

Na čem pracujeme: 50 Draconis: zajímavá pulsující chemicky pekuliární dvojhvězda

3.6.2025 - | Astronomický ústav AV ČR

Dvojhvězda 50 Draconis se nachází v souhvězdí Draka a z České republiky je cirkumpolární, tedy nezapadá za obzor. Nachází se ve vzdálenosti necelých 100 parseků a protože jde o poměrně hmotnou hvězdu, její zdánlivá jasnost dovoluje její pozorování i bez dalekohledu. Jako dvojhvězda byla odhalena již na počátku 20. století, oběžná doba hlavních složek je jen o málo kratší než pět dní. Již z prvních spektroskopických pozorování bylo jasné, že jde o dvojici hvězd podobného typu.

V tomto případě je jedná o tzv. Am hvězdy (z anglického „metallic-line A stars“, tedy hvězdy spektrální třídy A s čarami kovů). Tyto hvězdy mají ve spektru nápadně silné čáry kovů, zejména železa, niklu, barya a dalších těžších prvků, ale naopak slabé čáry vápníku a skandia. Tento jev vzniká tak, že se v jejich atmosférách pomalu hromadí některé prvky vlivem zářivého transportu a nedostatečného míchání způsobeného absencí rozsáhlých konvektivních vrstev a pomalou rotací hvězd. Takové hvězdy poskytují stabilní prostředí, kde může působit tzv. atomární difúze – tedy selektivní „sedání“ nebo „vynášení“ chemických prvků v atmosféře hvězdy v závislosti na jejich hmotnosti a míře interakce se zářením.

Ačkoliv se dlouho předpokládalo, že tyto hvězdy kvůli své stabilní atmosféře nemohou pulsovat ani vykazovat výraznější fotometrickou variabilitu, nová data z družic jako Kepler a TESS ukázala, že mnohé z nich vykazují jemné změny jasnosti. Tyto změny se mohou vázat na pulsace, rotaci hvězdy, případně složité kombinace obou jevů. 50 Dra se ukázala být mimořádně zajímavým objektem, protože se v ní kombinují jevy, které byly až donedávna považovány za výjimečné nebo dokonce neslučitelné.

Hlavním cílem autorů bylo podrobně charakterizovat obě složky systému 50 Dra, zjistit jejich oběžné a fyzikální parametry a identifikovat příčinu pozorované další proměnnosti, která se nevysvětlí pouhým pohybem v binárním systému. Autoři použili zejména dvě hlavní pozorovací metody: fotometrii a spektroskopii. Fotometrie, tedy měření jasnosti hvězdy v čase, byla provedena s využitím dat ze satelitu TESS, konkrétně z 28 sektorů pozorování pokrývajících 4,5 roku. To umožnilo mimořádně přesné sledování periodických změn jasnosti. Hlavní zjištěná perioda byla 4,117719 dne, což je oběžná doba hvězd kolem společného těžiště. Tato periodicitu se projevuje jako tzv. elipsoidální proměnnost – změny jasnosti způsobené slapovou deformací hvězd, které nejsou sférické, ale mírně protáhlé a během oběhu mění svůj orientovaný profil vůči pozorovateli. Zde je zajímavé dodat, že změřená perioda velmi přesně odpovídá pracem publikovaným před více než 100 lety. To značí, že oběžná dráha dvojhvězdy je stabilní.

Spektroskopická data byla získána pomocí spektrografu OES, který je napájen Perkovým dvoumetrovým dalekohledem v Ondřejově. Bylo pořízeno 20 spekter s vysokým rozlišením pokrývajících celou vizuální a část blízké infračervené oblasti elektromagnetického záření. Spektra byla zpracována pomocí softwaru IRAF a metodou spektroskopického rozpletení (s využitím kódu Korel), která umožňuje oddělit příspěvky jednotlivých hvězd a současně určit jejich radiální rychlosti v čase.

Z radiálních rychlostí obou složek a světelné křivky sestavili autoři model celého systému. Výsledky ukázaly, že obě hvězdy jsou si velmi podobné, obě mají hmotnosti přibližně 2 hmotnosti Slunce (primární složka 2,08, sekundární 1,97 hmotnosti Slunce), teploty 9800 K a 9200 K, a poloměry

přibližně dva sluneční poloměry. Obě hvězdy rotují pomalu a synchronně s oběžným pohybem – rotace a oběh jsou synchronizovány, což je běžný důsledek slapových sil v těsných dvojhvězdách.

Navzdory tomu, že se systém 50 Draconis není zákrytový, lze z přesné světelné křivky vyčíst nejen elipsoidální proměnnost, ale i další jemné změny. Po odečtení hlavní periody 4,117719 dne zůstává v datech zřetelná struktura tzv. hrbu, tedy skupiny těsně rozložených vrcholů ve frekvenčním spektru kolem 0,27–0,28 cyklů za den. To je o něco více než rotační frekvence složek. Autoři tuto variabilitu interpretují gravitační módy pulzací šířící se ve směru rotace hvězdy. Je to důležitý objev, protože pulsace tohoto typu jsou u takto horkých a chemicky pekuliárních hvězd vzácné. Struktura frekvenčního hrbu není zcela stabilní v čase – analýza jednotlivých úseků dat ukazuje změny amplitudy a tvaru, což může svědčit o nestabilní nebo chaotické povaze těchto pulzací.

Z hlediska chemického složení obou složek autoři provedli syntézu spekter pomocí modelů atmosfér (kódy ATLAS9 a SYNTHE) a porovnání s pozorovanými spektry. Analyzovali více než 200 čar železa, stejně jako čáry dalších 28 prvků, včetně prvků těžkých a vzácných zemin. Obě hvězdy mají silné přebytky prvků skupiny železa (Fe, Cr, Ni) a lanthanoidů (La, Ce, Nd), a současně deficit lehkých kovů, zejména skandia. To je zcela typický podpis Am hvězd. Ukazuje se, že tento typ chemické pekuliarit je extrémně vzácný u takto horkých hvězd. Různé statistické studie ukazují různé zastoupení Am hvězd s podobnými povrchovými teplotami, některé studie odhadují jejich zastoupení na méně než jedno procento mezi pekuliárními hvězdami.

Kromě přímého modelování byl celý systém analyzován i z hlediska rovnováhy hybnosti. Autoři spočítali, že celkový moment hybnosti systému je více než dvojnásobný oproti kritickému momentu, potřebnému pro vznik stabilního slapového uspořádání. To znamená, že systém je dynamicky stabilní a skutečně se nachází v rovnovážném stavu s kruhovou orbitou a synchronní rotací.

Závěrem autoři konstatují, že 50 Dra je mimořádně zajímavý případ binárního systému, v němž se současně vyskytuje celá řada jevů. To dělá z 50 Dra výjimečný laboratorní systém pro studium fyzikálních jevů ve hvězdách hlavní posloupnosti, zejména interakce mezi rotací, dvojhvězdností, chemickými anomáliemi a hvězdnými pulsacemi. Vzhledem k rostoucímu množství přesných dat z družic jako TESS či Gaia lze očekávat, že v budoucnu budou odhaleny podobné složité systémy nebo i samostatné hvězdy a pomohou dále rozvíjet naše chápání hvězdné fyziky.

M. Skarka, J. Lipták a kol., *50 Dra: Am-type twins with additional variability in a non-eclipsing system*, Astronomy & Astrophysics v tisku, preprint arXiv:2504.05854

<https://www.asu.cas.cz/articles/2420/19/na-cem-pracujeme-50-draconis-zajimava-pulsujici-chemicky-pekuliarni-dvojhvezda>