

VILNIAUS UNIVERSITETAS

MARIUS MASKOLIŪNAS

CEFĖJO ŽVAIGŽDĖDAROS RAJONŲ TYRIMAS

Daktaro disertacijos santrauka
Fiziniai mokslai, fizika (02 P)

Vilnius, 2014

Disertacija rengta 2008-2013 metais Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institute.

Mokslinis vadovas:

Dr. Justas Zdanavičius (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).

Konsultantas:

Habil. dr. Kazimieras Zdanavičius (Vilniaus universitetas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).
Disertacija ginama Vilniaus universiteto Fizikos mokslo krypties taryboje.

Pirmininkas:

Doc. dr. Romualda Lazauskaitė (Lietuvos edukologijos universitetas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).

Nariai:

Prof. dr. Paulius Miškinis (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).

Dr. Rimvydas Janulis (Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).

Dr. Erika Pakštienė (Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).

Doc. dr. Saulius Mickevičius (Vytauto Didžiojo universitetas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).

Oponentai:

Habil. dr. Gražina Tautvaišienė (Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).

Prof. dr. Oleg Malkov (Rusijos mokslų akademijos astronomijos institutas, fiziniai mokslai, fizika – 02 P).

Disertacija bus ginama viešame Fizikos mokslo krypties tarybos posėdyje 2014 m. sausio mėn. 27 d. _____ val. Vilniaus universiteto Teorinės fizikos ir astronomijos institute.

Adresas: A. Goštauto g. 12, Vilnius.

Disertacijos santrauka išsiuntinėta 2013 m. gruodžio mėn. 27 d. Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus universiteto bibliotekoje.

VILNIUS UNIVERSITY

MARIUS MASKOLIŪNAS

INVESTIGATION OF STAR FORMING REGIONS IN CEPHEUS

Summary of Doctoral Dissertation

Physical Sciences, Physics (02 P)

Vilnius, 2014

Doctoral Dissertation was completed during 2008-2013 at Vilnius University, Institute of Theoretical Physics and Astronomy.

Scientific supervisor:

Dr. Justas Zdanavičius (Vilnius University, Institute of Theoretical Physics and Astronomy, Physical sciences, Physics-02 P).

Advisor:

Habil. dr. Kazimieras Zdanavičius (Vilnius University, Institute of Theoretical Physics and Astronomy, Physical sciences, Physics-02 P).

Doctoral Dissertation will be defended at the Vilnius University Doctoral Dissertation Committee in Physical Sciences.

Chairman:

Doc. dr. Romualda Lazauskaitė (Lithuanian University of Educational Sciences, Physical Sciences – 02 P).

Members:

Prof. dr. Paulius Miškinis (Vilnius Gediminas Technical University, Physical Sciences – 02 P).

Dr. Rimvydas Janulis (Vilnius University, Institute of Theoretical Physics and Astronomy, Physical sciences, – 02 P).

Dr. Erika Pakštienė (Vilnius University, Institute of Theoretical Physics and Astronomy, Physical sciences – 02 P).

Doc. Dr. Saulius Mickevičius (Vytautas Magnus University, Physical Sciences – 02 P).

Opponents:

Habil. dr. Gražina Tautvaišienė (Vilnius University, Institute of Theoretical Physics and Astronomy, Physical sciences – 02 P).

Prof. dr. Oleg Malkov (Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Physical Sciences – 02 P).

Doctoral Dissertation will be defended at the public meeting of the Vilnius University Doctoral Dissertation Committee in Physical Sciences held at Vilnius University Institute of Theoretical Physics and Astronomy at ____ on 27 of January 2014. Address: A. Goštauto St. 12, Vilnius, Lithuania. The Dissertation is available at the libraries of Vilnius University.

Įvadas

Tarpžvaigždinėje erdvėje yra pasklidusi įvairaus tankio dujų ir dulkių pavidalo medžiaga. Tarpžvaigždinė medžiaga yra pasiskirsčiusi netolygiai. Didesnio tankio tarpžvaigždinės medžiagos sritys sudaro molekulinis debesis. Molekuliniuose debesyse yra didesnio tankio sritys, atsirandančios dėl gravitacijos, dujų šiluminio balanso savybių, kitų žvaigždžių įtakos. Dauguma tokių sričių tampa būsimų žvaigždžių formavimosi centrais. Didžiausias žvaigždžių formavimosi intensyvumas vyksta ten, kur yra didžiausias tarpžvaigždinės medžiagos tankis, ir tokios sąlygos dažniausiai susidaro ankstyvose galaktikų formavimosi stadijose. Tačiau žvaigždės susidaro ne tik formuojantis galaktikoms bet ir vėliau. Svarbu, kad tarpžvaigždinės medžiagos dujų ir dulkių debesyje susidarytų pakankamas sutankėjimas, kurio traukos jėga įveiktų aplinkinių dalelių chaotišką judėjimą. Mūsų Galaktikoje tarpžvaigždinės medžiagos liko santykinai mažai ir didžioji jos dalis yra susitelkusi į pagrindinę Galaktikos plokštumą bei spiralines vijas. Tačiau Cefėjo žvaigždyno kryptimi, dalis tarpžvaigždinių debesų ir žvaigždėdaros rajonų yra nukrypę nuo Galaktikos plokštumos link šiaurinio dangaus poliaus ir sudaro Paukščių Tako atsaką, literatūroje žinomą kaip *Cepheus Flare*.

Tolimesnių žvaigždžių šviesa, praeidama pro tarpžvaigždinę medžiagą, susilpnėja ir šis reiškinys vadinamas tarpžvaigždine ekstinkcija. Tarpžvaigždinės dulkės trumpesnių bangų spindulius labiau silpnina negu ilgesnių bangų, todėl ekstinkcijos paveiktos žvaigždės atrodo raudonesnės nei yra tikrovėje. Šis reiškinys vadinamas tarpžvaigždiniu parausvėjimu.

Žvaigždėdaros rajonuose yra gausu tarpžvaigždinės medžiagos, nes tai yra būtina sąlyga naujų žvaigždžių formavimuisi. Tarpžvaigždinių dulkių tankį nustatome tirdami žvaigždžių parausvėjimo ir ekstinkcijos reiškinius.

Tarpžvaigždinių debesų erdvinio pasiskirstymo ir jaunų žvaigždžių parametrų (temperatūros, absoliutinio šviesio, amžiaus) nustatymui reikia pakankamai tiksliai žinoti debesų nuotolius. Nustačius žvaigždžių nuotolį ir ekstinkciją, žinome kokio tankio ir

kokiame nuotolyje nuo Saulės yra tarpžvaigždinis debesis. Šiame darbe keletui tūkstančių žvaigždžių, nustatyta spektrinė ir šviesio klasės, ekstinkcija ir nuotoliai.

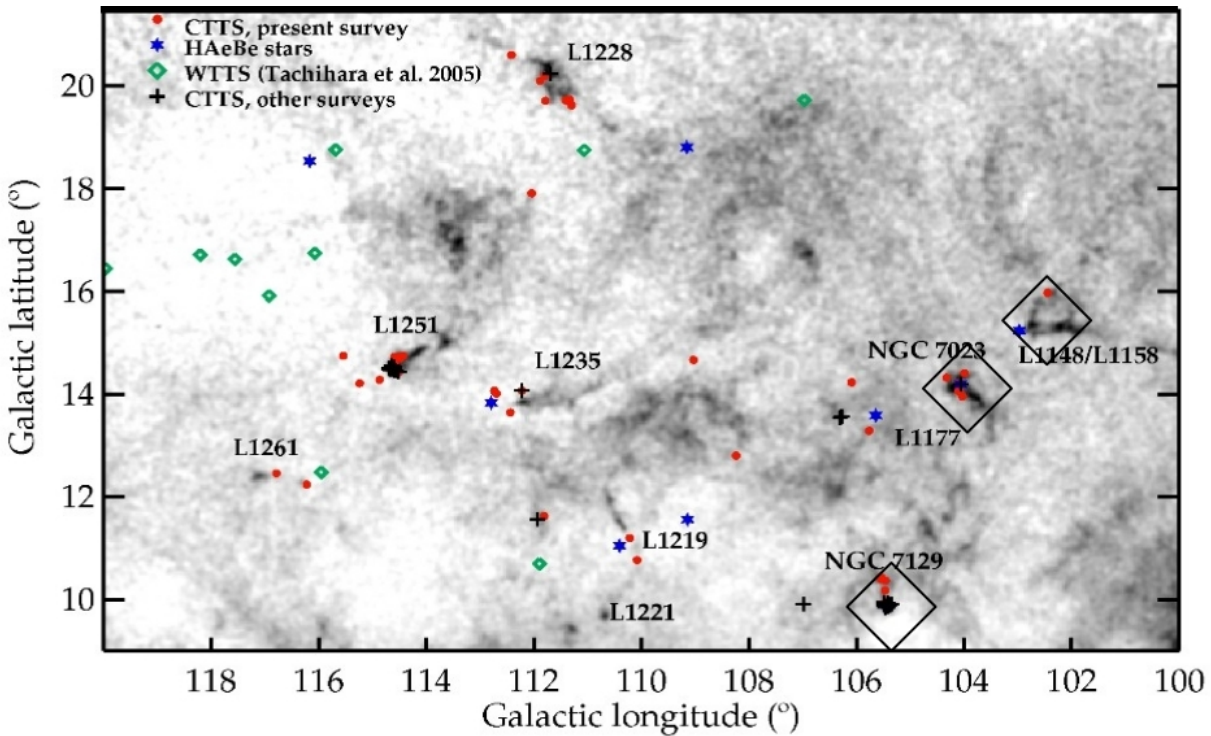
Deja, daugelio debesų nuotoliai iki šiol nėra žinomi arba nustatyti tik apytiksliai. *Vilniaus* septynspalvė fotometrinė sistema leidžia klasifikuoti žvaigždes pagal temperatūras ir absoliutinį spindesį bei nustatyti kiekvienos žvaigždės tarpžvaigždinę ekstinkciją ir nuotolį (žr. Straižys 1992). Dėl to ši sistema tinka ir tarpžvaigždinių dulkių debesų nuotoliams nustatyti. Pagal tam tikrame nuotolyje esančių žvaigždžių staigų ekstinkcijos padidėjimą yra nustatyti tarpžvaigždinių debesų nuotoliai.

Daugumos jaunų žvaigždžių spinduliuojamos energijos maksimumas yra infraraudonųjų spindulių spektro ruože. Dažnai tarpžvaigždiniai debesis yra per tankūs, kad būtų galima už debesies esančias žvaigždes stebėti optiniame bangų ruože, todėl infraraudonųjų spindulių ruože stebėjimų duomenys yra labai svarbūs. Neseniai paskelbti 2MASS, *Spitzer* ir WISE projektų infraraudonosios fotometrijos rezultatai yra panaudoti šiame darbe kartu su *Vilniaus* fotometrijos optiniame spektro ruože duomenimis.

Tyrimo motyvacija ir praktinė svarba

Kaip jau minėta, mūsų Galaktikoje daug tarpžvaigždinių debesų, kuriuose vyksta aktyvus žvaigždžių formavimasis. Viena iš tokių žvaigždėdaros sričių yra Cefėjo žvaigždyne, literatūroje žinoma *Cepheus Flare* (Cefėjo atšaka) vardu, kuri 1934 metais pasiūlė JAV astronomas E. Hubble. Galaktinėse koordinatėse ši sritis yra tarp 100° ir 120° galaktinės ilgumos ir $10 - 20^\circ$ galaktinės platumos. Ji žinoma kaip mažos ir vidutinės masės žvaigždžių žvaigždėdaros sritis (žr. Kun 1998).

Šiam darbui pasirinkti keli Cefėjo atšakos rajonai (1 pav.) atspindžio ūko NGC 7023, tamsiųjų debesų grupės TGU 619 ir jauno padrikojo spiečiaus NGC 7129 aplinkose. Darbe taip pat tirtas spiečius NGC 7142, esantis toli už spiečiaus NGC 7129.



1 pav.: Jaunų žvaigždžių telkiniai Cefėjo žvaigždyne (paimta iš Kun 2008), pavaizduoti kartu su debesų išsidėstymu pagal Dobashi ir kt. (2005). Raudoni taškai ir juodi kryžiai vaizduoja Tauro–T žvaigždes. Mėlynas žvaigždės simbolis vaizduoja Herbiga Ae/Be žvaigždes. Žaliais rombais pažymėtos Tauro–T žvaigždės Tachihara ir kt. (2005) darbe. Dešinėje pusėje, juodais kvadratais, pažymėtos šiame darbe tirtos žvaigždėdaros sritys. Pavaizduotų kvadratų dydis apytiksliai atitinka Molėtų observatorijos Maksutovo teleskopu gautų CCD nuotraukų dydį.

NGC 7023 yra atspindžio ūkas, kurį apšviečia jauna didelės masės žvaigždė HD 200775 ir kelios silpnesnės žvaigždės (Witt ir Cottrel 1980; Fuente ir kt. 2000; Pogodin ir kt. 2004, Alecian ir kt. 2008).

Šį ūką 1794 m. atrado V. Herschel. Ūko aplinkoje yra keli dulkių debesys, žinomi kaip L1167, 1168, 1170, 1171, 1172, 1173 ir 1174, (Lynds 1962).

Tamsusis debesis TGU 619, apimantis mažesnius L1147, 1148, 1152, 1155, 1157 ir 1158 debesis, yra maždaug 1.5° kampiniu atstumu šalia atspindžio ūko NGC 7023 ir dažnai minimas kaip L1147/1158 debesų kompleksas (Cohen ir kt. 1977; Umemoto ir kt. 1992; Magakian ir Movsessian 2001).

Jaunas spiečius NGC 7129 yra vienas iš aktyviausių Cefėjo žvaigždėdaros rajonų (Kun ir kt. 2000). Tai yra žymiai tolimesnis objektas, palyginus su minėtais NGC 7023 arba

TGU 619 debesimis. Į spiečių įeina trys B spektrinės klasės žvaigždės BD+65 1637, BD+65 1638 ir LkHa234 ir keletas mažos masės žvaigždžių, esančių dar gravitacinio traukimosi stadijoje. Šis spiečius ir jį supantys molekuliniai ir dulkių debesys yra mažai tyrinėti, o jų nuotolis žinomas tik apytiksliai (Herbig 1960; Racine (1968); Magakian ir kt. 2004; Gutermuth ir kt. 2004, 2009)

Senas padrikasis žvaigždžių spiečius NGC 7142 yra $+9.5^\circ$ galaktinėje platumoje, šalia Cefėjo atšakos krašto, tik 24 kampinių minučių atstumu nuo NGC 7129. Tai yra senas spiečius, esantis toli nuo Galaktikos plokštumos, bet jo tarpžvaigždinį parausvėjimą ir ekstinkciją sukelia tas pats debesis, kurio centre yra anksčiau minėtas jaunas spiečius NGC 7129. Dėl to spiečiaus NGC 7142 tyrimas suteikia papildomos informacijos apie minėtą debesį (Cranklaw ir Talbert 1991; Janes ir Hoq 2011; Sandquist ir kt. 2011).

Šiame darbe nustatyti nuotoliai iki atspindžio ūko NGC 7023 ir jį supančio debesies TGU 629 (L1167/1178), tamsiųjų dulkių debesų komplekso TGU 619 (1147/1158) ir jauno spiečiaus NGC 7129 bei jį supančio debesies TGU 645. Taip pat nustatyti spiečių NGC 7129 ir NGC 7142 nuotoliai ir amžiai.

Šiame darbe tyrimai remiasi autoriaus atliktais stebėjimais Vilniaus fotometriniame sistemoje ir dvimate žvaigždžių klasifikacija. Tyrime panaudoti 2MASS, *Spitzer* ir WISE infraraudonųjų spindulių dangaus apžvalgų duomenys.

Tyrimo tikslai

Pagrindinis šio darbo tikslas yra Cefėjo žvaigždėdaros rajonų, žinomų kaip atspindžio ūkas NGC 7023, tamsiųjų debesų kompleksas TGU 619 ir jaunas spiečius NGC 7129 fotometriniis tyrimas, siekiant nustatyti nuotolį ir tarpžvaigždinę ekstinkciją bei nustatyti jauno spiečiaus NGC 7129 ir tarpžvaigždinės medžiagos dalinai uždengto seno spiečiaus NGC 7142 amžių.

Uždaviniai

1. CCD fotometrija Cefėjo žvaigždėdaros rajone dviejuose 1.5 kvadratinio laipsnio laukuose su centrais $\alpha=20^h40^m$, $\delta=+67^\circ50'$ (TGU 619) ir $\alpha=21^h44^m$, $\delta=+65^\circ58'$ (NGC 7129/NGC 7142; TGU 645) Vilniaus fotometriniėje sistemoje iki 16.5 – 17.0 ryškio.
2. Gili CCD fotometrija spiečiaus NGC 7129 aplinkoje iki 18.5 ryškio ir spiečiaus NGC 7142 aplinkoje iki 20.0 ryškio.
3. Pagal fotometrinius duomenis nustatyti spektrines ir šviesio klases, ekstinkcijas ir nuotolius toms žvaigždėms, kurios yra apytikriai 2 ryškiais šviesesnės už ribinį ryškį.
4. Nustatyti nuotolį iki dulkių debesų TGU 629 (NGC 7023 aplinkoje), TGU 619 ir TGU 645 (NGC 7129 aplinkoje).
5. Nustatyti nuotolį, amžių ir ekstinkciją jaunam žvaigždžių spiečiui NGC 7129 ir senam spiečiui NGC 7142.

Mokslinis naujumas

1. Šiame darbe pirmą kartą išmatuota daugiau nei 4500 žvaigždžių *Vilniaus* fotometriniėje sistemoje ir pagal šiuos bei Zdanavičius ir kt. (2008) duomenis daugiau nei 2500 žvaigždžių nustatytos jų spektrinės ir šviesio klasės.
2. Nustatyti tarpžvaigždinių dulkių debesų TGU 619, TGU 629 (NGC 7023) ir TGU 645 (NGC 7129) nuotoliai ir ištirta jų sukeliama ekstinkcija.
3. Pirmą kartą iš daugiaspalvės fotometrijos nustatytas spiečių NGC 7129 ir NGC 7142 nuotolis ir amžius.

Ginamieji rezultatai ir teiginiai

1. Atspindžio ūko NGC 7023 kryptimi dulkių debesis yra sudarytas iš dviejų sluoksnių esančių 282 ($^{+73}_{-56}$) pc ir 715 ($^{+186}_{-143}$) pc nuotolyje.
2. Tamsiųjų debesų kompleksas TGU 619 yra 286 ($^{+74}_{-57}$) pc nuotolyje.
3. Nuotolis iki dulkių debesies TGU 645, kuriame yra įsiterpęs jaunas spiečius NGC 7129, yra 1150 ($^{+293}_{-226}$) pc.
4. Spiečiuje NGC 7129 identifikuotos šešios didelių masių (2.4 – 7.2 Saulės masių) žvaigždės ir pagal jas, panaudojant teorinius žvaigždžių evoliucijos trekus HR diagramoje, nustatytas spiečiaus amžius yra iki 4 milijonų metų.
5. Nuotolis iki spiečiaus NGC 7142 – 2.3 kpc, nustatytas pagal penkias raudonųjų milžinių sankaupos žvaigždes, spiečiaus nares, identifikuotas pagal radialinius greičius ir klasifikuotų žvaigždžių nuotolius.
6. Panaudojant galimų spiečiaus NGC 7142 narių HR diagramą, lyginant su Padovos teorinėmis izochromomis, gautas spiečiaus amžius yra 3.0 ± 0.5 milijardų metų.

Asmeninis indėlis

Autorius atliko visų sričių tarpžvaigždinės ekstinkcijos analizę, dalyvavo rengiant visus straipsnius disertacijos tema (išskyrus NGC 7023 rajono fotometrinių katalogą). Autorius atliko spiečių NGC 7129 ir NGC 7142 CCD stebėjimus Molėtų astronomijos observatorijoje, taip pat atliko daugumos stebėjimo rezultatų redukciją.

Publikacijos disertacijos tema

1. Zdanavičius, K., Zdanavičius, J., Straižys, V., Maskoliūnas, M., 2009, *Photometry and Classification of Stars around the Reflection Nebula NGC 7023 IN Cepheus. II. Interstellar Extinction and Cloud Distances* // *Baltic Astronomy*, 18, 33–52.
2. Zdanavičius, K., Zdanavičius, J., Straižys, V., Maskoliūnas, M., 2009, *Photometry and Classification of Stars in the Direction of the Dark Cloud TGU 619 in Cepheus. I. A Catalog of Magnitudes, Color Indices and Spectral Types of 1304 Stars* // *Baltic Astronomy*, 18, 161–191.
3. Zdanavičius, K., Maskoliūnas, M., Zdanavičius, J., Straižys, V., Kazlauskas, A., 2011, *Photometry and Classification of Stars in the Direction of the Dark Cloud Tgu 619 in Cepheus. II. Interstellar Extinction and Cloud Distance* // *Baltic Astronomy*, 20, 317–337.
4. Maskoliūnas M. 2012, *Photometric investigation in the direction of the dark clouds in the Cepheus Flare* // *Publication of the National Academy of Sciences Republic of Armenia, (NAS RA)*, p. 120 – 124.
5. Maskoliūnas, M., Zdanavičius, J., Zdanavičius, K., Straižys, V., 2012, *Photometry and Classification of Stars in the Direction of Clusters NGC 7129 and NGC 7142 in Cepheus. I. Magnitudes, Color Indices and Spectral Types of 2140 Stars* // *Baltic Astronomy*, 21, 465 – 504.
6. Staižys V., Maskoliūnas M., Boyle R. P., Zdanavičius K., Zdanavičius J., Laugalys V., Kazlauskas A., 2013, *The open cluster NGC 7142: interstellar extinction, distance and age*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, priimtas 2013 spalio 16 d. (MNRAS, 2648).

7. Staižys V., Maskoliūnas M., Boyle R. P., Prada Moroni P. G., Tognelli E., Zdanavičius K., Zdanavičius J., Laugalys V., Kazlauskas A, 2013, *The distance to the young cluster NGC 7129 and its age*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, priimtas 2013 lapkričio 30 d. (arXiv:1312.1153).

Žodiniai pranešimai konferencijose disertacijos tema

1. Maskoliūnas M. *Photometric investigation in the direction of the dark clouds in the Cepheus Flare* "Fifty years of Cosmic Era: Real and Virtual Studies of the Sky", Armėnija, Jerevanas, 2011 m. lapkričio 21 – 25 d.

2. Maskoliūnas M. *Progress report on NGC 7129 and NGC 7142 in the Cepheus Flare*, "Current Status of Stellar Photometry in the Vilnius Photometric System" , Lenkija, Krokuva, 2012 m. rugsėjo 10 – 14 d.

3. Maskoliūnas M. *Investigation of star forming regions in Cepheus*, " Interstellar extinction in the selected dust clouds and star forming regions", Molėtų astronomijos observatorija, 2013 m. rugsėjo 3 – 7 d.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro šios dalys: įvadas, penki skyriai, naudotos literatūros sąrašas ir priedai.

Pirmajame skyriuje aprašoma stebėjimų medžiaga, gauta Molėtų observatorijos Maksutovo sistemos teleskopu ir Vatikano observatorijos VATT teleskopu naudojant *Vilniaus* fotometrines sistemos filtrus. Skyrius suskirstytas į tris poskyrius pagal Maksutovo teleskopu atliktus stebėjimus trijose 1.5 kvadratinio laipsnio srityse, esančiose atspindžio ūko NGC 7023 aplinkoje, tamsiųjų debesų TGU 619 aplinkoje ir trečia sritis, apimanti spiečius NGC 7129 ir NGC 7142. Trečiojoje srityje, siekiant didesnio ribinio ryškio, spiečiai NGC 7129 ir NGC 7142 stebėti Vatikano observatorijos teleskopu. Skyriuje

aprašyti visose srityse stebėjimuose naudoti filtrai, ekspozicijų trukmės ir jų kiekis. Po kiekvienos srities stebėjimo medžiagos detalaus paaiškinimo yra pateiktas sudaryto fotometrinių katalogo aprašymas. Katalogai yra pateikti disertacijos gale ir duomenų bazėje. *Antrajame skyriuje* aprašoma žvaigždžių dvimatės klasifikacijos pagal fotometrinius duomenis metodika. Skyrius padalintas į du poskyrius, nes skiriasi klasifikacijos programa, naudota atspindžio ūko NGC 7023, tamsiųjų debesų TGU 619 aplinkoje ir naujesnė programa, naudota spiečių NGC 7129 ir NGC 7142 aplinkoje. Skyriuje aprašyti abiejų programų klasifikacijos metodai ir jų skirtumai.

Trečiajame skyriuje aprašyta nuotolio nustatymo iki žvaigždėdaros rajonų metodika. Skyrius suskirstytas į tris poskyrius kuriose aprašytas nuotolio nustatymas iki atspindžio ūko NGC 7023, tamsiųjų debesų TGU 619 komplekso ir spiečių NGC 7129/NGC 7142. Nuotolis iki NGC 7023 ir TGU 619 (pirmas ir antras poskyris) nustatytas remiantis ekstinkcijos nuo nuotolio priklausomybe. Trečiame poskyryje, kuriame aprašomi spiečiai NGC 7129 ir NGC 7142, parametrų nustatymui naudojama ne tik ekstinkcijos nuo nuotolio priklausomybė, bet ir „atbalinta“ HR diagrama su nuliniu amžiaus seka ir skirtingomis amžiaus izochromomis. Tarpžvaigždinio paraudonavimo dėsnio spiečiaus NGC 7129 aplinkoje patikrinimui panaudota *JHK*, fotometrija infraraudonoje spektro srityje iš 2MASS duomenų bazės.

Ketvirtajame skyriuje pateikiami tirtų sričių analizės rezultatai ir jų palyginimas su kitų autorių darbais. Taip pat aptariama mūsų darbe naudota tyrimų metodika, jos privalumai ir trūkumai, palyginus su kitų autorių taikytais tyrimo metodais.

Penktajame skyriuje apibendrinami pagrindiniai rezultatai bei išvados.

Tyrimo metodai ir rezultatai

Stebėjimai

Atspindžio ūko NGC 7023 ir tamsiųjų debesų TGU 619 rajonų stebėjimai atlikti 2005 m. spalio mėnesį. Spiečių NGC 7129 ir NGC 7142 aplinkos stebėjimai atlikti 2009 m. rugsėjį Molėtų observatorijoje. Pačių spiečių NGC 7129 ir NGC 7142 stebėjimai atlikti 2009 m. spalio 18 – 21 d. Vatikano observatorijos teleskopu VATT Arizonoje. Stebėjimus atliko straipsnių bendraautorius R. P. Boyle.

Kadangi spiečių NGC 7129 ir NGC 7142 aplinkoje nebuvo standartinių žvaigždžių, išmatuotų Vilniaus fotometriniėje sistemoje, buvo panaudoti debesies TGU 619 srities standartai, pritaikant „pririšimo“ metodą.

Katalogų rezultatai

Rezultatai, gauti panaudojant Maksutovo teleskopu gautas CCD nuotraukas, yra:

1. Atspindžio ūko NGC 7023 aplinkoje (Zdanavičius ir kt. 2008) iš išmatuotų 1240 žvaigždžių iki $V = 16.7$ ryškio gauta 480 žvaigždžių klasifikacija iki $V = 16.5$ ryškio.
2. Tamsiųjų debesų TGU 619 aplinkoje išmatuotos 1304 žvaigždės iki $V = 16.6$ ryškio, suklasifikuotos 658 žvaigždės iki $V = 16.0$ ryškio.
3. Spiečių NGC 7129/NGC 7142 aplinkoje išmatuota 2140 žvaigždžių iki $V = 17.0$ ryškio, suklasifikuotos 1058 žvaigždės iki $V = 16.6$ ryškio.

Rezultatai, gauti panaudojant Vatikano teleskopu gautas CCD nuotraukas, yra:

1. Spiečiaus NGC 7129 aplinkoje išmatuotos 159 žvaigždės iki $V = 18.8$ ryškio, suklasifikuotos 72 žvaigždės iki $V = 18.2$ ryškio.
2. Spiečiaus NGC 7142 aplinkoje išmatuota 1037 žvaigždžių iki $V = 20.1$ ryškio, suklasifikuotos 510 žvaigždžių iki $V = 18.5$ ryškio.

Žvaigždžių fotometrinių klasifikacija

Žvaigždžių fotometrinių klasifikacija dažniausiai atliekama naudojant nepriklausančius nuo tarpžvaigždinio parausvėjimo Q -parametrus:

$$Q_{1234} = (m_1 - m_2) - (E_{12}/E_{34})(m_3 - m_4) \quad (1)$$

čia $m_1 - m_2$ ir $m_3 - m_4$ yra spalvos rodikliai, o E_{12} ir E_{34} yra jų spalvos ekscesai.

Taip pat gali būti taikomi modeliavimu pagrįsti metodai, panaudojant fotometrinius standartus, t.y. virtualias žvaigždes su žinomais parametrais ir vidutiniais spalvos rodikliais. Taikant normalųjį tarpžvaigždinės ekstinkcijos dėsnį, klasifikuojamai žvaigždei priimami parametrai to standarto, kuriam geriausiai sutampa (mažiausia reikšmių sklaida) iš visų stebėtų spalvos rodiklių nustatyta tarpžvaigždinės medžiagos masė.

Žvaigždžių klasifikacija atspindžio ūko NGC 7023 ir tamsiųjų debesų TGU 619 aplinkoje

Žvaigždžių dvimatei klasifikacijai buvo naudotos kelios skirtingos programos:

1. **COMPAR** programa remiasi σQ metodu, aprašytu Straižys ir kt. (1992, 2002) darbe. Programa suskaičiuoja 14 Q parametrų klasifikuojamoms žvaigždėms ir lygina juos su įvairių spektrinių ir šviesio klasių, metalingumo ir pekuliariškumo standartinių žvaigždžių Q parametrais (naudojama nuo 8000 iki 14000 standartinių žvaigždžių).

2. **COMPAR 2** programa naudoja 10 Q parametrų (Q_{UPYV} , Q_{UPY} , Q_{UXY} , Q_{UYV} , Q_{PXY} , Q_{PYV} , Q_{XYV} , Q_{XZS} , Q_{YZV} , Q_{YVS}), suskaičiuotiems 1418 vidutinių „standartų“, kurių parametrai ir normalieji spalvos rodikliai iš monografijos Straižys (1992), su patikslintomis pagal orbitinės observatorijos *Hipparcos* paralaksus, absoliutinio ryškio vertėmis, yra suvidurkinti.

3. **XqKLAS** klasifikacijos programa, parašyta Zdanavičius (2008). Ji naudoja 684 standartus, įsivaizduojamas (virtualias) žvaigždes, įvairių MK spektrinių klasių, su normaliaisiais spalvos rodikliais, paimtais iš Straižys (1992) monografijos. Programa parenka standartą kurio, iš skirtingų spalvos rodiklių nustatytos tarpžvaigždinės medžiagos masės sutampa geriausiai. Tuomet tokio standarto parametrai yra priskiriami klasifikuojamai žvaigždei. Gautų tarpžvaigždinės medžiagos reikšmių sklaida yra klasifikacijos patikimumo indikatorius.

4. **TINKLAS** programa, tai seniausiai naudojama klasifikacijos programa detaliai aprašyta monografijoje Straižys (1992). Klasifikuojama panaudojant Q parametru poras skirtinguose spektru intervaluose, suskirstytuose pagal programinės žvaigždės nuo tarpžvaigždinės ekstinkcijos nepriklausantį parametru Q_{xyz} (arba Q_{xyv}). Klasifikacijai kiekviename intervale yra naudojami skirtingi Q parametrai, kurie yra jautriausi žvaigždės temperatūrų ir šviesio klasių pokyčiams.

Mūsų darbe daugumai žvaigždžių skirtingomis programomis nustatytos spektrinės klasės sutampa vienos-dviejų spektrinių poklasių tikslumu. Bet yra žvaigždžių, kurioms klasifikacijos rezultatai skiriasi ženkliai, dažniausiai to priežastis yra žvaigždės pekuliariskumas arba dvinariškumas.

Skirtingais metodais nustatytos žvaigždžių spektrinės ir šviesio klasės buvo suvidurkintos, įvertinus jų klasifikacijos patikimumą. Esant komplikuotiems atvejams, papildomai buvo naudojamos įvairios spalvos rodiklių, ar kitų fotometrinių sistemų spalvos diagramos. Infraraudonųjų spindulių $J-H$ ir $H-K_s$ spalvos rodiklių taikymas padėjo atskirti K ir M spektrinių klasių nykštukes.

Žvaigždžių klasifikacija spiečių NGC 7129 ir NGC 7142 aplinkoje

Žvaigždžių klasifikacijai panaudotos dvi patobulintos programos. Pirmoji yra jau minėtos COMPARE programos naujesnė versija, atnaujinta straipsnių bendraautorius

A. Kazlauskas, antroji yra QQQ programa (dabar vadinama "xdxQCo") sukurta mokslinio konsultanto K. Zdanavičiaus, kuri naudoja šiuos tris aprašomus algoritmus:

1. Suskaičiuojama 14 nuo tarpžvaigždinio parausvėjimo nepriklausomų Q parametrų 300-ams standartų, įvairių MK spektrinių klasių žvaigždėms, naudojant vidutinius spalvos rodiklius ir normalųjį tarpžvaigždinio parausvėjimo dėsnį. Suskaičiuoti tokie patys Q parametrai klasifikuojamoms žvaigždėms yra lyginami su minėtais standartais. Geriausiai tinkančio standarto parametrai priskiriami programinei žvaigždei.

2. Sekantis klasifikacijos žingsnis paremtas šešiais spalvos rodikliais, sudarytais iš X , Y , Z ir V ryškių ($X-Y$, $X-Z$, $X-V$, $Y-Z$, $Y-V$ ir $Z-V$). Iš klasifikuojamų žvaigždžių paminėtų stebėtų spalvos rodiklių paeiliui atimami visų 300 standartų normalieji spalvos rodikliai ir likusi dalis laikoma spalvos ekscesu. Tinkamiausiu priimamas standartas, kuriam iš skirtingų spalvos ekscesų gautos tarpžvaigždinės medžiagos masės reikšmės sklaidosi mažiausiai. Jo parametrai ir gauta tarpžvaigždinės medžiagos masė priskiriami programinei žvaigždei.

3. Papildomai naudojant visus stebėtus spalvos rodiklius ir antrąją programą gautą tarpžvaigždinės medžiagos masę, „atbalinami“ visi klasifikuojamos žvaigždės spalvos rodikliai ir palyginami su standartais. Standarto, kurio spalvos rodiklių ir atitinkamų „atbalintos“ klasifikuojamos žvaigždės spalvos rodiklių skirtumai yra mažiausi, parametrai priskiriami programinei žvaigždei. Pagal spalvos rodiklių skirtumų sklaidos dydį sprendžiama apie klasifikacijos kokybę.

Rezultate priimama vidutinės (suapvalintos) visų trijų nustatymų spektro, absoliutinio šviesio ir tarpžvaigždinės ekstinkcijos reikšmė.

Skirtingais metodais gautos parametrų reikšmės parodo žvaigždės klasifikacijos patikimumą. Normalioms žvaigždėms gauti rezultatai sutampa paklaidų ribose. Papildomai, žvaigždžių pekuliarškumas yra tikrinamas keliuose QQ diagramose.

Jaunos žvaigždės („young stellar objects“ arba YSO) taip pat atpažįstamos įvairiose dviejų spalvos rodiklių diagramose, sudarytose pagal 2MASS, *Spitzer* ir WISE stebėjimų duomenis infraraudonųjų spindulių ruože.

Klasifikuotų žvaigždžių nuotolio nustatymas

Klasifikuotoms žvaigždėms spalvos ekscesas E_{Y-V} , tarpžvaigždinė ekstinkcija A_V ir nuotolis d nustatomi pagal sekančias lygtis:

$$E_{Y-V} = (Y-V)_{stb} - (Y-V)_0, \quad (2)$$

$$A_V = 4.16 E_{Y-V}, \quad (3)$$

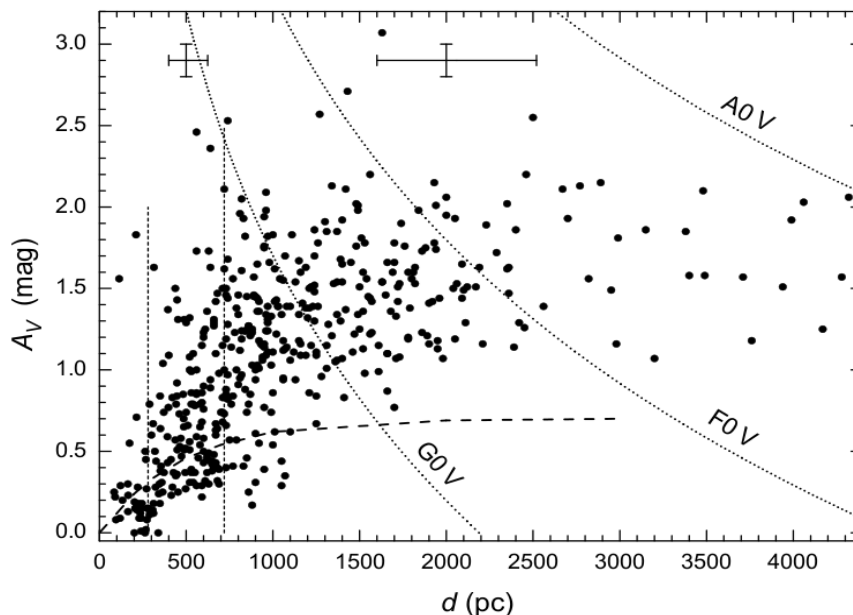
$$\log d = (V - M_V + 5 - A_V) / 5, \quad (4)$$

Paklaidos ir nustatytų parametrų tikslumas klasifikuotoms žvaigždėms yra toks: spektrinės klasės vidutinė kvadratinė paklaida ± 1 poklasė, E_{Y-V} vidutinė kvadratinė paklaida $\pm 0.02 - 0.04$ mag, A_V vidutinė kvadratinė paklaida $\pm 0.1 - 0.2$ mag, Didžiausią paklaidą sudaro absoliutinio ryškio nustatymas, kuris yra apie ± 0.5 mag, o tai įtakoja nuotolio nustatymo paklaidas (-20, +26)%.

Žvaigždžių dvinariškumas fiktyviai priartina žvaigždę ekstinkcijos–nuotolio diagramoje. Jei abiejų narių absoliutinis ryškis sutampa, tai žvaigždė atrodo esanti 1.41 karto arčiau. Dvinarei žvaigždei su skirtingais absoliutiniais ryškiais poslinkio į mažesnę nuotolį efektas silpnesnis.

Nuotolis iki atspindžio ūko NGC 7023

Paveiksle 2 pavaizduota ekstinkcijos – nuotolio diagrama 480 iki 16.5 ryškio klasifikuotų žvaigždžių (Zdanavičius ir kt 2009). Atlikto tyrimo rezultatai byloja, kad dulkių debesis TGU 629, esantis atspindžio ūko NGC 7023 aplinkoje, sudarytas iš dviejų sluoksnių, esančių 282 pc ir 715 pc nuotolyje. Tai patvirtina taip pat tarpžvaigždinių molekulių CO pasiskirstymas, pateiktas Dame ir kt. (2001) ir patvirtinantis netolygų medžiagos pasiskirstymą Cefėjo žvaigždyno kryptimi.

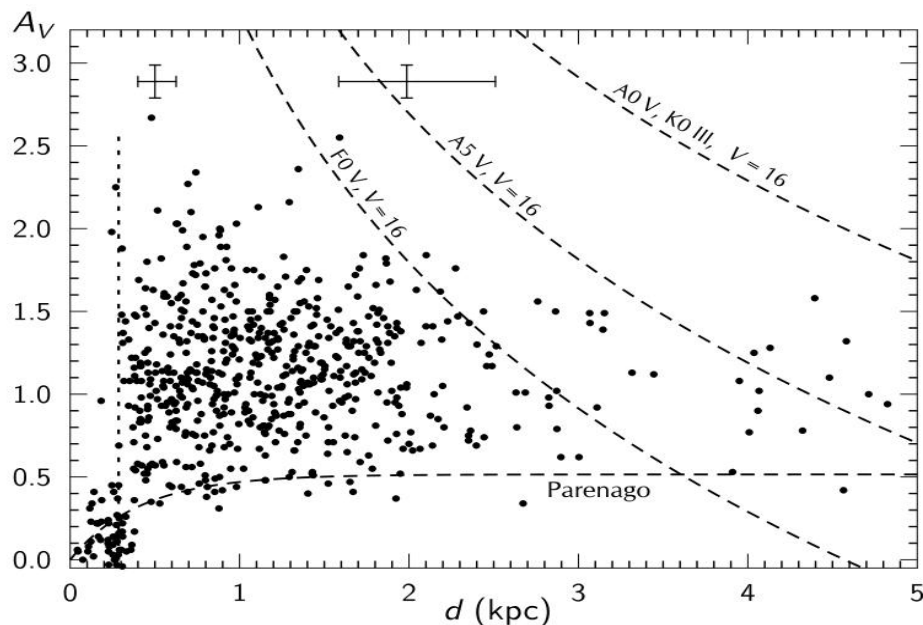


2 pav. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio ūko NGC 7023 aplinkoje. Trys taškinės linijos rodo ribinius nuotolius A0 V (K0 III), F0 V ir G0 V klasės žvaigždėms iki V=16 ryškio. Apatinė brūkšninė linija rodo ekstinkcijos priklausomybę nuo atstumo esant Galaktinei platumai 14.2° pagal eksponentinį Parenago dėsnį. Paklaidų ribos ekstinkcijai ir nuotoliui yra pažymėtos ties 0.5 kpc ir 2.0 kpc nuotoliais. Vertikalios linijos žymi debesų nuotolį.

Nustatyti debesies nuotoliai patenkinamai sutampa su Grenier ir kt. (1989) pagal CO kinematiką nustatytą debesų išsidėstymu. Pagal mūsų nustatytus nuotolius gauname, kad debesis yra pakilę virš galaktikos plokštumos 75 pc ir 170 pc.

Nuotolis iki TGU 619 tamsiųjų debesų

Tyrimas atliktas pagal *Vilniaus* fotometriniėje sistemoje išmatuotas ir klasifikuotas 658 žvaigždes iki 16.0 ryškio (Zdanavičius ir kt 2009; 2011). Tyrimos rezultatai parodo, kad ekstinkcijos pasiskirstymas debesies TGU 619 aplinkoje yra kompliktuotas. Kai kuriose vietose ekstinkcija yra santykinai nedidelė (0.5 – 1.5 mag) net ir dideliuose nuotoliuose. Šiomis kryptimis žvaigždžių su maža ekstinkcija pasiskirstymas gerai sutampa su Parenago (1945) dėsnio galaktinei platumai 15.5°.



3 pav. Ekstinkcijos priklausomybė nuo nuotolio tamsiųjų debesų TGU 619 aplinkoje. Trys taškinės linijos rodo ribinius nuotolius A0 V (K0 III), A5 V ir F0 V klasės žvaigždėms iki $V = 16$ ryškio. Apatinė brūkšninė linija rodo ekstinkcijos priklausomybę nuo nuotolio Galaktinei platumai 15.5° pagal eksponentinį Parenago dėsnį. Paklaidų ribos ekstinkcijai ir nuotoliui pažymėtos ties 0.5 kpc ir 2.0 kpc. Vertikali brūkšninė linija žymi nustatytą nuotolį iki TGU 619 (286 pc).

Tankiose dulkių sancaupose ekstinkcija yra žymiai didesnė, ten visai nesimato netgi silpnų žvaigždžių. Mūsų nustatyta sancaupų pakraščiuose didžiausia stebima ekstinkcijos vertė yra beveik 3 ryškiai.

Pagal žvaigždžių išsidėstymą ekstinkcijos–nuotolio grafike (3 pav.) nuotolis iki debesies yra 286 pc. Neradome jokių požymių apie antro, tolimesnio debesų sluoksnio egzistavimą, kaip kad ūko NGC 7023 atveju. Šis rezultatas sutampa su Grenier ir kt. (1989) CO stebėjimais, kur stebima tik viena greičio komponentė.

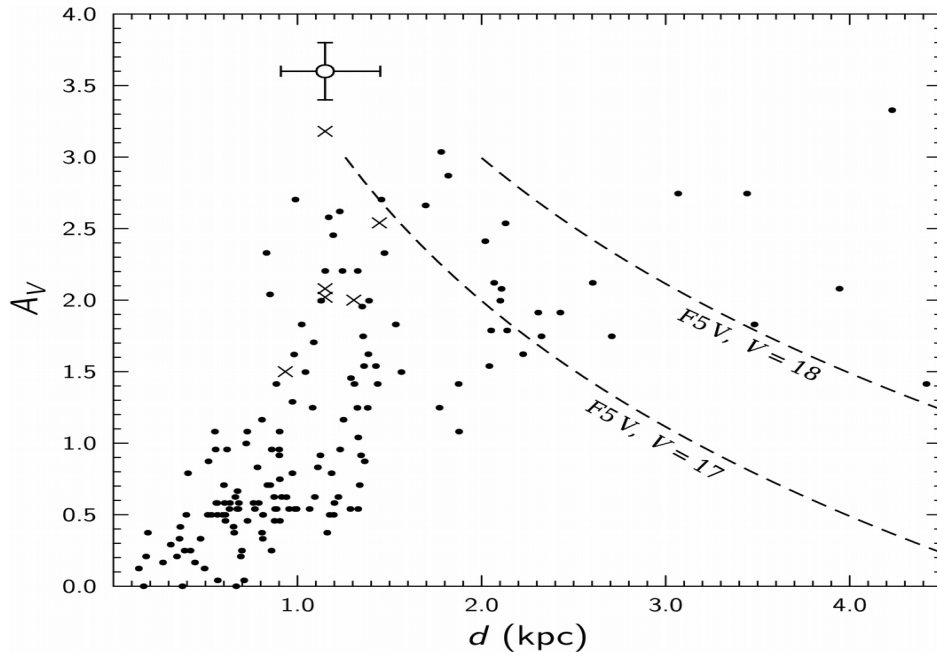
Ekstinkcija ir nuotolis iki debesies TGU 645, spiečiaus NGC 7129 amžius

Pirmą kartą spiečiaus nuotolis – 1 kpc – buvo nustatytas Racine ir kt. (1968) darbe pagal vienos žvaigždės, (BD +65°1637) apytikrą klasifikaciją (be šviesio klasės). Šis apytikris nuotolis buvo plačiai naudojamas ir cituojamas tolimesniuose su šia sritimi susijusiuose tyrimuose. Mūsų darbe ekstinkcijos priklausomybės nuo nuotolio nustatymui (žiūrėti 4 pav.) buvo panaudotos 155 klasifikuotos žvaigždės (Maskoliūnas ir kt. 2012; Straizys ir kt. 2013).

Kadangi spiečius NGC 7129 yra apgaubtas dulkių debesies TGU 645, tai buvo laikoma, kad jų nuotoliai sutampa. Kaip jau buvo minėta anksčiau, pagrindinis nuotolio paklaidų nustatymo šaltinis yra absoliutinis ryškis, kurio paklaida sudaro ± 0.5 ryškio ir tai ekstinkcijos nuotolio grafikuose sukelia žvaigždžių „išsibarstymą“ 1.26 karto ribose. 4 paveiksle pavaizduotos žvaigždės su staigiai didėjančia ekstinkcija, kuri prasideda 0.9 kpc nuotolyje, o toliau 1.45 kpc nestebime žvaigždžių su maža ekstinkcija, todėl, atsižvelgus į nuotolio nustatymo paklaidas, debesis TGU 645 turėtų būti 1.15 kpc nuotolyje.

Spiečiuje buvo identifikuotos šešios žvaigždės, esančios arti nulinio amžiaus pagrindinės sekos (ZAMS) HR diagramoje (5 pav). Šių žvaigždžių priklausomybė spiečiui akivaizdi dėl jas supančių šviesos atspindžio ūkų.

Spiečiui NGC 7129 amžius nustatytas pagal šešias B3 – A1 spektrinių klasių žvaigždes. Žvaigždės pavaizduotos efektinės temperatūros ir šviesio grafike su masės evoliucijos trekais (žiūrėti 5 pav.) Nustatytos žvaigždžių masės yra nuo 2.4 iki 7.2 $M_{\text{Saulės}}$ ir pagal jas, nustatytas spiečiaus amžius yra iki 4 mln. metų.

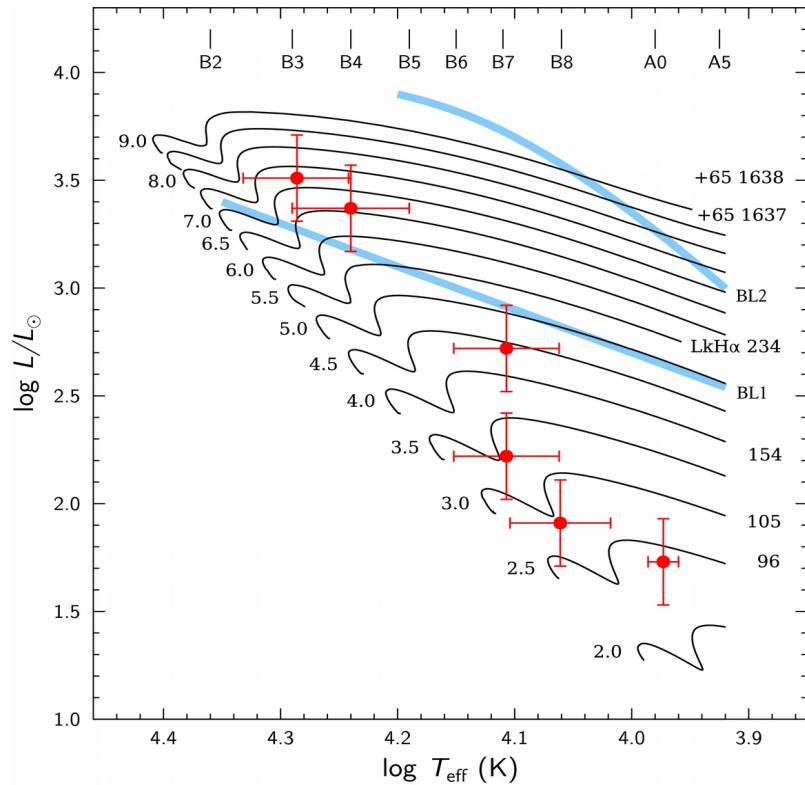


4 pav. Ekstinkcijos – nuotolio priklausomybė debesies TGU 645 (NGC 7129) lauke 20×20 kampinių minučių plote. Dvi brūkšninės linijos vaizduoja ribinį F5 V žvaigždės matomumo nuotolį esant $V = 17$ mag ir $V = 18$ mag. Paklaidos pažymėtos debesies nuotolyje, kuris yra 1.15 kpc, kas atitinka nuotolio modulį $V - M_V = 10.3$.

Žvaigždžių šviesis Saulės vienetais apskaičiuotas pagal formulę:

$$\log L / L_{\text{Saulės}} = 0.4(M_{\text{bol, Saulės}} - M_{\text{bol,*}}) = 0.4(4.72 - V + A_V + 10.30 - BC), \quad (5)$$

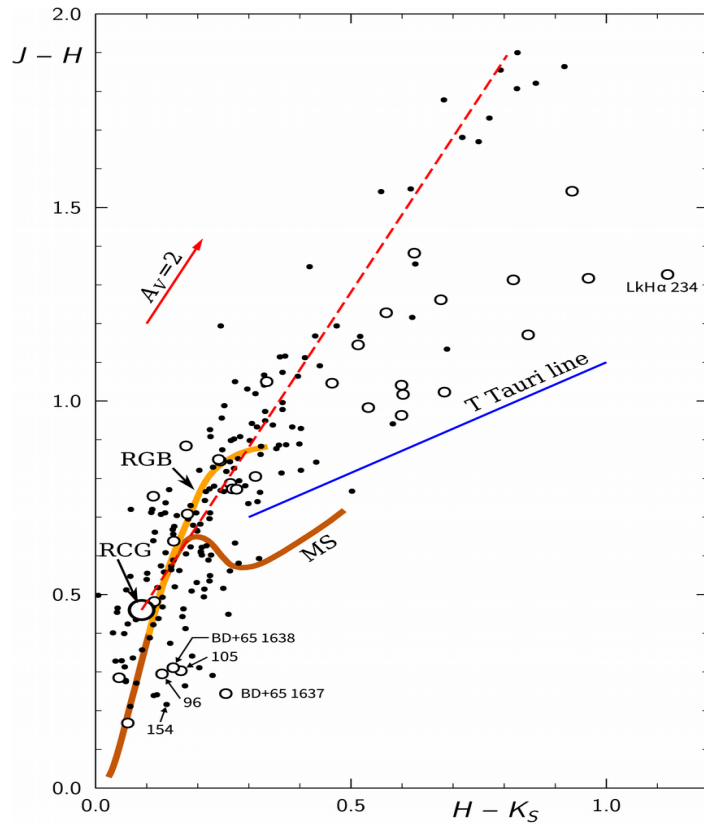
čia V yra stebimas ryškis, $M_{\text{bol,*}}$ yra žvaigždės bolometrinis ryškis, $M_{\text{bol, Saulės}}$ yra Saulės bolometrinis ryškis, kuris lygus 4.72. BC yra bolometrinė pataisa, o 10.30 yra nuotolio modulis iki spiečiaus. O ekstinkcija A_V paskaičiuota pagal formulę (3).



5 pav. Efektinės temperatūros ir šviesio diagrama kurioje pavaizduoti evoliucijos trajektorijos skirtingų masių žvaigždėms. Šešios B3 – A1 spektrinių klasių žvaigždės su paklaidų kryžiais, priklausančios spiečiui NGC 7129, pavaizduotos raudonai. Žvaigždžių numeriai surašyti dešinėje prie Y ašies. Spektrinės klasės pagal jų efektyvą temperatūrą parodytos grafiko viršuje. Dvi mėlynos linijos vaizduoja „žvaigždės gimimo“ padėtį pagal akrecijos dydį 10^{-5} ir $10^{-4} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ pagal Palla (2005).

Ekstinkcijos dėsnio patikrinimas spiečiaus NGC 7129 aplinkoje

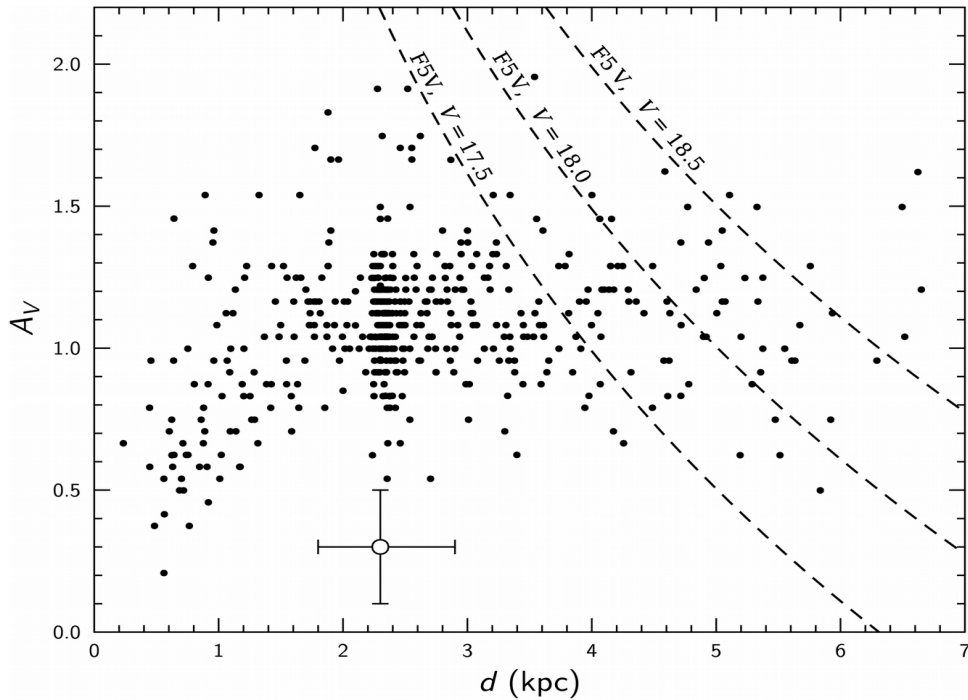
Daug svarbios informacijos apie spiečių NGC 7129 ir jo aplinką galima gauti iš artimo infraraudonojo ($1 - 2.5 \mu\text{m}$) spektro ruožo. Pasinaudojome 2MASS JHK_s fotometrija (6 pav.) ir pagal parausvėjimo linijos polinkį nustatėme, kad ekstinkcijos dėsnis yra artimas normaliajam (ekscesų santykis $E_{J-H}/E_{H-K_s} \approx 2.0$).



6 pav. Spiečiaus NGC 7129 ir dulkių debesies TGU 645 aplinka pagal 2MASS fotometrijos duomenis. Jaunos žvaigždės, stebėtos Vilniaus fotometrinėje sistemoje, pavaizduotos apskritimais.

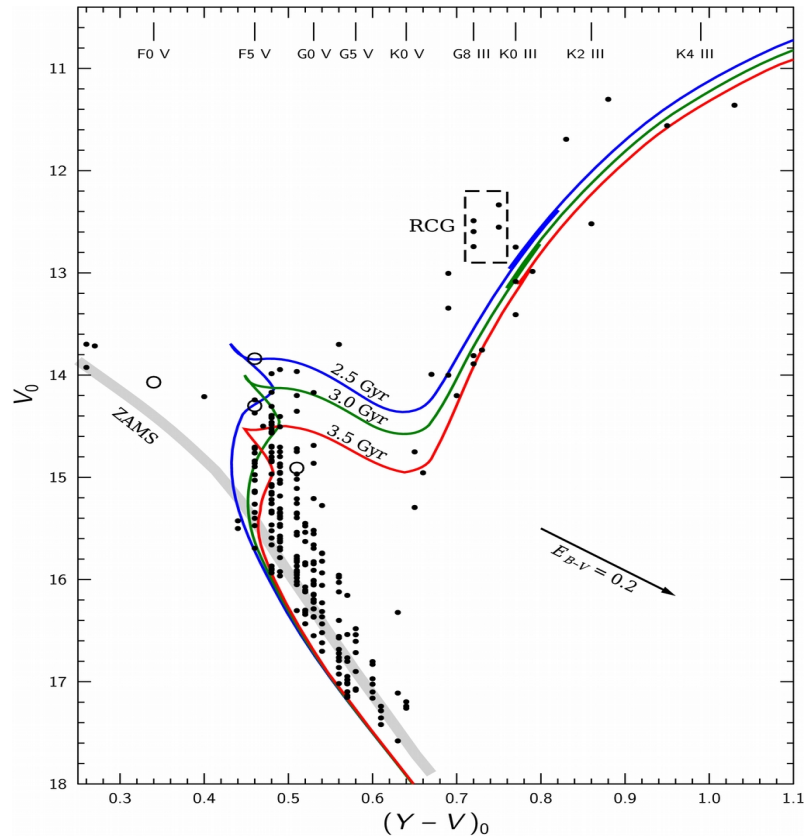
Paveiksle 6 pavaizduotos žvaigždės iš 2MASS katalogo $15' \times 15'$ lauke spiečiaus NGC 7129 aplinkoje. Pažymėtos sekos V ir III šviesio klasių žvaigždėms, raudonųjų milžinių sankaupos (RCG) padėtis (Straišys ir Lazuskaitė 2009). Paraudonavimo linija nubrėžta su polinkiu $E_{J-H}/E_{H-K_S} = 2.0$, kurios pradžia sutampa su (RCG) padėtimi esančia taške $J-H=0.46$, $H-K_S=0.09$. Toks parausvėjimo linijos polinkis yra tipinis daugumai tamsių debesų ir patvirtina, kad ekstinkcijos dėsnis spiečiaus NGC 7129 aplinkoje yra normalus (Straišys ir kt. 2008; Straišys ir Laugalys 2008). T-Tauri tipo jaunos žvaigždės sutinkamos tik virš pažymėtos T-Tauri linijos (Meyer ir kt. 1997).

Spiečiaus NGC 7142 ekstinkcijos, nuotolio ir amžiaus nustatymas



7 pav. Ekstinkcijos priklausomybės nuo nuotolio diagrama, kurioje parodytos 507 žvaigždės, kurioms buvo gauta dvimatė spektrų klasifikacija. Apskritimas apačioje žymi spiečiaus nuotolį 2.3 kpc, paklaidų ribos apima intervalą nuo 1.8 iki 2.9 kpc. Trys brūkšninės linijos vaizduoja F5 V žvaigždės matomumo ribą, esant 17.5, 18.0 ir 18.5 ryškiam.

Paveiksle 7 pavaizduota ekstinkcijos – nuotolio diagrama Vilniaus fotometrinėje sistemoje klasifikuotoms žvaigždėms spiečiaus NGC 7142 aplinkoje (Straižys ir kt. 2013). Iš grafiko matyti, kad žymus ekstinkcijos vertės kilimas stebimas iki 1.0–1.2 kpc, kol pasiekiamos 0.8–1.5 mag reikšmės. Šiame nuotolyje stebėjimo kryptimi kertami debesies TGU 645 išoriniai sluoksniai. Didesniame nuotolyje ekstinkcija nedidėja, nes stebėjimo kryptimi tolstame nuo Galaktikos plokštumos. Nuotolyje 1.2 kpc stebimų objektų atstumas nuo Galaktikos plokštumos yra 200 pc.



8 pav. Normalinė galimų 194 spiečiaus narių spalvos – ryškio diagrama. Pilka linija žymi nulinio amžiaus pagrindinę seką, mėlyna, žalia ir raudona yra 2.5, 3.0 ir 3.5 milijardų metų izochronos. Spalvos rodiklio $(Y-V)_0$ reikšmės atitinkančios spektrinės klasės parodytos grafiko viršuje. RCG yra penkios raudonųjų milžinių sankaupos žvaigždės, naudotos spiečiaus nuotolio nustatymui. Skrituliukai žymi 5 užtemdomąsias dvinares žvaigždes.

Spiečiaus NGC 7142 amžius nustatytas panaudojant spalvos – ryškio (normalinę) $V_0, (Y-V)_0$ diagramą (8 pav.). Galimų spiečiaus narių fotometriškai nustatytas (194 žvaigždės) nuotolis gali būti nuo 1.8 iki 2.9 kpc, ekstinkcijos vertė tarp 0.7 ir 1.5 ryškio. Pilka linija žymi nulinio amžiaus pagrindinę seką su nuotolio moduliu 11.8 mag (Kazlauskas ir kt. 2006). Mėlyna, žalia ir raudona linijos vaizduoja amžiaus izochronas 2.5, 3.0 ir 3.5 milijardams metų. Isochronos apskaičiuotos Padovos observatorijoje teoriniams žvaigždžių evoliucijos modeliams su metalingumu $[Fe/H] = +0.10$ (Bressan ir kt. 2012). Metalingumas nustatytas iš aukštos skiriamosios gebos spektrų Jacobson ir kt. (2007, 2008) darbuose.

Pagrindiniai rezultatai ir išvados

1. Ištirta tarpžvaigždinė ekstinkcija 1.5 kvadratinio laipsnio plote su centru $\alpha=21^h01.6^m$, $\delta = +68:09.8'$ aplink atspindžio ūką NGC 7023. Tyrimas paremtas 480 žvaigždžių iki $V=16.5$ ryškio fotometriniu klasifikacija, naudojant *Vilniaus* fotometrines sistemas. Dulkių debesis TGU 629, esantis atspindžio ūko NGC 7023 aplinkoje, turi du sluoksnius, esančius 282^{+73}_{-56} pc ir 715^{+186}_{-143} pc nuotolyje.
2. Ištirta tarpžvaigždinė ekstinkcija 1.5 kvadratinio laipsnio plote su centru $\alpha=20^h40^m$, $\delta=+67^{\circ}50'$ tamsiųjų debesų grupės TGU 619 aplinkoje. Tyrimas paremtas 658 žvaigždžių iki $V=16.0$ ryškio fotometriniu klasifikacija. Nustatytos ekstinkcijos vertė kinta nuo 0.3 – 2.6 ryškio. Reali ekstinkcijos vertė debesyse yra daug didesnė. Dulkių debesis TGU619 yra 286^{+74}_{-57} pc nuotolyje.
3. Ištirta tarpžvaigždinė ekstinkcija $20' \times 20'$ kampinių minučių plote, esančiame spiečiaus NGC 7129 aplinkoje. Tyrimas remiasi 155 stebėtomis ir klasifikuotomis žvaigždėmis iki $V = 18.0$ mag. Tarpžvaigždinių dulkių debesis TGU 645, kuriame yra ir spiečius NGC 7129, nuotolis yra 1150^{+293}_{-226} pc. Ekstinkcijos vertė spiečiaus aplinkoje gauta remiantis *Vilniaus* sistemoje matuotomis žvaigždėmis, yra nuo 0.6 iki 2.8 mag. Ekstinkcija nustatyta pagal infraraudonosios 2MASS fotometrijos duomenis tankiausiose debesies srityse siekia 13 ryškių.
4. Spiečiaus NGC 7129 amžius nustatytas pagal šešias B3–A1 spektrinės klasės spiečiaus žvaigždes. Remiantis efektinės temperatūros ir šviesio diagrama bei skirtingos masės žvaigždžių (2.4 iki 7.2 Saulės masių) evoliucijos kreivėmis, amžius yra ne daugiau kaip 4 mln metų.
5. Nustatytas spiečiaus NGC 7142 nuotolis yra 2300^{+600}_{-460} pc. Viso galimų spiečiaus narių yra 255 žvaigždės.
6. Spiečiaus NGC 7142 amžius nustatytas pagal jo narių sekų padėtis normalinėje spalvos ir šviesio diagramoje, lyginant su Padovos izochromomis, yra 3.0 ± 0.5 milijardai metų. Spiečiaus ekstinkcija A_v yra 1.1 ± 0.4 ryškio.

Literatūra

- Alecian, E., Catala, C., Wade, G. A., ir kt. 2008, MNRAS, 385, 391
- Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., ir kt. 2012, MNRAS, 427, 127
- Cohen, M., Kuhl, L. V., & Harlan, E. A. 1977, ApJ, 215, L127
- Crinklaw, G., & Talbert, F. D. 1991, PASP, 103, 536
- Dame, T. M., Hartmann, D., & Thaddeus, P. 2001, ApJ, 547, 792
- Dobashi, K., Uehara, H., Kandori, R., ir kt. 2005, PASJ, 57, S1
- Fuente, A., Martin-Pintado, J., Rodríguez-Fernández, N. J., Cernicharo, J., & Gerin, M. 2000, A&A, 354, 1053
- Grenier, I. A., Lebrun, F., Arnaud, M., Dame, T. M., & Thaddeus, P. 1989, ApJ, 347, 231
- Gutermuth, R. A., Megeath, S. T., Muzerolle, J., ir kt. 2004, ApJS, 154, 374
- Gutermuth, R. A., Megeath, S. T., Myers, P. C., ir kt. 2009, ApJS, 184, 18
- Herbig, G. H. 1960, ApJS, 4, 337
- Jacobson, H. R., Friel, E. D., & Pilachowski, C. A. 2007, AJ, 134, 1216
- Jacobson, H. R., Friel, E. D., & Pilachowski, C. A. 2008, AJ, 135, 2341
- Janes, K. A., & Hoq, S. 2011, AJ, 141, 92
- Kazlauskas, A., Straižys, V., Bartašiūtė, S., ir kt. 2006, Baltic Astronomy, 15, 511
- Kun, M. 1998, ApJS, 115, 59
- Kun, M., Vink, J., & Szabados, L. 2000, MNRAS, 319, 777
- Kun, M., Kiss, Z. T., & Balog, Z. 2008, Handbook of Star Forming Regions vol. 1, 136-239 (2008), 136
- Lynds, B. T. 1962, ApJS, 7, 1

- Magakian, T. Y., & Movsesian, T. A. 2001, *Astrophysics*, 44, 419
- Magakian, T. Y., Movsessian, T. A., & Nikogossian, E. H. 2004, *Astrophysics*, 47, 519
- Maskoliūnas, M Zdanavičius, J., Zdanavičius, K.,& Straižys, V., 2012, *Baltic Astronomy*, 21, 465
- Meyer, M., Beckwith, S. V. W.,& Natta, A. 1997, *Herbig-Haro Flows and the Birth of Stars*, 182, 224P
- Palla, V., 2005, *Massive Star Birth: a Crossroads of Astrophysics*, IAU Symp. 227 AZh, 22, 129
- Parenago, P. P. 1945, *AZh*, 22, 129
- Pogodin, M. A., Miroshnichenko, A. S., Tarasov, A. E., ir kt. 2004, *A&A*, 417, 715
- Racine, R. 1968, *AJ*, 73, 233
- Sandquist, E. L., Serio, A. W., & Shetrone, M. 2011, *AJ*, 142, 194
- Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., ir kt. 2006, *AJ*, 131, 1163
- Straižys, V. 1992, Tucson : Pachart Pub. House, c1992.,
- Straižys, V., Černis, K., Kazlauskas, A., & Laugalys, V. 2002, *Baltic Astronomy*, 11, 231
- Straižys, V., Corbally, C.J., & Laugalys, V. 2008, *Baltic Astronomy*, 17, 125
- Straižys, V., & Laugalys, V. 2008, *Handbook of Star Forming Regions, Volume I*, 294
- Straižys, V., & Lazauskaitė , R. 2009, *Baltic Astronomy*, 18, 19
- Straižys, V., Maskoliūnas, M., Boyle, R. P., ir kt. 2013, priimtas (*MNRAS*, 2648)
- Straižys, V., Maskoliūnas, M., Boyle, R. P., ir kt. 2013, *MNRAS*, arXiv:1312.1153
- Umemoto, T., Iwata, T., Fukui, Y., ir kt. 1992, *ApJ*, 392, L83

Zdanavičius, J., Zdanavičius, K. 2008, *Baltic Astronomy*, 14, 1

Zdanavičius, K., Zdanavičius, J., Straižys, V., & Kotovas, A. 2008, *Baltic Astronomy*, 17, 161

Zdanavičius, K., Zdanavičius, J., Straižys, V., & Maskoliūnas, M. 2009, *Baltic Astronomy*, 18, 33

Zdanavičius, K., Zdanavičius, J., Straižys, V., & Maskoliūnas, M. 2009, *Baltic Astronomy*, 18, 161

Zdanavičius, K., Maskoliūnas, M., Zdanavičius, J., Straižys, V., & Kazlauskas, A. 2011, *Baltic Astronomy*, 20, 317

Witt, A. N., & Cottrell, M. J. 1980, *AJ*, 85, 22

Summary

The interstellar matter in the Galaxy constitutes about 10 % of its mass and is concentrated in a thin layer in the galactic plane, mostly in spiral arms.

Most of the interstellar matter (about 99 % in mass) is formed by atomic and molecular gas and only 1 % of mass is in a form of tiny (0.01 – 0.1 μm) dust grains. A part of gas and dust are in a diffuse form and fill the space with density which exponentially decreases with the distance from the galactic plane. However, in the spiral arms gigantic molecular clouds are present, which play an outstanding role in evolution of the Galaxy, since they contain star forming regions. Molecular and dust clouds, young star clusters and associations and other star forming regions are concentrated in the Milky Way plane.

However, due to interactions between the molecular clouds and the newly formed massive stars or by supernova explosion some fragments of spiral arms deviate from the galactic plane. One of such deviating branches from the Local (Orion) spiral arm is a huge elongated system of molecular and dust clouds is located in the Cepheus constellation and is known as a Cepheus Flare.

The aim of the present work was to determine distances to several dust clouds in the Cepheus Flare, to investigate interstellar extinction and the star forming activity in some important directions.

The objects selected for the investigation are star forming regions in the vicinity of the reflection nebula NGC 7023, a group of clouds TGU 619, the young open cluster NGC 7129 and the old open cluster NGC 7142 behind the cloud TGU 645. In the investigation we have used CCD photometry of 5729 stars in the Vilnius seven color photometric system obtained with the Maksutov – type telescope of the Molėtai observatory in Lithuania and the 1.8 meter telescope of the Vatican Observatory on Mt. Graham, Arizona.

In the NGC 7023, TGU619, NGC 7129 and NGC 7142 areas we determined the interstellar extinction run with distance and the distances to dust clouds and star forming

regions. For the cluster NGC 7129 and NGC 7142 the distances, interstellar extinction, ages and masses of stars were determined.

Additionally, we have used infrared photometry in 2MASS, Spitzer and WISE systems taking the data from the databases at CDS (Strasbourg) and NASA.

The results of the investigation are published in four papers in “Baltic Astronomy” and two papers in “Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”.

Trumpos žinios apie autorių

Vardas, pavardė: Marius Maskoliūnas

Gimimo data: 1972 09 24

Gimimo vieta: Vilniaus m.

Elektroninis paštas: Marius.Maskoliunas@tfai.vu.lt

Išsilavinimas:

2002 – 2006 Fizikos ir taikomosios kompiuterijos bakalauras: Vilniaus pedagoginis universitetas

2006 – 2008 Fizikos ir astrofizikos magistras: Vilniaus pedagoginis universitetas

2008 – 2013 Vilniaus universitetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, doktorantūros studijos

Profesinė patirtis:

2008 – Vilniaus universitetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, jaunesnysis mokslo darbuotojas