

Na čem pracujeme: Výbuchy prvních hvězd vymetly prach z mladých galaxií: nové vysvětlení záhadně průzračného raného vesmíru

4.3.2026 - Michal Švanda | Astronomický ústav AV ČR

Některé partie vývoje vesmíru jsou stále opředeny celou řadou otázek. Tak například pozorujeme velmi hmotné velmi staré galaxie, tzv. modrá monstra, v nichž se zřejmě nachází výrazně méně prachu, než by odpovídalo předpokládanému kosmickému vývoji. Na tuto problematiku se zaměřil tým vědců s návrhem modelu, který by nízké zastoupení prachu přirozeně vysvětlil. Mezi nimi i Santiago Jiménez z Oddělení galaxií ASU.

V posledních letech astronomové objevili řadu mimořádně jasných galaxií nacházejících se v kosmologických vzdálenostech (s rudým posuvem $z > 10$), takové vznikly jen několik milionů let po vzniku vesmíru. Tyto objekty se díky své jasné modré barvě a intenzivnímu ultrafialovému záření nazývají Blue Monsters („modrá monstra“) a vymykají se standardnímu popisu raného vesmíru. Podle tradičních teorií by se v takto mladém vesmíru měl prach relativně rychle tvořit z explozí prvních hvězd a stát se tak běžnou součástí takto mladých galaxií. Avšak v modrých monstrech je množství prachu extrémně nízké – až o dva řády nižší, než očekávají modely založené na produkci prachu supernovami a jeho destrukci ve vláknitém mezihvězdném prostředí.

V literatuře se v zásadě objevily dva možné modely vysvětlující tento nesoulad, který lze přirozeně vysvětlit tak, že byl prach z galaxií prostě odstraněn. Jednak by mohlo jít o vliv odfukování prachu hvězdnými větry, nebo mechanickým vymetením v důsledku hvězdných větrů a výbuchů supernov. Druhou jmenovanou myšlenku rozpracovali autoři v představovaném článku.

Studie je založena na teoretické analýze, jež kombinuje komplexní trojrozměrné hydrodynamické simulace s fyzikou tvorby a přežití prachových zrn ve velmi mladých hvězdokupách. V běžných modelech se prach ve velkém vytváří ve v pozůstatcích po výbuších supernov, které zbyly po vývoji velmi hmotných hvězd, a postupně se míchá do mezihvězdného média. Tento prach by absorboval část ultrafialového světla galaxie, ohřál se a přispíval k její infračervené emisi. Avšak modrá monstra se jeví jako téměř bezprašná, jejich spektra ukazují velmi malou absorpci ultrafialového světla a velmi slabé infračervené záření, což naznačuje zanedbatelné množství prachu. Standardní procesy produkce a destrukce prachu v mezihvězdném médiu tak nemohou zcela vysvětlit pozorované hodnoty poměru prachové hmoty k hmotě hvězdné složky.

Autoři se proto zaměřují na dynamiku supernov ve velmi hustých oblacích plynu, kde se rodí hvězdy. V takových podmínkách se výbuchy supernov nemusí chovat symetricky vůči okolnímu materiálu, protože takové mlhoviny jsou obvykle hustotně rozvrstvené a není přirozené, aby supernovy vybuchovaly jen v jejich ideálním středu. Takže výbuchy supernov vytvářejí duté bubliny a tenké slupky, jejichž struktura závisí na hustotě plynu a uspořádání hvězd. Když supernova exploduje mimo těžiště hustší části oblaku, vytvoří cestu nejmenšího odporu – což umožní horkému plynu a prachovým částicím uniknout rychle pryč z oblaku. Tento proces označovaný jako odvětrání (venting) mechanicky vymetá prach a plyn ven z kupy. V důsledku toho může jen malé množství prachu zůstat zachyceno a celkové zastoupení prachu v poměru ke hvězdné složce může poklesnout až o jeden až dva řády ve srovnání s tím, co by vzniklo, kdyby byl prach plně zachován.

Studie pracovala s výsledky existujících trojrozměrných hydrodynamických simulací plynu a hvězd, z nichž některé po sobě vybuchly jako supernovy. Tyto simulace poskytují informaci o tom, kolik prachu přežije v různých podmínkách. Tyto výsledky pak zkombinovali se zjednodušeným, ale fyzikálně konzistentním modelem šíření rázových vln od supernov v rozvrstveném médiu. Na základě těchto kombinovaných přístupů autoři definují kritickou vzdálenost, při které explodující supernova mechanicky odvádí materiál ven z centra dění.

Hlavní výsledky ukazují, že pokud vezmeme v úvahu realistickou distribuci hmotností hvězd v kupě a rozložení plynu, snížení prachové frakce způsobené mechanickým vymetáním odpovídá údajům určeným pro skutečnou modrou monstra. To znamená, že mechanické odstranění prachu během rychlé sekvence supernov je schopné samo o sobě vysvětlit nízký obsah prachu v těchto galaxiích bez nutnosti uvažovat extrémní vnitřní destrukci prachu nebo jen velmi nízké počáteční prachové výtěžky. Navíc tato redukce závisí především na koncentraci plynu a méně na metalicitě. To je v souladu s tím, že modrá monstra mají velmi nízké zastoupení těžších prvků, ale přesto vykazují extrémně nízké hladiny prachu.

Studie tedy navrhuje, že mechanické vymetání prachu způsobené supernovami představuje životaschopný fyzikální mechanismus pro vysvětlení sníženého obsahu prachu u raných galaxií. Tento mechanismus má významné důsledky nejen pro interpretaci dat z Webbova dalekohledu, kde byl tento paradox detailně popsán, ale také pro naše obecné porozumění tomu, jak první hvězdy a galaxie ovlivnily chemické a dynamické prostředí raného vesmíru.

Citace práce

S. Martínez-González, S. Jiménez a kol., Missing dust of super-early galaxies: Supernova blowout and gas–dust venting in blue monsters, *Astronomy & Astrophysics* 705 (2026) L10.

<https://www.asu.cas.cz/articles/2537/19/na-cem-pracujeme-vybuchy-prvnich-hvezd-vymetly-prach-z-mladych-galaxii-nove-vysvetleni-zahadne-pruzracneho-raneho-vesmiru>