

Žvaigždžių su patvirtintomis masyviomis egzoplanetomis cheminė sudėtis

Chemical Composition of Stars with Confirmed Giant Planets

Ugnė Jonauskaitė¹, Edita Stonkutė¹

¹Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, Saulėtekio al. 3, Vilnius
ugne.jonauskaite@ff.stud.vu.lt

Pirmoji egzoplaneta, 51 Pegasi b, prie saulės tipo žvaigždės buvo atrasta 1995 metais šveicarų mokslininkų M. Mayor ir D. Queloz [1]. Per beveik 30 metų nuo šio atradimo planetų skaičius žymiai padidėjo kosminių misijų (pvz. Kepler, TESS) dėka ir šiuo metu siekia kone 5500. Planetų atradimų sėkmė priklauso ir nuo antžeminių teleskopų, kurių duomenų analizė padeda charakterizuoti žvaigždes, o kartu ir prie jų skriejančias planetas. Tik detaliai ištyrus žvaigždę galima charakterizuoti ir jos planetas.

Yra nustatyta, kad žvaigždės atmosferos fiziniai parametrai (pvz. metalingumas, $[Fe/H]$) koreliuoja su planetų aptikimo tikimybe. G ir K spektrinių klasių žvaigždžių, aplink kurias buvo aptiktos planetos, $[Fe/H]$ yra vidutiniškai didesnis negu žvaigždžių be planetų [2]. Taip pat nustatyta, kad ir kiti cheminiai elementai gali suteikti informacijos apie žvaigždes ir jų planetas.

Autoriai teigia, kad cheminiai elementai – Mg, Si, Al ir Ti turi panašią įtaką kaip ir geležis. Nustatyta, kad kiekvieno iš šių cheminių elementų santykis su geležimi yra vidutiniškai didesnis žvaigždėse su milžinėmis planetomis, negu be planetų [3].

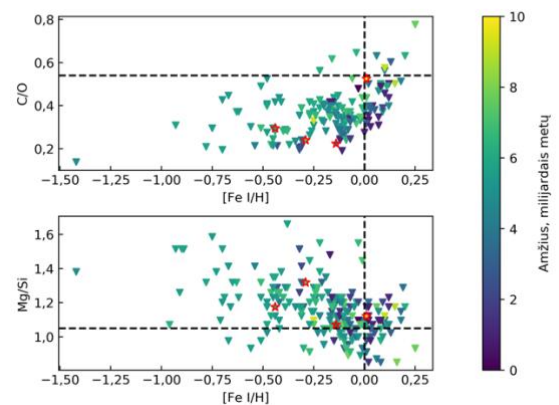
Teoriniai planetų formavimosi modeliai rodo, kad tiek C/O, tiek Mg/Si elementų gausų santykiai gali suteikti informacijos apie planetų formavimosi vietą žvaigždės proto-planetiniame diske bei uolėtų planetų mineralogiją [4].

Detalūs cheminės sudėties tyrimai gali padėti atsakyti į daugelį klausimų, susijusių su planetų formavimusi prie kitų žvaigždžių. Taigi, mano darbo tikslas buvo susipažinti su tyrimais ir atlikti detalią žvaigždžių su patvirtintomis masyviomis planetomis cheminės sudėties analizę. Darbe analizavau aukštos skiriamosios gebos VUES spektrus, gautus Molėtų astronomijos observatorijos 1,65 m teleskopu ir išsamiai ištyriau keturių žvaigždžių (TYC1445-2560-1, TYC794-1622-1, TYC4099-1626-1 ir TYC1853-1187-1) cheminę sudėtį.

Nustačiau cheminių elementų: anglies, deguonies, magnio, silicio ir itrio gausas sintetinių spektrų metodu su TURBOSPECTRUM programiniu paketu naudojant MARCS atmosferų modelius ir Gaia-ESO atominių linijų sąrašą. O žvaigždžių amžius nustačiau su UniDAM kodu ir pagal $[Y/Mg]$ santykio koreliaciją su amžiumi. Taip pat palyginau žvaigždžių amžių nustatymus remiantis dviem skirtingais metodais. Mano nustatytas vidutinis žvaigždžių imties amžius pagal UniDAM yra $7 \pm 3,74$ milijardai metų, o pagal $[Y/Mg]$ priklausomybę nuo amžiaus yra $11 \pm 1,56$ milijardų metų.

Paveiksle Nr. 1 matoma, kad mano nustatyti imties žvaigždžių C/O ir Mg/Si gausų santykiai (raudonos žvaigždės) nesiskiria nuo žvaigždžių be planetų

(trikampiai [5]). Mano imties žvaigždė submilžinė TYC1853-1187-1 turi didžiausią anglies ir deguonies (C/O) santykį, kaip ir tikėtasi, o šios žvaigždės C/O ir Mg/Si vertės artimos Saulės vertėms. Saulei šių santykių vertės yra C/O=0,54 ir Mg/Si=1,05. Kita imties žvaigždė milžinė TYC1445-2560-1 turi didžiausią Mg/Si gausų santykį, kur vertė yra artima 1,40.



1 pav. C/O ir Mg/Si priklausomybės nuo metalingumo. Trikampiais pažymėti duomenys iš [5], raudonomis žvaigždėmis – šiame darbe nustatyti duomenys. Punktyrinėmis linijomis pažymėtos Saulės vertės. Nuspalyvinta pagal UniDAM amžių.

Nustatytos žvaigždžių su masyviomis planetomis cheminių elementų: anglies, deguonies, magnio, silicio ir itrio gausos bei C/O, Mg/Si gausų santykiai, išskyrus taip vadinamų alfa-elementų $[Mg/Fe]$ ir $[Si/Fe]$ priklausomybėje nuo metalingumo $[Fe/H]$, rodo, kad žvaigždžių su planetomis cheminė sudėtis panaši į žvaigždžių be planetų. Žvaigždžių su planetomis imties metalingumo vidurkis yra $\langle [Fe/H] \rangle = -0,22 \pm 0,19$. Reikalinga didesnė žvaigždžių su planetomis imtis patvirtinti gautus rezultatus.

Reikšminiai žodžiai: astrospektroskopija, žvaigždės su planetomis, Paukščių Tako galaktika.

Literatūra

- [1] M. Mayor ir D. Queloz, Nature, **378**, 355–359 (1995).
- [2] G. Gonzalez, MNRAS, **285**, 403–412 (1997).
- [3] V. Z. Adibekyan, N. C. Santos, ir kt., A&A., **543**, 10, (2012)
- [4] C. Bond, D. P. O’Brien, D. S. Lauretta, ApJ, **715**, 1050–1070 (2010)
- [5] G. Tautvaišienė, Š. Mikolaitis, ir kt., ApJS, **248**, 19 (2020)