

Na čem pracujeme: V hvězdokupě IRS13 není zapotřebí černé díry střední hmotnosti

3.12.2024 - | Astronomický ústav AV ČR

Astrofyzikové do současnosti spolehlivě identifikovali dva typy černých děr. Jednak černé díry hvězdných hmotností, které jsou pozůstatky po vývoji velmi těžkých hvězd. A pak černé veledíry v jádrech galaxií, jejichž hmotnosti přesahují přinejmenším milion hmotností Slunce. Gravitačně zkolabované objekty s hmotnostmi mezi těmito dvěma extrémy však nejsou v současnosti známy. Předpokládá se, že černé díry středních hmotností (IMBH - Intermediate-Mass Black Holes) by mohly vznikat buď akrecí materiálu v hustých hvězdokupách nebo postupným splynutím menších černých děr. Vezmeme-li však události, které jsou spojeny s detekcí gravitačních vln, obvykle se při nich spojují černé díry s hmotnostmi jen několika desítek hmotností Slunce. Objekty přes sto hmotností Slunce jsme při nich viděli vzniknout jen párkrát. IMBH, zejména ty velmi hmotné, tak stále zůstávají teoretickými objekty. Přesto máme o černých dírách středních hmotností přinejmenším nepřímé důkazy - hypotetická přítomnost IMBH by mohla vysvětlit dynamiku některých hvězdných systémů, například některých hustých hvězdokup.

Jednou z takových podezřelých hvězdokup je skupina hvězd označovaná jako IRS13, což je hvězdný shluk nacházející se ve vzdálenosti pouhých 0,4 parseku od Sagittarius A*, tedy od černé veledíry v centru naší Galaxie - Mléčné dráhy. IRS13 je oblast, která přitahuje pozornost vědců již řadu let, protože hvězdy zde mají neobvykle vysokou disperzi rychlostí. Ta by mohla naznačovat přítomnost velkého gravitačního zdroje uvnitř kupy, což vedlo některé odborníky k závěru, že by zde mohla existovat IMBH o hmotnosti několika desítek tisíc hmotností Slunce. V. Pavlík z Oddělení galaxií ASU AV ČR se s kolegy rozhodl tuto hypotézu prověřit pomocí numerických simulací.

Autoři vytvořili celou řadu modelů pomocí tzv. N-částicových simulací. Tyto simulace umožňují sledovat pohyb jednotlivých hvězd v daném gravitačním poli a jejich vzájemné interakce. Nejprve modelovali IRS13 jako hvězdokupu obsahující několik desítek hvězd a zkoumali, zda by tato hvězdokupa mohla být gravitačně vázaná v silném gravitačním poli Sgr A*, pokud by obsahovala IMBH o různých hmotnostech. Zároveň zkoumali, jak by se IRS13 chovala izolovaně bez vlivu gravitačního pole supermasivní černé díry.

Tyto simulace ukázaly, že IRS13 nemůže být stabilní a gravitačně vázaná hvězdokupa ani v případě, že by obsahovala IMBH s hmotností několika tisíc až desítek tisíc hmotností Slunce. Gravitační síly centra Galaxie jsou natolik silné, že rychle roztrhají jakoukoli hvězdokupu na této vzdálenosti. IRS13 by se tak měla rozpadnout během několika desítek až stovek tisíc let, což je velmi krátká doba v měřítku galaktických procesů. Tento výsledek byl potvrzen i pro různé počáteční podmínky. Autoři dokonce ukazují, že přítomnost velmi hmotné IMBH paradoxně vede k větší nestabilitě hvězdokupy, a to díky vzniku silného vázaného páru některé z hvězd a IMBH, který absorbuje velké množství vazebné energie systému a umožní rychlejší rozpad kupy.

Z výsledků tedy vyplývá, že IRS13 pravděpodobně není gravitačně vázaná hvězdokupa, ale spíše náhodný současný shluk hvězd. Tento proces by navíc nemusel být ojedinělý - podobné jevy lze pozorovat i u dalších hvězdných asociací v centru Galaxie, jako je například kupa IRS1W, která se nachází na opačné straně od Sagittarius A* ve srovnatelné vzdálenosti.

Původ IRS13 je sice stále diskutovaný, ale jako jedno možné vysvětlení se uvádí, že se jedná o pozůstatek větší hvězdokupy, která se dostala do centra Galaxie, kde byla z většiny slapově

roztrhána. V. Pavlík a kolektiv se proto zaměřili i na simulaci tohoto scénáře. Zjistili, že rychlostní disperze hvězd v IRS13, kterou pozorujeme dnes, může být plně vysvětlena působením gravitačních sil černé veledíry v jádru Galaxie.

Autoři proto upozorňují, že samotná disperze rychlostí hvězd v hvězdné asociaci, jako je IRS13, nemusí být spolehlivým indikátorem přítomnosti chybějící hmotnosti (tj. ani černé díry střední hmotnosti). Místo toho je nutné hledat jiné důkazy, například přímé gravitační efekty IMBH na okolní hvězdy nebo emise záření, které by mohly pocházet z akrečního disku kolem IMBH. Navíc autoři zdůrazňují, že dynamika hvězd v centru Galaxie je natolik složitá, že jakékoli závěry musejí být podloženy komplexními numerickými modely. Budoucí studie by měly zahrnout další faktory, jako je přítomnost plynu v prachu, který může ovlivnit pohyb hvězd.

V. Pavlík, V. Karas a kol., *Dynamics of star associations in an SMBH-IMBH system: The case of IRS13 in the Galactic centre*, Astronomy & Astrophysics v tisku, preprint arXiv:2410.14541

<https://www.asu.cas.cz/articles/2349/19/na-cem-pracujeme-v-hvezdokupe-irs13-neni-zapotrebi-cerne-diry-stredni-hmotnosti>