

Na čem pracujeme: Zarovnaný exoplanetární systém HD 110067

11.6.2024 - | Astronomický ústav AV ČR

Výsledky této studie jsou důležitým příspěvkem k pochopení toho, jak se planetární systémy formují, vyvíjejí a stabilizují.

Naše Sluneční soustava je mezi známými planetárními systémy poněkud ojedinělá. Obsahuje osm velkých planet, které okolo Slunce obíhají po drahách, které jsou vůči sobě velmi málo skloněny. Tyto dráhy jsou navíc téměř kolmé k rotační ose Slunce. Sluneční soustava je tedy z hlediska planetárních oběžnic pěkně zarovnaná, koplanární. Takových systémů není známo mnoho. Dalším takovým byl systém TRAPPIST-1 objevený v roce 2016, který byl velmi široce diskutován i v médiích. Kromě toho, že zde planety obíhají téměř ve stejné rovině, ještě navíc jsou jejich oběžné doby v poměrech vyjádřitelných malými celými čísly, tedy planety jsou v tzv. rezonancích. Planety se vzájemně gravitačně synchronizují, což může systém dlouhodobě velmi účinně stabilizovat. Systémy v rezonanci jsou mimořádně zajímavé, protože představují důležité kameny ve skládačce procesů formace a vývoje planetárních systémů.

Dalším takovým systémem je HD 110067, kde se nachází šest mini-neptunů na rezonančních orbitálních drahách. Tyto planety se nacházejí v tzv. rezonančním řetězci, kde každá planeta ovlivňuje orbitální pohyb své sousední planety. Tento fenomén je klíčový pro pochopení formace planetárních systémů, protože naznačuje, že planety se pravděpodobně formovaly v různých vzdálenostech od své mateřské hvězdy a postupně migrovaly do svých současných poloh.

Jiří Žák ze Stelárního oddělení ASU je v současnosti na dlouhodobé stáži v Evropské jižní observatoři. Proto není překvapivé, že je prvním autorem práce, která se detailně věnuje analýze nových pozorování hvězdy HD 110067. Autoři studie použili spektroskopická data z vysoce přesného přístroje ESPRESSO, který je instalován na Velmi velkém dalekohledu (VLT) na Evropské jižní observatoři (ESO). ESPRESSO umožňuje velmi přesná měření radiálních rychlostí hvězd, což je nezbytné pro studium exoplanet a jejich interakcí s mateřskými hvězdami. Data, přesněji 53 vysokodisperzních spekter v rozsahu viditelné oblasti spektra z ESPRESSO byla využita ke studiu orbitální roviny planety HD 110067c, tedy druhé známé planety v systému, během jejího tranzitu před hvězdou 14. února 2024.

Jedním z hlavních výsledků této studie je zjištění, že orbitální rovina planety HD 110067c je velmi dobře sladěna s rotační osou hvězdy, přesněji je na rotační osu hvězdy téměř kolmá. K tomu bylo zapotřebí změřit orientaci rotační osy hvězdy, což se povedlo díky výraznému Rossiterově-McLaughlinově efektu. Tento efekt se objevuje při tranzitu exoplanety a nejvýraznější je na jeho začátku a konci, kdy planeta zakrývá část hvězdy s největší hodnotou rotace promítnuté do směru k pozorovateli, takže změny ve spektru jsou výrazné a umožňují stanovit mimo jiné orientaci rotační osy. V případě oběžné dráhy HD 110067 c odklon od rotační osy hvězdy dosahuje jen asi 6° (s poměrně velkou nejistotou), což je podobné Sluneční soustavě. Odborníci se domnívají, že tento jev naznačuje, že postupná migrace zárodků planet, která je nakonec uzamkla v orbitální rezonanci, nebyla významně rušena jinými tělesy.

Autoři dále studovali dynamickou stabilitu planetárního systému HD 110067. Rezonance mezi planetami ukazují, že planety musely projít fází konvergentní migrace, kdy se formovaly daleko od hvězdy a postupně migrovaly ke hvězdě do svých současných drah. Pro HD 11067c se nicméně pozorovaný střed zákrytu od předpovězené efemeridy sestavené na základě dřívějších pozorování

lišil o 19 minut. To je známkou variace tranzitních časů, které jsou obvykle přisuzovány interakcím mezi planetami v systému.

Výsledky této studie jsou důležitým příspěvkem k pochopení toho, jak se planetární systémy formují, vyvíjejí a stabilizují. Autoři v závěru práce poukazují na to, že i v případě ostatních planet systému by mělo být možné využít Rossiterova-McLaughlinova efektu k ověření odklonů orbitálních drah i těchto planet a potvrzení konfigurace systému. Současně jsou planety v systému HD 110067 obklopeny atmosférami (což třeba kamenné planety systému TRAPPIST-1 nejsou), takže pokud bychom mohli analyzovat jejich chemické složení, byly by to další důležité údaje do formačních scénářů planetárních systémů. K tomu jsou ale zapotřebí další pozorování na přesných spektrografech.

J. Žák a kol., *HD110067c has an aligned orbit: Measuring the Rossiter-McLaughlin effect inside a resonant multiplanetary system with ESPRESSO*, Astronomy & Astrophysics v tisku, preprint arXiv:2405.12409

<https://www.asu.cas.cz/articles/2281/19/na-cem-pracujeme-zarovnany-exoplanetarni-system-hd-110067>