

Pulsace pekuliárního obra MWC 137

11.1.2024 - | Astronomický ústav AV ČR

Tato horká obří hvězda nacházející se v souhvězdí Orionu byla cílem celé řady pozorovacích kampaní.

Velmi hmotné hvězdy jsou velmi důležitými prvky významně se podílejícími na obohacování mezihvězdného plynu těžšími chemickými prvky. Vnitřní struktura, vývojový stav a koneckonců i některé základní parametry obřích hvězd jsou často určeny s velkými nejistotami, i když je k daným hvězdám k dispozici velké množství nejrůznějšího pozorovacího materiálu. To je i případ hvězdy MWC 137. Tato horká obří hvězda nacházející se v souhvězdí Orionu byla cílem celé řady pozorovacích kampaní. Že jde o hvězdu velmi zajímavou se ukázalo již v polovině minulého století, kdy se například prokázalo, že v jejím těsném okolí se nachází mlhovina, která je s hvězdou geneticky spojena. Ve spektru byly objeveny četné emisní čáry, z nichž některé patří mezi tzv. zakázané, které mají svůj původ ve specifických podmínkách v plynu v okolí hvězdy. Pro výskyt zakázaných emisních čar řadí astronomové MWC 137 mezi tzv. B[e] hvězdy, jejichž vývojový stav je obecně zahrnut mnohými záhadami.

I přes rozsáhlý pozorovací materiál obestírá i MWC 137 celá řada nejasností, z nichž některé jsou fundamentální. Z různých studií vycházela různá hmotnost hvězdy v rozsahu 27 až 70 hmotností Slunce, různá svítivost, a nakonec ani vzdálenost není určena spolehlivě. Různé zdroje uvádějí vzdálenost této hvězdy od Země v rozsahu 1 kpc až 13 kpc. Ke zpřesňování může docházet jen s pomocí nového pozorovacího materiálu.

Naštěstí se tato hvězda objevila opakovaně v zorném poli družice TESS, jejímž primárním cílem je hledání extrasolárních planet. Komplexní pokrytí hvězdné oblohy ovšem umožnilo dlouhodobější sledování změn jasnosti této hvězdy. Z prvotních analýz se ukázalo, že světelná křivka MWC 137 vykazuje cyklickou proměnnost s délkou cyklu 1,9 dne. To je příliš krátká doba než aby mohlo jít o proměnnost způsobenou rotací hvězdy nebo hvězdnou oběžnicí. Možným vysvětlením tohoto nového pozorovacího faktu tak jsou hvězdné pulsace.

Velkou výhodou hvězdných pulsací je, že jejich periody velmi silně závisí na vlastnostech hvězdy a slouží tak jako nezávislá metoda měření a vážení hvězd „na dálku“. Na analýze spektra pulsací a oscilací staví celá nová disciplína hvězdné astrofyziky, tzv. asteroseismologie. Této vlastnosti využil tým odborníků sestávající se z pracovníků světových institucí včetně ASU v osobě Michaela Krause.

Zmíněná 1,9denní perioda byla v představované práci nejprve ověřena v nezávislých pozorováních ve dvou tzv. sektorech, po nichž TESS skenuje oblohu. Zde se ukázalo, že tato perioda je přítomna v obou sektorech a nejde tedy o dílo náhody. V návaznosti na tuto skutečnost autoři tedy vypočetli nový strukturální model hvězdy MWC 137. Tento model byl vstupem dalšího sofistikovaného programu vyvinutého na univerzitě v německém Göttingen, který s pomocí známých principů modeluje předpokládané spektrum pulsací. Protože základní parametry hvězdy nejsou známy přesně, autoři museli vypočítat a posoudit celou síť modelů, lišících se navzájem hmotností, svítivostí nebo chemickým složením.

Analýza ukázala, že ve shodě s pozorováním jsou modely s hmotnostmi 33 a 45 hmotností Slunce. Ovšem předpovězené spektrum pulsací pro méně hmotný z preferovaných modelů vykazovalo ještě silnou podporu pro pulsaci s periodou 3,1 dne. Ta by měla být podle výpočtů dokonce silnější než pozorovaná 1,9denní pulsace. Protože ve skutečných pozorováních nejsou silné důkazy pro existenci významného 3,1denní modu, autoři se nakonec přiklonili k modelu s hmotností 45 hmot Slunce.

Ten dále studovali s pomocí jiného programu s původem opět na univerzitě v Göttingen, který vyšetřoval časový vývoj této oscilace. Zde se ukázalo, že zmíněná 1,9denní perioda pulsací je v modelu dlouhodobě udržitelná. Pulsace se ustálily na rychlostech s amplitudou 157 km/s, což je asi pětina únikové rychlosti z hvězdy. Během pulsačního cyklu se povrchová teplota hvězdy podle modelu mění od 25 300 K do 29 800 K a poloměr pulsuje mezi 23,5 a 29,5 miliony kilometrů.

Analýza význačné pulsační periody tedy umožnila omezit základní údaje o této zajímavé hvězdě. S jejich znalostí je již možné vypočítat vývojové modely a konfrontovat s pozorováními. Autoři tohoto cíle dosáhli s využitím vývojového programu EZ, který je předchůdcem dnes komunitně vyvíjeného balíku MESA. Modelovali vývojové stopy hvězd s hmotností blízkou výše uvedeným 45 hmotnostem Slunce a to proto, aby posoudili citlivost výsledného modelu na možných nejistotách. Z porovnání se současnou pozicí hvězdy v Hertzsprungově-Russelově diagramu vyplývá, že hvězda se nachází buď ve stádiu vývoje po hlavní posloupnosti, nebo se do tohoto stádia chystá vstoupit. Nejspíše v jejím nitru dochází k termonukleární reakci vodíku ve slupce v okolí zkolabovaného neaktivního héliového jádra. Z modelů také vyplývá vývojový věk, který činí asi 3,9 milionu let.

Je zajímavé, že nejlepší model je v souladu i s dalšími údaji. Na základě spektroskopických pozorování mlhoviny v okolí hvězdy bylo odhadnuto, že pozorované polární výtrysky jsou staré přinejmenším 1800 let a současně že mlhovina obklopující hvězdu má věk přinejmenším 20 000 let. To je ve výborné shodě s vývojovým modelem, neboť fáze smršťování, která může být spojena se vznikem mlhoviny, trvá v modelu asi 50 000 let.

Práce ukazuje, že měření a vážení hvězd na dálku je často doslova detektivní prací. Pro některé typy hvězd pak prací obzvláště obtížnou, kdy až zcela nové údaje, v tomto případě přítomnost dlouhodobě udržitelné pulsační periody, vnesou do analýz zcela nový výt.

S. Parida, A. P. Yadav, M. Kraus a kol., *On the stability and pulsation in models of B[e] star MWC 137*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 527 (2023) 7414-7423, preprint arXiv:2311.12549

<https://www.asu.cas.cz/articles/2218/19/na-cem-pracujeme-pulsace-pekuliarniho-obra-mwc-137>