Schwarzschildův poloměr

Má-li hvězda v závěrečném stadiu vývoje hvězd vysokou hmotnost (tj. jde-li o hvězdy velmi vysokých hmotností - řádově větší než 10tinásobek hmotnosti Slunce), probíhá její smršťování vlivem velkého gravitačního zrychlení velice rychle a nazývá se **gravitační kolaps**. Takové těleso se často označuje jako **kolapsar**.

Pro velikost únikové rychlosti (tzv. parabolická rychlost) z povrchu tělesa o hmotnosti M a poloměru R platí vztah: $v_p = \sqrt{\frac{2\kappa M}{R}}$. Probíhá-li gravitační kolaps nějakého tělesa, zmenšuje se jeho poloměr, zatímco hmotnost zůstává stálá. Proto roste i velikost únikové rychlosti, která může dosáhnout až velikosti rychlosti světla ve vakuu. Může tedy nastat situace, že $c = \sqrt{\frac{2\kappa M}{R}}$. To se stane tehdy, když se poloměr tělesa zmenší na hodnotu, pro kterou platí: $R_S = \frac{2\kappa M}{c^2}$. Tento poloměr se nazývá **Schwarzschildův poloměr** R_S na počest německého astrofyzika Karla Schwarzschilda (1873 - 1916), který už v roce 1916 odvodil tento vztah z Einsteinových rovnic obecné teorie relativity pro nejjednodušší případ - pro nerotující, sféricky symetrické těleso (hvězdu).

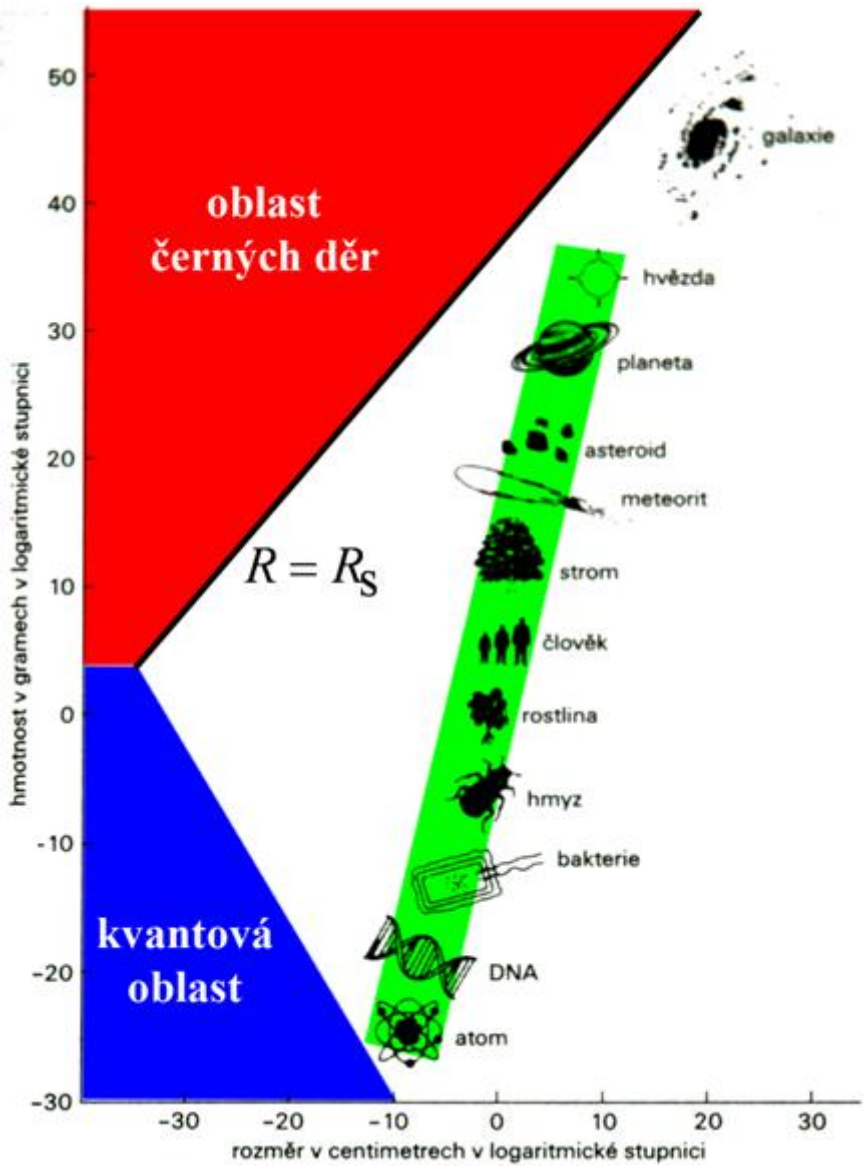
Černá díra je takový objekt, ze kterého nic neunikne - nic nemá dostatečně velkou velikost rychlosti, aby se vymanilo z gravitačního působení černé díry. Ani nejrychlejší objekt ve vesmíru - světlo (foton) - není dost rychlý.

Schwarzschild odvodil vztah pro kritický poloměr černé díry s využitím rovnic obecné teorie relativity, ale výše uvedený výpočet je řádově v pořádku i bez použití rovnic teorie relativity.

Obecně (u Kerrových - Newmanových černých děr) jde o tzv. **gravitační poloměr černé díry**, který se obecněji označuje R_g nebo r_g.

Plocha, která se nachází ve vzdálenosti R_S od středu kolabujícího objektu, bývá také často nazývána **horizont událostí** a představuje hranici černé díry.

Pro rychlejší výpočty je možné použít vztah $R_S = 3M$, kde M je hmotnost zkoumaného tělesa vyjádřená v jednotkách hmotnosti Slunce a R_S je Schwarzschildův poloměr daného tělesa vyjádřený v kilometrech.



Obr. 99

Souvislost hmotnosti vesmírných objektů a rozměrů vesmírných objektů ukazuje obr. 99, z něhož je zřejmé, že pro danou hmotnost vesmírného objektu neexistují stabilní objekty s rozměry menšími než je Schwarzschildův poloměr. Tuto oblast (oblast černých děr) ohraničuje přímka $R = R_S$, tj. přímka, na níž leží ty objekty, které mají při své hmotnosti poloměr rovný Schwarzschildovu poloměru.

Tyto objekty jsou tedy „hraniční“ černé díry. Nad touto přímkou (oblast černých děr) pak leží objekty, které nejsou stabilní - zhroutily se sami do sebe.

Ve spodní části obrázku leží kvantová oblast, tj. oblast, v níž platí zákony kvantové mechaniky. Zde jsou objekty, které se řídí Heisenbergovými relacemi neurčitosti a které mají tak malé hmotnosti a tak malé rozměry, že by pouhé jejich pozorování změnilo jejich vlastnosti.

Při pozorování jakékoliv objektu je nutné na tento objekt „posvítit“ (abychom ho vůbec viděli). U malých objektů ze světa kvantové mechaniky stačí světelný paprsek, kterým si na ně posvítíme, k tomu, aby dramaticky změnily jejich vlastnosti (velikost rychlosti, velikost hybnosti, energie, ...).

Většina těles, která se ve vesmíru nacházejí a která jsou zobrazena na obr. 99, leží téměř na jedné přímce. Vzhledem k jednotkám grafu to znamená, že všechna tělesa, která na této přímce leží, mají řádově stejnou hustotu.

Jednotky grafu jsou z důvodu přehlednosti vyneseny v logaritmické škále, a proto je možné

hovořit o řádových odhadech hustoty. Ta je rovna tzv. atomové hustotě. Vše, co je tvořeno atomy hmoty má průměrnou hustotu stejnou jako jednotlivé atomy. Hustota atomu je přitom dána podílem hmotnosti atomu a objemu atomu. Řádově tedy máme $\rho = \frac{m}{V} \approx \frac{10^{-27}}{\left(10^{-10}\right)^3}\ \mathrm{kg.m^{-3}} = 10^3\ \mathrm{kg.m^{-3}}$, což odpovídá hustotě vody.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.