

Na čem pracujeme: Vodní pára v disku kolem horkého veleobra

18.8.2026 - | Astronomický ústav AV ČR

Astronomové poprvé objevili horkou vodní páru v okolí horkého veleobra typu B[e]. Objev ukazuje, že prostředí těchto extrémně horkých hvězd může být chemicky mnohem složitější, než se dosud předpokládalo. Díky velmi přesným infračerveným spektroskopickým měřením se podařilo nejen identifikovat molekuly vody, ale také zpřesnit představy o struktuře plynového disku, vývojového stádia hvězdy i její možné dvojhvězdné povaze. Michaela Kraus ze Stelárního oddělení ASU byla u toho.

Velmi hmotné hvězdy patří mezi nejdůležitější objekty ve vesmíru. Přestože jich vzniká výrazně méně než hvězd podobných Slunci, svým intenzivním zářením, silnými hvězdnými větry a nakonec i explozemi supernov zásadně ovlivňují vývoj galaxií. V průběhu svého života vyvrhují do okolního prostoru obrovské množství plynu a prachu, který se později stává stavebním materiálem pro vznik dalších generací hvězd a planet. Bohužel, vývojové modely právě těchto hvězd trpí značnými nepřesnostmi, neboť ztráta hmoty obřích hvězd není spolehlivě popsána.

Jednou z nejzáhadnějších vývojových fází jsou veleobři typu B[e]. Jde o velmi horké a svítivé hvězdy obklopené hustými disky nebo prstenci plynu a prachu. Přestože samotný povrch hvězdy dosahuje teplot desítek tisíc stupňů, v okolním disku mohou existovat mnohem chladnější oblasti, kde vznikají molekuly a později i prachová zrna. Právě studium těchto molekul umožňuje astronomům zkoumat fyzikální podmínky v různých částech disku a rekonstruovat historii ztráty hmoty. Dosud se přitom předpokládalo, že nejdůležitější molekulou v těchto prostředích je oxid uhelnatý (CO), zatímco přítomnost složitějších molekul nebyla u těchto extrémně horkých hvězd nikdy spolehlivě prokázána.

Článek o studii, na níž se podílela i Michaela Kraus z ASU, tuto představu nyní mění. Cíl studie byl zaměřen na objekt LHA 115-S 18 v Malém Magellanově mračnu. Tato hvězda je astronomy studována již několik desetiletí, přesto její skutečná povaha zůstává nejasná. Vykazuje výrazné změny jasnosti i spekter, objevují se u ní rentgenové emise a řada dalších neobvyklých vlastností, které naznačují, že by mohlo jít o dvojhvězdný systém. Již dřívější pozorování odhalila přítomnost molekul oxidu uhelnatého a oxidu titaničitého i značného množství prachu, což svědčí o existenci hustého a relativně chladného okolního prostředí. Autoři nové studie se proto rozhodli využít moderní přístroj a podívat se na chemické složení tohoto prostředí mnohem podrobněji. K tomu použili pozorování provedená na dalekohledu Gemini South s pomocí infračerveného spektrografu IGRINS v noci 3. října 2021, který má velmi dobré spektrální rozlišení.

Nedůležitou součástí práce byla interpretace naměřených spekter. K tomu posloužil fyzikální model jednotlivých složek spektra, kde první model disku byl vypočten na základě molekulárních čar CO. Ve spektru byly totiž jednoznačně identifikovány jednotlivé rotačně-vibrační přechody této sloučeniny. Tato molekula je známa jako velmi dobrý trasovač molekulárního prstence a bylo tak možné zmapovat teplotu i hustotu přítomného materiálu stejně jako jeho strukturu.

Největší pozornost však autoři věnovali celé řadě drobných emisních struktur, které se objevovaly mezi známými pásy CO. Ty odpovídaly polohám čar molekul vodní páry, což se podařilo prokázat porovnáním s nejlepším dostupným katalogem spektra této na Zemi běžné substance. Autoři modelovali také vodíkové čáry Pfundovy série, které vznikají v ionizovaném hvězdném větru. Tyto čáry poskytují informace o vlastnostech plynu mnohem blíže hvězdě než molekulární emise. Výsledný model tedy kombinoval tři různé složky – oxid uhelnatý, vodní páru a vodíkové emisní čáry – a

umožnil rozlišit, odkud jednotlivé části spektra pocházejí.

Výsledky analýzy jsou velmi zajímavé. Především se podařilo vůbec poprvé jednoznačně identifikovat emisi horké vodní páry u veleobří hvězdy typu B[e]. Naměřená data nejlépe odpovídají vodě o teplotě přibližně 1800 kelvinů, zatímco oxid uhelnatý vzniká v o něco teplejší oblasti s teplotou kolem 2000 kelvinů. Šířka spektrálních čar zároveň ukazuje, že voda se pohybuje jiným způsobem než CO. Emise vody nejeví známky rotačního rozšíření, ale odpovídá spíše turbulentním pohybům o rychlosti přibližně 10 km/s. Autoři z toho usuzují, že oblast obsahující vodní páru leží dále od hvězdy než oblast, kde vzniká emise CO. Takový výsledek je fyzikálně logický, protože voda může existovat pouze v dostatečně chladném a dobře zastíněném prostředí.

Izotopového složení oxidu uhelnatého svědčí o tom, že materiál byl chemicky obohacen v nitru hvězdy a následně vyvržen do okolního prostoru. Získaný izotopový poměr uhlíku 13 a uhlíku 12 je charakteristický pro velmi pokročilé vývojové stadium hmotných hvězd a podporuje představu, že LHA 115-S 18 již prošla fází červeného veleobra nebo jí velmi podobným vývojovým obdobím. Vodíkové Pfundovy čáry jsou vůči molekulárním emisím posunuty přibližně o 25 kilometrů za sekundu. Tento rozdíl naznačuje, že ionizovaný plyn a molekulární materiál nevznikají ve stejné oblasti. Podle autorů jde o další nepřímý argument podporující hypotézu, že LHA 115-S 18 tvoří dvojhvězdný systém. Otázkou zůstává, zda molekulární disk obklopuje jen jednu složku soustavy, nebo zda je tzv. cirkumbinární. Přítomnost vody dokládá existenci hustých oblastí účinně chráněných před intenzivním ultrafialovým zářením hvězdy, které by jinak molekuly velmi rychle rozložilo.

Práce představuje významnou výzvu pro současné modely vývoje hmotných hvězd. Vodní pára byla dosud pozorována především u mnohem chladnějších vyvinutých hvězd, nikoliv u horkých veleobrů. Chemické složení okolí LHA 115-S 18 proto připomíná spíše prostředí žlutých hyperobrů nebo objektů, které již prošly fází červeného veleobra. Společně s dalšími neobvyklými vlastnostmi – proměnlivostí, rentgenovým zářením či známkami interakce ve dvojhvězdném systému – se tak LHA 115-S 18 stává jedním z nejzajímavějších objektů pro studium pozdních vývojových stádií velmi hmotných hvězd v prostředí s nízkým zastoupením těžších prvků.

M. L. Arias, A. F. Torres, M. Kraus a kol., *High-resolution Near-Infrared Spectroscopy of the B[e] Supergiant LHA 115-S 18: Discovery of Hot Water Vapor Emission*, *Astrophysical Journal Letters* 1000 (2026) L49, preprint arXiv: 2603.22334

<https://www.asu.cas.cz/articles/2597/19/na-cem-pracujeme-vodni-para-v-disku-kolem-horkeho-veleobra>