

Na čem pracujeme: Proměnné hvězdy v otevřené hvězdokupě NGC 6791

19.9.2023 - | Astronomický ústav AV ČR

Otevřené hvězdokupy jsou velmi vhodnými objekty pro současné studium mnoha hvězd. Předpokládá se, že členové kupy jsou příbuzné, že tedy mají stejný nebo velmi podobný věk a stejné nebo podobné chemické složení. Současně se tyto hvězdy nacházejí ve stejné vzdálenosti od Země. Poznání vývojového stádia hvězd v jedné kupě je současně s určením jejich fyzikálních vlastností důležitým údajem pro vývojové modely.

Hvězdokupa NGC 6791 nacházející se v souhvězdí Lyry je jedním z nejzajímavějších objektů této kategorie. I když je podle všech indicií poměrně stará, různé studie ukazují, že chemické složení členek kupy je spíše bohatší s metalicitou významně vyšší než je metalicita Slunce. To narušuje obvyklé pravidlo používané pro hvězdy, že starší znamená chemicky chudší. Navíc se zdá, že hvězdy v této kupě nemají tak úplně stejný věk, což odporuje dalšímu obecnému astrofyzikálnímu pravidlu, podle něž jsou otevřené hvězdokupy hvězdami jedné generace, zatímco více populací se pozoruje spíše ve hvězdokupách kulových. Zvláštnosti NGC 6791 nejsou uspokojivě vysvětleny.

Tato zajímavá hvězdokupa se shodou okolností dostala do zorného pole primární mise kosmického dalekohledu Kepler. Tento přístroj s hlavním úkolem pátrat po extrasolárních planetách v rámci primární mise 1460 dní pořizoval vysokokadenční fotometrii asi sto padesáti tisíc hvězd, díky níž je možné také systematicky pátrat po světelných změnách jednotlivých hvězd a pátrat po příčinách jejich proměnnosti. Dlouhodobá fotometrie s konstantním časovým krokem je pro takovou úlohu dokonce téměř ideálním výchozím materiálem.

Autoři představované práce získali data pro oblast hvězdokupy NGC 6791 z veřejně dostupného archívu MAST (Mikulski Archive for Space Telescopes), v jejich případě se jednalo o část zorného pole s rozměrem 800×800 obloukových vteřin, do něhož se vešla centrální část hvězdokupy. Družice Kepler měla během své primární mise poměrně sofistikovanou pozorovací strategii diktovanou především pozicí družice samotné a polohou slunečních panelů vůči Slunci. Mimo jiné proto jsou pozorování k dispozici v tzv. kvartálech, na jejichž konci družice vždy rotovala o 90 stupňů, proto v následujícím kvartálu skončila sledovaná hvězda na jiném elementu velké CCD kamery. Zpracování takových řad není zcela přímočaré kvůli různé citlivosti jednotlivých obrazových bodů a je podobné navazování datových sérií z různých přístrojů bez překryvů. Autoři využili ale všech dostupných redukčních rutin a strategii vědecké analýzy tomuto faktu přizpůsobili.

Ze zorného pole autoři prohledávali každý pixel zvlášť a určovali, zda se v tomto pixelu nachází hvězda. Pokud tomu tak bylo, pokročili v další analýze. Celkově v zorném poli identifikovali 32 647 potenciálních hvězd, s pomocí aktuálního katalogu družice Gaia ovšem vyloučili cíle, které měly velké nejistoty v paralaxe nebo vlastních pohybech. Po jejich eliminaci zbylo na další analýzu 11 466 cílů. V tomto vzorku hvězd byla nejprve s pomocí statistických metod posuzována fyzická příslušnost k hvězdokupě a to na základě pěti astrometrických parametrů. Za členy byly pak označeny jen hvězdy, jejichž pravděpodobnost příslušnosti přesáhla hodnotu 50 %.

Studiem vývoje časových změn bylo s pomocí automatických metod identifikováno 278 proměnných hvězd, z toho 119 bylo takto označeno vůbec poprvé. Na základě tvaru jejich světelné křivky byly tyto hvězdy rozřazeny do typických skupin. Z těchto hvězd nalezených v zorném poli jich 129 překročilo práh pro zařazení do kupy. Z toho autoři našli 17 dvojhvězd, 45 pulsujících hvězd, 62 rotačních proměnných (to jsou nejčastěji hvězdy s povrchovou aktivitou, tedy se skvrnami) a pět

hvězd mělo světelné variace malé, téměř v úrovni přístrojového šumu, že nebylo prakticky možné určit typ proměnnosti. Pro dvojhvězdy autoři určili efemeridu systému a studovali tzv. O–C diagram, tedy systematické odchylky pozorování od předpovědi. Ve třech případech objevili významné změny, které by mohly být způsobeny například přítomností třetího tělesa. Pozorovací materiál ale neumožňuje podrobnější výzkum, budou zde tedy zapotřebí doplňující studie.

Autoři dále našli v archívech spektra 111 hvězd ze zorného pole, z nichž 64 bylo možné analyzovat s pomocí sítě numerických modelů hvězdných atmosfér XTGrid. Ta umožňuje určit fundamentální parametry jednotlivých hvězd, zejména pak radiální rychlost, projektovanou rotační rychlost, efektivní teplotu, povrchové gravitační zrychlení a chemické složení a to porovnáním měřeného spektra nebo jeho úseků s numerickým modelem. Tyto parametry bylo možné konfrontovat proti vývojovým modelům dostupným v projektu MIST (MESA Isochrones and Stellar Tracks), což umožnilo určit z pozorování věk hvězd a vzdálenost hvězdokupy. Nejlepší shodu s pozorováními dává věk kolem 8,91 miliard let a vzdálenost 4134 parseků. Vzhledem k tomu, že autoři měli k dispozici i astrometrická měření z družice Gaia, i z těchto údajů lze samozřejmě určit charakteristickou vzdálenost členů kupy, která odpovídá 4123 parseků s nejistotou 31 parseků. Obě nezávisle určené vzdálenosti jsou tedy ve vynikající shodě, což podporuje správnost použité metodologie.

Metalicita studovaných hvězd je obecně vyšší než metalicita Slunce, ale nedá se říci, že by byla stejná pro všechny členy kupy. Pravděpodobným důvodem je existence více hvězdných populací, což je v otevřené hvězdokupě poněkud nezvyklé, vzhledem k vysokému věku se ale dá očekávat. Však věk této hvězdokupy je na tento typ objektů také nezvykle vysoký. To z ní činí skutečně zajímavý objekt. Studium hvězdokup jako je NGC 6791 poskytuje cenné poznatky o procesech tvorby, vývoje a zániku hvězd, stejně jako o složitých dynamikách hvězdných systémů v naší galaxii.

<https://www.asu.cas.cz/articles/2155/19/na-cem-pracujeme-promenne-hvezdy-v-otevrene-hvezdokupe-ngc-6791>