Na čem pracujeme: Jak vypadá medúzová galaxie?

10.12.2024 - | Astronomický ústav AV ČR

Vývoj galaxií v kupě je ovlivněn nejen gravitačním působením ostatních členů kupy, ale také interakcí s plynem, který se v prostředí kupy také vyskytuje. Působení těchto dvou fyzikálních sil je však odlišné.

Zatímco gravitace ovlivňuje hvězdnou i plynnou složku galaxií, tak pohyb v mezigalaktickém plynu ovlivňuje téměř výhradně složku plynnou, zatímco hvězdy minimálně. Efekt tzv. náporového tlaku nechává na plynných složkách galaxií typické otisky, nejčastěji ve formě dlouhých plynných chvostů. Pokud nastanou vhodné podmínky, mohou se v těchto ohonech, tedy v naprosto neobvyklých podmínkách vně galaxií, začít tvořit nové hvězdy. Některé z nich nakonec volně plují mezigalaktickým prostorem.

Galaxie ESO 137-001 je známá jako „medúzová galaxie“ kvůli svým dlouhým plynovým ocasům, které připomínají chapadla medúzy. Tato galaxie se nachází v kupě Norma v souhvězdí Pravítka na jižní obloze a je jedním z nejbližších příkladů galaxií, které procházejí procesem známým jako „ram pressure stripping“, který bychom do češtiny asi nejvýstižněji přeložili jako odtrhávání plynu dynamickým tlakem. Tento proces nastává, když galaxie prochází horkým plynem, který vyplňuje prostor mezi galaxiemi v kupě, což způsobuje, že je její vlastní plyn odtrháván a vytváří dlouhé ocasy plynu. Tento plyn pak můžeme pozorovat v různých vlnových délkách, například v čáře molekuly CO, v optickém oboru např. ve vodíkové čáře Hα, ale také v UV a rentgenovém záření. Vytrhávání je proces zvláště účinný u galaxií, které se pohybují po radiálních drahách směrem k centru kupy, kde je hustota horkého plynu a také oběžná rychlost galaxie nejvyšší. Když galaxie dosáhne svého nejbližšího bodu k centru kupy, tlak na její plyn se dramaticky zvýší, což vede k odtrhávání plynu a tvorbě dlouhých ocasů.

Tato galaxie se stala ústředním objektem nové studie přijaté k publikaci v časopise Astronomy & Astrophysics, na níž se podílel i Pavel Jáchym z Oddělení galaxií ASU. Hlavním cílem studie bylo pochopit fyziku tohoto odtrhávaného plynu a jeho schopnost tvořit nové hvězdy. Autoři článku použili dynamické simulace, aby zkoumali, jak se plyn chová během tohoto procesu a jaké jsou jeho vlastnosti. Velmi složitá interakce galaxie ESO 137-001 s ostatními členy kupy a s mezigalaktickým plynem si přímo říká o plně trojrozměrnou hydrodynamickou simulaci. Ta by jistě mohla prostředí popsat dostatečně detailně, její hlavní nevýhodou je ovšem výpočetní náročnost a v důsledku nutnost poněkud omezit přesnost popisu fyzikálních procesů, které zde probíhají. V neposlední řadě takové simulace obvykle neumožňují čistě z důvodů náročnosti prozkoumání více možných scénářů. Autoři se tedy rozhodli jít cestou méně detailních simulací, avšak s implementací detailnějšího popisu fyzikálních podmínek a především s možností prozkoumat mnohem větší množství myslitelných počátečních podmínek modelu. Základem simulace byl mnohačásticový popis, kdy určitá skupina částic reprezentovala hvězdy a jiná skupina význačné plynné struktury, v astronomické hantýrce bychom asi mluvili o reprezentantech jednotlivých plynných fází. Model parametricky umožňoval započíst míchání různých fází plynu, ale také vznik nových hvězdných částic z plynných částic, pokud pro to v „plynu“ nastaly vhodné podmínky. Navíc byl zvolený model dynamický, tedy umožnil sledovat i historii.

Tento model umožnil autorům vyšetřit na stovku různých modelů, z nichž na základě porovnání s pozorováními vybrali tři, které nejlépe odpovídaly objektivní realitě. Tyto modely je pak možné blíže vyšetřovat. Jedním z klíčových zjištění je, že plyn v ocasech galaxie má vícefázovou povahu, což

znamená, že obsahuje jak hustý molekulární plyn, tak teplý a horký ionizovaný plyn. Tyto fáze plynu se účinně promíchávají, takže tepelné elektrony z horkého plynu pronikají do neutrálního plynu a ohřívají jej. Tento proces je klíčový pro vysvětlení pozorovaného Hα záření v ocasech. Míchání složek ovlivňuje schopnost plynu vytvářet nové hvězdy. Přítomnost turbulentního míchání pak vysvětluje pozorované mapy rentgenového záření.

Vzhled ocasů galaxie je mimo jiné důsledkem kombinace odtrhávání plynu dynamickým tlakem a rotace galaxie, což vede k tvorbě dvou ocasů. Simulace ukazují, že úhel mezi směrem pohybu galaxie a rovinou jejího disku je mezi 60° až 75°, což znamená, že odtrhávání plynu probíhá téměř čelně. Simulace také ukazují, že hustota plynu v ocasech se mění v závislosti na vzdálenosti od galaktického disku. V blízkosti disku je plyn hustší a obsahuje více molekulárního plynu, zatímco ve větších vzdálenostech převládá teplý a horký ionizovaný plyn. Tento výsledek je v souladu s pozorováními, která ukazují, že molekulární plyn je koncentrován v blízkosti disku, zatímco ionizovaný plyn se nachází dále v ocasech.

Studie také poskytuje předpovědi rozložení neutrálního vodíku (HI) v ocasech galaxie. Tyto předpovědi jsou důležité pro budoucí pozorování, která mohou potvrdit nebo vyvrátit modely prezentované v článku. Součástí modelů je i předpověď pohybové trajektorie galaxie ESO 137-001 v rámci kupy Norma. Jako nejpravděpodobnější se zdá, že tato galaxie je v kupě jen slabě vázána a tedy může být na dráze, která ji nakonec vyvede z kupy.

Medúzová galaxie ESO137-001 je prostě fascinujícím exemplářem, na němž lze na dálku testovat přesnost popisu procesů, které v prostřední galaktických kup probíhají. Je tedy zřejmé, že o této zvláštní galaxii neslyšíme naposledy.

Citace článku

B. Vollmer, M. Sun, P. Jáchym, a kol., *ESO 137-001 -- a jellyfish galaxy model*, Astronomy & Astrophysics v tisku, preprint arXiv:2409.16846

https://www.asu.cas.cz/articles/2353/19/na-cem-pracujeme-jak-vypada-meduzova-galaxie