

STACIONARIOS EULERINĖS GARDELĖS PANAUDOJIMAS GREITAI GRĮŽTAMOJO RYŠIO INJEKCIJAI SPH AKTYVIŲJŲ GALAKTIKŲ MODELIUOSE

Matas Tartėnas

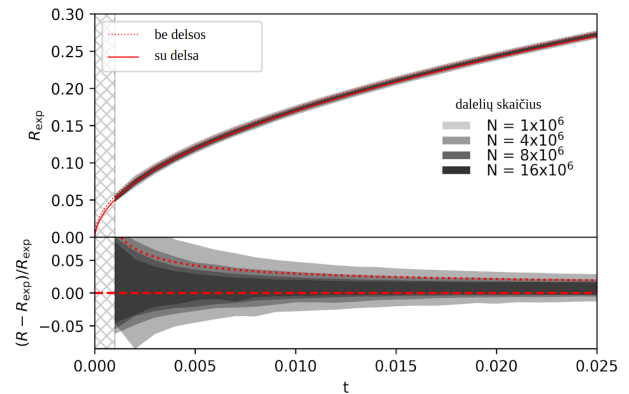
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fundamentinių tyrimų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: matas.tartenas@ftmc.lt

Galaktikų ir galaktikų centrų mastelius sieja supermasyvių juodųjų skylių (SMJS) kuriamas grįžtamasis ryšys (GR) [1]. Šis epizodiškas galaktikos aktyvumas per ilgą laiką visoje galaktikoje sumažina žvaigždėdarą, tačiau yra užuominų, kad aktyvaus galaktikos branduolio aplinkoje žvaigždėdara gali ir išaugti. Tam, kad teisingai interpretuotume vis gausesnius galaktikos centrų stebėjimus reikalingi ir vis realistiškesni modeliai, nuosekliai įtraukiantys įvairius reikšmingus fizikinius procesus.

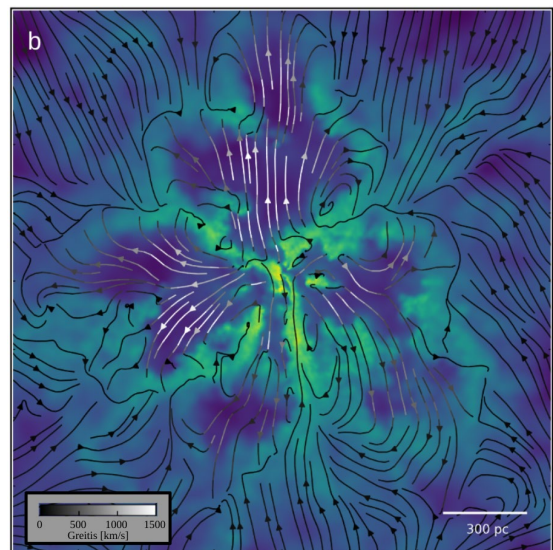
Šiuo metu grįžtamąjį ryšį išplėstų dalelių hidrodinamikos (SPH) modeliuose galime įtraukti keliais būdais. Paprasčiausias - sferinė energijos injekcija [2]. Šis intuityvus metodas išdalina per laiko žingsnį sukauptą energiją artimiausioms šaltinio kaimynėms. Deja, metodas nėra tinkamas, kai tyrimui svarbu detali dujų, supančių šaltinį, struktūra ar kai jų išsidėstymas smarkiai netolygus [3]. Plačiai naudojamas ir sudėtingesnis, diskrečiais energijos paketais (DEP) grįžtas metodas [4]. Jis yra gerokai lankstesnis - leidžia atsižvelgti į galimą GR sklidimo greitį ar netolygumą. Tačiau jis taip pat reikalauja gerokai daugiau skaičiavimo resursų. Mes sukūrėme alternatyvų greitą GR injekcijos metodą gridWind, kuriame neprarandamas DEP suteikiamas lankstumas, tačiau gerokai sumažinamas skaitmeninių resursų poreikis. gridWind metodo esmė - SMJS (ar kito šaltinio) kuriamo vėjo propagavimas radialiai sferine gardele išorės kryptimi pastoviu greičiu $v \sim 0.1c$. Vėjo-dalelės sąveikos srityje dalelei pridama energija ar judesio kiekis proporcingas tos dalelės indėliui į bendrą tankio lauką. Naudojant šį metodą mes galime keisti vėjo parametrus priklausomai nuo laiko ar krypties, pavyzdžiui, sekti kūgiškus vėjo gūsius sklindančius iš plokštumos kryptį keičiančio akrecinio disko.

Šiuo metu gridWind metodas implementuotas hibridiniame n-kūnų/SPH kode Gadget-3 [5]. Pav. 1 pavaizduotas judesio kiekio GR palaikomos sferos plėtimasis homogeniškoje dujose. Naudojami gridWind metodą gauname rezultatus, palyginamus su DEP [4]. Be to, metodas leidžia naudoti didesnę dalelių skaičių, negu būtų praktiška naudojant DEP dėl milžiniško sąveikų skaičiaus. Nors naudojama stacionari gardele, metodas geba atkurti sudėtingas dujų struktūras, bei atkuria realistiškas tēkmes aktyvaus galaktikos

branduolio (AGN) modelyje atvaizduotame tankio žemėlapyje pav. 2.



1 pav. sferinės ertmės plitimas dėl judesio kiekio forma įvedamo grįžtamojo ryšio homogeniškoje aplinkoje. Brūkšninė raudona linija rodo analitinį sprendinį įskaičius baigtinį vėjo greitį [4].



2 pav. AGN sukuriama tēkme po 1 mln. trukusio aktyvumo epizodo. Netolygumai dėl turbulencijos.

Literatūra

1. M. Gaspari, F. Tombesi and M. Cappi, Nat. Astron. **4**, 10 (2020).
2. V. Springel, T. Di Matteo and L. Hernquist, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **361**, 776 (2005).
3. K. Zubovas, M. A. Bourne and S. Nayakshin, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **457**, 496 (2016).
4. S. Nayakshin, S. Cha and A. Hobbs, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **397**, 1314 (2009).
5. V. Springel, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **364**, 1105 (2005).