

ბნელებადი ცვალებადი გარსკვლავების — *U OPHIUCHI*-ს  
ელექტროპოლოგიური მასები \*

6. გაღალაშემოლი

შესავალი. ბნელებადი ცვალებადი გარსკვლავების შესწავლა მნიშვნელოვან ცნობებს გვაწვდის ვარსკვლავების გეომეტრიული და ფიზიკური მახასიათებლების შესახებ. ჩვენი ცოდნა ვარსკვლავების მასების შესახებ მთლიანად ეყრდნობა ვიზუალურად ორმაგ და ბნელებად ორმაგ ვარსკვლავთა შესწავლას, თუკი ეს უკანასკნელი შესწავლილი არიან აგრეთვე როგორც სპექტრულად ორმაგი ვარსკვლავებიც. ცნობები ვარსკვლავების სიმკვრივეების შესახებ უმთავრესად ფოტომეტრიულად ორმაგი ვარსკვლავების და, ნაწილობრივ, ვიზუალურად ორმაგი ვარსკვლავების შესწავლის შედეგებს ეყრდნობა.

ბნელებადი ცვალებადი ვარსკვლავის სიკაშვაშის ცვალებადობის მრუდის შესწავლით შესაძლებელია მიღებულ იქნეს სისტემის შეფარდებითი განზომილებანი, ორბიტის დაბრა, კომპონენტების ელიფსურობა და სისტემის კომპონენტების სხვა მახასიათებელი სიდიდეები.

ბნელებადი ცვალებადი ვარსკვლავების ზუსტი ფოტომეტრიული და, განსაკუთრებით, ელექტროფოტომეტრიული დაკვირვებანი შესაძლებელს ხდიან განსაზღვრულ იქნეს მოვლენები, რომლებიც სიკაშვაშის მრუდზე უფრო ნაკლებად გამოვლინდებიან, ვიდრე დაბნელების გეომეტრიული მხარე და, რომლებიც ცვლიან სიკაშვაშის ცვალებადობის წმინდა გეომეტრიულ სურათს. ამ მოვლენებს სუსტ ეფექტებს უწოდებენ. მათ რიცხვს ექვთვნის კომპონენტების ურთიერთგანათება, ელიფსოიდური კომპონენტების ფორმისა და განლაგების არამსგავსება, პერიასტრის ეფექტი, რომელიც წარმოადგენს კომპონენტების სხივური ენერგიის ურთიერთმოქმედების ცვლილების შედეგს ორბიტის ელიფსურობის გამო და სხვა.

მნიშვნელოვან შედეგებს იძლევა ბნელებადი ცვალებადი ვარსკვლავების ზუსტი ფოტომეტრიული მრუდების შედარება სპექტრულ მონაცემებთან და აგრეთვე ერთისა და იმავე ბნელებადი ცვალებადი ვარსკვლავის ორ სხვადასხვა სპექტრულ უბანში დაკვირვებათა შედარება. უკანასკნელ ხანებში ბნელებადი ცვალებადი ვარსკვლავების — *SX* და *RX Cassiopeiae*, *U Cephei* და *AR Monocerotis* — კომპონენტებისათვის ექსპერიმენტულად დადგენილია განფენილი ატმოსფეროს არსებობა. *RX Cassiopeiae* — სათვის დაკვირვებით მიღებულია მთავარი და მეორადი მინიმუმების მეტისმეტად არაერთნაირი ხანგრძლიობა. გარდა ამისა, ს. გაპოშკინშა<sup>1</sup> ფოტოგრაფიული მრუდების შედარებით დაბნელების ხანგრძლიობა ვიზუალური სხივებით გაცილებით მეტი მიიღო, ვიდრე ფოტოგრაფიული სხივებით, ვარსკვლავების ფოტომეტრიული განზომილებანიც — ფოტოგრაფიული სხივებით ნაკლები. ეს განსაკუთრებულებანი, თუმცა უფრო ნაკლე-

\* ნაშრომის შინაარსი წარმოადგენს ავტორის საკანდიდატო დისერტაციის საფუძველს.

აქვთ შკვერობად ისახაული ე-ლეი...  
სიკაშვაშის შემცირება მოცემული ტემპერატურის დროს მით მეტია, რაც  
ნაკლებია ტალღის სიგრძე. იერქსის ობსერვატორიაში სტრუვეს შიერ ზემოთ  
ჩატარებულ ვარსკვლავებზე ჩატარებულმა სპექტრულმა დაკვირვებულმა უჩვენა  
ჩამოთვლილ ვარსკვლავები ერთი ან ორივე კომპონენტიდან გაზე-  
ბნელებადი ცვალებადი ვარსკვლავების ერთი ან ორივე კომპონენტიდან გაზე-  
ბნელი გამოდინება, რაც ადასტურებს გაზოვანი ვარსკვლის არსებობას. განვენილი  
არმოსფეროს მქონე ვარსკვლავების შესწავლა აფარითოებს ჩვენს წარმოდგე-  
ნიბს ვარსკვლავების ბუნების შესახებ.

სხვა კულტურული და საკუროვებათა მნიშვნელობაზე მიუთითებდნენ სხვადა-  
კოლორიმეტრიულ დაკავირვებათა მნიშვნელობაზე მიუთითებდნენ სხვადა-  
სხვა ავტორები აკრეთვე ტიხოვ-ნორდმანის ეფექტის შესწავლის მიზან.  
სხვა ავტორები აკრეთვე ტიხოვ-ნორდმანის ეფექტის შესწავლის მიზან-  
თან დაკავშირებით. ეს ეფექტი მდგომარეობს იმაში, რომ ბნელებადი ვარსკვლა-  
ვების შინიშუმების მომენტები სხვადასხვა სხივებში არ თანხვდება ერთიმეორეს.  
ვების შინიშუმების მომენტები სხვადასხვა სხივებში არ თანხვდება ერთიმეორეს.

1943 წელს პროფესორ დ. მარტინოვის მიერ შოწოდებული ისეთი ვარსკვლავების სიიდან, რომელნიც საინტერესო არიან გლექტრონულობრივებ-რიული დაკვირვების თვალსაზრისით, ავარჩიეთ *Urotrygon ophiochi* (U გველისმჭერი-სა). ეს ერთ-ერთი ყველაზე უფრო კაშკაშა ბნელებად ცვალებად ვარსკვლავთა-განია. მისი სიკაშკაშე გაკეთდება არის 5-7. მისი სიკაშკაშის ცვალებადობა ძლიმობითი იყო გულდის (Gould) მიერ 1871 წ.

აღმოჩენის შემდეგ ჩატარებული იყო მთელი რიგი ფოტომეტრიული და-  
კვირვებები:

1) Յոյզերոնցու (E. Pickering) և Յանդըլու (Wendell) մօյն  
1882 թ. մօղեծողություն 238 գալաքսիաներից է:

— 1902 წლის აშარტო. მითო 36 მინიმუმი.

—1902 წლებით აუკრძალა, მიღებო ას მინისტერი.  
3) იენდელის<sup>4</sup> (Yendell) მიერ 1882—1892 წ. მიღებული იყო 447  
დაკუირკება.

4) 206 ፩ ፻፭ ፳ ፧ 1906 ዓ.ም. በዚህ ሰዓት 235 የዚህን የግብር ነው<sup>5</sup>.

ამ პირველ დაკვირვებათა საფუძველზე დადგენილი იყო, რომ სიკაშვაშის  
მრუდი არის ალგოლის ტიპისა. სიკაშვაშის ცვლილების პერიოდიდ ლებუ-  
ლობდნენ ნამდვილი პერიოდის ნახევარს,

ამ ფოტომეტრიულ დაკვირვებათა საერთო ნაკლად ჩაითვლება დაკვირვებათა არასაკმარისი რაოდენობა სიკიზუაშის მაქსიმუმში.

1915 წელს შაპლიმ (Shapley) ჩაიტარა პიკერინგისა და ვენდე-  
ლის დაკვირვებათა დეტალური დისკუსია. სიკაშკაშის ცვლილების ანალიზის  
საფუძველზე შაპლიმ დაადგინა, რომ სიკაშკაშე მაქსიმუმში არ არის მუდ-  
მივი და რომ მრუდზე არის თითქმის ერთნაირი სიღრმის ორი მინიმუმი, ე. ი.

ვარსკვლავი მიეკუთვნება „β Lyrae“-ს ტიპს. გრდა ამისა, მან დაადასტურა, რომ *U Ophiuchi*-ს სიკაშვაშის ცვალებადობის პერიოდი ორჯერ უნდა აღემა-ტებოდეს პირველიდ მიღებულ მნიშვნელობას.

ფროსტის (Frost) სპექტრულმა დაკვირვებებმა იერკასის ობსერვატორიაში, აგრეთვე დაადასტურა პერიოდის გაორება. სპექტრის მიხედვით კომპონენტებს ძევთ თითქმის ერთნაირი სიკაშკაშენი, ასე რომ მინიმუმები ერთმანეთისაგან ძალიან არ უნდა განსხვავდებოდენ.

30 კერინგისა და ვენდელის დაკვირვებები შაპლიმ ორბიტის გამოსათვლელად გამოიყენა. სიკაშკაშის მრუდიდან მთავარი და მეორადი მინიმუმების სიღრმეები იღმოჩნდა:  $A_1 = 0^{\circ} 69$ ,  $A_2 = 0^{\circ} 59$ . შაპლიმ მოგვცა ორი ამოხსნა U-ჭიპოთეზით და ერთი ამოხსნა D-ჭიპოთეზით და წრიული ორბიტის დაშვებით. U-ჭიპოთეზით დაბნელების ნახევარხანგრძლიობა 0.128 დღელამეა, D-ჭიპოთეზით კი — 0.132. U-ჭიპოთეზით ერთი და D-ჭიპოთეზით ამოხსნის მიხედვით საქმე გვაქვს ტოლჩალიუსებიან, ერთნაირი სიკაშკაშის მქონე კომპონენტებთან; დაბნელება ნაწილობრივია. U-ჭიპოთეზით მეორე გადაწყვეტის მიხედვით კომპონენტები განსხვავდებიან როგორც სიკაშკაშის მიხედვით, აგრეთვე რაღიუსებითაც.

პლასკეტთა (Plaskett) 1919 წელს მიღებული 14 სპექტროგრამის მიხედვით გამოითვალი სპექტრული ორბიტა. უკანასკნელის ელემენტები მცლებული იყო წრიული ორბიტის დაშვებით:  $e=0$ . შაპლის ფოტომეტრული ელემენტების საფუძველზე პლასკეტთა მიიღო კომპონენტების აბსოლუტური განხომილებანი, მათი მასები და სიმკვრივეები. პლასკეტის მიხედვით კომპონენტების სპექტრი არის  $B5$ , კაშკაშა კომპონენტის აბსოლუტური სიდიდე: —0<sup>m</sup>.19. შაპლისა და პაიკის (Pike) მიხედვით სპექტრი არის  $R8$ .

უფრო გვიანი ფოტოსეტრიული დაკვირვებებიდან შეიძლება ვახსენოთ:

1) ნილანდის<sup>8</sup> (A. Nijland) 238 დაკვირვება. მან მიღო, რომ ორივე მინიმუმი არის ერთნაირი სიორმისა და 0<sup>o</sup>-60-ის ტოლი.

2) მ. ზერევის<sup>9</sup> 209 დაკვირვება. სიკაშვაშის მრუდიდან ზერევმა მიიღო მინიმუმის ხანგრძლიობა ტოლი 0.32 დღელამისა, მინიმუმების სიღრმენი:  $A_1 = 0^m 54$  და  $A_2 = 0^m 63$ . მან დაადგინა მინიმუმების შტოების ასიმეტრიულობა. მთავარ მინიმუმში სიკაშვაშის ზრდა უფრო სწრაფად ხდება, ვიდრე კლება; მეორად მინიმუმში კი — პირიქით.

3) Տ կոծ ց ր լ օ ս<sup>10</sup> (Skoberla) կողման մեթոդով დაკვირვებაն. ամ դա-  
կվիրվեბատա մոնտեգուտ մոնոմում մոմենտում պահպան դա լուրջ սեզար առ  
տանեցած է դաշտում գործության մեջ. առաջնական սեզար է պահպան +5.9 մոտե.

4) ვიოლას<sup>11</sup> (Viola) დაკვირვებანი გვიჩვენებენ სხვა ავტორების მონაცემებისგან განსხვავებულ ფაქტებს. თავის მრუდის საფუძველზე ვიოლამ დაადგინა მეორადი მინიმუმის ყადაადგილება ორი მომდევნო მთავარი მინიმუმის შუა ადგილიდან:

$$t_3 - t_1 - \frac{P}{2} = -0.0952,$$

ამავე დროს კი მეორადი მინიმუმის გადაადგილება არ არის შემჩნეული არც ერთ იმ მრულზე, რომელიც ზემოთ დავასახელეთ. მეორადი მინიმუმის გადაადგილების მიხედვით ვითლამ მიიღო ორბიტის ექსცენტრისიტეტი  $e = 0.288$  და პერიასტრის გრძედი  $a = 10^{\circ}44'5$ . მინიმუმების სილომეები აგრეთვე ძლიერ და განსხვავდება სხვა ავტორების ფოტომეტრიულ მონაცემებისაგან:  $A_1 = 0^m 81$ ,  $A_2 = 0^m 65$ . კომპონენტების ელიფსურობა:  $\zeta = 0.120$  და  $Z = 0.055$   $U$  და  $D$  პოლივებში, შესაბამისად.

5) ჰაუსერის<sup>12</sup> (C. Hause) ელექტროკოლორიმეტრიული დაკვირვება ვებანი. სიკაშვაშის მრულის მიხედვით ჰაუსერმა მიიღო, რომ სისტემის კომპონენტები წარმოადგენ თითქმის ერთნაირი განსოშილების ელიფსოიდებს ექსცენტრისიტეტით  $e = 0.310$ . კომპონენტების დიდი ნახევარლერების შეფარდება  $k = 0.945$ . დაბნელებანი ნაწილობრივია; მთავარ მინიმუმში დაბნელებულია პატარი ვარსკვლავი.

მთელი რიგი წინააღმდეგობანი სხვადასხვა დამკირვებელის შედეგებში (მეორადი მინიმუმის გადაადგილება ვითლამ დაკვირვებების მიხედვით, მინიმუმების არაერთნაირი სილომე სხვადასხვა ავტორის მიხედვით, ზეერთი მიერ შემჩნეული ასიმეტრია მინიმუმებისა, ტიხოვ-ნორდმანის ეფექტი სკობერლას მიხედვით) და ის ფაქტი, რომ არ მოიპოვება *U Ophiuchi*-ს ზუსტი კოლორიმეტრიული დაკვირვება, საინტერესოს ხდის ამ ვარსკვლავის შესწავლის.

აპარატურა და დაკვირვების მეთოდიკა. *U Ophiuchi*-ს დაკვირვებანი ვაწარმოეთ 1944 წ. მაისიდან 1945 წ. სექტემბრამდე ვ. ნიკონოვის ელექტროფოტომეტრით, რომელიც დადგმულია 13" რეფლექტორის ნებმიტის ფოკუსში. მთავარი ფოკუსური მანძილი ეტოლება 165 სმ, ხოლო მაკივალენტური ფოკუსი 500 სანტიმეტრია.

ელექტროფოტომეტრი გამოყენებულია გაზით სავსე სურმა-ცეზიუმის ფოტოელემენტი, რომელიც დამუშავებულია ლენინგრადის კინოინჟინერთა ელექტროვაკუუმის ლაბორატორიაში ს. ლუკიანოვისა და ნ. ლუშჩევას მიერ.

სურმა-ცეზიუმის ფოტოელემენტი კარგად აქმაყოფილებენ იმ მაღალ მოთხოვნებს, რომლებსაც უყენებს სავარსკვლავო ელექტროფოტომეტრია ფოტოელემენტებს. მაღალ ინტეგრალურ გრძნობიერებასთან ერთად მათ მცირებნელი დენები იხსიათებს. სურმა-ცეზიუმის ფოტოელემენტებს ახასიათებს აგრეთვე მკაფიო უპირატესობანი სხვა ტიპის ფოტოელემენტებთან შედარებით როგორც ფოტოელექტრული დალლილობის უქონლობის თვალსაზრისით, დიდი განათებულობის შემთხვევაშიაც კი, ისე აგრეთვე ზედაპირზე გრძნობიერების განაწილების თვალსაზრისითაც. მათი გამოყენება განსაკუთრებით მიზანშეწონილია ელექტროფოტორიმეტრიულ სამუშაოთა შემთხვევაში, რადგანაც აქვთ საკმაოდ ფართო სპექტრული გრძნობიერება, რომელიც ვრცელდება 650 სუ-დან იმ უმოკლეს ტილის სიგრძემდე, რომელსაც კიდევ ატარებს დედამიწის ატმოსფერო.

გამოყენებული ფოტოელემენტის პარამეტრები შემდეგია:

საერთო გრძნობიერება . . . . . 1850  $\mu\text{A/Lum}$

სასაზღვრო მარგი გრძნობიერება . . . . .  $7 \times 10^{-11} \text{ Lum}$

ბნელი დენი . . . . .  $1.3 \times 10^{-13} \text{ A}$

ფოტოდენი წინასწარ ძლიერდება ერთნათურიანი კომპენსირებული გამაძლიერებლით პენიკის<sup>13</sup> (Penick) სქემის მიხედვით. 1 ნახ-ზე მოცემულია მუდმივი დენის გამაძლიერებლის პრინციპული სქემა.

ფოტოელემენტის წრედში ჩართულია დიდი წინაღობა  $R = 5.4 \times 10^{10} \Omega$ . ამ წინაღობაში პოტენციალის დაცვა, რაც ფოტოდენის გავლით წარმოქმნება, მიყენებულია გამაძლიერებელი ნათურის მმართველ ბადეზე, რომელიც მოქმედებს ნათურის ანოდურ დენზე.

გალვანომეტრი  $G$  ჩართულია ბოგორში, რომელიც შედგება ერთი მხრივ ანოდური და სივრცითი მუხტის ბადის წრედების წინაღობებისაგან:  $R_p$ ,  $R_s$ , მეორე მხრივ—ნათურის შინაგანი წინაღობებისაგან: ვარგარის ძაფი—ანოდი და ვარევარის ძაფი—სივრცითი მუხტის ბადე. ამ სქემის განსაკუთრებული თვისება იმაში მდგომარეობს, რომ ნათურის ყველა ელემენტისათვის ძაბვები და ძაფის გავარებება განხორციელებულია ერთი ბატარეით (12–14 V) და წინაღობათა კომბინაციით. ამ სქემის მიზანია ისე შეირჩეს სქემის ცალკეული ელემენტები, რომ ნათურის მკვებავი ბატარეის ძაბვის მცირე რხევების გავლენა გალვანომეტრზე მინიმალური იყოს. მუდმივი დენის გამაძლიერებლის დენური გაძლიერება ტოლია:

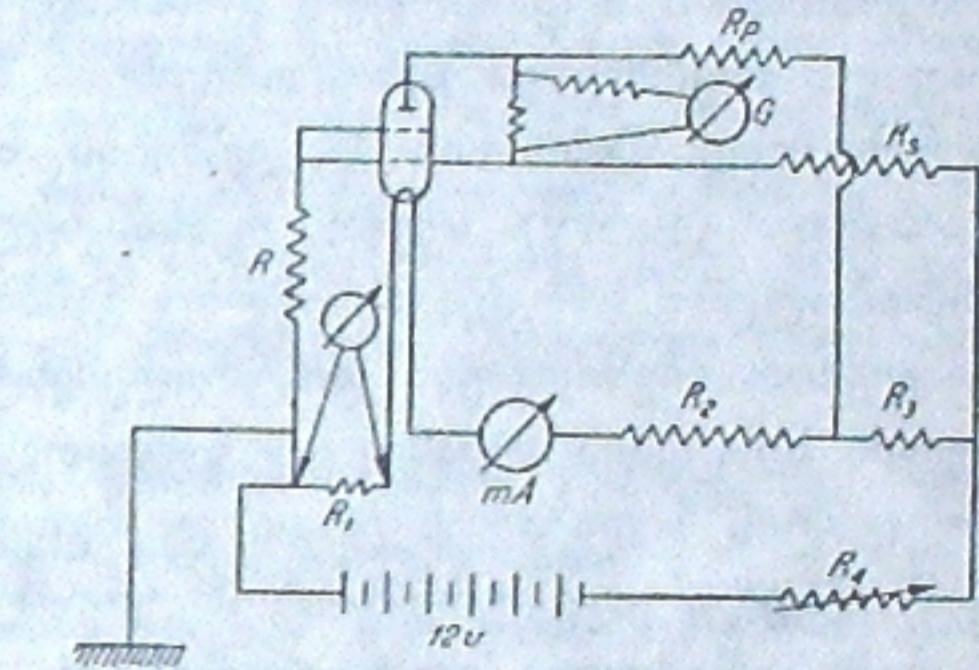
$$n = \frac{\Delta i_g}{\Delta i} = R S_g,$$

ე. ი. პროპორციულია ნათურის გრადაციისა \* და ფოტოელემენტის წრედში ჩართული დიდი წინაღობისა. ჩვენ მიერ გამოყენებული ელექტროფოტომეტრისათვის  $n = 2.0 \times 10^6$ . მუდმივი დენის გამაძლიერებელში გამოყენებულია ნათურია *EVD 96475 WECo*.

როდესაც დაკვირვება ხდება სხვადასხვა სიკაშვაშის ვარსკვლავებზე, გალვანომეტრის დაშუნტვით შესაძლებელია შეცვლილ იქნეს გამაძლიერებლის გრძნობიერება. გალვანომეტრის გრძნობიერება აღინიშნება წილადით  $R_{sh}/R_d$ , რაც შუნტის წინაღობისა და დამატებითი წინაღობის ფარდობას წარმოადგენს.

მიღებული გაძლიერებული დენები იზომება მაღალგრძნობიარე სარკიანი გალვანომეტრით. გალვანომეტრის გრძნობიერება ეტოლება 1770  $\Omega/\mu\text{A}$ .

\* გრადაციაში იგულისხმება  $S_g = \frac{\Delta i_g}{\Delta v}$ , სადაც  $i_g$  არის დენი გალვანომეტრში და  $v$ —გარაძლიერებელზე მიყენებული ძაბვა.



ნახ. 1 ცერტ.

ფოტოელემენტი, ნათურა და დიდი წინაღობა მოთავსებულია ვაკუუმში და მთელი სქემა ზედმიწვნით კარგად ეკრანირებულია. ფოტომეტრის კორპუსი, ეკრანები და მთელი 13" რეფლექტორი საგულდაგულოდ დამიწებულია.

ელექტროფოტომეტრს აქვს რამდენიმე სხვადასხვა სიდიდის დიაფრაგმა ცის იმ ნაწილის შემოსაფარგლავად, რომლის ფოტომეტრირებასაც ვახდენთ, სინათლის ფილტრები ს. გ. და ს. გ. ს. შიხედვით, კოლორიმეტრიული სამუშაოებისათვის და ფოტომეტრიული სტანდარტი, დამზადებული მნათი რადიოაქტიური შედგენილობისაგან.

ფოტომეტრიული სტანდარტის დაკვირვება საშუალებას ვაძლევს თვალყური ვადევნოთ ფოტომეტრის გრძნობიერების ზუსტ მუდმივობას.

პრაქტიკულად ყველა ფოტოელემენტს ახასიათებს ცოტად თუ ბევრად არიერთნაირი ზედაპირული გრძნობიერება. ამიტომ ვარსკვლავის ირასრულყოფილი მიყოლების გამო ობიექტის შემთხვევითი გადაადგილება იწვევს გარდა შეცდომებს. ამ შეცდომების თავიდან ასაკილებლად გამოყენებულია ფაბრი (Fabry) სქემა. უკანასკნელში რეფლექტორის შესასვლელი გუგა (პარაბოლური სარკვ), რომელიც განათებულია მნათი ობიექტით, ლინზის საშუალებით გეგმილდება ფოტოელემენტზე. ამგარად ფოტოკარიდი შეთავსებულია სისტემის შესასვლელ გუგასთან და ყოველთვის განითებულია ფოტოელემენტის ზედაპირის ერთი და იგივე ნაწილი.

მთელი ელექტროფოტომეტრიული დანადგარის სპექტრული გრძნობიერება დამკიდებულია ფოტოელემენტის სპექტრულ გრძნობიერებაზე, ფილტრების სპექტრულ გამჭვირვალობაზე და ოპტიკურ ნაწილებში სინათლის დანაკარგზე.

ელექტროფოტომეტრიული დანადგარის სელექტიური თვისებების ლაბორატორიული განსაზღვრის დროს შედებულია, რომ მისი ელემენტები ცალკე უნდა იქნეს გამოკვლეული.

გამოყენებული ელექტროფოტომეტრიული დანადგარის ფერითი თვისებები შესაძლებელია დახასიათებულ იქნეს იმ ტალღის სიგრძით, რომელიც შეესაბამება გამოყენებულ პარატურაში მაქსიმალურ მოქმედებას. ასეთ ტალღის სიგრძეს ეფიქტური ეწოდება და იგი შემდეგნაირად გამოისახება:

$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{\int n(\lambda) d\lambda}{\int n(\lambda) d\lambda}$$

სადაც  $n(\lambda)$  წარმოადგენს ხელსაწყოს ჩერეკის მოცემული სინათლის შეაროს მონოქრომატულ გამოსხივებაზე.

ჩვენი ფოტომეტრის სელექტიური თვისებები გამოკვლეული იყო ვ. ნიკონოვის მიერ. სინათლის წყაროს მხე წარმოადგენდა. მონოქრომატორიდან გამოსული სინათლის ნაკადი იზმებოდა მოლის თერმოსკეტით. ფოტოელემენტის გამოკვლევის დროს სინათლის ნაკადი გეგმილდებოდა ფოტოელემენტზე ფაბრის მიერთების საშუალებით. ფოტოდენების გაზომვა ხდებოდა სარკიანი გალვანომეტრით.

მანძილი მონოქრომატორის გამოსავალ ხერელსა, ფაბრის ლინზასა და ფოტოელემენტს შორის ისე იყო შეტევული, რომ განათებული ყოფილიყო ფოტოელემენტის ზედაპირის იგივე ნაწილი, რაც მისი რეფლექტორზე დადგმის დროს გამოიყენება.

რადგანაც სპექტრის ხილულ უბანში მუშაობის დროს სინათლის ნაკადები დიდია, ამიტომ საჭირო იყო მონოქრომატორის შესავალ ხერელზე მზის არაფოკალური გამონასახის დაგეგმილება. თერმოდენები იზომებოდა მზის ფოკალური დაგეგმილების პირობებში.

რეფლექტორის ალუმინებული სარეკებიდან არეკვლის დროს სინათლის დანაკარგის განსაზღვრისათვის გამოკვლეული იყო ნესმიტის მხოლოდ ერთი ბრტყელი სარკვ, იმ დაშვებით, რომ შეტევითი არეკვლა სამივე სარკიდან ერთნაირია.

მონოქრომატორიდან გამოსული სინათლის ნაკადები ჯერ იზომებოდა ფოტოელემენტის მდებარეობისათვის მონოქრომატორის გამოსავალ ოპტიკურ ლერძე, შემდგომ სარკვ ისე იდგმებოდა, რომ განათებული ყოფილიყო ფოტოელემენტის იგივე ზედაპირი, რაც პირდაპირი გაზომვის დროს. არეკვლის კოეფიციენტი ტოლია გაზომილი არეკლილი და პირდაპირი სინათლის ნაკადების შეფარდებისა.

ელექტროფოტომეტრის სპექტრული გრძნობიერების გამოკვლევა ხდებოდა როგორც ფილტრებით, ისე უფილტროდ. ფილტრებით გამოკვლევის დროს ეს უკანასკნელი თავსდებოდნენ ფოტომეტრის კორპუსის სარკმლის წინ.

ამ გამოკვლევების საფუძველზე მიღებულია შემდეგი ფერითი სისტემა:

15000°-იანი ტემპერა- ტურისათვის	უფილტროდ λeff	უფილტროდ 420 მმ	ლურჯი ფილტრით 381 მმ	ყვითელი ფილტრით 527 მმ
------------------------------------	------------------	--------------------	-------------------------	------------------------------

ასეთმა ფართო ფერითმა სისტემამ საშუალება მოგვცა მიგველო სპექტრის ორ დაცილებულ უბანში U Ophichichi-ს სიკაშაშის ცვალებადობის მრუდი.

გამოყენებული ელექტროფოტომეტრის შეღწევის უნარი 8<sup>th</sup> რიგისაა. ელექტროფოტომეტრის შესახებ მონაცემები ამოღებულია ვ. ნიკონოვის<sup>14</sup> ხელნაწერი დისერტაციიდან.

დაკვირვებას ორი დამკირვებელი აწარმოებს. ერთი ვარსკვლავს მიაყოლებს მილს, ამოწმებს ელექტროფოტომეტრის ცენტრირებას მილის მიმართ და ცვლის სინათლის ფილტრებს, მეორე კი აწესრიგებს გამაძლიერებლის მუშაობას, ამოქმედებს საკეტს და იწერს გალვანომეტრის გადახრებს. დაკვირვების უურნალში იწერება დაკვირვების დაწყებისა და დამთავრების მომენტი ნულ-პუნქტი გადახრა და ნულ-პუნქტი გადახრის შემდეგ. სიზუსტისათვის წარმოებს რამდენიმე ანათვლის აღება ზედის და დამთავრების მომენტი იყო სქემა: 3 გადახრა—ყვითელ ფილტრში, 6 გადახრა—ლურჯ ფილტრში, 3 გადახრა—ყვითელ ფილტრში (3—6—3). დრო, რომელიც საჭიროა ერთი დაკვირვებისათვის სქემით 3—6—3 შეადგენს დაბლობით 8 წუთს. აქ შედის ის დროც, რომელიც საჭიროა მილის ვარსკვლავზე მიმართებსათვის და აგრეთვე ცენტრირების შემოწმებისათვის. ზენიტური მანძილების გამოთვლის სიმარტივისათვის დაკვირვების დამთავრების მომენტში

დაკვირვების უზრნალში იწერება საათიერი ქუთხე, ათვლილი რეფლექტორის საათიერ წრეზე. ვარსკვლავები იზომება სამუშაო დიაფრაგმაში. დიაფრაგმის დიამეტრი—3.0 მმ (2'4"). იმისათვის, რომ დაკვირვებები განთავისუფლდეს ფონის გავლენისაგან, ვარსკვლავის მახლობლად ფონის დიაფრაგმაში (დიამეტრი—6.9 მმ (4'42")) განისაზღვრება ფონის შესაბამი საშუალო გადახრა, დიაფრაგმების ურთიერთგადამყვანი კოეფიციენტები განსაზღვრულია ცალკული ფორმულით გაზომვების საშუალებით. საშუალო გადახრა ფონზე გადიყვანება სამუშაო დიაფრაგმაში და გამოაკლდება ვარსკვლავის შესაბამ გადახრას.

დაკვირვებისათვის გამოყენებული იყო მთვარიანი ლამებიც. ასეთ შემთხვევაში დაკვირვების მეთოდიკა განსხვავდება ზემოხსენებულისაგან. ნულპუნქტად ამ შემთხვევაში მიღებულია ფონის შესაბამი გადახრა. ვარსკვლავისა და ფონის შესაბამი გადახრების სხვაობა იძლევა ვარსკვლავის შესაბამ გადახრას. შესადარებელ ვარსკვლავებად გამოყენებული იყო ორი ვარსკვლავი.

ექსტრინქციის გამოსარიცხად შესადარებელ ვარსკვლავთან ერთად ხდებოდა დაკვირვება ფორმულით სტანდარტზე (ეტალონზე).

დაკვირვების შედეგები მოყვანილია I ცხრილში, სადაც მიმდევრობით მოცემულია: დაკვირვების იულიუსის პელიოდუნტრული მომენტი, ფაზა, შესადარებელი ვარსკვლავისა და ცვალებადი ვარსკვლავის სიკაშეთა სხვაობა ყვითელ და ლურჯ სხივებში, შესაბამისად. „შენიშვნების“ სვეტში აღნიშნულია სხვადასხვა ფაქტორი, რომელიც მოქმედებენ დაკვირვების ხარისხზე (ლრუბლები, ატმოსფეროს გამჭვირვალობა, საკეტის მუშაობა, ვაკუუმი და სხვა).

ცხრილი I Таблицა

JD <sub>○</sub>	φ	Δm <sub>ж</sub>	Δm <sub>е</sub>	შენიშვნა Примечание
2431 232.313	0.925	0.267	0.634	
.324	0.931	0.260	0.622	
243.389	0.528	-0.117	0.247	
.406	0.538	-0.110	0.374	
.417	0.545	0.062	0.412	
262.285	0.793	0.322	0.683	
.298	0.801	0.324	0.679	
263.375	0.443	0.187	0.580	
.393	0.455	0.149	0.529	
.455	0.491	-0.194	0.150	
.466	0.497	-0.280	0.069	
270.283	0.561	0.180	0.555	
.295	0.568	0.176	0.589	
.307	0.575	0.259	0.656	
301.269	0.034	-0.099	0.267	
.287	0.045	0.034	0.429	
.299	0.052	0.090	0.494	
.368	0.094	0.272	0.642	
302.277	0.636	0.326	0.677	
.288	0.642	0.302	0.692	
.348	0.678	0.314	0.668	
.358	0.683	0.323	0.682	

JD <sub>○</sub>	φ	Δm <sub>ж</sub>	Δm <sub>е</sub>	შენიშვნა Примечание
304.343	0.9867	0.243	0.706	დაკვირვება უვაკუუმოდ
.359	0.877	0.281	0.660	Наблюдения без вакуума
.372	0.883	0.297	0.682	
316.347	0.024	-0.230	0.127	
.357	0.030	-0.100	0.225	
317.251	0.563	0.181	0.565	
.260	0.568	0.224	0.572	
.273	0.575	0.247	0.617	
.343	0.618	0.291	0.648	
.353	0.624	0.287	0.646	
327.254	0.526	-0.152	0.289	
.279	0.541	0.048	0.406	
.301	0.555	0.140	0.505	
337.215	0.464	0.090	0.419	
.228	0.472	-0.021	0.360	
.240	0.479	-0.066	0.266	
.251	0.486	-0.186	0.133	
338.218	0.062	0.186	0.557	
.230	0.070	0.225	0.594	
.243	0.077	0.252	0.625	
.254	0.084	0.252	0.617	
.267	0.089	0.273	0.642	
.277	0.098	0.308	0.656	
532.493	0.886	0.316	0.676	
533.494	0.483	-0.142	0.245	
.508	0.491	-0.095	0.253	ვალვანომეტრის არასტაბილობა
.524	0.501	-0.267	0.090	
558.425	0.346	0.300	0.676	Нестабильность гальванометра
.452	0.362	0.300	0.660	
.463	0.369	0.312	0.672	
.495	0.388	0.294	0.668	
.507	0.395	0.294	0.668	
.517	0.401	0.297	0.669	
.527	0.407	0.287	0.666	
579.361	0.828	0.297	0.750	საკეტი ცუდად მუშაობდა
.377	0.837	0.301	0.711	Затвор работал плохо
.392	0.846	0.282	0.617	" "
.424	0.865	0.348	0.681	" "
.436	0.872	0.337	0.692	" "
.447	0.879	0.315	0.692	" "
583.344	0.202	0.338	0.699	" "
.356	0.209	0.340	0.700	" "
.368	0.216	0.323	0.693	" "
.409	0.241	0.300	0.670	" "
.435	0.256	0.330	0.694	" "
.446	0.263	0.344	0.724	" "
.468	0.276	0.310	0.678	" "
.479	0.283	0.306	0.697	" "
.491	0.290	0.313	0.703	" "
588.355	0.190	0.322	0.657	" "
.376	0.202	0.304	0.666	" "
.388	0.209	0.324	0.682	" "
.399	0.216	0.325	0.676	" "
.441	0.241	0.301	0.694	" "
.452	0.247	0.333	0.706	" "
.464	0.255	0.307	0.696	" "
.475	0.261	0.306	0.703	" "
.488	0.269	0.317	0.687	" "

JD <sub>○</sub>	φ	Δm <sub>ж</sub>	Δm <sub>с</sub>	შენიშვნა Примечание
589.412	0.820	0.311	0.680	
.437	0.835	0.306	0.698	
.447	0.841	0.301	0.694	
.458	0.848	0.290	0.678	
.469	0.854	0.283	0.657	
.479	0.860	0.299	0.675	
.489	0.866	0.299	0.668	
591.346	0.973	-0.034	0.319	
.356	0.979	-0.080	0.222	
.366	0.985	-0.172	0.190	
.375	0.991	-0.253	0.114	
.402	0.007	-0.391	-0.053	
.411	0.012	-0.363	-0.022	
.422	0.019	-0.314	0.030	
.437	0.028	-0.174	0.164	
.448	0.034	-0.090	0.247	
.458	0.040	-0.001	0.278	
.467	0.046	-0.005	0.355	
.478	0.052	0.099	0.448	
595.346	0.358	0.315	0.675	
.361	0.367	0.323	0.675	
.373	0.374	0.311	0.691	
.408	0.395	0.286	0.688	
.418	0.401	0.298	0.674	
.444	0.417	0.292	0.663	
.447	0.421	0.298	0.648	
.458	0.425	0.280	0.652	
596.361	0.963	0.079	0.407	
.371	0.969	0.022	0.371	
.383	0.976	-0.069	0.318	
.395	0.984	-0.146	0.204	
.425	0.001	-0.329	0.024	
.450	0.016	-0.356	0.005	
.479	0.030	-0.079	0.250	
609.339	0.700	0.318	0.669	
.349	0.706	0.313	0.696	
.360	0.712	0.295	0.686	
.371	0.719	0.300	0.696	
.383	0.726	0.341	0.694	საკეტი ცუდად მუშაობდა
.393	0.732	0.329	0.704	Затвор работал плохо
.404	0.739	0.306	0.690	
.415	0.745	0.310	0.700	
.428	0.753	0.309	0.751	
.439	0.760	0.334	0.717	
.449	0.766	0.332	0.682	
.459	0.771	0.339	0.695	
610.333	0.292	0.312	0.704	
.343	0.298	0.311	0.728	
.355	0.306	0.296	0.653	
.387	0.325	0.288	0.674	
.397	0.331	0.298	0.673	
.408	0.337	0.294	0.676	
.419	0.344	0.319	0.698	
.432	0.352	0.293	0.680	
.441	0.357	0.331	0.669	
621.313	0.839	0.284	0.682	
.323	0.845	0.292	0.681	
.334	0.851	0.303	0.666	

JD <sub>○</sub>	φ	Δm <sub>ж</sub>	Δm <sub>с</sub>	შენიშვნა Примечание
621.344	0.857	0.313	0.678	
635.304	0.180	0.308	0.685	
.314	0.186	0.297	0.696	
.323	0.191	0.301	0.680	
645.289	0.133	0.276	0.632	
.302	0.140	0.324	0.685	
.321	0.152	0.304	0.694	
.333	0.159	0.307	0.670	
.343	0.165	0.313	0.668	
.353	0.171	0.315	0.695	
.364	0.177	0.320	0.693	
.375	0.184	0.328	0.674	
.385	0.190	0.308	0.687	
.395	0.196	0.313	0.656	
.407	0.203	0.316	0.689	
.416	0.208	0.326	0.672	
.426	0.214	0.345	0.640	დაკვირვების დასასრული გაჩნ-
.436	0.220	0.270	0.681	და ღრუბლები
.449	0.228	0.297	0.695	К концу наблюдений появи- лись облака
648.287	0.920	0.268	0.653	
.297	0.926	0.292	0.642	
.307	0.932	0.265	0.653	
.329	0.946	0.225	0.583	
.342	0.953	0.130	0.512	
.351	0.958	0.095	0.441	
.363	0.965	0.016	0.406	
.371	0.970	-0.009	0.326	
.381	0.976	-0.046	0.302	
.389	0.982	-0.100	0.232	
665.264	0.042	-0.075	0.344	
.275	0.048	0.010	0.436	
.284	0.053	0.066	0.497	
.292	0.059	0.138	0.487	
.303	0.065	0.210	0.554	
.312	0.070	0.222	0.589	
.323	0.077	0.250	0.603	
.333	0.083	0.304	0.641	
.354	0.095	0.296	0.642	
.366	0.101	0.321	0.662	
.376	0.109	0.320	0.682	
666.269	0.641	0.316	0.677	
.278	0.646	0.318	0.670	
.289	0.653	0.300	0.672	
.299	0.659	0.335	0.700	
.308	0.664	0.340	0.676	
.318	0.670	0.339	0.728	
.329	0.677	0.317	0.676	
.340	0.683	0.318	0.676	
.349	0.689	0.309	0.658	
.358	0.695	0.301	0.642	
.369	0.701	0.292	0.655	
.379	0.707	0.334	0.638	გაფვანომეტრის არასტაბი- ლობა
668.263	0.830	0.318	0.665	Нестабильность гальвано- метра
.274	0.836	0.297	0.654	
.284	0.842	0.274	0.648	
.293	0.848	0.276	0.653	
.305	0.855	0.273	0.637	
.315	0.861	0.273	0.662	

JD <sub>○</sub>	φ	Δt <sub>ж</sub>	Δt <sub>с</sub>	Задача Примечание
668.328	0.869	0.278	0.621	
.337	0.874	0.259	0.410	Следующий путь
.350	0.882	0.257	0.637	На юге облака
.364	0.890	0.310	0.637	
675.266	0.005	-0.382	0.044	
.279	0.013	-0.350	-0.008	
.289	0.019	-0.266	0.062	
.302	0.026	-0.188	0.155	
.314	0.033	-0.086	0.239	
.325	0.040	-0.045	0.296	
.336	0.047	0.027	0.382	
679.277	0.397	0.308	0.675	
.290	0.404	0.308	0.663	
.300	0.410	0.304	0.659	
.310	0.416	0.292	0.652	
692.233	0.120	0.283	0.662	
.242	0.126	0.304	0.628	Задача бортовой архивации
.251	0.131	0.291	0.658	
.260	0.136	0.282	0.646	
.269	0.142	0.267	0.626	
697.237	0.104	0.290	0.650	
.256	0.115	0.272	0.656	
.266	0.121	0.264	0.623	
.275	0.126	0.290	0.621	
698.243	0.703	0.330	0.704	
.252	0.709	0.320	0.632	
.259	0.713	0.315	0.655	
.266	0.717	0.294	0.681	
.277	0.724	0.331	0.686	
.284	0.728	0.319	0.708	
699.230	0.292	0.309	0.686	
.239	0.297	0.307	0.698	
.266	0.313	0.290	0.636	
701.234	0.486	-0.126	0.163	
.242	0.491	-0.162	0.162	
.251	0.497	-0.225	0.138	
.257	0.500	-0.267	0.103	
.268	0.507	-0.320	0.042	
.275	0.511	-0.289	0.061	
.283	0.516	-0.310	0.100	
711.211	0.434	0.270	0.646	
.220	0.440	0.226	0.607	
.229	0.445	0.195	0.554	
.239	0.451	0.169	0.516	

დაკვირვებათა დამუშავება, ორი ვარსკვლავის ვარსკვლავიერ  
სიდიდეთა დაკვირვებით განსაზღვრული სხვაობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta m = -2.5 \lg \frac{\overline{\Delta n_1}}{\overline{\Delta n_2}},$$

სადაც  $\overline{\Delta n}_1$  და  $\overline{\Delta n}_2$  გალვანომეტრის საშუალო გადახრებია, რომლებიც შეიძლება მოქმედი სინათლის ნაკადების პროპორციულად ჩაითვალოს.

აუცილებელია ვარსკვლავების სიკაშკაშეთა მიღებული სხვაობის განთავისუფლება დედამიწის ატმოსფეროს გავლენისაგან. შთანთქმის დიფერენციალური შესწორება განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Delta m = \Delta m_{0,b} - \alpha F(\zeta), \quad (1)$$

სადაც  $\Delta m$  არის ვარსკვლავთ სიკაშვაშეების ნამდვილი სხვაობა,  $\Delta m_{0\alpha}$ —სიკაშვაშეების დაკვირვებული სხვაობა,  $\alpha$ —ექსტინქციის ფაქტორი,  $F$ —ზენიტური განძილების ფუნქცია:

$$F = \sec \zeta_1 - \sec \zeta_2$$

ეს ფუნქცია ტაბულირებულია და მისი მონახვა შეიძლება Handbuch der Astrophysik-ში. ვარსკვლავების ზენიტური მანძილები გამოითვლება ფორმულით:

$$\cos \zeta = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \Theta$$

ფოტომეტრი ზომავს  $\Delta_{\text{phot}}$ ,  $\Delta_{\text{III}}$  შესაძლებელია განსაზღვრულ იქნეს (1)-დან, თუკი ცნობილია ექსტინქციის ფაქტორი  $\alpha$ . ელექტროფორომეტრიული დაკვირვებების დროს შეტაღ მნიშვნელოვანია ატმოსფერული ექსტინქციის ზუსტი აღრიცხვა.

ცვალებადი ვარსკვლავების ელექტროფორმეტრიული ღაყვირვებები-  
სათვის ექსტინგუის ფაქტორის განსაზღვრის ზუსტი მეთოდები დამუშავებუ-  
ლია სმარტის<sup>15, 16</sup> (Smart) მიერ.

ს მარტის მეთოდები გათვალისწინებულია ფოტოდენების დამუხტვის შე-  
თოვით გაზომვების შემთხვევისათვის. რაღაც ჩენ მიერ გამოყენებული ფო-  
ტომეტრით დაკვირვების დროს ფოტოდენების გაზომვა ხდება არა დამუხტ-  
ვის მეთოდით, არამედ მუდმივი გადახრის მეთოდით, ამიტომ ამ მეთოდებს  
მოიიყანთ ჩვენი შემთხვევისათვის.

პირველი მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში: ორჯერ ხდება დაკვირვება ერთისა და იმავე ფერის ორ ვარსკვლავზე. ამ დაკვირვებებს შორის დროის შუალედი ისეთი უნდა იყოს, რომ სხვაობა  $F_2 - F_1$  იყოს 0.4 ან 0.5. ეს ვარსკვლავები ისე უნდა შეიძინოს, რომ როდესაც ერთი მათგანი მერიდიანშია, მეორე უნდა ამოდიოდეს. თუ  $\Delta\pi_1$  და  $\Delta\pi_2$ -ით აღვნიშნავთ ამ ორი ვარსკვლავის უნდა ამოდიოდეს. სიდიდეთა დაკვირვებულ სხვაობებს, პირველ და მეორე მომენტში, შესაბამისად, მაშინ

$$\Delta m = \Delta m_1 - \alpha F_1$$

$$\Delta m = \Delta m_2 - \alpha F_2$$

თუ ამ განტოლებებიდან გამოვრიცხავთ  $\Delta m$ -ს, მივიღებთ

$$\alpha = \frac{\Delta m_2 - \Delta m_1}{F_2 - F_1}, \quad (2)$$

ლია განვიხილოთ როგორც ექსტინქციის ფაქტორის დამახასიათებელი სიდიდე დაკვირვების პერიოდში.

ზემოთ განხილული მეთოდი სპეციალურ დაკვირვებებს მოითხოვს. მეთოდი, რომლის განხილვაზედაც ახლა გადავდივართ, ემყარება შესაძარებელი ვარსკვლავის დაკვირვებებს იმ პირობით, რომ ამ ვარსკვლავის ზენიტური მანძილი  $40^{\circ}$ -ის მიხლობლობაშია ან ზეტია და საქმარისად სწრაფად იცვლება. გარდა ამისა, დაშვებულია, რომ: 1) დაკვირვების განმავლობაში ფოტომეტრის გრძნობიერება მუდმივი რჩება, 2) ატმოსფეროს გამჭვირვალობა არ იცვლება, ე. ი. ამ მეთოდის გამოყენება შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ა მუდმივი დენის გამაძლიერებლის შემთხვევაში სინათლის ნაკადებსა და გალვანომეტრის გადახრებს შორის ადგილი აქვს შემდეგ დამოკიდებულებას:

$$\frac{I_0}{I} = \frac{n_0}{n},$$

სადაც  $n_0$  არის გალვანომეტრის გადახრა, როგორიც გვიქნებოდა, რომ არ ყოფილყო ატმოსფეროს გავლენა. ამასთანავე გვაქვს:

$$\lg \frac{n_0}{n} = \frac{2}{5} \alpha \sec \chi.$$

თუ  $n+dn$  არის  $\chi+dx$  ზენიტური მანძილის შესაბამი გადახრა, მაშინ

$$\frac{dn}{n} = \frac{2}{5} \alpha \sec \chi \lg \frac{n_0}{n} d\chi. \quad (3)$$

$\frac{\Delta n}{n}$  იზომება ფოტომეტრით, ამიტომ  $\alpha$  შესაძლებელია განსაზღვრულ იქნეს (3)-დან, იმისათვის, რომ  $d\chi$ -თვის მივიღოთ დასაშვები სიდიდე, საქმარისია დროის შუალედი 10 წუთი.

შემდეგი მეთოდით შესაძლებელია განსაზღვრულ იქნეს ექსტინქციის ფაქტორი სპეციალური დაკვირვებების გარეშე. ეს მეთოდი არ არის დამოკიდებული შესაძარებელი ვარსკვლავის ზენიტურ მანძილთან დაკავშირებულ სპეციალურ პირობებზე. იგი არ არის დამოკიდებული არც დაკვირვების განმავლობაში გამჭვირვალობის ცვალებადობაზე; მას დიდი მნიშვნელობა აქვს მაშინ, როდესაც ატმოსფეროს ცვლილებები სწრაფია და მნიშვნელოვანი.

მეთოდის არსი ძირითადად დამოკიდებულია ფოტომეტრის გრძნობიერების უცვლელობაზე. ეს იმას ნიშნავს, რომ გამოსხივების მოცუმული რაოდენობისათვის გალვანომეტრის გადახრა მუდმივია და არ არის დამოკიდებული ინსტრუმენტის გრძნობიერებაზე. მოცუმული შესაძარებელი ვარსკვლავისათვის  $n$ -ის ცვლილება დამოკიდებულია ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე და ზენიტურ მანძილზე. თუ  $n_1$ -ით აღვნიშნავთ გალვანომეტრის გადახრას, როდესაც ექსტინქციის ფაქტორი არის  $\alpha_1$  და ზენიტური მანძილი  $\chi$ , გვიქნება:

$$\lg \frac{n_0}{n_1} = \frac{2}{5} \alpha_1 \sec \chi.$$

სხვა ლამეს, როდესაც ექსტინქციის ფაქტორი არის  $\alpha_2$  და გადახრა  $n_2$ , იმავე ზენიტური მანძილისათვის გვექნება:

$$\lg \frac{n_0}{n_2} = -\frac{2}{5} \alpha_2 \sec \chi.$$

ამ ორი განტოლების საფუძველზე ვლებულობთ:

$$\begin{aligned} \lg n_1 - \lg n_2 &= \frac{2}{5} \sec \chi (\alpha_2 - \alpha_1), \\ \alpha_2 &= \alpha_1 + \frac{5}{2} \lg \frac{n_2}{n_1} \cos \chi. \end{aligned} \quad (4)$$

$\alpha_1$ -ს ვლებულობთ ექსტინქციის ფაქტორის სტანდარტულ მნიშვნელობად, რომელიც განსაზღვრულია რომელიმე სხვა მეთოდით, მაგალითად პირველი მეთოდით. მოცუმული ვარსკვლავისათვის რამე ზენიტურ მანძილზე ( $\text{მაგ. } \chi=0$ ) ამ სტანდარტულ სიდიდესთან დამოკიდებულებით გვექნება აგრეთვე სტანდარტული მნიშვნელობა  $n_1$ . ამის შემდეგ უკვე აღარავითარ სიძნელეს არ წარდარტული მნიშვნელობა  $n_1$  ამონ შეიძლება შესრულდეს შემდეგი ფორმულის საშუალებით:

$$\lg \frac{n'}{n} = \frac{2}{5} \alpha (\sec \chi - 1).$$

აქ  $n'$  შეესაბამება  $\chi=0$ -ს.

თუ ამ სტანდარტებს ჩავთვლით ცნობილია, (4)-დან აღვილად მოიძებნება ექსტინქციის ფაქტორის მნიშვნელობა  $\alpha_2$  ნებისმიერი მომენტისათვის. შესაძლებელია შედგენილ იქნეს ცხრილი  $(\alpha_2 - \alpha_1)$  — მნიშვნელობებისა  $\chi$  და  $\frac{n_1}{n}$  — სიდიდეებზე დამოკიდებულებით.

$n_2$  შემდეგ მეთოდშიაც ინსტრუმენტის გრძნობიერება ისევე უცვლელი იგულისხმება. როგორც წინათ, გვაქვს:

$$\lg \frac{n_0}{n} = \frac{2}{5} \alpha \sec \chi,$$

$$\lg n - \lg n_0 = -\frac{2}{5} \alpha \sec \chi.$$

აღვნიშნოთ  $\lg n_0 = \chi$ , მაშინ:

$$\lg n - \chi = -\frac{2}{5} \alpha \sec \chi. \quad (5)$$

ერთდროულად ხდება დაკვირვება ორ ვარსკვლავზე, რომელთა პირდაპირი განსხვავდებიან ერთიმეორებულად 4—5 საათით და იღვლენანი განსხვავდებიან

$$\lg n_1 - \chi_1 = -\frac{2}{5} \alpha \sec \chi_1,$$

$$\lg n_2 - \chi_2 = -\frac{2}{5} \alpha \sec \chi_2.$$

თუ ამ განტოლებებიდან გამოვრიცხავთ  $\alpha$ -ს, მივიღებთ:

$$\chi_1 \cos \zeta_1 - \chi_2 \cos \zeta_2 = \cos \zeta_1 \lg n_1 - \cos \zeta_2 \lg n_2. \quad (6)$$

(6) არის ძირითადი განტოლება, რომელსაც ეყრდნობა ეს მეთოდი. ერთი ან ორი საბოლოო შემდეგ ისევ ხდება ამ ვარსკვლავების დაკვირვება და ვლებულობთ მსგავს განტოლებას ახალი სიდიდეებით  $\zeta_1$ ,  $\zeta_2$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ . ასე რომ შესაძლებელია განსაზღვრულ იქნეს  $\chi_1$ ,  $\chi_2$ .

დავუშვათ, რომ  $\tau$  აღნიშნავს გალვანომეტრის გადახრას  $0^\circ$ —ზენიტური მანძილისა და ექსტრინჯიის ფაქტორის სტანდარტული მნიშვნელობისათვის  $\alpha$ - მაშინ:

$$\begin{aligned} \lg \frac{\tau}{n_0} &= -\frac{2}{5} \alpha_0, \\ \lg \tau - \chi &= -\frac{2}{5} \alpha_0, \end{aligned} \quad (7)$$

სადაც იგულისხმება, რომ  $\chi$  ცნობილია (6) სახის რამდენიმე განტოლების გადაწყვეტით.

თუ  $\alpha$ -თვის ავიღებთ სტანდარტულ მნიშვნელობას, (7)-დან შეიძლება განისაზღვროს  $\tau$ , (5)-დან და (7)-დან გვაქვს:

$$\alpha = \frac{5}{2} \cos \zeta \lg \frac{\tau}{n} + \alpha_0 \cos \zeta.$$

ამ ფორმულით ნებისმიერი მომენტისათვის შეიძლება განისაზღვროს  $\alpha$ , თუ გვეციდინება  $\tau$ ,  $\zeta$  და  $n$ .

ჩვენი ინსტრუმენტით დაკვირვების დროს, როდესაც საკმარისია ექსტრინჯიის ფაქტორის „საშუალო“ მნიშვნელობის ცოდნა, მოყვანილი მეთოდებიდან შეიძლება გამოყენებულ იქნეს პირველი. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც საჭიროა ექსტრინჯიის ფაქტორის უფრო ზუსტი მნიშვნელობა, თითოეული მომენტისათვის მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს მესამე მეთოდი, რომელიც არ მოითხოვს სპეციალურ დაკვირვებებს.

დაკვირვებების სტანდარტისაცია ჩვენს ინსტრუმენტზე შესაძლებელია ფორმეტრიული სტანდარტის საშუალებით.

თუ ეტალონის შესაბამის რომელიმე გადახრას მივიღებთ ძირითადად და თუ ეტალონის სხვა დაკვირვებისათვის გადახრა შეიცვლება, მაშინ ვარსკვლავის გადახრაში შეგვაქვს შესაბამი შესწორება. ასე რომ ინსტრუმენტის გრძნობიერება შეგვიძლია მუდმივად ჩავთვალოთ.

პირველი მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს შემდეგნაირად. ცვალებადი ვარსკვლავის დაკვირვების დროს შესაბარებელ ვარსკვლავთან ერთად ეტალონის დაკვირვებაც ხდება.

თუ გარკვეულ მომენტში შესაბარებელი ვარსკვლავისა და ეტალონის ვარსკვლავიერ სიდიდეთა სხვაობას აღვნიშნავთ  $\Delta m_1$ -ით, და რაღაც დროის წუალედის შემდეგ ( $2-2^1/2$ )- $\Delta m_2$ -ით, მაშინ

$$\Delta m = \Delta m_1 - \alpha \sec \zeta_1,$$

$$\Delta m = \Delta m_2 - \alpha \sec \zeta_2.$$

ამ განტოლებებიდან ვღებულობთ:

$$\alpha = \frac{\Delta m_1 - \Delta m_2}{\sec \zeta_1 - \sec \zeta_2}. \quad (8)$$

დიდი ზენიტური მანძილებისათვის ( $\zeta > 70^\circ$ ) სმარტი გვაძლევს უფრო ზუსტ ფორმულას, ვიდრე (1):

$$\Delta m = \Delta m_0 - \alpha \Phi(\zeta), \quad (9)$$

სადაც:  $\Phi(\zeta) = \sec \zeta - 0.003 \sec^3 \zeta$ .

3. კულიკოვსკის<sup>17</sup> მიერ დამუშავებულია მეთოდი, რომლითაც განისაზღვრება ექსტრინჯიის ფაქტორის მნიშვნელობა დროის მოცემულ მომენტში და ცის თაღის მოცემულ უბანში, შესაბარებელ ვარსკვლავთან ერთად ფოტომეტრიული სტანდარტის დაკვირვების საფუძველზე.

შესაბარებელი ვარსკვლავისა და ფოტომეტრიული სტანდარტის სიკაშკაშეთა დაკვირვებული სხვაობა შესაძლებელია წარმოდგენილ იქნეს (1) ფორმულით.

**კ** დაკვირვების ღამის განმავლობაში გვექნება რამდენიმე  $\Delta m_{0\alpha}$ . ვღებულობთ (1) ტიპის რამდენიმე განტოლებას ორი უცნობით. ამ განტოლებათა გადაწყვეტა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით საშუალებას გვაძლევს ვიპოვთ **ი** სიკაშკაშეთა ნამდვილი სხვაობა  $\Delta m$ , მთელი დაკვირვების განმავლობაში ექსტრინჯიის ფაქტორის რაღაც საშუალო მნიშვნელობის დაშვებით. რამდენიმე **ე** ასეთი  $\Delta m$ , მიღებული დაკვირვების სხვადასხვა ღამეს, მოგვცემს უფრო ზუსტს **ა** საშუალო მნიშვნელობას, რომელიც შემდგომ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერი მომენტისათვის  $\alpha$  მნიშვნელობის მიღებისათვის. ამგვარად მიღებული **ი** დაახასიათებს ატმოსფეროს მდგომარეობას მოცემულ მომენტში, მოცემული მიმართულებით.

კ კანობილზე წარმოებულმა ელექტროფოტომეტრიულმა დაკვირვებებმა გვიჩვენა გამკვირვალობის ფოტომეტრიული სტაბილობა. დაკვირვების განმავლობაში (4—5 ს) ექსტრინჯიის ფაქტორის რყევა მისი საშუალო მნიშვნელობის მიმართ  $0.0020$  არ აღემატება.

შესაბარებელი ვარსკვლავები მდებარეობენ საკმარისად ახლოს *U Ophichthi*-ს მიმართ. ჰაერის მასების შესაძლებელი მაქსიმალური სხვაობა 0.150 რიგისაა. ეს ნიშნავს, რომ დაკვირვების განმავლობაში ექსტრინჯიის ცვლილებით გამოწვეული შესწორება ექსტრინჯიაზე არ აღმატება  $0.003$ , რაც დაკვირვების ცდომილების ფარგლებშია. ამის გამო ჩვენ დავკმაყოფილდით დაკვირვების ღამეს ექსტრინჯიის ფაქტორის საშუალო მნიშვნელობის განსაზღვრით. რადგანაც დაკვირვებები ხდებოდა ზენიტურ მანძილებზე არა უმეტეს  $70^\circ$ -ისა, ამიტომ გამოვიყენეთ ფორმულა (1).

შესაბარებელ ვარსკვლავთან ერთად ხდებოდა დაკვირვება ფოტომეტრიული სტანდარტისა. (1) ტიპის 4—5 განტოლება უმცირეს კვადრატთა მეთოდით ამოიხსნებოდა  $\Delta m$ -ისა და  $\alpha$ -ის მიმართ. განტოლებები ყვითელი და ლურჯი სხივებისათვის ცალ-ცალკე ამოიხსნებოდა.

2. აბასთ, ასტროფიზ. ობსერვ. ბიულ., № 10



დაკვირვების იმ ღამეებისათვის, რომლებისთვისაც არ არის შილებული ფოტომეტრიული სტანდარტის დაკვირვებათა საჭირო რიცხვი, გამოვყენეთ ექსტინქციის ფაქტორის საშუალო მნიშვნელობა სეზონისათვის, რაც გამოყანილია ექსტინქციის ფაქტორის II ცხრილში მოყვანილი ცალკეული მნიშვნელობებისაგან.

ცხრილი II თაბლიца

	$\alpha_{\text{ж}}$	$\alpha_{\text{в}}$
1945, 7/V	0°174	0°367
12/V	0.163	0.361
15/V	0.174	0.333
19/V	0.165	0.341
20/V	0.167	0.375
29/VII	0.168	0.342
7/VIII	0.200	0.400

საშუალო  
Среднее  $\alpha_{\text{ж}} = 0^{\circ}173$ ,  $\alpha_{\text{в}} = 0^{\circ}360$

ცხრილი III თაბლიца

აღნიშნა Обозначение	BD	სპექტრი Спектр
a	+2°3283	A <sub>0</sub>
b	+1°3411	F <sub>0</sub>

ცველა დაკვირვება მიყვანილია a-ზე. ამისათვის 1944—1945 წლების დაკვირვებათა საფუძველზე განსაზღვრული იყო სიკაშეთა სხვაობა  $\Delta m(b, a) = m_b - m_a$ , ყვითელ და ღურჯ სხივებში. გამოყენებული იყო ის დაკვირვებები, რომლებიც თავისუფალნი იქნენ შესაძლებელ დაბრკოლებათა გავლენისაგან (გამჭვირვალობის ცვლილებანი, ღრუბლები და სხვა). a-სა და b-ს სიკაშეთა სხვაობის განსაზღვრის შედეგები მოყვანილია IV ცხრილში. ამ ცხრილის საფუძველზე მიღება შესაძარებელი ვარსკვლავების სიკაშეთა სხვაობის შემდეგი მნიშვნელობანი:

$$\Delta m_{\text{ж}}(b, a) = 0.705 \pm 0.004 \quad (1944),$$

$$\Delta m_{\text{ж}}(b, a) = 0.701 \pm 0.006 \quad (1945),$$

ცველა დაკვირვების ფაქტორი  $\alpha = 2.5$  1g  $\rho$ , სადაც  $\rho$  ექსტინქციის კოეფიციენტია. ის განისაზღვრება როგორც სხვაობა  $\alpha = \alpha_{\text{ж}} - \alpha_{\text{в}}$ . თუ ვისარგებლებთ ა. და  $\alpha_{\text{ж}} - \alpha_{\text{в}}$ -ის ზემოთ მიღებული მნიშვნელობებით, გაშინ ფერითი ექსტინქციის ფაქტორის საშუალო მნიშვნელობისათვის კლებულობა:

$\alpha = 0^{\circ}187$ .

*U Ophiuchi*-ს დაკვირვების დროს შესაძარებელ ვარსკვლავებად გამოყენებული იყო ორი ვარსკვლავი: HD 156208 და HD 156458 (იხ. ცხრილი III).

ცველა დაკვირვება მიყვანილია a-ზე. ამისათვის 1944—1945 წლების დაკვირვებათა საფუძველზე განსაზღვრული იყო სიკაშეთა სხვაობა  $\Delta m(b, a) = m_b - m_a$ , ყვითელ და ღურჯ სხივებში. გამოყენებული იყო ის დაკვირვებები, რომლებიც თავისუფალნი იქნენ შესაძლებელ დაბრკოლებათა გავლენისაგან (გამჭვირვალობის ცვლილებანი, ღრუბლები და სხვა). a-სა და b-ს სიკაშეთა სხვაობის განსაზღვრის შედეგები მიღება შესაძარებელი ვარსკვლავების სიკაშეთა სხვაობის შემდეგი მნიშვნელობანი:

$$\Delta m_{\text{ж}}(b, a) = 0.880 \pm 0.003 \quad (1944),$$

$$\Delta m_{\text{ж}}(b, a) = 0.873 \pm 0.005 \quad (1945).$$

ცველა დაკვირვება, რომლებიც მიღებულია b—შესაძარებელი ვარსკვლავით, მიყვანილია a-ზე, ზემოთ მოყვანილ სიკაშეთა სხვაობების საფუძველზე.

ექსტინქციის გავლენისაგან თავისუფალი ფერითი ეკვავალენტების მისაღებად ფერითი ეკვივალენტების დაკვირვებული მნიშვნელობანი გატანილნი უნდა იქნენ ატმოსფეროს გარეთ. რადგანაც ექსტინქციაზე შეძლება საგრძნობ სიდიდეებს აღწევდეს (*U Ophiuchi*-სთვის 0°3-დან 0°4-მდე), ამიტომ არ შეძლება ექსტინქციის ფაქტორის საშუალო მნიშვნელობებით სარგებლობა.

ცხრილი IV თაბლიца

JD	Ж $\Delta m_{\text{в}}$ , в	C $\Delta m_{\text{в}}$ , в
1944		
2431232	0°708	
2431243	0.701	0°883
2431244	0.705	0.878
2431270	0.704	0.879
2431301	0.711	0.880
2431317	0.699	0.872
2431327	0.708	0.877
2431262		
1945		
2431579	0.695	0.873
2431668	0.707	0.878
2431677	0.697	0.866
2431698	0.695	0.870
2331699	0.709	0.868

ექსტინქციის ფაქტორის მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის დაკვირვების ღამის ნებისმიერი მომენტისათვის გამოყენებული იყო ფორმულა:

$$\alpha(t) = \frac{c(z, t) - c_0}{F(z)}, \quad (10)$$

სადაც  $\alpha(t)$  ექსტინქციის ფაქტორის მნიშვნელობა  $t$ -მომენტში,  $c_0$ —ფერის ექვივალენტის ატმოსფეროს გარეშე მნიშვნელობა,  $c(z, t)$ — $z$  ზენიტურ მანძილზე დაკვირვებით მიღებული მნიშვნელობა  $t$  მომენტში,  $F(z)$ —შესაბამი ჰაერის მასა.

დაკვირვების ღამის განმავლობაში შესაძლებელი ვარსკვლავის 5—6 დაკვირვების საფუძველზე ვლებულობდით ექსტინქციის

ფაქტორის ცვლილების მრუდს დროის მიხედვით. მაგრამ (10)-ის გამოყენებისათვის აუცილებელია შესაძარებელი ვარსკვლავის ფერის ეკვივალენტის ატმოსფეროს გარეშე მნიშვნელობის ცოდნა. მისი განსაზღვრისათვის რამდენიმე ღამეს, ღამეში 3—4-ჯერ, ხდებოდა *HD 144206*—ვარსკვლავის დაკვირვება. ეს ვარსკვლავი,  $B_8 - B_9$  ვარსკვლავების ელექტროკოლორიმეტრის დროს, ვ. ნიკონოვის მიერ გამოყენებული იყო როგორც სტანდარტული; ამიტომ მისი ფერითი ეკვივალენტი მაღალი სიზუსტითა განსაზღვრული. მისი ატმოსფეროსგარეშე ფერითი ეკვივალენტი არის  $c_0 = -0^{\circ}782$ . ნებისმიერი მომენტისთვის  $t$  *HD 144206*—ვარსკვლავის ფერის ეკვივალენტის შესაბამი ექსტინქციის ფაქტორის მნიშვნელობის განსაზღვრა ხდებოდა ზემოთ აღწერილი მეთოდის მიხედვით.

$B_8 - B_9$  ვარსკვლავების ფერის ეკვივალენტების კატალოგის შედგენის დროს ვ. ნიკონოვი მხედველობაში ლებულობდა ექსტინქციის ფაქტორის დამკიდებულებას ფერის ეკვივალენტზე  $\gamma = \frac{da}{dc_0}$  და მისი მნიშვნელობა მიღებული სპეციალურ ელექტროკოლორიმეტრიულ დაკვირვებათა საფუძველზე.  $\gamma = 0^{\circ}0067$ , მთელი ცისთვის ერთნაირი ექსტინქციის დაშვებით.

ამ მნიშვნელობის გამოყენებით, ექსტინქციის ფაქტორის განსაზღვრა შესაძარებელი ვარსკვლავისათვის ხდებოდა ფორმულით:

$$\alpha_*(t) = \alpha(t) + \gamma(c_{0*} - c_0), \quad (11)$$

სადაც  $\alpha_*$  და  $c_{0*}$  ექსტინქციის ფაქტორისა და ფერის ეკვივალენტის ატმოსფეროსგარეშე მნიშვნელობებია შესაძარებელი ვარსკვლავისათვის.

რადგანაც  $c_0$  უცნობია, ამიტომ  $\alpha_*(t)$ -ს განსაზღვრა ხდებოდა მიმდევრობითი მიახლოებით.

შესადარებელი ვარსკვლავის ატმოსფეროსგარეშე ფერითი ეკვივალენტის გამოთვლა ხდებოდა ფორმულით:

$$c_0 = c_*(z, t) - \alpha_*(t) F(z) \quad (12)$$

გას შემდეგ კი, რაც შესადარებელი ვარსკვლავის ატმოსფეროსგარეშე ფერის ეკვივალენტის ასეთი რამდემინ განსაზღვრის საფუძველზე მივიღეთ ზესი საშუალო ზნიშვნელობა  $c_{*0} = -0.298 \pm 0.007$ , ცვალებადი ვარსკვლავის დაწერილ მავე (11) და (12) ფორმულების საფერველზე განვსაზღვრეთ სათვის დაწერილ მავე (11) და (12) ფორმულების საფერველზე განვსაზღვრეთ სათვის დაწერილ მავე (11) და (12) ფორმულების ეკვივალენტის ატმოსფეროსგარეშე მნიშვნელობა.

V ცხრილში მოყვანილია დაკვირვების სხვადასხვა ღამისათვის განსაზღრული ცვალებადი ვარსკვლავის ატმოსფეროსგარეშე ფერის ეკვივალენტები.

ცხრილი V თაბლიца

	$\bar{\varphi}$	$c_0$	ფერის ეკვივალენტის მნიშვნელობა ფაზისთვის 0.000, $c_0 = -0.684 \pm 0.006$ , ნაკლებია, ვიდრე მისი მნიშვნელობა სხვა ფაზებისათვის. ჩვენი ინსტრუმენტით მიღებული ფერითი ეკვივალენტის მნიშვნელობის სტებინსის (J. Stebbins) სისტემაში გადასაყვანად ვ. ნიკონოვმა მიიღო სარედუქციო ფორმულა:
1944, 21.V	0.928	-0.740	$c_0^{(S)} = 0.167 + 0.388 c_0^{(N)} + 0.017 F(z_{\min})$ .
1.VI	0.537	-0.739	
20.VI	0.797	-0.713	
28.VI	0.568	-0.725	
29.VII	0.056	-0.748	
1.VIII	0.876	-0.725	
14.VIII	0.590	-0.740	
1945, 7.V	0.250	-0.714	
12.V	0.381	-0.713	ამ ფორმულის საფუძველზე ფერის ეკვივალენტის მნიშვნელობა სტებინსის სისტემაში, 0.000 — ფაზისთვის, მივიღეთ $c_0^{(S)} = -0.076$ . სტებინსისა და პატერის <sup>18</sup> კატალოგის მიხედვით U Ophiuchi-ს ფერის ეკვივალენტი $-0.09$ -ის ტოლია. სტებინსის სისტემაში მთავარი ჩინიმუმის გარეშე ფერის ეკვივალენტის საშუალო მნიშვნელობა მივიღეთ $-0.092$ , ეს კარგ თანხმობაშია სტებინსის მიერ მიღებულ მნიშვნელობასთან.
13.V	0.844	-0.715	
15.V	0.006	-0.688	
20.V	0.994	-0.679	
2.VI	0.736	-0.722	

სიკაშეაშისა და ფერის ეკვივალენტის მრუდები. გას შემდეგ, რაც მიღებული იყო შესადარებელი ვარსკვლავების სიკაშეთა სხვაობა, შევუდექით შესადარებელი ვარსკვლავისა და ცვალებადი ვარსკვლავის სიკაშეთა სხვაობის განსაზღვრის. რედუქცია ექსტრინქციაზე სრულდებოდა (1) ფორმულით. სიზუსტისათვის შესადარებელი ვარსკვლავისა და ცვალებადი ვარსკვლავის ნიმდვილი სხვაობისათვის ვლებულობით საშუალოს მნიშვნელობიდან.

მიღებული სხვაობა მოყვანილია I ცხრილში. ფაზები გამოთვლილია შნელერის (Schneller) კატალოგში მოყვანილი 6. ფლორიას ელემენტების მიხედვით:

$$M = 2408279.6402 + 1.6773450 E. \quad (13)$$

ფაზები მოყვანილია I ცხრილის მეორე სვეტში.

მიღებულ სიკაშეში მრუდებზე მინიმუმების ასიმეტრია არა აქვს აღგილი. მინიმუმები სიმეტრიულია  $0^{\circ} 007$  ფაზის მიმართ. ვისარგებლეთ რა ამ გარემოებით, ნორმალური წერტილები მინიმუმებში მივიღეთ ძირითად და ამ ფაზის მიმართ სიმეტრიული წერტილებისაგან. თითოეულ სპექტრულ უბანში დაკვირვებები (240) თავმოყრილია 45 ნორმალურ წერტილში. ნორმალური წერტილების საშუალო კვადრატული ცდომილება მინიმუმებში  $\pm 0.005$  რიგისაა, მაგრამ მასი  $\pm 0.003$ .

VI ცხრილში მიმდევრობით მოყვანილია:

ფაზის საშუალო მნიშვნელობა, სიკაშეთა სხვაობის საშუალო მნიშვნელობები ყვითელ და ლურჯ სხივებში და ნორმალურ წერტილებში გაერთიანებულ დაკვირვებათა რიცხვი.

სიკაშეთა მრუდებზე მეორადი მინიმუმის გადაადგილება ორი მომდევნო მთავარი მინიმუმის შუა ადგილის მიმართ არ არის შემჩნეული. სიკაშეში მაქსიმუმში აღგილი აქვს არეკვლისა და კომპონენტების ელიფსურობის ეფექტს. ეს უკანასკნელი უფრო მკვეთრია ლურჯი სხივების შესაბამის მრუდზე.

უფრადღებას იქცევს მთავარი და მეორადი მინიმუმების არაერთნაირი ხანგრძლივობა. მთავარი და მეორადი მინიმუმების სილრეგები ტოლია  $0^{\circ} 697$ ,  $0^{\circ} 603$ -ისა ცვითელ სხივებში და  $0^{\circ} 702$ ,  $0^{\circ} 611$ -ისა ლურჯ სხივებში. ცვითელ და ლურჯ სხივებში მინიმუმები ერთდროულად ხდება; ე. ი. ტიხოვნორდმანის ეფექტს არა აქვს ადგილი.

ფერის ეკვივალენტის ფაზაზე დამოკიდებულების მისაღებად გამოიითვალით ცვალებადი ვარსკვლავისა და შესადარებელი ვარსკვლავის ფერის ეკვივალენტების სხვაობა ფორმულით:

$$c_{0u} - c_{0d} = c_u - c_d + \alpha [F_u(z) - F_d(z)].$$

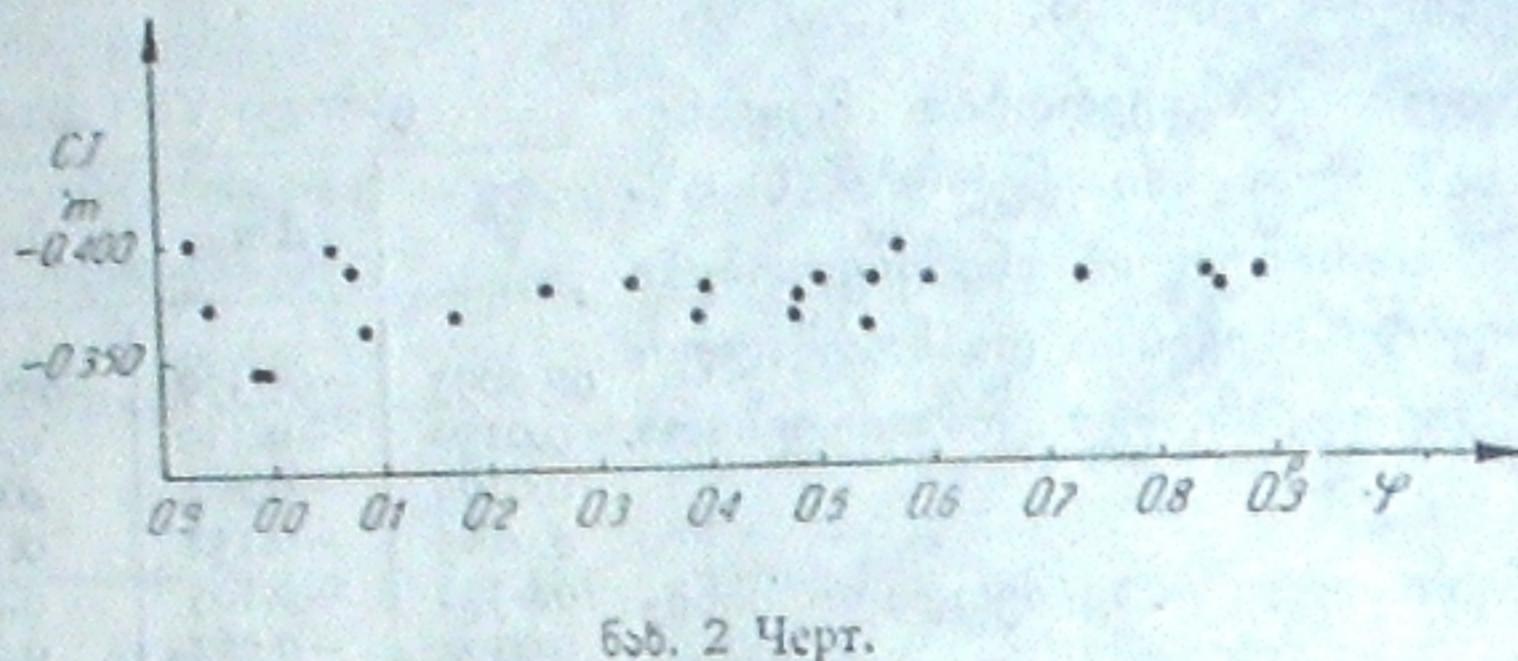
$\varphi$	$\Delta m_{\text{as}}$	$\Delta m_e$	$n$
0 $^{\circ} 0093$	-0.379	-0.010	3
0.0130	-0.339	0.016	2
0.0198	-0.264	0.070	5
0.0285	-0.152	0.187	4
0.0332	-0.105	0.241	5
0.0382	-0.062	0.283	5
0.0428	-0.016	0.354	4
0.0480	0.025	0.396	5
0.0532	0.068	0.470	4
0.0662	0.198	0.567	5
0.0803	0.266	0.629	5
0.0874	0.276	0.631	5
0.0952	0.286	0.648	5
0.1115	0.291	0.656	6
0.1320	0.294	0.645	6
0.1610	0.304	0.675	6
0.1869	0.311	0.680	6
0.2022	0.320	0.676	5
0.2156	0.318	0.689	5
0.2497	0.318	0.692	6
0.2704	0.317	0.692	5
0.2958	0.308	0.694	6
0.3264	0.305	0.677	5
0.3578	0.315	0.681	6
0.3778	0.306	0.672	5
0.5112	-0.280	0.081	5
0.5192	-0.234	0.124	5
0.5275	-0.145	0.208	4
0.5363	-0.059	0.330	4
0.5480	0.068	0.427	4
0.5615	0.170	0.541	4
0.5704	0.208	0.571	4
0.5850	0.274	0.635	4
0.6002	0.294	0.656	4
0.6142	0.295	0.663	6
0.6468	0.316	0.677	6
0.6778	0.320	0.671	6
0.7060	0.318	0.666	6
0.7167	0.317	0.683	6
0.7428	0.318	0.712	6
0.7902	0.315	0.684	5
0.8342	0.301	0.688	6
0.8463	0.283	0.661	6
0.8636	0.302	0.660	7
0.8801	0.294	0.669	7

ტის დაკვირვების საფუძველზე. ფერითი ექსტრინქციის ფაქტორი განისაზღვრებოდა:

$$\alpha = \alpha_1 - \alpha_{2N}.$$

ფერის ეკვივალენტების მრუდზე მთავარ მინიმუმში აღვილი აქვს ფერის ეკვივალენტის შესამნევ შემცირებას. სხვა ფაზებისათვის ფერის ეკვივალენტი ფაზების მიხელვით არ იცვლება.

89-2 ნახაზზე მოცემულია ფერის ეკვივალენტების შრუდი.



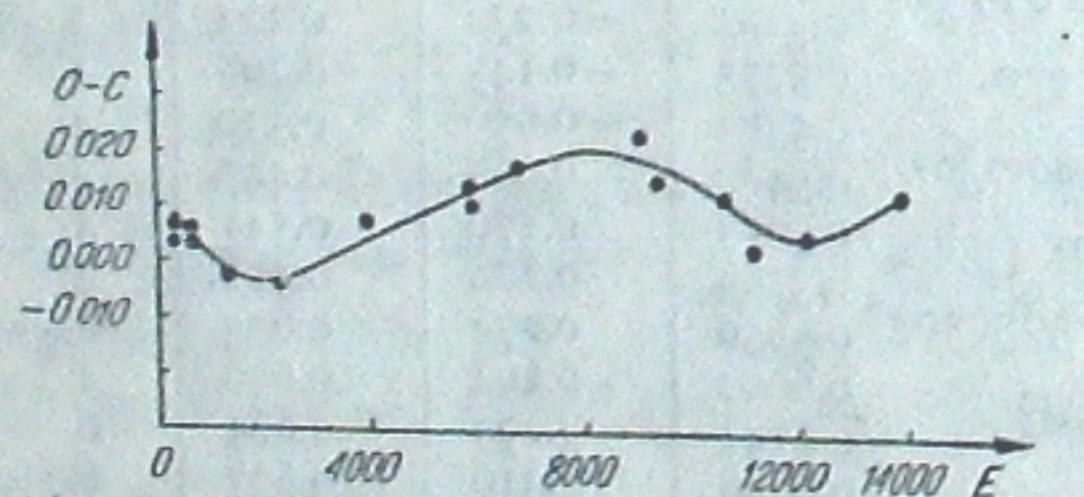
656, 2 Черт.

Յերօնօքութեած աշխաթգութիւնը կատարված է Աստղաբանութեած պահանջման մեջ և այս պահանջման մեջ առաջանական է աշխաթգութիւնը:

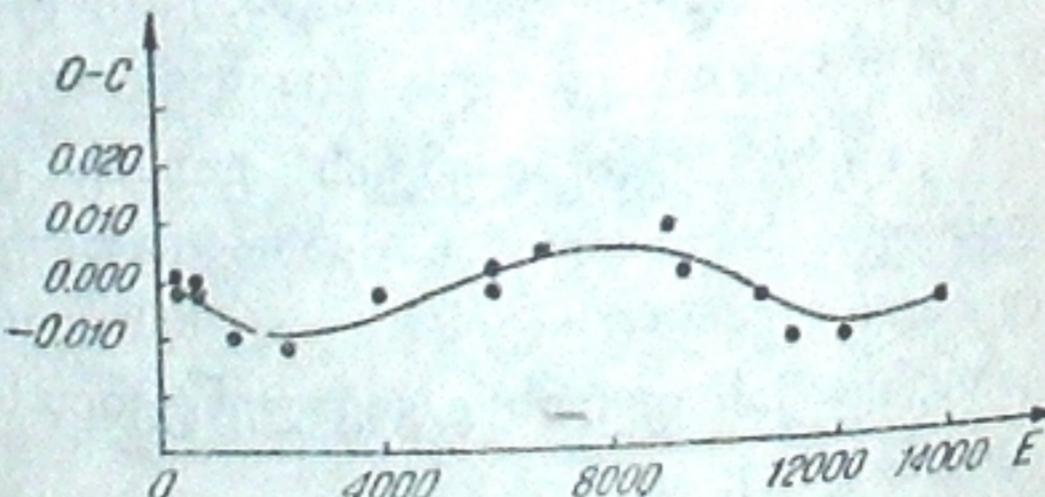
VII ცხრილში მოყვანილია ეპოქები, მინიმუმის დაკვირვებული ნორმა-ლური მომენტები, მე-(13) ფორმულით გამოთვლილი ( $O-C$ )—გადახრები თეორიული მომენტების მიმართ და მითითებულია დაკვირვების ავტორი. მე-3 ნახაზზე მოცემულია აღნიშნული სხვაობები. როგორც მრუდიდან ჩანს, ადგილი აქვს პერიოდის პერიოდულ ცვლილებას. გარდა ამისა მრუდი მოითხოვს პერიოდისა და საწყისი ეპოქის გაღიდებას. ჩვენ გამოვითვალეთ  $O-C$  შემდეგი ელემენტების მიმართ:

$$O-C = 2408279.6462 + 1.6773459 E.$$

ეს სხვაობები მოყვანილია VII ცხრილის მეოთხე სვეტში (ი. აგრეთვი ნახ. 4).



Баб. 3 Черт.



526 4 Cent

როგორც ცნობილია, თუ პერიოდის პერიოდული ცვლილება გამოწვეულია აფსიდათა ღერძის ბრუნვით, მაშინ ადგილი უნდა ჰქონდეს მეორადი მინიმუმის პერიოდულ გადაადგილებას ორი მომდევნო მთავარი მინიმუმის მიართ, სათანადო ნიშნით. თუ მეორადი ჭინიმუმი საკმაოდ ღრმაა და უტოლო-

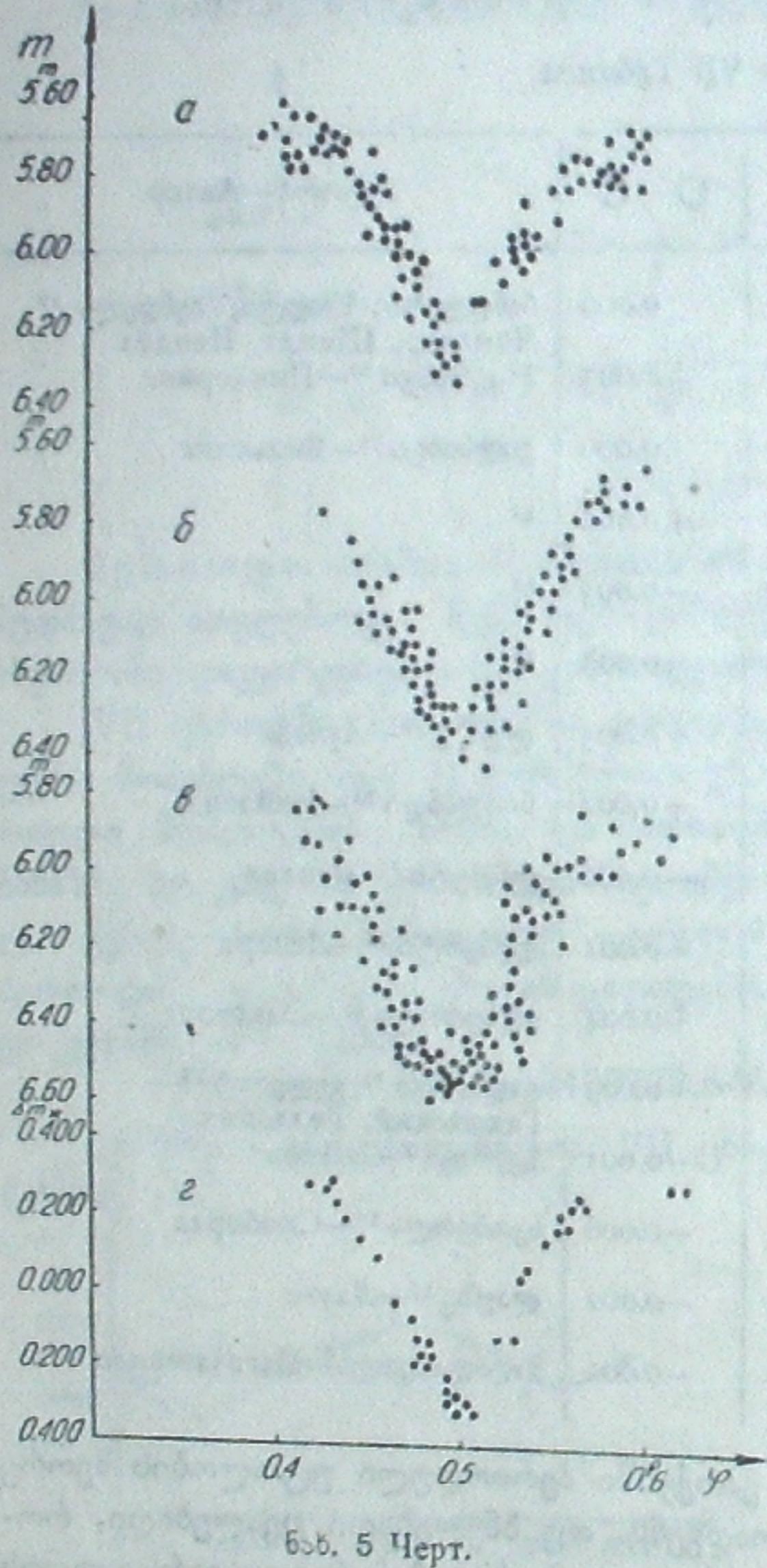
გის პერიოდი ძალიან დიდი არ არის, მაშინ მეორადი მინიმუმის გადაადგილება შეუმჩნეველი არ დარჩება. დაკვირვების სხვადასხვა ეპოქისთვის *U Ophiuchi*-ს მეორადი მინიმუმის მდებარეობანი ერთნაირია. მხოლოდ ვიოლის დაკვირვებების მიხედვით მეორადი მინიმუმი გვიჩვენებს გადაადგილებას ორი მომდევნო მთავარი მინიმუმის შუა ადგილის მიმართ. მე-5 ნახ. მოყვანილია 4 მეორადი მინიმუმი სხვადასხვა ავტორის მიხედვით (ა—პიკერინგი და ვენდერლი, 6—ვენდერლი, ვ—ნიილინდი, გ—მალალაშვილი).

### Същност VII Таблица

E	Min	O-C	O-C	O-C	автор
211	2408633.566	+0.006	0.000	0.000	Баффони, Шоффер, Себастьяно <sup>19</sup> Чандлер, Шмидт, Иендел Зигеरинг <sup>20</sup> —Пиккеринг
245	690.593	+0.004	-0.003	-0.003	
636	2409346.435	+0.003	-0.003	0.000	Золльсебог <sup>21</sup> —Вильсинг
660	386.693	+0.005	-0.001	+0.002	<sup>19</sup>
1336	2410520.570	-0.003	-0.010	-0.003	<sup>19</sup>
2399	2412303.587	-0.004	-0.012	-0.002	<sup>19</sup>
3909	2414836.389	+0.007	-0.002	+0.003	Людвиг <sup>19</sup> —Луизэ
5886	2118152.507	+0.014	+0.003	+0.002	Боддабран <sup>22</sup> —Нийланд
5907	187.727	+0.010	-0.001	-0.002	Бернхард <sup>5</sup> —Вендел
6698	2419514.514	+0.017	+0.005	+0.001	Любен <sup>23</sup> —Ленерт
9000	2423375.768	+0.023	+0.009	+0.004	Льюис <sup>23</sup> —Эльсворт
9250	795.096	+0.015	0.000	-0.003	Гадомский, Геллерих <sup>24</sup> , Генрих <sup>25</sup> Черненко <sup>9</sup> —Зверев
10600	2426059.509	+0.012	-0.004	-0.001	
11082	867.981	+0.003	-0.012	-0.006	Скоберла <sup>10</sup> —Скоберла
12026	2428451.396	+0.005	-0.012	-0.002	Лаузе <sup>27</sup> —Лаузе
13900	2431594.748	+0.012	-0.006	-0.001	Магалашвили—Магалашвили

როგორც უკვი ალენიშვილი, *U Ophiuchi*-სთვის შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მეორად მინიმუმს ყოველთვის ერთი და იგივე მდებარეობა უკავია ორი მომდევნო მთავარი მინიმუმის მიმართ. ამიტომ სინამდვილესთან ახლო უნდა იყოს მესამე სხეულის პიპოთება.

ფოტომეტრიული წყვილის მესამე სხეულის გარშემო მოძრაობის ელემენტები სხვადასხვა მეთოდით განისაზღვრება.



ვაში, თუ მხედველობაში მხოლოდ ექსცენტრისიტეტის პირველხარისხშე დამოკიდებულ წევრებს მივიღებთ, გვაძვს<sup>20</sup>:

$$O-C = \frac{a' \sin i'}{c} \sin(\mu E + q + \omega') + \frac{1}{2} e' \frac{a' \sin i'}{c} \sin(2\mu E + 2q + \omega') \quad (14)$$

სადაც  $a'$ ,  $e'$  და  $i'$  გრძელდებით მოძირის დიდი ღრძი, ექსცენტრი-

სიტეტი და დახრიაფ ა' პერიასტრის სიგრძედია,  $q$  — ნულოვანი მინიმუმის მომენტი და მენტენალო ანომალია;  $\mu = 2\pi t$ , სადაც  $t = \frac{n'}{n} = \frac{p}{p'}$  — გრძელდებითი მოძრაობის მოძრაობების შეფარდება;  $c$  სინათლის სიჩქარეა.

მას შემდეგ, რაც (14) განტოლება შემდეგნაირად გამოვხატეთ:

$$O-C = \alpha \sin \mu E \cos \mu_1 + \alpha \cos \mu E \sin \mu_1 + 2\gamma \sin \mu E \cos \mu_3 + \gamma (\cos^2 \mu E - \sin^2 \mu E) \sin \mu_3, \quad (14a)$$

სადაც

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{a' \sin i'}{c}, \\ \gamma &= \frac{1}{2} e' \frac{a' \sin i'}{c}, \\ \mu_1 &= q + \omega', \\ \mu_3 &= 2q + \omega', \end{aligned} \right\} \quad (14b)$$

იგი გამოვიყენეთ როგორც პირობითი განტოლება შემდეგი უცნობების მართ:

$$\left. \begin{aligned} \alpha \cos \mu_1 &= x, \\ \alpha \sin \mu_1 &= y, \\ 2\gamma \cos \mu_3 &= z, \\ \gamma \sin \mu_3 &= t. \end{aligned} \right\} \quad (14b)$$

გრძელდებითი მოძრაობის პერიოდისათვის მივიღეთ მიახლოებითი მნიშვნელობა:  $p' = 16773^{\text{d}} = 10000$  წ. თუ ეს მეტი განტოლების უმ-ცირეს კვადრატთა მეთოდით ამოხსნით მივიღეთ უცნობთა მნიშვნელობები:

$$\alpha = -0^{\circ} 009, \quad \mu_1 = 349^{\circ}, \quad \gamma = -0.0025, \quad \mu_3 = 338^{\circ},$$

რაც გვაძლევს  $\omega' = 360^{\circ}$ ,  $q = -11^{\circ}$ ,  $e' = 056$ .

გამოთვლების დროს გამოვიყენეთ (14) ფორმულა, სადაც მხედველობაში იყო მიღებული მხოლოდ ექსცენტრისიტეტის პირველ ხარისხშე დამოკიდებული წევრები.

თუ ექსცენტრისიტეტის მეორე ხარისხშე დამოკიდებულ წევრებს არ უკავდებთ, მაშინ სინათლის განტოლებას ექნება სახე:

$$O-C = \alpha \sin(\mu E + \mu_1) + \beta \sin(\mu E + \mu_2) + \gamma \sin 2(\mu E + \mu_3) + \delta \sin 3(\mu E + \mu_4), \quad (14c)$$

სადაც

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 &= q + \omega', \\ \mu_2 &= q - \omega', \\ \mu_3 &= q + \frac{\omega'}{2}, \\ \mu_4 &= q + \frac{\omega'}{3}, \end{aligned} \right. \left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{a' \sin i'}{c} \left( 1 - \frac{1}{2} e'^{-1/2} \right), \\ \beta &= \frac{1}{8} e'^{1/2} \frac{a' \sin i'}{c}, \\ \gamma &= \frac{1}{2} e'^{1/2} \frac{a' \sin i'}{c}, \\ \delta &= \frac{3}{8} e'^{1/2} \frac{a' \sin i'}{c}. \end{aligned} \right\} \quad (14d)$$

ჩვენს შემთხვევაში სიდიდეები  $\beta$  და  $\delta$   $0^{\circ} 001$  და  $0^{\circ} 0003$  რჩებია. რადგანაც ეს სიდიდეები მცირება, შეგვეძლო ისინი მხედველობაში არ მიგველო და გამოგვეყენებინა (14) ფორმულა.

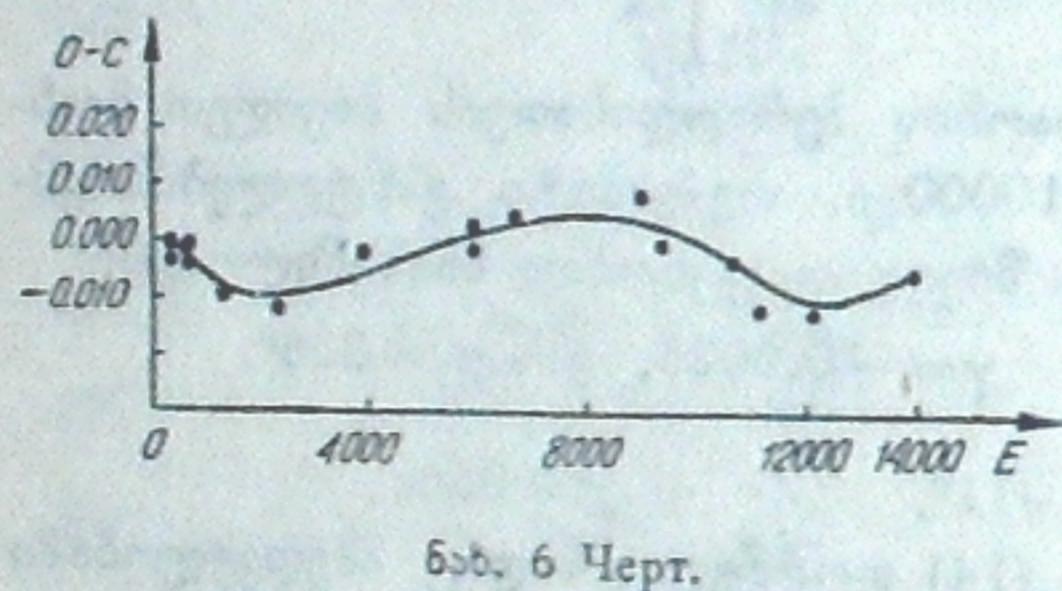
რაც შეეხება ა სიდიდეს, ჩვენს შემთხვევაში კლებულობდით  $\alpha = \frac{a' \sin i}{c}$ . რადგანაც  $c'$ -სთვის მივიღეთ დიდი მნიშვნელობა, ამიტომ არ შეიძლება მხედველობაში არ მივიღოთ  $\frac{1}{2} \frac{a' \sin i}{c} c'^{1/2}$ . თუ  $c'$ -ს მივაკუთვნებთ მიღებულ მნიშვნელობას, მაშინ  $\alpha$ -ს და  $\gamma$ -ს გამოყენებით მივიღებთ  $c'=0.5$ .

ზოლებული ელემენტებით აგებული იყო თეორიული მრუდი. შესაბამის სხვაობანი  $O-C$  მოყვანილია VII ცხრილის მეხუთე სკეტში.

ამგვარად მიღებული იყო, რომ ეფექტურიდას გამოსათვლელი ფორმულა დებულობს სახეს:

$$2408279.6462 + 1.6773459E - 0.009 \sin(0^{\circ} 036E + 349^{\circ}) - 0.0025 \sin 2(0^{\circ} 036E + 169^{\circ}). \quad (15)$$

ვე-6 ნახაზზე უწყვეტი მრუდი წარმოადგენს მე-(15) ფორმულის პერიოდულ წევრს, წერტილები—გადახრებს ( $O-C$ ) *U Ophiuchi*-ს პერიოდის წრფივი ელემენტების მიმართ. ფორმოეტრიული მონაცემები საშუალებას გვაძლევს ვილაპირაკოთ ორმაგი სისტემის მესამე სხეულის ირგვლივ ორბიტული მოძრაობის შესახებ 46 წლის რიგის პერიოდით.



ნახ. 6 ცერტ.

რექტიფიკაცია. სიკაშების მრუდების რექტიფიკაცია მოვახდინეთ ინტენსივობებში. დაბნელების გარეშე თითოეული წერტილისათვის დაკვირვებული ინტენსივობანი ასეთი სახით წარმოვადგინეთ:

$$l = 1 - a - b \cos \theta - c \cos^2 \theta + d \sin \theta, \quad (16)$$

სადაც  $a$  არის ნულ-პუნქტის შესწორება,  $b$ —არეკვლის კოეფიციენტი,  $c$ —კომპონენტების ელიფსურობაზე დამკიდებული კოეფიციენტი,  $d$ —კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სიკაშების მრუდების ასიმეტრიულობას.

ΔIII გადაყვანილი იყო ინტენსივობაში შემდეგი დამოკიდებულების საფუძველზე:

$$\lg l = 0.4 (\Delta m - \Delta m_0).$$

ნულ-პუნქტად— $\Delta m_0$ —ყვითელ სხივებში მივიღეთ  $0^m 318$ , ლურჯ სხივებში— $0^m 692$ , რაც შეესაბამება  $\Delta m$ -კ 0.25 პ ფაზაში.

(16) ტიპის ოცდაორი განტოლების უმცირეს კვადრატთა მეთოდით გადაწყვეტით მივიღეთ რექტიფიკაციის კოეფიციენტების შემდეგი მნიშვნელობანი:

კვითელ სხივებში:  
 $a = 0.0011 \pm 0.0024$ ,  
 $b = 0.0093 \pm 0.0031$ ,  
 $c = 0.0290 \pm 0.0083$ ,  
 $d = 0.0006 \pm 0.0006$ .

ლურჯ სხივებში:  
 $a = 0.0014 \pm 0.0028$ ,  
 $b = 0.0054 \pm 0.0038$ ,  
 $c = 0.0498 \pm 0.0100$ ,  
 $d = 0.0013 \pm 0.0006$ .

რადგანაც  $d$ -ს მნიშვნელობა მცირება, ამიტომ სიკაშების მრუდების ასიმეტრია მხედველობაში არ მივიღია. რექტიფიკაციისთვის გამოვიყენეთ ფორმულა:

$$l_{\text{rect}} = \frac{l_{\text{obs}} + A + b \cos \theta - C \cos^2 \theta}{(a + A) (1 - \zeta \cos^2 \theta)^{1/2}}, \quad (17)$$

სადაც

$$A = 0.354 \sin i (L_1^* + L_2^*); \quad C = 0.11 (L_1^* + L_2^*);$$

$$L_1^* = L_1 a_1^2; \quad L_2^* = L_2 a_2^2;$$

$a_1$  და  $a_2$  კომპონენტების დიდი ნახევარლერებია,  $L_1$  და  $L_2$  კომპონენტების სიკაშები.  $C$  განსაზღვრავს არეკვლის ეფექტის გავლენას ელიფსურობის კოეფიციენტზე,  $\zeta = 2 (c + C)$  ელიფსურობის ფაქტორია.

არეკვლის გავლენის შესწორება შეიძლება შეტანილ იქნეს მას შემდეგ, რაც  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $a_1$  და  $a_2$ -ს მიახლოებითი მნიშვნელობანი ცნობილი იქნება.

დაბნელების დასასრულის მიახლოებითი მნიშვნელობის  $\theta' = 28^{\circ} 6$  განსაზღვრის შემდეგ დაეუშვით, რომ დაბნელება ახლო სრულთან და  $i = 90$ ,  $k = 1$ ,  $f' = 1 - \zeta \cos^2 \theta' = 1$ .

ცნობილი ფორმულის:

$$f^2 a_1^2 (1+k)^2 = \cos^2 i + \sin^2 i \sin^2 \theta'$$

თანახმად მიახლოებით ვლებულობთ:  $a_1^2 = 0.0572$ , ხოლო  $A$ ,  $C$  და  $\zeta$ -სთვის:  $A = 0.0202$ ,  $C = 0.0064$ ,  $\zeta = 0.0708$  ყვითელ სხივებში;  $\zeta = 0.1124$  ლურჯ სხივებში.

მე-(17) ფორმულა ლებულობს ასეთ რიცხობრივ მნიშვნელობას:

$$l_{\text{rect}} = \frac{l_{\text{obs}} + 0.0202 + 0.0093 \cos \theta - 0.0064 \cos^2 \theta}{1.0191 (1 - 0.0708 \cos^2 \theta)^{1/2}} \quad (17a)$$

ყვითელ სხივებში;

$$l_{\text{rect}} = \frac{l_{\text{obs}} + 0.0202 + 0.0054 \cos \theta - 0.0064 \cos^2 \theta}{1.0188 (1 - 0.1124 \cos^2 \theta)^{1/2}} \quad (17b)$$

ლურჯ სხივებში.

რექტიფიცირებული სიკაშების მრუდის მიხედვით მთავარი მინიმუმის ხანგრძლივობა არის  $0^{\circ} 266$ , მეორადი მინიმუმის ხანგრძლივობა— $0^{\circ} 282$ .

ამოხსნა. *U* ჰიპოთეზა; წრიული ორბიტა. მიღებული რექტიფიცირებული მრუდები, *U* ჰიპოთეზით, წრიული ორბიტის დაშვებით, გადაწყვეტილი იყო პიოტროვსკის (S. Piotrowsky) მეთოდით.

მინიმუმის სიღრმეები უკითელ სხივებში:  $\lambda_{pr} = 0.5592$ ,  $\lambda_{sec} = 0.5887$ ; ლურჯ სხივებში:  $\lambda_{pr} = 0.5657$ ,  $\lambda_{sec} = 0.5869$ .

სიკაშვაშის შეჩერება მინიმუმებში არ არის შემჩნეული.  
თუ გამოვიყენებთ ფორმულას

$$\alpha_0^0 = 1 - \lambda'' + \frac{1 - \lambda'}{\lambda^2}, \quad (\theta \rightarrow \varphi) \quad (18)$$

იმ დაშვებით, რომ  $\alpha_0^0 = 0.90$ , უკითელ სხივებში იგი მოგვცემს  $k = 0.950$  და ლურჯ სხივებში —  $k = 0.944$ .

სიკაშვაშის მრუდების ამოხსნით პიოტროვსკის მეთოდით მიღებულია ელემენტების შემდეგი მნიშვნელობანი (ცხრილი VIII).

ცხრილი VIII თაბლიца

	$\frac{\text{უკითელ სხი-}}{\text{ვებში}} \frac{\text{ლურჯ სხი-}}{\text{ვებში}}$	$\frac{\text{უკითელ სხი-}}{\text{ვებში}} \frac{\text{ლურჯ სხი-}}{\text{ვებში}}$
	В желтых лучах	В синих лучах
სიკაშვაშის უდიდესი დანაკარგი		
Наиболочная потеря блеска		
გარსკვლავების ნახვარღერძების შეფარდება	$\alpha_0^0$	0.90
Отношение полуосей звезд	$k$	0.950
ფიფი გარსკვლავის დიდი ნახვარღერძი		0.944
Большая полуось большей звезды	$a_1$	0.256
ფიფი გარსკვლავის მცირე ნახვარღერძი		0.255
Малая полуось большой звезды	$b_1$	0.247
კომპონენტების ელიფსურობა		0.247
Эллиптичность компонент.	$\zeta$	0.0708
ეფიდიანული კვისი გარსკვლავის ტერიტორია		0.1124
Эксцентриситет мер. сечения	$e$	0.266
მცირე გარსკვლავის დიდი ნახვარღერძი		0.335
Большая полуось меньшей звезды	$a_2$	0.243
მცირე გარსკვლავის მცირე ნახვარღერძი		0.242
Малая полуось меньшей звезды	$b_2$	0.234
ფიფი გარსკვლავის სიკაშვა		0.228
Блеск большой звезды	$L_1$	0.5429
მცირე გარსკვლავის სიკაშვა		0.5410
Блеск меньшей звезды	$L_2$	0.4571
არავალის კოფიციენტი		0.4590
Коэффициент отражения	$b$	0.0093
ორბიტის დაბრა		0.0054
Наклон орбиты	$i$	86°54'
		86°53'

სიკაშვაშის დანაკარგის ქსხვადასხვა  $\pi$  ნაწილების შესაბამი კუთხეები  $\Theta$  გამოვითვალით ფორმულით:

$$\sin^2 \Theta = \frac{a_1^2 (1 - \zeta \cos^2 \Theta) [\varphi(k, n\alpha_0^0)]^2 - \cos^2 i}{\sin^2 i}, \quad (18a)$$

$$\text{სადაც } \varphi(k, \alpha_0^0) = 1 + kp(k, \alpha_0^0), \quad n = \frac{\alpha}{\alpha_0^0},$$

ა ფორმეტრიული ფაზაა.

\* ( $\theta \rightarrow \varphi$ ) ნიშნავს, რომ მცირე გარსკვლავი ფარავს დიდს.

( $\theta \rightarrow \varphi$ ) იმართ, რომ მაღალ ვარავს ვარავს დიდს.

გამოთვლების დროს  $p(k, \alpha)$  ფუნქციის ათვის გამოყენებული იყო ვ. ვ. სევიჩის<sup>32</sup> ცხრილები.

მთავარი მინიმუმების წარმოდგენა მოყვანილია IX ცხრილში, სადაც  $\Theta_0$  და  $\Theta_c$  ფაზების დაკვირვებული და გამოთვლილი მნიშვნელობებია.

რადგანიც ორივე სხივებში მეორადი მინიმუმი უფრო განიერია, ვიდრე მთავარი, ამიტომ ელემენტების მიღებული მნიშვნელობებით მეორადი მინიმუმი კარგად არ წარმოდგება. გამოთვლილი წერტილები უფრო მაღლა ლაგდება, ვიდრე დაკვირვებული.

მინიმუმების წარმოდგენა უკითელ და ლურჯ სხივებში მოყვანილია მე-7 და მე-8 ნახაზებზე, შესაბამისად (ა მთავარი მინიმუმია, ნ — მეორადი მინიმუმი).

U პიპორები, ელიფსური ორბიტის დაშვებით სიკაშვაშის მრუდები გადაწყვეტილი იყო რენარდის<sup>33</sup> (H. Russell) მეთოდით. ელიფსური ორბიტის შემთხვევაში დაბნესელი დებიტი  $\alpha_1$  და  $\alpha_2$ , შესაბამი ფაზების დროს მთავარ და მეორად მინიმუმში, უნდა აქმაყოფილებდეს პირობას:

$$\frac{1 - \lambda'}{\alpha_1 k^2} + \frac{1 - \lambda''}{\alpha_2} = 1, \quad (\theta \rightarrow \varphi) \quad (19)$$

რესელის მეთოდის თანახმად ორბიტის ელემენტები  $\alpha$  და  $\text{ctg } i$  მიიღება ფორმულებიდან

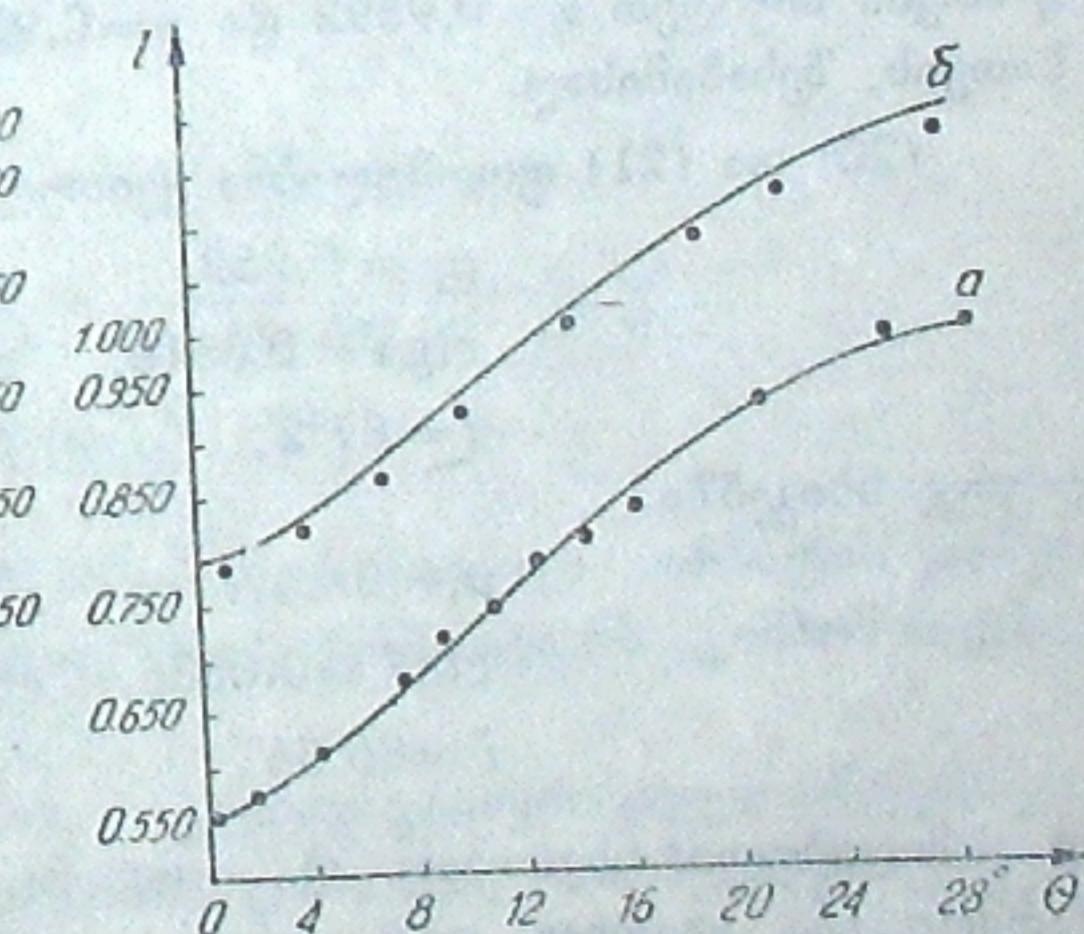
$$\alpha'_1 = \alpha_1 (1 - g\eta), \quad \text{ctg } i' = \text{ctg } i (1 - 2g\eta), \quad (20)$$

$$\alpha''_1 = \alpha_1 (1 + g\eta), \quad \text{ctg } i'' = \text{ctg } i (1 + 2g\eta), \quad (21)$$

სადაც  $g = c \cos \omega$ ,  $c$  ორბიტის ექს-ცენტრისიტეტია,  $\omega$  — პერიასტრის გრძელი აღმავალი კვანძიდან,  $\eta = \frac{1}{3} (2 + \cos \zeta)$ ,  $\zeta$   $\Theta$ -ს მნიშვნელობაა შესაბამი მინიმუმის დასაწყისში ან დამთავრებისას.

$$g = \frac{(p_2 - p_1) k}{2 + (p_1 + p_2) k} \quad (22)$$

იგულისხმება, რომ მთავარი და მეორადი მინიმუმები ხდება სხვადასხვა წრიულ ორბიტი, რომელთა დახრებია  $i'$  და  $i''$ , ხოლო  $\alpha'_1$  და  $\alpha''_1$  დიდი გარსკვლავის დიდი ნახვარღერძებია, შესაბამი-



ნახ. 7 ზერტ.

სად.  $g$  და  $\omega$ -ს სათანადო შერჩევით წრიული ორბიტები ერთიანდება ერთ ელიფსურ ორბიტი.

სიდიდეები  $a_1$  და  $\operatorname{ctg} i$ , მიღებულნი (20) და (21) ფორმულებიდან, უნდა დაემთხვეს ერთმანეთს.  $a_1$  და  $k$ -ს ვაძლევთ სხვადასხვა მნიშვნელობას და (19) და (22) განტოლებებიდან ვღებულობთ  $a_2$ -ს და  $g$ -ს. გვიხდება რამდენიმე ცდა იმისათვის, რომ მივაღწიოთ სიკაშაშის მრუდების საუკეთესოდ წარმოდგენას. თუ გამოვიყენებთ ჰეტცერის (E. Hetzer) ცხრილს:  $\sqrt{w} = \delta = \varphi(k, \alpha)$ , შეგვიძლია (22) ფორმულა ასე გადავწეროთ  $^{30}$ :

$$g = \frac{\varphi(k, \alpha_2) - \varphi(k, \alpha_1)}{\varphi(k, \alpha_2) + \varphi(k, \alpha_1)} \quad (23)$$

დაუშვებთ რა, რომ  $\alpha_1^0 = 0.904$

და  $k = 0.950$ , (19) და (23)-დან ვღებულობთ:

$\alpha_2^0 = 0.895$ ,  $g = 0.03$ —ყვითელ სხივებში;

$\alpha_2^0 = 0.899$  და  $k = 0.950$ ,  $\alpha_1^0 = 0.890$ ,  $g = 0.03$ —ლურჯ სხივებში.

რადგანაც სიკაშაშის მრუდებზე მეორადი მინიმუმის გადაადგილება ორი მომდევნო მთავარი მინიმუმის შუა ადგილის მიმართ არ არის შემჩნეული, ამიტომ

$$\omega = 90^\circ, e = 0.03.$$

$\eta$ -სთვის მივიღეთ  $\eta = 0.9592$  და  $\eta = 0.9581$  მთავარი და მეორადი მინიმუმისათვის, შესაბამისად.

(20) და (21) ფორმულებმა ყვითელ სხივებში მოგვცა:

$$a'_1 = 0.252, \quad a''_1 = 0.266,$$

$$\operatorname{ctg} i' = 0.0518, \quad \operatorname{ctg} i'' = 0.0578,$$

$$i' = 87^\circ 2', \quad i'' = 86^\circ 41'.$$

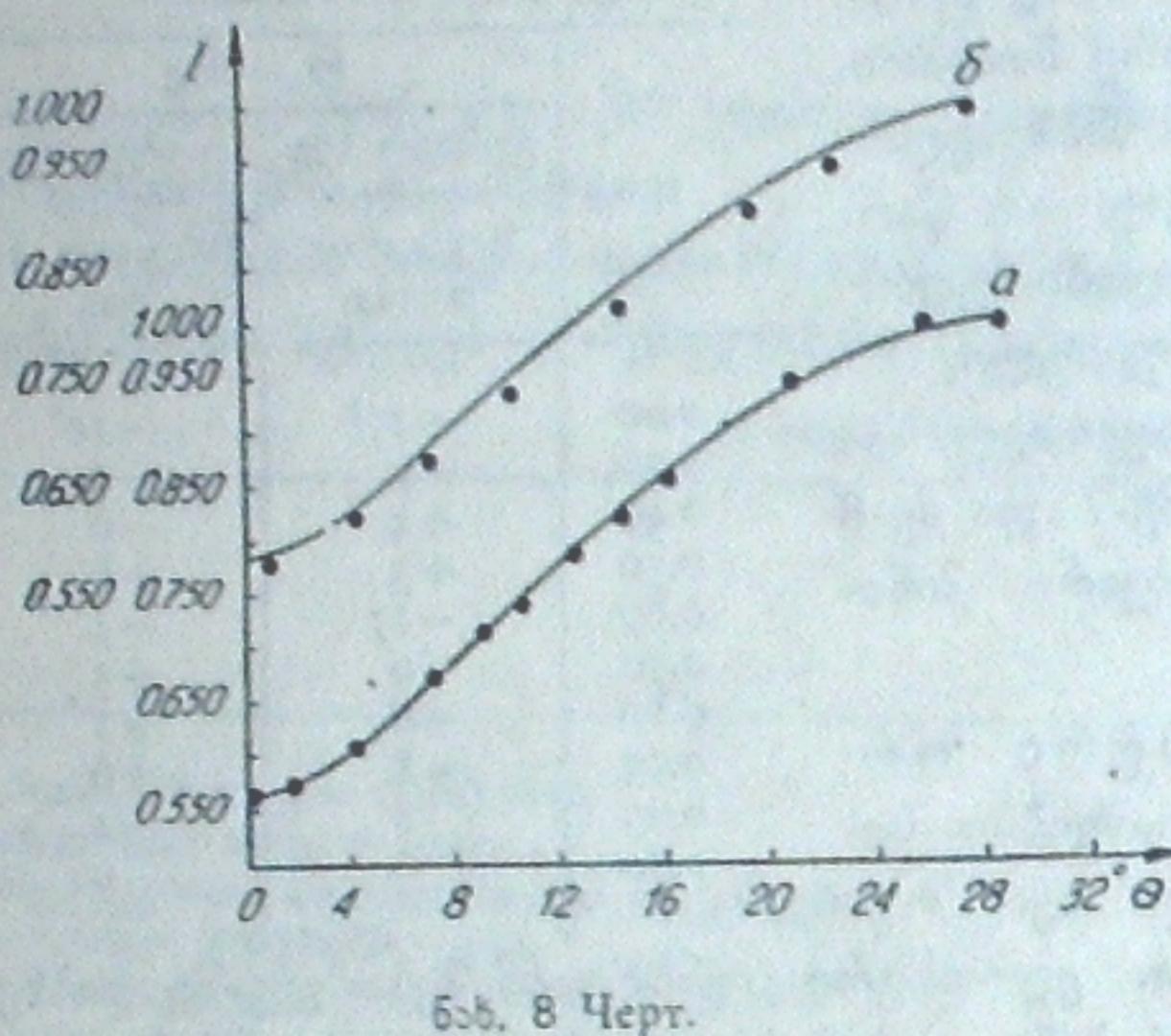
ლურჯ სხივებში:

$$a'_1 = 0.257, \quad a''_1 = 0.272,$$

$$\operatorname{ctg} i' = 0.0536, \quad \operatorname{ctg} i'' = 0.0599,$$

$$i' = 86^\circ 56', \quad i'' = 86^\circ 34'.$$

მიღებული სხვაობანი  $\Theta_0 - \Theta_e$  მოყვანილია X ცხრილში. მინიმუმების წარმოდგენა ყვითელ და ლურჯ სხივებში მოყვანილია მე-9 და მე-10 ნახებზე, შესაბამისად (ა—მთავარი მინიმუმი, ბ—მეორადი მინიმუმი).

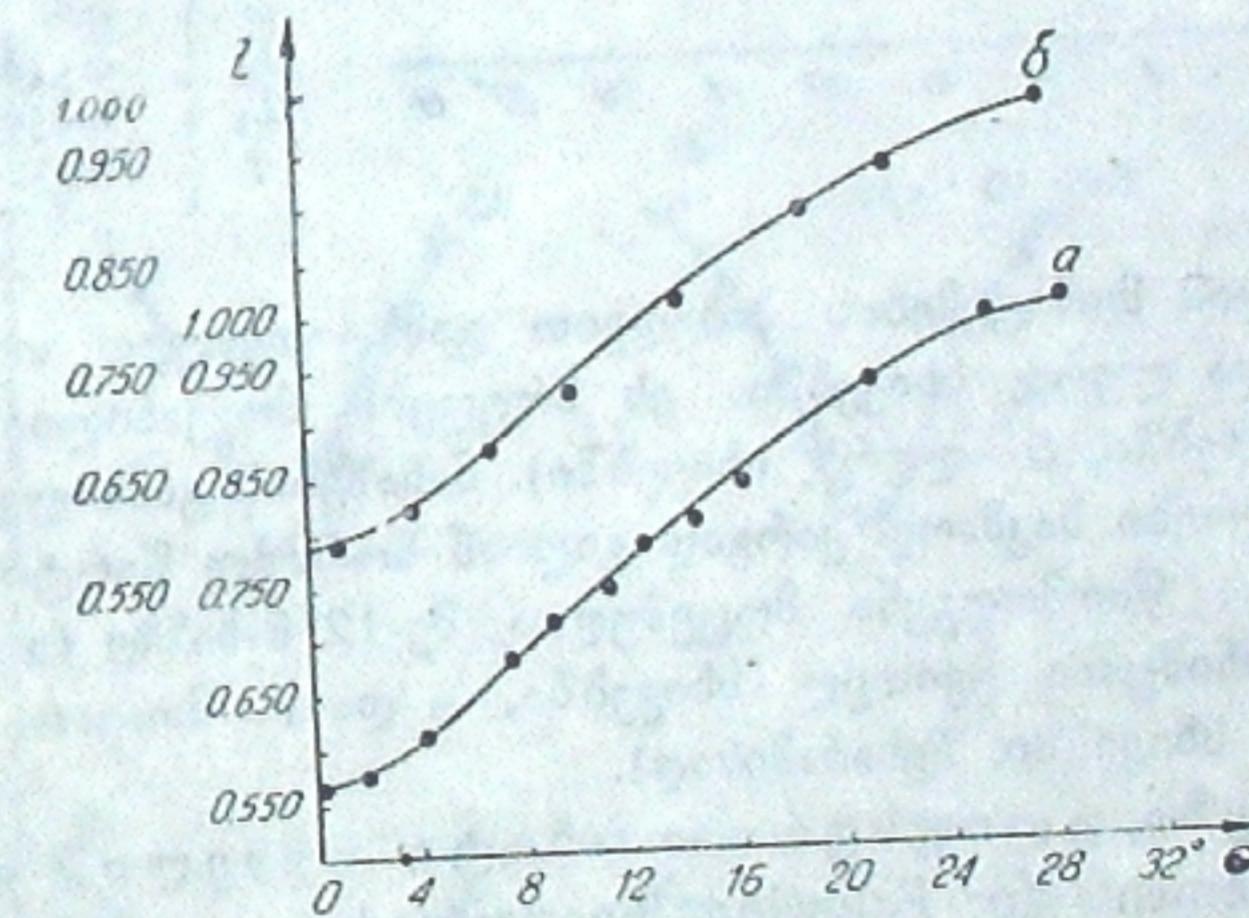


ნახ. 8 ზერ.

ცხრილი X თაბლიца

n	$\Theta_0 - \Theta_e$			
	ყვითელ სხივებში В желтых лучах		ლურჯ სხივებში В синих лучах	
მთავარი მინიმუმი Главный минимум	მეორადი მინიმუმი Вторичный минимум	მთავარი მინიმუმი Главный минимум	მეორადი მინიმუმი Вторичный минимум	
0.00	+6'	+23'	+9'	+3'
0.20	-4	-5	-10	-6
0.40	-4	-3	-6	-7
0.50	-10	+3	-11	+4
0.60	-4	+6	-4	0
0.70	+8	+5	+5	+6
0.80	+8	+2	+1	-2
0.90	-3	+6	+7	-2
0.95	-4	-3	-4	-3
1.00	0	0	0	0

სხვაობანი  $\Theta_0 - \Theta_e$  თითქმის არ გამოდიან იმ საზღვრებიდან, რა სიზუსტითაც შეგვიძლია ავითვალოთ  $\Theta_0$  მრუდზე.



ნახ. 9 ზერ.

ფორმულები ელემენტები U პიპოთებით წრიული ორბიტის დაშვებით—მოყვანილია XI ცხრილში. ცხრილში γ წარმოადგენს კომპონენტების ზედაპირული სიკაშაშების შეფარდებას.

სიკაშაშის თეორიული მრუდების მისაღებად გამოვითვალეთ ინტენსივობანი  $\Theta$ -ს იმ მნიშვნელობათათვის, რომელიც გამოსავალ ნორმულ შერტილებს შეესაბამებიან. ჯერ გამოვითვალეთ რექტიფიცირებული ინტენსივობანი;  $\Theta$ -ს შესაბამისი მიხედვით კითვლიდით ჩ-ს, უკანასკნელის მიხედვით ვპოულობდით  $\alpha^\circ$ , საიდან მიხედვით ვითვლიდით ჩ-ს, უკანასკნელის მიხედვით  $\alpha^\circ$ , საიდან

ნაც ვლებულობდით  $1-l=Lx$ . შემდეგ ჩავატარეთ რექტიფიკაციის შებრუნვა-ბული პროცესი ფორმულით:

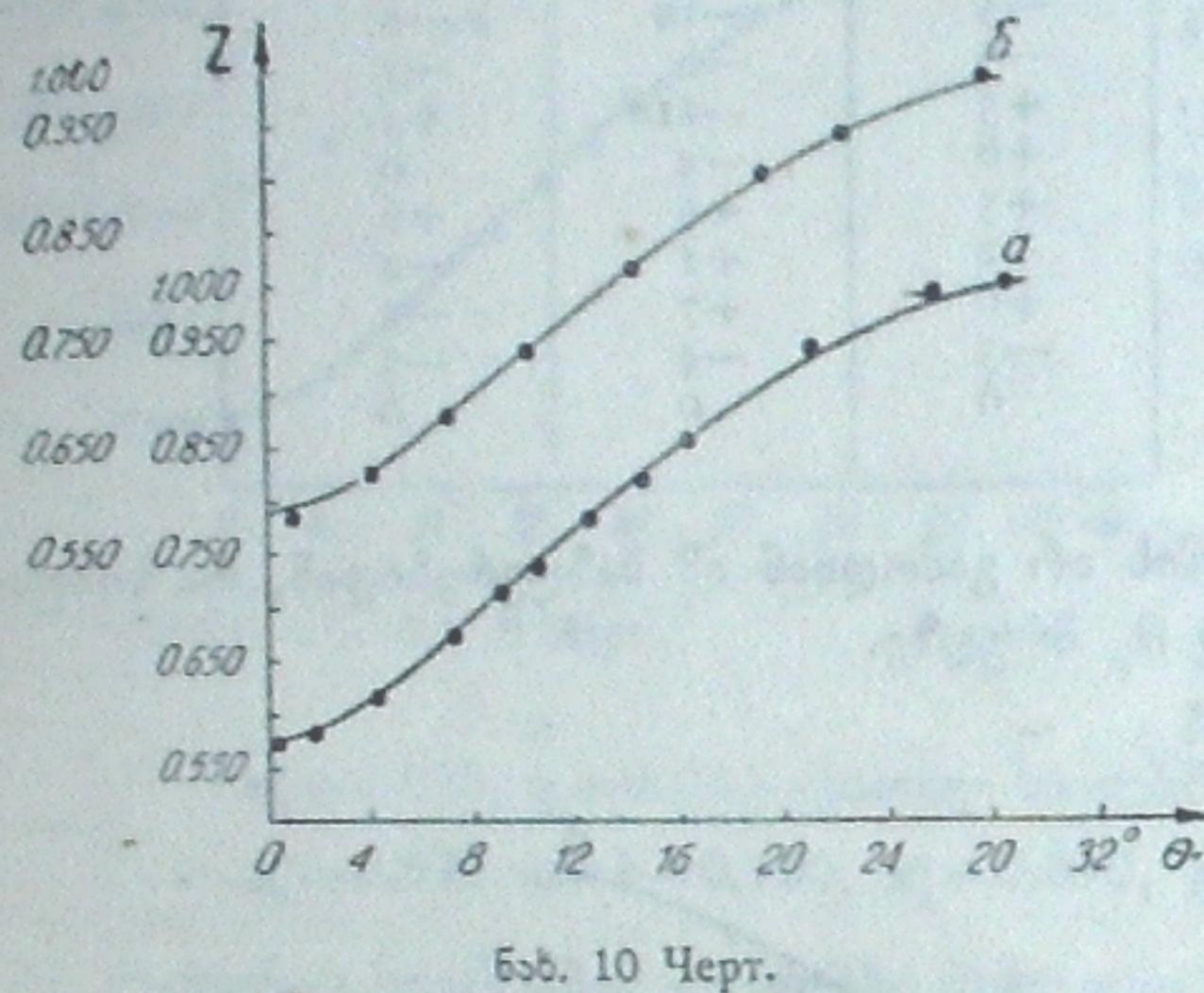
$$l_R = l_{\text{rect}}(a+A)(1-\zeta \cos^2 \Theta) - A - b \cos \Theta + C \cos^2 \Theta \quad (23a)$$

$l_{\text{rect}}$  არის სისტემის ელემენტებით გამოთვლილი რექტიფიცირებული ინტენსივობა.

ფორმულის:

$$\Delta m = 2.5 \lg l + \Delta m_0$$

დახმარებით გადავიდით  $\Delta m$ -ზე.



ნახ. 10 ჩერტ.

ცხრილი XI თანახმარებელი

	ყვითელ სხივებში В желтых лучах	ღურჯ სხივებში В синих лучах
$k$	0.90	0.950
$i$	$86^{\circ}52'$	$86^{\circ}45'$
$a_1$	0.259	0.265
$b_1$	0.250	0.250
$\varepsilon$	0.266	0.335
$a_2$	0.246	0.252
$b_2$	0.237	0.237
$e$	0.03	0.03
$\omega$	90°	90°
$L_1$	0.5403	0.5433
$L_2$	0.4597	0.4567
$\gamma$	0.937	0.936

XI ცხრილის მონაცემების მიხედვით გამოვითვალეთ თეორიული მრუდები ყვითელ და ღურჯ სხივებში. ეს მრუდები მოყვანილია მე-11 ნახაზზე (ა—ყვითელ სხივებში, ბ—ღურჯ სხივებში). ნახაზების განხილვიდან ჩანს, რომ თეორიული მრუდები საკმაოდ კარგად გადიან ნორმულ წერტილებს შორის.

მინიმუმების წარმოდგენა მოცემულია მე-12 ნახაზზე (ა და ბ მთავარი და მეორადი მინიმუმი ყვითელ სხივებში, ვ და გ—მთავარი და მეორადი მინიმუმი ღურჯ სხივებში, შესაბამისად).

ა ჰიბრიდური, ელიფსური ორბიტა. რესელი<sup>34</sup> თავის შრომაში „Intermediary Elements for Eclipsing Binaries“ იძლევა ფორმულებს გრავიტაციული ეფექტისა კა და კიდევებისაკენ სიკაშკაშის შემცირების კოეფიციენტის გამოსათვლელად ეფექტური ტალღის სიგრძისა და ეფექტური ტემპერატურის საფუძველზე.

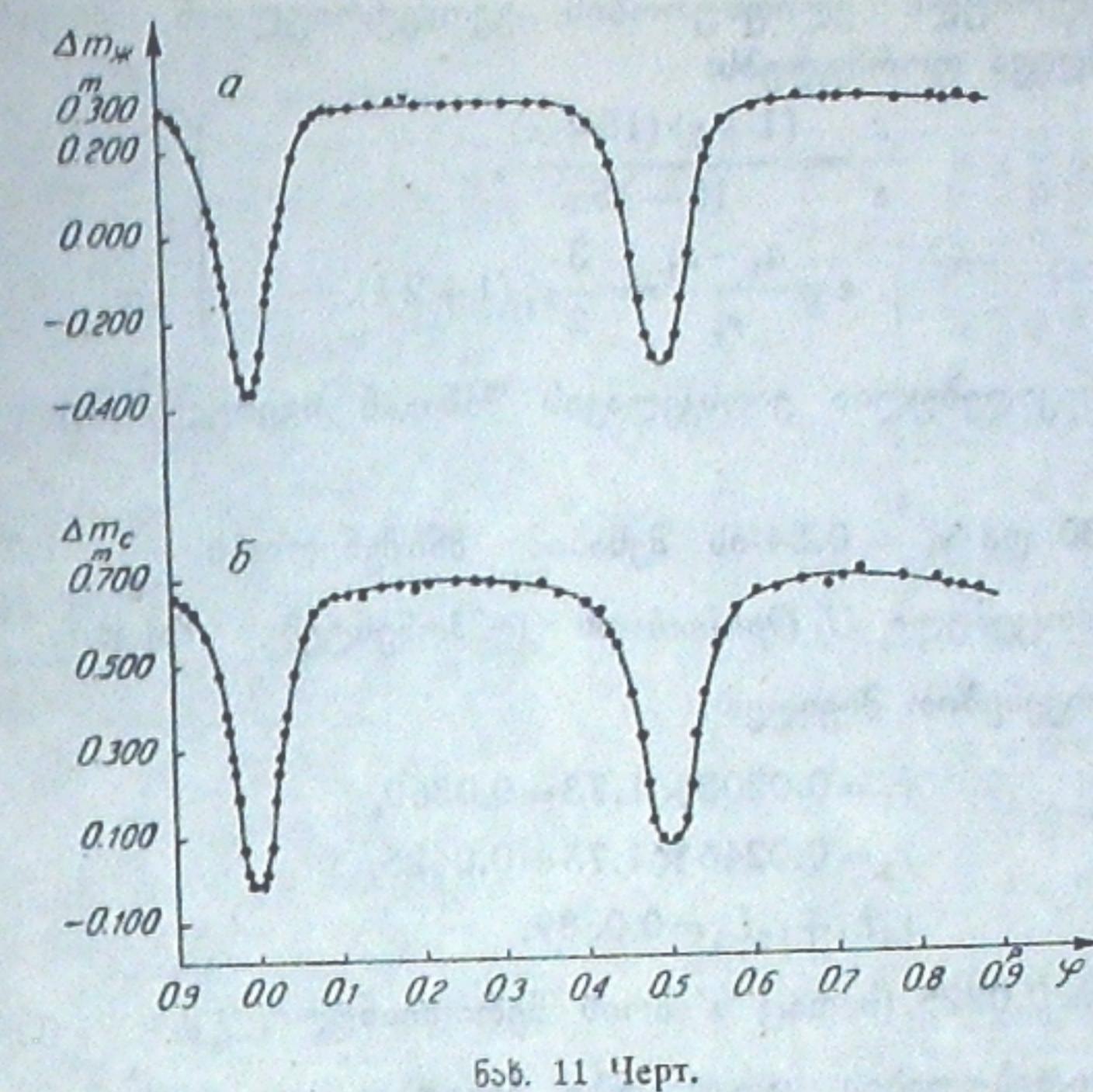
ჩვენ გამოვიყენეთ ეფექტური ტალღის სიგრძის მნიშვნელობანი ჩვენი ელექტროფორმეტრისათვის  $\lambda_{\text{eff}} = 381 \text{ nm}$ , ღურჯ სხივებში,  $\lambda_{\text{eff}} = 527 \text{ nm}$ — ყვითელ სხივებში და *U Ophiuchi*-ს ეფექტური ტემპერატურა, მოცემული პირსის<sup>35</sup> (Pearce) მიერ:  $T_{\text{eff}} = 14000^\circ$ ; მივიღეთ:

ყვითელ სხივებში:

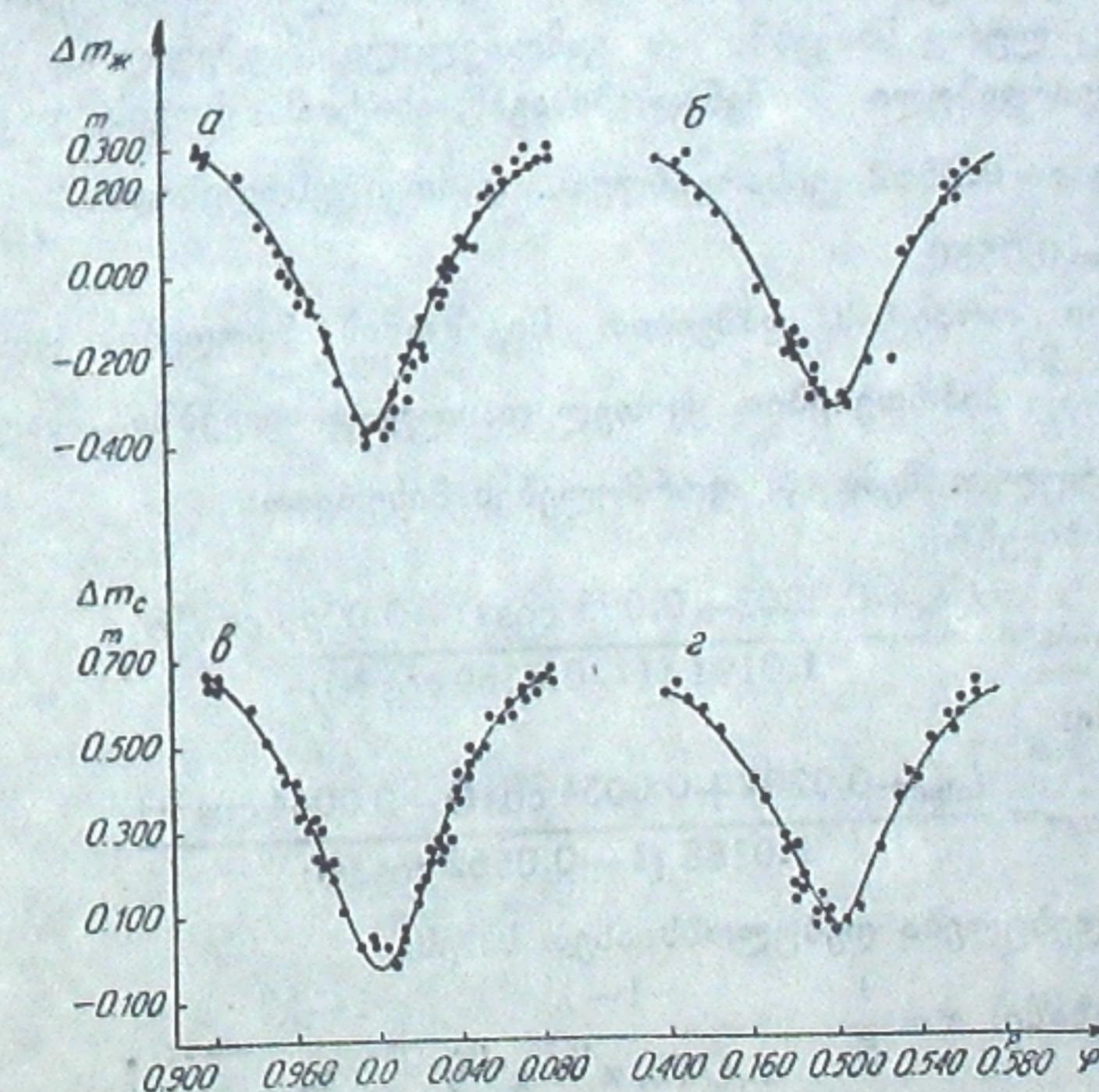
$$x_\lambda = 0.30, y_\lambda = 0.54,$$

ღურჯ სხივებში:

$$x_\lambda = 0.40, y_\lambda = 0.73,$$



ნახ. 11 ჩერტ.



ნახ. 12 ჩერტ.

3. აბასთ, ასტროფ., ობსერვ. ბიუდ., № 10

ფოტომეტრიული ელიფსურობის გეომეტრიულთან შედარდებისათვის  
რესული იძლევა ფორმულებს:

$$\left. \begin{aligned} \frac{c}{s} &= \frac{(1+y)(15+x)}{15-15x}, \\ s &= \frac{a_1 - b_1}{r_1} = \frac{3}{2} r_1^3 (1+2k), \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

სადაც  $k$  დამოკიდებულია ვარსკვლავის ზინაგან აგებულებაზე და ნაკლებია კიდრე 0.02.

$x_1 = 0.30$  და  $y_1 = 0.54$ -ის შესაბამი მნიშვნელობის  $\frac{c}{\varepsilon} = 1.73$  და პაი-  
კის ასეთ მიერ მოცული  $U$  *Ophiuchi*-ის კომპონენტების მასების შეფარდების  
 $m_1 = 0.87$  გამოყენებით მივიღეთ:

$$m_1 \quad c_1 = 0.0208 \times 1.73 = 0.0360, \\ c_2 = 0.0246 \times 1.73 = 0.0425 \\ c_1 L_1 + c_2 L_2 = 0.0389.$$

$\epsilon = \frac{1}{2}\epsilon'' = 0.0225$  (სადაც  $\epsilon'$  არის მერიდიანული კვეთის ექსცენტრისი-  
ტი) დამოკიდებულების საფუძველზე მივიღეთ ელიფსურობის ფაქტორის  
თეორიულ-გეომეტრიული მნიშვნელობა  $\zeta = 0.0450$  ყვითელ სხივებში.

რადგანაც ლურჯ სხივებში  $c$ -ს გამოთვლილი მნიშვნელობა ძლიერ განსხვავდება დაკვირვებული მნიშვნელობისაგან, ამიტომ  $c$ -სთვის დაკვირვებული მნიშვნელობით  $c = 0.0562$  ვისარგებლეთ. დამოკიდებულებიდან  $\frac{c}{\varepsilon} = 2.04$  გამოვთვალით  $\varepsilon = 0.0550$ .

ელიტური თანამდებობის სიკაშვაშის მრუდები გადავწყვიტი

$x = \frac{1}{5}$  და  $x = \frac{2}{5}$  პიპოთებით ყვითელ და ლურჯ სხა ფირფით შეგვასრულეთ შემდეგი ფორმულების მიხედვით

$$l_{\text{rect}} = \frac{l_{\text{obs}} + 0.0202 + 0.093 \cos \Theta - 0.0064 \cos^3 \Theta}{1.0191 (1 - 0.0389 \cos^2 \Theta)}, \quad (25)$$

ლურჯ სხივებში:

$$l_{\text{rect}} = \frac{l_{\text{obs}} + 0.0202 + 0.0054 \cos \Theta - 0.0064 \cos^2 \Theta}{1.0188 (1 - 0.0562 \cos^2 \Theta)}. \quad (26)$$

მე-(19) დამოკიდებულება ლებულობს ასეთ სახეს

$$\text{ဒိုက်ကြပ်နှင့်: } x = \frac{1}{5} - \frac{1-\lambda'}{\alpha_1(k, \alpha'^{1/l_1}, \alpha''^{1/l_2})} + \frac{1-\lambda''}{\alpha_2} = 1; \quad (27)$$

$$\text{პიპოთებაში: } x = \frac{2}{5} - \frac{1-\lambda'}{\alpha_1 Q(k, \bar{\alpha}'^{1/5}, \alpha''^{1/5})} + \frac{1-\lambda''}{\alpha_2} = 1, \quad (28)$$

ბნელებადი ცვალებადი გარსკვლავის — U Opuchi-ს ელექტროკოლორიმეტრის

Землемеріння XII Габріїл

$$Q(k, \alpha'^3/\delta, \alpha'^{m^1}/\delta)$$

$\alpha'^{1/2}$	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
0.10	1.0000	0.9003	0.8067	0.7178	0.6340	0.5500	0.4829	0.4150	0.3530	0.2953	0.2434	0.1962	0.1544	0.1177	0.0862	0.0595	0.0379
0.20	1.0000	0.9007	0.8067	0.7174	0.6340	0.5555	0.4824	0.4146	0.3520	0.2947	0.2426	0.1956	0.1538	0.1172	0.0857	0.0591	0.0375
0.30	1.0000	0.9009	0.8070	0.7181	0.6344	0.5560	0.4828	0.4141	0.3524	0.2947	0.2426	0.1957	0.1538	0.1170	0.0855	0.0590	0.0374
0.40	1.0000	0.9014	0.8076	0.7193	0.6355	0.5579	0.4838	0.4157	0.3530	0.2954	0.2431	0.1961	0.1540	0.1172	0.0856	0.0590	0.0379
0.50	1.0000	0.9019	0.8087	0.7201	0.6367	0.5583	0.4850	0.4169	0.3541	0.2963	0.2438	0.1966	0.1544	0.1175	0.0858	0.0591	0.0375
0.60	1.0000	0.9026	0.8100	0.7218	0.6384	0.5594	0.4867	0.4186	0.3555	0.2975	0.2448	0.1974	0.1550	0.1180	0.0861	0.0592	0.0376
0.70	1.0000	0.9036	0.8116	0.7241	0.6407	0.5624	0.4889	0.4205	0.3573	0.2991	0.2461	0.1985	0.1559	0.1185	0.0865	0.0595	0.0377
0.80	1.0000	0.9051	0.8137	0.7266	0.6435	0.5657	0.4917	0.4231	0.3596	0.3011	0.2479	0.1998	0.1570	0.1194	0.0871	0.0599	0.0380
0.90	1.0000	0.9069	0.8168	0.7301	0.6475	0.5693	0.4955	0.4267	0.3628	0.3039	0.2503	0.2018	0.1586	0.1206	0.0880	0.0605	0.0385
0.95	1.0000	0.9084	0.8189	0.7328	0.6503	0.5715	0.4983	0.4292	0.3651	0.3060	0.2520	0.2033	0.1597	0.1215	0.0886	0.0609	0.0386

ქმნილი XII თაბულა

$\alpha'^{3/5}$	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
0.10	0.1000	0.0975	0.0957	0.0942	0.0930	0.0912	0.0906	0.0900	0.0897	0.0895	0.0895	0.0896	0.0899	0.0900	0.0911	0.0922	
0.20	0.2000	0.1950	0.1913	0.1884	0.1860	0.1840	0.1823	0.1809	0.1800	0.1791	0.1785	0.1782	0.1784	0.1790	0.1800	0.1813	
0.30	0.3000	0.2927	0.2874	0.2831	0.2796	0.2767	0.2742	0.2723	0.2706	0.2693	0.2683	0.2677	0.2674	0.2682	0.2683	0.2711	
0.40	0.4000	0.3900	0.3907	0.3839	0.3786	0.3742	0.3705	0.3673	0.3647	0.3625	0.3608	0.3594	0.3585	0.3580	0.3585	0.3616	
0.50	0.5000	0.4890	0.4890	0.4812	0.4750	0.4698	0.4654	0.4617	0.4587	0.4538	0.4540	0.4524	0.4512	0.4504	0.4502	0.4536	
0.60	0.6000	0.5879	0.5794	0.5726	0.5669	0.5622	0.5582	0.5548	0.5520	0.5496	0.5477	0.5463	0.5454	0.5450	0.5452	0.5479	
0.70	0.7000	0.6875	0.6788	0.6719	0.6662	0.6613	0.6573	0.6537	0.6508	0.6483	0.6460	0.6447	0.6437	0.6431	0.6439	0.6456	
0.80	0.8000	0.7881	0.7800	0.7736	0.7683	0.7658	0.7600	0.7567	0.7539	0.7515	0.7495	0.7480	0.7465	0.7463	0.7467	0.7480	
0.90	0.9000	0.8905	0.8844	0.8785	0.8787	0.8720	0.8664	0.8664	0.8641	0.8622	0.8606	0.8593	0.8589	0.8583	0.8576	0.8588	
0.95	0.9500	0.9432	0.9390	0.9362	0.9326	0.9302	0.9280	0.9261	0.9244	0.9230	0.9219	0.9210	0.9203	0.9200	0.9201	0.9204	
1.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	

 $Q(k, \alpha'^{3/5}, \alpha'^{3/5})$ 

$\alpha'^{3/5}$	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
0.10	1.0000	0.8983	0.8023	0.7114	0.6264	0.5467	0.4733	0.4055	0.4028	0.2857	0.2341	0.1880	0.1472	0.1116	0.0807	0.0556	0.0351
0.20	1.0000	0.8983	0.8023	0.7114	0.6264	0.5469	0.4731	0.4048	0.4037	0.2852	0.2335	0.1873	0.1464	0.1107	0.0803	0.0549	0.0344
0.30	1.0000	0.8988	0.8032	0.7127	0.6277	0.4454	0.4744	0.4063	0.4057	0.2859	0.2339	0.1875	0.1465	0.1107	0.0803	0.0546	0.0344
0.40	1.0000	0.9001	0.8047	0.7148	0.6300	0.5507	0.4765	0.4081	0.4062	0.2873	0.2350	0.1883	0.1470	0.1111	0.0804	0.0549	0.0344
0.50	1.0000	0.9011	0.8077	0.7174	0.6328	0.5534	0.4792	0.4106	0.4062	0.2892	0.2367	0.1896	0.1480	0.1117	0.0808	0.0551	0.0346
0.60	1.0000	0.9027	0.8096	0.7207	0.6363	0.5570	0.4828	0.4139	0.4118	0.2917	0.2388	0.1913	0.1493	0.1127	0.0815	0.0555	0.0348
0.70	1.0000	0.9028	0.8130	0.7249	0.6410	0.5616	0.4871	0.4180	0.4161	0.2950	0.2414	0.1935	0.1511	0.1140	0.0824	0.0561	0.0351
0.80	1.0000	0.9076	0.8174	0.7303	0.6468	0.5691	0.4930	0.4234	0.4218	0.2992	0.2451	0.1964	0.1533	0.1158	0.0836	0.0569	0.0356
0.90	1.0000	0.9103	0.8239	0.7372	0.6575	0.5760	0.5011	0.4309	0.4297	0.3051	0.2501	0.2006	0.1551	0.1184	0.0855	0.0581	0.0361
0.95	1.0000	0.9147	0.8287	0.7442	0.6612	0.5821	0.5070	0.4363	0.4356	0.3096	0.2539	0.2038	0.1591	0.1203	0.0868	0.0591	0.0369
1.00	1.0000	0.9213	0.8384	0.7552	0.6735	0.5945	0.5190	0.4476	0.4476	0.3176	0.2616	0.2166	0.1643	0.1643	0.0897	0.0610	0.0381

ბერებადი ცვალებადი გარსკვლაის — U Oriuchi-ს ელექტროოპოლორიმეტრია

 $Q(k, \alpha'^{x_1}, \alpha''^{x_1})$  ფუნქციის განმსაზღვრელ ფორმულას აქვს ასეთი სახე:

$$Q(k, \alpha'^{x_1}, \alpha''^{x_1}) = \frac{\alpha''^{x_1}}{\alpha'^{x_2} \alpha''^{x_1}} \frac{(3-3x_1)k^2 + 2x_1[1-V(1-k^2)^2]}{3-x_1}. \quad (29)$$

ცესევიჩის <sup>37</sup> მიერ დატაბულებულია ფუნქცია:

$$K(k, x) = \frac{(3-3x_1) + 2x_1[1-V(1-k^2)^2]}{\alpha''^{x_1} (3-x_1)}. \quad (30)$$

ცესევიჩის ცხრილების საფუძველზე ჩვენ დავატაბულეთ ფუნქცია:

 $Q(k, \alpha'^{n_1}, \alpha''^{n_1})$  და  $Q(k, \alpha'^{n_2}, \alpha''^{n_2})$  (იხ. ცხრილი XII).

ორბიტი ამოებს სწორი ისევე, როგორც U ჰიპოთეზში და მივიღეთ შემდეგი ელემენტები:

ყვითელ სხივებში:

$$\alpha'^{n_1} = 0.90, \quad \alpha'^{n_2} = 0.894, \quad k = 0.950, \quad g = 0.034,$$

$$a'_1 = 0.248, \quad a''_1 = 0.264, \quad i' = 86^{\circ}54', \quad i'' = 86^{\circ}28'.$$

ღურჯ სხივებში:

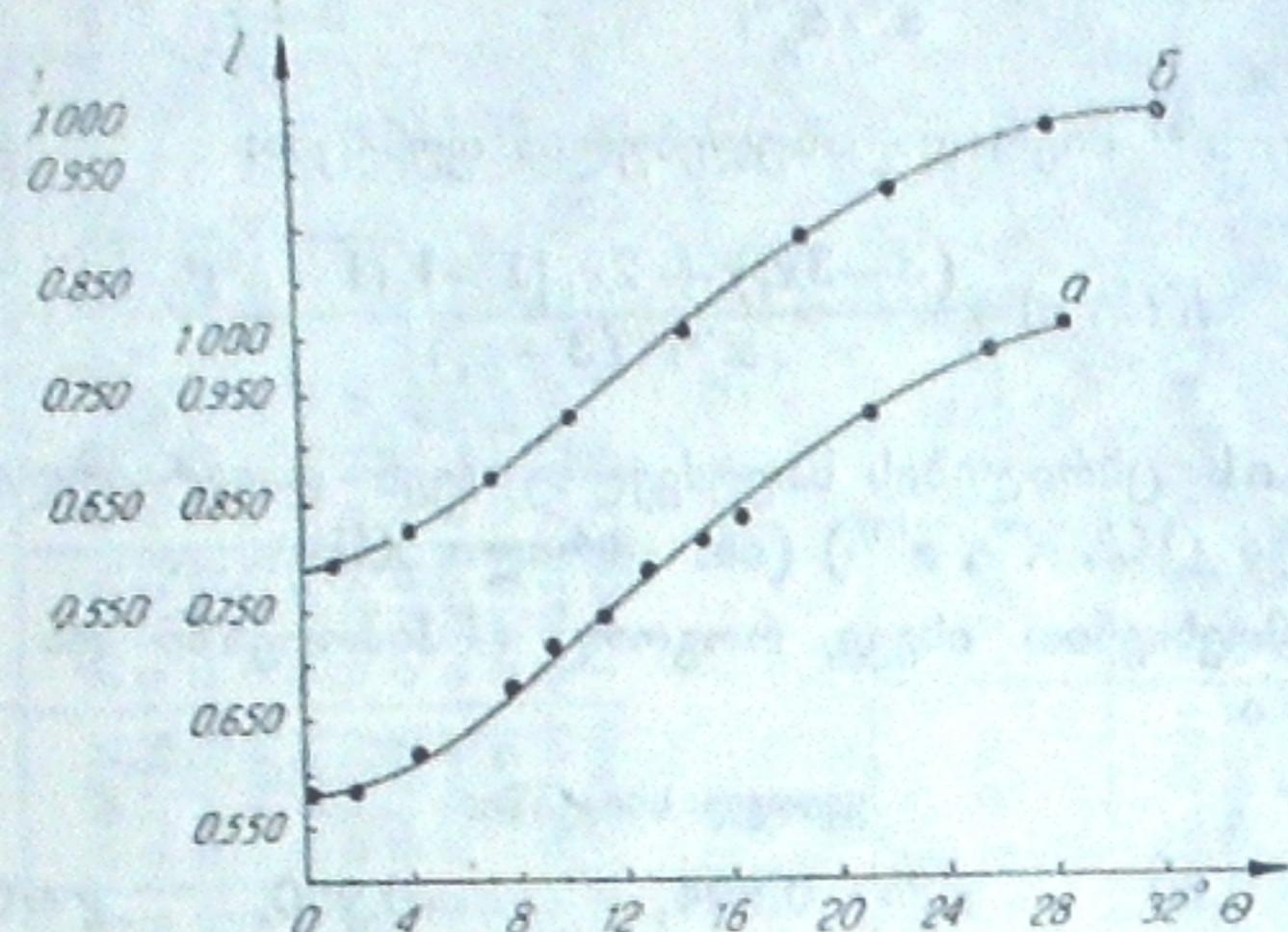
$$\alpha'^{n_1} = 0.892, \quad \alpha'^{n_2} = 0.891, \quad k = 0.950, \quad g = 0.034,$$

$$a'_1 = 0.250, \quad a''_1 = 0.266, \quad i' = 86^{\circ}39', \quad i'' = 86^{\circ}11'.$$

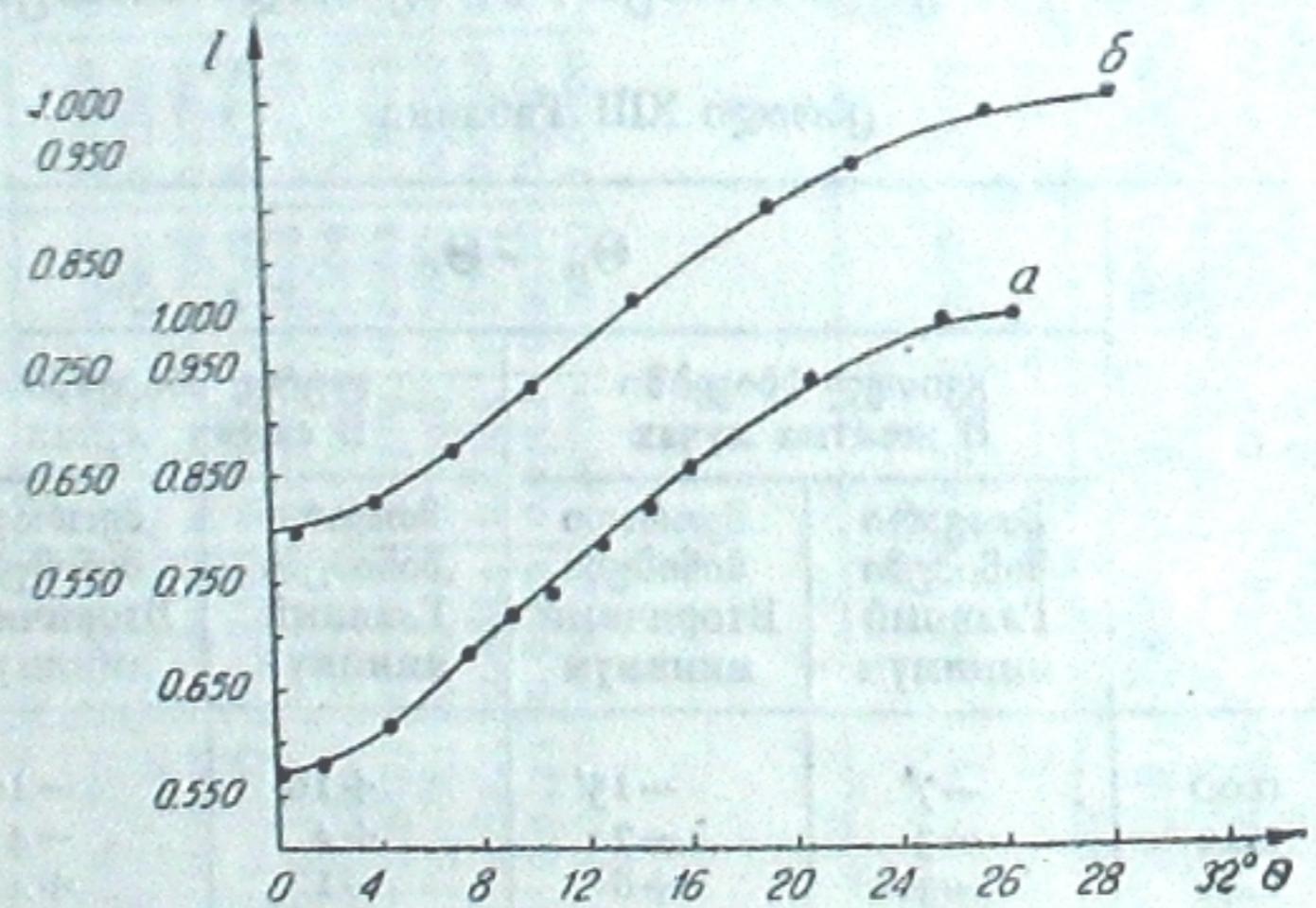
მიღებული სხვაობანი  $\Theta_0 - \Theta_e$  მოყვანილია XIII ცხრილში, ხოლო მინიმუმების წარმოდგენა — ყვითელ და ღურჯ სხივებში — მე-13 და მე-14 ნახევრებზე შესაბამისად (ა — მთავარი მინიმუმი, ბ — მეორადი მინიმუმი).

ცხრილი XIII თაბულა

n	$\Theta_0 - \Theta_e$			
	ყვითელ სხივებში В желтых лучах	ღურჯ სხივებში В синих лучах	მთავარი მინიმუმი	მეორადი მინიმუმი
0.00	-7'	-15'	+18'	-10'
0.20	-3	-7	+4	-4
0.40	-3	+8	+7	+4
0.50	-2	-5	+4	-1
0.60	-3	+1	+4	-1
0.70	+4	-6	+3	-5
0.80	+3			



ნახ. 13 ზერტ.



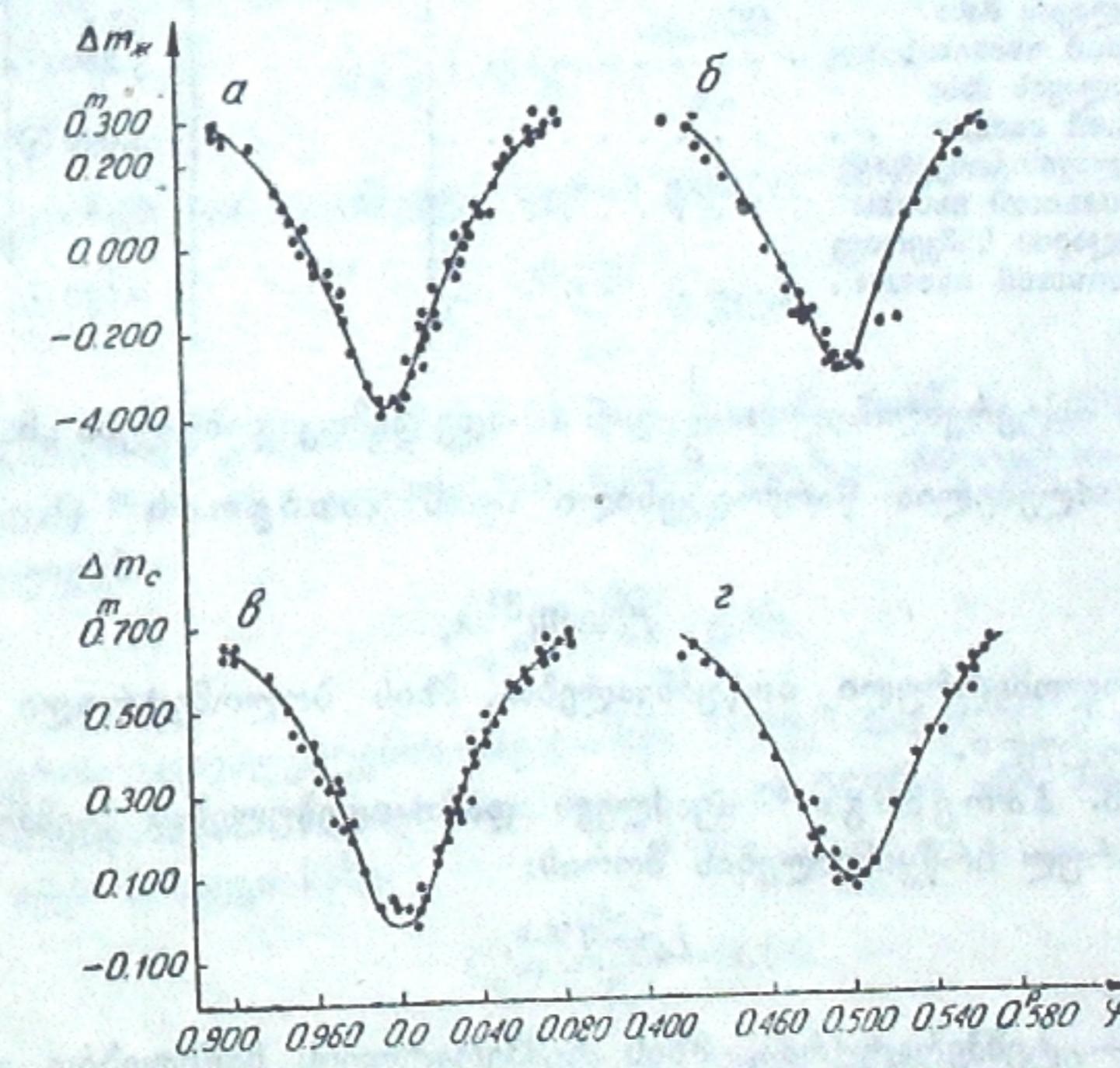
ნახ. 14 ზერტ.

XIV ცხრილში მოყვანილია ფოტომეტრიული ელემენტები.

ცხრილი XIV თაბლიცა

	ყვითელ სხივებში В желтых лучах	ღურჯ სხივებში В синих лучах
$k$	0.950	0.950
$i$	$86^{\circ}41'$	$86^{\circ}21'$
$a_1$	0.256	0.258
$b_1$	0.250	0.251
$e_1$	0.213	0.233
$a_2$	0.243	0.245
$b_2$	0.237	0.238
$e$	0.034	0.034
$\omega$	90°	90°
$L_1$	0.5429	0.5395
$L_2$	0.4571	0.4605

გვ-15 ნახაზზე მოყვანილია სათანადო მინიმუმების ჭარბოდები.



ნახ. 15 ზერტ.

U Ophiuchi-ის აბსოლუტური განხომილებანი და ფიზიკური განვითარებელნი. პლასტეტის სპექტროსკოპული დაკვირვებანი გვაძლევენ:

$$a \sin i = 8.861400 \text{ კმ}$$

XI ცხრილში მოცემული ფოტომეტრიული ელემენტების მნიშვნელობების გამოყენებით მივიღეთ კომპონენტების აბსოლუტური განხომილებანი, მასები და სიმკვრივები (ცხრილი XV).

ცხრილი XV თა ლიცა

	ყვითელ სინ-ვებში В желтых лучах	ღურჯ სინ-ვებში В синих лу- чах
შეფარდებითი ობიექტის რადიუსი Радиус относительной орбиты . . . . .	12.680 Ⓢ	
დიდი ვარსკვლავის ობიექტის რადიუსი Радиус орбиты большой звезды . . . . .	5.950 Ⓢ	
დიდი ვარსკვლავის დიდი ნახევარლერი Большая полуось большой звезды . . . . .	3.280 Ⓢ	3.360 Ⓢ
დიდი ვარსკვლავის ბურთ ნახევარლერი Малая полуось большой звезды . . . . .	3.170	3.170
მცირე ვარსკვლავის დიდი ნახევარლერი Большая полуось меньшей звезды . . . . .	3.120	3.190
მცირე ვარსკვლავის მცირე ნახევარლერი Малая полуось меньшей звезды . . . . .	3.000	3.000
დიდი ვარსკვლავის მასა Масса большой звезды . . . . .	5.280 Ⓢ	
მცირე ვარსკვლავის მასა Масса меньшей звезды . . . . .	4.630 Ⓢ	
დიდი ვარსკვლავის სიმკვრივე Плотность большой звезды . . . . .	0.160 Ⓢ	
მცირე ვარსკვლავის სიმკვრივე Плотность меньшей звезды . . . . .	0.130 Ⓢ	

მასების ინტერვალისთვის  $\frac{1}{3}$ -დან 40-მდე დამოკიდებულება „მასა-ბრწყინვალება“ შესაძლებელია წარმოდგენილი იყოს კაიპერის<sup>38</sup> (Kuiper) ფორმულით:

$$L_b = M^{3/2},$$

სადაც  $L_b$  ბოლომეტრული ბრწყინვალებაა, მზის ბოლომეტრული ბრწყინვალებით გამოხატული.

პროფ. 3. პარენაგოვ<sup>39</sup> გვაძლევს დამოკიდებულებას ტემპერატურასა და ბოლომეტრულ ბრწყინვალებას შორის:

$$L_b = T^{0.5},$$

სადაც  $T' = \frac{T}{T_{\odot}}$  ტემპერატურაა, მზის ტემპერატურის ნაწილებით გამოხატული. თუ ჩავთვლით  $T_{\odot} = 5900^{\circ}$ , მაშან, XV ცხრილის მონაცემებისა და მოყვანილი ფოტომულების საშუალებით გლებულობთ კომპონენტების ტემპერატურის მნიშვნელობებს:

$$T_1 = 14400^{\circ},$$

$$T_2 = 13800^{\circ}.$$

როგორც უკვე აღნიშნეთ U Ophiuchi-ს ფერის ექვივალენტი მთავარ მინიმუმში საგრძნობლად ნაკლებია, ვიდრე სხვა ფაზებში (დაახლოებით  $0^{\circ}04$ -ით). ეს გარემოება გვატიქრებინებს, რომ მცირე ვარსკვლავს (როგორც მთავარ მინიმუმში ჭინ იმყოფება) უნდა ჰქონდეს უფრო ნაკლები ტემპერატურა, ვიდრე დიდიდს, რაც დადასტურდა „მასა-ბრწყინვალების“ დამოკიდებულების საფულიდს. გარდა ამისა, მცირე ვარსკვლავის ტემპერატურა გამოვითვალეთ ფერებზე. გარდა ამისა, მცირე ვარსკვლავის ტემპერატურა გამოვითვალეთ ფერებზე. 3 ლანგის ფორმულის საფუძველზე გამოიყვანება დამოკიდებულება ვარსკვლავის აბსოლუტურ სიდიდესა და ეფექტურ ტემპერატურას შორის<sup>40</sup>:

$$M = -5 \lg r + \frac{1.555}{\lambda_{\text{eff}} T_e} + \text{const.} \quad (31)$$

რადგანაც ინტერნაციონალურ სისტემაში ვიზუალური რადიაციისთვის  $\lambda_0$  აბლობა  $5100\text{\AA}$ -თან, ამიტომ:

$$M_b = -5 \lg r + \frac{30.500}{T_e} + \text{const.} \quad (32)$$

ფოტოგრაფიული რადიაციისთვის  $\lambda_0$  აბლობა  $4250\text{\AA}$ -თან, მაშინადან:

$$M_{\phi} = -5 \lg r + \frac{36.600}{T_e} + \text{const.} \quad (33)$$

აქედან ვლებულობთ ფოტომულის ფერის ექვივალენტისათვის:

$$C_0 = \frac{6.100}{T_e} + \text{const.}$$

აქ მუდმივი განვაზღვრეთ იმ პირობიდან, რომ  $C_0$  კლასისთვის  $A_0$  ტოლია ნულისა. თუ  $A_0$  – კლასისთვის ტემპერატურას ჩავთვლით  $11200^{\circ}$ -ის ტოლიდ, მივიღეთ:

$$C_0 = \frac{6.100}{T_e} - 0.55. \quad (34)$$

ფერის ექვივალენტების სხვადასხვა სისტემისათვის (34) ფოტომულის მუდმივები სხვადასხვა. მაგალითად, როცა  $\lambda_{\text{OB}} = 5290\text{\AA}$  და  $\lambda_{\text{eff}} = 4250\text{\AA}$ , ფოტომულის აქვს შემდეგი სახე:

$$C_0 = \frac{7.200}{T_e} - 0.64.$$

მთავარ მინიმუმში U Ophiuchi-ს ფერის ექვივალენტი სტებინის სისტემაში ტოლია  $C_0^{(1)} = 0^{\circ}076$ . რადგანაც ინტერნაციონალური სისტემა 1.5-ჯერ უფრო ფართოა, ვიდრე სტებინის სისტემა, ამიტომ ინტერნაციონალურ მინიმუმში ფერის ექვივალენტი იქნება  $C_0 = 0^{\circ}114$ . (34) ფოტომულიდან მივიღეთ მცირე ვარსკვლავის ეფექტური ტემპერატურა:

$$T_e = 14000^{\circ}.$$

დისკუსია. სიკაშვაშის მრუდის ამოხსნამ, როგორც  $U$  პიპოთებით, ისე  $x = \frac{1}{5}$  და  $x = \frac{2}{5}$  პიპოთებით, ყვითელ და ლურჯ სხივებში, მოვაცა ელიფსური ორბიტა ექსცენტრისიტეტით  $e = 0.03$ . ეს შედეგი შესაძლებელია აიხსნას ან ორბიტის მართლაც ელიფსური ფორმით, ან—ერთ-ერთი კომპონენტის გარშემო განფენილი ატმოსფეროს არსებობით.

პლასკეტის მიერ მიღებული სხივური სიჩქარეების მრუდი ახლოა სინუსოიდთან და იგი პლასკეტზე ამოხსნა წრიული ორბიტის დაშვებით. ჩვენ შევიტადეთ წარმოგვედგინა პლასკეტის დაკვირვებები  $e = 0.03$  ექსცენტრისიტეტიანი ელიფსური ორბიტით. სხვაობანი  $V_0 - V_e$  დაკვირვებულ და გამოთვლილ სხივურ სიჩქარეებს შორის, წრიული და ელიფსური ორბიტების თვის მოცულებული XVI ცხრილში (იხ. აგრეთვე ნახ. 16, სადაც რგოლები წარმოადგენს დაკვირვებულ სხივურ სიჩქარეებს, ჯვრები კი—გამოთვლილ სხივურ სიჩქარეებს  $e = 0.03$  ექსცენტრისიტეტიანი ელიფსური ორბიტის დაშვებით).

ცხრილი XVI თаблицა

$\varphi$	დაკვირვებული $V$ $V$ ჩანამდები		$V_0 - V_e$ $e=0$		$V_0 - V_e$ $e=0.03$	
	კაშკაშა კომპონენტი Яркий компонент	მკრთალი კომპონენტი Слабый компонент	კაშკაშა კომპონენტი Яркий компонент	მკრთალი კომპონენტი Слабый компонент	კაშკაშა კომპონენტი Яркий компонент	მკრთალი კომპონენტი Слабый компонент
0° 962	-196.9	+179.3	- 9.7	- 9.1	-11.9	- 6.6
1.282	+148.4	-226.6	-19.2	- 7.3	-18.3	-10.0
0.572	-156.7	+159.3	+ 6.0	- 1.2	+10.3	- 6.0
0.618	-148.2	+128.7	- 4.4	-10.2	+ 0.1	-15.4
0.438	-174.7	+215.4	+16.2	+22.8	+16.6	+22.3
1.475	+139.1	-150.2	+24.7	+ 4.5	+33.1	- 5.7
1.347	-194.2	+134.2	- 9.5	+ 8.6		
1.337	+149.0	-194.8	-12.3	+13.3	- 7.9	+ 8.3
0.000	- 26.1	+14.6	+14.6	+14.6		
-1.259	+181.7	-216.2	+13.4	- 0.1	+13.8	- 0.2
0.544	-170.4	+174.3	+ 1.6	+ 3.1	+ 9.5	-18.4
0.152	-118.4	+ 73.7	- 7.3	-28.1	-13.7	-10.9
1.148	+155.1	-201.1	+ 1.9	- 2.1	+11.0	-12.5
0.481	-187.8	+193.8	- 1.3	+ 6.1	- 7.8	+13.5

ექსცენტრისიტეტის  $e = 0.03$  გამოთვლილი თეორიული მრუდი საქმარისად კარგად გადის დაკვირვებულ სხივურ სიჩქარეებს შორის. უნდა აღინიშნოს, რომ პლასკეტზე სხივური სიჩქარეების მრუდი მცირებიცხვან და-

კვირგებათა საფუძველზე მიიღო. იმის გამო იმ მრუდის მიხედვით არ შეიძლება მივიღოთ საბოლოო დასკვნა ორბიტის ელიფსური ფორმის შესახებ.

$U$  *Ophiuchi*-ის სიკაშვაშის მრუდების ამოხსნით მივიღეთ, რომ მთავარ მინიმუმში დაბნელებულია დიდი გარსკვლავი. მეორადი მინიმუმი, სადაც დაბნელებულია მცირე გარსკვლავი, უფრო განიერია, ვიდრე მთავარი მინიმუმი.

თუ დავუშვებთ, რომ ორბიტი წრიულია, მაშინ მინიმუმების სხვადასხვანაირი ხანგრძლიობა შეიძლება აიხსნას დიდი გარსკვლავის ატმოსფერული გარსის გავლენით; ეს გარსი მეორადი მინიმუმის დროს ახდენს მცირე გარსკვლავის ექრანირებას. მინიმუმების ხანგრძლიობის დამოკიდებულება ტალღის სიგრძეზე შემჩნეული არ არის. განზომილებანი კი, მართლია, არა მნიშვნელოვნად, მაგრამ მაინც

ფოტოგრაფიულ სხივებში მეტია, ვიდრე ვიზუალურში. უნდა აღინიშნოს, რომ გაპოზინმა მიიღო *RX Cassiopeiae*-ს ფოტოგრაფიული და ვიზუალური გამოცვების შედარებით დაბნელების ხანგრძლიობა ვიზუალურ სხივებში მეტი, მრუდების შედარებით დაბნელების ხანგრძლიობა ვიზუალურ სხივებში მეტი, ვიდრე ფოტოგრაფიულში და ვარსკვლავების ფოტომეტრიულში განზომილებანი ვიზუალური ფოტოგრაფიულში და ვარსკვლავების ფოტომეტრიულში განზომილებანი ვიზუალურ სხივებში—ნაკლები. ეს განსაკუთრებულებანი შემჩნეულია ფოტოგრაფიულ სხივებში—ნაკლები. უკელი კოლორის სხვა სისტემებისათვისაც, თუმცა უფრო ნაკლები ხარისხით. ყველა კოლორის მონაცემი, რაც ეკუთვნის დღემდე ცნობილ, განფენილ ატმოსფერული მონაცემი, რომ ეკუთვნის დღემდე ცნობილ, განფენილ ატმოსფერული მეტია, რომ ეკუთვნის მცირე გარსკვლავებს, მხოლოდ ცივ ვარსკვლავებს ეხება. ჩვენი შედეგები როს მცირე გარსკვლავებს, მხოლოდ ცივ ვარსკვლავებს ეხება. ჩვენი შედეგები გამოცვალი პროფესიონალი მიერ გარსკვლავს (*B5*). ეს გარემოება გვათიქრებინებს, რომ *U Ophiuchi* ცხელდების სხეადასხეობის მიზეზი შეიძლება ის იყოს, რომ *U Ophiuchi* ცხელდების გარსკვლავებს ეკუთვნის.

დასასრულს, ჩემს სასიამოვნო მოვალეობად მიმაჩნია ულრმესი მაღლობა გამოცვალი პროფესიონალი მიერ გარსკვლავს, რომელიც ხელმძღვანელობას მიწვდიდა ამ ნაშრომის შესრულებაში და ვ. ნიკონოვს, რომლის ხელმძღვანელობითაც გმუშაობდი ასპირანტურაში ყოფნისას. ავტორი მაღლობელია აგრეთვე აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორის დირექტორის ე. ხარაგისა მუდმივი დახმარებისა და რჩევებისათვის.

მაისი, 1947.

კვირგებათა საფუძველზე მიიღო. იმის გამო იმ მრუდის მიხედვით არ შეიძლება მივიღოთ საბოლოო დასკვნა ორბიტის ელიფსური ფორმის შესახებ.

$U$  *Ophiuchi*-ის სიკაშვაშის მრუდების ამოხსნით მივიღეთ, რომ მთავარ მინიმუმში დაბნელებულია დიდი გარსკვლავი. მეორადი მინიმუმი, სადაც დაბნელებულია მცირე გარსკვლავი, უფრო განიერია, ვიდრე მთავარი მინიმუმი.

თუ დავუშვებთ, რომ ორბიტი წრიულია, მაშინ მინიმუმების სხვადასხვანაირი ხანგრძლიობით შეიძლება აიხსნას დიდი გარსკვლავის ატმოსფერული გარსის გავლენით;

ეს გარსი მეორადი მინიმუმის დროს ახდენს მცირე გარსკვლავის ექრანირებას. მინიმუმების ხანგრძლიობის დამოკიდებულება ტალღის სიგრძეზე შემჩნეული არ არის.

განზომილებანი კი, მართლია, არა მნიშვნელოვნად, მაგრამ მაინც

ფოტოგრაფიულ სხივებში მეტია, ვიდრე ვიზუალურში. უნდა აღინიშნოს, რომ გაპოზინმა მიიღო *RX Cassiopeiae*-ს ფოტოგრაფიული და ვიზუალური გამოცვების შედარებით დაბნელების ხანგრძლიობა ვიზუალურ სხივებში მეტი, მრუდების შედარებით დაბნელების ხანგრძლიობა ვიზუალურ სხივებში მეტი, ვიდრე ფოტოგრაფიულში და ვარსკვლავების ფოტომეტრიულში განზომილებანი ვიზუალური ფოტოგრაფიულში და ვარსკვლავების ფოტომეტრიულში განზომილებანი ვიზუალურ სხივებში—ნაკლები. ეს განსაკუთრებულებანი შემჩნეულია ფოტოგრაფიულ სხივებში—ნაკლები. უკელი კოლორის სისტემებისათვისაც, თუმცა უფრო ნაკლები ხარისხით. ყველა კოლორის მონაცემი, რაც ეკუთვნის დღემდე ცნობილ, განფენილ ატმოსფერული მონაცემი, რომ ეკუთვნის მცირე გარსკვლავებს, მხოლოდ ცივ ვარსკვლავებს ეხება. ჩვენი შედეგები როს მცირე გარსკვლავებს, მხოლოდ ცივ ვარსკვლავებს ეხება. ჩვენი შედეგები გამოცვალი პროფესიონალი მიერ გარსკვლავს (*B5*). ეს გარემოება გვათიქრებინებს, რომ *U Ophiuchi* ცხელდების სხეადასხეობის მიზეზი შეიძლება ის იყოს, რომ *U Ophiuchi* ცხელდების გარსკვლავებს ეკუთვნის.

დასასრულს, ჩემს სასიამოვნო მოვალეობად მიმაჩნია ულრმესი მაღლობა გამოცვალი პროფესიონალი მიერ გარსკვლავს, რომელიც ხელმძღვანელობას მიწვდიდა ამ ნაშრომის შესრულებაში და ვ. ნიკონოვს, რომლის ხელმძღვანელობითაც გმუშაობდი ასპირანტურაში ყოფნისას. ავტორი მაღლობელია აგრეთვე აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორის დირექტორის ე. ხარაგისა მუდმივი დახმარებისათვის.

დასასრულს, ჩემს სასიამოვნო მოვალეობად მიმაჩნია ულრმესი მაღლობა გამოცვალი პროფესიონალი მიერ გარსკვლა

## СООБЩЕНИЯ—ЛИТЕРАТУРА

1. Gaposchkin, Aph. J. 100, № 3, 1944.
2. Pickering, Wendell, H. A. 46, p. 212, 1904.
3. Luizet, A. N. 163, № 3894, 1903.
4. Yendell, Astronomy and Astrophysics, p. 565, 1892.
5. Wendell, H. A. 69, p. 154, 1914.
6. Shapley, Princ. Contr. 3, 1915.
7. Plaskett, Vict. Publ. 1, 7, 1919.
8. Nijland, A. N. 246, № 5887, 1932.
9. М. С. Эверев, Труды Гос. Астр. Инст. Штернберга, 8, 1, 1936.
10. Skoberla, Zs. f. Aph. B. 11, N. 10, 1935.
11. Viola, Nap. Contr. 50.
12. Huffer, Publ. Am. Astr. Soc. 10, 5, 1942.
13. Penick, R. S. I. 6, p. 115, 1935.
14. В. Б. Никонов, Рукопись.
15. Smart M. N. 94, № 2, p. 115, 1933.
16. Smart M. N. 94, № 9, p. 56, 1934.
17. П. Куликовский, Уч. Зап. Моск. Гос. Университета 67, 1941.
18. Stebbins, Hufser and Whitsford, Aph. J. 91, № 1, p. 20, 1940.
19. Luizet, Op. cit.
20. Pickering, Wendell, Op. cit.
21. Wilsing, Potsd. Publ. 11, 1898.
22. Nijland B. A. N. 2, p. 125, 1924.
23. Ellsworth, Bull. l'Ass. Fr. d'Obs. d'Et. Var. 5, 1936.
24. Gadomski, Cracow Circ. 22, 1926.
25. Hellerich, B. Z. 5, 1923.
26. Lehnert, A. N. 194, № 4641, 1913.
27. Lause A. N. 258, № 6186, 1936; 266, № 6362, 1938.
28. Dugan, Princ. Contr. 17, 1936.
29. De Sitter, B. A. N. 7, p. 97, 1933.
30. Д. Я. Мартынов, Главы из книги „Переменные звезды“ (рукопись).
31. Plotrowski, A. A. ser. a. 4, 1937.
32. В. П. Цесевич, Бюлл. Астрон. Института АН СССР, № 50, 1940.
33. Russell, Aph. J. 36, p. 54, 1912.
34. Russell, Aph. J. 102, № 1, 1945.
35. Pearce, Vict. Publ. 3, 15, 1926.
36. Pike, Aph. J. 41, p. 73, 1931.
37. В. П. Цесевич, Диссертация (рукопись).
38. Kuiper, Aph. J. 88, № 4, 1938.
39. П. П. Паренаго, АЖ, XVI, 6, 1939.
40. Г. А. Шайн, „Курс астрофизики и звездной астрономии“, ч. 2, 1936.

ЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРИЯ ЗАТМЕННОЙ ПЕРЕМЕННОЙ  
*U OPHIUCHI*\*

Н. Л. МАГАЛАШВИЛИ

(Résumé)

Изучение затменных переменных звезд доставляет важные сведения о геометрических и физических характеристиках звезд.

Точные электрофотометрические наблюдения затменных переменных звезд дают возможность изучать явления, выступающие на кривой блеска в виде так называемых тонких эффектов и варьирующие чисто геометрическую картину изменения блеска. К их числу принадлежат взаимное освещение компонентов звезды, неподобие формы и расположения эллипсоидальных компонентов, эффект периастра.

Ценные результаты дают сопоставления точных фотометрических кривых затменных переменных звезд со спектроскопическими данными, а также наблюдения одной и той же затменной звезды в двух различных спектральных участках. В последнее время для компонентов затменных переменных звезд *SX* и *RX* Кассиопеи, *U* Цефея и *AR* Единорога экспериментально установлено наличие обширных атмосфер. Для *RX* Кассиопеи наблюдается крайне неодинаковая продолжительность главного и вторичного минимумов. Сопоставлением фотографической и визуальной кривой блеска *RX* Кассиопеи С. Гапошкин<sup>1</sup> получил продолжительность затмения в визуальных лучах гораздо большую, чем в фотографических, а фотометрические размеры звезд—меньше в фотографических лучах. Эти особенности в той или иной степени наблюдаются и в других системах. Теория обширных атмосфер, разработанная Н. А. Козыревым и Чандрасекаром, хорошо объясняет неодинаковость размеров компонентов в фотографических и визуальных лучах.

Спектральные наблюдения Струве на Иерской обсерватории показали истечение газов из одной или обоих компонентов затменных переменных звезд, что подтверждает предположение о газовых оболочках. Все это, вместе с эффектом Тихова-Нордманна, делает колориметрию и, особенно, электроколориметрию затменных переменных весьма важной задачей.

Из списка наиболее интересных для электроколориметрии затменных переменных звезд, предложенного в 1943 году профессором Д. Я. Мартыновым, мы избрали звезду *U* Змееносца (*U Ophiuchi*). Это—одна из наиболее ярких затменных, ее звездная ве-

\* Содержание работы составляет основу кандидатской диссертации автора.

личина в максимуме порядка 5.7. Переменность ее блеска была открыта Гульдом в 1871 г. Впоследствии был выполнен ряд фотометрических наблюдений<sup>3, 3, 4, 5</sup> было установлено, что кривая блеска — алголевого типа. За период изменения блеска принимали половину действительного значения периода.

Общим недостатком цитированных фотометрических наблюдений являлось недостаточное число наблюдений в максимуме блеска.

Анализ изменения блеска, проведенный Шепли в 1915 году, установил, что в максимуме блеск непостоянен и имеется два минимума почти одинаковой глубины, т. е. звезда относится к типу β Лиры, и подтвердил, что период изменения блеска *U* Змееносца должен быть в два раза больше первоначально принятого значения.

Спектральные наблюдения Фроста на Иерской обсерватории также подтвердили удвоение периода. По спектру можно было заключить, что компоненты имеют почти одинаковую яркость, так что минимумы не должны сильно различаться между собой.

Шепли<sup>6</sup> вычислил орбиту и дал два решения в гипотезе *U* и одно решение в гипотезе *D*, в предположении круговой орбиты. Одно решение в гипотезе *U* и решение в гипотезе *D* давали частное затмение двух звезд с равными радиусами и с одинаковыми яркостями. Другое решение в гипотезе *U* требовало затмения звезд с неравными радиусами и сильно отличающихся по яркости. Шепли счел более вероятными первые две орбиты.

Определение спектра и вычисление спектроскопической орбиты принадлежит Плассетту<sup>7</sup>.

Известны и более поздние фотометрические наблюдения<sup>8, 9, 10, 12</sup>.

Наблюдения Виола<sup>11</sup> показали целый ряд фактов, несогласных с данными других исследователей. Виола установил смещение вторичного минимума относительно середины между последовательными главными, что не наблюдается ни на одной из кривых изменения блеска, данных другими авторами.

Ряд противоречий между отдельными наблюдателями (смещение вторичного минимума, по наблюдениям Виола, неодинаковая величина глубин минимумов, обнаруженная разными авторами и асимметричность минимумов, наблюдавшаяся Зверевым, эффект Тихова-Нордманна по Скоберла) и отсутствие при этом точных колориметрических наблюдений делали, как нам представлялось, звезду *U* Змееносца интересным объектом для электроколориметрии.

Аппаратура и методика наблюдений. Наблюдения *U* Змееносца производились с мая 1944 г. по сентябрь 1945 г. на звездном электрофотометре В. Б. Никонова. Электрофотометр с газополненным сурьяно-дезиевым фотоэлементом установлен в Несмитов-

ском фокусе 13" рефлектора; главное фокусное расстояние — 165 см, эквивалентный фокус — 500 см.

Сурьяно-дезиевые фотоэлементы хорошо удовлетворяют тем высоким требованиям, которые предъявляет звездная электрофотометрия к фотоэлементам. Наряду с большой интегральной чувствительностью, они обладают очень малыми темновыми токами. Вместе с тем они имеют решительное преимущество перед другими типами фотоэлементов как в отношении отсутствия у них фотоэлектрического утомления, даже при больших освещенностях, так и в отношении распределения чувствительности по поверхности. Их применение особенно целесообразно при электроколориметрических работах, так как они обладают весьма широкой спектральной чувствительностью, простирающейся от 650 мк вплоть до границы пропускания земной атмосферой. Примененный фотоэлемент имеет следующие параметры:

общая чувствительность . . . . .	$1850 \mu A/Lum$
пределная полезная чувствительность . .	$7 \times 10^{-11} Lum$
темновой ток . . . . .	$1.3 \times 10^{-13} A$

Фототоки предварительно усиливаются в одноламповом компенсационном усилителе по схеме Пеника<sup>12</sup> (черт. 1).

В цепь фотоэлемента включено большое сопротивление  $R = 5.4 \times 10^{10} \Omega$ . Падение напряжения на этом сопротивлении, возникающее при прохождении фототока, подводится к управляющей сетке усиительной лампы и создает колебания заряда, которые влияют на протекающий анодный ток лампы. Гальванометр включен в мостик, обвязанный, с одной стороны, сопротивлениями цепи анода  $R_p$  и сетки пространственного заряда  $R_s$ , а с другой — внутренними сопротивлениями лампы: нить накала — анод и нить накала — сетка пространственного заряда. Особенностью этой схемы является то, что все необходимые напряжения на всех элементах лампы и накал нити осуществляются одной батареей (12—14 v) и комбинацией сопротивлений. Эта схема имеет целью так подобрать отдельные элементы, чтобы сделать минимальным влияние со стороны малых колебаний напряжения батарей, питающих лампу.

Токовое усиление, даваемое усилителем постоянного тока, равняется

$$n = \frac{\Delta i g}{\Delta i} = R S g,$$

т. е. пропорционально крутизне лампы и величине большого сопротивления, включаемого в цепь фотоэлемента. Для применяемого электрофотометра  $n = 2.0 \times 10^6$ . В усилителе постоянного тока применена лампа Electrometer Valve D-96475 Western Electric Co. Когда наблюда-

ются звезды различной яркости, можно менять чувствительность усилителя, шунтируя его гальванометр. Чувствительность гальванометра обозначается дробью  $Rsh/Rd$ , где  $Rsh$ —сопротивление шунта,  $Rd$ —дополнительное сопротивление.

Получаемые усиленные токи измеряются высокочувствительным зеркальным гальванометром, чувствительность которого  $1770 \text{ д}/\text{A}$ .

Фотоэлемент, лампа и большое сопротивление находятся в вакуумной камере, а вся схема тщательно экранирована. Все экраны, как и корпус фотометра и весь  $13''$  рефлектор, тщательно заземлены.

Электрофотометр снабжен сменными диафрагмами, ограничивающими фотометрируемый участок неба, светофильтрами ( $BG_3$  и  $GG_1$  по Шотту) для колориметрических работ и фотометрическим стандартом, изготовленным из светящегося радиоактивного состава. Наблюдения фотометрического стандарта дают возможность с большой строгостью следить за постоянством чувствительности фотометра.

На практике все фотоэлементы имеют более или менее неоднородную чувствительность по поверхности. В силу этого получаются известные погрешности при случайных смещениях объекта из-за несовершенства гидировки. Для устранения подобных погрешностей применена оптическая схема Фабри.

Избирательные свойства нашего фотометра исследовались В. Б. Никоновым в условиях возможно близких к рабочим. На основании этих исследований получены следующие значения эффективных длин волн, при температуре  $15000^\circ$ :

без фильтра:  $420 \text{ мкм}$ ; с синим фильтром:  $381 \text{ мкм}$ ;  
с желтым фильтром:  $527 \text{ мкм}$ .

Такая широкая цветовая система дала возможность получить кривые изменения блеска  $U$  Змееносца в двух отдаленных участках спектра.

Проникающая способность для применяемого электрофотометра имеет порядок  $8''$ . Полные данные относительно электрофотометра можно найти в рукописи В. Б. Никонова<sup>14</sup>.

Наблюдения велись двумя наблюдателями. Один гидировал, проверяя центрировку электрофотометра по отношению к гиду и меняя светофильтры; другой регулировал работу усилителя, оперируя с затвором и записывая отбросы гальванометра. В журнале наблюдений записываются моменты начала и конца наблюдения, нульpunkt до отброса, отброс и нульpunkt после отброса. Для точности производилось несколько отсчетов подряд. При наблюдении  $U$  Змееносца применялась схема: желтый фильтр—3 отброса, синий фильтр—6 отбросов, желтый фильтр—3 отброса (3—6—3).

Время, затрачиваемое на одно наблюдение по схеме (3—6—3), составляло около 8 минут, включая и время, необходимое для наводки на звезду, а также и для проверки центрировки электрофотометра по отношению к гиду. Для удобства вычислений зенитных расстояний в журнале наблюдений записывался часовой угол в момент окончания наблюдения, отсчитываемый по часовому кругу рефлектора. Звезды измеряются через «рабочую» диафрагму электрофотометра. Диаметр диафрагмы— $3.0 \text{ мм}$ , т. е. в угловой мере— $2'4''$ . Для учета влияния фона определялся средний отброс от фона, вблизи звезды, с диафрагмой фона (диаметр— $6.9 \text{ мм}$  или  $4'42''$ ). Переходные коэффициенты диафрагмы тщательно определены особыми фотометрическими измерениями. Средний отброс от фона приводился к рабочей диафрагме и вычитался из соответствующего отброса на звезде.

Для наблюдений были использованы и лунные ночи. В таких случаях методика наблюдений немного отличалась от предыдущей. За нуль в этом случае принимался отброс от фона, а разность отброса на звезде и на фоне давала чистый отброс на звезде. Звездами сравнения служили две звезды. Применялись следующие схемы наблюдения:  $aav$ —в случае одной звезды сравнения, и  $avba$ —в случае двух.

Для учета экстинкции, наряду со звездой сравнения, наблюдался фотометрический стандарт (эталон).

Результаты наблюдений приведены в таблице I, в которой даны последовательно: юлианский гелиоцентрический момент наблюдения, фаза, разности блеска звезды сравнения и затменной звезды, в желтых и синих лучах, соответственно. В графе «Примечание» указываются различные факторы, влияющие на качество наблюдений (области, прозрачность атмосферы, работа затвора, вакуум и т. д.).

Обработка наблюдений. Наблюденная разность звездных величин двух звезд вычисляется по формуле:

$$\Delta m = -2.5 \lg \frac{\overline{\Delta n}_1}{\overline{\Delta n}_2},$$

где  $\overline{\Delta n}_1$  и  $\overline{\Delta n}_2$ —средние отбросы гальванометра, которые могут считаться пропорциональными действующим световым потокам.

Полученную разность блеска звезд необходимо освободить от влияния земной атмосферы. Дифференциальная поправка за поглощение определяется формулой (1), где  $\Delta m$ —истинная разность блеска звезд,  $\Delta m_{\text{obs}}$ —наблюденная разность блеска,  $\alpha$ —фактор экстинкции,  $F$ —функция зенитных расстояний:  $F = \sec \chi_1 - \sec \chi_2$ .

Фотометр измеряет  $\Delta m_{\text{obs}}$ .  $\Delta m$  можно определить из (1), если известен фактор экстинкции  $\alpha$ . При электрофотометрических наблюдениях очень важна точная редукция за атмосферную экстинкцию.

Точные методы определения фактора экстинкции при электрофотометрических наблюдениях переменных звезд разработаны Смартом<sup>15, 16</sup>. Однако П. Г. Куликовский<sup>17</sup> разработал метод определения значения фактора экстинкции в данный момент времени и в данном участке небесного свода наблюдением радиевого фотометрического стандарта, наряду со звездой сравнения. Мы прибегали, в основном, к этому последнему методу. Наряду со звездой сравнения наблюдался фотометрический стандарт. Наблюденную разность блеска между звездой сравнения и стандартом  $\Delta m_0$ , выраженную в звездных величинах, можно представить формулой (1).

В течение ночи имелось несколько наблюдений  $\Delta m_0$ , что давало несколько уравнений вида (1) с двумя неизвестными. Решая их способом наименьших квадратов, получаем истинную разность блеска  $\Delta m$  в предположении некоторого среднего за все время наблюдений фактора экстинкции. Несколько таких значений  $\Delta m$ , полученных в различные ночи, дадут более точное среднее значение  $\Delta m$ , которым можно будет в последующем воспользоваться для вывода значения фактора  $\alpha$  для любого другого момента. Определенный таким образом фактор экстинкции будет характеризовать состояние атмосферы в данный момент времени, на данном участке неба.

Электрофотометрические наблюдения на Канобили показали стабильность прозрачности атмосферы. Колебания фактора экстинкции около его среднего значения в течение наблюдений (4–5 ч.), по нашим наблюдениям, не превышают 0<sup>м</sup>020.

Звезды сравнения расположены довольно близко от *U* Змееносца. Возможная максимальная разность масс воздуха  $F(\zeta)$  порядка 0.150. Это значит, что поправка за экстинцию за счет изменения фактора экстинкции в течение наблюдений не превышает 0<sup>м</sup>003, что лежит в пределах ошибок наблюдений. Поэтому мы ограничились определением среднего значения фактора экстинкции за ночь. Так как наблюдения происходили на зенитных расстояниях, не превышающих 70°, то применялась формула (1).

Фотометрический стандарт наблюдался наряду со звездой сравнения. Решались 4–5 уравнений типа (1) относительно  $\Delta m$  и  $\alpha$ , для желтых и синих лучей отдельно. Для тех ночей, в течение которых не было получено нужного числа наблюдений фотометрического стандарта, мы пользовались средним значением фактора экстинкции за сезон. Оно получено из отдельных значений фактора экстинкции, приведенных в таблице II.

Фактор цветовой экстинкции определяется как разность:  $\alpha = \alpha_e - \alpha_{je}$ . Если воспользоваться полученными выше значениями  $\alpha_e$  и

$\alpha_{je}$  для средней величины фактора цветовой экстинкции, получается  $\alpha = 0^m 187$ .

При наблюдении *U* Змееносца звездами сравнения служили две звезды: HD 156208 и HD 156458 (см. табл. III).

Все наблюдения были приведены к звезде *a*. Для этого, на основании наблюдений 1944 и 1945 гг., была определена разность блеска  $\Delta m(b, a) = m_b - m_a$ , в желтых и синих лучах, причем были взяты наблюдения лишь за те ночи, которые свободны от влияния возможных помех (колебания прозрачности, облаков и др.). Результаты определения разности блеска *b* и *a* приведены в таблице IV. На основании этой таблицы получены следующие значения разностей блеска звезд сравнения:

$$\Delta m_{je}(b, a) = 0^m 705 \pm 0^m 004 \quad (1944), \quad \Delta m_e(b, a) = 0^m 880 \pm 0^m 003 \quad (1944), \\ \Delta m_{je}(b, a) = 0.701 \pm 0.006 \quad (1945), \quad \Delta m_e(b, a) = 0.873 \pm 0.005 \quad (1945).$$

Все наблюдения, произведенные с *b*, в качестве звезды сравнения, были редуцированы к *a*, на основании приведенных выше разностей блеска.

Для получения значений цветового эквивалента, освобожденных от влияния экстинкции, наблюденные значения должны быть редуцированы к условиям вне атмосферы. Так как поправка за экстинцию может достигать значительных величин (для *U* Змееносца — от 0<sup>м</sup>3 до 0<sup>м</sup>4), то очевидно, что невозможно пользоваться средними значениями фактора экстинкции.

Для определения значения фактора экстинкции для любого момента ночи наблюдения применялась формула (10), где  $\alpha(t)$  — значение фактора экстинкции в момент *t*,  $c_0$  — внеатмосферный цветовой эквивалент,  $c(\zeta, t)$  — наблюденный на зенитном расстоянии  $\zeta$ , в момент времени *t*, а  $F(\zeta)$  — соответствующая масса воздуха.

Имея в течении ночи 5–6 наблюдений звезд сравнения, мы получали кривую изменения фактора экстинкции со временем. Но для применения уравнения (10) необходимо знать внеатмосферное значение цветового эквивалента звезды сравнения.

Для его определения, в течение нескольких ночей, по 3–4 раза в каждую ночь наблюдалась звезда HD 144206. В. Б. Никонов использовал ее при электрофотометрии звезд  $B_8 - B_9$  как стандартную звезду, и потому ее цветовой эквивалент определен с высокой точностью. Внеатмосферное значение его оказалось  $c_0 = -0^m 782$ . Значение фактора экстинкции для любого момента *t*, соответствующее цветовому эквиваленту звезды HD 144206, определялось описанным выше способом.

При составлении каталога цветовых эквивалентов звезд В. Б. Никонов учитывал зависимость фактора экстинкции от цветового эквивалента:  $\gamma = da/dc_0$ .

В предположении равномерной экстинкции для всего неба,  $\gamma$  оказалась равной  $0^m 0067$ .

Применяя это значение, фактор экстинкции для звезды сравнения вычислялся по формуле (11), где  $\alpha_s$  и  $c_{0s}$ —значения фактора экстинкции и внеатмосферного цветового эквивалента для звезды сравнения,  $\alpha_s(t)$  находится последовательными приближениями, так как нам неизвестно  $c_0$ .

Внеатмосферный цветовой эквивалент звезды сравнения вычислялся по формуле (12). После того, как из нескольких таких определений внеатмосферного значения цветового эквивалента звезды сравнения было получено его среднее значение, равное  $c_{0s} = -0^m 298 \pm 0^m 007$ , по тем же формулам (11) и (12), написанным для переменной звезды, мы получили внеатмосферные значения цветового эквивалента переменной. В таблице V приведены цветовые эквиваленты, определенные в различные ночи наблюдений. Значение цветового эквивалента при фазе 0.000  $c_0 = -0^m 684 \pm 0^m 006$  меньше, чем его значение при других фазах.

Для перевода цветового эквивалента, полученного на нашем инструменте, в систему Стеббинаса, В. Б. Никонов вывел редукционную формулу<sup>14</sup>:

$$c_0^{(S)} = 0.167 + 0.388 c_0^{(N)} + 0.017 F(\zeta_{\min}).$$

На основании этой формулы цветовой эквивалент при фазе 0.000 в системе Стеббинаса получается равным  $c_0^{(S)} = -0^m 076$ . По каталогу Стеббинаса и Хаффера<sup>15</sup> цветовой эквивалент *U* Змееносца равен  $-0^m 09$ . Среднее значение цветового эквивалента вне главного минимума в системе Стеббинаса равно  $-0^m 092$ . Оно хорошо совпадает с цветовым эквивалентом по Стеббинсу.

**Кривые блеска и цветовых эквивалентов.** Определив истинную разность блеска звезд сравнения и имея значения фактора экстинкции для каждой ночи, можно было приступить к определению разности блеска между звездой сравнения и переменной. Редукция за поглощение выполнялась по формуле (1). Для точности истинная разность блеска между звездой сравнения и переменной получалась как среднее значение из двух (см. табл. I). Фазы (второй столбец таблицы) были вычислены по элементам Флоря, данным в каталоге Шнеллера:

$$M = 2408279.6402 + 1.6773450 E. \quad (13)$$

На полученных кривых блеска асимметрии минимумов не наблюдается. Минимумы симметричны относительно фазы  $0^h 007$ . Воспользовавшись этим обстоятельством, мы построили в минимумах нормальные точки по основным и отраженным точкам относительно этой фазы. Наблюдения в каждом луче (по 240) собраны нами в 45 нормальных точках.

В таблице VI приведены последовательно: среднее значение фазы, среднее значение разности блеска в желтых и синих лучах, и число наблюдений, вошедших в образование нормальной точки.

На кривых блеска смещение вторичного минимума относительно середины между последовательными главными не наблюдается. В максимуме блеска можно заметить наличие эффекта отражения и эффекта эллиптичности. Последний более заметен на кривой в синих лучах. Обращает на себя внимание неодинаковая ширина главного и вторичного минимумов. Глубина главного и вторичного минимумов  $0^m 697$  и  $0^m 603$  в желтых лучах, и  $0^m 702$  и  $0^m 611$ —в синих. Минимумы в желтых и синих лучах происходят одновременно, т. е. эффект Тиховата-Нордманна не наблюдается.

Для получения зависимости цветового эквивалента от фазы вычислялась разность цветовых эквивалентов переменной звезды и звезды сравнения по формуле

$$c_{0u} - c_{0s} = c_u - c_s + \alpha [F_u(\zeta) - F_s(\zeta)].$$

Как мы уже отметили, значения фактора экстинкции для желтых и синих лучей  $\alpha_u$  и  $\alpha_s$  получались наблюдением фотометрического стандарта, наряду со звездой сравнения. Фактор цветовой экстинкции определялся как разность:

$$\alpha = \alpha_u - \alpha_s.$$

На кривой цветовых эквивалентов (черт. 2) в главном минимуме наблюдается заметное уменьшение цветового эквивалента. При других фазах изменения цветового эквивалента с фазой не наблюдается.

**Период.** До настоящего времени период изменения блеска *U* Змееносца считался постоянным. Нами были исследованы разности  $O - C$ , т. е. разности между наблюденными моментами и вычисленными по формуле (13), любезно предоставленные проф. П. П. Паренаго.

В Таблице VII приведены эпохи, наблюденные нормальные моменты минимумов, уклонения  $O - C$  относительно теоретических моментов, вычисленных по формуле (13) (третий столбец), и указаны авторы наблюдений (последний столбец). На чертеже 3 приведены соответствующие разности. Как видно из кривой, имеет место периодическое изменение периода. Кроме того, кривая требует некоторого увеличе-

ния периода и начальной эпохи. В связи с этим мы вычислили  $O-C$  относительно элементов:

$$O-C = 2408279.6462 + 1.6773459 E.$$

Их значения приведены в четвертом столбце таблицы VII (чертеж 4).

Как известно, если периодическое изменение периода возникает как следствие вращения линии апсид, то должно иметь место периодическое смещение соответствующего знака вторичного минимума относительно последовательных главных. Если вторичный минимум достаточно глубок и период неравенства не слишком велик, то смещение вторичного минимума не может пройти незамеченным.

Для разных эпох наблюдений положение вторичного минимума  $U$  Змееносца одинаково. Только вторичный минимум Виола показывает смещение относительно середины между последовательными главными. На черт. 5 представлены четыре вторичных минимума (а) Пиккеринга-Венделя, б) Венделя, в) Нийланда, г) Магалашвили).

Другой причиной периодических неравенств в эпохах фотометрических минимумов является световое уравнение. Если затменная переменная, как двойная система, совершает орбитальное движение вокруг некоторой звезды, то в различных местах своей орбиты она будет находиться на различных расстояниях от наблюдателя; минимумы будут наступать раньше или позже, благодаря конечной скорости света. Период смещения моментов минимумов будет равен периоду обращения затменной двойной вокруг третьего тела.

Как мы уже отметили, для  $U$  Змееносца можно считать, что вторичный минимум занимает всегда одно и то же положение относительно смежных главных минимумов; поэтому весьма правдоподобна гипотеза третьего тела.

Элементы движения фотометрической пары около третьего тела определяются различными способами.

Можно получить приблизительные значения элементов методом проб, как делал Дэган<sup>28</sup> при исследовании светового уравнения  $RT$  Персея, или применить метод Вольтьера, который является одним из вариантов метода определения орбиты спектрально двойной звезды в применении к световому уравнению. Приблизительные значения элементов долгопериодической орбиты можно улучшить по методу Де Ситтера<sup>29</sup>. Этот метод основывается на решении условных уравнений с семью неизвестными. Применение его целесообразно в том случае, когда условных уравнений много, так как только тогда получаются уверенные результаты.

В случае  $U$  Змееносца отклонения  $O-C$  относительно линейных элементов происходят несимметрично в вертикальном и горизонтальном направлениях. Поэтому надо предполагать, что долгопериодическая орбита эллиптическая.

В случае эллиптической орбиты, если принимать в расчет только члены, зависящие от первой степени эксцентриситета, имеем<sup>30</sup> выражение (14), где  $a'$ ,  $e'$ ,  $i'$ —большая полуось, эксцентриситет и наклонность долгопериодической орбиты, соответственно,  $\omega'$ —долгота перигастра,  $q$ —средняя аномалия в момент нулевого минимума;  $\mu = 2\pi t$ , где  $m = \frac{n'}{n} = \frac{p}{p'}$  отношение средних движений в долгопериодической и короткопериодической орбите;  $c$ —скорость света.

После приведения уравнения (14) к виду (14а), где  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\mu_1$  и  $\mu_3$  определяются из (14б), мы использовали его как условное уравнение относительно неизвестных (14в).

Для периода движения в долгопериодической орбите мы приняли приближенное значение  $p' = 16773^\circ = 10000 p$  и, решив способом наименьших квадратов 16 уравнений, получили значения неизвестных:

$$\alpha = -0^\circ 009, \mu_1 = 349^\circ, \gamma = -0.0025, \mu_3 = 338^\circ,$$

что дает

$$\omega' = 360^\circ, q = -11^\circ, e' = 0.56.$$

Если не будем пренебречь членами, зависящими от второй степени эксцентриситета, то световое уравнение будет иметь вид (14г), (14д).

В нашем случае величины  $\beta$  и  $\delta$  получаются порядка  $0^\circ 001$  и  $0^\circ 0003$ . Так как эти величины малы, то мы могли их не принимать в расчет и применить формулу (14).

Что касается величины  $\alpha$ , то для нашего случая мы принимали  $\alpha = \frac{a' \sin i'}{c}$ . Так как для  $e'$  мы получили большое значение, то нельзя

было не принимать во внимание и член  $\frac{1}{2} \frac{a' \sin i'}{c} e'^{1/2}$ . Если для  $e'$  принимать полученное значение, можно, с помощью величин  $\alpha$  и  $\gamma$  получить новое значение  $e'$ . Для последнего мы получили 0.5.

Вычисленными таким образом значениями элементов была построена теоретическая кривая. Соответствующие  $O-C$  приведены в пятом столбце таблицы VII.

Таким путем было найдено, что формула для вычисления эфемид принимает вид (15).

На чертеже 6 плавная кривая является периодическим членом в формуле (15), точки же—разностями  $O-C$  относительно линейных эле-

ментов периода  $U$  Змееносца. Фотометрические данные позволяют говорить об орбитальном движении двойной системы вокруг третьего тела, с периодом порядка 46 лет.

**Ректификация.** Ректификация кривых блеска производилась в интенсивностях. Для каждой точки вне затмения наблюдаемые интенсивности представлялись в виде (16), где  $a$ —поправка нульпункта,  $b$ —коэффициент отражения,  $c$ —коэффициент, зависящий от эллипсоидальности компонентов, а  $d$ —коэффициент, учитывающий асимметрию кривых блеска.

$\Delta m$  переводились в интенсивности с помощью соотношения:

$$\lg l = 0.4 (\Delta m - \Delta m_0).$$

За нульpunkt  $\Delta m_0$  принято значение  $0^m318$  в желтых лучах и  $0^m692$ —в синих; они соответствовали  $\Delta m$  при фазе  $0.25 p$ .

Решением двадцати двух уравнений типа (16) по способу наименьших квадратов получились следующие значения коэффициентов ректификации:

В желтых лучах:

$$\begin{aligned} a &= 0.0011 \pm 0.0024, \\ b &= 0.0093 \pm 0.0031, \\ c &= 0.0290 \pm 0.0083, \\ d &= 0.0006 \pm 0.0006, \end{aligned}$$

В синих лучах:

$$\begin{aligned} a &= 0.0014 \pm 0.0028, \\ b &= 0.0054 \pm 0.0038, \\ c &= 0.0498 \pm 0.0100, \\ d &= 0.0013 \pm 0.0006. \end{aligned}$$

Так как величина  $d$  мала, при ректификации асимметрия кривых блеска не принималась во внимание. Для ректификации применялась формула<sup>30</sup> (17), где

$$\begin{aligned} A &= 0.354 \sin i (L_1^* + L_2^*), \\ C &= 0.11 (L_1^* + L_2^*). \end{aligned}$$

Здесь  $L_1^* = L_1 a_1^2$ ,  $L_2^* = L_2 a_2^2$ ,  $a_1$  и  $a_2$ —большие полуоси компонентов,  $L_1$ ,  $L_2$ —блеск компонентов;  $C$  определяет влияние эффекта отражения на коэффициент эллипсоидальности;  $\zeta = 2(c + C)$ —фактор эллипсоидальности.

Поправку за влияние отражения можно внести после того, как приближенные значения  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $a_1$  и  $a_2$  известны.

Определив приблизительное значение конца затмения  $\Theta' = 28^\circ 6'$ , мы сделали предположение, что затмение близко к полному и  $i = 90^\circ$ ,  $k = 1$ ,  $f' = 1 - \zeta \cos^2 \Theta' = 1$ . Согласно формуле

$$f'^2 a_1^2 (1+k)^2 = \cos^2 i + \sin^2 i \sin^2 \Theta',$$

приближенно получается:  $a_1^2 = 0.0572$ , а для  $A$ ,  $C$  и  $\zeta$ :  $A = 0.0202$ ,  $C = 0.0064$ ,  $\zeta = 0.0708$  в желтых лучах, и  $\zeta = 0.1124$  в синих лучах. Формула (17) принимает численные выражения (17a) в желтых лучах и (17b)—в синих.

По ректифицированным кривым блеска продолжительность главного минимума равна  $D_1 = 0^h 266$ , продолжительность вторичного минимума— $D_2 = 0^h 282$ .

**Решение.** Гипотеза  $U$ , круговая орбита. Полученные ректифицированные кривые в гипотезе  $U$ , в предположении круговой орбиты, решались методом Пиотровского<sup>31</sup>.

Глубина минимумов получается: в главном минимуме  $\lambda_{pr} = 0.5592$  для желтых лучей,  $\lambda_{pr} = 0.5657$  для синих; во вторичном минимуме  $\lambda_{sec} = 0.5887$  для желтых лучей,  $\lambda_{sec} = 0.5869$  для синих. Остановки в минимумах незаметны.

Применение формулы (18) в предположении  $a_0^0 = 0.90$  приводит к значению  $k = 0.950$  в желтых лучах и  $k = 0.944$  в синих.

Решением кривых блеска методом Пиотровского получены значения элементов, приведенные в таблице VIII.

Углы  $\Theta_e$ , соответствующие различным долям  $n$  потери блеска, вычислялись по формуле (18a), где  $\varphi(k, a_0^0) = 1 + kp(k, a_0^0)$ ,  $n = \frac{\alpha}{\alpha_0}$ ;  $\alpha$ —фотометрическая фаза. При вычислениях использованы таблицы Цесевича<sup>32</sup> для функции  $p(k, \alpha)$ . Представление главных минимумов приведено в таблице IX, где  $\Theta_0$  и  $\Theta_e$ —наблюденное и вычисленное значение фазы.

Так как вторичный минимум шире главного в обоих лучах, он плохо представляется полученными значениями элементов. Вычисленные точки ложатся выше, чем наблюденные. Минимумы в желтых и синих лучах представлены на чертежах 7, 8 соответственно (а—главный минимум, б—вторичный).

Гипотеза  $U$ , эллиптическая орбита. В предположении эллиптической орбиты кривые блеска решались методом Ресселла<sup>33</sup>. В эллиптической орбите затмеваемые площади  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , при соответствующих фазах в главном и вторичном минимумах, должны удовлетворять условию (19).

Согласно методу Ресселла элементы орбиты  $a$  и  $\operatorname{ctg} i$  получаются из формул (20) и (21), где  $g = e \cos \omega$ ,  $e$ —эксцентриситет орбиты,  $\omega$ —долгота перигастра от восходящего узла,  $\eta = \frac{1}{3} (2 + \cos \zeta)$ ,  $\zeta$ —значение  $\Theta$  в начале или конце соответствующего минимума. Кроме того, имеем (22).

Главный и вторичный минимумы предполагаются происходящими в круговой орбите с наклонностями  $i'$  и  $i''$ , при этом  $a'_1$  и  $a''_1$ —большие полуоси большой звезды, соответственно. Величины  $a_1$  и  $\operatorname{ctg} i$ , получаемые из (20) и (21), должны совпадать. Беря различные значения для  $\alpha_1$  и  $k$ , получаем из уравнений (19) и (22)  $\alpha_2$  и  $g$ . Приходится де-

лать несколько проб, добиваясь наилучшего представления кривой блеска. Если пользоваться таблицей  $\delta = \phi(k, \alpha) = V\bar{W}$  Хетцера, то можно формулу (22) переписать в виде (23)<sup>30</sup>.

В предположении  $\alpha_1^0 = 0.904$  и  $k = 0.950$ , формулы (19) и (23) приводят к значениям  $\alpha_2^0 = 0.895$ ,  $g = 0.03$  в желтых лучах, а для  $\alpha_1^0 = 0.899$  и  $k = 0.950$ , к значениям  $\alpha_2^0 = 0.890$ ,  $g = 0.03$  в синих лучах.

Так как на кривых блеска смещения вторичного минимума относительно середины между последовательными главными не наблюдается, то  $\omega = 90^\circ$ ,  $e = 0.03$ . Для  $\eta$  получилось 0.9592 и 0.9581 для главного и вторичного минимумов, соответственно.

Формулы (20) и (21) дали для желтых лучей:

$$\begin{aligned} a'_1 &= 0.252, \\ \operatorname{ctg} i' &= 0.0518, \\ i' &= 87^\circ 2', \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a''_1 &= 0.266, \\ \operatorname{ctg} i'' &= 0.0578, \\ i'' &= 86^\circ 41'. \end{aligned}$$

Для синих же лучей:

$$\begin{aligned} a'_1 &= 0.257, \\ \operatorname{ctg} i' &= 0.0536, \\ i' &= 86^\circ 56', \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a''_1 &= 0.272, \\ \operatorname{ctg} i'' &= 0.0599, \\ i'' &= 86^\circ 34'. \end{aligned}$$

Полученные разности  $\Theta_0 - \Theta_e$  приведены в таблице X. Представление минимумов показано на чертежах 9 и 10. Разности  $\Theta_0 - \Theta_e$  почти не выходят за пределы неуверенности, с которой можно снять с кривой значение  $\Theta_0$ .

Фотометрические элементы в гипотезе  $U$ , в предположении эллиптической орбиты, приведены в таблице XI, в которой  $\gamma$ —отношение поверхностных яркостей.

Для получения теоретических кривых блеска мы вычислили интенсивности для значений  $\Theta$ , соответствующих исходным нормальным точкам. Сперва вычисляли ректифицированные интенсивности; по  $\Theta$  вычислили  $\rho$ , по  $\rho$  находили  $\alpha^0$ , откуда получали  $1 - l = L\alpha$ ; а затем производили процесс обратной ректификации с новыми значениями  $A$  и  $C$  по формуле (23а).

Под  $l_{\text{rect}}$  понимаются вычисленные из элементов системы ректифицированные интенсивности. Переход к  $\Delta m$  мы осуществляли с помощью формулы  $\Delta m = 2.5 \lg l + \Delta m_0$ .

По данным таблицы XI были вычислены теоретические кривые блеска для желтых и синих лучей. Они представлены на чертеже 11. Рассматривая их, можно заметить, что они проходят достаточно хорошо среди нормальных точек.

Представление минимумов приведено на чертеже 12 (а и б—главный и вторичный минимум в желтых лучах, в и г—главный и вторичный минимум в синих лучах).

Гипотеза  $x$ , эллиптическая орбита. Ресселл в своей работе „Intermediary Elements for Eclipsing Binaries“<sup>34</sup> приводит формулы для вычисления гравитационного эффекта  $y_k$  и коэффициента потемнения к краю  $x_k$  на основании эффективной длины волн и эффективной температуры.

Воспользовавшись значениями эффективных длин волн применяемого электрофотометра и эффективной температурой  $U$  Змееносца по Пирсу<sup>35</sup> ( $T_{\text{eff}} = 14000^\circ$ ), мы получили:

$$\begin{array}{ll} \text{для желтых лучей} & \text{для синих лучей} \\ x_k = 0.30, y_k = 0.54, & x_k = 0.40, y_k = 0.73. \end{array}$$

Для отношения фотометрической эллиптичности к геометрической Ресселл дает формулы (24), где  $k$  зависит от внутреннего строения звезды и меньше 0.02.

Воспользовавшись табличным значением  $\frac{c}{e} = 1.73$ , которое соответствует  $x_k = 0.30$ ,  $y_k = 0.54$ , и отношением масс компонентов  $U$  Змееносца, данным Пайком<sup>36</sup>:  $\frac{m_2}{m_1} = 0.87$ , мы получили:

$$\begin{aligned} c_1 &= 0.0208 \times 1.73 = 0.0360, \\ c_2 &= 0.0246 \times 1.73 = 0.0425, \\ c_1 L_1 + c_2 L_2 &= 0.0389. \end{aligned}$$

Из соотношения  $e = \frac{1}{2} e'^2 = 0.0225$  (где  $e'$ —эксцентриситет меридианного сечения) мы получили теоретическое геометрическое значение фактора эллипсоидальности  $\zeta = 0.0450$  в желтых лучах.

Так как в синих лучах вычисленное значение  $c$  сильно отличается от наблюденного, то для  $c$  принято наблюденное значение  $c = 0.0562$ .

Из соотношения  $\frac{c}{e} = 2.04$  мы вычислили  $\zeta = 0.0550$  в желтых лучах.

Кривые блеска решались в гипотезах  $x = \frac{1}{5}$  и  $x = \frac{2}{5}$ , соответственно в желтых и синих лучах, в предположении эллиптической орбиты. Новую ректификацию мы выполнили согласно формулам (25) и (26), для желтых и синих лучей соответственно.

Соотношение (19) приняло вид (27) в гипотезе  $x = \frac{1}{5}$  и (28)—в гипотезе  $x = \frac{2}{5}$ .

Формула, определяющая  $Q(k, \alpha'^x_1, \alpha''^x_1)$ , имеет вид (29).

Цесевичем<sup>37</sup> табулирована функция (30).

На основании таблиц Цесевича мы табулировали функции:

$$Q(k, \alpha'^{1/3}, \alpha''^{1/3}) \text{ и } Q(k, \alpha'^{1/3}, \alpha''^{1/3}) \text{ (табл. XII).}$$

Решая также, как в гипотезе  $U$ , мы получили следующие элементы:

В желтых лучах

$$\begin{aligned} \alpha_1^{1/3} &= 0.90, & \alpha_2^{1/3} &= 0.894, & k &= 0.950, & g &= 0.034, \\ a'_1 &= 0.248, & a''_1 &= 0.264, & i' &= 86^\circ 54', & i'' &= 86^\circ 28', \end{aligned}$$

В синих лучах

$$\begin{aligned} \alpha_1^{1/3} &= 0.892 & \alpha_2^{1/3} &= 0.891, & k &= 0.950, & g &= 0.034, \\ a'_1 &= 0.250 & a''_1 &= 0.266, & i' &= 86^\circ 39', & i'' &= 86^\circ 11'. \end{aligned}$$

Полученные разности  $\Theta_0 - \Theta_c$  приведены в таблице XIII, а представление минимумов в желтых и синих лучах — на чертежах 13, 14 (а — главный минимум, б — вторичный минимум). В таблице XIV приведены фотометрические элементы. На чертеже 15 приведено представление минимумов.

Абсолютные размеры и физические характеристики компонентов  $U$  Змееносца. Спектроскопические наблюдения Плассетта дают:

$$a \sin i = 8.861400 \text{ км.}$$

Применив значения фотометрических элементов таблицы XI, мы получили абсолютные размеры, массы и плотности компонентов (таблица XV).

На протяжении масс от  $1/3$  до 40 масс Солнца зависимость масса — светимость может быть представлена формулой Кайпера<sup>38</sup>:

$$L_b = M^{31/2},$$

где  $L_b$  — болометрическая светимость, выраженная в долях болометрической светимости Солнца. Проф. П. П. Паренаго<sup>39</sup> дает соотношение между температурой и болометрической светимостью

$$L_b = T^{0.5},$$

где  $T = \frac{T}{T_\odot}$  — температура, выраженная в долях температуры Солнца. Если считать  $T_\odot = 5900^\circ$ , то, на основании данных табл. XV и приведенных формул, получаются температуры компонентов:

$$T_1 = 14400^\circ,$$

$$T_2 = 13800^\circ.$$

Как отмечено, цветовой эквивалент  $U$  Змееносца в главном минимуме значительно меньше (примерно, на  $0^m 04$ ), чем при других фазах. Это обстоятельство навело на мысль, что малая звезда (которая

в главном минимуме находится впереди) должна иметь меньшую температуру, чем большая, что и подтвердилось вычислением температур на основании зависимости масса-светимость. Кроме того, эффективная температура малой звезды вычислялась на основании цветового эквивалента. Пользуясь соотношением между абсолютной величиной звезды и эффективной температурой<sup>40</sup> (31) и вычислив (32) и (33), мы получили формулу для цветового эквивалента:

$$C_0 = \frac{6.100}{T_e} + \text{const.}$$

Постоянная определялась из условия, что  $C_0$  для класса  $A_0$  равна нулю. Если принять температуру для  $A_0$  равной  $11200^\circ$ , то найдем (34).

Для разных систем цветовых эквивалентов постоянные формулы (34) несколько различны. Например, для  $\lambda_{\text{об}} = 5290 \text{ \AA}$  и  $\lambda_{\text{оф}} = 4250 \text{ \AA}$  формула имеет следующий вид:

$$C_0 = \frac{7.200}{T_e} - 0.64.$$

Цветовой эквивалент  $U$  Змееносца в главном минимуме в системе Стеббинаса равен  $C_0^{(S)} = 0^m 076$ .

Так как интернациональная система в 1.5 раза шире, чем система Стеббинаса, то в интернациональной системе цветовой эквивалент будет  $C_0 = 0^m 114$ . Из формулы (34) мы нашли для эффективной температуры малой звезды:

$$T_e = 14000^\circ.$$

**Дискуссия.** Решение кривых блеска как в гипотезе  $U$ , так и в гипотезах  $x = \frac{1}{5}$  и  $x = \frac{2}{5}$ , в желтых и синих лучах соответственно, дало эллиптическую орбиту с эксцентриситетом  $e = 0.03$ . Результат может найти объяснение либо в действительно эллиптической форме орбиты, либо во влиянии обширной атмосферы одного из компонентов.

Кривая лучевой скорости, полученная Плассеттом в предположении круговой синусоиды и она решалась Плассеттом в предположении эллиптической орбиты с эксцентриситетом  $e = 0.03$ . Разности  $v_0 - v_c$  между наблюдаемыми и вычисленными лучевыми скоростями для круговой и эллиптической орбит приведены в таблице XVI (черт. 16, на котором кружками обозначены наблюденные лучевые скорости, а крестиками — лучевые скорости, вычисленные в предположении эллиптической орбиты:  $e = 0.03$ ).

Вычисленная теоретическая кривая с эксцентриситетом  $e = 0.03$  довольно хорошо легла среди наблюденных лучевых скоростей. Надо

отметить, что кривая лучевых скоростей Пласкетта получена им из небольшого количества наблюдений. Поэтому, на основе этой кривой, нельзя прийти к окончательному заключению об эллиптической форме орбиты.

Из решений кривых блеска системы  $U$  Змееносца мы пришли к выводу, что в главном минимуме затмевается большая звезда. Вторичный минимум, где затмевается малая звезда, шире главного. Если допустить, что орбита круговая, то различную ширину минимумов можно было бы объяснить влиянием атмосферной оболочки большого компонента, способного экранировать малую звезду во время вторичного минимума. Зависимость продолжительности минимума от длины волн не наблюдается, и размеры в фотографических лучах, правда, незначительно, но все же больше, чем в визуальных лучах. Надо отметить, что сопоставлением фотографической и визуальной кривых блеска  $RX$  Кассиопеи Гапошкин получил продолжительность затмения в визуальных лучах больше, чем в фотографических, а фотографические размеры звезд—меньше в фотографических лучах. Эти особенности в меньшей степени наблюдаются и в других системах. Все колориметрические данные об известных до сих пор звездах с обширными атмосферами касаются исключительно холодных звезд. Полученные же нами результаты относятся к горячей звезде ( $B5$ ). Поэтому рождается мысль: не является ли причиной различия результатов то, что  $U$  Змееносца принадлежит к горячим звездам?

В заключение считаю своим приятным долгом выразить глубокую благодарность профессору Д. Я. Мартынову за руководство при выполнении настоящей работы, моему руководителю в аспирантуре В. Б. Никонову и директору Абастуманской астрофизической обсерватории Е. К. Харадзе за постоянную помощь и советы.

Май, 1947.

აპარატურის ასტროფიზიკური მდგრადამტები № 10. 1949  
БЮЛЛЕТЕНЬ АБАСТУМАНСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ № 10. 1949

ვვით სპეციალული კლასების ( $G$  და  $K$ ) მკრთალი ვარსკვლავის  
აპარატურის სიღილეთა განსაზღვრა საობისტივთ პრიზმით  
ვიღებული სპეციალული საშუალებით\*

#### 6 კალანდა

შესავალი. ცნობილია, რომ ვარსკვლავთ სპეციალულის ანალიზის საფუ-  
ძველზე შეგვიძლია განსაზღვროთ ვარსკვლავთ აბსოლუტური სიღილენი და,  
თუ განსაზღვრული გვაქვს ხილული სიღილენიც, ადვილად გამოვითვლით ე. წ.  
სპეციალულ პარალაქსებს ელემენტორული ფორმულიდან:

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi.$$

პარალაქსების განსაზღვრა უმნიშვნელოვანები ამოცანაა თანადროულ  
ვარსკვლავთ ასტრონომიაში, რომელიც მოითხოვს როგორც ამ განსაზღვრითი  
დიდ რაოდენობას, ისე მათ მაღალ სიზუსტეს.

ტრიგონომეტრიული პარალაქსების განსაზღვრა ჭარმოადგენს თანადრო-  
ული ასტრონომის სრულებრივ დარგს, რომელიც დიდად განვითარებული  
ჰქონის სერხებით სარგებლობს. მაგრამ ტრიგონომეტრიული პარალაქსე-  
ბის მეთოდი, როგორც ცნობილია, დიდი მანძილებისათვის არ ვარგა, რამაც  
ბის მეთოდი, როგორც ცნობილია, დიდი მანძილებისათვის გამოსადევი ხერხების ძიება.  
გამოიწვია ახალი, უფრო შორი მანძილებისათვის გამოსადევი ხერხების ძიება.

ადამსმა (Adams) და კოლშტერმა (Kohlschütter) აღმოაჩინეს შე-  
ადამსმა (Adams) და კოლშტერმა (Kohlschütter) აღმოაჩინეს შე-  
ოთვი ვარსკვლავთ აბსოლუტური სიღილეების განსაზღვრისა მათი სპეციალულის  
მიხედვით. ეს აღმოჩენა იყო გამოყენებული ვარსკვლავთ პარალაქსების გამოსათ-

მოხედვით. — სპეციალული პარალაქსების შემთხვევაში აბსოლუტური სიღილეის  
სანდოდ, — სპეციალული პარალაქსების შემთხვევაში აბსოლუტური სიღილეის  
განსაზღვრის ალბათი შეცდომა შეადგენს  $\pm 0.^{\circ}27$  (მაგალითად, მთა ვილსონის  
განსაზღვრის 1935 წელს) და ზემოთ მოყვანილი ფორმულის გაწარმოე-  
ობსერვატორიაში 1935 წელს) და ზემოთ მოყვანილი ფორმულის გაწარმოე-

ბით  $\frac{d\pi}{\pi}$ -სათვის მიღილებთ 0.12-ს, ე. ი. პარალაქსის განსაზღვრის ცდომილება

$\pm 12^{\circ}/_{\text{o}}$ -ია ყოველთვის, როგორიც არ უნდა იყოს მანძილი. მაგალითად, პარა-  
ლაქსის  $0.^{\circ}005$  ცდომილება  $\pm 0.^{\circ}0006$ -ია. ამაშია პარალაქსების განსაზღვრის  
სპეციალული მეთოდის უპირატესობა და ამ ფაქტმა უზრუნველყო ამ მეთოდის  
ფართო გამოყენება. ადამსისა და კოლშტერმას აღმოჩენა იმაში მდგო-  
მარეობდა, რომ ერთისა და იმავე სპეციალული კლასის ზოგიერთი სპეციალული

\* ნაშრომი ჭარმოადგენს აღტორის საჭანდიდატო დისტრიციის შემოკლებულ გად-  
მოცემას.