



**Dinora ATABAYEVA,**  
Magistrant,  
O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston  
E-mail: atabayeva99@gmail.com, ORCID: 0009-0009-9504-2978

O'zMU f.-m.f.d T.Axunov taqrizi asosida

### PHOTOMETRIC STUDY OF THE GLOBULAR CLUSTER PALOMAR 13

Annotation

This article is devoted to the multi-color photometric analysis of the globular cluster Palomar 13 based on observational data obtained at the Maidanak Observatory. The object was observed during a three-day autumn campaign using four wide-band filters (B, R, V, I) with seven distinct exposure times. To process the Pal 13 images, PSF (Point Spread Function) and aperture photometry methods were implemented using the IRAF software package. Taking advantage of the superior astronomical climate at the Maidanak Observatory, precise stellar magnitudes in the V, R, and I bands and spatial coordinates were determined, despite the cluster's low surface brightness. The resulting color-magnitude relationships provided key insights into the photometric structure of Pal 13. These findings are of significant importance for refining evolutionary models of the Galactic halo formation.

**Keywords:** Palomar 13, photometry, globular clusters, filter, exposure time, stellar magnitude, coordinates, galactic halo.

### ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШАРОВОГО ЗВЕЗДНОГО СКОПЛЕНИЯ PALOMAR 13

Аннотация

Данная статья посвящена многоцветному фотометрическому анализу шарового звездного скопления Palomar 13 на основе данных наблюдений, полученных в обсерватории Майданак. Объект наблюдался в течение трехдневной осенней кампании с использованием четырех фильтров (B, R, V, I) при семи различных временах экспозиции. Для фотометрической обработки изображений Pal 13 применялись методы ПСФ-фотометрии (Point Spread Function) и апертурной фотометрии в программной среде IRAF. Благодаря высокому качеству астроклимата обсерватории Майданак были точно определены звездные величины в фильтрах V, R, I и координаты звезд на изображениях, несмотря на низкую поверхностную яркость скопления. В результате фотометрического исследования были получены зависимости между звездными величинами компонентов Pal 13. Эти данные имеют важное значение для уточнения моделей формирования гало Галактики.

**Ключевые слова:** Palomar 13, фотометрия, шаровые звездные скопления, фильтр, время экспозиции, звездная величина, координаты, гало галактики.

### PAL 13 SHARSIMON YULDUZ TO'DASINING FOTOMETRIK TADQIQOTI

Annotatsiya

Ushbu maqola Palomar 13 sharsimon yulduz to'dasi Maydanak observatoriyasidagi ko'p rangli fotometrik kuzatuv ma'lumotlariga bag'ishlangan. Obyekt kuz faslining 3 kunlik kuzatuvda 4 xil (B, R, V, I) filtrlarda va 7 xil ekspozitsiya vaqtlarida kuzatilgan. Pal 13 to'dasining olingan tasvirlarini fotometrik tahlil qilish uchun IRAF dasturi orqali PSF va Apertura fotometriyasidan foydalanamiz. Maydanak observatoriyasining yuqori astronomik iqlimi sharoitida Pal 13 past yuza yorqinligiga qaramay, uning V,R,I filtrlardagi yulduz kattaliklari va tasvirdagi koordinatalari aniqlandi. Bu fotometrik tadqiqot natijasidan Pal 13ning ylduz kattaliklari orasidagi bog'lanishlar olindi. Bu natijalar Gallaktika galosining shakllanish modellarini aniqlashtirish uchun ahamiyatga ega.

**Kalit so'zlari:** Pal 13, fotometriya, sharsimon yulduz to'dalari, filtr, ekspozitsiya vaqti, yulduz kattaligi, kooordinata, gallaktika galosi.

**Kirish.** Bugungi kundagi kuzatuvlardan ma'lumki, Somon Yo'li galaktikasi 157 ta sharsimon yulduz to'dalarga ega. Ular galaktikadagi eng qari obyektlaridan biri hisoblanadi. Ularning ko'pchiligi deyarli Galaktikamiz paydo bo'lish yoshi bilan teng. Ular Galaktika markazi atrofida konsentrasiyalangan. Sharsimon to'dalar xususiyatlarini o'rganish orgali Galaktika evolyutsiyasini, qolaversa Koinot haqida ham ma'lumotlar olish mumkin.

**Mavzuga oid adabiyotlar tahlili.** Palomar Observatory Sky Survey bo'yicha sharsimon to'dalar tadqiqoti 1950 yillarga borib taqaladi. Bu borada E.Hubble, W.Baade, F.Zwicky, H.Arp va J.Abell kabi o'sha davrning eng mashhur astronomlari tomonidan ilmiy izlanishlar olib borilgan. Palomar obyektlari Abell tomonidan kataloglashtirilgan. Uning katalogiga Palomarning 12 ta obyekt kiritilgan. Keyinchalik bu katalogga Pal 13, Pal 14 va Pal 15 qo'shilgan. Bularning kechroq kashf etilishining sababi ular juda siyrak va uzoqda bo'lganligidir [1].

1985 yilda Ortolani, Rosino va Sandage B va V filtrda Palomar 13 to'dadan 122 taga yaqin yulduzning yulduz kattaliklarini aniqlagan [1]. Palomar 13 obyektini 1997 yilda J.Borissova va b. CCD va PSF fotometriyasi orqali yulduzlarning yulduz kattaliklarini aniqlagan. Bunda B va V filtrlarda 80 ta yulduz hamda g, r filtrlarda 175 ta yulduzlar topilgan. Keyinchalik J.D.Bradford hamda uning hamkasblari tomonidan Palomar 13 sharsimon to'dasining dinamikasi va strukturasi o'rganilgan, bu maqolada fotometriya orqali to'daning yorqinligi  $M_V = -2.8 \pm 0.4$  ga tengligi topilgan. Shu kungacha O'zbekistonda sharsimon

to'dalar kuzativlari va ularning fotometrik natijalari olib borilmagan va ushbu ushda olingan natijalar bu sohada ilm ma'lumotlar hisoblanadi [2], [3].

Hozirgi kunga kelib ham bir nechta olimlar tomonidan Palomar 13 obyekt o'rganilib kelinmoqda. Kaliforniya Universiteti olimlari L.Lee Clark, Eric L.S. va M.Botle tomonidan Palomar 13 ning fotometriyasi o'rganilgan. Natijalarga ko'ra ShYT daning 478 ta yulduz filtrlarda aniqlangan. Unga ko'ra V va I filterdagi yulduzlarning magnitudalari aniqlangan. Natijalarga ko'ra  $18,5 < V < 26,5$  magnitudalari topilgan. Pal 13 ShYT ni dunyo bo'ylab juda ko'plab olimlar tomonidan o'rganilgan. Olimlar tomonidan Pal 13 ShYT ning fotometriyasi turli xil usullar va metodlar orqali ilmiy izlanishlar olib borilgan [4].

AQSHda J.D.Bradford, M.Geha, E.Kirby va boshqa olimlar tomonidan Pal 13 ShYT ning dinamikasi va strukturasini bo'yicha ko'plab ilmiy izlanishlar olib borilgan. Somon yo'li Gallaktikamizda joylashgan Pal 13 ShYT ni Keck/DEIMOS spektroskopiyasi va Kanada-Fransiya-Gavaya teleskopida fotometriya tadqiqotlari olib borilgan. Fotometriya tadqiqotiga ko'ra ShYT ning to'da a'zolari hamda to'da a'zolarining tezlik o'lchovlarini o'rgangan [5].

Kaliforniya Universiteti olimlari L.Lee Clark, Eric L.S. va M.Botle tomonidan Palomar 13 ning fotometriyasi o'rganilgan Bunda Pal 13 ni Keck II 10 teleskopida fotometrik va astrometrik tadqiqotlar olib borilgan. To'daning rang-ko'rsatgich diagrammasiga ko'ra infraqizil diapazonda to'da a'zolari ko'proq topilgan. E3 ShYT ga o'xshab Pal 13 ham  $30 \pm 4$  qo'shaloq yulduzlarga egadir [6].

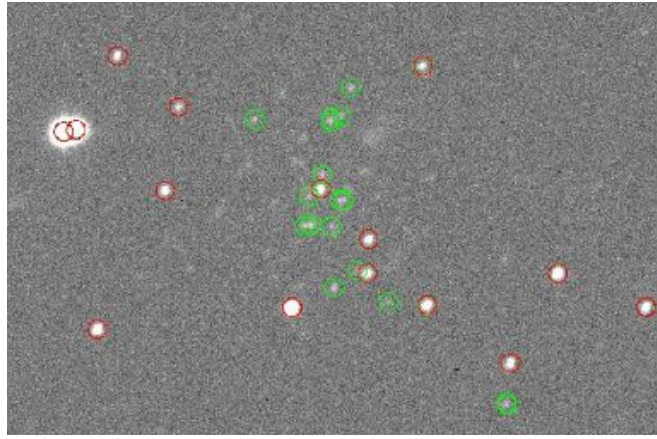
Thuan-Gunn tizimi BV Jonson fotometrik sistemasi va keng maydonli fotometriyasida (7.7 x 5.1 arcmin) bajarilgan. Palomar 13 markaziy (2.0 x 1.5 arcmin) mintaqasining birinchi CCD fotometriyasi berilgan. Bizning vazifamizning maqsadi ham rang-ko'rsatgichidagi diagrammaning ba'zi tafsilotlarini o'rganishdan iborat [7].

**Tadqiqot metodologiyasi.** Palomar 13 obyekt Maydanak observatoriyasida kuzatildi. Ushbu obyektning koordinatasi quyidagicha:  $\alpha = +12\ 46\ 19$  va  $\delta = 23\ 06\ 44$  ga teng. obyekt Maydanak observatoriyasida 19.10.2017 va 20.10.2017 sanalarda AZT-22 teleskopida hamda 25.10.2017 sanada esa Zeis-1000 teleskopida kuzatilgan. Obyekt 3 kunlik kuzatuvda 4 xil (B, R, V, I) filtrlarda va 7 xil ekspozitsiya vaqtlarida kuzatilgan. Bu haqida batafsil ma'lumotlar quyidagi 1-jadvalda berilgan.

1-jadval. Pal 13 to'dasining kuzatuv haqida ma'lumotlar

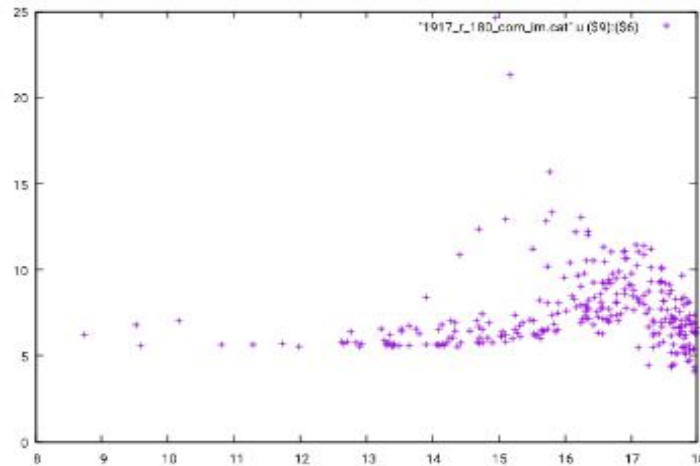
Zeis-1000 teleskopi					AZT-22 teleskopi				
№	Kuzatilgan kun	Ekspozitsiya vaqti	Filtr	To'da a'zolari soni	№	Kuzatilgan kun	Ekspozitsiya vaqti	Filtr	To'da a'zolari soni
	25.10.17	120	B	347	1	19.10.17	120	B	61
2	25.10.17	300	B	546	2	19.10.17	15	B	45
3	25.10.17	150	B	412	3	19.10.17	150	B	63
4	25.10.17	180	B	447	4	19.10.17	180	B	75
5	25.10.17	15	B	182	5	19.10.17	30	B	48
6	25.10.17	30	B	192	6	19.10.17	60	B	52
7	25.10.17	60	B	253	7	19.10.17	90	B	58
8	25.10.17	90	B	305	8	19.10.17	120	I	285
9	25.10.17	120	R	646	9	19.10.17	15	I	167
10	25.10.17	300	R	727	10	19.10.17	150	I	304
11	25.10.17	150	R	664	11	19.10.17	180	I	316
12	25.10.17	180	R	687	12	19.10.17	30	I	173
13	25.10.17	15	R	360	13	19.10.17	60	I	186
14	25.10.17	30	R	389	14	19.10.17	90	I	235
15	25.10.17	60	R	460	15	19.10.17	120	R	198
16	25.10.17	90	R	531	16	19.10.17	15	R	128
17	25.10.17	120	I	583	17	19.10.17	150	R	244
18	25.10.17	300	I	717	18	19.10.17	180	R	269
19	25.10.17	150	I	668	19	19.10.17	30	R	131
20	25.10.17	180	I	694	20	19.10.17	60	R	147
21	25.10.17	15	I	436	21	19.10.17	90	R	184
22	25.10.17	30	I	438	22	19.10.17	120	V	135
23	25.10.17	60	I	462	23	19.10.17	15	V	76
24	25.10.17	90	I	522	24	19.10.17	150	V	148
25	25.10.17	120	V	230	25	19.10.17	180	V	157
26	25.10.17	300	V	333	26	19.10.17	30	V	85
27	25.10.17	150	V	280	27	19.10.17	60	V	99
28	25.10.17	180	V	305	28	19.10.17	90	V	127
29	25.10.17	15	V	108	29	20.10.17	300	B	98
30	25.10.17	30	V	116	30	20.10.17	300	V	176
31	25.10.17	60	V	156	31	20.10.17	300	R	213
32	25.10.17	90	V	214	32	20.10.17	300	I	357

**Tahlil va natijalar.** Pal 13 to'dasining olingan tasvirlarini fotometrik tahlil qilish uchun maxsus dasturlar foydalanildi, masalan Image Reduction and Analysis Facility (IRAF) dasturi asosida to'daning dastlabki fotometrik natijalari olindi. Ushbu dastur orqali 2 xil PSF hamda apertura fotometriyasi usulidan foydalanildi. Bu usullar orqali biz Pal 13 to'dasidagi yulduzlar sonini hamda ularning yulduz kattaliklarini aniqlandi.. Hamda 1 – rasmdagi tanlangan obyekt to'da a'zolarini topishda tasvirga birlamchi qayta ishlov beriladi hamda fotometriya qilinadi. Lekin dastur nafaqat yulduzlarni balkim, galaktika va boshqa obyektlarni ham yulduz deb hisoblab ketadi. Shuning uchun ham fotometriya jarayoni tugagach uni sol.e.x paketi orqali aniq to'da a'zolarini topamiz.



1-rasm. Pal-13 ShYT ning Zeis-1000 teleskopida 300 sekundli ekspozitsiya vaqtida topilgan to'da a'zolari

Agarda bu natijalarni tasvir ko'rinishida emas, balkim grafik ko'rinishda aniqlashimiz mumkin. Astrotasvirdagi to'da a'zosi bo'lmagan obyektlarni chiqarib tashlagan. Asosan bularga o'ta xira yulduzlar, galaktikalar va boshqa bir qancha noaniq obyektrlar bo'lishi mumkin. Pal 13 to'dasining olingan tasvirlarini fotometrik tahlil qilish uchun maxsus dasturlardan foydalanildi, masalan Image Reduction and Analysis Facility (IRAF) dasturi asosida to'daning dastlabki fotometrik natijalari olindi. Ushbu dastur orqali 2 xil PSF hamda apertura fotometriyasi usulidan foydalanildi.



2-rasm. To'da a'zolari tartib raqami va yulduz kattaligi orasidagi bog'lanish grafiqi.

Masalan, 300 sekundlik ekspozitsiya vaqti bilan I filtrda olingan tasvirning fitimetrik tahlili natijasida Pal 13 to'dasining 363 ta a'zosi uchun koordinatalar va yulduz kattaliklari aniqlangan. 2-jadvalda ularning dastlabki 51 tasi haqida ma'lumotlar keltirilgan

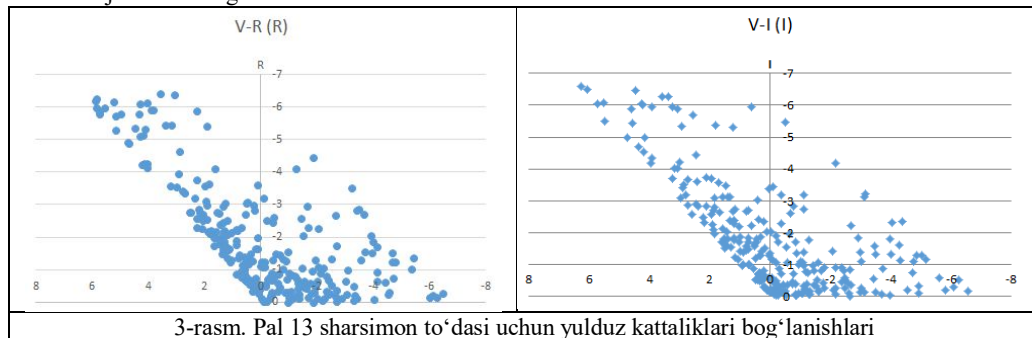
2-jadval. Pal 13 to'dasining astrometrik va fotometrik kattaliklari

№	X center, piksel	Y center, piksel	RA	Del	I filterda yulduz kattaligi, Mag	R filterda yulduz kattaligi, Mag	V filterda yulduz kattaligi, Mag	B filterda yulduz kattaligi, Mag
1	1457.4072	3040.9648	346.77956	12.762866	10.3505	10.6298	11.3435	12.9533
2	1418.3317	3054.5869	346.77466	12.743082	14.7465	14.9479	15.5809	17.0352
3	1272.9894	3052.8479	346.77349	12.808111	13.7653	13.9925	14.6667	16.2278
4	1396.7164	2975.9756	346.77123	12.716347	14.7376	14.9211	15.4756	17.1185
5	1789.3906	2962.3716	346.76078	12.785282	11.8557	11.9561	12.5466	13.9952
6	879.9998	2963.4905	346.75798	12.751435	13.7037	13.7859	14.3	15.6377
7	370.0196	2949.395	346.75423	12.700242	13.7261	13.9312	14.5536	16.0267
8	699.1607	2938.6948	346.74264	12.731248	15.3179	15.474	16.1232	17.6834
9	2237.8298	2908.1428	346.74025	12.671101	10.5222	10.6614	11.2703	12.6484
10	1310.5532	2883.2351	346.73796	12.68309	14.2142	14.3788	14.9721	16.5266
11	753.6633	2883.0012	346.73443	12.771175	14.0689	14.525	15.4794	17.0244
12	2537.7537	2850.6396	346.72553	12.819729	14.7623	14.758	15.2689	16.6495
13	844.2231	2822.9978	346.72135	12.669696	16.484	17.9543	17.3914	16.5619
14	1958.7169	2803.9761	346.72049	12.829463	13.9962	14.0421	14.4855	15.7627
15	132.2137	2789.2769	346.71202	12.720363	13.7987	13.859	14.3694	15.6551
16	1736.433	2785.072	346.7122	12.765916	10.7461	17.7655	11.1866	12.3604
17	1082.6395	2732.6685	346.71051	12.723634	14.166	14.4583	15.2616	16.9458
18	2456.8967	2703.6531	346.70876	12.787251	14.3249	14.5638	15.1196	16.591
19	1650.2777	2689.2874	346.70812	12.757775	15.1404	15.396	15.9803	17.5042

20	1919.2474	2670.5586	346.70503	12.675425	14.2778	14.6855	15.5747	17.3046
21	2508.8069	2631.4543	346.70396	12.745884	13.9255	14.0748	14.7083	16.2372
22	666.0952	2591.7485	346.70357	12.689697	15.7013	15.6851	16.0112	17.3656
23	2120.7205	2533.6323	346.70217	12.771991	15.0611	15.2098	15.8377	17.6456
24	2382.3489	2454.8262	346.70035	12.668553	14.7486	14.8641	15.2102	16.607
25	1989.5975	2439.9932	346.69958	12.739656	14.2269	14.4205	15.2386	16.7929
26	2998.178	2404.9778	346.69507	12.673476	15.2291	15.2763	15.7589	17.0974
27	400.394	2388.4612	346.68961	12.831284	14.5193	14.5463	15.0031	16.2472
28	2797.2786	2366.7625	346.68772	12.783836	13.1391	13.132	13.5875	14.8335
29	934.8589	2340.6675	346.6859	12.742295	12.4358	12.4107	12.8511	14.0481
30	1320.6206	2303.1382	346.68531	12.771011	15.7292	15.6204	16.0868	17.2771
31	852.2101	2301.2559	346.68297	12.701743	14.4184	14.551	15.1191	16.5744
32	1936.8102	2281.645	346.67977	12.779799	15.2876	15.0941	15.314	16.2816
33	339.0728	2196.9248	346.67501	12.757338	15.4358	15.5446	16.0703	17.6819
34	507.0295	2154.5383	346.67308	12.782902	15.8826	15.8143	16.1666	17.4277
35	344.0934	2071.5491	346.67275	12.824487	15.0627	15.0535	15.4172	16.6001
36	2949.3003	2053.6838	346.67127	12.746946	12.7004	12.849	13.4494	14.8761
37	2666.1565	2047.374	346.67168	12.727655	16.9052	16.6515	17.7382	16.4212
38	1405.1304	1962.002	346.6638	12.788658	14.4168	14.6383	15.3421	17.0019
39	1409.9829	1940.2988	346.65914	12.778852	13.6037	13.8214	14.5806	16.1707
40	2173.7422	1940.3342	346.65604	12.690323	16.7559	16.4021	16.9137	16.9412
41	2118.9868	1915.4886	346.65607	12.689214	17.0068	16.5288	17.0119	16.8834
42	2096.9417	1901.3301	346.65594	12.689869	17.5785	17.704	17.2121	17.0649
43	1052.4597	1882.7201	346.65541	12.698335	15.247	16.5682	17.4953	16.1217
44	1546.6934	1874.2423	346.6554	12.82415	14.2668	14.43	14.9844	16.3515
45	2605.4441	1867.6699	346.6494	12.781964	14.3972	14.5026	15.1288	16.6709
46	2927.5605	1829.1155	346.63888	12.711504	15.0966	15.2471	15.8674	17.4519
47	1746.286	1807.0415	346.63492	12.675213	15.7318	15.9982	16.5225	17.5587
48	2688.356	1804.3386	346.6196	12.719161	17.5629	16.5097	17.3013	17.6762
49	1308.6493	1775.9934	346.61905	12.72536	17.9151	17.8996	17.5577	17.047
50	1824.1321	1763.3871	346.61881	12.771548	15.8221	15.9241	16.5423	16.5373
51	1460.6732	1760.1676	346.61467	12.736799	14.7309	14.6734	15.0834	16.2065

Yuqoridagi kattaliklar har sana, har bir filtr, har bir ekspozitsiya vaqti uchun alohida-alohida olingan.

Natijada, Maydanakda tasvirga olingan Pal 13 to'ldasining turli filtrlarda fotometrik natijalari haqida dastlabki ma'lumotlar bazasi shakllantirildi. Bu ma'lumotlardan foydalanib, bog'lanish grafiklari chizildi. Masalan, 1-rasmda 300 sekundlik va 120 sekundlik natijalari keltirilgan.



3-rasm. Pal 13 sharsimon to'ldasi uchun yulduz kattaliklari bog'lanishlari

**Xulosa va takliflar.** Ushbu ishdan quyidagilarni xulosa qilish mumkin: Maydanak observatoriyasida ikkita teleskopda Pal 13 sharsimon to'ldasi uchun turli filtrlarda va turli ekspozitsiya vaqtlarida olingan tasvirlar qayta ishlandi. Tadqiqotlar uchun Maydanak observatoriyasidagi AZT 22 va Zeyeis 1000 teleskoplaridan foydalanildi. ZAQ tasvirlarga birlamchi ishlov berish, astrometrik va fotometrik o'lchashlar uchun IRAF dasturlar paketida foydalanildi. Olingan tasvirlar orqali sharsimon to'ldalarni fotometrik tadqiqot qilish dasturlar asosida o'rganildi. Pal 13 to'ldasining V, R, I filtrlardagi yulduz kattaliklari va tavsirdagi koordinatalari aniqlandi hamda yulduz kattaliklari orasida bog'lanishlar olindi.

#### ADABIYOTLAR

1. Ortolani S., Rosino L., Sandage A., 1985, AJ, 90, 473
2. Borissova J., Markov H., Spassova N., 1997, AASS, 121, 499
3. Bradford J.D., Geha M. et al., 2011, 743, 167
4. A. D. Mackey and Sidney van den Bergh "The properties of Galactic globular cluster subsystems Astron. Soc. 360, 631–645 (2005)", pp.1-5
5. Borissova, H. Markov, and N. Spassova "CCD photometry of the globular cluster Palomar 13" Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 121, 499-505 (1997), pp.1-7
6. Kathleen Grabowski va boshqalar "Absolute Magnitudes of Turnoff Stars in Globular Clusters Palomar 13 and Whiting 1", Journal of Undergraduate Research in Physics, March 2013, MSI2024OBR, pp.1-6
7. L.Lee Clark and Eric L. "The blue straggler and main-sequence binary population of the low-mass globular cluster Palomar 13", The Astrophysical Journal, Printed in the U.S.A., 2004 September, 128.3019-3033, pp.1-3