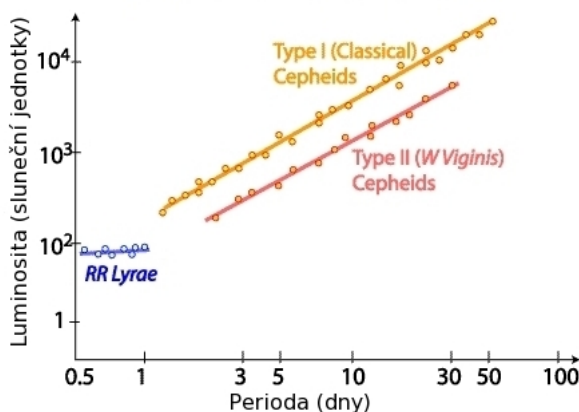


Kosmologický žebřík

Jak je řečeno v textu seriálu samotného, vzdálenost můžeme určovat pomocí paralaxy, cepheid, supernov či červeného posuvu. K určení vzdálenosti lze použít i jiných metod, resp objektů. Jejich stručný přehled je uveden níže.

Hvězdy typu RR Lyrae

Podobně jako cepheidy mají hvězdy typu RR Lyrae pevně svázanou periodu a luminositu. Střední hodnota absolutní hvězdné velikosti je 0,75 mag, což z nich dělá hvězdy cca 50 krát jasnější než je Slunce. Jsou to hvězdy poměrně staré, nacházející se v zrelaxovaných kulových hvězdokupách. Perioda změn luminosity je v jejich případě okolo jednoho dnu, v extrému i okolo osmi hodin. Ze znalosti průměrné absolutní hvězdné velikosti a námi napozorované hvězdné velikosti pak za pomoci Pogsonovy rovnice umíme určit vzdálenost.



Obrázek 1: Vztah perioda-luminosita pro dvě třídy cepheid a hvězdy typu RR Lyrae. Credit Australia Telescope.

Špička větve červených obrů

Hvězda za svůj život projde několika stádii vývoje¹. Nejdelší životní období stráví spalováním vodíku na hélium. Popel vodíkových reakcí, hélium, se začne hromadit v jádru hvězdy, kterou však energeticky stále zásobuje vodík. Jakmile jsou teplota a tlak v jádru dostatečně vysoké, dojde k zapálení hélia. Je to proces poměrně náhlý a navývá se *héliový záblesk*. Po záblesku poklesne teplota i luminosita hvězdy, což způsobí diskontinuitu v jejím vývojovém diagramu. Tato diskontinuita je detekovatelná v histogramech galaktických hvězdných populací. Vyrobitme-li si pro pozorovanou galaxii histogram, zjistíme, že můžeme pozorovat výrazný pokles, který by byl v pozorovatelný v absolutní magnitudě I filtru², $M_I = -4.2$ mag. Známe-li absolutní hvězdnou velikost a víme-li při jaké jasnosti hvězd nastane propad v histogramu, opět můžeme použít Pogsonovu rovnici pro vypočítání vzdálenosti.

Funkce luminosity planetárních mlhovin

Planetární mlhoviny jsou jedny z nejkrásnějších a nejbarevnějších objektů, které ve vesmíru můžeme potkat³. Jedná se o velmi pokročilé stádium hvězdného vývoje, které s planetami nemá co do činění. Tyto objekty se vyznačují vyzařováním v zakázaných čarách prvků. Pro nás nejdůležitější je [OIII], tedy dvakrát ionizovaný kyslík⁴, který vyzařuje na vlnové délce $\lambda = 500.7$ nm. Po identifikaci takto vyzařujícího objektu ve vzdálené galaxii se spolehne na statistiku. Z měření vzdálenosti jinými metodami máme statistický vzorek planetárních mlhovin, u nichž známe vzdálenost. Napozorovaná funkce luminosity našeho vzorku nám umožní zařadit naši novou mlhovinu. Zjednodušeně lze napsat:

$$m_{500.7} = -2.5 \log F_{500.7} - 13.74, \quad (1)$$

¹Podrobnější vysvětlení hvězdného vývoje bude k nalezení ve třetím dílu seriálu.

²Rádiové pozorování na vlnových délkách $\lambda \in < 3; 3.75 >$ cm.

³Malá galerie fotografií z HST i se zevrubnými vysvětlivkami je k nalezení na <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/nebula/planetary/>.

⁴Hranatě závorky okolo jména prvku značí, že jde o zakázaný přechod.

kde F značí světelný tok na dané vlnové délce. Poslední co nám chybí k určení vzdálenosti je absolutní hvězdná velikost planetárních mlhovin. Uznávaná hodnota je $M = -4.48$ mag. Pak už stačí dosadit do Pogsonovy rovnice. . . Nutno však podotknout, že planetární mlhoviny jsou spíše sekundární kritérium, supernovy Ia jsou rozhodně spolehlivější.

Záblesky rentgenového záření

Mezi hvězdami existují různé druhy dvojhvězdných (binárních) systémů. Některé jsou veskrze obyčejné a některé jsou rentgenové, tedy pozorovatelné v rentgenovém oboru elektromagnetického záření. Takové systémy jsou zpravidla tvořeny hvězdou obyčejnou a hvězdnou neutronovou, popř. černou dírou. Objekt jako neutronová hvězda, popřípadě černá díra, je velmi hmotný a stahuje na sebe sesterskou hvězdu, existuje zde přetok hmoty. Na neutronové hvězdě se nám pomalu kumuluje degenerovaný plyn (což znamená že změny teploty tu nevedou k velkým změnám v tlaku). Materiál se na hvězdě nahromadí a teplotní nestability v něm vyvolají termonukleární reakci eventuelně vedoucí k explozi. Toto se děje periodicky, s periodou jednoho dne nebo několika hodin. Hmotnosti neutronových hvězd se pohybují mezi 1.4 až 2 M_{slunen} . Luminosita je determinována hmotností, takže i tyto hvězdy můžeme považovat za jakési standartní svíčky. Jedinou jejich nevýhodou je jejich malá jasnost, která z nich nedělá zrovna ideální pozorovací nástroje.

Tully-Fisher relace

Tato relace se dřív nebo později stane známou každému, kdo se trochu zajímá o galaxie. Pozor, platí pouze pro spirální galaxie s diskem, který je stabilizovaný rotací galaxie samotné. Jedná se o korelaci mezi luminositou galaxie samotné a tempem rotace. Vztah lze napsat následovně:

$$L \propto W^\alpha. \quad (2)$$

L je luminosita, W značí tempo rotace. Tempo rotace lze odvodit z rozšíření spektrálních čar galaxie, index α lze získat z fitování pozorování různých částí galaxie a jejich rotace. Pro typickou spirální galaxii platí $\alpha \in \langle 3; 4 \rangle$. Ználost luminosity následně můžeme vztáhnout na vzdálenost. Tully-Fisher relace se používá jako sekundární indikátor vzdáleností a hrála také nemalou roli v určování hodnoty Hubbleovy konstanty.

Faber-Jackson relace

To co je Tully Fisher pro galaxie se spirálami, to je Faber-Jackson pro galaxie eliptické, tedy ty bez zjevné spirální struktury. Tempo rotace zde nahrazuje disperse rychlostí hvězd v pozorované galaxii, σ_* . Můžeme napsat:

$$L \propto \sigma_*^\gamma. \quad (3)$$

V tomto případě index γ nabývá nejčastěji hodnoty 4.