

PIRMŲJŲ VISATOS KVAZARŲ KILMĖ

Kastytis Zubovas

Fundamentinių tyrimų skyrius, Fizinių ir technologijos mokslų centras
el. paštas: kastytis.zubovas@ftmc.lt

Kvazarai yra vieni ryškiausių spinduliuotės šaltinių Visatoje. Jie susidaro, kai į supermasyvią juodąją skylę sparčiai krenta dujos; netekdamos energijos, jos ima spinduliuoti ryškiau nei visa aplinkinė galaktika. Pastaraisiais metais aptinkama vis daugiau kvazarų tolumoje Visatoje, kurių šviesa iki mūsų keliauja >13 mlrd. metų. Pernai bei šiemet paskelbta apie du rekordinius kvazarus: jų juodųjų skylių masė viršija 1,5 milijardo Saulės masių, o spektro raudonasis poslinkis rodo, kad stebime jų vaizdą iš tada, kai Visatos amžius siekė <700 milijonų metų.

Šių ir panašių objektų kilmė yra iššūkis kosminių struktūrų formavimosi modeliams. Juodosios skylės įprastai auga rydamos aplinkines dujas, bet tą daryti gali ne daugiau nei Edingtono sparta, proporcinga pačios juodosios skylės masei. Eksponentinio augimo laiko skalė, vadinama Salpeterio laiku, yra $t_s \approx 450 \epsilon$ mln. m., kur ϵ yra akrecijos spindulinis efektyvumas (krentančios medžiagos rimties masės dalis, paverčiama spinduliuote). Įprastai laikoma, kad $\epsilon \approx 0.1$, tada $t_s \approx 45$ mln. m. ir juodosios skylės masė per 700 mln. metų gali užaugti tik <6 mln. kartų. Tokiu atveju pirminė juodosios skylės, esančios rekordiniame kvazare, masė negalėjo būti mažesnė, nei 300 Saulės masių – daugiau, nei po supernovų sprogių susiformuojančių juodųjų skylių masės. Įvertinus tai, kad pirmosios žvaigždės susiformavo ne anksčiau, nei 100 mln. m. po Didžiojo sprogių, neatitiktas dar išauga.

Dažnai pirmųjų supermasyvių juodųjų skylių kilmę bandoma aiškinti per vadinamąjį „tiesioginį kolapsą“ – didelio dujų telkinio virsmą į juodąją skylę, nesubyrėjus į žvaigždes formuojančius gumulus. Toks reiškinys buvo įmanomas pirmykštėse dujose, kurios, neturė-

damos sunkesnių už helį cheminių elementų, negalėjo efektyviai atvėsti ir fragmentuoti. Visgi ši hipotezė reikalauja egzotiškų tarpinių darinių – kvazižvaigždžių – kurių pėdsakų kol kas nėra aptikta.

Mes išnagrinėjome alternatyvią idėją, kuriai nereikia jokių egzotiškų ingredientų. Pirmykštės galaktikas sudarė didžiuliai turbulentiški dujų telkiniai, į kuriuos patekusios pirmųjų žvaigždžių sprogių paliktos juodosios skylės buvo maitinamos dujomis iš visų pusių. Tokia chaotiška akrecija stabdė juodosios skylės sukimąsi ir palaikė žemą spinduliuotės efektyvumą, o kartu ir Salpeterio laiko vertę. Taip juodoji skylė galėjo augti daug efektyviau. Skaitmeniškai sumodeliavę šį stochastiškos akrecijos procesą parodėme, kad juodosios skylės galėjo išaugti nuo žvaigždinės masės (10 Saulės masių) iki stebimų >1,5 milijardo Saulės masių per <600 mln. metų. Mūsų modelis taip pat apibrėžia maksimalią įmanomą juodosios skylės masę, jai augant nuo pirmykštės žvaigždinės juodosios skylės. Per artimiausią dešimtmetį šią prognozę bus galima patikrinti, nes nauji teleskopai turėtų galėti aptikti supermasyvias juodąsias skyles, egzistavusias praėjus 500 milijonų metų po Didžiojo sprogių. Jei tokiu atstumu bus aptikta >200 milijonų Saulės masių juodoji skylė, jos egzistavimo paaiškinti chaotiškos akrecijos modeliu nebebus įmanoma.

Tyrimas publikuotas:

K. Zubovas, A. King. High-redshift SMBHs can grow from stellar-mass seeds via chaotic accretion. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2021, Volume 501, pp.4289-4297; laisva prieiga <https://arxiv.org/abs/2101.00209>