l2/black_holes.html
[3] kol. autor; Černé díry, http://vesmirweb.net/clanek.php?id=127
[4] kol. autorů, Závěrečná stádia hvězd,
http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/hvezdy/stars_3.html