Na čem pracujeme: Jak změna modelů hvězdných větrů přepisuje příběh hvězd u Sagittarius A*

6.1.2026 - | Astronomický ústav AV ČR

V srdci naší Galaxie se nachází extrémně hustá koncentrace hmotných hvězd poblíž supermasivní černé díry Sagittarius A*. Tyto hvězdy — obří a krátkověké — mají rozhodující vliv na okolní prostředí i na to, jak černá díra akumuluje hmotu. Nová práce, v níž důležitou roli sehráli odborníci z ASU představuje nejnovější modely vývoje těchto masivních hvězd založené na modernizovaných předpisech ztrát hmoty. Ukazuje se, že doposud běžně používané modely mohly významně nadhodnocovat ztrátu hmoty v raných fázích hvězdného vývoje. Práce tak nabízí aktualizovaný pohled na interpretaci pozorovaných populací hvězd v centru naší Galaxie.

Centrum naší Galaxie představuje extrémní fyzikální prostředí: ve vzdálenosti přibližně jednoho parseku od supermasivní černé díry Sagittarius A* s hmotností přes čtyři miliony hmotností Slunce se soustřeďuje populace velmi hmotných hvězd. Typický typem zde registrovaným je tzv. Wolfova-Rayetova hvězd, velmi horká a jasná stálice s výrazným přebytkem zastoupení hélia.

Tyto hvězdy jsou velmi jasné, krátkověké a za své relativně krátké životy silně ovlivňují okolí: jejich intenzivní hvězdný vítr přispívá ke vzniku horkého plazmatu, které může být následně akretováno černou dírou, a jejich výbuchy jako supernovy šíří energii a těžké prvky do okolí. Dobrá znalost jejich vývoje a fyzikálních vlastností je proto klíčová pro pochopení dynamiky a evoluce galaktických center obecně. V případě horkých hvězd v jaderné hvězdokupě naší Galaxie ale odborníci poukazují na mnohé zjevné rozpory. Například pozorované hvězdy vykazují povrchové chemické složení, které je obtížně slučitelné s jejich interpretovaným evolučním stadiem.

Dlouho používané evoluční modely hvězd, které zahrnují předpisy pro hmotnostní úbytek během různých fází života hvězdy, byly založeny na standardních formulacích a často předpokládaly poměrně vysokou rychlost úbytku hmoty, zejména během raných fází života hmotných hvězd. Tyto modely určovaly nejen celkovou životnost hvězdy a její konečný osud, ale také její chemické složení v různých fázích života a tím i jeho pozorovatelné vlastnosti spektra. Nové teoretické a pozorovací výsledky však naznačují, že tyto starší modely mohly systematicky nadhodnocovat úbytek hmoty ve významné části životního cyklu hvězdy – což má přímý dopad na interpretaci populací hvězd v extrémních prostředích.

V představovaném článku tak autoři sice použili běžný program pro výpočet hvězdného vývoje pocházející od skupiny observatoře v Ženevě, ale modifikovaly předpisy pro intenzitu hvězdných větrů velmi hmotných hvězd na základě nedávno publikovaných prací. Autoři se zaměřili především na vývoj Wolfových-Rayetových hvězd s počáteční hmotností 20 až 60 hmotností Slunce.

Simulace ukazují, že se hvězdy s novými mass-loss předpisy chovají podstatně jinak než modely starých předpisů především během prvních fází života. V důsledku nižších rychlostí úbytku hmoty během pobytu na hlavní posloupnosti si masivní hvězdy ponechají oproti starším modelům více své původní hmoty i více vodíku v povrchových vrstvách během pozdních evolučních fází. To ovlivňuje také povrchové chemické složení (nyní je zastoupeno více vodíku, jsou i jiné poměry zastoupení prvků jako je uhlík, kyslík a dusík), vnitřní stratifikaci (vnitřně se hvězdy jinak míchají) a též vývoj rotační rychlosti (hvězdy ve výsledku rotují rychleji než předpovídaly předchozí modely, protože

slabší větry je méně účinně brzdí).

Důležité je, že nové modely lépe odpovídají chemickému složení pozorovaných WR hvězd v centru Galaxie než starší evoluční dráhy. Konkrétně modely ukazují, že hvězdy procházejí klasickými sekvencemi spektrálních typů s vyšším zastoupením vodíku než se předpokládalo a některé podtypy, které byly dříve těžko vysvětlitelné, lze nyní přirozeně odvodit z fyziky vývoje. Nové modely navíc ukazují, že doposud platná vývojová sekvence WR hvězd může probíhat v případě vyššího zastoupení vodíku v jiném pořadí, což opět ovlivňuje interpretaci populace hvězd v takto extrémních podmínkách.

Změny ve vnitřní rozvrstvení i míchání vedou také k odchylkám v předpokládaném chemickém složení hvězdných větrů. Uvažované hvězdy jsou v jaderné hvězdokupě velmi blízko sebe, takže jednotlivé větry vanoucí od hvězd kolidují a vytvářejí systematický tok látky. Mohou zde vznikat významné shluky, pro jejichž popis je znalost chemického složení klíčová. Tyto údaje jsou totiž důležité například pro simulace akrece na černou díru Sgr A*, která sice v současnosti probíhá jen ve velmi omezené míře, ale v minulosti tomu tak být nemuselo.

A. C. Gormaz-Matamala a kol., *Revisiting the Evolutionary Status of Massive Stars at the central parsec of the Milky Way*, Astronomy & Astrophysics v tisku, preprint arXiv:2512.07432

https://www.asu.cas.cz/articles/2516/19/na-cem-pracujeme-jak-zmena-modelu-hvezdnych-vetru-prepisuje-pribeh-hvezd-u-sagittarius-a