

UOT 520.2

TÜRKAN MƏMMƏDOVA

ULDUZLARIN ASTROMETRİK, FOTOMETRİK VƏ SPEKTRAL MÜSAHİDƏSİ

Məqalədə, astronomiyanın əsas məsələlərindən birinə – Qalaktikanın quruluşunun öyrənilməsinə baxılmışdır. Bu məsələdə astrometrik müşahidələrlə yanaşı, müasir texnologiyalar əsasında aparılan ulduzların fotometrik və spektral müşahidələri mühüm rol oynayır. Astrometrik və fotometrik ölçmələrlə ulduzlaradək məsafə, onların bucaq və fəza sürətləri dəqiqləşdirilir. Ulduzların spektral müşahidəsi mühüm astrofiziki parametrləri: effektiv temperaturu, ulduzun işıqlığını xarakterizə edən ağırlıq qüvvəsinin səth təcilini və kimyəvi tərkibini təyin etməyə imkan verir. Ulduzların müasir çoxrəngli fotometrik və spektral müşahidələrinin keyfiyyəti Qalaktika ailəsinin və onun peyklərinin mənsəyini, quruluşunu və dinamikasını tədqiq etmək üçün müşahidə bazası yaratmağa imkan verir.

Açar sözlər: ulduz parallaksı, məxsusi hərəkət, ulduzun işıqlığı, mütləq ulduz ölçüsü, ulduz parıltılığı, fotometrik tədqiqatlar, spektral müşahidələr, sefeidlər, standart şamlar üsulu, şüa sürəti, effektiv temperatur, Qalaktikanın quruluşu, kainat.

Ulduzlaradək məsafənin təyin olunmasının əsasını sadə həndəsi ideya – kosmik triangelasiya prinsipi təşkil edir. Yerdəki müşahidənin nöqtəyi-nəzərincə hər bir ulduz göydə daha uzaq səma obyektlərinə nəzərən böyük oxu ekliptika müstəvisinə paralel olan kiçik ellipslər cizaraq Yer in əks olunmuş orbital hərəkətini nümayiş etdirir. Ellipsin böyük yarım-oxunun bucaq ölçüsü ulduzun triqonometrik parallaksı adlanır və onu bucaq saniyələri ilə (q_s – qövs saniyəsi) yaxud da milli saniyələrlə (mqs – milli qövs saniyəsi) ölçürlər. Hətta yaxın ulduzlar üçün bu bucaq olduqca kiçikdir və q_s -nin hissələrini təşkil edir (məsələn, ən yaxın ulduz – Kentavrın Proksimasının parallaksı 770 mqs -ə yaxındır). Ulduzların parallaksının ölçülməsi olduqca mürəkkəb bir texniki məsələdir. Bu səbəbdən də kosmik era başlayanaqad yerüstü teleskoplarla yalnız 13000-ə qədər ulduzun parallaksını ölçmək mümkün olmuşdur. Triqonometrik parallaksın əhəmiyyətli rolu ondan ibarətdir ki, onlar sadə həndəsi prinsiplərə əsaslanır və məsafənin ölçülməsi üçün obyektlərin fiziki təbiəti haqqında heç bir əlavə bilik tələb olunmur [1].

Ulduzlararası məsafəni ölçmək üçün yeni ölçü vahidi – parsek (pk) daxil edilmişdir. Bu məsafə, parallaksı 1 q_s olan ulduzadək məsafədir və 1 parsek təxminən 3, 08567810¹³ km, yaxud 3,26 işıq ilinə bərabərdir. Qalaktikada və onun hüddümlərindən kənarında daha böyük miqyaslar üçün kiloparsek (kpk) və meqaparsek (Mpk) kimi vahidlər daxil edilir ki, onlar da uyğun olaraq 1 min və 1 mln pk -ə bərabərdir. Parallaksılar çox kiçik bucaqlar olduğundan, triqonometrik parallaksı məsafə arasında sadə əlaqə mövcuddur: $D(pk) = 1/p(q_s)$. Parallaksı ilə yanaşı ulduzların dəqiq koordinatları və məxsusi hərəkətləri də ölçülür. 1989-1997-ci illərdə HIPPARCOS kosmik aparatı ilk dəfə olaraq bu parametrləri 118000 ulduz üçün 1 mqs tərtibində yüksək dəqiqliklə (məxsusi hərəkətlər üçün 1 mqs /il dəqiqliklə) ölçdü [3].

2013-cü ilin dekabrında 1 milyardan artıq ulduzun parallaksını 0,1-0,01 mqs -ə qədər fantastik dəqiqliklə ölçülməsi üçün nəzərdə tutulan GAIA astrometrik kosmik aparatı buraxıldı. Belə bucaq altında 0,1 mm qalınlıqlı insan tükü 200-2000 km tərtibində məsafədən görünə bilər. 2018-ci ildə Qalaktikanın 21^m ulduz ölçüsünədək olan təxminən 1,4 mlrd ulduzu üçün yüksək dəqiqlikli astrometrik və fotometrik göstəricilərinin daxil olduğu GAIA missiyasının ikinci kataloqu nəşr olundu. Burada ulduz kataloqunun parlaq hissəsi üçün parallaksın dəqiqliyi 0,04 mqs -ə çatır. Bu o deməkdir ki, 2,5-3 kpk aralığında olan ulduzlar

üçün məsafələr 10%-dən yuxarı nisbi dəqiqliklə məlum olacaqdır ki, bu da ulduzların əsas fiziki parametrlərinin təyin olunması üçün tamamilə kifayət edir [2].

Yüksək dəqiqlikli triqonometrik parallaksı ilə həll edilən məsələlərdən biri – ulduzun şüalandırdığı enerji ilə xarakterizə olunan ulduzların işıqlığı və onların mütləq ulduz ölçülərinin təyin olunmasıdır. Məlum olduğu kimi, ulduzun yaratdığı işıqlanma məsafənin kvadratı ilə tərs mütənəsb olaraq zəifləyir və nəticə olaraq görünən ulduz ölçüsü məsafədən asılı olur. Tərifə görə, 10 pk məsafə üçün (M) mütləq və (m) görünən ulduz ölçüləri üst-üstə düşürlər. Beləliklə, onlar öz aralarında sadə

$$m - M = 51g D(pk) - 5 + A$$

münasibəti ilə bağlıdır, burada D – pk -lə ölçülmüş məsafə, A – ulduzlararası udulma kəmiyyətidir. Bu ifadədən ulduzun məlum görünən ölçüsünə və mütləq ölçüsünə görə həmin ulduzadək məsafənin hesablanması üçün də istifadə oluna bilər [5].

İşıqlığı etibarlı şəkildə təyin olunmuş ulduzlar çox vaxt “standart şamlar”, başqa sözlə məlum enerji ayınlmalarına malik obyektlər adlandırılır. Bu ulduzlara görə belə obyektlərdə məsafənin təyin etmək olar. Qalaktikanın quruluşunun öyrənilməsində və məsafələrin universal şkalasının müəyyən olunması digər ulduzlar arasında asanlıqla tanınmalarına imkan verən xassələrə malik unikal “standart şamlar” xüsusi rol oynayır. Onlara, xüsusi halda bəzi sinif döyünən dəyişən ulduzlar: sefeidlər – işıqlığın döyünmə periodundan asılılığı yaxşı ifadə olunan yüksək işıqlıqlı ulduzlar və Liridlər – işıqlığı optikada yalnız kimyəvi tərkibindən, infraqırmızı diapazonda isə həm də perioddan asılı olan qalaktik qalonus dəyişən ulduzları aiddir. Xatırlatmaq yerinə düşər ki, ancaq bir neçə onlarla qalaktikalardan, əsas kosmoloji “standart şamların” işıqlığı təyin olunmuşdur. GAIA layihəsinin son nəticələri nəzərə alınmaqla 2018-ci ilin aprel ayında dərc olunmuş triqonometrik parallaksı 2-3 kpk -ə qədər məsafələri 10% dəqiqliklə təyin etməyə imkan verirlər. “Period – işıqlıq” asılılığı üzrə hesablanan sefeid məsafələr yaxın qalaktikalar topasınadək, yeni 15-20 Mpk -dək məsafələrin hesablanması üçün kifayət qədər dəqiqdir. Liridlər, nisbətən zəif “standart şamlar” kimi, Yeri Qrup qalaktikalar sərhəddində, yeni 2-4 Mpk -dək tərtibdə məsafələrin ölçülməsi üçün yaxşı vasitədir. Ən parlaq “standart şamlar” olan Ia tipli ən yeni ulduzlar kainatın görünən sərhədlərinə çatan ən böyük məsafələrin təyin edilməsi üçün istifadə olunur.

XX əsrin sonu – XXI əsrin əvvəli yüz milyonlarla ulduzu əhatə edən fotometrik görünüş sahələrinin “bütün səma” epoxası oldu. Mühüm olan odur ki, bütün müasir görünüş sahələri çoxrənglidir. Məlum olduğu kimi, işığın udulması ilə təhrif olunmayan ulduz rəngləri (onların normal rənglər adlandırılır) onların spektral siniflərinin və effektiv temperaturlarının göstəriciləridir. 2MASS (Two Micron All Sky Survey, diapazon 1,25-2,2 mkm , 471 mln ulduz) yerüstü layihəsi və WISE (Wide – field Infrared Survey Explorer, diapazon 3,3-22 mkm , 747 mln ulduz) kosmik layihəsi ulduz astronomiyasında mühüm rol oynadırlar [4].

Infraqırmızı diapazonda müşahidələrin təkbizolunmuş üstünlüyü ondan ibarətdir ki, işığın udulması hesabına ulduz ölçüləri ilə ifadə olunmuş ulduz parıltılığının zəifləməsi K zolaqda (2,2 mkm) təxminən V vizual zolaqda (0,55 mkm) olduğundan 10 dəfə azdır, WISE zolağında isə o, ulduzda kiçikdir. UKIDSS (UKIRT Deep Infrared Sky Survey, diapazon 0,9-2,2 mkm , təxminən 700mln ulduz) görünüş sahəsi göy sferinin cəmi 16%-ni əhatə edir, amma buraya çoxlu ulduz zəif ulduzlar daxildir və Qalaktika diskinin kompleks tədqiqi, o cümlədən, zəif qəhvəyi cırdan ulduzların axtarılması üçün əsasən istifadə olunurlar [6].

Qalaktikanın və Yeri Qrup ailəsinin quruluşu və dinamikası ilə bağlı əsl inqilabi nəticələr SDSS (Sloan Digital Sky Survey, göyün Sloan fotometrik və spektral görünüş sahəsi)

layihəsi çərçivəsində alınmışdır. O, şimal səmasının 35%-ni əhatə edir. 350-1000 nm diapazonda 260 mln-dan çox ulduz və 208 mln qalaktika üçün fotometrik müşahidələr aparılmışdır. IPHAS/VPHAS+ görünüş sahələri 550-850 nm diapazonda Qalaktikanın diskinin fotometrik öyrənilməsinə yönəldilmişdir, onlara ümumilikdə 540 mln ulduz daxildir. Göy sferinin təxminən 50% hissəsini əhatə edən SkyMapper Avstraliya layihəsinin gedişində 350-1000 nm diapazonda 285 mln ulduzun parıltılığı ölçülmüşdür. Havay adalarında (ABŞ) PanSTARRS (Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System) layihəsi 400-1000 nm diapazonda, göy sferinin 75% hissəsində 1,9 mlrd ulduzun parıltılığının ölçülməsi üzrə uğurla yerinə yetirilmişdir. ABŞ-ın Palomar rəsədxanasında göy sferinin böyük bir hissəsində, 600-700 nm (başlanğıcda) və 400-900 nm (layihənin müasir mərhələsində) diapazonda milyardlarla obyektin parıltılığının ölçülməsi məqsədi ilə Palomar Transient Faktory layihəsi və onun növbəti mərhələləri (intermediate Palomar Transient Faktory və Zwicky Transient Facility) yerinə yetirilir [7].

Spektroskopiya, ola bilsin ki, çox zəhmət tələb edən, lakin daha informativ optik tədqiqatlar üsuludur. Ona görə də biz kütləvi spektral layihələri də qeyd etməliyik. Bu layihələrin olduqca yüksək effektivliyi teleskopun görüş dairəsinə düşən yüzrlərlə və minlərlə obyektin spektrlərini eyni zamanda almağa imkan verən çoxlifli spektroqrafların tətbiq olunması ilə izah olunur. Bu, ilk növbədə, artıq yuxarıda qeyd olunan Sloan görünüş sahəsi çərçivəsində SEGUE-I, II, APOGEE-1, 2, MARVELS layihələri (1000 optik liflədək), RAVE (Radial Velocity Experiment, 150 optik lifli) Avstraliya layihəsi və məşhur LAMOST (Large sky Area Multi-Object fiber Spectroscopic Telescope, 4000 optik lifli) Çin layihəsidir. Əgər buraya GAIA missiyası çərçivəsində ölçülmüş 7 mln-dan artıq ulduzun bucaq sürəti də əlavə olunarsa, onda 2018-ci ilə olan vəziyyətə görə spektral müşahidə edilmiş ulduzların ümumi sayı təxminən 15 mln təşkil edər.

Onların çoxu üçün spektrə görə əlavə mühüm astrofiziki parametrlər: effektiv temperatür, ağırlıq qüvvəsinin səthi təcili (ulduzun işıqlığını xarakterizə edən) və kimyəvi tərkib təyin edilmişdir. Ulduzların müasir çoxrəngli fotometrik və spektral müşahidələrinin həcmi və keyfiyyəti heyrət doğurur. Astrometrik və fotometrik ölçmələrə görə ulduzlaradək məsafə dəqiqləşdirilir, məxsusi hərəkətlərə və bucaq sürətinə görə isə onların fəza sürətləri qiymətləndirilir. Yekunda onlar Qalaktika ailəsinin və onun peyklərinin mənsəyini, quruluşunu və dinamikasını uğurlu tədqiq etmək üçün gözəl müşahidə bazası yaradır [8].

ƏDƏBİYYAT

1. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. Фрязино: Век 2, 2015, 575 с.
2. Каплан С.А. Физика звезд. 3 изд., Москва: Наука, 1977.
3. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. Москва: УРСС, 2011, 544 с.
4. Куликовский П.Г. Звездная астрономия. Москва: Наука, 1985.
5. Марочник Л.С., Сучков А.А. Галактика. Москва: Наука, 1984.
6. Редактор-составитель академик А.М. Черепашук. Многоканальная астрономия. Фрязино: Век 2, 2019, 528 с.
7. Тейлер Р. Строение и эволюция звезд. Пер. с англ. Москва: Наука, 1973.
8. Шкловский И.С. Звезды. Их рождение, жизнь и смерть. 3 изд. Москва: Наука, 1984.

AMEA Nəxçivan Bölməsi
E-mail: turkan.bao_anas_nb.com

Turkan Məmmədova

ASTROMETRIC, PHOTOMETRIC AND SPECTRAL OBSERVATIONS OF STARS

One of the key tasks of astronomy, the study of the structure of the Galaxy, is considered. An important role in this task is played along with astrometric observations, photometric and spectral observations of stars based on modern technologies. Astrometric and photometric measurements specify the distances to stars, their radial and spatial velocities. Spectral observations of stars make it possible to determine the most important astrophysical parameters: effective temperature, surface acceleration of gravity, characterizing the luminosity of the star and chemical composition. The quality of modern multicolor photometric and spectral observations of stars allows us to create an observational base for studying the origin, structure and dynamics of the populations of the Galaxy and its satellites.

Keywords: stellar parallax, proper motion, stellar luminosity, absolute magnitude, stellar brightness, photometric studies, spectral observations, Cepheids, standard candle method, line-of-sight speed, effective temperature, Galactic structure, universe.

Туркан Мамедова

АСТРОМЕТРИЧЕСКИЕ, ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗВЕЗД

Рассмотрена одна из ключевых задач астрономии, изучение строения Галактики. Важную роль в этой задаче играют наряду с астрометрическими наблюдениями, фотометрические и спектральные наблюдения звезд на основе современных технологий. По астрометрическим и фотометрическим измерениям уточняются расстояния до звезд, их лучевые и пространственные скорости. Спектральные наблюдения звезд позволяют определить важнейшие астрофизические параметры: эффективную температуру, поверхностное ускорение силы тяжести, характеризующие светимость звезды и химический состав. Качество современных многоцветных фотометрических и спектральных наблюдений звезд позволяет создать наблюдательную базу для исследования происхождения, строения и динамики населений Галактики и ее спутников.

Ключевые слова: параллакс звезды, собственное движение, светимость звезды, абсолютная звездная величина, блеск звезды, фотометрические исследования, спектральные наблюдения, цефеиды, метод стандартной свечи, лучевая скорость, эффективная температура, строение Галактики, вселенная.

(AMEA-nın müxbir üzvü Əyyub Quliyev tərəfindən təqdim edilmişdir)

Daxilolma tarixi: İlk variant 14.05.2020
Son variant 08.06.2020