

Fosilinių galaktinių tėkmių evoliucija

The evolution of fossil galactic outflows

Kastytis Zubovas^{1,2}, Gediminas Maskeliūnas²

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius

²Vilniaus universitetas, Astronomijos observatorija, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius

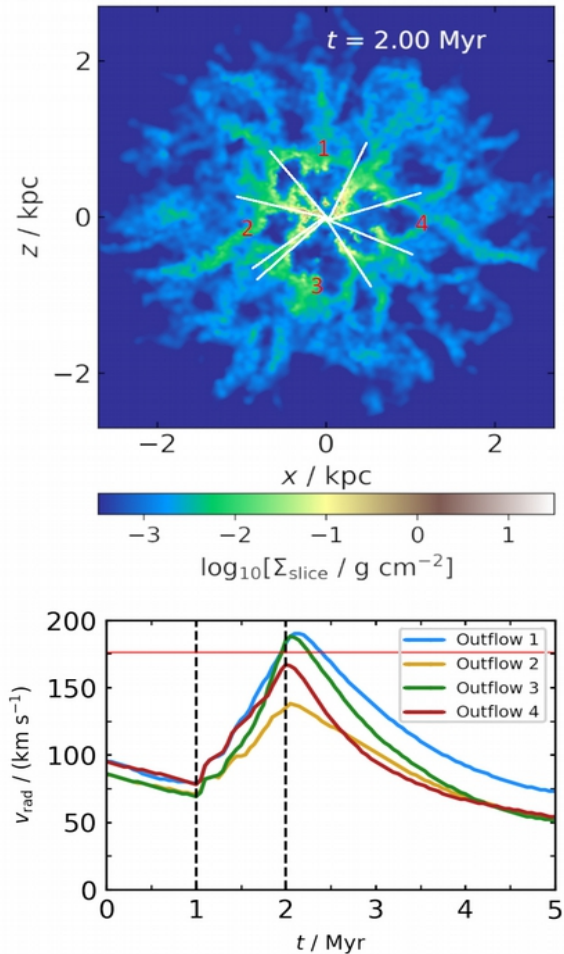
kastytis.zubovas@ftmc.lt

Daugelyje galaktikų randami masyvūs didelio masto dujų srautai, tolstantys nuo centro. Šios tėkmės, paleistos aktyvumo epizodų galaktikos centre metu, gali reikšmingai pakeisti visos galaktikos evoliuciją: sustabdyti ar paspartinti žvaigždėdarą, pernešti sunkiais elementais praturtintas dujas iš centro į galaktikos pakraščius. Tėkmių savybės koreliuoja su aktyvaus galaktikos branduolio šviesiu, tačiau matoma ir reikšminga sklaida aplink paprastus teorinius sąryšius. Vienas būdas paaiškinti sklaidą – branduolio šviesio variacijos 10-100 tūkst. m. laiko skalėmis ir daug lėtesnė tėkmės savybių reakcija į jas [1]. Pagal šį modelį tėkmė turėtų išlikti ilgą laiką ir po branduolio išsijungimo, t. y. turėtume matyti daug fosilinių tėkmių.

Naudodami skaitmeninį hidrodinaminį/N-kūnų kodą Gadget-3 [2], mes išnagrinėjome galaktinių tėkmių evoliuciją po aktyvaus branduolio išsijungimo, esant skirtingoms dujų tankio galaktikoje, centrinės juodosios skylės masės ir aktyvumo epizodo šviesio vertėms. Visose modelio realizacijose naudojamos panašios pradinės sąlygos: sferiškas dujų kevalas, kuriam suteiktas turbulentiškas greičių laukas, atitinkantis realių galaktikų savybes. Po milijoną metų trunkančio relaksacijos periodo, per kurį susiformuoja turbulentiškas dujų tankio pasiskirstymas, prasideda 1 mln. m. aktyvumo epizodas. Tada branduolys išsijungiamas ir nagrinėjama susidariusių tėkmių – greitai radialiai judančių dujų, formuojančių mažo tankio burbulus – evoliucija dar iki 8 mln. metų.

Daugumoje realizacijų aktyvumo epizodo metu susidaro vienas ar keli dujų burbulai. Kartais burbulai išlieka ir toliau plečiasi keletą milijonų metų po branduolio išsijungimo. Pagrindinis kriterijus fosilinėms tėkmėms formotis – aktyvaus branduolio šviesio santykis su Edingtono riba turi bent 7 kartus viršyti dujų tankio ir viso (dujų, žvaigždžių bei tamsiosios materijos) tankio santykį galaktikoje. Kokybinę burbulo evoliuciją gana patikimai prognozuoja jo dujų vidutinis radialinis greitis aktyvumo epizodo pabaigoje: jei greitis viršija reikalingą virializacijai galaktikos gravitaciniame potenciale, burbulas išlieka ir plečiasi laiko tarpą, palyginamą su aktyvumo epizodu (žr. iliustraciją). Lėtesni burbulai labai greitai sustoja ir išnyksta.

Tikėtina, kad fosilinių tėkmių Visatoje yra keletą kartų daugiau, nei tėkmių aktyviose galaktikose, tačiau jas sudėtinga aptikti ir identifikuoti kaip sukurtas branduolio aktyvumo. Identifikacijai gali pasitarnauti nustatytos esminės fosilinių tėkmių savybės: asimetrija galaktikos centro atžvilgiu, erdvinis atsiskyrimas nuo centro bei šaltų dujų dominavimas.



1 pav. *Viršuje*: modelio tankio žemėlapis aktyvumo epizodo pabaigoje su identifikuotais keturiais tėkmės burbulais; *apačioje*: burbulų vidutinio radialinio greičio kitimas; vertikalios punktyrinės linijos žymi aktyvumo epizodo pradžią ir pabaigą, horizontali raudona linija – virialinį greitį.

Reikšminiai žodžiai: galaktikos, aktyvios galaktikos, tarpžvaigždinė medžiaga, skaitmeninis modeliavimas.

Literatūra

- [1] K. Zubovas and E. Nardini, Mon. Not. Roy. Astron. Soc **498**, 3633 (2020).
- [2] V. Springel, Mon. Not. Roy. Astron. Soc **364**, 1105 (2005)